



EFEKTIVITAS *PROBLEM BASED LEARNING* DITINJAU DARI KETERAMPILAN PROSES SAINS PADA TOPIK PERPINDAHAN PANAS

Haris Mahmudi^{1,*}, Yasinta Sindy Pramesti¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri, JL KH Achmad Dahlan 76, Kediri, 64112, Indonesia

*Email: harismahmudi@unpkediri.ac.id

Abstrak

Model pembelajaran *Problem Based Learning* merupakan suatu model pembelajaran yang menyajikan suatu permasalahan yang autentik dan bermakna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas *Problem Based Learning* terhadap pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas ditinjau dari keterampilan proses sains. Data pemahaman konsep mahasiswa diperoleh dari tes pemahaman konsep pada topik perpindahan panas dan data keterampilan proses sains diperoleh dari tes keterampilan proses sains. Data tersebut dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian meliputi: (1) Pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *Problem Based Learning* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa kelas konvensional pada kelompok mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains tinggi, (2) Pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *Problem Based Learning* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa kelas konvensional pada kelompok mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains rendah.

Kata Kunci: *Problem Based Learning*, pemahaman konsep, keterampilan proses sains

1. Pendahuluan

Proses pembelajaran yang terjadi di kelas merupakan perwujudan interaksi antara dosen dengan mahasiswa, serta interaksi antar sesama mahasiswa. Agar tercipta interaksi tersebut, dosen harus merencanakan pembelajaran dengan baik. Pembelajaran berbasis masalah (*problem based learning*) merupakan strategi pembelajaran yang menyajikan situasi masalah autentik dan bermakna, yang berfungsi sebagai landasan investigasi dan penyelidikan [1]. Hakikat pemecahan masalah adalah melakukan operasi prosedural urutan tindakan, tahap demi tahap secara sistematis [2]. Masalah-masalah yang disajikan dalam pembelajaran merupakan masalah non rutin dan menantang dimana masalah tersebut kompleks dan tidak ada cara atau strategi yang siap langsung digunakan untuk menyelesaikannya, sehingga diperlukan suatu kreatifitas untuk menyelesaikannya [3].

Soal dapat disebut problem atau masalah, setidaknya memiliki 2 hal, yaitu : (1) Menantang pikiran (*challenging*), (2) Tidak otomatis diketahui cara penyelesaiannya (*non-routine*). Keberhasilan proses menyelesaikan masalah sangat

dipengaruhi oleh keterampilan berpikir siswa [4]. Kemampuan berpikir siswa yang tinggi, akan memberikan keberhasilan memecahkan masalah yang lebih efektif [5].

Pembelajaran bidang eksakta khususnya Fisika tidak dapat diberikan hanya dengan penyampaian informasi tentang prinsip atau konsep-konsep saja, yang seharusnya dilakukan adalah mahasiswa diajak untuk memahami tentang proses terjadinya suatu prinsip atau konsep-konsep tertentu. Cara yang biasa dilakukan semisal dengan observasi ataupun dengan percobaan-percobaan. Sehingga dalam melakukan penilaian, sebaiknya pengajar tidak hanya menilai hasil kognitifnya saja tetapi yang harus dinilai juga adalah penilaian keterampilan proses sains dari mahasiswa. Hal ini dikarenakan setiap mahasiswa memiliki keterampilan proses sains yang berbeda-beda, yang membutuhkan penilaian yang khusus. Keterampilan proses perlu dikembangkan melalui pengalaman langsung, sebagai pengalaman belajar dan disadari ketika kegiatannya sedang berlangsung [6]. Keterampilan proses sains melibatkan pemikiran kreatif dan kritis yang berhubungan dengan pemikiran ilmiah. Hal ini dikarenakan pemikiran kreatif dan kritis merupakan faktor penting untuk perkembangan kehidupan. Keterampilan proses sains terdiri dari keterampilan proses sains dasar (*basic science process skills*) dan keterampilan proses sains terintegrasi (*integrated science process skills*) [7]. Adapun komponen-komponen keterampilan proses terdapat 18 item yang tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains (<i>Science Process Skills</i>)	
Keterampilan Proses Sains Dasar (<i>Basic Science Process Skills</i>)	Keterampilan Proses Sains Terintegrasi (<i>Integrated Science Process Skills</i>)
1. Observasi	1. Membangun hipotesis
2. Memprediksi	2. Mendesain penelitian
3. Menggolongkan	3. Eksperimen
4. Mengukur	4. Memperoleh dan memproses data
5. Menyimpulkan	5. Mengidentifikasi variabel
6. Mengkomunikasikan	6. Mendefinisikan variabel
	7. Mendeskripsikan hubungan antar variabel
	8. Membuat tabel
	9. Membuat grafik
	10. Menganalisis penelitian

[7]

2. Metode Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen semu (*Quasi Experimental Design*). Hal ini dikarenakan penelitian tidak mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen. Ada tiga tahapan dalam penelitian ini yang meliputi: (1) tahap persiapan penelitian; (2) tahap pelaksanaan penelitian; (3) tahap akhir penelitian. Adapun bentuk rancangan penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.



Tabel 2. Rancangan penelitian

Keterampilan Proses Sains	Model Pembelajaran	
	PBL (X ₁)	Konvensional (X ₂)
Tinggi (Y ₁)	(X ₁ Y ₁)	(X ₂ Y ₁)
Rendah (Y ₂)	(X ₁ Y ₂)	(X ₂ Y ₂)

Keterangan:

(X₁Y₁) = hasil belajar mahasiswa topik perpindahan panas kelas PBL yang memiliki ketrampilan proses sains tinggi.

(X₂Y₁) = hasil belajar mahasiswa topik perpindahan panas kelas konvensional yang memiliki ketrampilan proses sains tinggi.

(X₁Y₂) = hasil belajar mahasiswa topik perpindahan panas kelas PBL yang memiliki ketrampilan proses sains rendah.

(X₂Y₂) = hasil belajar mahasiswa topik perpindahan panas kelas konvensional yang memiliki ketrampilan proses sains rendah.

Tes kemampuan proses sains mahasiswa diujikan sebelum diberi perlakuan pembelajaran. Tes ini bertujuan untuk mengelompokkan mahasiswa menjadi dua kelompok yaitu kelompok mahasiswa dengan kemampuan proses sains tinggi dan kelompok mahasiswa dengan kemampuan proses sains rendah. Sedangkan tes hasil belajar mahasiswa diberikan setelah mendapatkan materi perkuliahan dengan topik perpindahan panas. Perlakuan pada kelas eksperimen dibelajarkan dengan PBL, sedangkan perlakuan untuk kelas kontrol dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional.

Teknik analisis data untuk menguji hipotesis dalam penelitian ini menggunakan ANAVA dua jalur yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara dua kelompok, yaitu kelompok kelas PBL dan kelompok kelas konvensional. Adapun langkah-langkah dalam menguji hipotesis menggunakan ANAVA adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat H_a dan H₀,
- 2) Mencari F_{hitung} dengan persamaan 1 berikut.

$$F_{hitung} = \frac{RK}{RKD} \quad [1]$$

- 3) Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel}, jika F_{hitung} ≥ F_{tabel} maka H_a diterima sedangkan F_{hitung} ≤ F_{tabel} maka H₀ diterima.

Kemudian analisis data dilanjutkan dengan uji *Scheffe* yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan model pembelajaran. Uji *Scheffe* dipilih karena jumlah data pada dua kelas eksperimen dan kontrol tidak sama. Persamaan 2 adalah persamaan yang digunakan dalam uji *Scheffe*.

$$F_{hitung} = \frac{(\bar{X}_i - \bar{X}_j)}{RKD (k-1) \left[\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right]} \quad [2]$$

Keterangan:

- K : banyaknya kelompok
Xi : rata-rata kelompok ke-i
Xj : rata-rata kelompok ke-j
ni : banyak data kelompok ke-i
nj : banyak data kelompok ke-j
RKD : rata-rata kuadrat dalam

Sebelum dilakukan uji hipotesis terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas dan homogenitas varians. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji *Lilliefors* dan uji homogenitas varians menggunakan uji *Bartlett*.

3. Hasil dan Pembahasan

Suatu penelitian bertujuan untuk menjawab suatu hipotesis penelitian. terdapat dua hipotesis dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

- 1) Ada perbedaan prestasi belajar topik perpindahan panas pada mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains tinggi belajar dengan *Problem Based Learning* dan yang belajar secara konvensional.
- 2) Ada perbedaan prestasi belajar topik perpindahan panas pada mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains rendah belajar dengan *Problem Based Learning* dan yang belajar secara konvensional.

Sebelum dapat menguji hipotesis tersebut, diadakan uji prasyarat analisis yaitu uji normalitas dan homogenitas varians. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji *Lilliefors*, dan uji homogenitas varians menggunakan uji *Bartlett*. Dari uji *Lilliefors* yang dilakukan, data kemampuan proses sains pada kelas PBL dan Konvensional semua terdistribusi normal. Sedangkan pada uji *Bartlett* yang digunakan untuk mengetahui tingkat homogenitas varians, semua data kemampuan proses sains pada kelas PBL dan Konvensional memiliki varians yang homogen.

Setelah melakukan uji prasyarat analisis, hipotesis pada penelitian ini diuji menggunakan ANAVA dua jalur untuk melihat perbedaan dan dilanjutkan dengan uji *Scheffe* untuk melihat efektivitas PBL. Hasil uji ANAVA dua jalur dijabarkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Anava Dua Jalur

Sumber Varian	Db	JK	RK	F _{hitung}	F _{tabel} ($\alpha = 0,05$)
Antar baris (b)	1	211,896	211,896	56,092	3,98
Antar kolom (k)	1	374,664	374,664	99,180	3,98
Interaksi (bxk)	1	25,544	25,544	6,762	3,98
Dalam	98	370,209	3,778		
Total Direduksi	101	982,314			

Setelah uji ANAVA dua jalur, langkah berikutnya dilanjutkan dengan uji *Scheffe* yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan *PBL*. Hasil uji *Scheffe* tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Scheffe*

Interaksi	F _{hitung}	F _{tabel} ($\alpha = 0,05$)
PBL vs Konvensional	20,13	2,68
PBL vs Konvensional (KPS tinggi)	6,6	2,76
PBL vs Konvensional (KPS rendah)	12,79	2,73

Tabel 5 menunjukkan hasil uji beda antara pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas mahasiswa *PBL* dan konvensional dengan kemampuan proses sains tinggi.

Tabel 5. Hasil Uji Beda pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas *PBL* dan konvensional dengan KPS tinggi

Sumber varian	db	JK	RJK	F _{hitung}	F _{tabel}
antar A	1	47,557	47,557	21,381	4,11
dalam	50	111,212	2,224		
total	51	158,769			

Pada tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($21,381 > 4,11$) maka terdapat perbedaan pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *PBL* dan kelas konvensional dengan kemampuan proses sains tinggi. Selanjutnya tabel 4 menunjukkan bahwa pada uji *Scheffe*, nilai F_{hitung} kelas *PBL* vs konvensional pada KPS tinggi lebih besar daripada F_{tabel} , yaitu $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($6,6 > 2,76$), maka dapat disimpulkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *PBL* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa kelas konvensional pada kelompok mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains tinggi.

Tabel 6 menunjukkan hasil uji beda antara pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *PBL* dan kelas konvensional dengan kemampuan proses sains rendah.



Tabel 6. Hasil Uji Beda pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas *PBL* dan konvensional dengan *KPS* rendah

Sumber varian	db	JK	RJK	F _{hitung}	F _{tabel}
antar A	1	189,883	189,883	35,191	4,11
dalam	48	258,997	5,396		
total	49	448,880			

Pada tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($35,191 > 4,11$) maka terdapat perbedaan pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *PBL* dan kelas konvensional dengan kemampuan proses sains rendah. Selanjutnya tabel 4 menunjukkan bahwa pada uji *Scheffe*, nilai F_{hitung} kelas *PBL* vs Konvensional pada *KPS* rendah lebih besar daripada F_{tabel} , yaitu $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($12,79 > 2,73$), maka dapat disimpulkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *PBL* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa kelas konvensional pada kelompok mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil uji hipotesis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *Problem Based Learning* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa kelas konvensional pada kelompok mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains tinggi.
- 2) Pemahaman konsep mahasiswa pada topik perpindahan panas kelas *Problem Based Learning* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa kelas konvensional pada kelompok mahasiswa yang memiliki keterampilan proses sains rendah

Daftar Rujukan

- [1] Arends, R. I. 2008. *Learning To Teach Belajar untuk Mengajar*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [2] Weda, M. 2010. Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer. Jakarta: Bumi Aksara.
- [3] Callejo, M L & Vila, A. 2009. *Approach to Mathematical Problem Solving and Students' Belief Systems: Two Case Studies*.
- [4] Meador, K. S. 1997. *Creative Thinking and Problem Solving for Young Learners*. USA: Greenwood Publishing Group.
- [5] Ozden, M. & Gultekin, M. 2008. *The Effects of Brain-Based Learning on Academic Achievement and Retention of Knowledge in Science Course*. Electronic Journal of Science Education, 12(1): 1-17.
- [6] Rustaman, Nuryani. 2005. Strategi Pembelajaran Biologi. Malang: UM Press.



- [7] Rezba R.J, Sprague C.R, McDonnough J.T, & Matkins J.J. 2006. *Learning and Assessing Science Process Skills*. USA: Kendal/Hunt Publishing Company.
- [8] Riduwan, Dr. 2011. *Dasar-dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- [9] Murwani, S, 2001. *Statistik Terapan (Teknik Analisis Data)*. Jakarta: Program Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta



STUDI KONSEPSI MAHASISWA PADA TOPIK KELISTRIKAN

Yasinta Sindy Pramesti^{1,*}, Haris Mahmudi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri, Jalan K.H. Achmad Dahlan 76, Kediri, 64112, Indonesia

***Email:** yasintasindy@unpkediri.ac.id

Abstrak

Kelistrikan adalah salah satu topik penting dalam mempelajari fisika. Topik ini dipelajari dari tingkat dasar sampai perguruan tinggi. Meskipun kelistrikan sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari, namun hal tersebut tidak menjamin bahwa mahasiswa memiliki konsep yang benar. Penelitian ini bertujuan untuk menggali konsepsi kelistrikan pada mahasiswa Program Studi Teknik Mesin. Subjek penelitian terdiri atas 25 mahasiswa yang mengambil matakuliah Fisika Teknik II pada tahun akademik 2016/2017. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif studi fenomenologi. Analisis data dilakukan secara kualitatif yang meliputi data *pre-test*, *post-test*, dan wawancara. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat tiga variasi konsepsi mahasiswa pada topik arus listrik yaitu arus listrik sebagai aliran, arus listrik sebagai sumber energi, dan arus listrik sebagai muatan bergerak. Pada penelitian ini juga ditemukan tiga macam pemikiran mahasiswa tentang rangkaian listrik.

Kata Kunci: arus listrik, kelistrikan, pemahaman konsep.

1. Pendahuluan

Salah satu aspek penting dalam pembelajaran fisika adalah agar mahasiswa mampu memahami konsep sehingga dapat menerapkannya untuk menjelaskan fenomena alam yang terjadi sehari-hari. Kemampuan mahasiswa memahami konsep sains ditunjukkan oleh kemampuan mengkonstruksikan hubungan dan prediksi sebuah teori [1]. Namun, konstruksi hubungan dan prediksi mahasiswa tentang sebuah teori dapat menghasilkan konsep yang benar maupun salah. Konsep yang salah dapat disebabkan oleh kesalahan dalam memodelkan suatu fenomena [1]. Kesalahan tersebut meliputi ketidakmampuan memvisualisasikan fenomena secara fisik dan ketidakmampuan menjelaskan suatu fenomena. Hal ini menyebabkan kesalahan mahasiswa dalam menyimpulkan suatu fenomena sehingga terjadi konsep yang salah secara sains.

Pemahaman mahasiswa terhadap suatu konsep dipengaruhi oleh konstruksi pengetahuan mahasiswa. Mahasiswa datang ke dalam kelas dengan membawa konsepsi awal (prakonsepsi) tentang suatu konsep [2]. Konsepsi awal tersebut berkembang dari pengalaman yang diperoleh mahasiswa dari lingkungan serta interaksi dengan orang lain. Sesuai dengan pandangan konstruktivisme, pengetahuan yang dimiliki oleh mahasiswa merupakan hasil dari proses membangun pengetahuan berdasarkan pengalaman [3]. Oleh sebab itu, setiap mahasiswa memiliki penafsiran yang berbeda-beda tentang suatu fenomena atau konsep



tergantung dengan pengalaman yang telah dialami. Namun demikian, konsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa sering berbeda dengan konsepsi yang telah disepakati oleh para ahli. Dalam hal ini, konsepsi yang dimiliki oleh siswa merupakan konsepsi yang salah.

Konsepsi salah pada mahasiswa disebabkan oleh berbagai hal. Pengalaman mahasiswa, buku rujukan, dan keragaman bahasa dapat menyebabkan mahasiswa memiliki konsepsi salah [4]. Selain itu, konsepsi salah pada mahasiswa juga dapat disebabkan oleh mahasiswa sendiri, guru yang mengajar, buku teks, konteks pembelajaran dan strategi pembelajaran [3]. Konsepsi salah yang dimiliki mahasiswa tersebut cenderung sulit untuk diubah sehingga menimbulkan permasalahan baik bagi guru maupun peneliti dalam dunia pendidikan [2].

Pemahaman konsep mahasiswa yang baik diperlukan sebagai dasar dalam menyelesaikan permasalahan fisika. Namun, kelemahan kerangka konsep mahasiswa bisa menjadi halangan yang besar dalam pemecahan masalah [5]. Banyak penelitian menunjukkan bahwa walaupun mahasiswa dapat belajar menyelesaikan masalah kuantitatif dengan memasukkan nilai pada persamaan matematika, mahasiswa mungkin tidak membangun keterampilan yang dibutuhkan untuk mentransfer pemahaman dan menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks [6, 7, 8].

Kelistrikan merupakan salah satu topik yang diajarkan pada matakuliah Fisika Teknik II. Topik kelistrikan telah dipelajari pada jenjang dasar sampai perguruan tinggi. Selain itu, topik tersebut berhubungan erat dengan kehidupan sehari-hari. Namun, hal tersebut tidak menjamin bahwa mahasiswa memiliki konsep yang benar tentang kelistrikan. Topik tentang kelistrikan merupakan salah satu topik yang sulit dipahami oleh mahasiswa. Alasan mendasar kesulitan dalam mempelajari topik ini adalah sulitnya memvisualisasikan konsep tentang arus, tegangan, dan hambatan [9]. Hal ini disebabkan arus, tegangan, dan hambatan tidak dapat diamati secara langsung. Selain itu, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa para pendidik kesulitan menentukan dan menjelaskan konsep yang penting karena konsep-konsep tentang kelistrikan saling berkaitan dengan konsep lain [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi konsepsi mahasiswa. Fokus topik pembelajaran pada penelitian ini yaitu tentang kelistrikan berdasarkan beberapa alasan sebagai berikut: (1) Konsep-konsep dalam kelistrikan merupakan konsep yang berhubungan erat dengan kehidupan sehari-hari; (2) Konsep-konsep kelistrikan dipelajari di berbagai tingkat pendidikan dari pendidikan dasar sampai perguruan tinggi; (3) Topik tentang kelistrikan merupakan salah satu topik yang sulit dipahami oleh mahasiswa.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Pendekatan kualitatif yang dilakukan yaitu studi fenomenologi [11]. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi konsepsi mahasiswa pada topik kelistrikan. Data yang dikumpulkan bersifat



deskriptif kualitatif, yaitu penjelasan secara aktual konsepsi mahasiswa. Penelitian diawali dengan pemberian *pre-test* untuk mengidentifikasi konsepsi awal yang digunakan mahasiswa. Hasil tes dianalisis secara kualitatif. Perkuliahan topik kelistrikan dilakukan dengan metode konvensional. Metode konvensional merupakan metode pembelajaran yang berpusat pada pendidik, bersifat monoton, dan menekankan pada penerimaan pengetahuan. Pada tahap akhir dilaksanakan *post-test* untuk mengetahui perubahan konsepsi mahasiswa. *Pre-test* dan *post-test* yang dilakukan bersifat ujian lisan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui konsepsi mahasiswa secara komprehensif. Tahap selanjutnya yaitu menginterpretasikan semua data yang diperoleh untuk membuat kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Nusantara PGRI Kediri. Mahasiswa yang mengikuti penelitian ini adalah mahasiswa Program Studi Teknik Mesin tahun akademik 2016/2017 yang mengikuti mata kuliah Fisika Teknik II khususnya materi kelistrikan. Populasi penelitian ini adalah seluruh mahasiswa tingkat I dengan sampel satu kelas yang dipilih dengan *cluster sampling*. Kelas yang dipilih yaitu kelas IA yang berjumlah 25 mahasiswa. Pemilihan kelas didasarkan pada kemampuan mahasiswa yang heterogen. Selain itu, mahasiswa sudah memiliki pengalaman belajar tentang konsep-konsep kelistrikan pada tingkat SD, SMP, dan SMA. Instrumen yang digunakan meliputi Satuan Acara Perkuliahan (SAP), protokol wawancara, rubrik penilaian, dan tes.

3. Hasil dan Pembahasan

Data kualitatif tentang pemahaman konsep mahasiswa digali dari alasan jawaban siswa saat *pre-test* dan *post-test*. Konsep yang dipaparkan meliputi konsep arus listrik dan rangkaian listrik

a) Arus Listrik

Pemahaman konsep mahasiswa tentang arus listrik digali dengan cara meminta mahasiswa menjelaskan konsep arus listrik. Hasil analisis perbandingan konstan (*constant comparative*) terhadap jawaban mahasiswa saat *pre-test* dan *post-test* disajikan pada Tabel 1. Saat *pre-test*, terdapat tiga variasi konsepsi mahasiswa tentang arus listrik yaitu: (1) listrik yang mengalir; (2) muatan yang mengalir; (3) energi yang mengalir. Pada saat *post-test*, terdapat dua konsepsi mahasiswa tentang arus listrik yaitu: (1) listrik yang mengalir, (2) muatan yang mengalir karena perbedaan potensial. Pergeseran jawaban mahasiswa tentang arus listrik disajikan pada Tabel 2.



Tabel 1. Jawaban mahasiswa saat *pre-test* dan *post-test* tentang arus listrik

Jawaban	N	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
Arus listrik adalah listrik yang mengalir (ALM)	15	9
Arus listrik adalah muatan yang mengalir (AMM))	7	13
Arus listrik adalah energi yang mengalir (AEM)	3	3

Tabel 2. Pergeseran jawaban mahasiswa saat *pre-test* dan *post-test* tentang arus listrik

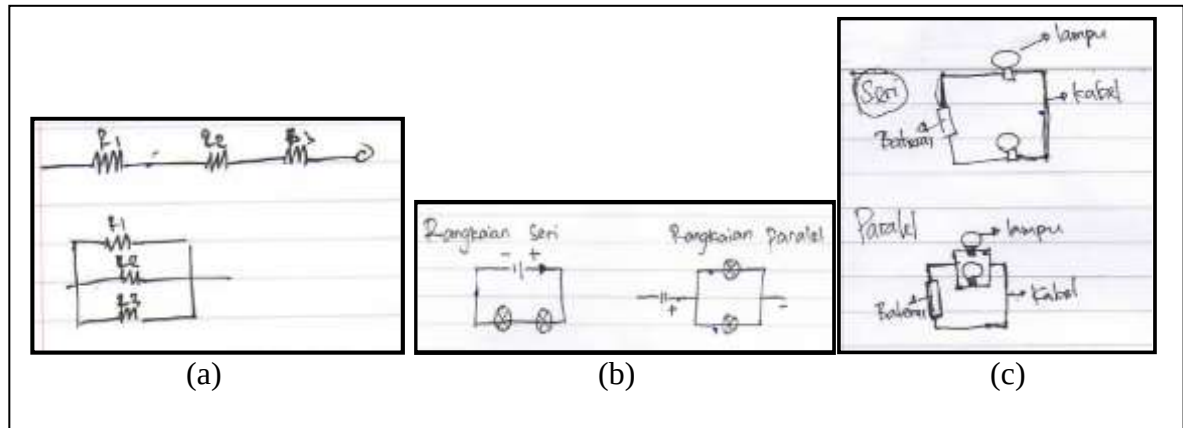
			Post-test			
			ALM	AMM	AEM	Total
Pre-test	ALM	Count	9	3	3	15
		% of Total	36,0%	12,0%	12,0%	60,0%
	AMM	Count	0	7	0	7
		% of Total	0,0%	28,0%	0,0%	28,0%
	AEN	Count	0	3	0	3
		% of Total	0,0%	12,0%	0,0%	12,0%
Total	Count	9	13	3	25	
	% of Total	36,0%	52,0%	12,0%	100,00%	

Pada saat *post-test*, sebagian mahasiswa (52,0%) memiliki konsepsi yang benar tentang arus listrik. Namun, sebanyak 12 mahasiswa (48,0%) masih memiliki konsepsi yang salah. Berdasarkan analisis jawaban mahasiswa saat *pre-test* dan *post-test*, sebanyak 9 mahasiswa tersebut tetap mempunyai pemikiran bahwa arus listrik merupakan listrik yang mengalir dan sebanyak 3 mahasiswa tetap memiliki konsepsi tentang listrik sebagai energi yang mengalir. Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa belum memperoleh pengalaman belajar yang mampu mengubah konsep yang benar tentang arus listrik. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan setelah *post-test*, mahasiswa yang memiliki konsepsi salah mengungkapkan bahwa arus listrik diumpamakan seperti “aliran air”, sehingga mahasiswa menggeneralisasikan konsep arus listrik sebagai “aliran listrik”. Sebanyak 10 mahasiswa tersebut juga mengungkapkan bahwa pengalaman mereka ketika duduk di bangku sekolah menengah bahwa guru menjelaskan konsep arus listrik seperti aliran air. Berdasarkan observasi selama perkuliahan, dosen belum memberikan penegasan tentang konteks aliran pada arus listrik. Oleh karena itu, penting bagi para pendidik untuk memperhatikan penggunaan bahasa saat mengajar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa salah satu kesulitan siswa memahami sebuah konsep karena penggunaan bahasa yang ambigu [3, 12, 13, 14, 15].

b) Rangkaian Listrik

Konsepsi mahasiswa tentang rangkaian listrik digali dengan cara meminta mahasiswa menggambarkan rangkaian yang terdiri dari 1 buah baterai, 2 buah lampu, dan kabel. Dua buah lampu dirangkai secara seri dan paralel. Rangkaian yang digambarkan harus bisa menyalakan lampu. Berdasarkan jawaban mahasiswa saat

pre-test dan *post-test* dapat dikelompokkan menjadi tiga representasi gambar rangkaian listrik disajikan pada Gambar 1.



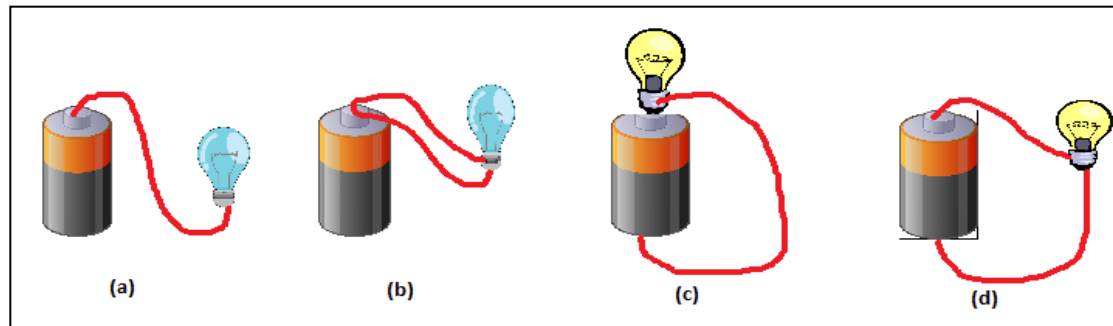
Gambar 1. Pemikiran mahasiswa tentang menggambar rangkaian listrik

Gambar (a) mengilustrasikan mahasiswa menggambar rangkaian seri dan rangkaian paralel tanpa menghubungkan dengan sumber listrik (baterai). Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa tidak dapat memprediksi bahwa gambar yang dibuat tidak dapat menyalakan lampu. Berdasarkan hasil wawancara setelah *post-test*, empat mahasiswa kurang teliti bahwa rangkaian yang dibuat harus dapat menyalakan lampu. Selain itu, mahasiswa juga beranggapan bahwa gambar yang mereka buat sudah sesuai dengan gambar rangkaian seri dan paralel yang tercantum buku teks yang mereka miliki. Gambar (b) mengilustrasikan bahwa mahasiswa sudah memahami cara mengkonstruksikan gambar rangkaian seri, namun tidak paham konstruksi gambar rangkaian paralel. Gambar (c) mengilustrasikan bahwa mahasiswa sudah dapat mengkonstruksikan gambar rangkaian seri dan paralel. Hasil analisis berdasarkan jawaban mahasiswa saat *pre-test* dan *post-test* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jawaban mahasiswa saat pre-tes dan pos-tes pada soal menggambar rangkaian seri dan paralel

Jawaban (Lihat Gambar 3.1)	N	
	Pre-test	Post-test
Gambar (a)	13	4
Gambar (b)	9	6
Gambar (c)	3	15

Setelah mahasiswa diminta menggambar rangkaian listrik, kemudian mahasiswa diminta untuk merangkai baterai, lampu, dan kabel untuk menggali pemahaman yang lebih mendalam. Rangkaian yang dibuat harus dapat membuat lampu menyala. Berikut disajikan konstruksi rangkaian yang dibuat mahasiswa pada Gambar 2.



Gambar 2. Rekonstruksi rangkaian yang dibuat mahasiswa

Gambar (a) menunjukkan bahwa rangkaian yang dibuat mahasiswa merupakan rangkaian terbuka sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir. Hal ini menyebabkan lampu tidak dapat menyala. Gambar (b) menunjukkan bahwa mahasiswa membuat rangkaian listrik tertutup. Pada rangkaian ini, mahasiswa hanya memahami bahwa untuk menyalakan lampu harus menggunakan rangkaian tertutup. Padahal, walaupun rangkaian tersebut merupakan rangkain tertutup tetapi kabel hanya dihubungkan ke satu terminal (+) baterai. Hal ini menyebabkan lampu tidak menyala karena tidak adanya perbedaan potensial sehingga arus listrik tidak dapat mengalir, Gambar (c) dan (d) menunjukkan bahwa mahasiswa membuat rangkaian tertutup. Rangkain tertutup yang dibuat mahasiswa dihubungkan dengan kedua terminal positif (+) dan negatif (-) baterai sehingga arus listrik dapat mengalir pada rangkaian dan membuat lampu menyala.

Meskipun topik tentang rangkaian listrik pada penelitian ini merupakan topik yang cukup mudah, namun hal tersebut tidak menjamin mahasiswa memiliki pemahaman konsep yang benar. Pada penelitian ini terungkap bahwa mahasiswa tidak dapat menggambar rangkain listrik seri dan parallel dengan benar. Lebih lanjut lagi, bahkan mahasiswa mengalami kesulitan ketika diminta merangkai rangkain listrik yang sederhana yang terdiri dari sebuah lampu, baterai, dan kabel. Ketika



membuat rangkaian, mahasiswa mengetahui bahwa untuk menyalakan lampu harus menggunakan rangkaian tertutup. Berdasarkan hasil wawancara, 14 mahasiswa mengungkapkan bahwa rangkain tertutup yang dimaksud adalah rangkaian yang dapat menghubungkan antara baterai dan lampu. Mahasiswa tersebut tidak menyadari bahwa rangkaian tertutup yang mereka maksud hanya terhubung pada terminal positif (+) baterai (Gambar 3.2.a dan 3.2.b). Hal inilah yang membuat arus listrik tidak dapat mengalir sehingga lampu tidak dapat menyala.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menggali konsepsi yang dimiliki mahasiswa pada konsep kelistrikan. Penelitian ini mengungkapkan bahwa ada tiga variasi konsepsi mahasiswa pada topik arus listrik yaitu arus listrik sebagai aliran, arus listrik sebagai sumber energi, dan arus listrik sebagai muatan bergerak. Selain itu, pada penelitian ini juga ditemukan tiga macam pemikiran mahasiswa tentang rangkaian listrik. Berdasarkan studi literatur, listrik adalah konsep yang sulit untuk dipahami dan terbukti dalam penelitian ini. Kesalahpahaman mahasiswa dalam mempelajari topik kelistrikan disebabkan karena kesulitan mahasiswa dalam memvisualisasikan hal-hal yang berhubungan dengan listrik serta penggunaan bahasa yang kurang tepat.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini tidak mungkin terjadi tanpa adanya dukungan dari peserta penelitian, teman sejawat, dan sponsor dari Universitas Nusantara PGRI Kediri. Terimakasih kepada pihak-pihak yang terlibat atas waktu yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Rujukan

- [1] Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002), Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics, *Science Education*, **86**, 106
- [2] Treagust, D.F., & Duit, R (2009), Multiple Perspective of Conceptual Change in Science and the Challenges Ahead, *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, **32(2)** 89-104
- [3] Suparno, Paul (2013), *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*, Jakarta, PT Grasindo
- [4] Kaltakci, D., & Eryilmaz, A. (2009), Source of Optic Misconceptions. *Contemporary Science Education Research: Learning and Assesment*.
- [5] Hegde, B. & Meera, B. N.. (2012), How do they solve it? An insight into the learner's approach to the mechanism of physics problem solving, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, **8**, 010109
- [6] Mazur, E. (1992), Qualitative vs. quantitative thinking: Are we teaching the right thing?. *Opt. Photonics News*, **3**, 38
- [7] Kim, E dan S. J. Pak, S. J. (2001), Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems, *Am. J. Phys.*, **70**, 759



- [8] Redish, E. (2005), *Changing student ways of knowing: What should our students learn in a physics class? In Proceedings of World View on Physics Education 2005: Focusing on Change, New Delhi, Singapura, World Scientific Publishing Co,*
- [9] Arnold, M. & Miller, R. (2007) Being constructive: an alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity, *International Journal of Science Education*, **9(3)** 553-563
- [10] Borges, A.T. (2010), Mental Model of Electricity, *International Journal of Education*, **21(1)** 95-117
- [11] Creswell, J. W. & Clark, V.L.P. (2007), *Design and Conducting Mixed Methods Research*, Thousand Oaks, Sage Publications
- [12] Hobson, A. (2001), The language of physics, *American Journal of Physics*, **69**, 634
- [13] McDermott, L., Shaffe, P.S, & Somers, M.D. (1994), Research as a guide for teaching introductory mechanics: An illustration in the context of the Atwood's machine, *American Journal of Physics*, **62**, 46
- [14] Galili, I. & Hazan, A. (2000), Learners' knowledge in optic: interpretation, structure and analysis., *International Journal of Science Education*, **22(1)** 57-88.
- [15] Etkina, E (2007) Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, **3**, 010105



PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN SIMAYANG TERHADAP PENGUASAAN KONSEP POKOK BAHASAN USAHA DAN ENERGI

Firda Ulya Nur Rosyidah^{1,*}, Nuril Munfaridah¹, Lia Yuliati¹

¹Fisika, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

***Email:** firdaulya29@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran SiMaYang terhadap penguasaan konsep siswa pada topik usaha dan energi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi eksperimen dengan desain post-test only control group. Subjek penelitian adalah siswa kelas X yang dipilih secara purposive sampling. Kelas eksperimen berjumlah 31 siswa dan kelas kontrol 30 siswa. Kelas eksperimen menggunakan model pembelajaran SiMaYang dan kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Data keterlaksanaan pembelajaran di analisis berdasarkan persentase keterlaksanaan pembelajaran. Data penguasaan konsep di analisis dengan one tailed t-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penguasaan konsep siswa yang diajar dengan model pembelajaran SiMaYang lebih tinggi dari siswa yang diajar dengan pembelajaran konvensional. Kondisi ini diperoleh karena siswa yang terbiasa belajar dengan model pembelajaran SiMaYang akan memiliki alur berpikir yang baik. Pembelajaran SiMaYang berbasis multi representasi memiliki fungsi sebagai pelengkap informasi, pembatas interpretasi, dan pembangun pemahaman lebih mendalam. Pembelajaran SiMaYang mampu meningkatkan penguasaan konsep.

Kata Kunci: SiMaYang, penguasaan konsep, usaha dan energi.

1. Pendahuluan

Salah satu pokok bahasan dalam pembelajaran sains fisika di SMA (sederajat) yang memiliki karakteristik abstrak dan membutuhkan cara khusus dalam memahami konsepnya adalah pokok bahasan Usaha dan Energi. Konsep energi memiliki karakteristik abstrak dan teoritis sehingga konsep energi masih sulit dipahami [1, 2, 3]. Memahami konsep usaha-energi perlu memperhatikan sistem, lingkungan, dan peristiwa transfer energinya [4]. Penjelasan sistem, lingkungan, dan aktifitas energi tersebut membutuhkan pemodelan [5, 6, 7].

Penyajian pemodelan dalam pembelajaran fisika dikenal dengan representasi. Representasi adalah suatu konfigurasi (bentuk atau susunan) yang dapat menggambarkan, mewakili, atau melambangkan suatu gagasan atau proses fenomena dalam fisika [8-9]. Representasi dapat dilakukan melalui verbal, gambar, grafik, simulasi, tabel dan matematis [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Contoh penelitian penggunaan representasi pada materi usaha-energi telah dilakukan oleh Heuvelen dan Zou, pertama proses fenomena yang kasat mata dijelaskan dengan



kata-kata, yang disebut dengan representasi verbal proses yang fisis yang terjadi. Kedua, menggambarkan sketsa proses yang terjadi, disebut dengan representasi gambar. Ketiga, membuat grafik untuk mendeskripsikan proses fisis, seperti energi potensial, kinetik, dan mekanik, penyajian tersebut disebut dengan representasi grafik. Analisis lebih lanjut membutuhkan representasi simbolik atau rumus, yang disebut representasi matematis [9].

Pembelajaran dengan pendekatan berbagai bentuk penyajian tersebut disebut dengan pembelajaran multi representasi dan memiliki peran penting dalam membantu penguasaan konsep. Pembelajaran multi representasi memberi kesempatan luas kepada peserta didik untuk merepresentasikan kembali konsep yang sama melalui berbagai bentuk representasi [15, 17, 18]. Pembelajaran multi representasi memiliki tiga fungsi utama, yaitu untuk memperoleh informasi tambahan atau mendukung proses kognitif yang ada dan saling melengkapi. Kedua, representasi digunakan untuk membatasi interpretasi yang mungkin terjadi. Ketiga, representasi digunakan untuk mendorong peserta didik dalam membangun pemahaman yang lebih dalam [19].

Penerapan pembelajaran multi representasi memerlukan suatu model pembelajaran. Model pembelajaran dibuat sebagai acuan pada suatu pendekatan pembelajaran termasuk tujuan, tahapan, lingkungan, dan sistem pengelolaannya [20]. Salah satu model yang dikembangkan berbasis multi representasi adalah model Si Lima laYang-laYang dan disingkat dengan SiMaYang. Model pembelajaran SiMaYang terdiri dari lima tahap yaitu orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi [23]. Model pembelajaran SiMaYang yang salah satu tujuannya adalah untuk membangun penguasaan konsep [21, 22, 23]. Model pembelajaran SiMaYang merupakan model pembelajaran berbasis multi representasi yang dikembangkan dengan mengkombinasikan teori 7 faktor yang mempengaruhi kemampuan siswa untuk merepresentasikan fenomena sains ke dalam kerangka model IF-SO [23]. Tujuh konsep dasar tersebut yaitu kemampuan penalaran siswa (*reasoning*: R), pengetahuan konseptual siswa (*conceptual*: C), keterampilan memilih mode representasi siswa (*representation modes*: M), pengetahuan konseptual dari representasi (RC: *reasoning of conceptual*), penalaran terhadap representasi (RM: *reasoning of representation modes*), faktor interaktif yang mempengaruhi interpretasi terhadap representasi (CM: *conceptual of representation modes*), kemampuan siswa melibatkan semua faktor agar dapat menginterpretasikan representasi dengan baik (CRM: *conceptual reasoning of representation modes*) yang mewakili kemampuan siswa untuk melibatkan semua faktor agar dapat menginterpretasikan representasi dengan baik [24].

Kemampuan interpretasi suatu representasi secara operasional dilatihkan melalui pembelajaran SiMaYang karena model pembelajaran SiMaYang berdasarkan pada kerangka model IF-SO dan tujuh konsep dasar kemampuan representasi. IF-SO merupakan singkatan dari: I merupakan *indentify key concept* yang diterapkan pada fase orientasi, pada fase ini siswa mengidentifikasi ide utama



konsep topik yang akan dipelajari sebagai landasan dalam megkonstruksi dan mengkreasi format representasi pada fase berikutnya. Faktor yang mempengaruhi adalah R (*reasoning*), C (*conceptual*), dan M (*representation modes*). F merupakan *focus on form and functions* yang diterapkan pada fase eksplorasi. Faktor yang mempengaruhi kemampuan menerjemahkan representasi adalah RC dan CM yaitu pada fase eksplorasi siswa akan mengaitkan pengetahuan konseptual yang dimiliki siswa dengan menginterpretasi representasi yang disajikan guru. S merupakan *sequence* yang diterapkan pada tahap imajinasi, siswa meruntutkan penjelasan fenomena dengan multi representasi. Pada tahap ini RM dan CRM yang mempengaruhi. O merupakan *on going assessment* yang diterapkan pada fase internalisasi dan evaluasi. Pada fase internalisasi, faktor yang mempengaruhi adalah RM dan CRM seperti pada tahap imajinasi, bedanya, pada tahap ini siswa melakukannya secara individu. Pada fase evaluasi kerangka *on going assessment* yang berperan adalah faktor RC, CM, RM, dan CRM.

Penelitian yang telah dilakukan terkait penerapan model pembelajaran SiMaYang digunakan dalam pembelajaran kimia. Kondisi ini diakibatkan karena keterlibatan fenomena sains yang bersifat abstrak pada level sub-mikro. Representasi sub-mikro merupakan penjelasan fenomena makro secara partikulat yang tidak kasat mata dan tidak dapat disentuh, penjelasan dapat berupa diagram dan gambar [25]. Pada pokok bahasan usaha dan energi, level sub-mikro dapat dikaitkan dengan peristiwa yang tidak kasat mata dan sebagai penyebab fenomena makro terjadi, yaitu peristiwa transfer energi.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menguji pengaruh model pembelajaran SiMaYang. Hasil yang diperoleh model pembelajaran SiMaYang mampu menjembatani kesulitan siswa dalam memahami fenomena sains yang bersifat abstrak. Kondisi ini ditunjukkan dengan kelas yang diajar dengan model SiMaYang memiliki penguasaan konsep yang lebih tinggi dari pada penguasaan konsep kelas kontrol [21, 22, 23, 26].

Artikel ini bertujuan memaparkan hasil penelitian yang menguji pengaruh model pembelajaran SiMaYang terhadap penguasaan konsep usaha dan energi. Artikel ini menjawab pertanyaan adakah perbedaan penguasaan konsep antara siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran SiMaYang dengan siswa yang diajarkan dengan pembelajaran konvensional. Perbedaan tersebut dipaparkan pula manakah penguasaan konsep yang lebih tinggi dan penyebabnya.

2. Metode Penelitian

Penelitian kuasi eksperimen ini menggunakan desain *posttest-only control group*. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas X SMA Negeri 06 Malang. Kelas eksperimen dan kelas kontrol dipilih secara *purposive sampling*. Kelas eksperimen menggunakan model pembelajaran SiMaYang dengan pendekatan multirepresentasi dan kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional.

Instrumen dalam penelitian ini adalah: (1) instrumen perlakuan berupa silabus dan RPP. (2) instrumen pengukuran berupa lembar keterlaksanaan pembelajaran dan soal *posttest* yang telah di uji konstruk dan empiris. Penguasaan konsep di ukur berdasarkan taksonomi bloom yang telah disesuaikan dengan karakteristik kompetensi dasar kurikulum 2013 revisi bulan juli 2016, yaitu C1, C2, C3, C4 dan C5 dengan skor 0-5 di tiap butir soal. Pengujian hipotesis dari data penguasaan konsep menggunakan uji-t (*one tailed*) untuk dua sampel independen dengan bantuan IBM SPSS versi 20.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran SiMaYang dengan pendekatan multi representasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran

Pertemuan Ke	Keterlaksanaan Pembelajaran di Kelas Eksperimen		Keterlaksanaan Pembelajaran di Kelas Kontrol	
	Persentase	Kriteria	Persentase	Kriteria
1	96,43%	Sangat baik	89,28%	Baik
2	86,67%	Baik	84,61%	Baik
3	84,61%	Baik	80,77%	Baik
Rata-Rata	89,24%	Baik	84,88%	Baik

Uji statistik hasil *posttest* yang dihasilkan adalah data terdistribusi normal dan homogen. Dengan demikian uji hipotesis menggunakan uji statistik parametris, yaitu *one tailed t-test*. Berikut Tabel 2 merupakan hasil pengujian statistik

Tabel 2. Hasil uji statistik

Statistik	Signifikansi
Normalitas	0,108
Homogenitas	0,368
Uji-t (<i>One tailed</i>)	0,000

Berdasarkan dasar pengambilan keputusan hipotesis, nilai signifikansi 0,000 < 0,005 yang berarti penguasaan konsep kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol. Dengan demikian penguasaan konsep kelas yang diberi perlakuan pembelajaran SiMaYang dengan pendekatan multi representasi lebih tinggi dari pada penguasaan konsep kelas dengan pembelajaran konvensional.

Penelitian ini mengukur penguasaan konsep siswa pada tingkat kognitif C1, C2, C3, C4, dan C5. Indikator 1 mengukur penguasaan konsep siswa pada tingkat C1 yang merupakan kemampuan siswa untuk mengingat peristilahan, definisi, fakta-fakta, gagasan, pola, urutan, metodologi, prinsip dasar, dan sebagainya [27]. Keduanya sama-sama menjawab dengan benar, tetapi terdapat perbedaan



penguasaan konsep. Siswa dari kelas eksperimen menjawab dengan penjelasan alur berpikir yang logis serta menggunakan konsep yang benar dan lengkap. Kondisi ini sesuai dengan pernyataan [19]. mengenai salah satu fungsi multi representasi yaitu *construct* yaitu multi representasi sebagai pembangun pemahaman yang lebih mendalam. Melalui gambar, siswa lebih baik dalam menjelaskan suatu konsep secara verbal. Faktor CM (interaksi antara *conceptual* dan *modes of representation*) pada fase eksplorasi model pembelajaran SiMaYang yang mempengaruhi siswa menjawab demikian. Faktor CM terkait pengetahuan konseptual siswa yang proporsional dan interaktif terhadap representasi sehingga mempengaruhi interpretasi terhadap representasi [23].

Indikator 2 diukur dengan soal *posttest* nomor 2 dan 3. Berdasarkan taksonomi Bloom, penguasaan konsep yang diukur pada soal ini adalah pada tingkat C2 yang merupakan kemampuan siswa untuk menjelaskan, merinci, mengemukakan, menjabarkan fakta-fakta [27]. Keduanya mampu menjelaskan suatu fenomena berdasarkan konsep usaha yang dilakukan oleh suatu gaya dengan perpindahan dan gaya membentuk sudut terhadap perpindahan. Peserta didik cenderung mengalami miskonsepsi pada gaya yang tegak lurus terhadap perpindahan dan konsep ketika benda dalam kondisi adanya gaya, usaha, dan energi tetapi tanpa ada perpindahan [28]. Siswa cenderung mengalami miskonsepsi pada konsep usaha positif dan usaha negatif.

Kedua siswa tersebut telah mencapai tujuan sesuai dengan indikator ketercapaian yang telah ditentukan. Pada soal nomor 2, secara matematis, keduanya sama-sama menjawab dengan benar, tetapi terdapat perbedaan kelengkapan konsep yang dijelaskan. Pada kelas eksperimen, siswa menyatakan bahwa gaya dan perpindahan membentuk sudut 90° beserta gambar, sedangkan pada kelas kontrol, siswa hanya menjelaskan karena akibat dari $\cos 90^\circ$ sehingga usahanya nol. Perbedaan kemampuan menjelaskan konsep dengan lengkap antara kelas kontrol dan kelas eksperimen terletak pada ada tidaknya representasi gambar yang dibuat siswa. Kondisi ini menunjukkan bahwa gambar dapat membantu siswa mendeskripsikan secara verbal dan matematis. Pada soal nomor 3, keduanya sama-sama menjawab dengan benar, yaitu usaha yang dilakukan gaya dorong Toni bernilai negatif karena gaya dorong Toni dan perpindahan berlawanan arah, tetapi terdapat perbedaan alur berpikir siswa. Pada kelas eksperimen, siswa menjelaskan konsep dalam representasi gambar kondisi pemberi gaya, mobil dan perpindahannya, lalu deskripsi matematis kemudian verbal. Pada kelas kontrol, siswa langsung menyatakan bahwa usaha negatif, meskipun dapat kita katakan bahwa siswa tersebut dapat berpikir cepat, tetapi guru tidak dapat mendeteksi apakah siswa tersebut benar-benar memahami konsep fenomena yang disajikan atau sekedar menghafal konsep usaha negatif ketika gaya dan perpindahan berlawanan arah. Kondisi ini diakibatkan faktor RC dan RM yang telah dilatihkan pada siswa pada tahap model pembelajaran



SiMaYang yaitu fase eksplorasi, imajinasi, internalisasi, dan evaluasi, sehingga siswa dapat menjelaskan dengan alur berpikir yang sistematis, logis, dan lengkap dengan menyajikan dengan multi representasi yang dapat membantu menjelaskan konsepnya [23]. Dengan demikian, terlihat jelas bahwa fungsi multi representasi mampu menjadi pelengkap yang memuat informasi yang mendukung proses kognitif, pembatas kemungkinan kesalahan penerjemahan, dan sebagai pembangun pemahaman yang lebih mendalam [19].

Indikator 3 diukur dengan soal *posttest* nomor 4 dan 5. Berdasarkan taksonomi Bloom, penguasaan konsep yang diukur pada soal ini adalah pada tingkat C3 yang merupakan kemampuan siswa untuk menerapkan gagasan, prosedur, metode, dan rumus ke dalam kondisi kerja atau ke dalam situasi situasi tertentu [27].

Pada soal nomor 4, secara matematis, hasil akhir keduanya sama-sama menjawab dengan benar, namun kelengkapan dalam menjelaskan konsep terdapat perbedaan. Pada kelas eksperimen, selain siswa menyajikan dalam representasi matematis, ia juga menjelaskan dengan verbal dan gambar sebagai penjelasan makna dari matematis, yaitu usaha positif ketika dikaitkan dengan meningkatnya energi kinetik akibat meningkatnya kelajuan. Faktor yang mengakibatkan adalah CRM, yaitu siswa dapat melibatkan semua faktor kemampuan dasar yang dimiliki agar dapat menginterpretasikan representasi dengan baik [23].

Pada soal nomor 5, terdapat perbedaan penguasaan konsep. Pada kelas kontrol, ketika kita melihat perhitungan, dapat dideteksi terdapat miskonsepsi. Siswa tersebut belum mampu mengaitkan hubungan usaha dan energi. Siswa tersebut belum memahami bahwa usaha setara dengan perubahan energi potensial. Pada kelas eksperimen, siswa tersebut menjelaskan secara verbal makna dari matematis, yaitu usaha positif ketika dikaitkan dengan meningkatnya energi potensial akibat meningkatnya ketinggian terhadap titik acuan. Dengan demikian, kita dapat melihat alur imajinasi konsep siswa dan menerapkannya pada suatu masalah melalui representasi yang digunakan siswa.

Peserta didik memiliki peran yang aktif dalam menelusuri informasi (pengetahuan konseptual), menemukan sifat-sifat, pola, rumus, simbol dan penyelesaian masalah melalui proses mengamati dan membayangkan dengan imajinasinya [23]. Kondisi ini diakibatkan perbedaan siswa dari segi faktor RC, CM, RM, dan RCM yang diterapkan pada model pembelajaran SiMaYang pada fase eksplorasi dan imajinasi. Siswa eksperimen terbiasa menyelesaikan dengan mengaitkan pengetahuan konseptual dari hasil penalaran terhadap model representasi yang dia buat [23].

Indikator 4 diukur dengan soal *posttest* nomor 6. Berdasarkan taksonomi Bloom, penguasaan konsep yang diukur pada soal ini adalah pada tingkat C4 yang



merupakan tingkat kemampuan siswa dalam menganalisa informasi yang masuk dan membagi-bagi atau menstrukturkan informasi ke dalam bagian yang lebih kecil untuk mengenali pola atau hubungan, dan mampu mengenali serta membedakan faktor penyebab dan akibat [27].

Kedua siswa tersebut telah mencapai tujuan sesuai indikator yang telah ditentukan. Terdapat perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dalam menganalisis fenomena, yaitu siswa kelas eksperimen menjelaskan konsep dengan alur berpikir logis, menggunakan konsep yang benar, serta sistematis. Kelengkapan penjelasan konsep dapat dilihat dari macam-macam representasi yang dibuat, penjelasan verbal, dan matematis. Siswa menjawab soal konsep dengan multi representasi yaitu fenomena yang dideskripsikan dengan kata-kata yang merupakan representasi verbal dari proses [9]. Selanjutnya, sebuah sketsa atau gambar yang disebut representasi gambar digunakan untuk merepresentasikan proses. Kemudian diikuti dengan representasi fisis yang melibatkan lebih banyak deskripsi tentang fisika seperti diagram benda bebas dan grafik. Terakhir, proses direpresentasikan secara matematika dengan menggunakan prinsip fisika dasar untuk menggambarkan proses.

Penguasaan konsep siswa kelas kontrol ketika menjelaskan energi kinetik dan potensial sudah benar, tetapi ketika mengaitkan dengan kekekalan energi mekanik masih salah. Multi representasi dapat meningkatkan daya analisis konseptual peserta didik sehingga dapat mengintegrasikan suatu konsep satu dengan yang lain konsep dengan baik [30]. Kondisi ini dicapai karena fungsi dari multi representasi adalah sebagai pelengkap informasi, pembatas interpretasi, dan pembangun pemahaman yang lebih dalam [19]. Selain itu, faktor CRM yang biasa diterapkan pada siswa kelas eksperimen pada tahap internalisasi dan evaluasi memberi dampak penguasaan konsep yang baik. Faktor CRM tersebut berperan pada kemampuan siswa melibatkan semua faktor yang mempengaruhi siswa dalam menerjemahkan representasi dengan baik [23].

Indikator 5 diukur dengan soal *posttest* nomor 7. Berdasarkan taksonomi Bloom, penguasaan konsep yang diukur pada soal ini adalah pada tingkat C5 yang merupakan tingkat kemampuan siswa dalam memberikan gagasan, penilaian terhadap solusi gagasan dan metodologi dengan menggunakan kriteria yang cocok atau standar yang ada untuk memastikan nilai efektivitas atau manfaatnya [27]. Keduanya diminta mengajukan gagasan dengan menerapkan hukum kekekalan energi mekanik pada gerak di bidang melengkung.

Terdapat perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol yaitu, ketika mereka menyatakan gagasannya terkait fenomena yang disajikan. Pada kelas eksperimen, tidak ada satupun siswa yang menjawab dengan benar (skor 5), maksimum 4, yang berarti jawaban benar tetapi kurang lengkap. Kedua siswa sudah menjawab benar, ia mengungkapkan gagasannya untuk menjaga si pemain



sketler bergerak bolak-balik ke titik A-B dalam waktu lama yang seharusnya dikondisikan adalah permukaannya yang licin, agar tidak ada gaya gesek, namun siswa tersebut belum menyebutkan keterkaitannya dengan hukum kekekalan energi mekanik. Pada kelas kontrol, alur berpikir siswa tidak jelas. Dengan demikian, penguasaan konsep kelas eksperimen ketika mereka diminta mengajukan gagasan masih lebih baik dari pada penguasaan konsep kelas kontrol. Kondisi ini dapat dicapai karena pembelajaran dengan pendekatan multi representasi juga dapat memperbaiki kemampuan siswa dalam menjelaskan (memberi alasan) dari sebuah fenomena [31]. Faktor RC yang bisa diterapkan pada fase eksplorasi dan evaluasi pada model pembelajaran SiMaYang yang mengakibatkan demikian, karena faktor tersebut terkait pengetahuan konseptual dari dalam individu [23].

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan siswa kelas eksperimen yaitu siswa yang diajar dengan model pembelajaran SiMaYang memiliki penguasaan konsep lebih baik dari pada siswa kelas kontrol yaitu kelas dengan pembelajaran konvensional. Kelompok yang diberi perlakuan pembelajaran multi representasi dengan strategi khusus memperoleh keuntungan yaitu lebih menguasai konsep karena fungsi pembelajaran multi representasi adalah sebagai pelengkap informasi, pembatas interpretasi, dan pengembangan pemahaman yang lebih dalam [19]. Selain itu, terdapat hasil penelitian lainnya yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan penguasaan konsep antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Kelas yang diajar dengan model SiMaYang memiliki penguasaan konsep yang lebih tinggi dari pada penguasaan konsep kelas kontrol, kondisi ini diperoleh akibat tujuan utama model pembelajaran SiMaYang adalah membangun penguasaan konsep berdasarkan pendekatan multi representasi [21, 22, 23, 26].

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penguasaan konsep siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran SiMaYang lebih tinggi dari pada penguasaan konsep siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran konvensional. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penerapan model pembelajaran SiMaYang pada materi fisika yang lain. Materi fisika yang khususnya yang membutuhkan multi representasi, contohnya fisika termodinamika, listrik-magnet, dan kuantum.

Daftar Rujukan

- [1] Kurnaz, M. A., & Arslan, A. S. 2014. Effectiveness of Multiple Representations for Learning Energy Concepts: Case of Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116(29):627-632.
- [2] Stephanik, B. M., & Shaffer, P. S. 2011. Examining student ability to interpret and use potential energy diagrams for classical systems. *AIP Conference*



- Proceedings*, 1413(1):367-370.
- [3] Watts, D. M. 1983. Some alternative views of energy. *Physics education*, 18(5): 213-220.
- [4] Serway, R. A., & John W. Jewett, J. 2014. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.
- [5] Brewster, E. 2011. Energy as a substance-like quantity that flows: Theoretical considerations and pedagogical consequences. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 7(2): 201-206.
- [6] Close, E. W., Close, H. G., McKagan, S. B., Scherr, R. E., Singh, C., Sabella, M., & Rebello, S. 2010. Energy in action: The construction of physics ideas in multiple modes. *Aip Conference Proceedings*, 1289(1): 100-105.
- [7] Knight, Randall. 2008. Using Multiple Representations to Understand Energy. *Advanced Placement Program (AP Physics)*, 30(2): 29-56.
- [8] Goldin, G. A. 2002. Representation in mathematical learning and problem solving. *Handbook of international research in mathematics education*, 93(34) 197-218.
- [9] Heuvelen, V. A., & Zou, X. 2001. Multiple representations of work-energy processes. *American Journal of Physics*, 69(2): 184-194.
- [10] Ainsworth, S. 2006. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3): 183-198.
- [11] Brooks, M. 2009. Drawing, visualisation and young children's exploration of "big ideas". *International Journal of Science Education*, 31(3): 319-341.
- [12] Glazer, N. 2011. Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2): 183-210.
- [13] Heckler, A. F. 2010. Some consequences of prompting novice physics students to construct force diagrams. *International Journal of Science Education*, 32(14): 1829-1851.
- [14] Nguyen, D. H., & Rebello, N. S. 2011. Students' understanding and application of the area under the curve concept in physics problems. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 7(1): 101-108.
- [15] Prain, V., & Waldrip, B. 2006. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15): 1843-1866.
- [16] Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. 2009. Do students use and understand free-body diagrams?. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(1): 221-225.
- [17] Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. 2006. Learning Junior Secondary Science Through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education*, 11(1): 654-661.
- [18] Nieminen, P., Savinainen, A., Nurkka, N., & Viiri, J. 2011. An intervention for using multiple representations of mechanics in upper secondary school courses. In *Proceedings of the ESERA 2011 Conference, Lyon*, 87(140): 202-



- 208.
- [19] Ainsworth, S. 1999. The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2): 131-152.
 - [20] Arends, R. 2012. *Learning to Teach*, 9th edition. New York: The Mc. Graw-Hill Companies.
 - [21] Afdila, D., Sunyono, S., & Efkar, T. 2015. Penerapan Simayang Tipe II pada Materi Larutan Elektrolit dan Non-Elektrolit. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 4(1): 6-14.
 - [22] Fauziyah, N., Sunyono, S., & Efkar, T. 2015. Pembelajaran Model Simayang Tipe II Pada Materi Larutan Elektrolit Dan Non-Elektrolit. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 4(1): 54-65.
 - [23] Sunyono. 2015. *Model Pembelajaran Multipel Representasi*. Media Akademi: Jakarta.
 - [24] Schönborn, K. J., & Anderson, T. R. 2009. A model of factors determining students' ability to interpret external representations in biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31(2): 193-232.
 - [25] Rappoport, L. T., & Ashkenazi, G. 2008. Connecting levels of representation: Emergent versus submergent perspective. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1585-1603.
 - [26] Hananto, R. A. 2015. Lembar Kerja Siswa Konsep Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit dengan Model SiMaYang Tipe II. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 4 (1): 13-24.
 - [27] Anderson, L. W. & Krathwohl, D.R. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assising: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Yogyakarta: Terjemahan. Pustaka Belajar.
 - [28] Hasim, W. 2012. Identifikasi Miskonsepsi Materi Usaha, Gaya dan Energi dengan Menggunakan CRI Pada Siswa Kelas VIII SMPN 1 Malangke Barat. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 6(1): 45-51.
 - [30] Nugraha, H. A. 2014. Analisis Miskonsepsi Topik Usaha Dan Energi Siswa Kelas XI Setelah Pembelajaran Kooperatif Menggunakan Simulasi Komputer (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
 - [31] Kohl, P. B., Rosengrant, D., Finkelstein, N. 2007. Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(1): 101-108.
 - [32] Sutopo, Waldrip, B. 2013. Impact Of A Representational Approach On Students'reasoning And Conceptual Understanding In Learning Mechanics. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 12(4): 741-765.



PENGEMBANGAN TES *HABITS OF MIND* SISWA SMA PADA MATERI RANGKAIAN ARUS LISTRIK SEARAH

Rahmadhani Mulvia^{1,*}, Taufik Ramlan Ramalis¹, Unang Purwana¹

¹Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Setiabudhi No 229, Bandung, 40154, Indonesia

*Email: rahmamulvia@gmail.com

Abstrak

Habits of mind adalah hasil belajar jangka panjang yang memiliki peranan penting dalam memecahkan masalah bahkan kesuksesan seseorang. Hasil belajar tersebut belum banyak mendapatkan penilaian, dikarenakan instrumen yang belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengembangkan instrumen *habits of mind* berupa tes berbentuk uraian dengan menggunakan metode R&D yang melibatkan tiga dosen ahli/pakar. Kesepakatan dosen ahli/pakar dalam melakukan validasi isi dianalisis menggunakan Aiken V sehingga diperoleh instrumen yang valid berkategori tinggi dan layak diuji coba. Instrumen diuji coba kepada siswa SMA dan dikarakteristik menggunakan teori respon butir dengan model politomi. Instrumen tes dianalisis menggunakan *partial credit model*, menghasilkan tes yang memiliki daya beda, tingkat kesukaran dan estimasi reliabilitas dengan kategori baik. Artinya, tes tersebut dapat membedakan dan memiliki konsistensi dalam mengukur *habits of mind* yang dimiliki siswa.

Kata Kunci: *habits of mind*; *partial credit model*.

1. Pendahuluan

Fisika adalah salah satu cabang ilmu sains yang mempelajari tentang fenomena-fenomena yang terjadi di alam. Dalam mempelajari fisika diperlukan sejumlah sikap dan nilai-nilai ilmiah. Menurut hasil studi, sikap dan nilai ilmiah tersebut akan ikut berkembang apabila *habits of mind* ditanamkan sejak dini [13], sehingga *habits of mind* sangat penting untuk dikembangkan dalam pembelajaran fisika.

Costa dan Kallick menyatakan *habits of mind* adalah karakteristik perilaku berpikir cerdas yang paling tinggi untuk memecahkan masalah dan merupakan indikator dalam kesuksesan akademik, pekerjaan dan hubungan sosial [1]. Menurut Marzano (1993), *habits of mind* adalah hasil belajar jangka panjang yang melatarbelakangi dimensi belajar lainnya dan merupakan bagian dari pengetahuan prosedural yang memiliki hierarki yaitu algoritma dan strategi. Marzano (1993) membagi *habits of mind* menjadi tiga aspek yaitu berpikir kritis, berpikir kreatif dan regulasi diri. Setiap aspek *habits of mind* memiliki indikator aspek.

Berpikir kritis memiliki indikator sebagai berikut akurat dan mencari akurasi; jelas dan mencari kejelasan; bersifat terbuka; menahan diri dari sikap impulsif; mengambil posisi ketika informasi memerlukannya; serta peka terhadap perasaan dan tingkat pengetahuan orang lain. Berpikir kreatif memiliki indikator sebagai



berikut berpartisipasi secara intens dalam tugas meski jawaban atau solusi belum jelas; memaksimalkan pengetahuan dan kemampuannya; menghasilkan, meyakini dan mempertahankan standar evaluasinya; serta menghasilkan cara baru dalam memandang situasi di luar batasan kebiasaan umum. Regulasi diri memiliki indikator sebagai berikut menyadari pemikirannya sendiri; membuat rencana secara efektif; mengenali dan menggunakan sumber yang diperlukan; peka terhadap umpan balik; dan mengevaluasi keefektifan tindakannya. Ketiga aspek tersebut memiliki pengaruh dalam menentukan tingkat kepercayaan diri dan kepribadian seseorang dalam menghadapi masalah [12].

Habits of mind sebagai hasil belajar jangka panjang jarang mendapatkan penilaian. Hal ini dikarenakan penilaian hanya terfokus pada aspek pengetahuan [3,4] dan instrumen untuk mengukur *habits of mind* belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen *habits of mind* pada mata pelajaran fisika.

Proses pengembangan instrumen *habits of mind* dilakukan sebagai cara untuk memperbaiki atau mengembangkan instrumen *habits of mind* yang telah ada. Marzano (1993) menjelaskan bahwa pengembangan instrumen *habits of mind* dapat dilakukan dengan menggunakan rubrik kinerja dengan tingkatan nilai yang menunjukkan tingkat kemampuan *habits of mind* yang dimiliki dan rubrik tersebut dapat dikonstruksi ke dalam tugas. Costa (1991), mengembangkan instrumen *habits of mind* berbentuk rubrik, ceklis, portofolio, kinerja, pameran, anekdot, wawancara dan jurnal. Tokoh lainnya yang mengembangkan instrumen *habits of mind* yaitu Toi dengan *The Habits of mind Assessment Scale* (THOMAS) (2012); Thompson (1999) dengan tes berbentuk *multiple choice* berjumlah 45 soal; *New Jersey Assessment of Skills and Knowledge (NJASK) Science Grade 4* dengan tes berbentuk *multiple choice* (2006); Matematika Universitas Montana untuk menelusuri *mathematical habits of mind* (MHoM) melakukan pengembangan instrumen tes berupa *paper and pencil* dan instrumen *non-tes* berupa *observation protokol* (Matsuura, 2013).

Pengembangan instrumen *habits of mind* dalam mata pelajaran tertentu misalnya fisika, hanya mungkin terjadi melalui pengetahuan karena tidak mungkin orang yang tidak memiliki pengetahuan materi tertentu dapat menunjukkan *habits of mind* [12] sehingga pengembangan instrumen pada penelitian ini berupa tes bentuk uraian dengan materi fisika yaitu rangkaian arus listrik searah.

Pada proses pengembangan tes dilibatkan dosen ahli/pakar yang bertujuan untuk memvalidasi isi tes. Validasi isi adalah analisis rasional yang dikemukakan oleh ahli/pakar untuk mengetahui keterwakilan tes dengan kemampuan yang hendak diukur [10]. Validasi isi mencakup aspek materi, konstruk dan bahasa yang terdapat dalam tes. Untuk mengetahui kesepakatan ahli/pakar dalam meninjau validasi isi, dilakukan analisis menggunakan indeks validitas Aiken V yang dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

dengan, V = indeks kesepakatan ahli/pakar mengenai validitas isi butir, s = nilai yang ditetapkan ahli/pakar dikurangi dengan nilai terendah dalam kategori yang dipakai ($s = r - l_0$), r = nilai kategori pilihan ahli/pakar, l_0 = skor terendah dalam kategori penilaian, n = banyaknya ahli/pakar dan c = banyaknya kategori yang dapat dipilih oleh ahli/pakar.

Indeks Aiken V berada pada rentang 0-1 dengan kategori baik jika $V > 0,8$, kategori sedang jika $0,4 < V \leq 0,8$, dan kategori rendah jika $V \leq 0,4$. Hasil dari analisis Aiken V merupakan bahan pertimbangan untuk perbaikan tes yang mencakup aspek materi, konstruk dan bahasa.

Tes yang baik merupakan tes yang valid dan memiliki karakteristik (daya beda, tingkat kesukaran dan reliabilitas) dalam kategori baik. Dalam penelitian ini, karakteristik tes tersebut dapat diketahui dengan menggunakan analisis teori respon butir model politomi yaitu *partial credit model* (PCM). PCM adalah model yang digunakan untuk jenis data yang memperhatikan urutan atau langkah-langkah dalam penyelesaian soal sehingga siswa yang diamati diberikan skor untuk tiap langkah yang dilakukannya, contohnya pada tes uraian [11]. Menurut Muraki dan Bock [11], secara matematis bentuk umum dari PCM sebagai berikut:

$$P_{jk}(\theta) = \frac{\exp \sum_{v=0}^k (\theta - b_{jk})}{\sum_{h=0}^m \exp \sum_{v=0}^h (\theta - b_{jk})}$$

dengan

$P_{jk}(\theta)$: probabilitas peserta berkemampuan θ untuk kategori k pada butir j .

θ : kemampuan peserta.

$m+1$: banyaknya kategori butir j .

b_{jk} : indeks kesukaran kategori k butir j .

Pengembangan dari PCM dikenal sebagai *generalized partial credit model* (GPCM) yang menurut Muraki [11] secara matematis persamaan untuk GPCM sebagai berikut:

$$P_{jh}(\theta) = \frac{\exp \sum_{v=0}^h Z_{jr}(\theta)}{\sum_{e=0}^{m_i} \exp \left[\sum_{v=0}^e Z_{jr}(\theta) \right]}$$

dengan

$P_{jh}(\theta)$: probabilitas peserta berkemampuan θ memperoleh skor kategori k pada butir j .

θ : kemampuan peserta.

a_j : indeks daya pembeda butir j .

b_{jk} : indeks kesukaran kategori k pada butir j .

b_j : indeks kesukaran lokasi butir j (parameter butir lokasi).

d_k : parameter kategori k .

m_{j+1} : banyaknya kategori butir j .

D : faktor skala ($D = 1,7$).

Parameter b_{jk} adalah parameter tahap butir. Parameter ini adalah titik potong antara kurva $P_{jk}(\vartheta)$ dengan $P_{jk-1}(\vartheta)$ yang hanya berpotongan di suatu titik pada skala ϑ [11].

Pada teori respon butir juga dikenal istilah fungsi informasi yang terdiri dari butir tes dan tes. Fungsi informasi pada teori respon butir memiliki kesamaan seperti koefisien reliabilitas pada teori klasik [7]. Fungsi informasi butir merupakan fungsi yang mengungkapkan ketepatan dalam melakukan estimasi dan kesesuaian model sehingga memberikan kontribusi yang sangat penting dalam mengungkapkan kemampuan peserta pada tes yang diukur dan menyeleksi butir tes. Secara matematis, fungsi informasi butir ditulis sebagai berikut:

$$I_i(\theta) = \frac{[P'_i(\theta)]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

Fungsi informasi pada setiap butir tes pada perangkat tes menunjukkan fungsi informasi tes tersebut secara keseluruhan sehingga jika $I(\theta)$ menunjukkan informasi tes maka nilainya sama dengan jumlah dari fungsi informasi penyusun tes tersebut [11,7]. Secara matematis, fungsi informasi keseluruhan suatu butir tes sebagai berikut:

$$FI(\theta) = \sum_{j=1}^n I_j$$

Nilai indeks parameter butir dan kemampuan peserta merupakan hasil estimasi sehingga kebenarannya bersifat probabilitas dan tidak terlepas dari kesalahan dalam pengukuran. Pada teori respon butir, kesalahan dalam pengukuran dikenal sebagai kesalahan penaksiran standar (*Standard Error of Measurement*, SEM) yang nilainya berkaitan dengan fungsi informasi. Hubungan SEM dan fungsi informasi adalah berbanding terbalik kuadrat sehingga semakin besar fungsi informasi maka SEM semakin kecil atau sebaliknya [11]. Hubungan matematis nilai estimasi SEM dan fungsi informasi sebagai berikut:

$$SEM(\theta) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}}$$

2. Metode

Research and development (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan. Hal ini dikarenakan, metode tersebut berfungsi untuk menguji, mengembangkan dan menciptakan suatu produk. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah tes berbentuk uraian, untuk mengukur kemampuan *habits of mind*.

Langkah-langkah penelitian R&D menurut Sugiyono (2013)^[14] sebagai berikut: potensi dan masalah; mengumpulkan informasi, desain produk, validasi desain, perbaikan desain, uji coba produk, revisi produk, uji coba pemakaian, revisi produk, dan pembuatan produk masal. Namun, pada penelitian ini terjadi modifikasi langkah-langkah penelitian sehingga hanya enam dari sepuluh langkah penelitian metode R&D yang dilakukan oleh peneliti.

Produk instrumen *habits of mind* yang dihasilkan membahas mengenai materi rangkaian arus listrik searah untuk tingkat SMA. Oleh karena itu, populasi penelitian ini adalah siswa SMA yang telah mempelajari materi fisika tersebut. Sampel hanya 66 orang siswa SMA disalah satu SMAN di Jawa Barat. Penarikan sampel tersebut menggunakan teknik *nonprobability sampling* jenis *purposive sampling*.

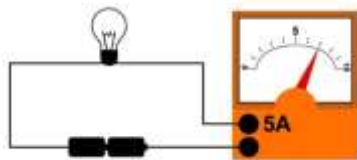
Tes *habits of mind* hasil kontruksi diujicobakan kepada sampel yang telah ditentukan sehingga diperoleh sejumlah data yang dianalisis menggunakan PCM dengan bantuan program IRTPro sehingga diketahui karakteristiknya. Karakteristik berupa daya beda, tingkat kesukaran dan reliabilitas diperoleh dari *characteristic curve total* (CCT), fungsi informasi dan SEM dari PCM teori respon butir.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan teori yang telah dikemukakan, didesain tes *habits of mind* yang bertujuan untuk mengukur kemampuan *habits of mind* yang dimiliki oleh siswa. Tes berbentuk uraian dikarenakan bentuk tersebut dapat memberikan kebebasan kepada siswa dalam mengemukakan jawaban dengan harapan dapat lebih menggali kemampuan *habits of mind* yang dimilikinya. Banyaknya butir soal pada instrumen tes yang dikembangkan adalah 12 soal serta dilengkapi dengan rubrik penilaian untuk setiap butir. Berikut ini adalah salah satu contoh soal tes *habits of mind* (Gambar 1) untuk aspek berpikir kritis dengan indikator bersifat akurat dan mencari akurasi.

Soal

Anda memiliki sebuah rangkaian listrik seperti gambar berikut.



Bagaimana cara Anda membaca arus pada rangkaian tersebut?

Jawaban

Cara yang biasa dilakukan untuk membaca arus pada rangkaian yaitu:

1. Mengamati perubahan arus yang terjadi pada amperemeter dengan sudut pandang tegak lurus.
2. Membaca skala yang ditunjukkan oleh jarum pada amperemeter secara tepat.
3. Menentukan arus yang mengalir pada rangkaian dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$I = \frac{\text{Skala yang ditunjuk jarum}}{\text{Skala maksimum}} \times \text{Batas maksimum}$$

Rubrik Penilaian

4. Peserta didik mempresentasikan cara membaca arus dengan memperhatikan ketepatan secara rinci sesuai dengan semua langkah yang terdapat pada kunci jawaban.
3. Peserta didik mempresentasikan cara membaca arus dengan memperhatikan kunci ketepatan secara rinci yaitu langkah (1), dan (3) yang terdapat pada kunci jawaban.
2. Peserta didik mempresentasikan cara membaca arus dengan mengabaikan rincian penting yaitu langkah (3) yang terdapat pada kunci jawaban.
1. Peserta didik tidak mempresentasikan cara membaca arus dengan memperhatikan ketepatan secara rinci.

Gambar 1. Contoh soal tes *habits of mind*.

Dalam mendesain tes *habits of mind* tidak semua indikator aspek *habits of mind* yang dikemukakan oleh Marzano (1993) dikembangkan. Hal ini karena tidak semua indikator *habits of mind* dapat dikonstruksi dalam bentuk tes sehingga hanya enam indikator yang mewakili dari ketiga aspek *habits of mind*. Keenam indikator tersebut yaitu akurat dan mencari akurasi, jelas mencari kejelasan, berpartisipasi secara intens dalam tugas meski jawaban atau solusi belum jelas, memaksimalkan kemampuan dan pengetahuan, menyadari pemikirannya sendiri, dan sensitif terhadap umpan balik.

Untuk mengetahui kesesuaian antara tes yang didesain dan kemampuan *habits of mind* yang akan diukur maka dilakukan validasi isi dengan melibatkan tiga ahli/pakar. Setiap ahli/pakar memberikan penilaian dan saran atau tanggapan yang dapat memperbaiki instrumen yang telah didesain pada lembar *judgement* validasi isi. Untuk mengetahui hasil kesepakatan *judgement* validasi isi instrumen *habits of mind* digunakan analisis indeks Aiken V. Hasil kesepakatan *judgement* validasi isi instrumen tes *habits of mind* menggunakan analisis indeks Aiken V, seperti Tabel 1.

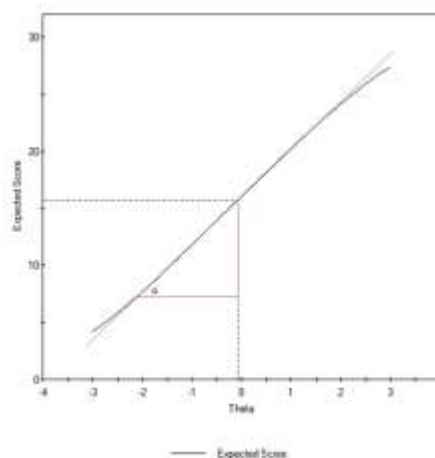
Tabel 1 Hasil analisis indeks Aiken V pada validasi isi tes *habits of mind*

Nomor Soal	Indeks Aiken V
1	0,93
2	1,00
3	0,93
4	1,00
5	1,00
6	1,00
7	0,96
8	0,96
9	1,00
10	1,00
11	1,00
12	1,00
Rerata	0,98

Dari Tabel 1 diketahui bahwa indeks Aiken V dari tes *habits of mind* adalah 0,98 dengan kategori tinggi. Artinya, ketiga dosen ahli/pakar menyatakan bahwa tes *habits of mind* yang didesain oleh peneliti adalah instrumen tes untuk mengukur kemampuan *habits of mind* pada materi fisika SMA tentang rangkaian arus listrik searah dengan konstruksi yang baik serta tidak mengandung makna ganda. Oleh karena itu, instrumen tes *habits of mind* dapat dinyatakan layak untuk di uji coba sehingga dapat diketahui karakteristiknya.

Data hasil uji coba diperoleh dari analisis jawaban siswa yang terdapat pada lembar jawaban instrumen. Lembar jawaban instrumen tes yang berisi jawaban siswa dianalisis menggunakan rubrik penilaian yang memiliki rentang nilai 1 sampai 4, sehingga diperoleh data hasil uji coba berupa angka. Angka tersebut diolah menggunakan PCM dari teori respon butir dengan bantuan *software* IRTPro sehingga diketahui karakteristik butir tesnya.

Dari pengolahan tersebut diketahui karakteristik tes menggunakan *characteristics curve total* (CCT) yang merupakan kelebihan dari analisis teori respon butir. CCT ini menunjukkan estimasi skor yang diperoleh siswa dari hasil menjawab 12 butir soal untuk setiap tingkat kemampuan. CCT *habits of mind* siswa SMA pada materi rangkaian arus listrik searah, seperti Gambar 2.

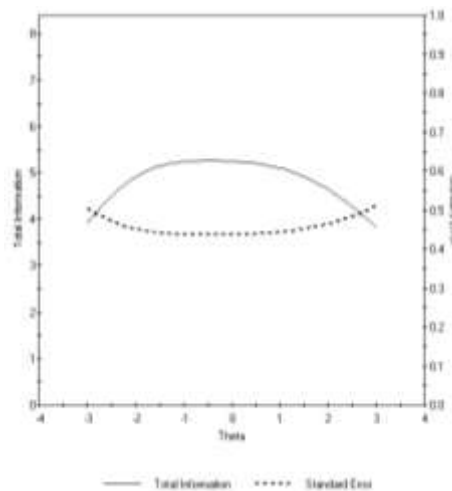


Gambar 2. CCT instrumen tes *habits of mind*

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa kemampuan *habits of mind* yang dimiliki oleh siswa berada pada rentang -3 sampai 3 dengan kategori baik. Kemampuan bernilai -3 menunjukkan tingkat kemampuan paling rendah sehingga hanya mampu memperoleh nilai sebesar 4,2, sedangkan kemampuan bernilai +3 menunjukkan tingkat kemampuan paling tinggi sehingga mampu memperoleh nilai 27,4. Probabilitas 1 berada pada skor 31,6, sehingga probabilitas 0,5 berada di skor 15,8. Untuk mengetahui tingkat kesukaran tes dengan cara menarik garis horizontal pada nilai probabilitas 0,5 sehingga berpotongan dengan CCT, selanjutnya perpotongan tersebut jika ditarik garis vertikal menunjukkan tingkat kesukaran tes. Nilai tingkat kesukaran tes mendekati -0,10, kategori baik. Untuk nilai daya beda tes,

data diperoleh dengan mencari kemiringan atau dengan $\tan \alpha$ dengan nilai sebesar 1 dengan kategori baik. Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa tes *habits of mind* yang dikembangkan dapat membedakan dan mengukur kemampuan dari tingkat rendah sampai tingkat tinggi.

Karakteristik lainnya yaitu estimasi reliabilitas yang menunjukkan konsistensi instrumen tes dalam melakukan pengukuran kemampuan *habits of mind*. Estimasi reliabilitas diperoleh dari titik perpotongan fungsi informasi dan SEM [9], seperti Gambar 2.



Gambar 3. Fungsi total informasi instrumen tes *habits of mind*

Dari Gambar 3 diketahui bahwa titik perpotongan antara fungsi informasi total dan SEM berada pada rentang kemampuan *habits of mind* siswa sebesar -2,80 sampai +2,60 dengan puncak fungsi informasi total sebesar 5,26. Hal tersebut menunjukkan bahwa tes *habits of mind* memiliki estimasi konsistensi pengukuran (estimasi reliabilitas) pada kategori baik serta dapat memberikan informasi kemampuan *habits of mind* yang dimiliki oleh siswa secara bervariasi dari tingkat tinggi sampai tingkat rendah.

Berdasarkan penelitian ini, peneliti merekomendasikan untuk peneliti selanjutnya yaitu indikator aspek *habits of mind* yang dikembangkan dapat lebih banyak sehingga menghasilkan instrumen yang dapat menilai seluruh indikator aspeknya.

4. Kesimpulan

Tes *habits of mind* hasil pengembangan layak diujicobakan kepada siswa SMA yang telah mempelajari rangkaian arus listrik searah. Berdasarkan hasil uji coba diketahui bahwa semua butir tes *habits of mind* memiliki karakteristik yang dapat membedakan dan konsisten dalam melakukan pengukuran kemampuan tersebut.



Daftar Rujukan

- [1] Campbell, J. 2006. *Theorising Habits of Mind as a Framework for Learning*. Central Queensland University.
- [2] Costa, A. L. (1991). *Teaching and Assessing Habits of Mind*. National Institute of Education Library, Singapore.
- [3] Haka, N. B. (2013). *Penerapan Asesmen Kinerja Untuk Meningkatkan Kemampuan Habits of Mind dan Penguasaan Konsep Biologi Siswa Kelas XI*. Tesis, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia.
- [4] Irsyad, M. & Sri, S. (2015). *Pengembangan Asesmen Autentik Pada Materi Interaksi Mahkluk Hidup dengan Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa*. Universitas Negeri Semarang.
- [5] Marzano, R. J et. al . (1993). *Assessing Student Outcomes : Performance Assessment Using the Dimentions of Learning Model*. Mid-Continent Regional Educational Lab., Aurora, CO.
- [6] Matsuura, R. et. al. (2013). *Mathematical Habits of Mind For Teaching Using Language in Algebra Classrooms*, 10 (3) hlm. 735-776.
- [7] Naga, D. S. (1992). *Pengantar Teori Sekor Pada Pengukuran Pendidikan*. Jakarta: Penerbit Guna Darma.
- [8] New Jersey Assessment of Skills and Knowledge Science Grade 4. (2006). *Assessment Samples*. New Jersey Departement of Education.
- [9] Nurcahyanto, E. (2016). *Pengembangan Penilaian Kinerja pada Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan STEM untuk Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik SMA Materi Elastisitas*. Tesis Magister pada Program Pascasarjana: Universitas Negeri Yogyakarta. Diambil kembali dari <http://eprints.uny.ac.id/40997/1/tesis-emanuel-nurcahyanto-14726251028.swf>
- [10] Retnawati, H. (2016). *Analisis Kuantitatif Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Parama Publishing.
- [11] Retnawati, H. (2014). *Teori Respons Butir dan Penerapannya*. Yogyakarta: PT. Parama Publishing.
- [12] Rustaman, N. Y. dkk. (2008). *Kontribusi Asesmen Fornamtif Terhadap Habits of Mind Mahasiswa Biologi*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas, Universitas Pendidikan Indonesia.
- [13] Rustaman, N. (2008). *Habits of Mind in Learning Science and Its Assessment*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [14] Sugiono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- [15] Thompson, M. (1999). An Evaluation of the Implementation of The Dimensions of Learning Program in an Australian Independent Boys School. *International Education Journal* 1(1) hlm. 45-60.
- [16] Toi, H. Y.P. (2012). *Assessing Habits of Mind using THOMAS*. Singapura.



KAJIAN KINEMATIKA DAN DINAMIKA GERAK PADA JALUR JEMBATAN SEMANGGI KABUPATEN JEMBER SEBAGAI SUMBER BELAJAR FISIKA DI SMA

Mikha Herlina Premila Illu^{1,*}, Supeno¹, Sri Handono Budi Prastowo¹, Trapsilo Prihandono¹

¹Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jl.Kalimantan No.37, Jember, 68121, Indonesia

***Email:** mikhaherlina@gmail.com

Abstrak

Pembelajaran fisika di SMA memerlukan contoh peristiwa yang kontekstual untuk membantu siswa memahami materi dengan lebih mudah. Jalur Jembatan Semanggi yang terletak di kecamatan Sumpalsari, kabupaten Jember merupakan jalur lalu lintas dengan bentuk lintasan yang unik, yaitu berupa bidang miring, lingkaran dan lurus. Jika dikaitkan dengan materi fisika di Sekolah Menengah Atas (SMA) khususnya materi kinematika dan dinamika gerak maka peristiwa kendaraan yang melintasi jalur Jembatan Semanggi bisa dijadikan sebagai sumber belajar. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji data-data kontekstual pada kendaraan yang melintasi jalur Jembatan Semanggi, kemudian data-data tersebut dirancang menjadi sumber belajar fisika yang bisa digunakan di SMA. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Hasil penelitian yang diperoleh bisa digunakan untuk merancang sumber belajar fisika berdasarkan data besaran-besaran fisika yang kontekstual dan sesuai dengan kondisi nyata jalur lalu lintas Jembatan Semanggi.

Kata Kunci: kinematika, dinamika, semanggi, sumber belajar

1. Pendahuluan

Fisika dapat mempelajari gejala alam dari benda atau materi dalam lingkup ruang dan waktu yang dapat dijelaskan dalam berbagai perhitungan secara kuantitatif [1]. Kinematika gerak merupakan salah satu topik awal yang diajarkan dalam pembelajaran fisika di sekolah menengah, konsep kinematika gerak membahas mengenai posisi, kecepatan dan percepatan yang disertai waktu [2]. Sedangkan dinamika merupakan materi yang diajarkan setelah kinematika. Oleh sebab itu kinematika sangat penting dipahami oleh siswa untuk mempermudah dalam mempelajari dinamika.

Permasalahan yang dialami siswa dalam penguasaan materi kinematika dan dinamika masih banyak sekali. Siswa kurang memahami grafik-grafik pada kinematika [3]. Tingkat kesuksesan siswa hanya 55% dalam mengerjakan hukum Newton tentang gerak [4]. Siswa mengalami miskonsepsi 32,50% pada gerak lurus, 47,50% pada dinamika gerak, 50,74% pada memadu gerak, 48,94% pada gerak melingkar beraturan dan 40,08% pada gesekan [5]. Ada beberapa ketidakpahaman mengenai materi gerak dan gaya diantaranya gerak selalu disebabkan oleh gaya, tidak ada gaya yang bekerja pada benda ketika benda tidak bergerak, dan masih banyak lagi [6]. Permasalahan yang dialami siswa pada materi kinematika dan



dinamika dapat dilihat dari hasil Ujian Nasional (UN) tahun 2016 khususnya siswa di kabupaten Jember, yaitu penguasaan materi pengukuran dan kinematika sebesar 45,58% sedangkan materi dinamika sebesar 60,63% [7].

Berdasarkan permasalahan tersebut tersebut maka diperlukan suatu pengalaman belajar yang bisa membantu membangun konsep awal bagi siswa untuk lebih mudah memahami materi tersebut. Peristiwa yang dialami dalam kehidupan sehari-hari itu merupakan pengalaman yang dijadikan konsep awal bagi siswa [8]. Peristiwa yang sering dijumpai, dilihat, dilakukan, disentuh dalam kehidupan sehari-hari bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk merancang suatu sumber belajar yang kontekstual dengan tujuan membantu siswa untuk lebih mudah memahami materi tersebut.

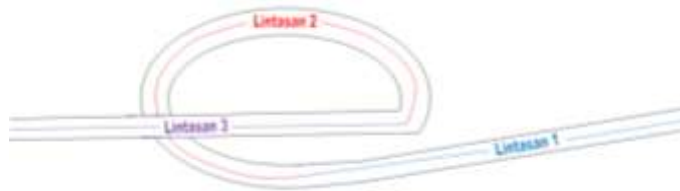
Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian yang terkait bahan ajar maupun sumber belajar kontekstual untuk membantu pemahaman siswa dalam pembelajaran materi kinematika dan dinamika. Modul fisika kontekstual berbasis web efektif digunakan dalam pembelajaran fisika [9]. Penggunaan modul fisika kontekstual dalam pembelajaran fisika menunjukkan perbedaan sebelum menggunakan modul rata-rata skor *pretest* sebesar 30,21 dan setelah menggunakan modul rata-rata skor *posttest* sebesar 75,17 [10]. Penggunaan *Handout* kontekstual dalam pembelajaran fisika menunjukkan siswa memberikan tanggapan positif sebesar 88,31% [11]. Namun dari penelitian yang telah dilakukan, peristiwa kontekstualnya belum mencirikan peristiwa kontekstual pada suatu daerah tertentu. Sehingga untuk menambah referensi bagi peneliti lainnya maka peneliti tertarik melakukan penelitian pada peristiwa kontekstual jalur lalu lintas Jembatan Semanggi kabupaten Jember. Pada jalur ini terdapat tiga macam bentuk lintasan yang berbeda, sehingga bisa diperoleh data kinematika dan dinamika yang berbeda pada setiap lintasan untuk kemudian dirancang menjadi sumber belajar fisika di SMA. Adapun keterbatasan dalam penelitian ini yaitu sumber belajar yang dibuat masih dalam bentuk rancangan. Sehingga penelitian ini diberi judul, “Kajian Kinematika Dan Dinamika Gerak Pada Jalur Jembatan Semanggi Kabupaten Jember Sebagai Sumber Belajar Fisika Di SMA”.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, pertama observasi lapangan di jalur Jembatan Semanggi kabupaten Jember dan kedua menganalisis data yang diperoleh di Laboratorium Fisika Dasar Pendidikan Fisika Universitas Jember. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu melalui data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan dan melalui data sekunder yang diperoleh dari Dinas Bina Marga kabupaten Jember dan aplikasi Google Earth pada *personal computer* (PC). Jalur Jembatan Semanggi Kabupaten Jember bisa dibagi menjadi tiga titik (Gambar 1). Titik 1 adalah jalan Bengawan Solo dari arah bundaran DPR (lintasan bidang miring), titik 2 adalah lintasan yang dianggap berbentuk lingkaran yang menghubungkan jalan Bengawan

Solo dengan jalan Bedadung (lintasan lingkaran), dan titik 3 adalah jalan Bedadung (lintasan lurus). Setelah data primer dari hasil observasi telah diperoleh kemudian akan di *cross check* dengan data sekunder. Namun dalam artikel ini hanya akan dibahas titik 1 saja yaitu jalan Bengawan Solo (lintasan bidang miring).

Data yang digali pada titik 1 yaitu panjang lintasan jalan Bengawan Solo, sudut kemiringan jalan Bengawan Solo, ketinggian jalan Bengawan Solo, kecepatan awal dan akhir sepeda motor saat melintasi jalan Bengawan Solo dan waktu yang diperlukan sepeda motor saat melintasi jalan Bengawan Solo. Data-data tersebut kemudian dianalisis berdasarkan materi kinematika dan dinamika yang diajarkan di SMA kemudian dirancang berupa sumber belajar yang terdiri dari materi kinematika dan dinamika dengan peristiwa kontekstual, contoh soal, latihan soal, soal berpikir kritis, dan mini laboratorium. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu (1) altimeter digital yang merupakan aplikasi android yang dilengkapi GPS (*Global Positioning System*) triangulasi untuk mengukur ketinggian lokasi, (2) meteran digunakan untuk mengukur panjang lintasan jalur Jembatan Semanggi, (3) *stopwatch* untuk mengukur waktu yang diperlukan ketika kendaraan melewati jalur Jembatan Semanggi, (4) sepeda motor Honda NF 125 SD sebagai kendaraan tetap yang digunakan dalam penelitian, dan (5) aplikasi *Google Earth* pada *personal computer* yang merupakan *earth viewer* yang lebih lengkap dari *Google Maps* dan memiliki fitur yang lebih lengkap serta resolusi gambar yang cukup tinggi.



Gambar 1. jalur jembatan semanggi kabupaten jember

3. Hasil dan Pembahasan

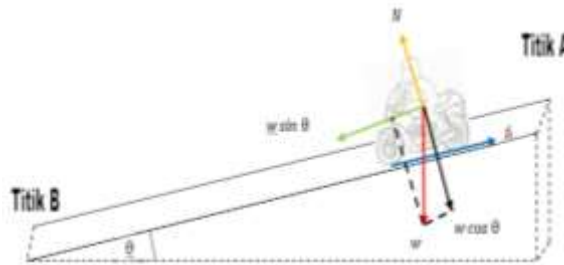
Lintasan 1 yaitu jalan Bengawan Solo pada jalur Jembatan Semanggi kabupaten Jember merupakan lintasan yang berbentuk bidang miring. Lintasan ini memiliki panjang 297 m dengan sudut kemiringan lintasan sebesar $19,27^\circ$. Dari lintasan 1 ini bisa diketahui besaran-besaran fisika yang terdapat pada materi kinematika dan dinamika gerak lurus. Sesuai materi fisika yang diajarkan di SMA, maka data yang diperoleh dari lintasan 1 ini bisa digunakan untuk mencari besarnya jarak tempuh sepeda motor, perpindahan yang dilakukan sepeda motor, kelajuan sepeda motor, kecepatan sepeda motor pada waktu tertentu, percepatan sepeda motor, massa sepeda motor dan pengendara sepeda motor, dan gaya-gaya yang bekerja saat sepeda motor bergerak. Sehingga dari besaran-besaran fisika yang didapatkan pada lintasan 1 ini bisa digunakan sebagai bahan untuk merancang sumber belajar fisika dengan nilai yang *real* sesuai dengan kondisi nyata lintasan 1. Kendaraan yang

digunakan untuk melintasi jalur ini adalah sepeda motor Honda/ NF 125 SD yang bermassa 107 kg dengan seorang penumpang yang bermassa 42 kg. Data hasil penelitian yang diperoleh pada lintasan 1 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data observasi pada lintasan 1

Kelajuan Awal (v_0)	Kelajuan Akhir (v_t)	Waktu Awal (t_0)	Waktu Akhir (t_t)	Panjang Lintasan (s)	Sudut (θ)	Ketinggian Titik A (h)
20 km/jam	40 km/jam	0 s	54,3 s	297 m	19,27°	98 m
30 km/jam	50 km/jam	0 s	41,6 s			
40 km/jam	60 km/jam	0 s	32,8 s			

Berikut salah satu contoh analisis dari data observasi lintasan 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi lintasan 1

Saat pengendara sepeda motor melintasi lintasan 1 dari titik A ke titik B dengan kelajuan awal 20 km/jam atau setara dengan 5,56 m/s tanpa di rem hingga mencapai titik B dengan kelajuan akhir 40 km/jam atau setara dengan 11,11 m/s dan waktu yang tunjukkan *stopwatch* saat melintasi lintasan 1 adalah sebesar 54,3 s, maka besaran-besaran kinematika dan dinamika gerak yang bisa dikaji adalah sebagai berikut :

a) Perpindahan

$$\Delta x = x_t - x_0 \quad (1)$$

$$\Delta x = 297 \text{ m} - 0 \text{ m}$$

$$\Delta x = 297 \text{ m (bergerak ke kiri)}$$

b) Jarak

$$s = 297 \text{ m}$$

c) Kecepatan

Karena besarnya perpindahan yang dilakukan sama dengan jarak yang ditempuh maka besarnya kelajuan sama dengan kecepatan sepeda motor tersebut.

$$v_0 = 20 \text{ km/jam} = 5,56 \text{ m/s}$$

$$v_t = 40 \text{ km/jam} = 11,11 \text{ m/s}$$

d) Percepatan

$$a = \Delta v / \Delta t \quad (2)$$

$$a = (v_t - v_0) / \Delta t$$

$$a = (11,11 \text{ m/s} - 5,56 \text{ m/s}) / (54,3 \text{ s})$$

$$a = 0,1 \text{ m/s}^2$$

e) Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Besar kecepatan sepeda motor saat waktu (t) tertentu, misal $t = 25 \text{ s}$:

$$v = v_0 + a t \quad (3)$$

$$v = 5,56 \text{ m/s} + (0,1 \text{ m/s}^2 \times 25 \text{ s})$$

$$v = 8,06 \text{ m/s}$$

Posisi sepeda motor saat (t) tertentu, misal $t = 25 \text{ s}$:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (4)$$

$$x = 0 \text{ m} + (5,56 \text{ m/s} \times 25 \text{ s}) + (\frac{1}{2} \times 0,1 \text{ m/s}^2 \times (25 \text{ s})^2)$$

$$x = 170,25 \text{ m}$$

Besar kecepatan sepeda motor saat melakukan perubahan posisi (Δx), misal $\Delta x = 155 \text{ m}$ dengan waktu (t) yang tidak diketahui :

$$v^2 = v_0^2 + 2 a \Delta x \quad (5)$$

$$v^2 = (5,56 \text{ m/s})^2 + (2 \times 0,1 \text{ m/s}^2 \times 155 \text{ m})$$

$$v^2 = 61,9136 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v = \sqrt{61,9136 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$v = 7,87 \text{ m/s}$$

f) Sudut Kemiringan Bidang Miring

Sudut kemiringan lintasan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mencari sudut kemiringan lintasan 1

Menggunakan aturan pythagoras :

$$x^2 = s^2 - h^2$$

$$x^2 = (297 \text{ m})^2 - (98 \text{ m})^2$$

$$x^2 = 78.605 \text{ m}^2$$

$$x = \sqrt{78.605 \text{ m}^2}$$

$$x = 280,36 \text{ m}$$

Mencari nilai sudut (θ) :

$$\sin \theta = h/s$$

$$\sin \theta = (98 \text{ m}) / (297 \text{ m})$$

$$\sin \theta = 0,32996633$$

$$\theta = \sin^{-1} (0,32996633)$$

$$\theta = 19,27^\circ$$



atau

$$\begin{aligned}\cos \theta &= x/s \\ \cos \theta &= (280,36 \text{ m})/(297 \text{ m}) \\ \cos \theta &= 0,943973064 \\ \theta &= \cos^{-1} (0,943973064) \\ \theta &= 19,27^\circ\end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned}\tan \theta &= h/x \\ \tan \theta &= (98 \text{ m})/(280,36 \text{ m}) \\ \tan \theta &= 0,349550577 \\ \theta &= \tan^{-1} (0,349550577) \\ \theta &= 19,27^\circ\end{aligned}$$

g) Gaya

Massa sepeda motor (m_1) : 107 kg

Massa penumpang (m_2) : 42 kg

Massa total (m_{total}) :

$$\begin{aligned}m_{\text{total}} &= m_1 + m_2 \\ m_{\text{total}} &= 107 \text{ kg} + 42 \text{ kg} \\ m_{\text{total}} &= 149 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya Berat (w) :

$$\begin{aligned}w &= m_{\text{total}} g \\ w &= 149 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ w &= 146,02 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \\ w &= 146,02 \text{ N}\end{aligned}\tag{6}$$

Gaya Normal (N) :

$$\begin{aligned}N &= w \cos \theta \\ N &= 146,02 \text{ N} \times \cos 19,27^\circ \\ N &= 137,84 \text{ N}\end{aligned}\tag{7}$$

Gaya Gesek (f_k) :

$$\begin{aligned}\sum F_x &= m a \\ w \sin \theta - f_k &= m_{\text{total}} a \\ f_k &= w \sin \theta - m_{\text{total}} a \\ f_k &= (146,02 \text{ N} \times \sin 19,27^\circ) - (149 \text{ kg} \times 0,1 \text{ m/s}^2) \\ f_k &= 48,19 \text{ N} - 14,9 \text{ N} \\ f_k &= 33,29 \text{ N}\end{aligned}\tag{8}$$

Koefisien Gaya Gesek (μ_k) :

$$\begin{aligned}f_k &= \mu_k N \\ \mu_k &= f_k / N \\ \mu_k &= (33,29 \text{ N}) / (137,84 \text{ N}) \\ \mu_k &= 0,24\end{aligned}\tag{9}$$

Data-data tersebut dianalisis berdasarkan materi kinematika dan dinamika gerak di SMA, kemudian hasil analisis dikembangkan menjadi rancangan sumber



belajar. Rancangan sumber belajar merupakan rancangan yang benar-benar kontekstual. Sumber belajar merupakan salah satu komponen dalam belajar yang memungkinkan siswa memperoleh pengetahuan. Sumber belajar memberikan pengalaman belajar dan tanpa sumber belajar maka tidak mungkin terlaksana proses belajar dengan baik [12]. Sumber belajar sendiri terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah sumber belajar dari lingkungan. Sumber belajar yang kontekstual tidak hanya berupa media di dalam kelas, tetapi sumber yang luas [13]. Pendekatan kontekstual mengajak siswa mengaitkan materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata dan mendorong siswa membuat hubungan antara pengetahuan yang dimiliki dengan penerapan dalam kehidupan sehari-hari siswa sehingga siswa akan mengalami pembelajaran bermakna [14]. Dari sumber belajar yang kontekstual ini bukan hanya menekankan pada penguasaan materi yang diajarkan melainkan juga menekankan agar siswa mampu berpikir kritis, menganalisa dan menyampaikan pendapat dari setiap materi yang dikaitkan dengan situasi yang nyata. Sehingga bentuk dari rancangan sumber belajar ini berupa materi, mini laboratorium yang bisa dilakukan sendiri oleh siswa dengan alat dan bahan yang mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, contoh soal dan latihan soal yang mengajak siswa untuk lebih berpikir kritis.

Konsep fisika yang dijelaskan melalui peristiwa kontekstual bisa membantu siswa memahami materi dengan mudah. Guru dapat menentukan konsep fisika untuk diajarkan kepada siswa dan bagaimana mengajar siswa agar dapat memahami materi [15]. Sehingga rancangan sumber belajar ini bisa digunakan sebagai referensi ataupun dikembangkan lebih baik lagi oleh guru maupun peneliti lainnya untuk pembelajaran materi kinematika dan dinamika gerak di SMA dalam bentuk buku teks maupun lembar kerja siswa (LKS). Buku teks bisa memuat materi, mini laboratorium, latihan soal yang lebih fokus pada tingkat berpikir kritis. Sedangkan LKS yang bisa dikembangkan memuat beberapa kegiatan menggunakan alat dan bahan nyata. Pembelajaran yang dilengkapi dengan alat dan bahan nyata diharapkan dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami konsep, terampil menggunakan alat, mengamati fenomena atau gejala alam, mencatat data hasil pengamatan, menyimpulkan, melakukan tindak lanjut serta menerapkan konsep yang dipelajari [16]. Oleh karena itu rancangan sumber belajar ini bisa dijadikan referensi bagi guru untuk menjelaskan konsep fisika menggunakan peristiwa kontekstual yang sangat dekat dengan lingkungan siswa.

4. Kesimpulan

Setiap data lintasan pada jalur Jembatan Semanggi kabupaten Jember bisa didapatkan besaran-besaran fisika dengan nilai yang kontekstual sesuai kondisi nyata. Besaran-besaran tersebut kemudian dapat dianalisis dan dikembangkan menjadi sebuah rancangan sumber belajar fisika yang dilengkapi dengan materi, mini laboratorium dengan alat dan bahan yang mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, dan latihan soal dengan tingkat berpikir kritis agar siswa mampu



menganalisa dan menyampaikan pendapatnya secara ilmiah. Sumber belajar dalam penelitian ini masih berupa rancangan yang masih bisa dikembangkan lebih khusus lagi oleh peneliti lainnya menjadi buku teks atau lembar kerja siswa (LKS).

Daftar Rujukan

- [1] I. S. Wardani (2016), Pengaruh Pemahaman Konsep Matematika Vektor Mahasiswa FMIPA UNIPDU Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Mekanika, *Jurnal Pedagogia* **5** (2): 215-224.
- [2] A. Tebabal, G. Kahssay (2011), The Effect of Student Centered Approach in Improving Students' Graphical Interpretation Skills and Conceptual Understanding of Kinematical Motion, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **5** (2): 374-381.
- [3] S. Atasoy, M. Kucuk, dan A. R. Akdeniz (2011), Remedying Science Student Teachers' Misconceptions of Force and Motion Using Worksheets Based on Constructivist Learning Theory. *Energy Education Science and Thecnology Part B: Social and Educational Studies* **3** (4): 519-534.
- [4] I. Yilmaz, dan N. Yalcin (2012), The Relationship of Procedural and Declarative Knowledge of Science Teacher Candidates in Newton's Laws of Motion to Understanding, *American International Journal of Contemporary Research* **2** (3):50-56.
- [5] Masril (2012), Pengembangan Model Pembelajaran Fisika SMA Berbasis Graphic Organizers Melalui Belajar Kooperatif STAD, *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* **1** (1): 1-9.
- [6] P. Narjaikaew, (2013). Alternative Conceptions of Primary School Teacher of Science about Force and Motion. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **88** : 250-257.
- [7] Puspendik Balitbang Kemdikbud (2016), *Pemanfaatan Hasil Ujian Nasional 2015/2016 untuk Perbaikan Mutu Pendidikan*, Jakarta, Kemdikbud.
- [8] P. Suparno (2013). *Miskonsepsi & Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*, Jakarta, Grasindo.
- [9] R. Sujanem, I. N. P. Suwindra, dan I. K. Tika (2009), Pengembangan Modul Fisika Kontekstual Interaktif Berbasis Web untuk Siswa Kelas I SMA, *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, **42** (2) : 97-104.
- [10] S.P.S Jaya, (2012). Pengembangan Modul Fisika Kontekstual untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X Semester 2 di SMK Negeri 3 Singaraja, *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, **1** (2) : 1-24.
- [11] Apriani, H., Muniarti, dan A. Pasaribu. 2016. Pengembangan Handout Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar Berbasis Kontekstual Kelas XI IPA SMA, *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, **3** (2) : 1-6.
- [12] B.P. Sitepu, (2014), *Pengembangan Sumber Belajar*, Jakarta, PT Raja Grafindo Persada.
- [13] K. Komalasari, (2010). *Pembelajaran Kontekstual Konsep dan Aplikasi*, Bandung, PT Refika Aditama.
- [14] M. S. Majid, (2016). Pembelajaran Fisika Dengan Pendekatan Kontekstual Melalui Metode Eksperimen Dan Demonstrasi Diskusi Pada Materi Kinematika Gerak Lurus, *Jurnal Teknik STTKD*, **3** (2) : 92-106.
- [15] Supeno, M. Nur dan E. Susantini, (2015), Developing A Textbook Based On Argumentation Skills To Facilitate Students In Physics Instruction, *Proceeding*



International Conference: Trending Issues of School Education in Advanced Countries and Indonesia, ISSN: 2443-2768.

- [16] Supeno, M. Nur dan E. Susantini, (2015), Pengembangan Lembar Kerja Siswa Untuk Memfasilitasi Siswa Dalam Belajar Fisika dan Berargumentasi Ilmiah, *Seminar Nasional Fisika Dan Pembelajarannya 2015*, ISBN 978-602-71279-1-9.



PENGARUH *FORMATIVE FEEDBACK* BERBASIS WEB TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP SISWA KELAS X SMAN 1 LAWANG TENTANG GRAVITASI NEWTON

Wahyu Ekafath Dieni^{1,*}, Sujito¹, Sugiyanto¹, Sentot Kusairi¹

Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

*Email: fathdinie@gmail.com

Abstrak

Formative feedback bertujuan untuk membantu siswa dalam memperbaiki pola belajarnya secara berkelanjutan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu inovasi pemberian feedback kepada siswa, yaitu dengan menggunakan bantuan web. Sehingga pendidik dapat lebih mudah memberikan formative feedback secara tepat waktu kepada siswanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formative feedback berbasis web terhadap pemahaman konsep siswa tentang gravitasi newton. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian ex post facto dengan subjek penelitian adalah kelas X MIA 1, X MIA 2, X MIA 3, dan X MIA 4 SMAN 1 Lawang. Berdasarkan hasil analisis, siswa yang mendapat formative feedback berbasis web secara lengkap memiliki pemahaman konsep yang lebih tinggi daripada siswa yang hanya mendapat feedback berbasis web satu kali dan yang tidak mendapat feedback berbasis web sama sekali. Pemberian formative feedback berbasis web sangatlah penting untuk dilakukan guna memfasilitasi belajar siswa untuk meningkatkan pemahaman konsep mereka.

Kata Kunci: *Formative feedback*, pemahaman konsep

1. Pendahuluan

Pembelajaran merupakan serangkaian kegiatan terstruktur di kelas yang saling mempengaruhi guna mencapai tujuan pembelajaran. Trianto (2010) juga berpendapat bahwa pembelajaran merupakan aspek kegiatan manusia yang kompleks, yang tidak sepenuhnya dapat dijelaskan. Sebagaimana kegiatan terstruktur lainnya, pembelajaran memiliki tujuan untuk menjadikan proses belajar mengajar berjalan dengan baik sehingga akan didapatkan hasil belajar yang baik bagi siswa. Untuk mencapai tujuan tersebut, berbagai kebijakan telah dilakukan oleh pemerintah. Salah satunya adalah dengan perombakan kurikulum, dari kurikulum KTSP menjadi kurikulum K-13. Namun, sebenarnya kualitas pembelajaran tidak hanya bergantung pada konsep pembelajaran yang dipakai. Menurut Kusairi (2016) hal lain yang dapat digunakan sebagai penentu kualitas pembelajaran adalah kualitas asesmen yang digunakan oleh guru.

Asesmen merupakan salah satu bagian terpenting dan tidak dapat dipisahkan dalam suatu pembelajaran. Menurut Rayment (2006) asesmen adalah sebuah metode untuk menentukan bagaimana seharusnya cara mengajar dan belajar yang baik. Selain itu Rayment (2006) juga berpendapat bahwa asesmen adalah alat untuk



mendiagnosis dan mengevaluasi siswa. Mendiagnosis siswa dimaksudkan bahwa kegiatan asesmen dapat membantu guru dalam mengetahui kelebihan dan kekurangan siswanya dalam proses pembelajaran. Semakin tinggi kualitas asesmen yang digunakan seorang guru, pemahaman akan kelebihan dan kekurangan siswa akan semakin baik pula. Dengan asesmen yang berkualitas, guru akan mendapatkan informasi mengenai kelemahan siswanya dalam proses pembelajaran, sehingga guru dapat menentukan langkah selanjutnya untuk mengatasi siswa tersebut. Namun menurut Andersen (2016) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa sebagian besar guru tidak menerima informasi mengenai siswanya dalam kegiatan asesmen. Padahal hanya dengan asesmen, seorang guru dapat mengambil keputusan yang efektif untuk proses pembelajaran selanjutnya. Bukan hanya guru yang akan mendapat informasi, siswa juga akan mendapat informasi mengenai hasil belajarnya, sehingga mereka dapat memperbaiki perilaku belajarnya.

Salah satu cara melakukan asesmen formatif adalah dengan melakukan tes pada peserta didik. Jordan & Putz (2004) mengungkapkan bahwa selama ini asesmen dengan menggunakan tes hanya digunakan untuk meranking siswa, bukan untuk memfasilitasi belajar siswa. Seharusnya asesmen tidak hanya berfungsi untuk meranking siswa, namun juga berfungsi sebagai alat untuk memperbaiki proses pembelajaran. Hal ini sesuai dengan pendapat Irons (2008) yang menyatakan bahwa asesmen formatif adalah setiap tugas atau kegiatan yang berisikan feedback untuk siswa tentang pembelajaran mereka, bukan berupa nilai seperti pada penilaian sumatif.

Dalam melaksanakan asesmen, sebagian besar guru hanya memberikan feedback berupa nilai pada siswanya, bukan feedback spesifik yang dapat memfasilitasi belajar siswa. Hal ini dikarenakan, dalam memberikan feedback pada peserta didik dibutuhkan waktu yang relatif banyak. Selain itu, kapasitas peserta didik dalam satu kelas yang relatif banyak juga menjadi salah satu penyebab kurang maksimalnya pemberian feedback. Menurut Kusairi (2016) salah satu yang mempengaruhi kualitas pelaksanaan asesmen adalah adanya feedback yang spesifik dan diberikan tepat waktu (timely). Hal ini diperkuat oleh Irons (2008) bahwa kualitas feedback dan ketepatan waktu pemberian feedback adalah kunci dalam proses pembelajaran siswa dan hubungan guru dengan siswa. Feedback merupakan balikan berupa informasi yang diberikan pada peserta didik untuk menunjang belajarnya. Feedback bersifat spesifik jika berisi balikan berupa informasi yang sesuai dengan kebutuhan belajar peserta didik. Menurut Kusairi (2016) dengan feedback yang spesifik, peserta didik akan memiliki arah yang jelas dalam memperbaiki kualitas belajarnya. Feedback harus diberikan secepat mungkin pada peserta didik. Hal ini dilakukan agar feedback yang diberikan lebih efektif untuk menunjang belajar siswa.

Formative feedback berbasis web merupakan penunjang asesmen formatif yang diharapkan dapat mendukung kegiatan asesmen formatif di dalam kelas dan mengetahui ada tidaknya pengaruh dalam pemahaman konsep peserta didik.

Formative feedback berbasis web dapat memberikan informasi kepada siswa dan guru mengenai kekurangan dan kelebihan siswa secara otomatis (online).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *ex post facto*. Dalam penelitian ini hanya menggunakan satu instrumen, yaitu instrumen pemahaman konsep siswa. Instrumen pemahaman konsep digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman konsep siswa. Penelitian dilakukan di SMAN 1 Lawang dengan jumlah populasi 144 siswa.

Dari hasil *posttest*, didapatkan hasil seperti pada Tabel 1

Tabel 1. Data *posstest* pemahaman konsep

Statistik	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 3
N	43	69	32
$\bar{X}$	2523.6	4319.2	2581.1
$\overline{X}$	58,69	62,53	80,66
SD	12,15	10,39	8,11
Modus	57,1	66,7	76,2

Dari hasil perhitungan rerata nilai hasil *posttest* antar ketiga kelompok, dapat dilihat bahwa dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa siswa yang mendapat formative feedback berbasis web secara lengkap memiliki nilai rerata lebih tinggi daripada siswa yang hanya mendapat satu feedback berbasis web dan siswa yang tidak mendapat feedback berbasis web sama sekali. Dengan demikian, maka formative feedback berbasis web dapat dijadikan salah satu strategi alternatif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji Anava Satu Jalur terhadap pemahaman konsep siswa ketiga kelompok dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji Anava Satu Jalur terhadap pemahaman konsep siswa ketiga kelompok

Sumber Variasi	JK	db	RK	F_0	F_{tabel}
Antar (A)	9958,01	2	4979,01	45,04	3,08
Dalam (d)	15586,71	141	110,54		
Total (T)	25544,73	143			

Hasil uji anava satu jalur pada Tabel 2 menunjukkan nilai F_0 sebesar 45,04 dengan taraf signifikansi 0,05 dan nilai F_{tabel} sebesar 3,08. Dari Tabel 2 diperoleh nilai $F_0 > F_{tabel}$ maka harga F_0 yang diperoleh sangat signifikan yang berarti terdapat pengaruh formative feedback antara ketiga kelompok. Dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti terdapat perbedaan pemahaman konsep antara siswa yang mendapat formative feedback berbasis web secara lengkap, siswa yang hanya mendapat satu feedback berbasis web dan siswa yang tidak mendapat feedback berbasis web sama sekali.



Setelah mengerjakan *try out* I dan II, siswa diuji dengan diberi soal *posttest* yang berisi gabungan dari seluruh indikator *try out* I dan II. *Posttest* yang diberikan pada kelompok 1, 2 dan 3 berisikan soal yang sama, sehingga dapat dijadikan alat pembandingan tingkat pemahaman konsep ketiga kelompok. Dari hasil *posttest* yang didapat, peneliti melakukan uji hipotesis untuk mengetahui pengaruh dari *formative feedback* berbasis *web* tersebut. Dalam menguji hipotesis, digunakan uji anava satu jalur untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh *formative feedback* berbasis *web* yang diberikan pada siswa terhadap pemahaman konsep.

Hasil uji anava yang telah dilakukan, didapat nilai F_0 sebesar 45,04 dengan taraf signifikansi 0,05 dan nilai F_{tabel} sebesar 3,08. Nilai F_0 didapat dari perhitungan menggunakan rumus anava satu jalur, sedangkan nilai F_{tabel} didapat dari tabel uji anava satu jalur dengan taraf signifikansi 0,05. Dari perhitungan, didapat bahwa nilai $F_0 > F_{tabel}$, sehingga nilai F_0 yang didapat sangat signifikan. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan terhadap ketiga kelompok yang diuji. Hal ini sesuai dengan pendapat Irons (2008) bahwa pemberian *feedback* kepada siswa dalam penilaian akan memberikan dampak yang signifikan baik secara instrinsik (keinginan belajar) dan ekstrinsik (keperluan belajar). Perbedaan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah perbedaan pemahaman konsep dari ketiga kelompok. Sehingga dapat dikatakan bahwa hipotesis yang diajukan terbukti sesuai, yaitu terdapat perbedaan pemahaman konsep antara siswa yang mendapat *formative feedback* berbasis *web* secara lengkap, siswa yang hanya mendapat satu *feedback* berbasis *web* dan siswa yang tidak mendapat *feedback* berbasis *web* sama sekali. Salah satu penyebab adanya perbedaan pemahaman konsep antar ketiga kelompok tersebut adalah adanya *formative feedback* berbasis *web* yang didapat siswa secara otomatis setelah mengerjakan *try out*.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, pemberian *formative feedback* berbasis *web* memiliki pengaruh terhadap tingkat pemahaman siswa. Setelah dilakukan *posttest*, didapat data hasil uji hipotesis yang menunjukkan adanya perbedaan pemahaman konsep antar ketiga kelompok tersebut. Selain itu, dari nilai rerata ketiga kelompok juga terlihat bahwa rata rata kelompok 3 lebih besar daripada rata-rata kelompok 2 dan 1. Nilai rata-rata kelompok 3 sebesar 80.66, nilai rata-rata kelompok 2 sebesar 62.53 dan nilai rata-rata kelompok 1 adalah 58.69. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok siswa yang mendapat *formative feedback* secara lengkap memiliki pemahaman konsep yang lebih tinggi daripada dua kelompok lainnya yang tidak mendapat *feedback* secara lengkap atau bahkan yang sama sekali tidak mendapatkan *formative feedback*. Dengan demikian, terdapat pengaruh pemberian *formative feedback* berbasis *web* terhadap pemahaman konsep siswa. Hal ini sesuai dengan penelitian Dalley. G & Kim. L (2010) terhadap lebih dari 1.400 guru di sepuluh negara bagian, yang menemukan perbaikan dalam prestasi siswa setelah *feedback* diterima oleh siswa, sehingga mereka berhipotesis bahwa guru dapat memperbaiki pengajaran mereka sebagai tanggapan atas *feedback* tersebut.



Feedback berbasis *web* yang diberikan oleh guru kepada siswa dapat dikemas dalam berbagai bentuk. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh A.C Lliorens, Abarca E.V & Cerdan. R (2014), mereka membandingkan tiga jenis *feedback*, yaitu *placebo feedback*, *right-answer feedback* dan *strategic-search-decisions feedback* terhadap kemampuan akhir siswa. Dari penelitian yang telah mereka lakukan, didapatkan hasil bahwa siswa yang menerima *strategic-search-decisions feedback* memiliki hasil kemampuan akhir yang lebih tinggi daripada siswa yang menerima *right-answer feedback* dan *placebo feedback*. Begitu juga siswa yang menerima *right-answer feedback* memiliki hasil kemampuan akhir lebih tinggi daripada siswa yang menerima *placebo feedback*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pemahaman konsep terdapat perbedaan pemahaman konsep antara siswa yang mendapat formative feedback berbasis web secara lengkap, siswa yang hanya mendapat satu feedback berbasis web dan siswa yang tidak mendapat feedback berbasis web sama sekali. Pemahaman konsep kelompok siswa yang mendapat formative feedback berbasis web secara lengkap memiliki pemahaman konsep yang lebih tinggi daripada dua kelompok lainnya yang tidak mendapat feedback berbasis web secara lengkap atau bahkan yang sama sekali tidak mendapatkan feedback berbasis web.

Daftar Rujukan

- [1] Abidin, Yunus. 2009. *Guru dan Pembelajaran Bermutu*. Bandung: Rizki Press.
- [2] A.C Lliorens, Abarca E.V & Cerdan. R. 2014. Adaptive Formative Feedback To Improve Strategic Search Decisions in Task-Oriented Reading. *Journal of Computer Assisted Learning*, (Online), 30 (3): 233-251, (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jcal.12050/full>), diakses 2 April 2017.
- [3] [Andersen, DeEtta Lorick](#). 2016. Evaluative Feedback: How K-12 Teachers Respond. *ProQuest Dissertations Publishing*, (Online), (<http://e-resources.perpusnas.go.id:2071/docview/810162147/fulltextPDF/3EE6CFD4296F4AA4PQ/1?accountid=25704>), diakses 10 April 2017
- [4] Arends, Richard I. 2008. *Learning To Teach Belajar untuk Mengajar*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [5] Arikunto, S. 2012. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [6] Bell, Beverly, Bronwen Cowie. 2002. *Formative Assessment and Science Education*. United States of America: Kluwer Academic Publishers.
- [7] Daley, Glenn dan Kim, Lidya. 2010. A Teacher Evaluation System That Works. *Working Paper of National Institute for Excellent in Teaching*, (Online),



- (<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED533380.pdf>), diakses 12 April 2017.
- [8] Emzir. 2015. *Metodologi Penelitian Pendidikan: Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta: Rajawali Pers.
- [9] Gunawan, Muhammad Ali. 2015. *Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Parama Publishing.
- [10] Herman, Hudojo. 2003. *Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Matematika*. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- [11] Hamzah, dan Mohamad, Nurdin. 2012. *Belajar Dengan Pendekatan PAILKEM: Pembelajaran Aktif, Inovatif, Lingkungan, Kreatif, Efektif, Menarik*. Jakarta. PT Bumi Aksara.
- [12] Irons, Alastair. 2008. *Enhancing Learning through Formative Assessment and Feedback*. New York: Routledge.
- [13] Jordan, B. and Peter Putz. 2004. Assessment as Practice: Notes on Measures, Tests, and Targets. *Human Organization*, 63 (3), (Online), (<http://www.sfaajournals.net/doi/abs/10.17730/humo.63.3.yj2w5y9tmb1c422k?code=apan-site>), diakses 6 Desember 2016.
- [14] Kusairi, Sentot. 2012. A Computer-Assisted Analysis of Physics Formative Assessment For Senior High Schools. *Jurnal Pendidikan dan Evaluasi Pendidikan*, 16 (1). (Online), (<http://journal.uny.ac.id/index.php/jpep/article/view/1106>), diakses 6 Desember 2016.
- [15] Mulyana, Deddy. 2010. *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Remaja Rosdakarya.
- [16] National Council of Teachers of English Executive Committee. 2013. *Formative Assessment That Truly Informs Instruction*. Urbana: National Council of Teachers of English.
- [17] Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nasional Nomor 20 Tahun 2007 tentang Standar Penilaian Pendidikan. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (Online), (<http://www.sdm.data.kemendikbud.go.id>), diakses pada tanggal 10 Desember 2016.
- [18] Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nasional Nomor 53 Tahun 2015 tentang Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik dan Satuan Pendidikan pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah. (Online), (<http://www.sdm.data.kemendikbud.go.id>), diakses pada tanggal 10 Desember 2016.
- [19] Purwanto, M. Ngalim. 2007. *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*, Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- [20] Rayment, Tabatha. 2006. *101 Essential Lists On Assessment*. London: Continuum International Publishing Group.
- [21] Shute, Valerie. J. 2008. Focus on Formative Feedback. *Educational Research*, 78 (1). (Online),



(<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0034654307313795>), diakses 6 Desember 2016.

- [22] Trianto. 2010. *Mendesain Pembelajaran Inovatif – Progresif*. Jakarta: Kencana.
- [23] Sungkowo, Bambang Tahan. 2014. *Statistika: Sebagai Alat Analisis Data Penelitian*. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- [24] Supriyadi. 2013. *Kajian Penilaian Pencapaian Belajar Fisika*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [25] Widiyanto, AM, 2013. *Statistika Terapan*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [26] Widoyoko, S. Eko Putro. 2012, *Evaluasi Program Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [27] Winkel, W. S. 2004. *Psikologi Pendidikan dan Evaluasi Belajar*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [28] Yusuf Muri. 2015, *Asesmen dan Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Prenadamedia Group.



PENGARUH PEMBERIAN *FEEDBACK* FORMATIF *ONLINE* MATERI FLUIDA DINAMIS BERBASIS *ISOMORPHIC PROBLEMS* TERHADAP PRESTASI BELAJAR SISWA

Sulistiyowati^{1,*}, Sujito¹, Sentot Kusairi¹

¹Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

***Email:** sulistya77.wati@gmail.com

Abstrak

Feedback formatif *online* merupakan balikan untuk masing-masing siswa setelah mengerjakan *try out* di web indoasses.com yang dikembangkan oleh Kusairi. *Try out* diberikan dalam bentuk *isomorphic problems*, dimana tiga butir soal dengan *problems* yang berbeda bisa dipecahkan dengan konsep yang sama. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui prestasi belajar siswa setelah mendapat *feedback* formatif *online*. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *ex-post facto*. Sampel dari penelitian ini adalah siswa kelas 11 MIA di SMA Negeri 7 Malang, sebanyak 3 kelas menggunakan teknik *random sampling*. Selama pembelajaran fluida dinamis, siswa diberi empat kali *try out* oleh guru fisika. Setelah memperoleh data hasil *try out* dari guru fisika, siswa dikelompokkan menjadi 3 kelompok berdasarkan banyaknya *try out* yang dikerjakan. Kelompok 1 tidak mengerjakan *try out*, kelompok 2 mengerjakan 1-2 *try out*, dan kelompok 3 mengerjakan 3-4 *try out*. Kemudian, ketiga kelompok diberi *post-test* akhir materi untuk mengetahui perbedaan prestasi belajarnya. Hasil *post-test* menunjukkan rata-rata nilai kelompok 1, 2, dan 3 adalah 51, 68, dan 78, yang artinya *feedback* formatif *online* yang diberikan mempengaruhi prestasi belajar siswa.

Kata Kunci: *feedback* formatif *online*, *isomorphic problems*, prestasi belajar siswa.

1. Pendahuluan

Penilaian merupakan proses memberikan dan menentukan nilai kepada objek tertentu berdasarkan kriteria tertentu. Penilaian tidak dapat dipisahkan dalam proses pembelajaran. Tanpa penilaian, guru tidak dapat mengetahui pencapaian belajar yang diperoleh siswa dalam mempelajari suatu materi (Snyder,2010:42). Selain itu, guru tidak dapat mengetahui kesulitan-kesulitan yang dialami siswa dalam pembelajaran, sehingga pembelajaran menjadi tidak efektif. Pentingnya penilaian ini dituangkan dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan nomor 66 tahun 2013 tentang Standar Penilaian Pendidikan yang menyatakan penilaian pendidikan merupakan alat untuk proses pengumpulan data dan pengolahan informasi untuk mengukur hasil pencapaian belajar siswa. Pada bagian E pada peraturan ini juga menyebutkan bahwa penilaian hasil belajar oleh siswa dilakukan secara berkesinambungan bertujuan untuk memantau proses dan kemajuan belajar siswa serta untuk meningkatkan efektifitas pembelajaran (Sudjana,2005).



Fluida dinamis merupakan salah satu mata pelajaran fisika, yang dalam penyelesaian masalahnya mensyaratkan siswa untuk terampil menggunakan matematika yang dihubungkan dengan fakta dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menyebabkan siswa cenderung mengalami berbagai kesulitan dalam memecahkan permasalahan fisika dan prestasi belajar siswa menjadi rendah. Salah satu sumber kesulitan siswa dalam memecahkan permasalahan fisika adalah kurangnya latihan mengerjakan soal yang didukung oleh penelitian dari Widdiharto (2008:9). Padahal dengan berlatih mengerjakan soal-soal fisika, siswa mendapatkan banyak manfaat. Siswa mengetahui seberapa besar tingkat kemampuannya dalam memahami materi dan siswa akan semakin paham dengan materi yang dipelajari, karena dengan mengerjakan latihan soal siswa dituntut untuk berpikir cara memecahkan soal tersebut.

Selain itu, kesulitan yang dialami siswa dalam mempelajari fisika adalah siswa tidak mendapat balikan/ *feedback* secara cepat setelah mengerjakan soal. Hal ini terjadi karena kurang tersedianya perangkat dan sistem tes fisika yang dapat memberikan *feedback* secara cepat dan efisien pada siswa (Kusairi, 2012). *Feedback* yang cepat mampu meningkatkan kemampuan evaluasi diri siswa, sehingga siswa dapat mengetahui kelebihan serta kelemahannya dalam suatu materi.

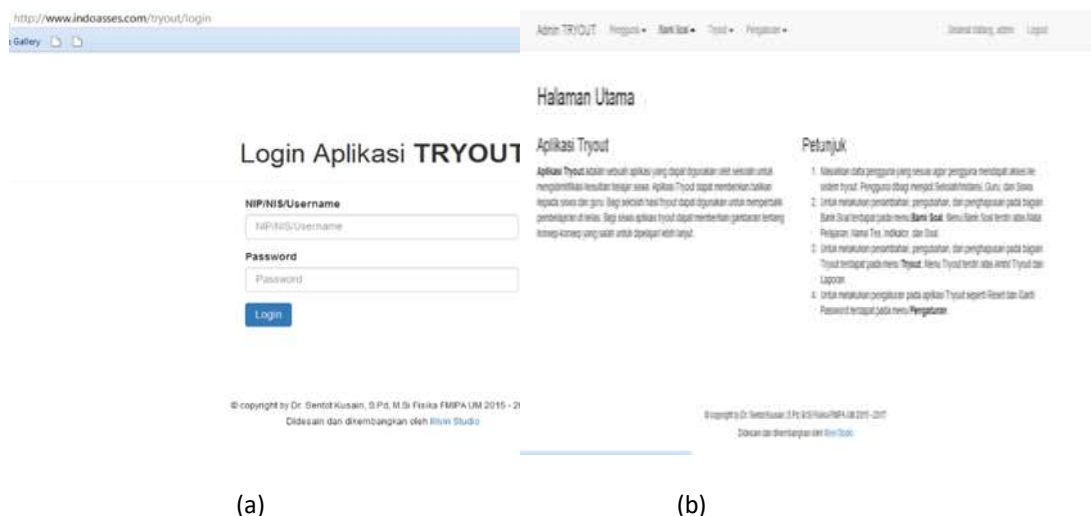
Inovasi dalam melakukan penilaian penilaian formatif, salah satunya yaitu dengan pemberian *feedback* formatif *online* berbasis *isomorphic problems* dalam bentuk *try out*. *Try out* terdiri dari soal-soal isomorfik yang disusun berpasangan dengan konten berbeda, tetapi prinsip penyelesaiannya sama (Lin & Singh, 2013). Soal-soal isomorfik yang dikembangkan dan diujikan berisi 3 soal isomorfik dalam satu indikator. Ketiga soal tersebut bisa divariasikan dengan permasalahan yang berbeda-beda, namun untuk penyelesaian ketiga soal tersebut bisa menggunakan prinsip yang sama. Siswa yang kurang menguasai sub materi yang diajarkan guru, akan menjawab ketiga soal tersebut dengan jawaban yang berbeda-beda.

Penelitian mengenai *feedback* formatif ini juga dilakukan oleh Ajogbeje, dkk. (2013:16) yang menyatakan bahwa pemberian *feedback* formatif langsung bagi siswa terbukti dapat meningkatkan performa siswa, karena menurut Black and William (1998:5), untuk lebih mengoptimalkan penilaian formatif, siswa seharusnya dilatih untuk melakukan evaluasi diri. Pelatihan evaluasi diri melalui *feedback* ini membuat mereka dapat memahami tujuan utama pembelajaran dan menyadari serta melakukan apa yang harus mereka lakukan agar dapat berhasil (Yerushalmi dkk., 2012:3). Dineen (2012) juga mengungkapkan tujuan dari evaluasi diri adalah untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan hasil belajar seseorang untuk meningkatkan pembelajaran.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *ex-post facto* yaitu penelitian yang dilakukan sesudah kejadian. Populasi dari penelitian ini terdiri dari seluruh kelas XI MIA SMA Negeri 7 Malang, dengan jumlah sampel 105 siswa dari 3 kelas di kelas XI

MIA (XI MIA 2, XI MIA 3, XI MIA 4) menggunakan teknik *random sampling*. Semua sampel pada penelitian ini diberikan *try out* berupa *isomorphic problems* oleh guru fisika yang diakses pada web indoasses.com. Web indoasses.com adalah aplikasi *try out* yang dikembangkan oleh Kusairi untuk mengidentifikasi miskonsepsi/ kesulitan belajar siswa seperti pada Gambar 1. Informasi *feedback* pada web ini dapat memberikan *feedback* formatif secara cepat dan mudah untuk siswa dan guru. Bagi siswa, web ini dapat memberikan gambaran umum mengenai indikator mana yang masih belum tuntas, sehingga bisa diperbaiki lagi. Bagi guru, informasi *feedback* pada web ini dapat memberikan informasi mengenai hasil belajar masing-masing siswa, materi mana yang masih belum dikuasai siswa, serta membantu guru dalam setiap assesmen pembelajaran.



Gambar 1. Tampilan awal web Indoasses.com yang dikembangkan oleh Kusairi.

Selama materi fluida dinamis, siswa diberi *try out* sebanyak empat kali oleh guru fisika, yaitu sub bab (a) persamaan kontinuitas, (b) persamaan Bernoulli, (c) persamaan Toricelli, dan (d) gaya angkat pesawat. Setiap *try out* yang diberikan di web indoasses.com berisikan *feedback* langsung bagi siswa dan guru. Pada web indoasses.com, siswa mendapat *feedback* berupa nilai dan tingkat penguasaan masing-masing indikator *Feedback* tersebut akan muncul secara otomatis setelah siswa mengerjakan *try out* di web, dan bersifat personal untuk masing-masing siswa. Sedangkan guru mendapat *feedback* berupa, 1) nilai dan tingkat penguasaan indikator masing-masing siswa, 2) tingkat penguasaan indikator masing-masing kelas, 3) hasil pengerjaan *try out* masing-masing siswa, dan 4) hasil opsi pilihan jawaban tiap-tiap butir soal. Dengan *feedback* itu juga, guru bisa mengetahui siswa mana yang mengerjakan dan tidak mengerjakan *try out* yang diberikan.

Pengumpulan data diperoleh dari laporan *feedback* untuk guru pada web indoasses.com. Dari laporan *feedback* siswa dapat membagi siswa menjadi 3 kelompok. Kelompok tersebut didasarkan pada banyaknya *try out* yang telah

dikerjakan siswa. Kelompok 1 adalah kelompok siswa yang tidak mengerjakan soal *try out* sama sekali, kelompok 2 adalah kelompok siswa yang hanya mengerjakan 1-2 kali *try out*, sedangkan kelompok 3 adalah kelompok siswa yang mengerjakan 3- 4 kali *try out*. Setelah itu siswa diberi *post-test* akhir materi manual dikertas ujian. *Post-test* berisi seluruh materi fluida dinamis. *Post-test* ini digunakan untuk mengetahui prestasi belajar siswa.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisis Data Penelitian

Hasil laporan *feedback* formatif di akun guru seperti pada Gambar 2, diperoleh kelompok 1 sebanyak 13 siswa, kelompok 2 sebanyak 57 siswa, dan kelompok 3 sebanyak 35 siswa. Setelah itu, semua kelompok diberi *post-test* akhir materi. Soal *post-test* ini dikerjakan manual lembar jawaban ujian. *Post-test* ini digunakan untuk mengetahui prestasi belajar masing-masing kelompok siswa. Hasil *post-test* yang diperoleh di uji normalitas, dan uji homogenitas. Setelah data yang diolah melalui statistik pada *Microsoft Excel* 2013 itu normal dan homogen, kemudian dilakukan uji hipotesis untuk mengetahui pengaruh pemberian *feedback* formatif *online* materi fluida dinamis terhadap prestasi belajar siswa.



Gambar 2. (a) *Feedback* hasil opsi pilihan jawaban tiap-tiap butir soal, (b) *Feedback* nilai dan tingkat penguasaan indikator masing-masing siswa.

Data yang dibahas pada penelitian ini adalah deskripsi data hasil nilai *post test* akhir materi fluida dinamis masing-masing kelompok, yaitu kelompok 1, kelompok 2, dan kelompok 3 yang digunakan untuk mengetahui ada tidak pengaruhnya terhadap prestasi belajar siswa. Hasil uji statistik normalitas data menggunakan uji *Lilliefors* pada *Microsoft excel* 2013 dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil normalitas data diperoleh $X_{hitung} < X_{tabel}$, sehingga H_0 diterima, yang artinya penelitian berasal dari populasi yang terdistribusi normal dengan taraf signifikan 0.05 yaitu sebesar 0.086 untuk 105 siswa.



Tabel 1. Hasil uji normalitas data *post-test*

Data Kemampuan Akhir	Kelompok	X hitung	X tabel	Kesimpulan
	Semua kelompok (Kelompok 1, 2, dan 3)	0.085	0.086	Normal

Uji homogenitas pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui apakah populasi data dari sampel yang diperoleh homogen atau tidak. Populasi dapat dikatakan homogen, jika $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$. Uji homogenitas menggunakan uji *Bartlett* menggunakan bantuan *Microsoft Excel* 2013. Hasil uji disajikan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa $X^2_{hitung} = 3.587643679$ dan $X^2_{tabel} = 5.99$, sehingga di simpulkan bahwa ketiga kelompok tersebut mempunyai varian yang homogen dengan taraf signifikan sebesar 0.05.

Tabel 2. Hasil perhitungan uji homogenitas

Data Kemampuan Akhir	Kelompok	N	X^2_{hitung}	X^2_{tabel}	Kesimpulan
	Kelompok 1	13	3.587643679	5.99	Homogen
	Kelompok 2	57			
	Kelompok 3	35			

Hipotesis dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh pemberian *feedback* formatif online terhadap prestasi belajar siswa. Uji statistik yang digunakan adalah uji ANAVA SATU JALUR menggunakan *Microsoft Excel* 2013 dengan rumus hipotesis alternatif (H_a) dan hipotesis nol (H_0) sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada perbedaan prestasi belajar siswa antara siswa yang mengerjakan semua *try out* dan mendapat *feedback* lengkap, siswa yang hanya mengerjakan 1-2 *try out* sebagian, serta siswa yang tidak mengerjakan keempat *try out* dan tidak mendapatkan *feedback* samasekali

H_a : Ada perbedaan prestasi belajar siswa antara siswa yang mengerjakan semua *try out* dan mendapat *feedback* lengkap, siswa yang hanya mengerjakan 1-2 *try out* sebagian, serta siswa yang tidak mengerjakan keempat *try out* dan tidak mendapatkan *feedback* samasekali.

Hasil uji Anava satu jalur terhadap prestasi belajar siswa ketiga kelompok dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Anava Satu Jalur terhadap Prestasi Belajar Siswa

Sumber Variasi	JK	db	RK	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar (A)	7428.878	2	3714.439	51.91990	3.22
Dalam (d)	7297.255	102	71.54171		
Total (T)	14726.13333	104			

Hasil perhitungan diatas diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ untuk taraf signifikan 0.05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa, siswa yang mengerjakan semua *try out* dan mendapat *feedback* secara lengkap memiliki nilai rerata lebih tinggi dari pada siswa yang hanya mengerjakan salah 1-2 *try out* dan siswa yang tidak mengerjakan sama sekali. Dengan demikian, didapatkan bahwa *try out* dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan prestasi belajar siswa.

3.2 Pembahasan

Hasil rata-rata nilai *post-test* masing masing kelompok, yaitu (a) kelompok 1 dengan rata-rata nilai 50,84615385, (b) kelompok 2 dengan rata-rata nilai 68.19298246, dan (c) kelompok 3 dengan rata-rata nilai 78.45714286. Nilai *post-test* kelompok 3 lebih bagus daripada nilai *post-test* kelompok 2 dan kelompok 1. Hasil uji anava satu jalur yang dilakukan, didapat nilai F_{hitung} sebesar 51.91990315 dengan taraf signifikansi sebesar 0.05 dan nilai F_{tabel} sebesar 3.22. Nilai F_{hitung} didapat dari perhitungan menggunakan rumus anava satu jalur, sedangkan nilai F_{tabel} didapat dari tabel uji anava satu jalur dengan taraf signifikansi 0,05. Berdasarkan perhitungan, didapat bahwa nilai $F_0 > F_{tabel}$, sehingga nilai F_0 yang didapat sangat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan terhadap ketiga kelompok yang diuji. Perbedaan yang dimaksud adalah perbedaan prestasi belajar dari ketiga kelompok. Hipotesis yang diajukan terbukti sesuai yaitu Ada perbedaan prestasi belajar siswa antara siswa yang mengerjakan semua *try out* dan mendapat *feedback* lengkap, siswa yang hanya mengerjakan 1-2 *try out* sebagian, serta siswa yang tidak mengerjakan keempat *try out* dan tidak mendapatkan *feedback* samasekali.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Febriyanti (2013) yang mengungkapkan hasil belajar siswa yang diberi *feedback* lebih tinggi daripada siswa yang diberi *feedback* tertunda. Koll, Simone (2016) juga menyatakan bahwa *feedback* mampu meningkatkan motivasi dan persepsi diri menjadi lebih percaya diri dalam menghadapi ujian, sehingga hasil belajar siswa meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa *feedback* langsung dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Penyebab adanya perbedaan prestasi belajar antara ketiga kelompok ini disebabkan karena *try out* dengan *feedback* yang diberikan. Pemberian *try out* dengan *feedback* dalam proses pembelajaran merupakan suatu perangsang bagi siswa untuk meningkatkan hasil prestasi belajar. *Try out* dengan *feedback* dapat digunakan siswa untuk berlatih mengerjakan soal. Dengan mengetahui hasil *try out* pada *feedback*, siswa akan mengetahui seberapa besar tingkat pemahaman terhadap materi yang sudah diberikan oleh guru. Dengan hal itu siswa akan termotivasi belajar dibagian mana siswa tersebut kurang tuntas. Hal ini diperkuat oleh Brophy (2004:155) mengemukakan *feedback* juga penting bagi motivasi karena memberi siswa informasi tentang kompetensi mereka yang kian meningkat dan membantu memenuhi kebutuhan mereka untuk berkembang. Tukidjo, Dian



(2014:43) mengungkapkan latihan berstruktur dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Selain itu dengan penggunaan soal-soal isomorfik pada penilaiannya, dapat membuat siswa lebih bekerja keras dalam mengerjakan soal-soalnya. Hal ini dikarenakan ada 3 soal yang memiliki prinsip penyelesaian yang sama. Otomatis siswa akan kebingungan memilih jawaban jika tidak menguasai materi tersebut. Soal ini juga bisa mendeteksi kelemahan siswa di indikator yang mana saja. Berdasarkan uraian diatas, dapat dinyatakan bahwa pemberian *try out* formatif isomorfik berbantuan web dengan *feedback* mempengaruhi prestasi belajar siswa kelas XI IPA SMA Negeri 7 Malang.

4. Daftar Rujukan

- [1] Ajogbeje, O.J., Ojo, A.A. & Ojo, O. (2013), Effect of Formative Testing with Feedback on Students' Achievement in Junior Secondary School Mathematic in Ondo State Nigeria. *International Education Research*, 1(2): 08-20.
- [2] Black, P. & Dylan, W. (1998), Assesment and Classroom Learning: Principle, Policy, & Practice. *Assesment in Education*, 5(1): 7-74.
- [3] Brophy, J. 2004. *Motivating Student to Learn (2nd ed)*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publisers.
- [4] Dineen, C. (2012), Enhancing Assesment for Learning through Feedback and Self-Assesment In Law. *International Conference on Enganging Pedagogy 2012 (ICEP12) NCI*, 2012: 1-17.
- [5] Febriyanti, C. (2013). Pengaruh Bentuk Umpan Balik dan Gaya Kognitif Terhadap Hasil Belajar Trigonometri. *Jurnal Formatif*, 3(3): 203-214.
- [6] Kusairi, S. (2012), Analisis Asesmen Formatif Fisika SMA Berbantuan Komputer. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 16(0): 68-87.
- [7] Koll, S.V., & Rietz, C. (2016), Effect of Web-Based Feedback on Students' Learning. *International Journal of Teaching ang Learning in Higher Education*, 28(1): 385:394.
- [8] Lin, J & Singh, C. (2013), Using Isomorphic Problem Pair To Learn Introductory Physics: Transferring from a Two-Step Problem to A Three-Step Problem. *European Journal of Physics*, 9(2): 1-21.
- [9] Ornek, F., Robinson, W. R, & Haugan, M. P. (2008), What makes physics difficult. *International Journal of Environment & Science Education*, 3(1), 30-34.
- [10] Snyder, C.W. 2010. Standards and Assessment in Education. *Business And Economics-International Development And Assistance, Political Science-International Relations*, 53(4): 540-546
- [11] Tukidjo, D.H. (2014) Penerapan metode Latihan Berstuktur Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Operasi Bentuk Aljabar Di Kelas VIII MTs Negeri Palu Barat. *Jurnal Elektronik Pendidikan Matematika*, 2(1).
- [12] Widdiharto, R. (2008), Diagnosis Kesulitan Belajar Matematika SMP dan Alternatif Proses Remidinya. *Jurnal Formatif*, 3(1): 1-17.



- [13] Yerushalmi, E. & Cohen, E. (2012), What do students do when asked to diagnose their mistakes? Does it help them? I. An atypical quiz context. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 8(2): 1-19.



MEMAHAMI HUKUM PASCAL DALAM PEMBELAJARAN FLUIDA STATIS DENGAN MENGGUNAKAN *CONTRASTING CASES*

Rima Buana Prahastiwi^{1,*}, Arif Hidayat¹, Eny Sulasmi²

¹Prodi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang

²Guru Fisika SMA Negeri 8 Kediri, Jl. PK. Bangsa No 77, Kediri

*Email: buana_rima@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemahaman siswa dalam menyelesaikan persoalan tentang fluida statis pada submateri Hukum Pascal. Penelitian dilakukan di salah satu SMA Negeri di Kediri. Data kualitatif diperoleh dengan memberikan soal pilihan ganda beralasan kepada subjek penelitian sebanyak 33 siswa setelah dilakukan pembelajaran dengan *contrasting cases*. Data dianalisis dengan menggunakan analisis kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum siswa sudah bisa menemukan ciri penting pada soal sehingga level pemahaman konsep siswa meningkat. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan *contrasting cases* dapat meningkatkan level pemahaman konsep siswa. *Contrasting cases* dapat dipadukan dengan model pembelajaran yang bersifat aktif dan interaktif.

Kata Kunci: Hukum Pascal, Fluida Statis, *Contrasting Cases*

1. Pendahuluan

Terdapat kesulitan siswa dalam memahami materi fluida statis, terutama pada submateri Hukum Pascal. Kesulitan tersebut terdapat pada pengungkapan bahasa matematis dan menghubungkan penerapan tekanan hidrostatik terhadap Hukum Pascal [1]. Kesulitan siswa dalam hal mengungkapkan bahasa matematis terbukti ketika siswa diminta untuk menentukan gaya yang bekerja pada salah satu piston. Untuk kesulitan siswa tentang menghubungkan penerapan tekanan hidrostatik terhadap Hukum Pascal, siswa merasa bahwa tekanan yang bekerja pada piston besar berbeda dengan tekanan yang bekerja pada piston kecil.

Dari penjabaran kesulitan siswa pada submateri Hukum Pascal, maka dapat dirancang pembelajaran yang bertujuan untuk mengatasi kesulitan tersebut. Pembelajaran yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep dan mengatasi kesulitan yang dialami oleh siswa harus bersifat "*active learning*" [2,3] dan "*interactive learning*" [3]. Salah satu pembelajaran yang disarankan oleh kurikulum dan memenuhi sifat aktif dan interaktif adalah *discovery learning*.

Pembelajaran *discovery learning* akan lebih optimal dalam penyampaian jika disisipkan dengan *contrasting cases* yang merupakan "alat bantu" dalam pembelajaran dan dalam pengembangannya diharuskan untuk menghadirkan beberapa kasus agar siswa dapat menemukan ciri penting dari suatu materi [2,3]. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilahi (2012) yang menyatakan bahwa *discovery*



learning merupakan proses pembelajaran yang menitikberatkan pada penemuan hal penting [4].

Dalam perkembangannya belum terdapat penelitian *discovery learning* yang dipadukan dengan *contrasting cases* terutama pada submateri Hukum Pascal. Diharapkan dengan menggunakan pembelajaran *discovery learning* dengan *contrasting cases*, siswa lebih mudah memperoleh pemahaman atas konsep fluida statis, yaitu pada submateri Hukum Pascal. Berdasarkan hasil kajian penelitian terdahulu dan permasalahan yang terjadi, maka dilaksanakan penelitian untuk mengeksplor level pemahaman konsep fisika siswa pada submateri Hukum Pascal pada pembelajaran *discovery learning* dengan *contrasting cases*.

2. Metode Penelitian

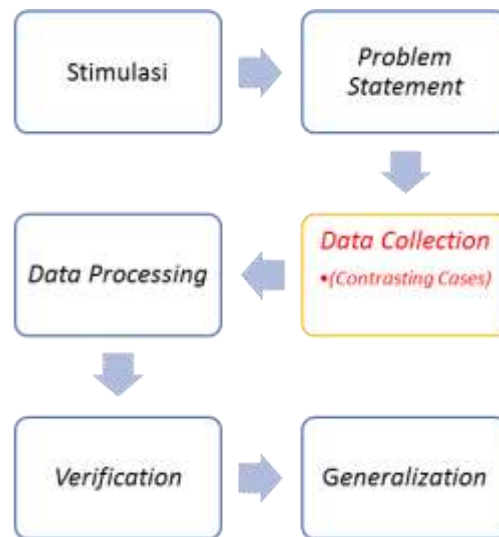
Penelitian ini menggunakan metode survei untuk mengetahui level pemahaman konsep siswa. subjek penelitian terdiri dari 33 siswa kelas XI di SMA Negeri 8 Kediri. Data level pemahaman konsep siswa diperoleh dari alasan siswa dalam menyelesaikan soal *prepost-test* sebelum dan sesudah melakukan pembelajaran dengan *contrasting cases*. Dari data tersebut kemudian dianalisis sesuai dengan strategi analisis kualitatif menurut Madison (2005) menggunakan pengodean, mengidentifikasi pola, membuat poin-poin penting dari sudut pandang tertentu, dan menyajikan data [5]. Analisis kualitatif ini dibantu dengan rubrik level pemahaman konsep yang diadaptasi dari Coştu (2008). Berikut rubrik level pemahaman konsep.

Tabel 1. Rubrik level pemahaman konsep

Level pemahaman	Kriteria
Pemahaman utuh (4)	Alasan terdiri dari konsep, jawab, dan pilihan jawaban yang benar
Pemahaman sebagian (3)	Alasan terdiri dari konsep atau jawab, serta sesuai dengan pilihan jawaban yang benar.
Pemahaman sebagian dengan miskonsepsi (2)	Alasan sudah mengarah pada pemahaman utuh, tetapi pilihan jawaban benar atau salah
Miskonsepsi (1)	Alasan terdiri dari konsep atau jawab yang salah, dan pilihan jawaban benar atau salah
Tidak memahami (0)	Mengulangi pertanyaan; mengulangi jawaban pilihan; tidak menuliskan alasan

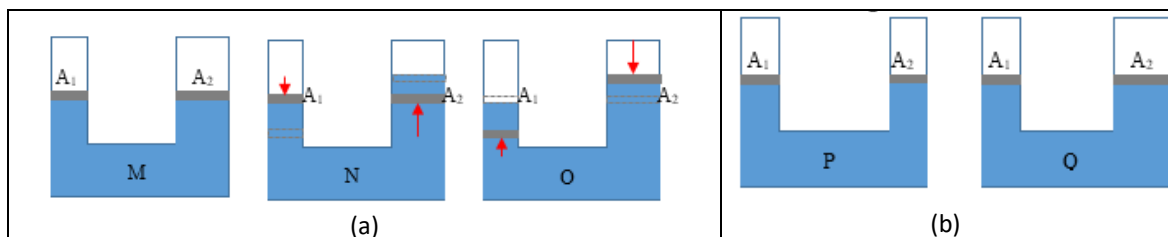
[6]

Proses pembelajaran *discovery learning* dengan *contrasting cases* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembelajaran hukum pascal dengan *contrasting cases*

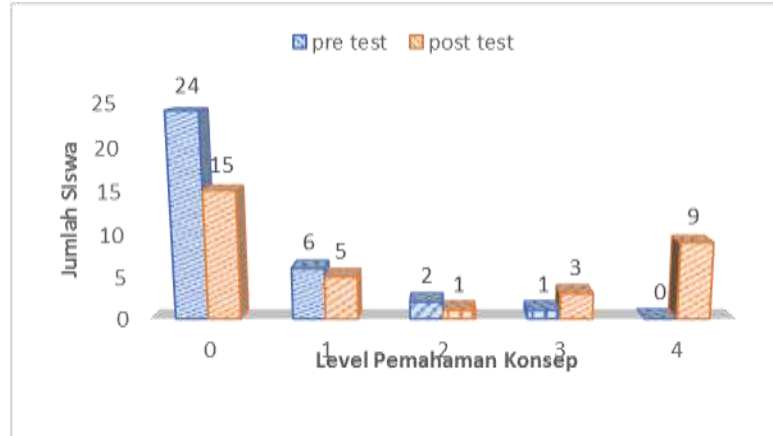
Contrasting cases merupakan kasus-kasus yang diberikan saat pembelajaran dan berhubungan dengan submateri yang dipelajari agar memudahkan siswa dalam menemukan suatu konsep. Dari kelima pembelajaran yang dilaksanakan, terdapat tiga sampai empat kasus yang diberikan pada tahap *data collection*. Dengan menyisipkan *contrasting cases* pada *data collection* siswa dapat menemukan pola [2] dan ciri penting dari submateri yang dipelajari [2,3] dengan cara berdiskusi kelompok. Berikut contoh *contrasting cases* pada Hukum Pascal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 (a) contoh *contrasting cases* pada hukum pascal untuk menentukan tekanan ketika kedua piston dikenakan gaya yang berbeda
(b) contoh *contrasting cases* pada hukum pascal untuk menentukan gaya pada kedua piston

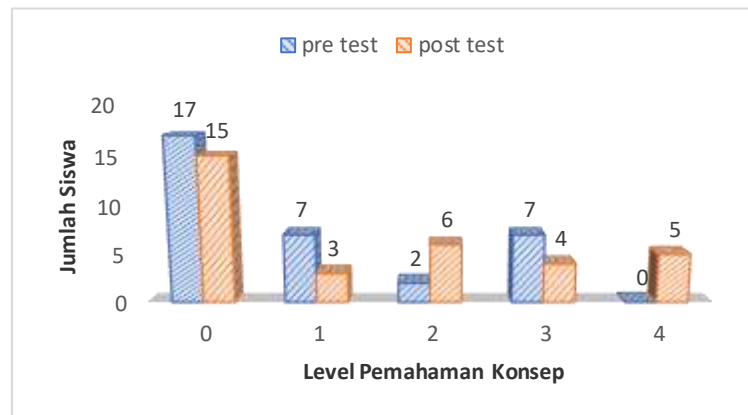
3. Hasil dan Pembahasan

Pada soal nomor satu level pemahaman konsep siswa mengalami peningkatan. Hal ini ditandai dengan meningkatkan level pemahaman utuh dan berkurangnya level pemahaman tidak mengerti. Pada saat *pretest* tidak ada siswa yang mempunyai pemahaman utuh sedangkan pada saat *posttest* meningkat menjadi sembilan siswa. Pada saat *pretest* ada 24 siswa yang mempunyai level tidak mengerti sedangkan pada saat *posttest* berkurang menjadi 15 siswa. Level pemahaman konsep soal nomor satu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik level pemahaman konsep soal nomor 1

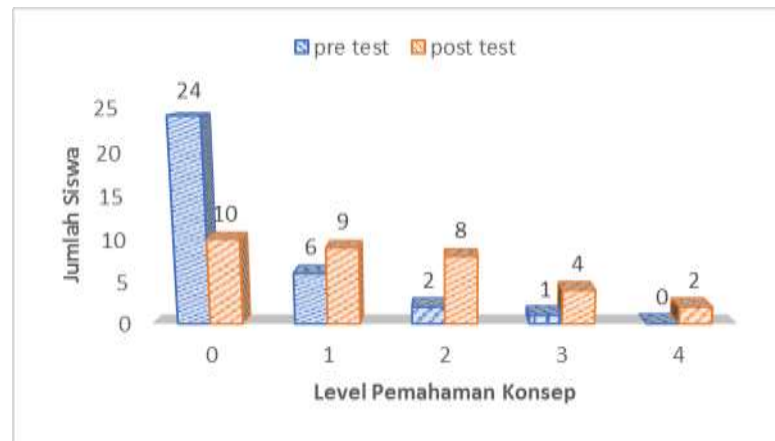
Pada soal nomor dua level pemahaman konsep mengalami peningkatan. Hal ini ditandai dengan meningkatkan level pemahaman utuh dan berkurangnya level pemahaman tidak mengerti. Pada saat *pretest* tidak ada siswa yang mempunyai pemahaman utuh sedangkan pada saat *posttest* meningkat menjadi lima siswa. Pada saat *pretest* ada 17 siswa yang mempunyai level tidak mengerti sedangkan pada saat *posttest* berkurang menjadi 15 siswa. Level pemahaman konsep soal nomor dua dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik level pemahaman konsep soal nomor 2

Pada soal nomor tiga level pemahaman konsep mengalami peningkatan. Hal ini ditandai dengan meningkatnya level pemahaman utuh dan berkurangnya level pemahaman tidak mengerti. Pada saat *pretest* tidak ada siswa yang mempunyai pemahaman utuh sedangkan pada saat *posttest* meningkat menjadi dua siswa. Pada saat *pretest* ada 24 siswa yang mempunyai level tidak mengerti sedangkan pada saat *posttest* berkurang menjadi 15 siswa. Level pemahaman konsep soal nomor tiga dapat dilihat pada Gambar 5.

posttest berkurang menjadi sepuluh siswa. Level pemahaman konsep soal nomor lima dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik level pemahaman konsep soal nomor 3

Dari Gambar grafik level pemahaman konsep siswa, pembelajaran dengan menggunakan *contrasting cases* membuat siswa dapat menemukan ciri penting dari suatu materi sehingga terjadi peningkatan level pemahaman konsep [2,3]. *Contrasting cases* yang dipadukan dengan *discovery learning* juga dapat memberikan efek positif bagi siswa. Siswa dapat mengenali ciri penting pada pembelajaran jika dilibatkan secara langsung [7,8] dalam proses penemuan ciri penting tersebut sehingga siswa memperoleh pengalaman belajar [4] dan mengoptimalkan level pemahaman konsep siswa. Dari pengoptimalan level pemahaman konsep menyebabkan terjadinya penurunan jumlah siswa pada level tidak mengerti.

Berdasarkan Gambar grafik level pemahaman konsep siswa masih ada siswa yang berada pada level pemahaman tidak mengerti ketika dibelajarkan dengan *contrasting cases* pada *discovery learning*, maka dapat dilakukan perbaikan pada pembelajaran ini untuk meminimalkan kesulitan yang dihadapi siswa. Perbaikan pembelajaran yang disarankan adalah memperkuat konsep siswa dengan penegasan ulang ciri penting pada submateri Hukum Pascal, mengondisikan siswa dengan *contrasting cases* pada materi sebelumnya sehingga siswa merasa terbiasa, dan pemberian soal latihan yang serupa agar pemahaman konsep siswa meningkat. Perbaikan pada *contrasting cases*, *contrasting cases* yang dibuat harus lebih terlihat kontrasnya sehingga siswa lebih mudah menemukan ciri pentingnya. Perbaikan pada pembagian pertemuan pembelajaran, seharusnya pertemuan pembelajaran dibagi secara proporsional sehingga tidak terjadi penurunan jumlah siswa yang menjawab benar pada submateri tertentu. Perbaikan pada soal *prepost-test*, sebaiknya soal yang digunakan cukup dengan menyajikan gambar saja agar siswa tidak kebingungan dalam menafsirkan ciri penting pada soal.



4. Kesimpulan

Terjadi peningkatan level pemahaman konsep siswa yang diperoleh dari alasan siswa, yaitu terjadi peningkatan level pemahaman utuh dan penurunan level pemahaman tidak mengerti. Hal ini menandakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan *contrasting cases* juga dapat mengoptimalkan level pemahaman konsep siswa. Dari pengoptimalan level pemahaman konsep menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah siswa pada level pemahaman utuh dan penurunan jumlah siswa pada level tidak mengerti.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak SMA Negeri 8 Kediri yang telah mengizinkan pengambilan data pemahaman konsep siswa pada materi fluida statis.

Daftar Rujukan

- [1] Prahastiwi, Rima Buana., Hidayat, Arif., Wartono. 2016. *Prosiding Seminar Nasional : Deskripsi Pemahaman Konsep Fisika Tentang Fluida Statis*. Semarang : Hima Fisika UNNES
- [2] Chin, Doris B., Chi, Min., Schwartz, Daniel L. 2016. *A comparison of Two Methods of Active Learning in Physics: Inventing a General Solution Versus Compare and Contrast*. doi:10.1007/s11251-016-9374-0
- [3] Kuo, Eric & Wieman, Carl E. 2016. *Toward Instructional Design Principles: Inucing Faraday's Law with Cobtrasting Cases*. Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 12, 010128
- [4] Illahi, Mohammad Takdir. 2012. *Pembelajaran Discovery Strategi & Mental Vocational Skill*. Jogjakarta : DIVA Press
- [5] Creswell, John W. 2007. *Qualitative Inquiry & Research Design Choosing Among Five Approaches, Second Edition*. USA: Sage Publication, Inc.
- [6] Coştu, Bayram. 2008. *Learning Science through the PDEODE Teaching Strategy: Helping Students Make Sense of Everyday Situations*. Eurasia Journal of Mathematics, Science, and Technology Education, 4 (1) : 3-9.
- [7] Wenning, Carl J. 2010. *Level of Inquiry: Using Inquiry Spectrum Learning Sequences to Teach Science*. J. Phsy. Tchr. Educ. Online, 5 (3).
- [8] Wenning, Carl J. 2011. *Level of Inquiry Model of Science Teaching*. J. Phsy. Tchr. Educ. Online, 6 (2).



PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH BERBANTUAN MEDIA WEB UNTUK MENINGKATKAN LITERASI ENERGI SISWA SMP

Tresna Galih Sukma Suryana^{1,*}, Muslim¹, Amsor¹

¹Departemen Pendidikan Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung-Jawa Barat 40154

*Email: tresna.galih.sukma@student.upi.edu

Abstrak

Literasi energi sebagai kemampuan dasar yang mencakup pengetahuan, sikap, dan perilaku tentang kompleksitas yang terkait dengan penggunaan energi. Berdasarkan studi pendahuluan, literasi energi siswa SMP masih rendah. Literasi energi seseorang dapat dilatihkan dalam sebuah proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran peningkatan literasi energi siswa SMP dengan menggunakan Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Pre-Experimental* dengan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Subjek penelitian adalah siswa kelas VII pada salah satu SMP negeri di kota Bandung yang berjumlah 28 siswa (14 orang laki-laki dan 14 orang perempuan). Instrumen penelitian meliputi tes literasi energi untuk aspek kognitif dan angket literasi energi untuk aspek sikap dan aspek perilaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan literasi energi untuk aspek kognitif berkategori sedang dengan peningkatan $\langle g \rangle$ sebesar 0,52. Adapun peningkatan literasi energi pada aspek sikap memenuhi kriteria cukup menjadi sangat kuat dan peningkatan literasi energi untuk aspek perilaku memenuhi kriteria cukup menjadi sangat kuat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan model Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web dapat meningkatkan literasi energi siswa SMP.

Kata Kunci: model pembelajaran berbasis masalah; media web; media pembelajaran; literasi energi.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

The National Energy Education Development Project, The NEED Project [1] menempatkan negara Indonesia pada posisi keempat dengan konsumsi energi tertinggi setelah negara China, India, dan Amerika Serikat. Kebutuhan energi yang terus meningkat setiap saat membuat bangsa Indonesia, khususnya siswa yang sedang mengenyam pendidikan di sekolah harus mampu mengupayakan penurunan kelajuan perubahan iklim dan pengurangan konsumsi energi. Hal ini dapat dilakukan melalui program pendidikan energi dalam rangka meningkatkan literasi energi siswa [2]. Secara teori, perubahan perilaku seperti konsumsi energi berlebihan dan pemahaman terkait perubahan iklim yang terus memburuk dapat dihasilkan melalui proses belajar [3]. Hasil studi pendahuluan tentang literasi energi siswa SMP



menunjukkan perilaku siswa masih belum menunjukkan perilaku hemat energi, hal ini diperparah dengan pembelajaran di kelas yang masih berbasis pada pengetahuan saja, belum pada kontekstual. Itu semua menjadi kontradiksi ketika hasil angket studi pendahuluan menunjukkan sebanyak 68,97% responden memberikan tanggapan bahwa sekolah menjadi lingkungan yang memberikan kontribusi terbesar dalam wawasan mereka tentang energi.

Hubungan antara pengetahuan, sikap, dan perilaku seseorang tentang energi dapat diteliti melalui sebuah penelitian literasi energi. Chen [4] mendapati dalam penelitiannya bahwa literasi energi siswa pada tingkat SMP masih rendah. Usaha untuk meningkatkan literasi energi dapat dilakukan dengan suatu pendekatan pemecahan masalah-masalah tentang energi sehingga siswa dapat mempelajari permasalahan kontekstual dan memecahkan permasalahan tentang energi tersebut, maka perlu disusun suatu model pembelajaran yang dapat meningkatkan literasi energi. Model pembelajaran yang dipandang dapat membantu dan memfasilitasi siswa untuk belajar tentang energi adalah model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM). Merujuk pada Dewey, Rusmono [5] mengemukakan bahwa “sekolah merupakan laboratorium untuk pemecahan masalah kehidupan nyata, karena setiap siswa memiliki kebutuhan untuk menyelidiki lingkungan mereka dan membangun secara pribadi pengetahuannya”.

Dalam sebuah pembelajaran, tentu tidak hanya sebatas penggunaan model pembelajaran yang baik saja, peran penggunaan teknologi dalam sebuah pembelajaran pun sangat penting. Jacobsen [6,7] memandang bahwa teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan pengajaran dengan memberikan kesempatan-kesempatan praktik dengan umpan balik berkualitas yang langsung dan responsif tentang performa siswa. Salah satu media pembelajaran yang dapat digunakan untuk membantu proses pembelajaran berbasis masalah adalah media web. Media web memiliki enam kategori dasar [8], yakni teks, audio, visual, video, perekayasa (*manipulative*) (benda-benda).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut : *“Bagaimana peningkatan literasi energi siswa SMP melalui penerapan model pembelajaran berbasis masalah berbantuan media web?”*. Penelitian ini ditujukan untuk memperoleh gambaran peningkatan literasi energi siswa SMP dalam aspek kognitif, sikap, dan perilaku dengan menerapkan model Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web.

1.2 Model Pembelajaran Berbasis Masalah

Arends (dalam [9,10]) memandang Model Pembelajaran Berbasis Masalah sebagai pembelajaran siswa pada masalah nyata (autentik) sehingga siswa dapat menyusun pengetahuannya sendiri, menumbuhkembangkan keterampilan yang tinggi dan inkuiri, memandirikan siswa, dan meningkatkan kepercayaan dirinya. Langkah-langkah Pembelajaran Berbasis Masalah yang diungkapkan oleh Arends (dalam [11]), yakni: 1) Orientasi siswa pada masalah, 2) Mengorganisasi siswa untuk belajar, 3)



Membimbing pengalaman individual atau kelompok, 4) Mengembangkan dan menyajikan hasil karya, dan 5) Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.

1.3 Media Web

Web merupakan sebuah jaringan dari jaringan-jaringan yang memungkinkan kita untuk mengakses, melihat, dan menyimpan dokumen yang bisa meliputi teks, data, suara, dan video [8]. Pemilihan web sebagai media pembelajaran didasarkan oleh kemudahan mengakses informasi melalui internet dan berbagai perangkat yang dapat dilakukan dimana saja, kapan saja, serta oleh siapa saja [12]. Roblyer [13] memberikan delapan prosedur untuk mengembangkan sebuah web, yakni: 1) Perencanaan dan Pembuatan *Storyboard*, 2) Pengembangan halaman web dengan teks, 3) Penambahan gambar dan media, 4) Pembuatan *link*, 5) Penambahan unsur-unsur interaktif, 6) Pengujian halaman web menggunakan *browser*, 7) Pengunggahan web, dan 8) Pengumpulan saran dan evaluasi.

1.4 Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media Web

Sebuah PBM berbasis web sudah dikembangkan dan didesain secara khusus. Sebuah desain telah diadaptasi dari Happer-Marinick yang terdiri atas urutan pembelajaran berikut [14];, yakni: 1) informasi pendahuluan, 2) presentasi dari masalah yang tersusun keliru dan masalah dunia nyata, 3) kolaborasi dalam jaringan (*online*), 4) sumber daya dalam jaringan (*online*), 4) tindak lanjut kolaborasi dalam jaringan (*online*), dan 5) solusi dari masalah. Dalam pembelajaran yang menggunakan web sebagai media pembelajaran, setidaknya ada tujuh hal yang dapat dijadikan sebagai landasan yang dikemukakan oleh Rusman [15], yaitu: 1) menggunakan kekuatan masalah yang riil untuk membangkitkan motivasi, 2) mengondisikan lingkungan kaitannya dengan informasi global, 3) mendorong proses pemanfaatan dan pengembangan belajar *e-learning*; 4) menekankan pada pemecahan masalah dan pembuatan keputusan dari pada bahan belajar, 5) menyediakan sistem dalam kolaborasi, 6) optimis dalam menggunakan struktur yang fleksibel, dan 7) mengembangkan evaluasi dan kritik terhadap sumber informasi.

1.5 Literasi Energi

DeWaters and Powers (dalam [16]) menyebut literasi energi sebagai sebuah istilah luas yang mencakup pengetahuan konten serta pemahaman suatu warga negara tentang energi yang mencakup aspek afektif dan perilaku. Dwyer [17] memberikan definisi literasi energi sebagai kefasihan dasar dan pengetahuan tentang kompleksitas yang terkait dengan penggunaan energi, serta literasi energi mendukung sebuah pemahaman tentang dampak penggunaan energi yang keberlanjutan. Literasi energi diukur dengan menggunakan Instrumen *Energy Literacy Questionnaire (ELQ)* versi modifikasi yang dikembangkan oleh DeWaters dan Powers. DeWaters dan Powers [18] dan Lee [16] memberikan karakteristik dan



contoh tolak ukur kerangka pengembangan instrumen literasi energi seperti tertuang dalam Tabel 1.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan jenis *Pre-Experimental* dengan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas VII di salah satu SMP Negeri di kota Bandung sebanyak 28 orang siswa dengan menggunakan teknik *sampling purposive*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Energi Literacy Questionnaire (ELQ)* yang diadopsi dari DeWaters dan Powers dengan jumlah tes kognitif 30 pertanyaan, angket sikap 15 pernyataan, dan angket perilaku 10 pernyataan. Selain itu, untuk mengetahui keterlaksanaan penggunaan model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media Web di kelas, maka digunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran.

Tabel 1. Karakteristik dan contoh tolak ukur kerangka pengembangan instrumen literasi energi

Domain	Karakteristik Umum	Contoh Tolak Ukur
Kognitif	1. Pengetahuan tentang fakta ilmiah dasar 2. Pengetahuan tentang isu-isu yang berkaitan dengan sumber energi dan sumber daya 3. Kesadaran akan pentingnya penggunaan energi bagi fungsi individu dan masyarakat 4. Pengetahuan tentang kecenderungan umum dan pasokan dan penggunaan sumber daya energi global 5. Pemahaman dampak pengembangan dan penggunaan sumber daya yang dapat terjadi pada masyarakat 6. Pemahaman akan dampak pengembangan/penggunaan sumber daya terhadap lingkungan 7. Pengetahuan tentang dampak keputusan individu dan masyarakat terkait pengembangan dan penggunaan sumber daya energi 9. Kemampuan kognitif	-Definisi / bentuk energi -Sumber daya terbarukan dan tak terbarukan -Kebutuhan masyarakat akan energi -Kelimpahan relatif sumber energi di suatu negara/global -Dampak pada masyarakat terkait dengan pengembangan sumber daya energi -Dampak pengembangan energi pada lingkungan -Pentingnya penghematan energi dan peningkatan efisiensi penggunaan energi -Kemampuan untuk memeriksa keyakinan dan nilai seseorang
Sikap	1. Kepedulian terhadap isu energi global 2. Sikap dan nilai positif 3. Keyakinan kemanjuran yang kuat	-Nilai pendidikan energi -Pencegahan masalah masyarakat terkait penggunaan energi -Lokus kontrol internal
Perilaku	A. Disposisi untuk berperilaku 1. Kesiediaan untuk bekerja menuju penghematan energi 2. Pemikiran yang bijak dan efektif 3. Ubah advokasi B. Tingkah laku	-Mempertimbangkan dampak energi dari keputusan sehari-hari -Mengevaluasi pro dan kontra terkait dengan konsumsi energi -Tetap terbuka terhadap gagasan baru -Menunjukkan kebiasaan hemat energi di



Domain	Karakteristik Umum	Contoh Tolak Ukur
4.Kesediaan untuk bekerja menuju penghematan energi		rumah dan di sekolah
5.Ubah advokasi		-Dorong orang lain untuk melakukan tindakan yang berhubungan dengan energi yang bijaksana

Instrumen divalidasi oleh lima orang ahli, yakni tiga orang ahli konten fisika, satu orang ahli bahasa, dan satu orang ahli asesmen. Hasil validasi ahli menyatakan bahwa semua instrumen dapat digunakan dengan rentang IVI (Tilden, dkk, dalam [19]) terendah sebesar 0,8 dan tertinggi 1, sedangkan untuk aspek sikap didapatkan IVI terendah sebesar 0,83 dan yang tertinggi adalah 1, dan untuk aspek perilaku memperoleh hasil IVI terendah sebesar 0,86 dan tertinggi sebesar 1.

$$IVI = \frac{\text{Jumlah Nilai Validator}}{\text{Jumlah Seluruh Validator}} \quad (1)$$

Instrumen kognitif memiliki nilai validitas butir soal terendah sebesar 0,1 yang diperbaiki dan tertinggi sebesar 0,7. Instrumen aspek sikap mendapatkan nilai validitas butir angket terendah sebesar 0,36 dan tertinggi sebesar 0,91, sedangkan untuk aspek perilaku didapatkan nilai validitas butir angket terendah sebesar 0,64 dan tertinggi sebesar 0,86. Hasil uji coba instrumen didapatkan nilai reliabilitas instrumen aspek kognitif, sikap, dan perilaku secara berturut-turut sebesar 0,85, 0,95, dan 0,89 dengan seluruhnya berkategori tinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Literasi Energi Aspek Kognitif

Data literasi energi aspek kognitif siswa diperoleh dari tes literasi energi aspek kognitif yang terdiri dari 30 butir soal pilihan ganda. Peningkatan literasi energi aspek kognitif siswa dapat diidentifikasi menggunakan nilai *N-gain*. Hasil perhitungan *N-Gain* didapatkan sebesar 0,52 dengan kriteria sedang (Tabel 2). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Karpudewan [20] bahwa pembelajaran yang terstruktur dan terencana dengan menggunakan model pembelajaran tertentu dapat meningkatkan literasi energi siswa.

Aspek kognitif pada literasi energi yang diamati pada penelitian ini terdapat delapan indikator (Tabel 1). Peningkatan literasi energi aspek kognitif siswa juga terlihat pada setiap indikator tersebut. Peningkatan pada setiap indikator dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan dua kondisi maksimum dan minimum yakni capaian *N-Gain* tertinggi sebesar $\langle g \rangle = 0,72$ dengan kategori tinggi dan capaian *N-Gain* terendah sebesar $\langle g \rangle = 0,16$ dengan kategori rendah. Indikator dengan capaian *N-Gain* tertinggi adalah indikator pertama, yakni pengetahuan tentang fakta ilmiah dasar, sedangkan untuk capaian *N-Gain* terendah yakni indikator keempat, pengetahuan tentang kecenderungan umum dan pasokan dan penggunaan sumber daya energi global.

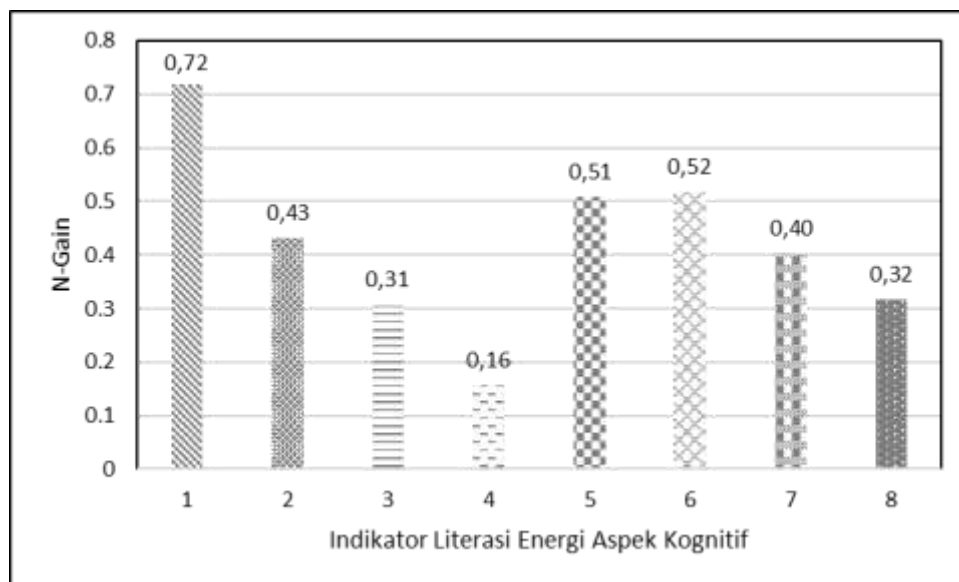
1.2 Literasi Energi Aspek Sikap

Setelah rangkaian pembelajaran di setiap pertemuannya selesai, siswa diminta untuk mengisi instrumen literasi energi untuk aspek sikap, dimana terdapat 15 pernyataan angket literasi energi aspek sikap. Kemudian diberikan skor menggunakan skala *likert* 1 s.d. 5. Hasil rekapitulasi angket literasi energi aspek sikap dapat dilihat pada Tabel 3 dengan peningkatan kategori dari “cukup” menjadi “sangat kuat”. Aspek sikap literasi energi yang diamati pada penelitian ini terdapat tiga indikator. Peningkatan literasi energi aspek sikap siswa juga terlihat pada setiap indikator tersebut. Peningkatan pada setiap indikator dapat dilihat pada Gambar 2.

Peningkatan literasi energi aspek sikap secara keseluruhan mencapai kriteria cukup menjadi sangat kuat, yaitu 59% respon positif pada kondisi awal menjadi 86% respon positif pada kondisi akhir. Rendahnya kondisi awal literasi energi aspek sikap siswa sebelum dilatihkan dengan tiga kali pertemuan Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bielschowsky [21] yang mengungkapkan bahwa sikap yang terbentuk cenderung lemah. Lebih lanjut Bielschowsky [21] menjelaskan bahwa sikap literasi energi seseorang dapat terbentuk dengan cepat namun akan tetap lemah ketika tidak ada upaya mempertahankannya.

Tabel 2. Nilai rata-rata *N-gain* literasi energi aspek kognitif

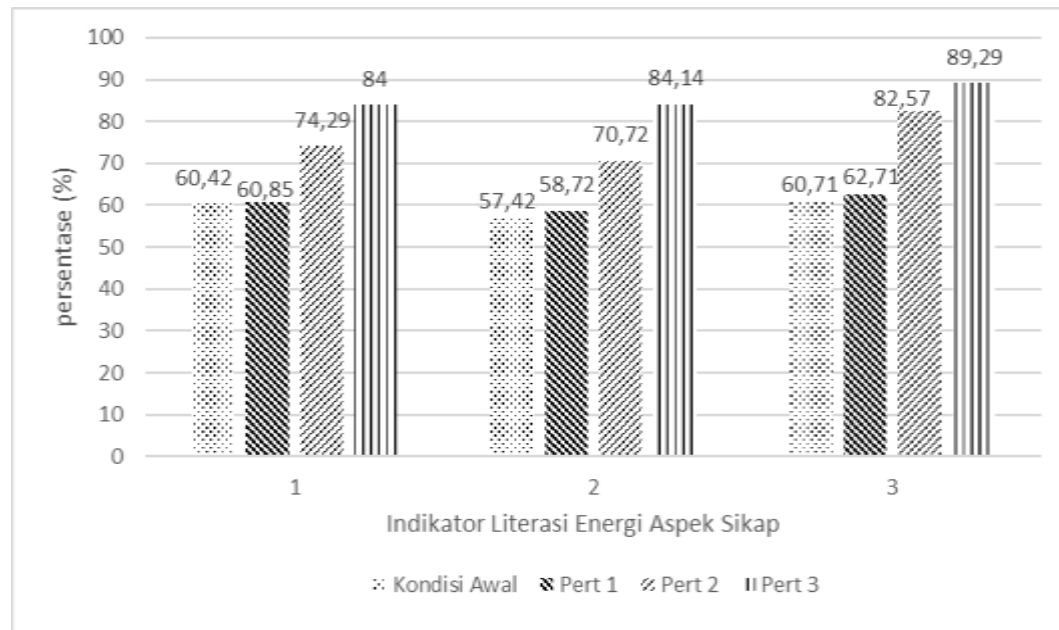
Rata-rata skor <i>pretest</i>	Rata-rata skor <i>posttest</i>	Skor ideal	$\langle g \rangle$	Kriteria
39,41	70,83	100	0,52	sedang



Gambar 1. Diagram batang rekapitulasi nilai *N-gain* pada tiap indikator literasi energi aspek kognitif

Tabel 3. Rekapitulasi Peningkatan Literasi Energi Aspek Sikap

Pertemuan Ke-	Persentase (%)	Kriteria
Kondisi Awal	59	Cukup
1	60	Cukup
2	75	Kuat
3	86	Sangat Kuat



Gambar 2 Diagram batang rekapitulasi nilai peningkatan persentase pada tiap indikator literasi energi aspek sikap

3.3 Literasi Energi Aspek Perilaku

Setelah rangkaian pembelajaran di setiap pertemuannya selesai, bersamaan dengan pemberian angket aspek sikap, siswa juga diminta untuk mengisi instrumen literasi energi untuk aspek perilaku, dimana terdapat 10 pernyataan angket literasi energi aspek perilaku. Kemudian diberikan skor menggunakan skala *likert* 1 s.d. 5. Hasil rekapitulasi angket literasi energi aspek perilaku siswa dari 28 orang siswa dapat dilihat pada Tabel 4 dengan peningkatan kategori dari “cukup” menjadi “sangat kuat”. Aspek perilaku literasi energi yang diamati pada penelitian ini terdapat lima indikator (Tabel 1). Peningkatan pada setiap indikator dapat dilihat pada Gambar 3.

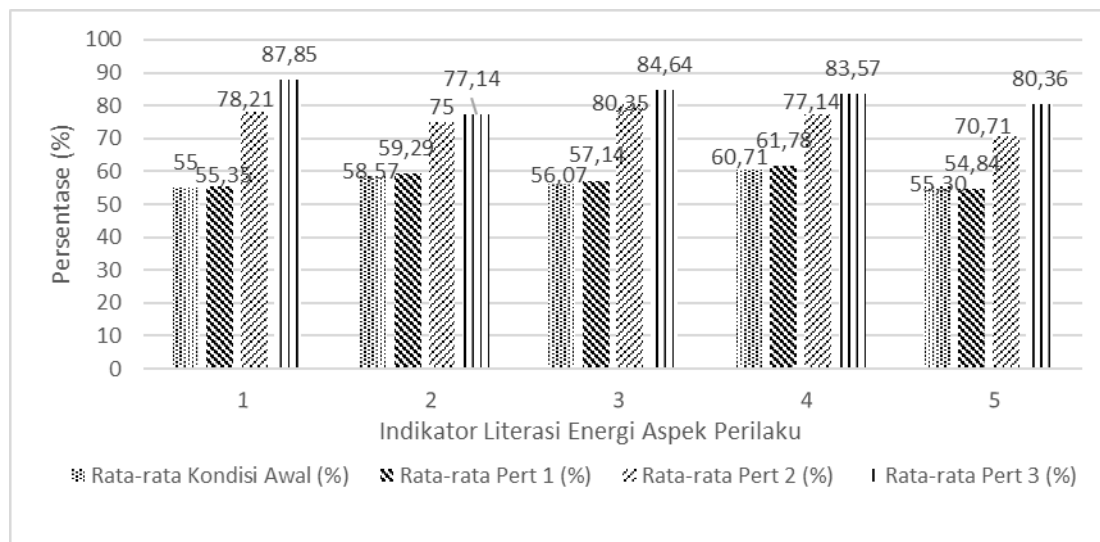
Peningkatan literasi energi aspek perilaku secara keseluruhan mencapai kriteria cukup menjadi sangat kuat, yaitu 57% respon positif pada kondisi awal menjadi 83% respon positif pada kondisi akhir. Capaian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan aspek sikap. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bielschowsky, dkk [21] yang mendapatkan kesimpulan bahwa tingkat literasi energi

untuk aspek perilaku begitu rendah. Lebih lanjut Bielschowsky, dkk [21] menjelaskan bahwa hal tersebut disebabkan oleh kurangnya pengetahuan praktis.

3.4 Keterlaksanaan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media Web
Proses pembelajaran dengan menggunakan model Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web yang dilakukan mengikuti tahapan pembelajaran pada model tersebut. Untuk mengetahui keterlaksanaan proses pembelajaran dengan model Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web maka dilakukan observasi pada saat proses pembelajaran. Observasi dilakukan oleh dua orang observer dengan menggunakan lembar observasi untuk aktivitas guru dan siswa. Adapun rekapitulasi ditunjukkan oleh Tabel 5

Tabel 4 Rekapitulasi Peningkatan Literasi Energi Aspek Perilaku

Pertemuan Ke-	Persentase (%)	Kriteria
Kondisi Awal	57	Cukup
1	58	Cukup
2	75	Kuat
3	83	Sangat Kuat



Gambar 3 Diagram batang rekapitulasi nilai peningkatan persentase pada tiap indikator literasi energi aspek perilaku



Tabel 5 Rekapitulasi hasil observasi keterlaksanaan aktivitas guru dan siswa tiap pertemuan pada pembelajaran IPA dengan menggunakan model Pembelajaran Berbasis Masalah berbantuan media web

Pertemuan ke-	Aktivitas Guru		Aktivitas Siswa	
	Persentase (%)	Interpretasi	Persentase (%)	Interpretasi
1	100	Sangat baik	95,5	Sangat baik
2	100	Sangat baik	100	Sangat baik
3	100	Sangat baik	100	Sangat baik
Rata-rata	100		98,48	
Interpretasi		Sangat baik		Sangat baik

4. Kesimpulan

Penelitian ini setidaknya menyimpulkan tiga hal, yakni: 1) Peningkatan literasi energi aspek kognitif siswa SMP berkategori sedang dengan perolehan nilai **(g)** sebesar 0,52 setelah diberikan pembelajaran berbasis masalah berbantuan media web, 2) Peningkatan literasi energi aspek sikap siswa SMP berkategori cukup menjadi sangat kuat sedangkan untuk perolehan persentase peningkatan positif di setiap pertemuannya, yakni 1,23% pada pertemuan pertama, 15% pada pertemuan kedua, dan 10,47% pada pertemuan ketiga setelah diberikan pembelajaran berbasis masalah berbantuan media web, dan 3) Peningkatan literasi energi aspek perilaku siswa SMP berkategori cukup menjadi sangat kuat sedangkan untuk perolehan persentase peningkatan positif di setiap pertemuannya, yakni 0,5% pada pertemuan pertama, 17,78% pada pertemuan kedua, dan 7,28% pada pertemuan ketiga setelah diberikan pembelajaran berbasis masalah berbantuan media web.

Daftar Rujukan

- [1] The National Energy Education Development Project. (2016). *Energy Efficiency*. USA: NEED.
- [2] Wijaya, D. A., dkk. (2014). *Integrating Energy Literacy Education in Indonesia's School Curriculum for Sustainable Development*. Singapore: 4th Annual International Conference on Education & e-Learning.
- [3] Sihotang, A. dan Simatupang, S. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Menggunakan Animasi Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Siswa Kelas X SMA N 1 Sumbul. *Jurnal Inpafi*, 4, 4, 1-9.
- [4] Chen, K.L., dkk. (2015). Assessing Multidimensional Energi Literacy of Secondary Students Using Contextualized Assessment. *International Journal of Environmental & Science Education*
- [5] Rusmono. (2012). *Strategi Pembelajaran dengan Problem Based Learning Itu Perlu*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- [6] Jacobsen, D.A. dkk. (2009). *Methods for Teaching: Metode-Metode Pengajaran Meningkatkan belajar siswa TK-SMA*. (Edisi Kedelapan). Yogyakarta: Pustaka Pelajar



- [7] Murtiningrum, T., dkk. (2013). Pembelajaran Kimia dengan Problem Solving Menggunakan Media E-Learning dan Komik Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Abstrak dan Kreativitas Siswa. *Jurnal Inkuiri*, 2, 3, 288-301.
- [8] Smaldino, S.E., dkk. (2011). *Instructional Technology & Media for Learning*. Jakarta: Kencana
- [9] Abbas, N. (2009). Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Melalui Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Penilaian Portofolio di SMPN 10 Kota Gorontalo. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 16, 2, 125-130.
- [10] Rohmah, N., dkk. (2013). Upaya Meningkatkan Kemampuan Menyelesaikan Masalah Matematika Melalui Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Efforts to Improve The Ability to Solve Mathematical Problems Through Problem-Based Learning). *Jurnal Pendidikan Matematika STKIP PGRI Sidoarjo*, 1, 1, 43-50.
- [11] Hakim, L. (2015). Impelementasi Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning) pada Lembaga Pendidikan Islam Madrasah. *Jurnal Pendidikan Agama Islam-Ta'lim*, 13, 1, 37-56.
- [12] Kurniawan, D.T. (2014). Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Website Interaktif pada Konsep Fluida Statis untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas XI. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 19, 2, 206-213.
- [13] Roblyer, M.D. (2006). *Integrating Educational Technology into Teaching*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- [14] Sulaiman, F. dkk. (2004). Problem-Based Learning: A Study of the Web Based Synchronous Collaboration. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT)*, 1, 2, 58-66.
- [15] Rusman. (2014). Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah. *Edutech*, 1, 2, 211-230.
- [16] Lee, L.S., dkk. (2015). Energy literacy: Evaluating knowledge, affect, and behavior of students in Taiwan. *Energy Policy*, 76, 98-106.
- [17] Dwyer, C. (2011). The Relationship between Energy Literacy and Environmental Sustainability. *Low Carbon Economy*, 2, 123-137.
- [18] DeWaters, J.E. dkk. (2008). Energy Literacy among Middle and High School Youth. *38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Section T1A, 1-6.
- [19] Rico, E., dkk. (2012). Content Validity Evidence in Test Development: An Applied Perspective. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 12 (3), hlm. 449-460.
- [20] Karpudewan, M., dkk. (2016). Project-Based Learning: An Approach to Promote Energy Literacy Among Secondary School Students. *Asia-Pacific Edu Res*, 25, 2, 229-237.
- [21] Bielschowsky, A., Dkk. (2015). Energy Literacy and Agency of New Zealand Children. *Environmental Education Research*, 1-25.



PENINGKATAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MELALUI PEMBELAJARAN *GUIDED DISCOVERY* BERBANTUAN SIMULASI *PHET* DENGAN PENERAPAN KETERAMPILAN PROSES SAINS DALAM PEMBELAJARAN IPA TOPIK TEKanan DI SMP NEGERI 1 TUBAN

Ida Fitriyah^{1,*}

¹Guru IPA SMP Negeri 1Tuban

*Email: fitri_fis@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini merupakan Penelitian Tindakan Kelas yang dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Februari 2017 di SMPN 1 Tuban, dan berlangsung dalam tiga putaran. Secara umum tujuan penelitian ini adalah mengetahui kepraktisan dan efektifitas Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Objek penelitian ini adalah siswa kelas VIII A SMPN 1 Tuban sebanyak 32 siswa. Hasil penelitian ini adalah 1) Aktivitas guru yang dominan pada pembelajaran dengan menerapkan keterampilan proses pada tiap putaran adalah mengamati kegiatan siswa dan membimbing siswa melakukan kegiatan. Sedangkan aktivitas siswa yang mendominasi adalah mendengarkan penjelasan guru, mengerjakan kegiatan dalam LKS dan mempresentasikan hasil percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran *Discovery Learning* dengan penerapan keterampilan proses sains berbantuan simulasi PhET mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses belajar mengajar. 2) Hasil belajar yang meliputi tes tulis dan tes keterampilan proses sains siswa mengalami peningkatan untuk setiap putaran. peningkatan yang terjadi pada kemampuan keterampilan proses sains siswa yaitu pada putaran I sebesar 55,69%, putaran II sebesar 76,57%, putaran III sebesar 89,09 %. Untuk tes tulis (kemampuan berfikir kritis) mengalami peningkatan dari putaran I sebesar 48,63 %, putaran II sebesar 71,87%, dan putaran III sebesar 87,5 %, 3) Siswa merespon positif terhadap pembelajaran dengan menerapkan keterampilan proses sains. Keseluruhan komponen dalam kegiatan belajar mengajar mampu membuat siswa tertarik untuk mengikuti pembelajaran. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan praktis dan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci: Kemampuan Berpikir Kritis, *Guided Discovery*, PhET, Keterampilan Proses Sains

1. Pendahuluan

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau Sains merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang gejala-gejala alam. Gejala-gejala alam tersebut dapat terjadi setiap saat tanpa disadari oleh manusia. sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-



prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan. Hal ini senada dengan pendapat bahwa IPA harus dipahami sebagai sikap ilmiah, proses ilmiah dan produk ilmiah. (Nur, 1998) [9]. Dalam pembelajaran IPA, anak didik diharapkan memiliki bekal pengetahuan belajar ilmiah, berpikir tingkat tinggi, berpikir kritis dan kreatif, sehingga menjadi seorang pembelajar mandiri.. Penguasaan bidang teknologi dapat ditempuh melalui penguasaan sains yang lebih baik. Di sisi lain, pendidikan sains di Indonesia menghadapi berbagai permasalahan. Di Indonesia, proses pembelajaran yang melatih siswa berpikir tingkat tinggi memiliki beberapa kendala. Salah satunya adalah terlalu dominannya peran guru di sekolah sebagai penyebar ilmu atau sumber ilmu (*teacher center*) belum *student center*; dan fokus pendidikan di sekolah lebih pada yang bersifat menghafal/pengetahuan faktual. Siswa hanya dianggap sebagai sebuah wadah yang akan diisi dengan ilmu oleh guru. Kendala lain yang sebenarnya sudah cukup klasik namun memang sulit dipecahkan, adalah sistem penilaian prestasi siswa yang lebih banyak didasarkan melalui tes-tes yang sifatnya menguji kemampuan kognitif tingkat rendah. Siswa yang dianggap sebagai siswa yang pintar atau sukses adalah siswa yang lulus ujian.

Berdasarkan analisis ulangan harian IPA siswa kelas VIII SMPN 1 Tuban, pada semester awal tahun pelajaran 2016-2017 diketahui bahwa kemampuan siswa dalam mengerjakan tes dalam ranah kognitif tingkat tinggi masih rendah, 90% siswa dapat menyelesaikan soal dengan kategori mudah, tetapi lebih dari 50% siswa belum mampu menyelesaikan dengan baik soal-soal bentuk analisis. Hasil interview dengan 30 siswa kelas VIII yang diambil secara acak dan wawancara dengan guru mata pelajaran IPA di SMPN 1 Tuban diketahui bahwa 52% siswa mengalami kesulitan dalam soal yang berbentuk uraian analisis dan menyimpulkan permasalahan, terutama pada materi ajar yang bersifat abstrak, dan sedikit sekali contoh konkrit yang bisa mereka lihat. keterbatasan alat eksperimen dan kesulitan mencari media untuk menggambarkan materi secara riil menjadi penyebab beberapa topik tidak dapat dieksperimenkan secara nyata. sehingga keterampilan proses meliputi mengamati, mengkomunikasikan, mengelompokkan, mengukur, menyimpulkan, dan meramalkan tidak dapat dilakukan secara optimal sehingga berakibat kepada lemahnya pemahaman dan penguasaan terhadap metode ilmiah dan keterampilan proses yang seharusnya dikuasai.

Menurut Purwanto (2009) hasil belajar adalah perubahan perilaku siswa akibat belajar. Perubahan perilaku disebabkan karena dia mencapai penguasaan atas sejumlah bahan yang diberikan dalam proses belajar mengajar [10]. Pencapaian tersebut didasarkan atas tujuan pengajaran yang telah ditetapkan. Hasil belajar dapat berupa perubahan perubahan dalam aspek kognitif, afektif, maupun psikomotorik, sehingga hasil belajar dapat digunakan untuk mengetahui seberapa jauh seseorang menguasai bahan yang sudah diajarkan. Pembelajaran IPA sebaiknya dilaksanakan secara inkuiri ilmiah untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bekerja dan bersikap ilmiah. Oleh karena itu pembelajaran IPA di SMP/MTs menekankan pada pemberian pengalaman belajar secara langsung melalui



penggunaan dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah. Dalam hal ini dapat dilatihkan melalui eksperimen-eksperimen mengenai konsep yang dipelajari seperti yang dikemukakan Fatik dan Madlazim (2012)[5] bahwa eksperimen merupakan jembatan penghubung antara konsep abstrak dengan pengetahuan yang bersifat riil atau nyata. Kemampuan berpikir merupakan proses keterampilan yang bisa dilatihkan, Artinya dengan menciptakan suasana pembelajaran yang kondusif akan merangsang siswa untuk meningkatkan kemampuan berpikir. Oleh karena itu maka guru diharapkan untuk mencari metode dan strategi pembelajaran yang dampaknya dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa. Pembelajaran penemuan terbimbing (*Guided Discovery Learning*) merupakan salah satu bagian dari pembelajaran inkuiri yang banyak melibatkan siswa dalam kegiatan belajar mengajar. Menurut Ennis, 1996 berpikir kritis adalah kemampuan berpikir yang masuk akal dan reflektif yang fokus untuk memutuskan apa yang mesti dipercaya atau dilakukan [4]. Duron (2006) menyatakan bahwa keterampilan berpikir kritis adalah 3 tingkatan terakhir dalam 6 level Taksonomi Bloom yang belum direvisi yaitu analisis, sintesis, dan evaluasi [3]. Senada dengan pendapat Duron para ahli yang bekerja dalam bidang pendidikan (Lai, 2011) menyetujui bahwa Taksonomi Bloom merupakan sumber untuk mengajar dan menilai keterampilan berpikir tingkat tinggi (dalam hal ini termasuk berpikir kritis) [6]. Mengingat dari perkembangan mental siswa SMP menurut Piaget (Carin dan Sund, 1989) sebagian besar pada taraf transisi dari fase konkrit ke fase operasi formal, maka diharapkan sudah mulai dilatih untuk mampu mulai berfikir abstrak [2]. Oleh karena itu, pembelajaran IPA di SMP hendaknya sudah mengenalkan siswa kepada kemampuan untuk mulai melakukan investigasi atau penyelidikan walaupun sifatnya masih sangat sederhana. Penerapan ketrampilan proses sains di sekolah merupakan sarana untuk membekali siswa dalam proses berpikir kritis dan berpikir tingkat tinggi.

Seiring berkembangnya teknologi, memberi dampak yang besar pula pada dunia pendidikan. Kegiatan eksperimen dapat dilakukan secara virtual baik menggunakan komputer maupun telepon pintar. Salah satu simulasi yang hingga saat ini masih banyak diminati dan mudah diakses adalah PhET. *Physics Education Technology project* (PhET) merupakan simulasi interaktif yang dikembangkan oleh Universitas Colorado di Boulder Amerika Serikat sejak tahun 2002. PhET dapat diperoleh secara gratis di <https://phet.colorado.edu>. Salah satu kelebihan simulasi PhET adalah aplikasi programnya bisa diakses secara online maupun offline. Kelebihan dari simulasi PhET yakni dapat dijadikan suatu pendekatan pembelajaran yang membutuhkan keterlibatan dan interaksi dengan siswa, mendidik siswa agar memiliki pola berpikir konstruktivisme, dimana siswa dapat menggabungkan pengetahuan awal mereka dengan temuan-temuan virtual dari simulasi yang dijalankan, membuat pembelajaran lebih menarik karena siswa dapat belajar sekaligus bermain pada simulasi tersebut, dan memvisualisasikan konsep-konsep IPA dalam bentuk model (Sari, Lutfi, dan Qosyim, 2013)[11]. Selain itu Levie dan Levie dalam Azhar Arzad (2009: 9) yang membaca kembali hasil-hasil



penelitian tentang belajar melalui stimulus gambar dan stimulus kata atau visual dan verbal menyimpulkan bahwa stimulus visual membuahkan hasil belajar yang lebih baik untuk tugas-tugas seperti mengingat, mengenali, mengingat kembali, dan menghubungkan-fakta dan konsep. Sedangkan stimulus verbal memberikan hasil belajar yang lebih baik apabila pembelajaran itu melibatkan ingatan yang berurut-urutan (sekuensial)[1]. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dikaji di atas, maka dirasa perlu untuk melakukan penelitian tindakan kelas tentang “Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis melalui Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi multimedia PhET dengan Penerapan Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran IPA topik Tekanan pada Siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Tuban”.

Rumusan masalah dalam penelitian ini secara umum adalah bagaimanakah kepraktisan dan efektifitas Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi multimedia PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Secara rinci dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: 1) Bagaimanakah aktivitas guru dan siswa dalam Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan pada Siswa kelas VIII di SMP Negeri 1 Tuban ? 2) Bagaimanakah kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa dengan Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan pada Siswa kelas VIII di SMP Negeri 1 Tuban ?, 3) Bagaimanakah respon siswa terhadap Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan pada Siswa kelas VIII di SMP Negeri 1 Tuban?. Tujuan penelitian ini secara umum adalah mengetahui kepraktisan dan efektifitas Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA topik Tekanan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, dengan rincian sebagai berikut 1) Mendiskripsikan aktivitas guru dan siswa dalam Pembelajaran *Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA di SMP Negeri 1 Tuban. 2) Mendeskripsikan hasil belajar siswa dengan Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA di SMP Negeri 1 Tuban. 3) Mendeskripsikan respon siswa terhadap Pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA di SMP Negeri 1 Tuban. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, di antaranya 1) Menjadi acuan bagi guru dalam menerapkan pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan multimedia PhET untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP, maupun mengembangkan perangkat serupa pada topik-topik lain yang relevan, dan juga bagi mata pelajaran lain. 2) Memberikan pengalaman yang nyata bagi penulis yang juga sangat berguna sebagai alat untuk mengembangkan kompetensi penulis sebagai pendidik/guru. 3) Bagi siswa dapat memotivasi untuk belajar IPA lebih giat menggunakan multimedia,



sehingga siswa lebih mendalami konsep yang sedang dipelajari. Lingkup penelitian ini adalah kelas VIII A tahun pelajaran 2016-2017 mata pelajaran IPA Konsep Tekanan. Nilai yang diperoleh siswa menggambarkan kemampuan siswa sebenarnya. guru menerapkan pembelajaran dengan pendekatan keterampilan proses dengan benar. pengamat berlaku obyektif dalam memberikan penilaian.

2. Metode Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Tuban. Sumber data pada penelitian ini adalah: guru, siswa kelas VIII-A yang berjumlah 32 siswa, dan 2 orang pengamat. Waktu dan Tempat Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 1 Tuban pada tanggal 12 Januari sampai dengan 14 Februari 2017. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan penelitian tindakan kelas (PTK) yang dilaksanakan berupa proses pembelajaran berdaur (putaran) yang dilakukan sebanyak 3 kali putaran. Pada tiap putaran terdiri atas 3 tahap. *Pertama* tahap perencanaan. Pada tahap ini meliputi persiapan instrumen penelitian berupa: lembar pengamatan pengelolaan pembelajaran, lembar pengamatan aktivitas guru dan siswa, tes hasil belajar, lembar penilaian keterampilan proses, tes keterampilan proses dan angket respon siswa. perangkat pembelajaran berupa: Rencana Pelaksanaan Pelajaran (RPP) yang terdiri atas 3 RPP yaitu RPP 01, RPP 02, RPP 03, Lembar Kegiatan Siswa (LKS), Buku Siswa dan Lembar penilaian. *Kedua* adalah tahap kegiatan dan pengamatan, pada tahap ini diterapkan pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan media simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran di kelas, menggunakan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan oleh peneliti sebagai penunjangnya. Dalam tahap ini melibatkan pengamat untuk mengamati proses pembelajaran di dalam kelas. *Ketiga*, adalah tahap refleksi. Pada tahap ini setelah dilakukan pengamatan pada tiap putaran dan lembar pengamatan telah diisi, maka dilakukan diskusi antara pengamat dan guru untuk mengetahui dan mengevaluasi kekurangan-kekurangan selama pelaksanaan penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA di kelas. Berdasarkan komentar dan saran, maka dilakukan perbaikan dalam proses pembelajaran pada putaran berikutnya. *Keempat*, adalah tahap revisi. Pada tahap ini revisi dilakukan untuk memperbaiki rancangan yang telah dibuat dengan memperhatikan kekurangan-kekurangan selama perbaikan, revisi dilakukan setelah kegiatan pembelajaran pada tiap putaran selesai. Prosedur penelitian terdiri atas: a) Pengembangan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran dan Perangkat Pendukungnya, b) pengembangan Instrumen, c) Pengumpulan Data, d) analisis data.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan aktivitas guru pada putaran I bahwa aktivitas guru yang menonjol adalah kegiatan membimbing siswa ketika melakukan kegiatan dalam LKS yaitu sebesar 21,8 %. Aktivitas lain yang menonjol yaitu memberi evaluasi pada siswa yaitu sebesar 16,4 %. Aktivitas siswa yang menonjol adalah kegiatan mendengarkan

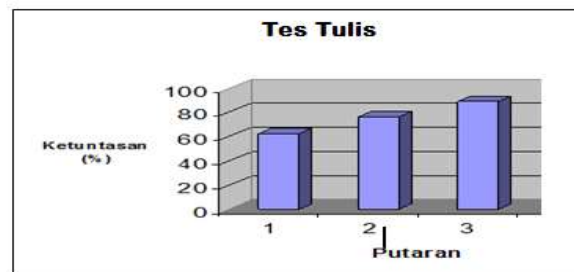


penjelasan guru yaitu sebesar 29,9 %. Aktivitas lain yang menonjol yaitu mengerjakan LKS yaitu sebesar 10,9 % dan mengerjakan evaluasi sebesar 14,1 %. Aktivitas lain yang muncul yaitu adanya perilaku yang tidak relevan yaitu sebesar 1,4 %. Perilaku yang tidak relevan tersebut diharapkan berkurang frekuensinya pada putaran berikutnya dengan memperbaiki kegiatan belajar mengajar pada putaran selanjutnya. Aktivitas guru yang menonjol pada putaran II adalah mengamati kegiatan siswa yaitu sebesar 28,3 %, membimbing siswa melakukan kegiatan di LKS (11,3 %) dan membimbing siswa membuat kesimpulan (17 %). Jika dibandingkan dengan putaran I frekuensi bimbingan yang diberikan oleh guru lebih kecil pada putaran kedua, hal ini karena bimbingan yang diberikan lebih terarah sehingga siswa sudah dapat bekerja sendiri dan guru tidak lagi membimbing satu per satu. Aktivitas siswa yang menonjol adalah kegiatan mengerjakan LKS yaitu sebesar 18,2 %. Aktivitas lain yang menonjol yaitu mendengarkan pendapat siswa lain yaitu sebesar 12,1 %. Hasil pengamatan aktivitas guru pada putaran III yang menonjol adalah mengamati kegiatan siswa yaitu sebesar 21,83 % dan membimbing siswa melakukan kegiatan di LKS (12,67 %). Pada aktivitas tersebut guru mengecek hasil kerja masing-masing kelompok. Dan membimbing mereview hasil pembelajaran (16,37 %). Sedangkan untuk aktivitas siswa dapat dilihat pada dapat dinyatakan bahwa aktivitas siswa yang menonjol adalah aktivitas mendengarkan penjelasan guru sebesar 21,98 % sedangkan kegiatan mengerjakan LKS, menganalisis data dan mengemukakan pendapat memiliki frekuensi yang hampir sama. Pada putaran III tidak ditemukan perilaku yang tidak relevan oleh siswa. Suasana kelas selama pembelajaran berjalan baik jika dilihat dari antusias siswa serta guru. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi PhET untuk melatih keterampilan proses sains dapat berlangsung dengan baik.

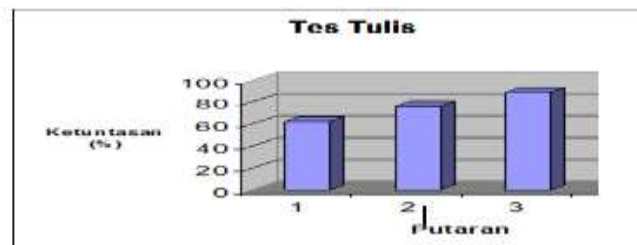
Hasil perhitungan skor pengamatan keterampilan proses sains pada putaran I, dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 15 siswa (46,88 %), siswa yang tidak tuntas berjumlah 17 siswa (53,13 %). Hasil tes keterampilan proses sains pada putaran I, dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 20 siswa (62,50 %), sedangkan yang tidak tuntas ada 12 siswa (37,50 %). Sehingga diperoleh rerata dari ketrampilan Proses sains yang dimiliki siswa adalah siswa yang tuntas 55,69%, siswa yang tidak tuntas 45,32%. Hasil perhitungan skor pengamatan keterampilan proses sains pada putaran II, terjadi peningkatan jumlah siswa yang tuntas, dari 32 siswa ada 25 siswa (78,13 %) yang tuntas, sedangkan yang tidak tuntas ada 7 siswa (21,87 %). Hasil tes keterampilan proses sains pada putaran II, dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 24 siswa (75,0 %), sedangkan yang tidak tuntas ada 8 siswa (25.0 %). sehingga diperoleh rerata dari ketrampilan Proses sains yang dimiliki siswa adalah siswa yang tuntas 76,57%, siswa yang tidak tuntas 23,43%. Hasil perhitungan skor pengamatan keterampilan proses sains pada putaran III, dari 32 siswa ada 28 siswa (87,5 %) yang tuntas, sedangkan yang tidak tuntas ada 4 siswa (12,5 %). Sedangkan dari hasil tes keterampilan proses sains pada putaran III, dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 29 siswa (90,6 %), sedangkan yang tidak tuntas ada 3 siswa (9,4 %). Jika dihitung

rata-rata ketuntasan keterampilan proses siswa dari hasil pengamatan dan tes tulis maka didapatkan 89.09 % siswa yang tuntas dan 10,95 % siswa yang tidak tuntas dari jumlah 32 siswa.

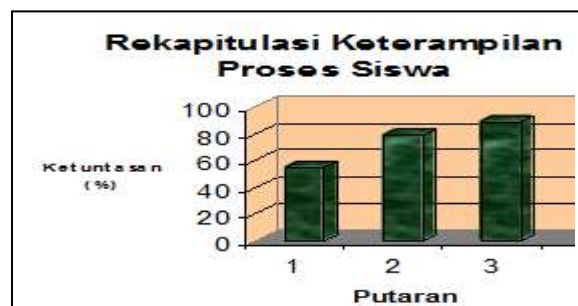
Grafik rekapitulasi ketrampilan proses siswa terdapat pada Gambar 1a, 1b, dan 1c.



Gambar 1a. Grafik Rekapitulasi Keterampilan Proses Siswa Hasil Pengamatan



Gambar 1b. Grafik Rekapitulasi Keterampilan Proses Siswa Hasil Tes Tulis



Grafik 1c. Grafik Rekapitulasi Nilai Rata-Rata Keterampilan Proses Siswa

Berdasarkan grafik dan data nilai rata-rata ketrampilan proses siswa , terjadi peningkatan keterampilan proses yang dimiliki siswa dari putaran I sampai dengan putaran III. Hal ini menunjukkan bahwa siswa sudah mampu berlatih keterampilan proses sains, peningkatan ketrampilan proses sains yang tinggi juga menjadi indikator bahwa siswa mengalami peningkatan dalam ketrampilan berpikir kritis.

Berdasarkan Tes Hasil Belajar yang diberikan pada siswa di akhir pembelajaran pada putaran 1, didapatkan dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 13 anak (40,63

%), sedangkan yang tidak tuntas ada 19 (49,37 %). Indikator yang belum tercapai dengan baik yaitu siswa belum dapat menentukan gaya yang memberikan tekanan, hal ini menunjukkan bahwa mereka kurang menguasai tentang pengukuran. Tes Hasil Belajar yang diberikan pada siswa di akhir pembelajaran di putaran II menunjukkan dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 23 anak (71,87 %), sedangkan yang tidak tuntas ada 9 anak (28,13 %). Terjadi peningkatan ketuntasan belajar yang cukup bagus, indikator penelitian hampir bisa dicapai, namun masih perlu perbaikan dan penyempurnaan pada putaran III. Pada putaran III Tes hasil belajar diberikan pada siswa di akhir pembelajaran, didapatkan dari 32 siswa yang dinyatakan tuntas ada 28 siswa (87,5%), sedangkan yang tidak tuntas ada 4 siswa (12,5 %). Terjadi peningkatan jumlah siswa yang tuntas. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa kriteria ketuntasan klasikal sudah mampu dicapai karena siswa sudah mampu menguasai materi yang diajarkan dengan baik. Hasil belajar siswa yang tinggi menunjukkan ada peningkatan kemampuan berpikir kritis yang tinggi pula. Berdasarkan data dan grafik hasil rekapitulasi tes hasil belajar siswa pada Gambar 2 dapat dinyatakan bahwa ketuntasan belajar siswa meningkat, hal ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis yang signifikan sejalan dengan peningkatan keterampilan proses yang dimiliki oleh siswa. Rekapitulasi Tes Hasil Belajar siswa terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Rekapitulasi Tes Hasil Belajar Siswa

Distribusi data respon siswa terhadap pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan simulasi multimedia PhET dengan penerapan keterampilan proses sains terdapat dalam Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa sebagian besar siswa memberikan penilaian yang baik terhadap pembelajaran dengan keterampilan proses sains, hal ini menunjukkan respon yang positif dari siswa. Dengan adanya respon positif siswa terhadap pembelajaran dengan keterampilan proses sains menunjukkan bahwa pembelajaran ini telah mampu memenuhi harapan Kurikulum 2013 yang menekankan agar pembelajaran IPA salah satunya bisa dilaksanakan dengan model *Discovery Learning*. Respon positif siswa terhadap simulasi multimedia PhET menunjukkan bahwa simulasi PhET dapat digunakan sebagai sarana belajar dan bermain yang menyenangkan siswa dan dapat efektif meningkatkan kemampuan



berpikir kritis, bekerja dan bersikap ilmiah serta mengkomunikasikannya sebagai aspek penting kecakapan hidup. Pembelajaran IPA yang dilaksanakan telah menekankan pada pemberian pengalaman belajar secara langsung melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah.

Beberapa penelitian lain yang mendukung diantaranya adalah Penelitian oleh Sari dkk (2013) menunjukkan bahwa Penggunaan LKS berbantuan PhET efektif untuk melatih Keterampilan Proses Siswa [11]. Penelitian oleh M Adurrahman (2014) menunjukkan bahwa Pembelajaran Problem Solving berbantuan PhET dapat meningkatkan penguasaan konsep Fisika dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa kelas X SMAN 8 Mataram [12]. Penelitian oleh Fitri (2015) menunjukkan bahwa pembelajaran tipe NHT menggunakan media simulasi PhET dapat meningkatkan hasil belajar siswa [7]. Penelitian oleh Nety (2016) menunjukkan bahwa pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan PhET pada materi Listrik Dinamis dapat meningkatkan Kemampuan berpikir Kritis siswa [8].

Tabel 1. Persentase Respon Siswa Terhadap PBM

No	Aspek yang dinilai	Kriteria Penilaian				
		Baik sekali	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
		%	%	%	%	%
1.	Bagaimanakah penilaianmu terhadap materi pelajaran dalam pembelajaran dengan menggunakan keterampilan proses sains?	54.05	32.43	13.51	-	-
2	Bagaimanakah penilaianmu terhadap media simulasi PhET yang digunakan dalam pembelajaran?	48.65	43.24	08.10	-	-
3	Bagaimanakah penilaianmu terhadap motivasi yang timbul dalam pembelajaran dengan menggunakan bantuan simulasi PhET?	43.24	45.96	10..81	-	-
4.	Bagaimanakah pelaksanaan kegiatan belajar mengajar (KBM) dalam pembelajaran dengan menggunakan bantuan simulasi PhET dengan menerapkan keterampilan proses sains?	27.03	54.05	18.92	-	-
5.	Bagaimana manfaat yang kamu peroleh dari proses belajar mengajar dengan keterampilan proses sains?	Sangat Bermanfaat	Ber-manfaat	Cukup Bermanfaat	Kurang Bermanfaat	Tidak Bermanfaat
		67.57	21.62	10.81	-	-
6.	Bagaimana perasaan kamu terhadap proses belajar mengajar dengan menggunakan bantuan simulasi PhET dan menerapkan keterampilan proses sains ?	Sangat Senang	Senang	Cukup Senang	Kurang Senang	Tidak Senang
		37.84	43.24	18.92	-	-
7.	Bagaimana pendapatmu tentang keterbacaan dan kejelasan tulisan dalam LKS?	Sangat Mudah dipahami	Mudah Dipahami	Cukup Mudah dipahami	Sulit Dipahami	Sangat Sulit Dipahami



4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pembelajaran Guided Discovery berbantuan simulasi PhET dengan penerapan keterampilan proses sains efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan rincian sebagai berikut : 1) Aktivitas guru yang dominan pada pembelajaran dengan menerapkan keterampilan proses pada tiap putaran adalah mengamati kegiatan siswa dan membimbing siswa melakukan kegiatan. Sedangkan aktivitas siswa yang mendominasi mengerjakan kegiatan dalam LKS, mempresentasikan hasil percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan keterampilan proses sains mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses belajar mengajar. 2) Hasil belajar yang meliputi tes tulis dan tes keterampilan proses sains siswa mengalami peningkatan untuk setiap putaran. peningkatan yang terjadi pada kemampuan keterampilan proses sains siswa yaitu pada putaran I sebesar 55,69%, putaran II sebesar 76,57%, putaran III sebesar 89,09 %. Untuk tes tulis (kemampuan berfikir kritis) mengalami peningkatan dari putaran I sebesar 48,63 %, putaran II sebesar 71,87%, dan putaran III sebesar 87,5 %, 3) Siswa merespon positif terhadap pembelajaran dengan menerapkan keterampilan proses sains. Keseluruhan komponen dalam kegiatan belajar mengajar dengan keterampilan proses sains mampu membuat siswa tertarik untuk mengikuti pembelajaran.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Bapak Dr. H. Suntari. M.Pd, selaku Kepala sekolah SMP Negeri 1 Tuban, yang telah memberikan support dan bimbingan dalam penulisan artikel, sekaligus sebagai validator perangkat yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih yang tak terhingga juga penulis sampaikan kepada keluarga, teman sejawat dan semua pihak yang telah membantu penyusunan artikel.

Daftar Rujukan

- [1] Azhar Arsyad. (2009). *Media pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- [2] Carin, A. A., Constant, T. L., dan Bass, J. E. (2009). *Methods for Teaching Science As Inquiry*. USA: Pearson.
- [3] Duron, R., dkk (2006). *Critical Thinking Framework for Any Discipline* International journal of Teaching and Learning in Higher Education Vol 17 : 160-166
- [4] Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. New Jersey: Prentice Hall.
- [5] Fatik, Zainul dan Madlazim (2012). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika dengan Lab Virtual PhET pada Materi Gelombang Elektromagnetik di SMAN 1 Kutorejo*. Surabaya: e-journal Unesa
- [6] Lai, E. L. 2011. *Critical Thinking: A Literature Review Research Report*. Pearson: <http://www.pearsonassessments.com/research>. Diakses 22 juni 2012



- [7] Lubis, FM. Nurdin Bukit. Mara Bangun Harahap (2015). Efek Pembelajaran Kooperatif Tipe NHT menggunakan Simulasi PhEt dan Aktivitas Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Tabularasa* Vol 12 No 1 , diakses melalui jurnal.unimed.ac.id
- [8] Nafriati, Nety. ZA Imam Supardi, Erman Erman (2016). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan PhET pada materi Listrik dinamis untuk meningkatkan kemampuan Berpikir Kritis Siswa*. Surabaya : Jurnal Penelitian Pendidikan sains Vol 6, No 1
- [9] Nur, Mohamad (Editor). 1998. *Proses Belajar Mengajar dengan Metode Pendekatan Keterampilan Proses*. Surabaya: SIC.
- [10] Purwanto, M. N. (2009). *Prinsip-prinsip dan Teknnik Evaluasi Pengajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- [11] Sari, D. P., Lutfi, A., & Qosyim, A. (2013). *Uji Coba Pembelajaran IPA Dengan LKS Sebagai Penunjang Media Virtual PhET Untuk Melatih Keterampilan Proses Pada Materi Hukum Archimedes*. *Jurnal Pendidikan e-Pensa*, 15-20.
- [12] Sunni, M. Abdurrahman (2014) Tesis : Pengaruh Pembelajaran Problem Solving Berbantuan PhET terhadap Penguasaan Konsep Fisika dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMAN 8 Mataram. Universitas Negeri Malang.



KAJIAN GERAK PARABOLA PADA TEKNIK *PASSING* PERMAINAN BOLA BASKET SEBAGAI SUMBER BELAJAR FISIKA DI SMA

Salvi Dwi Fani^{1,*}, Supeno¹, Trapsilo Prihandono¹

¹Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121, Indonesia

*Email: salvidwifani0803@gmail.com

Abstrak

Siswa seringkali mengalami kesulitan dalam memahami materi tentang kinematika gerak, penyebabnya adalah kurangnya contoh materi, contoh soal dan latihan soal yang melibatkan fenomena fisika dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu materi yang ada dalam kinematika gerak salah satunya adalah gerak parabola. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sumber belajar dengan materi gerak parabola pada permainan bola basket teknik *passing*. Pada saat pemain melakukan teknik *passing* pada permainan bola basket, dilakukan pengukuran besaran-besaran fisika pada materi gerak parabola dan dikaji gerak parabola yang terjadi pada teknik *passing* permainan bola basket. Data observasi yang diperoleh tersebut apabila diselesaikan dengan formulasi yang ada pada gerak parabola memiliki hasil nilai yang hampir sama. Sehingga data-data hasil kajian digunakan sebagai acuan dalam rancangan sumber belajar fisika, kemudian rancangan sumber belajar ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan LKS, modul pembelajaran, buku, dan sebagainya.

Kata Kunci: Gerak Parabola, Teknik *Passing*, Sumber Belajar

1. Pendahuluan

Kinematika adalah cabang ilmu mekanika yang mempelajari tentang gerak sebuah benda tanpa memperhitungkan penyebab gerak atau perubahan gerak [1]. Kinematika memungkinkan kita untuk menggambarkan gerak horizontal atau vertikal dalam garis lurus dan keduanya dapat digabungkan menjadi satu yang biasanya disebut dengan gerak dua dimensi. Salah satu contoh dari gerak dua dimensi adalah gerak parabola, di mana sebuah objek ditembakkan dengan kecepatan awal dan dipengaruhi oleh gravitasi. Koordinat awal objek yaitu x_0 dan y_0 . Kecepatan awalnya v_0 dan arah ϑ_0 arah horizontal [2].

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hasil analisis konsepsi siswa pada pokok bahasan kinematika dengan hasil miskonsepsi pada siswa SMA yaitu sebesar 50% dengan faktor penyebab siswa mengalami miskonsepsi tersebut adalah pengalaman dalam kehidupan sehari-hari [3]. Pembelajaran yang melibatkan pengalaman dalam kehidupan sehari-hari biasa disebut dengan pembelajaran kontekstual. Hasil peningkatan kualitas pembelajaran fisika dengan memanfaatkan sumber belajar berbasis *contextual teaching and learning* diperoleh hasil belajar dengan kategori baik [4]. Penyajian fenomena kontekstual berbantuan komputer



untuk meningkatkan hasil belajar konsep kalor pada siswa SMA, diperoleh hasil sebesar 25 % siswa mengalami peningkatan ketuntasan [5].

Sumber belajar berperan dalam upaya pemecahan masalah dalam belajar. Sumber-sumber belajar itu dapat diidentifikasi sebagai pesan, orang, bahan, alat, teknik, dan lingkungan. Sumber belajar sangat diperlukan dalam pembelajaran, namun ketersediaan sumber belajar di sekolah/lembaga pendidikan masih sangat terbatas [6]. Gerak parabola yang sering dijumpai dan dilihat oleh siswa adalah pada saat olahraga yaitu salah satunya olahraga basket. Olahraga basket ini sangat digemari oleh siswa, maka sering dilakukan oleh siswa di sekolah maupun di luar sekolah. Permainan bola basket adalah olahraga yang dilakukan oleh dua kelompok, setiap kelompok terdiri lima pemain [7]. Teknik dasar dalam permainan bola basket harus dikuasai pemain agar bisa bermain bola basket dengan baik. Teknik dasar dalam permainan bola basket salah satunya yaitu teknik melempar dan menangkap bola atau *passing*. Teknik melempar bola dapat dilakukan dengan cepat dan keras yang penting bola dapat dikuasai oleh teman yang akan menerimanya, pelemparan juga dapat dilakukan dengan pelan [8].

Teknik *passing* pada permainan bola basket memiliki lintasan yang berbentuk parabola. Lintasan yang berbentuk parabola ini dapat disebut dengan gerak parabola. Pada teknik *passing* permainan bola basket yang dapat dikaji yang berhubungan dengan materi gerak parabola adalah kecepatan awal, jarak maksimal, waktu jarak maksimal, tinggi maksimal, waktu tinggi maksimal, dan sudut elevansi

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji gerak parabola pada teknik *passing* permainan bola basket. Hasil kajian didapatkan dari pengamatan teknik *passing* pada permainan bola basket dengan mengkaji adanya besaran-besaran pada gerak parabola. Data dari kajian gerak parabola pada teknik *passing* permainan bola basket dijadikan acuan dalam desain rancangan sumber belajar yang kontekstual. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah kinematika pada gerak parabola mengabaikan hambatan udara, gaya dorong tangan pada bola (gaya awal), massa bola basket, bahan bola basket, jenis lantai.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis adalah penelitian *deskriptif*. Penelitian ini mendeskripsikan tentang suatu keadaan, suatu kondisi secara ilmiah. Alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk mendapatkan data-data yang kontekstual dalam mengkaji gerak parabola pada teknik *passing* permainan bola basket dan digunakan sebagai data dalam merancang sumber belajar. Alat dan bahan yang dibutuhkan sebagai berikut: kamera video, bola basket, *software kinovea* 0.8.15 (*software* untuk menganalisis gerakan), dan laptop.

Data yang diperoleh saat bermain bola basket dengan cara merekam menggunakan kamera video. Data yang diperoleh saat perekaman adalah kecepatan awal bola, sudut yang dibentuk pada lintasan parabola bola basket, ketinggian



maksimal, jarak maksimal yang ditempuh bola, waktu yang dibutuhkan bola saat ketinggian maksimal, waktu yang dibutuhkan bola saat jarak maksimal.

Data hasil observasi yang diperoleh di lapangan merupakan data mentah atau data kasar, sehingga perlu dianalisis dan diolah guna menjawab pertanyaan pada rumusan masalah. Pengolahan data pada penelitian ini bukan untuk menarik kesimpulan secara umum, namun perolehan data dalam penelitian digunakan untuk pendahuluan karena data yang diperoleh hanya mendeskripsikan atau menggambarkan tentang peristiwa kontekstual pada permainan bola basket. Data-data yang diperoleh digunakan untuk mengkaji kinematika gerak pada teknik *passing* permainan bola basket. Hasil dari kajian tersebut digunakan untuk merancang sumber belajar fisika kontekstual yang sesuai dengan pembelajaran di Sekolah Menengah Atas (SMA).

Desain rancangan sumber belajar dari penelitian ini terdiri dari: materi, contoh soal dan latihan soal. Materi, contoh soal maupun soal dibuat berdasarkan data yang diperoleh dan kontekstual. Materi yang akan ditampilkan pada sumber belajar ini mengenai materi kontekstual yang ada di sekitar siswa pada materi gerak parabola. Materi permainan bola basket ini akan disajikan dengan menghubungkan materi permainan bola basket tersebut dengan materi gerak parabola. Teknik permainan bola basket yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teknik *passing* yang akan di kaji dengan materi gerak parabola. Contoh soal dan latihan soal yang akan diberikan yaitu contoh soal yang kontekstual yang membahas tentang gerak parabola. Contoh soal dan latihan soal yang akan ditampilkan yaitu contoh soal gerak parabola pada teknik *passing* permainan bola basket. Contoh soal dan latihan soal ini berupa soal-soal esai.

3. Hasil dan Pembahasan

Permainan bola basket dengan teknik *passing* ini didokumentasikan dengan menggunakan kamera cannon EOS M10. Dokumentasi permainan bola basket dengan teknik passing selanjutnya di analisis dengan menggunakan program kinovea 0.8.15. Data yang diperoleh dari program kinovea yaitu: ketinggian awal bola, ketinggian akhir bola, kecepatan awal, jarak maksimal, waktu jarak maksimal, tinggi maksimal, waktu tinggi maksimal, dan sudut elevansi.

Data observasi yang diperoleh tersebut apabila diselesaikan dengan formulasi yang ada pada gerak parabola hampir sama. Data yang hampir sama dengan formulasi adalah kecepatan awal, jarak maksimal, waktu jarak maksimal, tinggi maksimal, waktu tinggi maksimal, dan sudut elevansi. Oleh karena itu data hasil observasi dapat dijadikan sebuah sumber belajar dalam proses pembelajaran.

Data-data yang telah diperoleh akan dijadikan acuan dalam mendesain rancangan sumber belajar. Desain rancangan sumber belajar berisikan tentang materi, contoh soal, dan latihan soal yang kontekstual. Desain rancangan sumber belajar kontekstual berupa materi penelitian, contoh soal, dan latihan soal.

Tabel 1. Data observasi gerak parabola pada teknik *passing* permainan bola basket

Ketinggian awal bola (meter)	Ketinggian akhir bola (meter)	Kecepatan awal (meter/sekon)	Jarak maksimal (m meter)	Waktu jarak maksimal (sekon)	Tinggi maksimal (meter)	Waktu tinggi maksimal (sekon)	Sudut elevansi
2,12	1,68	6,42	4,38	0,79	2,56	0,33	30 ⁰
2,14	1,84	10,20	6,02	0,85	2,85	0,36	27 ⁰
1,99	1,92	5,17	4,49	0,89	2,84	0,42	35 ⁰
2,22	1,65	7,92	6,01	1,05	3,38	0,49	37 ⁰
1,25	1,29	9,95	3,92	0,49	1,52	0,23	15 ⁰
1,55	1,30	6,69	3,47	0,46	1,73	0,19	16 ⁰
1,64	1,36	5,70	5,51	0,69	2,09	0,33	20 ⁰
2,05	2,46	9,44	3,19	0,56	2,59	0,39	37 ⁰

Desain rancangan sumber belajar untuk materi pembelajaran berisikan tentang materi teknik *passing* pada permainan bola basket yang dihubungkan dengan materi gerak parabola. Materi gerak parabola saat teknik *passing* pada permainan bola basket yang ditampilkan adalah rumus mencari ketinggian maksimal, rumus mencari jarak terjauh, rumus mencari jarak, rumus mencari ketinggian, dan lain sebagainya. Selain ditampilkan rumus-rumus juga ditampilkan gambar dari teknik *passing* pada permainan bola basket. Gambar yang ditampilkan juga diberikan besaran-besaran fisika tentang materi gerak parabola.

Desain rancangan sumber belajar untuk contoh soal berisikan contoh soal dan solusinya. Contoh soal merupakan soal esai. Contoh soal dibuat dengan menggunakan data dari hasil observasi lapangan. Solusi dari contoh soal dengan menguraikan jawaban. Menguraikan jawaban pada solusi pada contoh soal dapat menggunakan rumus-rumus pada gerak parabola.

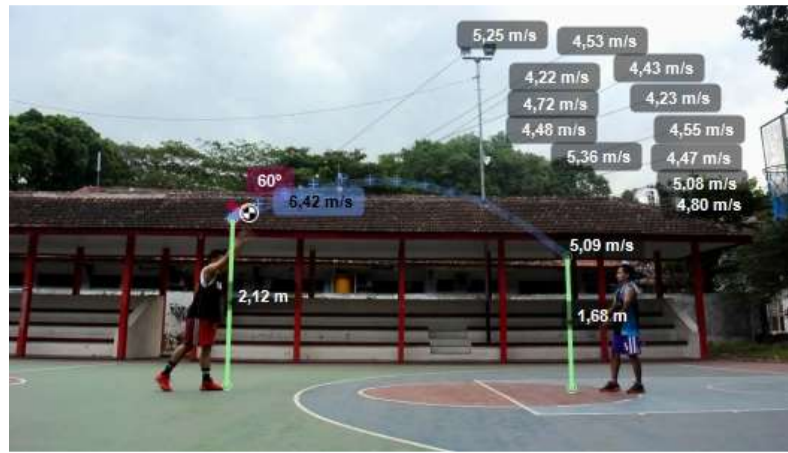
Desain rancangan sumber belajar untuk latihan soal berisikan latihan soal yang kontekstual. Latihan soal yang ditampilkan merupakan soal esai. Data-data yang diperoleh lapangan dijadikan acuan dalam pembuatan latihan soal. Latihan soal menggunakan besaran-besaran fisika yang terdapat pada materi gerak parabola.

Contoh desain materi pembelajaran

Melempar atau menangkap bola merupakan salah satu teknik dasar dalam bermain bola basket. Melempar dan menangkap bola ada beberapa teknik, namun yang akan ditinjau pada materi ini adalah teknik melempar dan menangkap bola dengan teknik bola setinggi di atas kepala. Bola basket yang akan dilemparkan dipegang dengan kedua tangan di atas kepala dan pemain yang akan menangkap bola juga sama kedua tangan di atas kepala untuk menunggu lemparan bola dari pemain yang akan melemparkan bola tersebut.

Gambar 1. menunjukkan adanya sebuah lintasan parabola, dimana biasanya disebut dengan gerak parabola. Gerak parabola dapat kita tentukan ketinggian maksimalnya dengan menggunakan rumus:

$$y_{maks} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g}$$



Gambar 1. Passing bola basket

Selain dapat menentukan ketinggian dapat ditentukan juga jarak maksimal bola tersebut melakukan gerak parabola namun, ketinggian saat melempar dan menangkap bola harus sama, maka dapat dirumuskan:

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$$

Selain itu dari **Gambar 1.** tersebut dapat diketahui kecepatan yang dialami bola basket pada sumbu x maupun pada sumbu y, yaitu dengan rumus:

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad (\text{sumbu } x)$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \theta_0 - gt \quad (\text{sumbu } y)$$

Contoh desain contoh soal

Pak Rudi dan Dimas sedang melakukan latihan *passing* untuk permainan bola basket. Mereka melakukan *passing* di atas kepala. Pak Rudi melempar bola basket dengan ketinggian di atas kepala sebesar 2,12 m, kecepatan awal sebesar 6,42 m/s dan dengan sudut elevansi sebesar 30° . Tinggi Dimas untuk menangkap bola basket sebesar 1,66 m. Berapa jarak yang ditempuh bola basket saat sampai di atas kepala Dimas? ($g=9,8 \text{ m/s}^2$)

Solusi:

Diketahui:

$$h_R = 2,12 \text{ m}$$

$$h_D = 1,66 \text{ m}$$

$$v_0 = 6,42 \text{ m/s}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Ditanya : x_{maks}

Jawab:

Selisih tinggi Dimas dan Pak Rudi

$$y = h_D - h_R$$

$$y = 2,12 \text{ m} - 1,66 \text{ m}$$

$$y = -0,46 \text{ m}$$

Waktu yang dibutuhkan oleh bola basket untuk mencapai atas kepala Dimas

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$-0,46 \text{ m} = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} 9,8 \text{ m/s}^2 t^2$$

$$-0,46 \text{ m} = 6,42 \text{ m/s} \sin 30^\circ t - \frac{1}{2} 9,8 \text{ m/s}^2 t^2$$

$$-0,46 \text{ m} = 3,21 \frac{\text{m}}{\text{s}} t - \frac{1}{2} 9,8 \text{ m/s}^2 t^2$$

Jadikan dalam bentuk $ax^2 + bx + c = 0$

$$4,9 \text{ m/s}^2 t^2 - 3,21 \text{ m/s} t - 0,46 \text{ m} = 0$$

Untuk mencari nilai t gunakan rumus abc

$$t = \frac{-b \pm \sqrt{(b)^2 - 4(a)(c)}}{2a}$$

$$t = \frac{-(-3,21 \text{ m/s}) \pm \sqrt{(-3,21 \text{ m/s})^2 - 4(4,9 \text{ m/s}^2)(-0,46 \text{ m})}}{2(4,9 \text{ m/s}^2)}$$

$$t = \frac{(3,21 \text{ m/s}) \pm \sqrt{(10,30 \text{ m/s}) - (-9,02 \text{ m}^2/\text{s}^2)}}{(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$t = \frac{(3,21 \text{ m/s}) \pm (4,40 \text{ m/s})}{(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$t = \frac{(3,21 \text{ m/s}) + (4,40 \text{ m/s})}{(9,8 \text{ m/s}^2)} \text{ atau } t = \frac{(3,21 \text{ m/s}) - (4,40 \text{ m/s})}{(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$t = 0,78 \text{ s} \quad \text{atau} \quad t = -0,12 \text{ s}$$

jarak yang ditempuh bola basket agar sampai di atas kepala Dimas adalah (t yang digunakan adalah $t = 0,78 \text{ s}$)

$$x = v_{0x}t$$

$$x = v_0 \cos \theta_0 t$$

$$x = 6,42 \text{ m/s} \cos 30^\circ 0,78 \text{ s}$$

$$x = 4,37 \text{ m}$$

Contoh desain latihan soal

Yoga dan Fahmi sedang melakukan permainan yang mereka gemari yaitu permainan bola basket, dengan melakukan *passing* diatas kepala. Yoga melemparkan bola basket dengan kecepatan 9,44 m/s pada sudut elevasi 37° dan dengan ketinggian awal bola basket sebesar 2,05 m di atas permukaan tanah. Tiba-tiba Rahman datang ditengah tengah Yoga dan Fahmi untuk menghadang bola agar tidak dapat ditangkap oleh Fahmi, tinggi Rahman bisa mencapai ketinggian 2,46 m dengan berloncat dan jarak Rahman dan Yoga sebesar 3,19 m. Apakah bola dapat sampai diatas kepala Fahmi atau bola dapat di hadang oleh Rahman? Berikan alasan dan buktikan!

Konsep-konsep fisika yang melibatkan fenomena-fenomena sekitar diharapkan mampu membantu siswa dalam memahami materi pembelajaran dengan mudah. Guru dapat mengajarkan materi dengan menggunakan pembelajaran kontekstual



atau sumber belajar kontekstual agar siswa dapat memahami materi. Sehingga guru maupun peneliti yang lain dapat memanfaatkan desain rancangan sumber belajar kontekstual materi gerak parabola teknik *passing* permainan bola basket sebagai referensi dalam menampilkan fenomena kontekstual yang berada disekitar siswa dan sebagai acuan dalam pembuatan modul pembelajaran maupun LKS untuk materi gerak parabola. Modul dapat berisikan materi pembelajaran dan latihan soal. Sedangkan LKS dapat berisikan percobaan dengan menggunakan alat dan bahan yang nyata. Pembelajaran yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang nyata diharapkan dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami materi, terampil menggunakan alat, mengamati fenomena atau gejala alam, mencatat data hasil pengamatan, menyimpulkan, melakukan tindak lanjut serta menerapkan materi yang dipelajari [9]. Jadi, desain rancangan sumber belajar kontekstual materi gerak parabola teknik *passing* permainan bola basket dapat dijadikan referensi guru dalam memudahkan siswa dalam memahami materi.

4. Kesimpulan

Data teknik *passing* permainan bola basket dari lapangan dianalisis dengan menggunakan *software* kinovea. Setelah data dianalisis data akan dikaji dengan mengkaji besaran fisika apa saja yang terdapat pada data teknik *passing* permainan bola basket. Besaran fisika khususnya materi gerak parabola yang dapat kita kaji yaitu: kecepatan awal bola, sudut yang dibentuk pada lintasan parabola bola basket, ketinggian maksimal, jarak maksimal yang ditempuh bola, waktu yang dibutuhkan bola saat ketinggian maksimal, dan waktu yang dibutuhkan bola saat jarak maksimal. Desain rancangan sumber belajar dibuat berdasarkan kajian data lapangan. Desain rancangan sumber belajar yang sudah dibuat bisa dijadikan acuan dalam pembuatan sebuah buku, modul, LKS, dan lain sebagainya.

Daftar Rujukan

- [1] Y. Surya (2009), *Mekanika Dan Fluida 1*, Tangerang, PT. Kandel.
- [2] D. Halliday (2014), *Fundamentals of Physics*, 10th edition, USA, USA.
- [3] A. Pujiyanto (2013), Analisis Konsepsi Siswa Pada Konsep Kinematika Gerak Lurus, *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako* **1**, 16-21.
- [4] B. Nurdin (2013), Pemanfaatan Sumber Belajar Berbasis Contextual Teaching And Learning Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Pembelajaran Fisika Umum I. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* **9**, 18-27.
- [5] Habibi (2013), Penyajian Fenomena Kontekstual Berbantuan Komputer Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Konsep Kalor Pada Siswa Kelas Xb SMA Negeri 1 Marawola. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako (JPFT)* **1**, 11-15.
- [6] R. Abdullah (2012), Pembelajaran Berbasis Pemanfaatan Sumber Belajar. *Jurnal Ilmiah DIDAKTIKA* **8**, 216-231.
- [7] D. Fatchiyaturrofi'ah (2012), *Dr.Olahraga Mengajari Teknik Bermain Basket*, Jakarta, PT Balai Pustaka (Persero).



- [8] Muhajir (2004), *Teori dan Praktik 1*, Jakarta, Erlangga.
- [9] Supeno, M. Nur, dan E. Susantini (2015), Pengembangan Lembar Kerja Siswa Untuk Memfasilitasi Siswa Dalam Belajar Fisika dan Berargumen Ilmiah, *Seminar Fisika dan Pembelajarannya 2015*, ISBN 978-602-71279-1-9.



PROFIL KEMAMPUAN MAHASISWA PESERTA KAJIAN PRAKTIK LAPANGAN DALAM MENGEMBANGKAN RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN FISIKA DI SEKOLAH MENENGAH ATAS KOTA MALANG

Ayudani Imania Fatimah^{1,*}

¹Fisika, MIPA, Universitas Negeri Malang, Perum Sekar Indah II Blok Q-24 , Pasuruan, 67128, Indonesia

***Email:** ayudaniimaniaf@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kemampuan mahasiswa Fisika peserta Kajian Praktik Lapangan (KPL) dalam mengembangkan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang ditinjau dari dua aspek, yaitu kemampuan prosedural mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP dan kualitas RPP yang dikembangkan mahasiswa Fisika peserta KPL. Desain penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif. Subjek penelitian adalah 35 mahasiswa Fisika peserta KPL Universitas Negeri Malang di. Instrumen penelitian yang digunakan adalah angket kemampuan mengembangkan RPP secara prosedural, instrumen penilaian produk RPP, dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP sebesar 77,3% dengan kategori cukup. Kemampuan prosedural mahasiswa fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP mencapai 79,6% dengan kategori cukup. Sebagian besar mahasiswa mampu mengembangkan RPP secara prosedural, yakni mengkaji kurikulum, mengembangkan indikator hasil belajar, mengembangkan tujuan pembelajaran, mengembangkan materi pembelajaran, mengembangkan media dan sumber belajar, mengembangkan kegiatan pembelajaran, mengembangkan instrumen penilaian, keterlaksanaan RPP dan refleksi pembelajaran dengan baik. Namun mahasiswa masih belum mampu mengembangkan metode pembelajaran dengan baik. Kualitas RPP mahasiswa Fisika peserta KPL yaitu 73,6% dengan kualifikasi cukup. Kualitas kelengkapan identitas dan kompetensi, indikator hasil belajar, tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, metode pembelajaran, media dan sumber belajar, dan instrumen penilaian sudah cukup baik, Namun kualitas tujuan pembelajaran masih perlu tingkatkan.

Kata Kunci: Kemampuan mengembangkan RPP, mahasiswa fisika, KPL

1. Pendahuluan

Tingginya kualitas guru tidak bisa terlepas dari peran dan tanggung jawab dari Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) (Azhar, 2011). Peranan LPTK dalam mencetak guru yang profesional semakin dituntut dengan adanya kebijakan pemerintah mengenai sertifikasi guru. Guru diwajibkan memiliki kualifikasi akademik, kompetensi, sertifikat pendidik, sehat jasmani dan rohani, serta memiliki kemampuan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional seperti diamanatkan dalam UU No.14 tentang Guru dan Dosen. Oleh karena itu, LPTK harus terus melakukan pembenahan



secara berkesinambungan demi terciptanya guru yang berkompeten dan mampu mengisi pendidikan di era globalisasi ini.

Kompetensi sebagai agen pembelajaran meliputi kompetensi pedagogik, kompetensi kepribadian, kompetensi sosial, dan kompetensi profesional. Kompetensi pedagogik berkaitan dengan kemampuan guru dalam memahami peserta didik, membuat rencana pembelajaran, melaksanakan pembelajaran, mengevaluasi pembelajaran, dan mengembangkan peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya (Yasin, 2011). Kompetensi kepribadian ditunjukkan oleh kepribadian seorang guru yang mantap, stabil, dewasa, arif, dan berwibawa serta menjadi teladan yang baik bagi peserta didik dan berakhlak mulia. Kompetensi Sosial diartikan sebagai kemampuan guru dalam berkomunikasi dan bergaul dengan masyarakat (Yasin, 2011). Kompetensi profesional diartikan sebagai kemampuan penguasaan materi secara luas dan mendalam (Yasin, 2011).

Guru dikatakan profesional apabila telah memiliki keempat kompetensi tersebut. Tentunya keprofesionalan seorang guru tidak serta merta muncul dengan sendirinya. Sebab, kompetensi guru merupakan sesuatu yang utuh sehingga proses pembentukannya tidak bisa dilakukan secara instan. Pendidikan yang relevan diperlukan untuk menyiapkan guru yang profesional. Salah satunya yaitu peran serta Lembaga Pendidik Tenaga Kependidikan (LPTK).

Peran LPTK dalam menghasilkan guru profesional tercermin dalam kurikulum yang ditetapkan dan proses pembelajaran yang berlangsung yang berlangsung. Salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa adalah KPL. Mahasiswa calon guru fisika diwajibkan untuk mengikuti program KPL untuk menyatukan teori dan keterampilan dasar yang didapat di perkuliahan. KPL kependidikan bertujuan untuk mengembangkan kompetensi mahasiswa dalam melaksanakan pembelajaran secara nyata dan utuh dalam kerangka *lesson study*. Kegiatan tersebut akan berlangsung dengan baik apabila mahasiswa calon guru mampu merancang rencana pembelajaran, salah satunya Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).

Pada hakikatnya penyusunan RPP bertujuan untuk merancang pengalaman belajar siswa agar mencapai tujuan pembelajaran. Menurut Mulyana (2012) alasan pentingnya membuat RPP yaitu dapat menolong guru untuk memikirkan pelajaran sebelum pelajaran itu diajarkan, sehingga kesulitan belajar dapat diramalkan dan jalan keluarnya dapat dicari. Namun kenyataannya penyusunan RPP yang dilakukan calon guru belum memenuhi kriteria. Hal tersebut ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Trisnawati (2011) yang mengarah pada satu hal yaitu mahasiswa KPL belum dapat memenuhi beberapa komponen pada silabus dan RPP. Selain itu mahasiswa KPL juga mengalami kesulitan dalam merencanakan pembelajaran, hal ini ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan Negoro (2009) yang menyatakan bahwa 53,3% mahasiswa KPL kesulitan dalam merencanakan pembelajaran, sebanyak 66,67% mahasiswa KPL mengalami kesulitan dalam melaksanakan pembelajaran.



Evaluasi RPP juga dilakukan Yuliati (2012) menunjukkan bahwa hasil belajar mahasiswa pada matakuliah Strategi Pembelajaran Fisika tahun akademik 2009/2010 menunjukkan bahwa tidak semua mahasiswa calon guru fisika belum mampu membuat rencana pembelajaran dalam bentuk skenario pembelajaran secara optimal. Tingkat keberhasilan kemampuan merancang pembelajaran mahasiswa belum mencapai optimal karena belum mencapai standar indikator keberhasilan yang telah ditetapkan sebesar 80%. Padahal, pembelajaran yang baik didasarkan pada rencana yang baik pula Hamalik (2004: 105). Kenyataan tersebut menunjukkan bahwa masih banyak calon guru belum menguasai dengan baik dalam hal mengembangkan RPP.

Survei yang dilakukan oleh *American Institute of Physics* menyatakan bahwa metode pembelajaran yang digunakan oleh hampir semua guru fisika di SMA adalah ceramah dan pemecahan masalah secara kuantitatif. Hal ini menunjukkan bahwa guru masih belum menerapkan *active learning* seperti yang dianjurkan dalam standar proses. McDermott (2000) mengemukakan bahwa, kemampuan melaksanakan pembelajaran calon guru cenderung sama dengan pembelajaran yang pernah dialaminya. Oleh karenanya, agar guru dapat merancang pembelajaran aktif untuk siswanya, pembelajaran yang diberikan calon guru harus dirancang secara aktif pula.

Pembelajaran aktif bagi calon guru dapat meningkatkan kemampuan guru dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran (Yuliati, 2012). Pembelajaran aktif dalam pembelajaran fisika dasar juga mendapatkan respon yang positif dari mahasiswa calon guru untuk meningkatkan kemampuan membangun konsep dan menerapkan konsep fisika dasar (Kaniawati & Hinduan, 2009). Kemampuan calon guru dalam melaksanakan pembelajaran juga dapat ditingkatkan melalui latihan. Hal ini didukung oleh penelitian (Paidi, Sukarna, dan Wilujeng, 2007) yang menunjukkan bahwa kemampuan calon guru MIPA dalam mengembangkan kerja ilmiah meningkat seiring dengan banyaknya latihan melalui pengajaran mikro. Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan kemampuan mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP secara prosedural dan mendeskripsikan kualitas RPP mahasiswa Fisika peserta KPL.

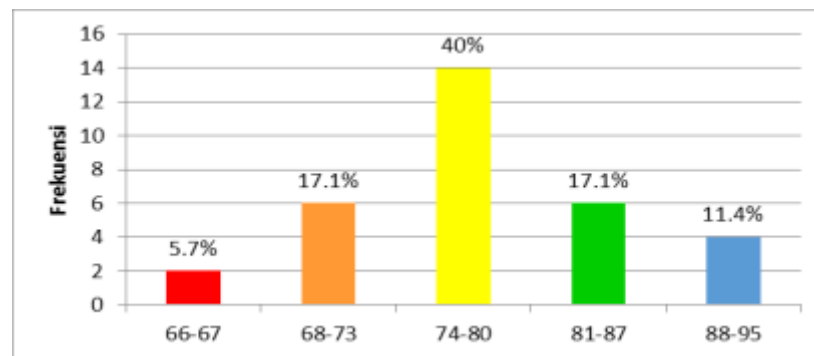
2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kualitatif. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif. Subyek penelitian ini adalah 35 mahasiswa Fisika peserta KPL semester ganjil angkatan 2013 yang tersebar di SMA 2, SMA 6, SMA 7, MAN 3, MAN, SMA LaboratoriumUM, SMA Brawijaya *Smart School* (BSS). Instrumen yang digunakan adalah angket, instrumen penilaian produk RPP yang dilakukan oleh tim ahli, dan wawancara. Data yang diperoleh berupa angka yang diambil dari penilaian angket, penilaian produk RPP, dan wawancara. Selanjutnya dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dan dinarasikan sesuai dengan masalah penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Kemampuan Mahasiswa Fisika Peserta KPL dalam Mengembangkan RPP

Kemampuan mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP ditinjau dari dua aspek, yaitu kemampuan prosedural mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP dan kualitas RPP yang dikembangkan mahasiswa Fisika peserta KPL. Hasil analisis angket yang telah diberi skordan penilaian kualitas produk RPP, dapat disusun distribusi nilai kemampuan mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi Kemampuan Mahasiswa Fisika Peserta KPL dalam Mengembangkan RPP

Keterangan :

■ Sangat Baik	■ Kurang Baik
■ Baik	■ Sangat Kurang Baik
■ Cukup	

Kemampuan Prosedural Mahasiswa Fisika Peserta KPL dalam Mengembangkan RPP

Kemampuan prosedural mahasiswa Fisika dalam mengembangkan RPP diukur melalui angket yang disebarakan kepada mahasiswa yang menjadi sampel penelitian. Angket penelitian terdiri dari sebelas aspek seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Kemampuan mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP sebesar 77,3. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam mengembangkan RPP masih belum optimal karena belum mencapai kategori baik. Padahal pelatihan dalam mengembangkan RPP telah dilatihkan kepada mahasiswa sejak awal melalui matakuliah yang disajikan dalam perkuliahan. Dengan demikian, kemampuan mahasiswa dalam mengembangkan RPP masih perlu ditingkatkan lagi.

**Tabel 1.** Kemampuan Mahasiswa Fisika Peserta KPL dalam Mengembangkan RPP secara Prosedural

Aspek	Nilai (%)	Kategori
• Mengkaji kurikulum	74,9	Kurang baik
• Mengembangkan indikator	72,1	Kurang baik
• Mengembangkan tujuan pembelajaran	70,7	Kurang baik
• Mengembangkan materi pembelajaran	81,6	Baik
• Mengembangkan metode pembelajaran	62,9	Sangat kurang baik
• Mengembangkan media dan sumber belajar	85,7	Baik
• Mengembangkan kegiatan pembelajaran	87,7	Baik
• Mengembangkan instrument penilaian	86,6	Baik
• Mengembangkan alokasi waktu	84,3	Baik
• Keterlaksanaan RPP	100	Sangat baik
• Refleksi	77,1	cukup
Rata-rata	80,1	cukup

Kualitas RPP Mahasiswa Fisika Peserta KPL

Kualitas RPP mahasiswa fisika peserta KPL diukur melalui instrumen penilaian produk yang dilakukan oleh tim ahli. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas RPP Mahasiswa Fisika Peserta KPL

Aspek	Nilai (%)	Kategori
• Kelengkapan identitas dan KD	85,7	baik
• Kualitas indikator pembelajaran	65,0	Kurang baik
• Kualitas tujuan pembelajaran	32,2	Sangat Kurang baik
• Kualitas materi pembelajaran	71,4	Cukup
• Kualitas metode pembelajaran	71,4	Cukup
• Kualitas media dan sumber belajar	84,2	Baik
• Kualitas kegiatan pembelajaran	78,9	Cukup
• Kualitas instrument penilaian	91,4	Baik
Rata-rata	73,6	cukup

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa mampu mengembangkan RPP secara prosedural dengan nilai 79,6%. Berkaita dengan Prosedur pengembangan RPP Prastowo (2014: 79) mengatakan bahwa prosedur mengembangkan RPP dimulai dengan mengkaji kurikulum dan menetapkan kompetensi dasar (KD), merumuskan indikator pembelajaran, merumuskan tujuan pembelajaran, menyusun materi pembelajaran, menentukan metode pembelajaran, menentukan media dan sumber belajar, menyusun skenario kegiatan pembelajaran, menyusun instrumen penilaian, dan menentukan alokasi waktu. Kemampuan mahasiswa dalam mengembangkan metode pembelajarannya masih kurang baik. Padahal Pelatihan dalam menyusun RPP telah dilatihkan kepada mahasiswa sejak awal melalui matakuliah yang disajikan dalam perkuliahan. Salah satu matakuliah yang diberikan adalah Matakuliah Keahlian Berkarya (MKB). Dengan demikian,



kemampuan mahasiswa dalam mengembangkan RPP secara prosedural masih perlu ditingkatkan lagi.

Pada saat pelaksanaan KPL di sekolah, solusi yang biasanya digunakan mahasiswa KPL untuk mengatasi kesulitan dalam mengkaji kurikulum, mengembangkan indikator pembelajaran, mengembangkan tujuan pembelajaran, dan mengembangkan metode pembelajaran yaitu berkonsultasi dengan guru pamong atau berdiskusi dengan sesama mahasiswa KPL lainnya. Guru pamong akan memberikan saran-saran kepada mahasiswa KPL.

4. Kesimpulan

Kemampuan mahasiswa Fisika peserta KPL dalam mengembangkan RPP yaitu 77,3 dengan kualifikasi cukup. Pada aspek mengembangkan RPP secara prosedural, sebagian besar mahasiswa KPL fisika mampu mengembangkan RPP secara prosedural dengan kualifikasi cukup yaitu 79,6. Namun mahasiswa belum mampu metode pembelajaran sesuai dengan prosedur pengembangan. Kualitas produk RPP yang dikembangkan mahasiswa kualifikasinya cukup dengan nilai 73,6. Namun kualitas tujuan pembelajaran masih sangat rendah. Dengan demikian, Kemampuan mahasiswa Fisika dalam mengembangkan RPP masih perlu ditingkatkan lagi.

Ucapan Terima Kasih

ucapan terima kasih kepada: 1. Bapak Sugiyanto, S.Pd. M.Si., sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Sulur, S.Pd. M.Si. M.T.D, sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini. 2. Bapak M.Ghozali dan Ibu Harlis Setya Ningsih selaku orang tua yang telah memberikan doa dan dukungan selama proses skripsi. 3. Semua pihak yang ikut membantu menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari, bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak.

Daftar Rujukan

- [1] Azhar. 2011. *Paradigma Meningkatkan Mutu Pendidikan Pada LPTK. Jurnal Tabularasa PPS UNIMED*, (Online)8(1), (<http://digilib.unimed.ac.id>), diakses 07 September 2016
- [2] Mulyana, A. 2012. *Inovasi Pendidikan diawali dari Inovasi Pengembangan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)*. (online) (<http://ainamulyana.blogspot.com/2012/02/inovasi-pendidikan-dapat-diawali-dari.html>), diakses 14 Maret 2017.
- [3] Trisnawati, YuniPutri. 2011. *Evauasi Praktik Pengalaman Lapangan Keguruan Mahasiswa Program Studi Pendidikan Akuntansi Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Malang Pada Tahun Pelajaran 2010/2011*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: UM.
- [4] Negoro, Inggit Tresno. 2009. *Problematika yang dihadapi Mahasiswa PPkn dalam Melaksanakan Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) Di SMP se-Kota*



- Malang Semester Genap Tahun 2008/2009. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: UM Peraturan Pemerintah No. 19. Standar Nasional Pendidikan Pasal 20 tahun 2005), (<http://pendidikan-diy.go.id/file/.../permen7809.pdf>), diakses 05 Oktober 2016
- [5] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. 2005. (Online), (<http://pendidikan-diy.go.id/file/.../permen7809.pdf>), diakses 05 Oktober 2016
- [6] Yasin, Ahmad Fatah. 2011. Pengembangan Kompetensi Pedagogik Guru Pendidikan Agama Islam di Madrasah (Studi Kasus di MIN Malang 1). Jurnal Al-Qudwah, (Online), 1(5), (<http://digilib.uin-suka.ac>), diakses 05 Oktober 2016.
- [7] Yulianti, Lia. 2012. *Pembelajaran Aktif untuk Menumbuhkembangkan Kompetensi Calon Guru Fisika*. Makalah diseminarkan dalam Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 2 Juni 2012. (Online), (<http://seminar.uny.ac.id>), diakses 05 Oktober 2016
- [8] Paidi, Sukarna, I Made, dan Wilujeng, Insih. 2007. *Peningkatan Kemampuan Calon Guru IPA Mengembangkan Kerja Ilmiah (Scientific Process) dalam pengajaran makro Menuju Terbentuknya Guru Pemula Bidang IPA yang Kompeten*. Makalah diseminarkan dalam Prosiding Seminar Nasional UNY, (Online), (<http://staf.uny.ac.id>), diakses 19 Mei 2017



PENGEMBANGAN MEDIA MOBILE LEARNING UNTUK MEMUDAHKAN SISWA MEMPELAJARI MATERI GERAK PARABOLA

Aras Hanif Afiat^{1,*}, Endang Purwaningsih¹, Winarto¹

¹Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Kota Malang, 65145, Indonesia

*Email: Arashanif07@gmail.com

Abstrak

Pendidikan di Indonesia menerapkan kurikulum 2013 revisi. Kurikulum 2013 revisi menekankan pada pembelajaran dengan pendekatan saintifik. Di sisi lain, era teknologi saat ini telah berkembang dengan pesat. Salah satu fenomena yang terjadi dalam masyarakat adalah penggunaan *smartphone*. Berdasarkan survei, penggunaan *smartphone* lebih banyak digunakan sebagai media permainan dan media hiburan. Penelitian dan pengembangan dimaksudkan untuk menciptakan produk pembelajaran dengan ekstensi (.swf) dan ekstensi (.apk). Topik bahasan yang digagas adalah materi gerak parabola. Produk disusun secara rinci dari konsep konkret menuju abstrak. Penelitian dan pengembangan disusun dengan menggunakan metode Alessi dan Trolley. Diambil tiga langkah penelitian, yaitu: studi pendahuluan, pengembangan produk dan uji coba produk. Jenis data yang diambil adalah kuantitatif dan kualitatif. Berdasarkan data yang dianalisis, persentase kelayakan materi sebesar 92,9%, sedangkan persentase kelayakan media sebesar 88,42%, sehingga media dinyatakan layak.

Kata Kunci: *Media mobile learning*, Fisika, Gerak Parabola

1. Pendahuluan

Pendidikan di Indonesia menerapkan kurikulum 2013. Kurikulum 2013 didesain dengan pembelajaran yang menerapkan pendekatan saintifik, di mana proses pembelajaran dipusatkan pada siswa. Chen (2015) Mengemukakan *Student centered* dapat meningkatkan keaktifan siswa, mengembangkan kemampuan untuk mengumpulkan informasi, dan menguatkan daya ingat siswa[1]. Pembelajaran yang awalnya berlangsung satu arah, diubah menjadi pembelajaran yang interaktif.

Penerapan kurikulum 2013 dipelopori atas rasional pengembangan kurikulum yang didasarkan oleh faktor internal dan faktor eksternal. Dorongan faktor internal dikaitkan dengan kondisi pendidikan Indonesia yang mengacu atas delapan standar Nasional Indonesia serta perkembangan penduduk Indonesia yang ditinjau atas dasar usia produktif. Faktor eksternal didorong atas peningkatan arus globalisasi dan perkembangan teknologi. Salah satu fenomena besar yang disebabkan oleh perkembangan teknologi adalah penggunaan komputer dan android *smartphone*. Penggunaan android *smartphone* tidak hanya tren di kalangan remaja, tetapi juga di kalangan masyarakat dewasa dan anak-anak. Sebagaimana yang diterangkan oleh Babita & Yangmo (2010) "*It is estimated that the mobile phone currently used by 50*



percent of word population and is expected to grow to 80 percent in 2013”[2]. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa hingga saat ini populasi penggunaan *smartphone* semakin meningkat.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di SMA Laboratorium UM, hampir semua siswa telah menggunakan perangkat android. Beberapa siswa telah memanfaatkan android sebagai alat bantu pendukung belajar. Namun, kebanyakan siswa masih memanfaatkan android sebagai wahana hiburan. Bahkan, tak jarang siswa mengoperasikan android saat kegiatan pembelajaran berlangsung. Hal ini dibuktikan dengan angket siswa. Sebesar 75,8% penggunaan android tertinggi sebagai media hiburan dalam rentang waktu penggunaan antara 7-12 jam per hari. Di sisi lain, guru masih menyampaikan materi fisika dengan menggunakan metode ceramah. Kondisi ini dikarenakan belum banyak media yang mumpuni untuk membantu siswa mengeksplorasi pengetahuannya sendiri. Padahal, penyampaian materi fisika dengan metode ceramah sering membuat siswa jenuh dan mengurangi tingkat kesenangan siswa dalam belajar. Untuk itu, perlu dilakukan inovasi lain dalam mengantisipasi hal tersebut. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Carolyn, Julia, & Mada (2014) bahwa teknologi dapat meningkatkan kesempatan dalam mengajak siswa untuk belajar secara menyenangkan, yaitu dengan memanfaatkan *mobile device*, perangkat internet, dan berbagai macam teknologi lainnya[3].

Guru harus pandai memanfaatkan teknologi dan mencari peluang agar siswa dapat memanfaatkan android sebagai alat penunjang belajar. Ju, Chien, dan Gwo (2013) menyatakan *By using mobile device, students can have a more customized learning pace and process, and receive individual attention and learning guidance when they are distributed in the field*[4]. Untuk membuktikan pernyataan tersebut, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan penggunaan *smartphone* sebagai media utama pendukung dalam pelaksanaan pembelajaran.

Berdasarkan hasil wawancara yang diperoleh dari guru fisika SMA Laboratorium UM, salah satu mata pelajaran yang sulit untuk disampaikan adalah gerak parabola. Menurutny, siswa kesulitan dalam memahami komponen-komponen vektor serta konsep GLB dan GLBB dalam gerak parabola. Selain itu, materi gerak parabola termasuk materi yang bersifat matematis. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan media multimedia yang mampu memvisualisasikan arah gerak dari gerak parabola agar siswa mendapat kemudahan dalam melakukan analisis vektor dan memahami konsep-konsep besaran dalam gerak parabola.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Seemab & Latif (2015) dalam mengembangkan aplikasi berbasis android untuk meningkatkan keterampilan siswa disleksia dengan kesulitan menulis [5]. Selain itu, penelitian dengan basis *mobile learning* telah dilakukan oleh Loo dan Wong (2014) dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis *mobile* dalam kurikulum sekolah. Penelitian tersebut



dilakukan untuk menciptakan nuansa belajar yang lebih inovatif serta meningkatkan kemampuan *regulated learning* siswa[6].

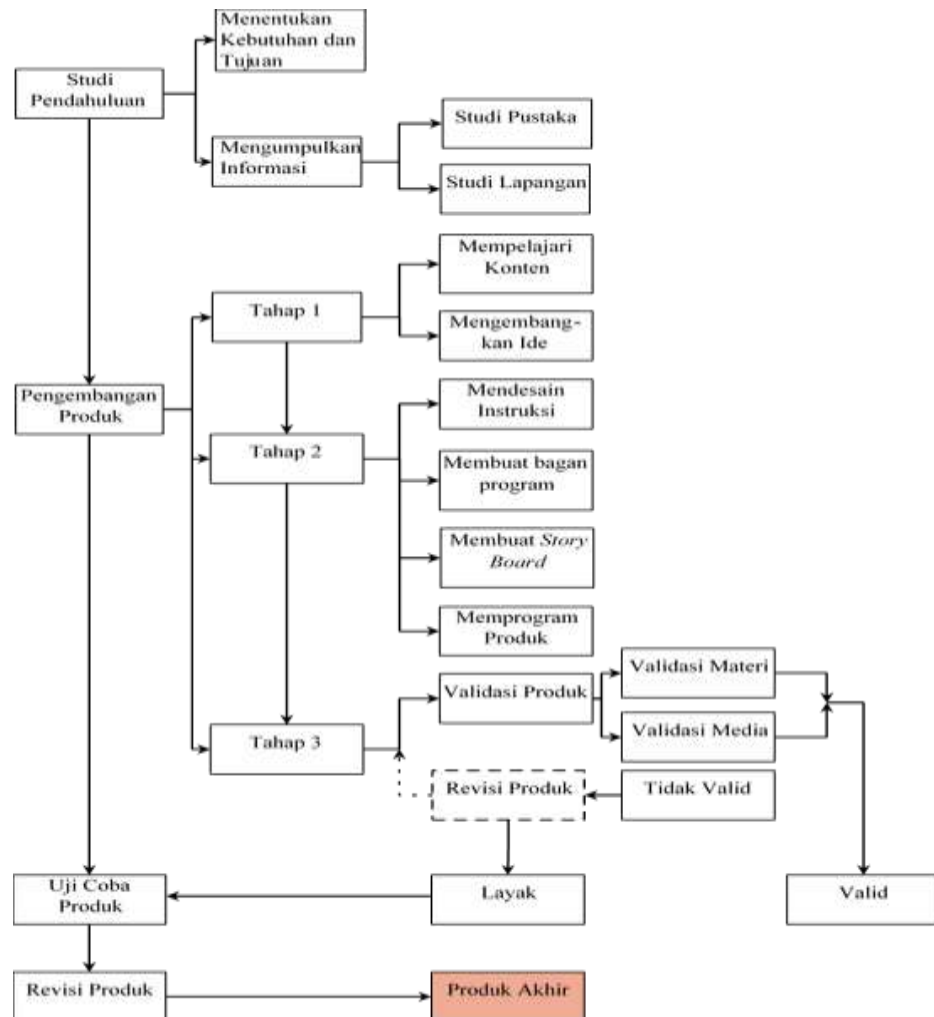
Beberapa produk yang telah dikembangkan adalah aplikasi media pembelajaran android yang dikembangkan oleh kemendikbud. Di dalam produk tersebut terdapat penjabaran materi yang disertai dengan animasi. Adapun materi aplikasi yang dikembangkan hanya membahas materi elastisitas, suhu dan kalor, serta materi gelombang. Dalam produk tersebut juga tidak dilengkapi dengan simulasi percobaan. Oleh sebab itu, siswa tidak bisa mengeksplorasi pengetahuannya untuk membuktikan berdasarkan data.

Produk lain yang sudah dikembangkan di *google play store* terkait materi fisika adalah aplikasi *pocket physics*. Di dalam aplikasi tersebut hanya dituliskan secara sekilas persamaan-persamaan fisika tanpa menjabarkan secara rinci materi yang dijabarkan. Untuk melengkapi kelemahan yang ada, perlu dikembangkan media pembelajaran android yang melingkupi kedalaman materi, animasi, simulasi percobaan, dan evaluasi. Pengembangan juga perlu dilakukan untuk mengembangkan produk pada materi yang berbeda.

Melihat kondisi ini, penulis mengemukakan ide untuk mengembangkan produk pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi sebagai media utama untuk menunjang pembelajaran fisika. Pemanfaatan teknologi ini dilakukan dengan mengembangkan aplikasi media pembelajaran yang diperuntukkan bagi guru dan siswa. Media guru yang dapat dioperasikan melalui *slide projector* dan media siswa yang dapat dijalankan di android dengan ekstensi .apk. Ekstensi .apk merupakan satu-satunya ekstensi yang bisa dijalankan melalui smartphone android ataupun emulator android.

2. Metode

Penelitian dilakukan dengan merujuk desain penelitian yang dilakukan oleh Allesio dan Trollip (1991). Penelitian dilakukan melalui tiga langkah utama, yaitu studi pendahuluan, pengembangan produk, dan uji coba produk [7]. Proses pengembangan produk dilakukan untuk mengembangkan produk pembelajaran berupa animasi pembelajaran yang disediakan bagi siswa dan bagi guru. Produk dikembangkan dengan menggunakan *software adobe flash cs6*. Proses pengembangan produk meliputi langkah-langkah yang harus dilakukan, antara lain, menentukan kebutuhan dan tujuan,



Gambar 1. Diagram Alur Pengembangan Produk

mengumpulkan informasi, identifikasi program, penyusunan *story board*, validasi produk, dan rRevisi produk.

Seusai produk dikembangkan, produk divalidasi oleh validator yang ditunjuk atas dasar ahli media dan ahli materi. Proses validasi dilakukan dengan cara memberikan angket validasi yang terdiri atas empat kriteria jawaban, yaitu skor 4 untuk media dinilai sangat layak, skor 3 untuk media dinilai layak, skor 2 untuk media dinilai kurang layak, dan skor 1 untuk media dinilai sangat kurang layak. Selanjutnya, skor dianalisis dengan menggunakan analisis persentase.

Uji coba produk dilaksanakan di SMA Laboratorium UM dengan subjek uji coba siswa kelas X MIPA 2 yang terdiri dari 36 siswa. Uji coba ini dilakukan untuk memperoleh respons siswa yang selanjutnya dianalisis sebagai data kualitatif. Secara keseluruhan, diagram pengembangan dapat dirinci sebagaimana Gambar 1.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengembangan media pembelajaran yang telah dilaksanakan menghasilkan produk yang dipublikasi menjadi dua jenis ekstensi. Produk pertama yang ditujukan untuk siswa. Produk dipublikasi dalam ekstensi (.apk). Produk tersebut dapat dioperasikan menggunakan *smartphone* siswa. Untuk mengoperasikan produk tersebut, perlu dipasang aplikasi pendukung *Adobe AIR* yang dapat diunduh di *play store* android. Distribusi produk dibagikan lewat *google drive*. Produk kedua ditujukan untuk guru. Produk dipublikasi dalam bentuk (.swf). Produk tersebut dapat dioperasikan menggunakan flash platform versi 11 pada komputer ataupun windows. Distribusi produk dibagikan lewat *google drive* dan via *flashdisk*. Selanjutnya, perincian produk yang dikembangkan dapat dicermati pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 2a. Menu Android



Gambar 2b. Menu Komputer



Gambar 3a. Gerak Sumbu-x



Gambar 3b. Gerak Sumbu-Y

Gambar 2a menampilkan menu utama untuk produk siswa, sedangkan Gambar 2b menampilkan menu utama untuk guru. Terdiri dari lima tombol. Tombol pertama menavigasikan tampilan menuju pembelajaran yang harus dicapai. Tombol kedua menavigasikan tampilan menuju materi bahasan. Tombol ketiga untuk Gambar kiri menavigasikan program menuju simulasi percobaan dan tombol ketiga untuk Gambar kanan menavigasikan tampilan menuju skenario pembelajaran. Tombol

keempat menavigasikan program menuju latihan soal dan tombol kelima menavigasikan program menuju info profil pengembang.

Di dalam produk yang dikembangkan juga disediakan penjelasan materi yang dilengkapi animasi dan simulasi gerak parabola. Penjelasan materi yang dilengkapi dengan animasi dan simulasi menuntun siswa untuk melakukan analisis secara lebih rinci. Hal ini memudahkan siswa untuk memahami hakikat sesungguhnya dari gerak parabola dengan bantuan visualisasi gerak. Adanya fasilitas ini juga sebagai pengingat bagi guru atau siswa yang lupa akan konsep dari gerak parabola.

Di dalam halaman materi, yaitu Gambar 3a dan Gambar 3b disajikan pemaparan animasi konsep GLB dan GLBB sebagai prasyarat terjadinya Gerak parabola. Konsep GLB sebagaimana yang tertera pada Gambar 3a, bergerak searah dengan sumbu-x. Bola hijau yang bergerak membentuk lintasan parabola diproyeksikan oleh bola merah yang bergerak secara horizontal dengan kecepatan tetap (GLB). Sedangkan Gambar 3b menayangkan animasi bola hijau yang diproyeksikan oleh bola biru yang bergerak secara vertikal dengan kecepatan berubah (GLBB). Jika ditinjau secara bersamaan, gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan yang dihubungkan oleh waktu akan membentuk lintasan parabola.

Pada Gambar 4 menampilkan sajian materi terkait vektor dalam gerak parabola. Di dalam animasi tersebut digambarkan sebagai sebuah bola yang bergerak membentuk lintasan parabola. Arah panah menunjukkan vektor dari bola. Anak panah merah menunjukkan besar dan kecepatan terhadap sumbu x. Digambarkan dengan panjang yang sama. Hal ini, menunjukkan bahwa besar dan kecepatan bola terhadap sumbu-x adalah sama.



Gambar 4. Vektor Dalam Gerak Parabola

Anak panah kuning menunjukkan besar dan kecepatan bola terhadap sumbu-y. Digambarkan dengan panjang yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa besar dan arah kecepatan bola di setiap titik tidaklah sama. Sedangkan anak panah abu-abu menunjukkan besar dan arah kecepatan bola yang bergerak pada lintasan tertentu. Besar kecepatan bola pada saat tertentu dapat dituliskan dengan Persamaan 1.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (1)$$

Pada bola yang bergerak secara parabola, kecepatan bola tepat saat bergerak disebut sebagai kecepatan awal. Besar kecepatan awal mempengaruhi besar jarak tempuh, waktu, dan ketinggian bola. Semakin besar kecepatan awal, maka jarak tempuh yang dialami bola juga semakin besar. Hubungan ini juga berlaku serupa bagi besaran waktu dan ketinggian bola. Proyeksi vektor kecepatan bola di titik awal dapat dilihat pada Gambar 5. Jika dijabarkan, maka penulisan persamaan bola pada titik awal dapat dituliskan sesuai dengan Persamaan 2 dan Persamaan 3 berikut,

$$\vec{v}_{ox} = \vec{v}_o \cos \alpha \quad (2)$$

$$\vec{v}_{oy} = \vec{v}_o \sin \alpha \quad (3)$$

Persamaan 2 adalah besar kecepatan bola jika diproyeksikan terhadap sumbu-x, sedangkan persamaan 3 adalah besar kecepatan yang diproyeksikan terhadap sumbu-y. Pada Gambar 6 disediakan contoh soal beserta ilustrasinya. Soal berupa essay dengan jawaban singkat. Tepat di bawah soal disediakan papan untuk memasukkan jawaban. Jawaban soal direkam dan nantinya akan ditampilkan di halaman pembahasan pada *slide* akhir.



Gambar 5. Kecepatan Bola Di Titik Awal



Gambar 6 Soal dan Ilustrasi Soal



Pengembangan soal mengacu pada indikator yang telah dijabarkan. Level soal berada pada tingkat kognitif Taksonomi Bloom menganalisis (C4). Oleh sebab itu, pembahasan tiap butir soal mengajak siswa untuk berpikir kritis dan analisis terhadap konsep materi bahasan gerak parabola. Hasil akhir produk yang dikembangkan berupa *file* yang berformat (.swf) untuk media guru dan (.apk) untuk media siswa. File (.swf) dapat dijalankan di komputer dengan *platform* flash player versi 11. Selain itu, dapat pula di buka dengan menggunakan browser yang dilengkapi dengan *plugin flash player*. Di sisi lain, file (.apk) dapat dijalankan di android dengan vendor sistem operasi operasi *jelly bean versi 4.1, kitkat versi 4.4, lollipop versi 5.0.2 dan versi 5.1, serta marshmallow versi 6.0.1*. Untuk menjalankan aplikasi tersebut diperlukan *adobe AIR player* yang dapat diunduh di *play store smartphone*. Produk akhir dikemas dalam bentuk *softfile*. Dapat didistribusikan melalui *flashdisk* dan disimpan di dalam *database google drive*. Untuk membuka file yang ada di dalam google drive, dapat di *download* dengan menuju ke *link* <https://bit.ly/GerakParabolaAras>. File akan otomatis terunduh dalam bentuk rar.

Produk yang dikembangkan disusun berdasarkan kurikulum 2013 revisi yang menggunakan pendekatan saintifik. Produk di desain sesuai kebutuhan, sehingga cocok diterapkan dalam pembelajaran dengan skenario 5M. Adapun, penjabaran kelebihan produk tersebut antara lain, 1) Terdapat video yang menarik dan memacu rasa ingin tahu siswa untuk mengamati video tersebut; 2) Terdapat pertanyaan pemicu yang merangsang otak siswa untuk menganalisis video yang ditampilkan; 3) Dilengkapi dengan LKS elektronik serta simulasi percobaan dalam membuktikan hipotesis siswa; 4) Terdapat materi yang disusun secara memudahkan siswa untuk bereksplorasi konsep materi yang diajarkan; 5) Terdapat evaluasi soal yang memberi kesempatan siswa untuk mengasah materi yang telah diperoleh.

Selain dari segi kelebihan, produk tersebut juga memiliki kelemahan, diantaranya: 1) Panel navigasi animasi terkadang susah dijalankan untuk *smartphone* tertentu. Hal ini dikarenakan ukuran layar yang kecil sehingga cenderung susah untuk dioperasikan. 2) File swf hanya dapat dijalankan di *flash player* dengan versi terbaru. Program akan terjadi bug jika tetap dijalankan di dalam flash player versi lawas. 3) Materi yang dikembangkan terbatas pada materi gerak parabola.

Berdasarkan hasil data dan analisis produk yang telah divalidasi, dinyatakan bahwa produk yang telah dikembangkan telah valid dan layak diterapkan di dalam pembelajaran dengan materi gerak parabola. Hasil validasi dari aspek materi memiliki persentase valid sebesar 92,3% dan hasil validasi dari aspek media memiliki persentase sebesar 88,42%. Pada validasi materi, perolehan persentase tertinggi berada pada aspek KI, KD, dan Indikator dengan persentase sebesar 100% dan persentase terendah pada aspek materi dengan persentase sebesar 88,9%. Pada validasi media, persentase tertinggi berada pada tampilan analisis data dengan



persentase sebesar 89,3%. Sedangkan persentase terendah berada pada tampilan skenario dengan persentase sebesar 85,4%.

Dari paparan hasil uji coba siswa, sebagian besar siswa merespons positif terhadap penggunaan media di dalam pembelajaran. Adanya produk menjadikan pembelajaran lebih inovatif. Adanya gambar, animasi dan simulasi membantu memudahkan siswa dalam memvisualisasi gerakan parabola yang cepat dan sulit untuk diamati. Selain itu, penyusunan materi disusun secara runtut mulai dari konsep mudah hingga konsep sulit. Hal ini memudahkan siswa memahami konsep materi gerak parabola secara menyeluruh. Walau demikian, dua dari total 36 siswa masih belum bisa menerima media yang dikembangkan sebagai sarana untuk mencapai tujuan pembelajaran. Mereka lebih senang pembelajaran dengan metode ceramah dan mencatat apa yang disampaikan guru. Kondisi ini disebabkan karena kedua siswa tersebut masih belum bisa meninggalkan kebiasaan lama dan enggan untuk melakukan perubahan mengikuti perkembangan zaman.

4. Kesimpulan

Produk yang dikembangkan diperuntukkan bagi guru dan bagi siswa. Produk untuk guru dikemas dengan format (*.swf) yang dapat dioperasikan melalui perangkat komputer. Produk guru dilengkapi fitur runtutan skenario yang menuntun proses pelaksanaan pembelajaran. Di sisi lain, produk siswa dikemas dalam bentuk (*.apk) yang dapat dioperasikan di perangkat *smartphone* dengan bantuan *adobe AIR*. Produk yang dikembangkan telah dinyatakan layak dengan persentase kelayakan materi sebesar 92,9% dan persentase kelayakan media sebesar 88,42%

Ucapan Terima Kasih

Sebagai penutup dan rasa syukur, penulis ucapkan terima kasih yang ditujukan kepada Ibu Endang Purwaningsih dan Bapak Winarto selaku dosen pembimbing. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada lembaga institusi Universitas Negeri Malang yang telah mewadahi dan memberi jalan berupa kesempatan dalam menyeminarkan dan mempublikasikan jurnal. Terima kasih juga diucapkan kepada instansi SMA Laboratorium UM yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan menyediakan sampel penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

Daftar Rujukan

- [1] Chen, J, Zhou, J, Shun, L, Wu, W, Lu, H, & Tian, J. 2015. A New Approach For Laboratory Exercise Of Pathophysiology In China Based On Student-Centered Learning. Jurnal: *Advances in physiology education*.
- [2] Gupta, B., & Koo, Y. 2010. Aplication of Mobile Learnig in Higher Education: An Empirical Study. *Internasional Journal of Information and Communication Technology Education*, 6(3), 75-87.



- [3] Carolyn, K, Julia, D, Maja, K, & Susanne, W, S. 2014. Integrating a Mobile-Based Gaming Application into a Postsecondary Forest Ecology Course. Jurnal: Natural Science Education.
- [4] Shih, J, -L., Chuang, C, -W., & Hwang, G-, J. 2010. An Inquiry-Based Mobile Learning Approach to Enhancing Social Science Learning Effectiveness. Journal: Educational Technology and Society, v12 n4 p50-62 2010.
- [5] Tariq, R., & Latif, S. 2015. A Mobile Application To Improve Learning Performance of Dyselexic Children With Writing Difficulties. Jurnal: Departement and Computer Software Engineering, National University of Sciences and technology, Pakistan.
- [6] Looi, C, -K., & Wong, L, -H. 2014. Implementating Mobile Learning Curricula in Schools: A Programme of Research form Innovation to Scaling. Educational Technology & Society, 17(2), 72-84.
- [7] Alessi, S. M. & Trollip, S. R. 1991. *Computer-based instruction: Methods and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.



PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF FISIKA DENGAN PENDEKATAN SAINTIFIK PADA MATERI GERAK HARMONIK SEDERHANA

Nisrina Firdausi^{1,*}, Endang Purwaningsih¹, Winarto¹

¹Fisika, MIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Kota Malang, 65145, Indonesia

***Email:** nisrinafirdausi1995@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan media pembelajaran interaktif fisika dengan pendekatan saintifik pada materi gerak harmonik sederhana & mengetahui kelayakan media pembelajaran tersebut. Penelitian ini menggunakan model penelitian dan pengembangan menurut Borg and Gall yang diadaptasi oleh Sukmadinata menjadi 3 langkah yaitu studi pendahuluan, pengembangan produk, dan pengujian. Produk pengembangan ini melalui dua tahap pengujian yaitu uji validitas produk dan uji coba terbatas. Hasil analisis data uji validitas media pembelajaran interaktif menunjukkan bahwa produk ini dinyatakan valid atau layak dengan nilai rata-rata kelayakan materi sebesar 92 % dan kelayakan media sebesar 91,59%.

Kata Kunci: media pembelajaran interaktif, pendekatan saintifik.

1. Pendahuluan

Gerak harmonik sederhana merupakan salah satu materi fisika yang memiliki kompleksitas tinggi. Hal ini dapat ditandai dengan adanya praktikum atau demonstrasi yang harus dilakukan, penurunan rumus yang harus dikerjakan, dan pemahaman bentuk umum dari representasi gerak harmonik sederhana yang cukup banyak. Untuk mengerti materi gerak harmonik sederhana secara efektif, diperlukan pemahaman yang baik dari segi konsep maupun hitungan [1]. Oleh sebab itu, materi gerak harmonik sederhana merupakan materi yang cukup sulit.

Salah satu upaya untuk membantu siswa dalam memahami materi gerak harmonik sederhana yaitu dengan menggunakan media pembelajaran di kelas. Media pembelajaran dapat menyalurkan pesan ajaran kepada siswa melalui penglihatan dan pendengaran untuk menghindari verbalisme yang mungkin terjadi [2]. Media pembelajaran memiliki peranan yang besar dan berpengaruh terhadap pencapaian tujuan pendidikan yang diinginkan, karena media pembelajaran mampu mempermudah pemahaman dan menjadikan pembelajaran menjadi menarik serta dapat mempertajam indera, melatihnya, memperluas perasaan dan kecepatan dalam belajar [3]. Jadi, dengan adanya media pembelajaran di kelas dapat membuat siswa lebih mudah dalam memahami materi pembelajaran.

Pada mulanya media pembelajaran hanya digunakan sebagai alat penyalur informasi. Seiring dengan berkembangnya waktu media pembelajaran juga digunakan sebagai alat bantu dalam pembelajaran. Hal ini berarti bahwa media



pembelajaran dapat mewakili guru dalam menyampaikan informasi secara lebih teliti, jelas dan menarik [2].

Media pembelajaran yang baik akan membantu siswa secara efektif dalam memahami materi pembelajaran. Media pembelajaran yang dibuat dengan desain yang baik, dengan melibatkan grafis, audio, video dan interaksi akan meningkatkan efektifitas penyerapan materi hingga 80-90% [3]. Salah satu jenis media pembelajaran yang dapat melibatkan grafis, audio, dan video dalam satu wadah yaitu media pembelajaran interaktif. Media pembelajaran interaktif merupakan media pembelajaran yang menggunakan bantuan komputer atau laptop dimana pengguna akan mendapatkan respon berupa penayangan video, audio, animasi, gambar maupun teks.

Penerapan media pembelajaran interaktif dalam kelas telah banyak diteliti oleh berbagai pihak. Pemanfaatan media ini dengan baik memberikan dampak yang positif terhadap pemahaman konsep siswa. Hal ini sesuai dengan pernyataan berikut penerapan media pembelajaran interaktif dalam kelas dapat menurunkan miskonsepsi yang dialami oleh siswa sebesar 88% pada materi optik [4]. Peserta didik dapat mencapai hasil belajar sesuai dengan tujuan pembelajaran dengan menerapkan media pembelajaran interaktif di kelas [5]. Kualitas suatu pembelajaran tidak hanya tergantung pada proses yang dilakukan melainkan pada konten yang diajarkan dan bagaimana konten tersebut disajikan[6].

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dikembangkan suatu media pembelajaran interaktif yang diharapkan dapat membantu siswa dalam mempelajari materi gerak harmonik sederhana. Media pembelajaran akan di susun sesuai dengan kebutuhan siswa dan guru pada era ini. Pendekatan pembelajaran yang disarankan oleh pemerintah pada era ini yaitu pendekatan saintifik (ilmiah)[7]. Dengan demikian media pembelajaran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini yaitu media pembelajaran interaktif fisika dengan pendekatan saintifik pada materi gerak harmonik sederhana

2. Metode Penelitian

Model penelitian yang digunakan yaitu *Research and Development* (R&D). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Media Pembelajaran Interaktif Fisika dengan menggunakan Pendekatan Saintifik pada materi Gerak Harmonik Sederhana serta menguji validitas media tersebut.

Rancangan penelitian ini menggunakan desain Borg dan Gall yang telah di modifikasi oleh Sukmadinata (2013:138) yang terdiri dari 3 tahap yaitu (1) Studi Pendahuluan, (2) Pengembangan Produk, dan (3) Pengujian.

2.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan dengan studi lapangan dan studi kepustakaan. Studi lapangan dilakukan dengan wawancara kepada guru fisika, diketahui bahwa hampir 65% siswa mendapat nilai kisaran diatas 50 dan di bawah 75 pada materi



gerak harmonik sederhana. Studi kepustakaan dilakukan dengan mencari media pembelajaran dan hasil penelitian sebelumnya mengenai gerak harmonik sederhana. Media pembelajaran gerak harmonik sederhana yang telah ada sebelumnya belum menggunakan tahapan pendekatan saintifik dalam penyampaian materinya. Media yang pertama yaitu video pembelajaran yang diunggah oleh Crash Course. Video tersebut memiliki banyak kelebihan diantaranya terdapat animasi analogi hubungan antara gerak harmonik sederhana dan gerak melingkar beraturan, terdapat animasi energi mekanik pada titik ekstrem, serta terdapat penurunan persamaan yang tidak memerlukan kalkulus untuk penyelesaiannya. Namun dalam media tersebut belum ada contoh soal yang terkait materi gerak harmonik sederhana. Selain video pembelajaran, media yang lain berupa aplikasi PhET juga telah ada, namun dalam media pembelajaran tersebut hanya ditampilkan bagaimana membuktikan hubungan antara massa pegas dengan periode dan frekuensi serta hubungan antara panjang tali dengan periode dengan frekuensi. Disimpulkan bahwa belum ada media pembelajaran interaktif pada materi gerak harmonik sederhana yang menggunakan pendekatan saintifik dalam penyampaian materinya.

2.2 Pengembangan Produk

Pada tahap ini terdapat 3 kegiatan yang dilakukan yaitu penyusunan draft produk, pengembangan media, dan evaluasi.

- a. Penyusunan draft produk dilakukan dengan menentukan identitas program (*software* apa saja yang digunakan), membuat sistem navigasi, dan menyusun *storyboard*.
- b. Pengembangan media pembelajaran dilakukan dengan langkah-langkah berikut. Pertama, menyusun materi gerak harmonik sederhana dan membaginya ke dalam lima subbab materi. Setiap subbab materi disajikan dengan lima tahapan pendekatan saintifik, sehingga terdapat apersepsi, lembar diskusi, contoh soal (konsep maupun hitungan), serta rangkuman. Lembar diskusi dapat berupa lembar praktikum atau lembar problem solving. Kedua, membuat animasi terkait materi yang akan dibahas. Animasi tersebut dapat berupa dua dimensi maupun tiga dimensi. Ketiga, memberikan *coding* pada setiap tombol. Keempat, memasukkan analisis indikator sesuai dengan Permendikbud No. 59 Tahun 2014 dalam media tersebut. Kelima, membuat soal uji kompetensi yang dapat langsung di jawab oleh pengguna dan akan menampilkan feedback berupa nilai dan pembahasan soal di akhir pengerjaan.
- c. Evaluasi dilakukan dengan validasi media pembelajaran oleh ahli materi dan ahli media. Pada tahap ini akan diketahui apakah media pembelajaran yang dikembangkan sudah layak dari segi materi maupun media.

2.3. *Pengujian*

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam pengambilan data penelitian. Produk yang telah dinyatakan layak oleh validator akan di uji cobakan kepada siswa SMA. Uji coba yang dilakukan yaitu uji coba terbatas. Subjek uji coba terbatas memperhatikan demonstrasi media pembelajaran yang disajikan di depan kelas, kemudian subjek diminta mengisi angket respon siswa.

2.4. *Teknik Analisis Data*

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ada dua yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif.

- Analisis data kualitatif dengan menggunakan analisis deskriptif-kualitatif, dimana peneliti akan menafsirkan data yang telah diperoleh dengan merekam banyak mungkin aspek situasi yang diteliti pada saat itu, sehingga memperoleh gambaran secara umum dan menyeluruh tentang keadaan sebenarnya.
- Teknik analisis data yang digunakan untuk data kauntitatif yaitu teknik prosentase. Persamaan yang digunakan sebagai berikut^[8] :

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} * 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

P = Persentase Validitas

$\sum x$ = Jumlah skor jawaban validator

$\sum x_i$ = Jumlah skor maksimal

Hasil dari prosentase tersebut akan di cocokkan dengan Tabel 1 Kriteria Validitas dan Kepraktisan Analisis Nilai Rata-rata . Jika hasil menyatakan produk belum layak maka peneliti harus merevisi ulang produk yang telah dikembangkan. Berikut kriteria kelayakan produk[8].

3. **Hasil dan Pembahasan**

Hasil dari penelitian pengembangan ini berupa Media Pembelajaran Interaktif Fisika pada Materi Gerak Harmonik Sederhana. Media pembelajaran ini dikembangkan dengan bantuan Macromedia Swishmax dan PhET. Media ini dapat digunakan dengan bantuan komputer dan software swf opener.

Pengembangan media ini berisi materi gerak harmonik sederhana yang terbagi menjadi lima subbab (gaya pemulih, persamaan gerak harmonik sederhana, ghs pada pegas, ghs pada bandul dan energi mekanik pada pegas), peta konsep, analisis standar kompetensi dan kompetensi dasar, serta teka-teki silang mengenai keseluruhan materi ghs. Materi yang disajikan dilengkapi dengan animasi yang beragam. Selain itu materi yang terdapat media ini juga disajikan dengan menggunakan lima tahapan pendekatan saintifik. Tahapan tersebut terdiri dari mengamati, menanya, mengolah informasi, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. Berikut pemaparan hasil pengembangannya

Pada halaman mengamati berisikan instruksi kepada pengguna untuk mengamati video fenomena atau animasi yang berkaitan dengan sub materi yang akan dipelajari.

Berikut merupakan tampilan halaman mengamati seperti Gambar 1. Pada halaman ini pengguna diminta untuk mengamati kejadian sehari-hari yang berkaitan dengan materi yang akan dipelajari.

Tabel 1. Kriteria Validitas dan Kepraktisan Analisis Nilai Rata-rata

<i>Prosentase</i>	<i>Kriteria</i>	<i>Keterangan</i>
80% - 100%	Valid/Praktis	Baik
60% - 79%	Cukup Valid/Cukup Praktis	Cukup Baik
50 % - 59 %	Kurang Valid/Kurang Praktis	Kurang Baik
< 50 %	Tidak Valid/Tidak Praktis	Tidak Baik



Gambar 1. Halaman Mengamati

Halaman selanjutnya yaitu Menanya. Pada halaman ini pengguna diminta untuk menuliskan hipotesis dari permasalahan yang telah disajikan. Permasalahan tersebut didapatkan dari mengamati kejadian pada Halaman Mengamati. Tampilan Halaman Menanya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Halaman Menanya

Halaman selanjutnya yaitu Mencoba. Kegiatan yang dilakukan oleh pengguna yaitu mengisi lembar kerja. Terdapat dua jenis lembar kerja yang berupa lembar kerja praktikum atau diskusi, namun dalam satu subbab hanya terdapat satu jenis lembar kerja saja. Pada halaman ini pengguna di tuntut untuk kreatif dan inovatif. Di akhir

halaman ini pengguna akan mendapatkan konsep esensial yang terakit pokok materi. Tampilan halaman mencoba dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Halaman Mencoba

Halaman selanjutnya yaitu mengasosiasi. Pada halaman ini pengguna diajak untuk menganalisis peristiwa yang telah diamati sebelumnya (pada halaman mengamati) dan diminta untuk menghubungkannya dengan konsep fisika yang telah diperoleh (dari halaman mencoba). Setelah itu pengguna akan diberikan soal untuk kedua kalinya berupa pemahaman maupun hitungan untuk menguatkan konsep yang telah diperoleh. Tampilan halaman mengasosiasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Halaman Mengasosiasi

Halaman yang terakhir yaitu mengkomunikasikan. Pengguna akan diminta untuk memaparkan pengalaman hasil belajar di depan kelas. Jika pengguna menggunakan media ini secara mandiri (tidak di kelas/individu) maka pengguna dapat melihat rangkuman.handout yang disajikan untuk mengecek konsep yang benar. Tampilan halaman mengkomunikasikan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman Mengkomunikasikan

Media pembelajaran ini juga dilengkapi dengan uji kompetensi. Uji kompetensi berisi 10 soal pilihan ganda dimana setelah mengerjakan soal ini pengguna akan langsung mengetahui skor hasil penilaian. Pada halaman ini pula disajikan pembahasan untuk setiap soal. Tampilan Halaman Uji Kompetensi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Uji Kompetensi

Untuk menghilangkan kejenuhan, pengguna dapat memainkan teka-teki silang yang telah tersedia di menu utama (Home). Pada permainan ini pengguna dapat mengisi langsung pada kotak yang ada.



Gambar 7. Halaman Teka-Teki Silang

Dari produk pengembangan media yang telah dihasilkan kemudian dilakukan validasi oleh validator ahli dengan hasil validasi sebagai berikut.

Tabel 4.2 Analisa Data Validasi Materi

Aspek	Hasil Penilaian Validator (%)			Rerata (%)	Kriteria
	1	2	3		
Kelayakan Isi	91%	85 %	100%	92%	Valid
Penyajian Isi	91,75%	90 %	100%	94%	Valid
Ilustrasi	95%	95 %	100%	97%	Valid
Latihan Soal	100%	75 %	75%	83%	Valid
Indikator	100%	75 %	100%	92%	Valid
Rerata Kelayakan				92%	Valid

Materi

Hasil validasi materi pada media tersebut menunjukkan persentase rerata yang cukup besar yaitu 92%. Hal ini menunjukkan bahwa produk pengembangan media pembelajaran ini dinyatakan layak baik dari segi materi.

Tabel 2. Analisis Data Hasil Validasi Media

<i>Aspek</i>	<i>Hasil Penilaian Validator (%)</i>			<i>Rerata (%)</i>	<i>Kriteria</i>
	1	2	3		
Fasilitas	97,97%	85 %	100%	94,32%	Valid
Animasi	89,53%	86 %	98%	91,18%	Valid
Teks	90,27%	87,5 %	90%	89,26%	Valid
Rerata Kelayakan Materi				91,59%	Valid

Hasil validasi segi media untuk produk ini menunjukkan presentase rerata yang hampir sama dengan validasi materi yaitu sebesar 91,59%. Hal ini menunjukkan bahwa produk pengembangan media pembelajaran ini sudah layak untuk diuji coba lebih luas. Untuk lebih menyempurkan lagi dapat dilakukan revisi berdasarkan komentar dan saran dari masing-masing validator.

Uji coba terbatas dilakukan setelah produk dinyatakan layak oleh validator. Subjek uji coba terbatas yaitu pada siswa kelas XI MIA 2 MAN 1 Malang yang berjumlah 15 orang siswa. Aspek yang yaitu (1) animasi; (2) bahasa; (3) materi. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif. Berdasarkan analisa data diperoleh kelayakan produk oleh subjek uji coba terbatas sebesar 80,35%. Hal ini menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan dalam penelitian ini memperoleh respon yang baik dari siswa. Hasil analisis ini didukung dengan komentar siswa terhadap produk secara keseluruhan yang menyatakan bahwa media pembelajaran membantu siswa untuk belajar.

4. Kesimpulan

Hasil validasi menyatakan bahwa media pembelajaran ini layak untuk digunakan oleh siswa menengah atas dengan presentase kelayakan materi sebesar 92% dan kelayakan media sebesar 91,59%. Kelebihan dari produk yang telah dikembangkan yaitu (1) merupakan media interaktif dimana pengguna dapat memanipulasi media ini (2) materi disajikan dengan pendekatan saintifik yang memiliki lima tahapan pembelajaran (3) terdapat peta konsep sebagai ilustrasi memudahkan siswa dalam memahami konsep-konsep yang saling berkaitan (4) terdapat teka-teki silang sebagai sarana permainan (5) pengguna dapat menuliskan jawaban langsung pada media ini (6) terdapat feedback berupa nilai saat pengguna telah mengerjakan soal



uji kompetensi (7) media ini dapat digunakan dalam pembelajaran di kelas maupun belajar mandiri di luar kelas.

Kekurangan dari produk yang telah dikembangkan yaitu (1) pengguna harus menginstall swf opener atau Flash 8 untuk dapat membuka media pembelajaran tersebut (2) feedback yang terdapat pada uji kompetensi belum menggunakan formative feedback (3) belum bisa membuat grafik dengan otomatis (4) program tidak dapat disimpan dalam handphone.

Daftar Rujukan

- [1] Adolphus,T (2013), The Effects of Collaborative Learning on Problem Solving Abilities among Senior Secondary School Physics Students in Simple Harmonic Motion, *Journal of Education and Practice* (online) 4(25) 2013: 99, diakses 20 Mei 2017.
- [2] Sadiman, A S dkk (2014), *Media Pendidikan*, Jakarta : Rajawali Pres.
- [3] Wibawanto,W (2017), Desain dan Pemrograman Multimedia Pembelajaran Interaktif, (online) <https://books.google.co.id/books?id=9pULDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>, diakses 12 Januari 2017
- [4] Suniati, N. M. S (2013), Pengaruh Implementasi Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Multimedia Interaktif Terhadap Penurunan Miskonsepsi (Studi Kuasi Eksperimen dalam Pembelajaran Cahaya dan Alat Optik di SMP Negeri 2 Amlapura), *Jurnal Administrasi Pendidikan*, (online) , 4(1) (2013), diakses 16 Juni 2017.
- [5] Ajija, N , Arsyad, M , Aziz A (2016), Penerapan Model Multimedia Interaktif (MMI) pada Pembelajaran Fisika Materi Fluida untuk Peserta Didik Kelas XI MIA3 SMA Negeri 22 Makassar, *Jurnal Pendidikan Fisika* Vol 4, No 2 (2016): Pendidikan Fisika
- [6] Nachimuthu K., Vijayakumari G (2012), Perceptions on Multimedia technology by College of Education Teachers, *Journal of Education and Learning*. Vol.6 (3) pp. 167-176.
- [7] Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2014.
- [8] HM, Jogiyanto (2013), *Pedoman Survei Kuesioner: Mengembangkan Kuesioner, Mengatasi Bias, dan Meningkatkan Respon*, Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.



PENERAPAN *BLENDED LEARNING* PADA MATAKULIAH PENILAIAN PENDIDIKAN FISIKA

Agus Suyudi^{1,*}, Khusaini¹, Winarto¹, Sugianto¹

¹Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

*Email: Agus.suyudi.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Pembelajaran blended learning pada perkuliahan bagi calon guru fisika belum banyak tereksplorasi. Penting untuk memperkaya hasil penelitian penerapan blended learning pada pendidikan fisika mendorong dilakukan penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan pada kelas Penilaian Pendidikan fisika. Responden yang terlibat pada penelitian ini 32 mahasiswa calon guru fisika semester 6. Data penelitian dikumpulkan menggunakan angket yang disebar secara daring dan luring, wawancara dan observasi langsung di lapangan. Penelitian ini menunjukkan hubungan antara angket awal dan angket akhir. Data dari angket awal menunjukkan adanya potensi yang besar untuk menerapkan pembelajaran secara blended yang ditunjukkan dengan kepemilikan telepon cerdas, kebiasaan berinteraksi dengan internet yang tinggi, serta memiliki pandangan positif untuk belajar dengan pembelajaran blended. Data dari angket akhir menunjukkan adanya keinginan calon guru fisika yang menjadi responden penelitian ini untuk menerapkan pembelajaran ini nanti, respon positif diskusi online, serta penggunaan fasilitas online untuk berbagi bahan ajar. Penggunaan WA untuk penilaian sejawat juga mendapat respon positif. Penggunaan blended learning memungkinkan mahasiswa memperkaya sumber belajar dalam proses pembelajaran. Dapat juga dilakukan dampak pembelajaran daring terhadap prestasi belajar mahasiswa sebagai kelanjutan dari penelitian ini..

Kata Kunci: Penerapan, Blended Learning, Penilaian Pendidikan Fisika.

1. Pendahuluan

Manusia hidup pada abad ke 21 tidak dapat dipisahkan dengan fasilitas teknologi, informasi dan teknologi (TIK) memiliki peranan yang vital. Komunikasi dan interaksi manusia dimudahkan oleh perkembangan teknologi. Bahkan generasi sekarang ini dapat dikatakan sebagai generasi TIK, karena dalam kehidupannya tidak dapat dipisahkan dengan bantuan TIK. Hal inipun terjadi dibidang pendidikan.

Perkembangan TIK terlihat pada pendidikan terjadi integrasi Fasilitas TIK dalam pembelajaran termasuk juga dalam pembelajaran fisika. Pembelajaran fisika kini tidak hanya disampaikan secara tatap muka di kelas, namun dapat disajikan secara maya di dalam jaringan (*online class*). Kedua model pembelajaran ini pasti memiliki kekurangan maupun kelebihan. Adanya dua model pembelajaran sudah selayaknya dilakukan kajian mendalam.

Berbagai penelitian dilakukan untuk mengetahui dampak dari penerapan TIK dalam pembelajaran [7], [4], [12], [14]. Penelitian ini dilakukan, karena tujuan TIK secara murni bukan untuk tujuan pendidikan. Namun penelitian ini memberikan



gambaran peran TIK dalam pembelajaran terutama fisika. Penelitian lain yang menunjukkan bahwa TIK memberi dampak positif bagi pembelajaran di kelas termasuk fisika sebagai cabang dari ilmu alam [1], [10], [5]. juga menemukan beberapa kelemahan penggunaan TIK dalam pembelajaran.

Penelitian penggunaan TIK dalam pembelajaran banyak yang menekankan penggunaan murni pada pembelajaran dalam jaringan (*online learning* atau *e-learning*) [7], [12]. Penelitian tersebut menunjukkan peran penting dari TIK dalam pembelajaran terutama zaman internet seperti sekarang ini. Tetapi tatap muka sebaiknya diberi porsi yang setara atau bahkan lebih terutama untuk calon guru fisika. Calon guru fisika sebaiknya dapat memadukan antara pembelajaran tradisional dengan pembelajaran dalam jaringan (*daring*).

Pentingnya gabungan pertemuan di kelas dengan pemanfaatan TIK dalam pembelajaran mendorong tim peneliti untuk melakukan penelitian penerapan perpaduan pembelajaran dalam jaringan (*daring*) dengan luar jaringan (*laring*). Pentingnya *blended learning* pernah diteliti oleh Megeid (2014) pada mata pelajaran Akutansi dan ditemukan model ini memiliki nilai lebih bila dibandingkan dengan *e-learning*. Perkuliahan gabungan (*blended learning*) menawarkan kemudahan dan kefleksibelan TIK pertemuan dalam kelas. Gabungan kedua model ini diharapkan memeberikan nilai lebih bila dibandingkan dengan menerapkan secara terpisah.

Penerapan model pembelajaran *blended learning* diharapkan memberi gambaran yang luas terhadap peneliti dan peneliti pendidikan fisika. Gambaran tersebut dapat memperkaya kegiatan dimasa mendatang terutama semakin meluasnya fasilitas TIK. Oleh karena pentingnya penggunaan pembelajaran *blended learning* tersebut, penelitian ini akan mempelajari lebih mendalam mengenai perannya pada pembelajaran calon guru fisika. Penelitian ini akan memberi gambaran penerapan pembelajaran *blended learning* meliputi kegiatan pembelajaran, interaksi antara mahasiswa dan dosen serta evaluasi dalam kegiatan pembelajaran disertai tanggapan dari mahasiswa.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kualitatif yang bersifat eksploratif. Maksud digunakan pendekatan ini untuk memberi penjelasan dan gambaran mengenai pelaksanaan *blended learning* pada kelas yang menjadi obyek penelitian.

Pengumpulan data menggunakan observasi, *questionnaire*, wawancara bersifat terbuka. Untuk *questionnaire* menggunakan fasilitas google form dengan *questionnaire* ini untuk memperoleh gambaran dari dalam diri mahasiswa sebagai kelengkapan daro observasi. Sedangkan lembar observasi untuk memperoleh gambaran langsung mengenai penerapan model pembelajaran *blended learning* di kelas penelitian. Wawancara bersifat terbuka dilaksanakan setelah pengumpulan data dengan *questionnaire* setelah perkuliahan *blended learning* untuk memperoleh



pendapat responden. Wawancara ini dilaksanakan dengan metode *Focus Group Discussion* (FGD).

Penelitian dilaksanakan dengan membuat bahan ajar daring yang diposting pada group WhatsApp (WA) kelas, You Tube dan edmodo. Bahan ajar ini dapat berupa *power point* presentasi, artikel ilmiah, video, agar mahasiswa berlatih bertukar file dan berdiskusi dengan menggunakan media tersebut.

Instrumen penelitian divalidasi oleh dua orang ahli pembelajaran yang biasa menggunakan *blended learning* dan ahli media yang sudah biasa dengan pembelajaran daring.

Ada beberapa aturan yang digunakan dalam penulisan artikel prosiding ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.2 *Pandangan Mahasiswa Mengenai Blended Learning Pada Perkuliahan Penilaian Pendidikan Fisika*

Penelitian ini melibatkan mahasiswa tahun ketiga yang sedang mengambil matakuliah Penilaian Pendidikan Fisika sebagai responden. Pandangan responden mengenai *blended learning* dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu pandangan mahasiswa sebelum pembelajaran dan setelah pembelajaran.

3.3 *Pandangan Mahasiswa Sebelum Pembelajaran Blended Learning*

Pandangan mahasiswa sebelum pembelajaran *blended learning* sebanyak 27 mahasiswa terdiri dari 83% perempuan dan 5 mahasiswa 17% laki-laki. Perbedaan jenis kelamin ini tidak memberi dampak terhadap pandangan awal pembelajaran *blended learning*. Sebagian besar mahasiswa berasal dari SMA/MA Negeri sebanyak 29 mahasiswa (93%) dan dari Swasta unggulan 3 mahasiswa (7%). Responden memiliki smartphone sebanyak 31 mahasiswa (97%) dan 1 mahasiswa (3%) memiliki handphone biasa namun sudah dapat digunakan mengakses internet maupun WA. Semua mahasiswa sudah biasa mengakses internet. Semua responden menyebut minimal mengakses YouTube dalam kegiatan internet menurut mereka telah membantu pembelajaran. Namun mereka tidak menyatakan sudah terbiasa menggunakan media social sebagai bagian dari internet. Kepemilikan smartphone berbanding lurus dengan penggunaan perangkat yang digunakan untuk mengakses situs akademik maupun email. 24% dengan smartphone, 4% murni dengan laptop dan 72% menggunakan gabungan.

3.4 *Pandangan Mahasiswa Setelah Pembelajaran Blended Learning*

Seluruh responden memberikan respon menyukai kegiatan yang dilakukan secara gabungan antara pertemuan daring dan luring. Mereka menyatakan bahwa pembelajaran yang dilakukan dengan gabungan memberikan kemungkinan untuk saling melengkapi. Responden juga menyatakan tidak begitu tertarik bila pembelajaran dilakukan serba daring penuh, maupun luring penuh. Pembelajaran



secara daring penuh didukung oleh 12 mahasiswa (38%), tapi masih memberi catatan tetap memerlukan tatap muka. Sedangkan 7 mahasiswa (22%) mendukung pembelajaran luring penuh. 3 mahasiswa (9%) lebih memilih luring lebih bermanfaat dari pada daring, namun yang menarik 11 mahasiswa (34%) merasakan daring lebih bermanfaat dalam pembelajaran.

Penggunaan WA mendapat perhatian dari peneliti, karena semua mahasiswa (100%) merasa terbantu dengan penggunaan WA sebagai sarana komunikasi dalam kegiatan pembelajaran. Mereka menyatakan WA sebagai sarana untuk berkomunikasi, berdiskusi dan menanyakan permasalahan kuliah. Sikap mahasiswa terhadap bahan ajar daring menunjukkan semua sangat setuju dan diharapkan terus dilanjutkan untuk mempermudah belajar dimanapun dan kapanpun. Hanya 1 mahasiswa yang tidak setuju dengan WA sebagai bahan penilaian teman sejawat, karena ada kendala signal.

Pandangan mahasiswa terhadap *blended learning* positif. Tingkat kepuasan mahasiswa pada pembelajaran *blended learning* 100%, karena mereka akan mengaplikasikan pembelajaran *blended learning* untuk menunjang ketika nanti mengajar jika situasi dan kondisi sekolah memungkinkan.

3.5 Penerapan Blended Learning dan Kemudahan Komunikasi Dalam Perkuliahan

Penerapan *blended learning* pada perkuliahan Penilaian Pendidikan Fisika memberi dampak yang positif terhadap calon guru fisika. Dampak yang dirasakan terjadi interaksi yang intensif antara mahasiswa dan dosen pengampu. Keaktifan diskusi secara daring yang berkaitan dengan permasalahan ringan pada perkuliahan. Mahasiswa memiliki kebebasan bertanya pada dosen. Dosen menggunakan media ini untuk membagi file presentasi, materi perkuliahan, hingga pengumuman lain yang berkaitan dengan perkuliahan.

Penggunaan WA dalam group kelas sangat berperan untuk kecepatan dan keterbacaan informasi dosen ke mahasiswa. Bahkan berdasarkan wawancara pembelajaran menggunakan WA ini mahasiswa sangat tertarik dan akan menggunakan dalam pembelajaran nanti. Selain itu WA memberikan kemudahan dan keterbukaan dalam berkomunikasi antara mahasiswa dan dosen. Mahasiswa dengan mudah menyampaikan pendapatnya dan berkonsultasi dengan dosennya.

3.6 Penerapan Blended Learning untuk meningkatkan keahlian Literasi Mahasiswa dalam TIK

Penggunaan *Blended Learning* dalam perkuliahan Penilaian Pendidikan Fisika mahasiswa begitu antusias menggunakan perangkat TIK. Keantusiasan penggunaan TIK tampak pada penggunaan WA group kelas yang efektif menyampaikan informasi maupun interaksi dalam menyelesaikan tugas. Mahasiswa juga mulai diperkenalkan proses ujian secara daring pada pembelajaran *Blended Learning* untuk Ujian Tengah Semester (UTS) secara daring menggunakan aplikasi Google Formulir yang tersedia secara gratis.



Mahasiswa juga diperkenalkan menggunakan Sistem Manajemen Pembelajaran dikenal dengan LMS (*Learning Magement System*). LMS menggunakan edmodo, aplikasi ini mirip dengan facebook sehingga mahasiswa mudah berinteraksi dengan menggunakan edmodo. Kemudahan ini berbanding lurus dengan kwmudahan mahasiswa untuk mengaplikasikan edmodo dalam kegiatan belajarnya.

3.7 Penggunaan TIK dalam Pembelajaran di Kelas

Penggunaan TIK pada pembelajaran secara langsung menggunakan WA sebagai bahan penilaian teman sejawat dan mendapat respon yang positif dari mahasiswa. Kegiatan pembelajaran ini selanjutnya diobservasi oleh tim peneliti. Berdasarkan observasi dari observer menunjukkan adanya kecanggungan menggunakan WA sebagai fasilitas pada penilaian teman sejawat untuk pertama kali. Mahasiswa masih terlihat sibuk memberi penilaian sejawat yang tampil mempresentasikan hasil temuannya. Begitu juga sebaliknya, mahasiswa yang tampil cenderung membaca WA langsung sebelum mendengarkan saran dan masukan dari dosen. Pada kegiatan observasi pertama, dilakukan evaluasi pada akhir kegiatan observasi dan mendapatkan bahwa perlu adanya waktu jeda untuk pengajar sebelum memberikan masukan. Adanya peningkatan pemahaman mahasiswa menggunakan TIK dalam kegiatan pembelajaran terutama dalam mengecek dan mengevaluasi oresentasi dari teman sejawatnya. Pada kegiatan ini juga diketemukan mahasiswa masih sibuk menggunakan telepon pintarnya untuk kegiatan yang lain selama berlangsung pembelajaran.

Pemberian masukan dan kegiatan presentasi dilakukan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi pada pertemuan pertama. Penggunaan telepon pintar dalam kegiatan pembelajaran tidak ada batasan, namun dosen memberi masukan yang memungkinkan setiap mahasiswa tetap konsentrasi pada pembelajaran. Temuan yang didapat pada pertemuan kedua menunjukkan peningkatan kemampuan mahasiswa memberikan presentasi. Penambahan referensi dari seteiap penyampaian ide juga sudah menunjukkan peningkatan dari penampilan mahasiswa. Mahasiswa peserta perkuliahan juga menunjukkan peningkatan daya berpikir kritisnya dengan memanfaatkan telepon pintarnya untuk mengecek materi yang disampaikan oleh teman sejawatnya. Hal ini ditunjukkan adanya penilaian teman sejawat berdasarkan pengecekan langsung terhadap referensi yang digunakan. Temuan dalam kegiatan pembelajaran ini menunjukan bahwa, ketika ada kesalahan referensi, teman sejawat sudah memiliki akses terhadap referensi dapat langsung menunjukkan kurang tepatnya temannya dalam menggunakan referensi.



3.8 Pembahasan

Penelitian ini memberi gambaran padangan mahasiswa terhadap penerapan *blended learning* pada perkuliahan Penilaian Pendidikan Fisika. Pandangan mahasiswa sebelum dan sesudah dilaksanakan pembelajaran, walaupun perbedaan pandangan tidak dapat dipasangkan

Pandangan awal mahasiswa berperan penting untuk melanjutkan penelitian, dalam menetapkan strategi yang tepat menerapkan *blended learning* serta mengadaptasi hal-hal yang penting. Penggunaan *blended learning* dalam pembelajaran ini ditunjang oleh banyaknya mahasiswa yang memiliki telepon pintar dan sudah biasa berinteraksi dengan internet.

Pandangan akhir mahasiswa terhadap penerapan *blended learning* mahasiswa calon guru fisika menunjukkan respon positif dan termotivasi untuk dapat menerapkannya. Pandangan ini dipengaruhi bahwa akan ada perubahan zaman terutama penggunaan fasilitas TIK dalam kegiatan pembelajaran. Namun fakta yang menarik [11] menemukan bahwa mahasiswa lebih cenderung terbantu dengan pertemuan tatap muka langsung, penemuan ini berbeda dengan temuan di kelas penelitian yang dilakukan cenderung memilih *online* lebih membantu mahasiswa.

Peningkatan literasi penggunaan TIK bagi calon guru fisika dibantu dengan penggunaan WA. Penggunaan WA dalam kegiatan penilaian teman sejawat menunjukkan efek positif. Seperti yang diketemukan Khusaini (2016) yang menyatakan WA mempunyai dampak positif pada penilaian teman sejawat secara daring dan membantu mahasiswa belajar dengan baik. Penilaian dengan fasilitas TIK ini sudah terbukti membantu dalam kegiatan penilaian serta meningkatkan prestasi belajar [2], [9],[13], [3].

Penelitian ini perlu dikembangkan cakupannya, serta ditingkatkan jumlah kelas dan fasilitas yang digunakan dalam pembelajaran. Fasilitas interaksi, diskusi dan penyediaan bahan ajar *online*. Penelitian ke depan yang berkaitan dengan *blended learning* dapat difokuskan terhadap prestasi belajar sesuai dengan pendapat Garisson dan Kanuka (2004), sehingga memberi gambaran yang lebih jelas mengenai pembelajaran *blended learning*.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan beberapa potensi penerapan pembelajaran *blended learning* pada level mahasiswa, karena mahasiswa memiliki bekal yang cukup untuk mengikutinya karena mayoritas mahasiswa memiliki telepon pintar. Disamping itu mahasiswa sudah terbiasa melakukan aktivitas daring, kesiapan mental mahasiswa sebagai remaja akhir yang dewasa. Respon positif ditunjukkan mahasiswa terhadap keterlaksanaan pembelajaran *blended learning* menunjukkan potensi yang besar untuk penerapan *blended learning* pada masa mendatang. Penerapan *blended learning* memungkinkan mahasiswa untuk memperkaya bahan belajar serta fasilitas diskusi dan komunikasi baik dengan teman sejawat maupun dengan dosen pengampu.



Perbaikan serta peningkatan penelitian penerapan *blended learning* dapat dibuatkan laman khusus yang ringan dan mudah diakses. Penelitiann juga dapat dilakukan untuk mengetahui keefektifan pembelajaran *blended learning*.

Daftar Rujukan

- [1] Adeyemo, S. A. (2010). The Impact of Information and Communacation Technology (ICT) on Teaching and Learning of Physics. *International Journal of Educational Research and Technology*, 1(2), 48-59.
- [2] Anderson, L.S., Healy, A. F., Kole, J. A., & Bourne, L. E, (2013) The Clicker technique: cultivating efficient teaching and successful learning. *Applied Cognitive Psychology*, 27(2). 222-234.
- [3] Berry, J. (2009) Technology support in nursing education: Clickers in the classroom. *Nursing Education Perspectives*, 30(5), 295-298.
- [4] Brun, M., & HinOstroza, J. E. (2014) Learning to become a teacher in the 21 st century: ICT integration in initial Teaching education in Chile. *Educational Technology & Society*, 17(3), 222-238.
- [5] Chang, C. Y. & cheng, W. Y. (2008) Science zchievement and Students' Self-confidence and Interest in Science: A Taiwanese representative sample study. *International Journal of Science Education*, 30(9), 1183-1200.
- [6] Garrison, D.R., O. (2011) & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The internet and higher education*, 7(2), 95-105.
- [7] Kaware, S. S., & Sain, S. K. (2015) ICT Aplication in Education: An Overview. *International Journal of Multidiciplinary Approach& Studies* 2(1), 25-32.
- [8] Khusaini (2016).Online Peer-Assessment in Teaching Physics in English class for improving pre-service physics teachers learning. *Proceeding Of 3rd international cobference on Research, Implementation an Education of Education of mathematics and Science* Yogyakarta: FMIPA UNY.
- [9] Klein, K. & Kientz, M. (2013). A model for successful use of student response system. *Nursing education perspective*. 34 (5), 334-338.
- [10] Lee, S. M., Brescia, W., & Kissinger, D. (2009). Computer use and academic development in secondary schools, *Computer in the schools*, 26(3), 224-235.
- [11] Lopez-Perez. M.V., M. C., & Rodriguez-Ariza, L. (2011). Blended learning in higher education: Students' perceptions dan their relation to outcomes. *Computers & Educations*, 56(3) 818-826.
- [12] Megeid, N. S., A. (2014). E-learning versus blended learning in accounting courses. *Quarterly Review of Distance Education* 15(2), 35.
- [13] Segedy, J. R., Kinnebrew, J. S. & Biswas, G. (2013). The effect of contextualized conversational feedback in complex open-ended learning environment. *Educational Technology Research and Development*. 61(1), 71-89.



- [14] Wang, T. (2011). Designing for designing: Information and communication technologies (ICTs) and professional education. *International Journal of Art & Design Educational*, 30(2), 188-199.



PENGARUH IMPLEMENTASI *FORMATIVE FEEDBACK* BERBASIS WEB DENGAN MENGGUNAKAN BUTIR ISOMORFIK TERHADAP PENGUASAAN KONSEP FISIKA SISWA SMA POKOK BAHASAN: USAHA DAN ENERGI

Saila Alfiatin Nuha^{1,*}, Sentot Kusairi¹, Sujito¹

¹Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

***Email:** saila.alvi@gmail.com

Abstrak

Penguasaan konsep fisika pada materi usaha dan energi sangat penting dimiliki oleh siswa. Konsep usaha dan energi merupakan konsep dasar untuk memahami permasalahan gerak dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa penelitian sebelumnya menemukan kesulitan siswa memahami konsep usaha dan energi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan *formative feedback* yang cepat dan tepat pada siswa. Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh implementasi *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik terhadap penguasaan konsep fisika siswa. Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain penelitian *control group pretest-posttest*. Hasil uji hipotesis penelitian menggunakan uji *t-test one tailed*, menunjukkan bahwa penguasaan konsep fisika kelompok siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dari kelompok siswa pada kelas kontrol. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan *formative feedback* berbasis web dengan menggunakan butir isomorfik dapat memberikan pemahaman yang lebih baik kepada siswa.

Kata Kunci: *formative feedback*, asesmen formatif, isomorfik, *isomorphic problem*

1. Pendahuluan

Penguasaan konsep fisika merupakan suatu hal yang penting dimiliki oleh siswa. Penguasaan konsep fisika dapat mempengaruhi pola pikir bagaimana cara siswa menjelaskan fenomena yang ada di sekitarnya [9] dan melakukan penarikan kesimpulan [4]. Siswa dengan penguasaan konsep fisika yang baik akan mampu memecahkan permasalahan baik konseptual maupun matematis. Selain itu, siswa akan mampu menginterpretasikan permasalahan menggunakan bahasa mereka sendiri dan menyelesaikan permasalahan aplikasi dengan baik.

Energi merupakan konsep dasar fisika yang bersifat abstrak [11-13]. Singh & Schunn (2009) menyatakan bahwa mirip dengan konsep gaya dan gerak, energi merupakan konsep dasar fisika yang berguna untuk semua ilmu pengetahuan dan teknik [13]. Konsep usaha dan energi merupakan konsep dasar untuk memahami permasalahan gerak dalam kehidupan sehari-hari [8]. Oleh karena itu, penting bagi siswa untuk memiliki pemahaman atau penguasaan konsep usaha dan energi dengan baik. Beberapa penelitian sebelumnya menemukan beberapa kesulitan siswa dalam memahami konsep usaha dan energi. Barniol & Zavala (2014) menemukan



bahwa siswa kebingungan menentukan kerja yang dilakukan oleh komponen gaya tertentu [3]. Penelitian oleh Dalaklioglu, dkk (2015) menyimpulkan bahwa hanya 35% siswa (N=284) yang dapat menjawab dengan benar terkait konsep usaha dan energi, sebagian besar yang lain kesulitan dalam menggunakan hukum kekekalan energy [6]. Siswa mengalami kebingungan memahami energi sistem yang di dalamnya terdiri dari beberapa objek [13].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menangani permasalahan penguasaan konsep usaha dan energi siswa adalah pemberian *formative feedback*. Pemberian *formative feedback* sangat penting dalam proses pembelajaran. Pemberian *feedback* yang tepat sasaran akan memberikan dampak positif terhadap siswa. Siswa akan termotivasi untuk memperbaiki kesalahan, kekurangan, atau kelemahannya dalam memahami konsep dengan lebih baik. Hal tersebut didukung oleh beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya yang menyatakan bahwa pemberian balikan (*feedback*) dapat meningkatkan motivasi belajar sehingga siswa lebih percaya diri dan memperoleh pemahaman lebih baik [5,7,16]. Salah satu contoh lainnya adalah studi peningkatan hasil belajar yang dilakukan oleh Ajogbeje (2013) yang menyimpulkan bahwa pemberian *feedback* mempengaruhi prestasi belajar siswa [1]. Siswa yang diberikan penilaian formatif lengkap dengan *feedback*-nya memiliki rata-rata hasil belajar lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang tidak diberi *feedback* dalam penilaiannya. Perbandingan nilai-rata-rata dari studi tersebut mencapai 22,20:14,43 [1].

Pengembangan sarana penilaian formatif berbantuan komputer yang sekaligus dapat memberikan *feedback* kepada siswa telah banyak dikembangkan beberapa tahun terakhir. Salah satunya adalah aplikasi Try Out yang dikembangkan oleh Dr. Sentot Kusairi, M.Si. Melalui aplikasi ini, guru dan siswa dapat berinteraksi dalam hal penilaian dan pemberian *feedback*. Siswa diberikan akses oleh guru untuk mengerjakan soal-soal terkait materi yang disampaikan tiap pertemuan dan memperoleh *feedback* langsung setelah selesai mengerjakan semua soal. Menurut Irons (2008), *feedback* paling efektif adalah *feedback* yang diberikan beberapa menit setelah siswa menyelesaikan tugas [10]. Penggunaan aplikasi Try Out dalam penilaian formatif dapat menunjang pemberian *formative feedback* secara cepat dan tepat sasaran.

Penelitian lebih lanjut mengenai implementasi *formative feedback* berbasis web dengan bantuan aplikasi Try Out penting dilakukan. Hal ini karena penerapan *formative feedback* konvensional belum dapat memberikan *feedback* secara cepat dan tepat sasaran kepada masing-masing siswa. Besarnya kapasitas siswa dalam satu kelas dan waktu yang terbatas menjadi kendala dalam pemberian *formative feedback* secara konvensional. Jumlah siswa yang mencapai 30 orang atau lebih dalam satu kelas membuat guru memerlukan waktu yang cukup lama untuk memberikan *feedback* konvensional langsung secara cepat dan tepat kepada masing-masing siswa. Akibatnya tidak semua siswa mendapatkan *feedback* dari guru

dan memperoleh perbaikan pemahaman. Lebih jauh, hal tersebut menyebabkan rendahnya tingkat penguasaan konsep siswa.

Guru memerlukan suatu bentuk penilaian formatif yang mampu memberikan *feedback* untuk mendeteksi kesulitan atau tingkat pemahaman siswa secara jelas, sehingga adanya *feedback* dapat memberikan perbaikan untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa, serta dapat memotivasi siswa untuk belajar lebih baik. Penilaian formatif dengan menggunakan butir soal isomorfik merupakan salah satu jenis penilaian formatif yang dinilai akan lebih membantu siswa untuk mengetahui kekurangan atau kelemahan pemahamannya terhadap konsep fisika. Selain itu, penilaian formatif dengan menggunakan butir soal isomorfik juga dapat membantu guru dalam memberikan *feedback* yang lebih tepat untuk memperbaiki pemahaman atau melakukan program remedial secara lebih spesifik.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode ini bersifat menguji, yaitu menguji pengaruh satu atau lebih variabel terhadap variabel lainnya. Sugiyono (2016) menambahkan bahwa metode ini dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali [15]. Metode eksperimen dijalankan dengan menerapkan suatu perlakuan (*treatment*) tertentu pada sekelompok orang atau kelompok kemudian hasil penelitian tersebut dievaluasi.

Tabel 1 Tabel Rancangan Penelitian

Subjek	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	Y_1	X_E	Y_2
Kontrol	Y_1	X_K	Y_2

Keterangan :

Y_1 = *Pretest* yang sama untuk kedua kelompok

Y_2 = *Posttest* yang sama untuk kedua kelompok

X_E = Pembelajaran dengan pemberian *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik

X_K = Pembelajaran dengan pemberian tugas (penugasan)

Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan kuasi eksperimen dengan desain *control-group pretest-posttest design*, yang mana sekelompok subjek diambil dari populasi tertentu dan dilakukan *pretest* kemudian dikenai *treatment* secara berturut-turut. Setelah diberikan *treatment*, subjek tersebut diberikan *posttest* untuk mengukur hasil belajar pada kelompok tersebut. Evaluasi yang diberikan mengandung bobot yang sama. Perbedaan antara hasil *pretest* dengan *posttest* tersebut menunjukkan hasil dari perlakuan yang telah diberikan. Skema penelitian desain *control-group pretest-posttest design* adalah seperti **Tabel 1** [2].

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa MAN 1 Tulungagung. Populasi penelitian lebih rinci dapat diuraikan sebagai berikut :

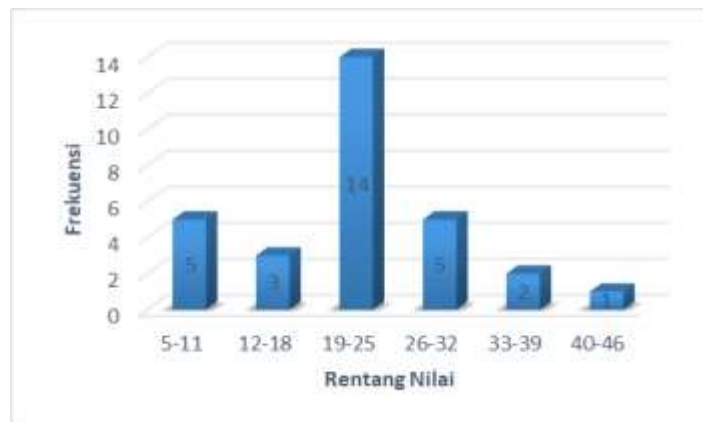
Populasi target : Seluruh siswa SMA di Indonesia

Populasi terjangkau : Seluruh siswa kelas X Program IPA (MIA) MAN 1 Tulungagung.

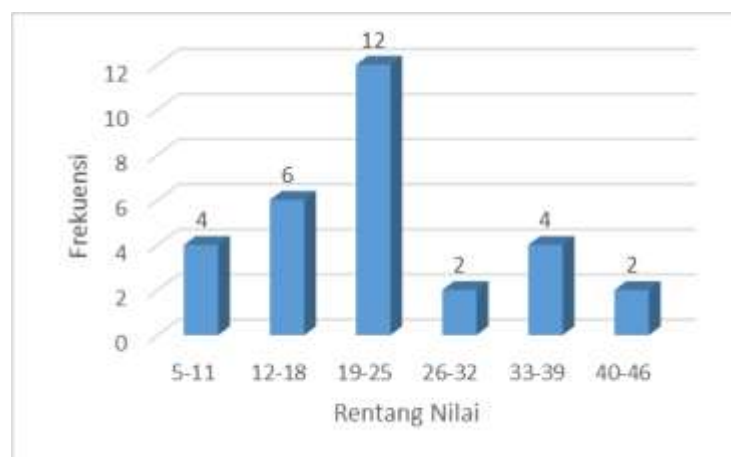
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua kelas dari kelas X MIA MAN 1 Tulungagung. Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cluster random sampling*. Dari sebanyak lima kelas X program IPA (MIA) MAN 1 Tulungagung diambil dua kelas secara acak untuk selanjutnya diteliti. Pengambilan sampel dilakukan secara acak karena semua kelas dianggap mempunyai tingkat kemampuan yang sama.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum diberikan perlakuan (*treatment*) penelitian, kelas kontrol dan kelas eksperimen diberi *pretest* yang sama untuk mengetahui kemampuan awal siswa. Berikut ini merupakan histogram hasil *pretest* penguasaan konsep fisika siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen.



Gambar 1. Histogram nilai *pretest* kelas kontrol



Gambar 2. Histogram nilai *pretest* kelas eksperimen

Gambar 1 dan 2 di atas menunjukkan rentang nilai hasil *pretest* kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kelas kontrol memiliki nilai terendah 5 dan kelas eksperimen memiliki nilai terendah 10. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa di kelas kontrol terdapat 5 orang siswa yang mendapat nilai pada rentang 5-11, 3 orang siswa pada rentang nilai 12-18, 14 orang siswa pada rentang 19-25, 5 orang siswa pada rentang 26-32, 2 orang siswa pada rentang 33-39, dan 1 orang siswa pada rentang nilai 40-46. Sedangkan pada kelas eksperimen, berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat 4 orang siswa yang memperoleh nilai *pretest* pada rentang nilai 5-11, 6 orang siswa pada rentang nilai 12-18, 12 orang siswa pada rentang nilai 19-25, 2 orang siswa pada rentang nilai 26-32, 4 orang siswa pada rentang 33-39, dan 2 orang siswa pada rentang nilai 40-46.

Ringkasan hasil *pretest* penguasaan konsep fisika dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Hasil *Pretest* Penguasaan Konsep Fisika

Variabel	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Siswa (N)	30	30
Nilai Rata-rata ($\bar{X}$)	22,67	22,00
Standar Deviasi (SD)	9,07	8,87

Uji kesamaan dua rata-rata kemampuan awal pada penelitian ini menggunakan uji-t. Uji-t dapat dilakukan setelah data *pretest* memenuhi uji prasyarat analisis parametrik. Ringkasan uji kesamaan dua rata-rata nilai *pretest* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Uji-t untuk Data *Pretest* Penguasaan Konsep Fisika

Kelas	N	$\bar{X}$	Sd	t_{hitung}	t_{tabel}
Eksperimen	30	22,67	9,072	0,289	1,671
Kontrol	30	22,00	8,972		

Dari data pada Tabel 3 diperoleh $t_{hitung} \leq t_{tabel}$ yaitu $0,289 \leq 1,671$ maka dapat disimpulkan bahwa penguasaan konsep fisika siswa pada materi usaha dan energi pada kelas eksperimen tidak lebih baik atau sama dengan kelas kontrol. Hal ini berarti kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kemampuan awal yang sama sebelum diberikan perlakuan pada masing-masing kelas. Setelah diberikan perlakuan (*treatment*) sesuai rancangan penelitian pada masing-masing kelas, kelas kontrol dan kelas eksperimen diberikan *posttest* yang sama.

Hasil penguasaan konsep fisika siswa pada kelas kontrol yang diambil melalui *posttest* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil *Posttest* Penguasaan Konsep Siswa Kelas Kontrol

Total siswa	30
Total nilai	1930
Nilai rata-rata	64,33
Simpangan baku (Sd)	13,692
Varians (s^2)	187,47

Tabel 4 menunjukkan bahwa kelas kontrol memiliki total siswa sebanyak 30 siswa. Nilai total siswa dalam menjawab soal *posttest* adalah 1930 dengan rata-rata nilai siswa dalam kelas kontrol adalah 64,33. Rerata kuadrat simpangan (varians) yang didapat di kelas kontrol adalah 187,47 dengan simpangan baku sebesar 13,692.

Sebaran hasil *posttest* penguasaan konsep yang diperoleh siswa kelas kontrol dapat dilihat melalui Tabel 5.

Tabel 5. Rentang Hasil Penguasaan Konsep 30 Siswa Kelas Kontrol

Nilai	f
40-47	5
48-55	4
56-63	6
64-71	5
72-79	4
80-87	6

Tabel 5 menunjukkan rentang hasil nilai *posttest* siswa kelas kontrol yang berjumlah 30 siswa. Terdapat 5 orang siswa dengan rentang nilai 40-47, 4 orang siswa mendapat nilai dengan rentang nilai 48-55, 6 orang siswa mendapat nilai dengan rentang 56-63, 5 orang siswa mendapat nilai dengan rentang nilai 64-72, 4 orang siswa mendapat nilai dengan rentang 72-79, dan 6 orang siswa mendapat nilai *posttest* dengan rentang nilai 80-87.

Sedangkan data hasil *posttest* pada kelas eksperimen dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil *Posttest* Penguasaan Konsep Siswa Kelas Eksperimen

Total siswa	30
Total nilai	2330
Nilai rata-rata	77,67
Simpangan baku (Sd)	13,3735
Varians (s^2)	178,85

Tabel 6 menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki total siswa sebanyak 30 siswa. Nilai total siswa dalam menjawab soal *posttest* adalah 2330 dengan rata-rata nilai siswa dalam kelas kontrol adalah 77,67. Rerata kuadrat simpangan



(varians) yang didapat di kelas kontrol adalah 178,85 dengan simpangan baku sebesar 13,3735.

Sebaran hasil *posttest* penguasaan konsep yang diperoleh siswa kelas eksperimen dapat dilihat melalui Tabel 7.

Tabel 7 Rentang Hasil Penguasaan Konsep 30 Siswa Kelas Eksperimen

Nilai	f
40-48	2
49-58	0
59-68	2
69-78	10
79-88	10
89-98	6

Tabel 7 di atas menunjukkan rentang hasil nilai *posttest* siswa kelas eksperimen yang berjumlah 30 siswa. Terdapat 2 orang siswa dengan rentang nilai 40-48, 0 orang siswa mendapat nilai dengan rentang nilai 49-58, 2 orang siswa mendapat nilai dengan rentang 59-68, 10 orang siswa mendapat nilai dengan rentang nilai 69-78, 10 orang siswa mendapat nilai dengan rentang 79-88, dan 6 orang siswa mendapat nilai *posttest* dengan rentang nilai 89-98.

Berdasarkan hasil uji prasyarat analisis, data *pretest* dan *posttest* kedua kelas normal dan homogeny sehingga dapat dilakukan uji hipotesis dengan menggunakan statistik parametrik uji-t.

Pengujian hipotesis menggunakan uji-t digunakan untuk menguji penguasaan konsep fisika siswa manakah yang lebih baik antara kelas eksperimen yang menerapkan pembelajaran dengan pemberian *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik dan kelas kontrol yang menerapkan pembelajaran dengan pemberian tugas (penugasan). Hipotesis yang digunakan dalam uji-t adalah sebagai berikut.

H_0 : hasil belajar kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik lebih kecil atau sama dengan kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan penugasan.

H_a : hasil belajar kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik lebih besar dari kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan penugasan.

Ringkasan perhitungan pengujian hipotesis nilai *posttest* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Ringkasan Uji-t untuk Data *Posttest* Penguasaan Konsep Fisika

Kelas	N	$\bar{X}$	Sd	t_{hitung}	t_{tabel}
Eksperimen	30	77,67	13,37	3,82	1,671
Kontrol	30	64,33	13,69		

Dari Tabel 8 diperoleh $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ yaitu $3,82 \geq 1,67$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, hal ini berarti kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik memiliki penguasaan konsep fisika yang lebih baik dibandingkan kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan penugasan.

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa tingkat pemahaman konsep atau penguasaan konsep kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan *formative feedback* lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok siswa yang diberikan pembelajaran dengan penugasan [1,5,7,14,16]. Menurut Whitelock (2015) hal tersebut dapat terjadi karena pemberian balikan (*feedback*) dapat meningkatkan motivasi belajar sehingga siswa lebih percaya diri dan memperoleh pemahaman lebih baik [16]. Selain itu, penggunaan butir soal isomorfik pada penelitian ini juga berperan penting dalam membantu guru mengetahui tingkat pemahaman siswa dan menentukan pemberian *feedback* yang lebih spesifik.

Berdasarkan hasil penelitian ini peneliti berharap pemberian *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik dapat dilanjutkan penerapannya oleh guru untuk meningkatkan pemahaman konsep atau penguasaan konsep fisika siswa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perolehan data dan uji hipotesis, hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penguasaan konsep fisika siswa pada kelas yang menerapkan pembelajaran dengan pemberian *formative feedback* berbasis web menggunakan butir isomorfik lebih tinggi daripada penguasaan konsep fisika siswa pada kelas yang menerapkan pembelajaran dengan pemberian tugas (penugasan).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Sentot Kusairi, M.Si dan Bapak Sujito, S.Pd, M.Si selaku dosen yang telah membimbing terlaksananya penelitian ini, kepada lembaga yang telah memberikan kontribusi pada data penelitian khususnya kepada Ibu Ernawati, S.Pd selaku guru Fisika MAN 1 Tulungagung yang telah membantu penulis memperoleh data penelitian.

Daftar Rujukan

- [1] Ajogbeje, Oke James. 2012. *Effect of Formative Testing with Feedback on Students' Achievement in Junior Secondary School Mathematics in Ondo State*



- Nigeria. *International Education Research Volume 1, Issue 2 (2013), 08-20 ISSN 2291-5273 E-ISSN 2291-5281.*
- [2] Arikunto, Suharsimi. 2009. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [3] Barniol, P., & Zavala, G. 2014. Force, velocity, and work: The effects of different contexts on students' understanding of vector concepts using isomorphic problems. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 10, 020115, DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.10.020115.
- [4] Brookes, David T. & Etkina, Eugenia. 2015. The Importance of Language in Students' Reasoning About Heat in Thermodynamic Processes. *International Journal of Science Education*, DOI: 10.1080/09500693.2015.1025246.
- [5] Chur-Hansen, A., & Leslie F. Koopowitz. 2005. Formative Feedback in Teaching Undergraduate Psychiatry. *Academic Psychiatry* 29.1:66.
- [6] Dalaklioglu, S., Demirci, N., & Sekercioglu, A.G. 2015. Eleventh Grade Students' Difficulties and Misconceptions About Energy and Momentum Concepts. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications* 6(1), 13-21.
- [7] Goldin, I.M., Martin T., Baker R., Aleven V., Barnes T. 2013. Formative Feedback in Interactive Learning Environments. In: Lane H.C., Yacef K., Mostow J., Pavlink P. (eds) *Artificial Intelligence in Education. AIED 2013. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7926, pp 946-946. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [8] Hermann-Abell, C.F., & DeBoer, G.E. 2011. Investigating Students' Understanding of Energy Transformation, Energy Transfer, and Conservation of Energy Using Standards-Based Assessment Items. In *NARST Annual Conference (pp. 1-13)*. Orlando, FL.
- [9] Hung, Woei, & Jonasses, David H. 2006. Conceptual Understanding of Casual Reasoning in Physics. *International Journal of Science Education*, 28:13, 1601-1621, DOI: 10.1080/09500690600560902.
- [10] Irons, Alastair. 2008. *Enhancing Learning Through Formative Assessment and Feedback*. New York: Routledge.
- [11] NGSS. 2013. *Next Generation Science Standards: For states, By States*. Washington DC: National Academies Press.
- [12] NRC. 2012. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington DC: National Academic Press.
- [13] Singh, C., & Schunn, C.D. 2009. Connecting Three Pivotal Concepts In K-12 Science State Standards And Maps Of Conceptual Growth To Research In Physics Education. *Journal of Physics Teacher Education Online* 5.2 (2009): 16-42.



- [14] E.W.N. Sofianto, Wartono, S. Kusairi. 2016. Pengaruh Balikan Formatif Terintegrasi Strategi Pembelajaran Diagram Vee Dan Kemampuan Awal Terhadap Penguasaan Konsep Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 12(2)(2016) 183-188, DOI:10.15294/jpfi.v12i2.4269.
- [15] Sugiyono. 2016. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- [16] Whitelock, Denise. 2015. Maximising Student Success with Automatic Formative Feedback for Both Teachers and Students. In: *Ras, Eric and Joosten-ten Brinke, Desiree eds. Computer Assisted Assessment. Research into E-Assessment. Communications in Computer and Information Science (571)*. Switzerland: Springer International Publishing, pp. 142–148.



PENGARUH PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN ICT TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH FLUIDA STATIS

Purbo Suwasono^{1,*}, Ella Puspitasari¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang

*Email: purbo.suwasono.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Rendahnya kemampuan pemecahan masalah pada materi fluida statis pada Mahasiswa Pendidikan Fisika menjadi landasan latar belakang penelitian ini. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh PBL berbantuan ICT terhadap kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pendidikan fisika angkatan tahun 2016/2017 pada materi fluida statis. Jenis penelitian ini adalah experiment quasi dengan desain penelitian pretest posttest control group design. Instrumen kemampuan pemecahan masalah diukur dengan tes. Analisis data pada penelitian ini menggunakan uji-t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata nilai kemampuan pemecahan masalah mahasiswa yang dibelajarkan dengan model PBL berbantuan ICT lebih tinggi daripada mahasiswa yang dibelajarkan dengan metode ceramah. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa PBL berbantuan ICT berpengaruh terhadap kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pendidikan fisika angkatan tahun 2016/2017 pada materi fluida statis.

Kata Kunci: Problem Based Learning, ICT, Kemampuan Pemecahan Masalah, Fluida Statis.

1. Pendahuluan

Pembelajaran di sekolah selama ini masih berpusat pada guru. Kurikulum 2013, mewajibkan, pembelajaran berpusat pada siswa. Kurikulum 2013 mewajibkan penerapan pembelajaran saintifik. Dengan demikian diperlukan strategi pembelajaran yang berpusat pada siswa. Model Problem Based Learning (PBL) adalah model pembelajaran yang dianjurkan oleh kurikulum 2013, karena model PBL mendukung pembelajaran berpusat pada siswa.

Berdasarkan Permendikbud No. 22 tahun 2016, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam mengajar dengan menggunakan scientific approach. Aspek tersebut diantaranya adalah dosen harus menyajikan pembelajaran yang dapat meningkatkan rasa keingintahuan (foster a sense of won-der), meningkatkan keterampilan mengamati (encourage observation), melatih melakukan analisis (push for analysis) dan komunikasi (require communication). Sudarwan (dalam Permendikbud No. 22 tahun 2016) juga menyatakan bahwa pendekatan saintifik dalam pembelajaran melibatkan aspek-aspek mengamati, menanya, mencoba, mengolah, menyajikan, menyimpulkan, dan mencipta untuk semua mata pelajaran. Berdasarkan kedua pendapat tersebut, maka pendekatan saintifik meliputi lima



pengalaman belajar yaitu mengamati, menanya, mengum-pulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasi.

Berdasarkan pengalaman dan hasil wawancara dengan salah satu Dosen Fisika Dasar pada tanggal 1 agustus 2016, model pembelajaran yang digunakan belum menggunakan pendekatan saintifik. Dosen masih menggunakan metode pembelajaran ceramah pada materi tertentu. Sehingga pada proses pembelajaran dosen belum efektif melatih kemampuan pemecahan masalah pada mahasiswa. Hal ini senada dengan pernyataan Brok dkk (2010:41), yang menyatakan bahwa pembelajaran ceramah tidak efektif dalam melatih kemampuan pemecahan masalah mahasiswa.

Kemampuan pemecahan masalah terdiri dari empat tahapan yaitu mengenali masalah, merencanakan strategi, menerapkan strategi, dan mengevaluasi solusi (Sujarwanto dkk, 2014:68). Hasil analisis kemampuan pemecahan masalah pada materi fluida statis menunjukkan bahwa 79,5% dari 39 mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan Tahun 2016/2017 belum memenuhi tahapan pemecahan masalah tersebut. Mahasiswa belum mencapai indikator identifikasi masalah berdasarkan konsep dasar pada tahap mengenali masalah dan membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan pada tahap merencanakan strategi. Berdasarkan hasil analisis tersebut nampak bahwa mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan Tahun 2016/2017 kurang memiliki kemampuan pemecahan masalah. Sementara itu kehidupan di masa depan menuntut kemampuan pemecahan masalah baru secara inovatif (Dwi dkk, 2013:9).

Salah satu model pembelajaran yang sesuai dengan ketentuan pendekatan saintifik dan efektif terhadap kemampuan pemecahan masalah adalah Problem Based Learning (PBL). Menurut Cotton (2011: 42) PBL mendorong mahasiswa untuk berpikir dan memecahkan masalah dalam waktu yang terbatas. Menurut Levin (dalam Tasoglu & Bakac, 2014:111) tujuan PBL adalah untuk menerapkan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, dan pengetahuan konten mengenai permasalahan-permasalahan di kehidupan nyata. Selain itu, keuntungan dari PBL adalah mahasiswa menjadi sadar akan bagaimana mereka mengolah pengetahuan yang telah diperoleh untuk diterapkan (Hallinger & Lu, 2011:269).

Menurut Permendikbud No. 22 tahun 2016 tentang standar proses sekolah menengah atas/ madrasah aliyah menyatakan bahwa PBL menantang peserta didik untuk “belajar bagaimana belajar” dan bekerja secara berkelompok untuk mencari solusi dari permasalahan dunia nyata. Walaupun permendikbud tersebut diterapkan pada level sekolah dasar dan menengah, tetapi implementasinya bias juga digunakan pada level pendidikan tinggi. Salah satu materi yang penerapan dan permasalahannya terdapat di kehidupan sehari-hari adalah fluida statis. Pada materi fluida statis, mahasiswa dapat mengamati permasalahan disekitarnya dan mempraktikannya untuk menemukan solusi yang tepat. Oleh karena itu materi fluida statis sesuai apabila dibelajarkan dengan menggunakan model PBL.



Selain model pembelajaran yang efektif, dalam proses pembelajaran juga dibutuhkan media pembelajaran yang mendukung. Dalam Permendikbud No. 22 tahun 2016 tentang pembelajaran pada pendidikan dasar dan pendidikan menengah menyatakan bahwa rencana pelaksanaan pembelajaran disusun dengan mempertimbangkan penerapan teknologi informasi dan komunikasi (Information and Communication Technology, ICT) secara terintegrasi, sistematis, dan efektif sesuai dengan situasi dan kondisi. Sehingga untuk memaksimalkan proses pembelajaran di kelas diperlukan media pembelajaran yang menerapkan ICT.

Tujuan dari penulisan artikel adalah untuk membuktikan bahwa Model PBL dengan ICT lebih mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dari siswa disbanding model konvensional. Dengan demikian, penggunaan model PBL dengan ICT yang dilakukan dengan tepat akan dapat mendukung kesuksesan pembelajaran (Yassin, dkk., 2011:47).

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian menggunakan eksperimen semu (quasi experiment). Dalam penelitian terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian adalah PBL berbantuan ICT. Variabel terikat yang akan diteliti adalah kemampuan pemecahan masalah. Desain penelitian yang digunakan yaitu pretest postes dua kelompok (pretest posttest control group design).

Populasi dalam penelitian adalah seluruh mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan Tahun 2016/2017. Dengan menggunakan proporsive random sampling, Sampel penelitian adalah mahasiswa offering B sebagai kelas kontrol, kelas eksperimen yaitu kelas AC. Instrumen yang dikembangkan untuk mengetahui kemampuan pemecahan masalah terdiri dari lima butir soal uraian. Tes diberikan pada mahasiswa di awal dan akhir perlakuan. Selanjutnya hasil uji coba dianalisis untuk diuji validitas dan reliabilitas. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu uji-t.

3. Hasil dan Pembahasan

Perbandingan rerata nilai pretest dan posttest kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen dan kontrol dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil uji normalitas pretest kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen adalah $\chi^2_{hitung} (3.536) < \chi^2_{tabel} (11.1)$ maka nilai pretest mahasiswa kelas eksperimen terdistribusi normal; uji normalitas pretest kemampuan pemecahan masalah kelas kontrol adalah $\chi^2_{hitung} (4.715) < \chi^2_{tabel} (11.1)$ maka data nilai pretest mahasiswa kelas kontrol terdistribusi normal; uji homogenitasnya menunjukkan $F_{hitung} = (0.73) < F_{tabel}(39;39;.05) = (1.69)$ maka nilai pretest mahasiswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dinyatakan homogen; sehingga dapat disimpulkan bahwa data diambil dari populasi yang terdistribusi normal dan homogen. Kemudian dilakukan uji kesamaan pretest kemampuan pemecahan

masalah yang menunjukkan ($t_{hitung} = 1.54 > 1.99 = t_{76;.05}$) yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan awal pada kedua kelas tersebut.

Tabel 1. Perbandingan Rerata Nilai Pretest dan Posttest kemampuan pemecahan masalah

No	Statistik	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	Jumlah Mahasiswa	39	39	39	39
2	Nilai Rata-rata	40.13	80.08	34.92	75,37
3	Standar Deviasi	9.47	7.90	11.07	6,43
4	Varians	89.68	62.44	122.56	41,34

Hasil uji normalitas posttest kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen adalah $\chi^2_{hitung} (2.312) < \chi^2_{tabel} (11.1)$ maka nilai posttest mahasiswa kelas eksperimen terdistribusi normal; uji normalitas posttest kemampuan pemecahan masalah kelas kontrol adalah $\chi^2_{hitung} (1.019) < \chi^2_{tabel} (11.1)$ maka data nilai posttest mahasiswa kelas kontrol terdistribusi normal; uji homogenitasnya menunjukkan $F_{hitung} (1.51) < F_{tabel}(39;39;.05) (1.69)$ maka nilai posttest mahasiswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dinyatakan homogen; sehingga dapat disimpulkan bahwa data diambil dari populasi yang terdistribusi normal dan homogen. Kemudian dilakukan uji hipotesis yang menunjukkan $t_{hitung} = 3.22 > t_{tabel} (76;.05) = 1.99$. H_0 ditolak artinya nilai rata-rata posttest kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen lebih baik daripada nilai rata-rata posttest kemampuan pemecahan masalah kelas kontrol. Oleh karena itu dapat dinyatakan model problem based learning berbantuan ICT lebih efektif dibandingkan dengan metode ceramah.

Hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah yang signifikan antara mahasiswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model PBL berbantuan ICT dan metode ceramah. Model PBL berbantuan ICT memberikan rerata nilai kemampuan pemecahan masalah yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode ceramah. Alasan yang mendasari tingginya rerata nilai kemampuan pemecahan masalah tersebut dapat ditinjau dari segi sintaks PBL berbantuan ICT.

Terdapat lima tahapan yang harus dilalui selama menerapkan model PBL berbantuan ICT, yaitu (1) mengorientasi mahasiswa pada masalah berbantuan ICT, (2) mengorganisasi mahasiswa untuk belajar dengan ICT, (3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok berbantuan ICT, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya berbantuan ICT, dan (5) menganalisis dan mengevaluasi



berbantuan ICT. Berdasarkan tahapan-tahapan tersebut tampak jelas bahwa mahasiswa berperan lebih aktif selama proses pembelajaran PBL berlangsung (Dewi, 2014).

Pada tahap orientasi masalah berbantuan ICT yaitu menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks pembelajaran yang disajikan dalam bentuk rekaman video pendek. Pada tahap ini mahasiswa dilatih untuk mengidentifikasi masalah dengan mengaitkan konsep dasar, membuat daftar besaran-besaran yang diketahui dan menentukan besaran-besaran yang ditanyakan dengan tepat. Sehingga mahasiswa yang dibelajarkan dengan PBL berbantuan ICT memiliki rerata kemampuan pemecahan masalah yang tinggi dibandingkan metode ceramah. Hal ini sesuai dengan pendapat Khoiri (2013) menyatakan bahwa dengan menghadirkan masalah dunia nyata berbantuan ICT maka mahasiswa lebih tertarik untuk mengidentifikasi masalah tersebut.

Pada tahap kedua pembelajaran model PBL berbantuan ICT yaitu dosen memberikan LKM dan referensi yang terkait dengan ICT berupa animasi dan alamat website yang dapat membantu mahasiswa dalam memecahkan masalah pada LKM. Pembelajaran dengan bantuan ICT ini juga didukung oleh Sorgo (2010) yang mengungkapkan dua peran penting yang ditugaskan untuk sekolah yaitu untuk memenuhi harapan masyarakat terkait tuntutan ketrampilan ICT dan untuk meningkatkan kualitas pendidikan dengan dukungan ICT.

Pada tahap membimbing penyelidikan individu maupun kelompok berbantuan ICT yaitu mahasiswa merencanakan pemecahan masalah dengan melakukan percobaan atau investigasi (diskusi kelompok) dengan bantuan ICT dan melakukan percobaan atau investigasi dengan aktivitas yang terorganisir dengan baik. Pada tahap ini mahasiswa dilatih membuat diagram bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan, menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah, mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan dan melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih. Oleh karena itu mahasiswa yang dibelajarkan dengan PBL berbantuan ICT memiliki rerata kemampuan pemecahan masalah yang tinggi dibandingkan metode ceramah. Hal ini sesuai dengan pendapat Dewi (2014) selama tahapan membimbing penyelidikan individu maupun kelompok berlangsung mahasiswa akan menggunakan kemampuan berpikirnya dan kemampuan dalam memecahkan permasalahan yang dihadapi.

Pada tahap mengembangkan dan menyajikan hasil karya berbantuan ICT yaitu mahasiswa mempersiapkan dan mempresentasikan produk yang merupakan solusi masalah dalam bentuk power point. Pada tahap menganalisis dan mengevaluasi berbantuan ICT yaitu dosen memberikan penguatan dan klarifikasi mengenai hasil pemecahan masalah yang telah dipresentasikan. Pada tahap ini mahasiswa dilatih mengevaluasi kesesuaian dengan konsep dan mengevaluasi satuan. Oleh karena itu mahasiswa yang dibelajarkan dengan PBL berbantuan ICT memiliki rerata kemampuan pemecahan masalah yang tinggi dibandingkan metode ceramah.



Berdasarkan pemaparan diatas, maka jelas bahwa model PBL berbantuan ICT mampu mengakomodasi indikator kemampuan pemecahan masalah mahasiswa. Menurut Fatimah (2012) pembelajaran yang mengakomodasi pemecahan masalah dapat melatih mahasiswa untuk berpikir divergen/kreatif dalam usaha mencetuskan sebanyak mungkin gagasan terhadap suatu masalah. Selain itu mahasiswa juga dilatih untuk berpikir secara konvergen dengan menggunakan penalaran-penalaran yang logis-kritis dalam mempertimbangkan atau merumuskan jawaban yang paling tepat. Oleh karena itu dengan berkembangnya kemampuan pemecahan masalah mahasiswa diharapkan dapat membangun pengetahuan matematis baru, memecahkan masalah baik yang terdapat dalam matematika, maupun konteks lain dengan menerapkan berbagai strategi yang cocok serta mampu merefleksi proses-proses yang telah dilakukan dalam memecahkan masalah.

Namun demikian penelitian ini memiliki kekurangan diantaranya yaitu pada tahap mengorganisasi mahasiswa untuk belajar dengan ICT, sedikitnya referensi alamat website yang dapat dikunjungi oleh mahasiswa sehingga dosen hendaknya memfasilitasi mahasiswa dengan alamat-alamat website agar mahasiswa dapat memanfaatkan ICT dengan maksimal. Selain itu juga terdapat kekurangan pada tahap membimbing penyelidikan individu maupun kelompok berbantuan ICT yang mana mahasiswa menggunakan pemanfaatan ICT untuk hal lain yang tidak terkait dengan pembelajaran sehingga dosen hendaknya benar-benar memantau dan memastikan mahasiswa ketika memanfaatkan ICT untuk mencari sumber informasi terkait pembelajaran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka diperoleh nilai rata-rata kemampuan pemecahan masalah materi fluida statis pada mahasiswa yang dibelajarkan dengan model problem based learning (PBL) berbantuan ICT lebih tinggi daripada mahasiswa yang dibelajarkan dengan metode ceramah. Hal ini menyebabkan terdapat perbedaan yang signifikan antara mahasiswa yang dibelajarkan dengan model PBL berbantuan ICT daripada mahasiswa yang dibelajarkan dengan metode ceramah. Dapat disimpulkan bahwa PBL berbantuan ICT berpengaruh terhadap kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pendidikan fisika angkatan 2016/2017 pada materi fluida statis. Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut. Pada tahap mengorganisasi mahasiswa untuk belajar dengan ICT, dosen hendaknya memfasilitasi mahasiswa dengan alamat-alamat website yang dapat dikunjungi oleh mahasiswa agar mahasiswa dapat memanfaatkan ICT dengan maksimal. Pada tahap mengembangkan dan menyajikan hasil, diperlukan waktu yang cukup untuk mahasiswa menyajikan hasil percobaan dan diskusi dalam bentuk power point. Oleh karena itu jika waktunya tidak memungkinkan dapat dijadikan tugas rumah dan dikumpulkan melalui email sehingga tetap memanfaatkan penggunaan ICT. .



Daftar Rujukan

- [1] Brok, P.D., Taconis, R. dan Fisher, D. 2010. How Well Do Science Teacher Do? Differences in Teacher-Student Interpersonal Behavior between Science Teachers and Teachers of Other (School) Subjects. *The Open Education Journal*, 3: 34-43
- [2] Cotton, C. 2011. Problem-Based learning in secondary science. *Issues*, 95, 42-43
Dewi . 2014. Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika melalui Pengendalian Bakat Numerik Siswa SMP. *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA*, 4
- [3] Dwi P. & Ratna B.. 2013. Pengaruh Strategi Problem Based Learning Berbasis Ict terhadap Pemahaman Konsep dan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9: 8-17
- [4] Fatimah, F. 2012. Kemampuan Komunikasi Matematis dan Pemecahan Masalah melalui Problem Based Learning. *Jurnal Pendidikan dan Evaluasi Pendidikan*, 16 (1): 249-259
- [5] Hallinger, P. & Lu, J. 2011. Implementing problem-based learning in higher education in Asia: challenges, strategies and effect. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 33(3): 267-285



MODEL HUBUNGAN PENGETAHUAN AWAL, MOTIVASI BELAJAR, DAN KREATIVITAS SISWA DENGAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH FISIKA SMA DALAM PEMBELAJARAN BERBASIS *INQUIRY*

Putri Utamining Lailatul Andhani^{1,*}, Supriyono Koes Handayanto¹, Asim¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

*Email: putriutamining@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan secara langsung pengetahuan awal dengan kemampuan pemecahan masalah; hubungan secara langsung motivasi belajar dengan kemampuan pemecahan masalah; hubungan tidak langsung pengetahuan awal dengan kemampuan pemecahan masalah melalui kreativitas siswa; hubungan tidak langsung motivasi belajar dengan kemampuan pemecahan masalah melalui kreativitas siswa; hubungan secara langsung kreativitas siswa dengan kemampuan pemecahan masalah; hubungan secara simultan pengetahuan awal, motivasi belajar, dan kreativitas siswa dengan kemampuan pemecahan masalah; hubungan secara langsung pengetahuan awal dengan kreativitas siswa; hubungan secara langsung motivasi belajar dengan kreativitas siswa; dan hubungan secara simultan pengetahuan awal dan motivasi belajar dengan kreativitas siswa. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif korelasional dengan pendekatan kuantitatif dan teknik analisis jalur. Subjek penelitian adalah siswa kelas X IPA 1 dan X IPA 3 SMAN 1 Suboh Kabupaten Situbondo yang dipilih secara *purposive sampling*. Instrumen yang digunakan berupa angket dan tes. Analisis data yang digunakan adalah analisis statistik deskriptif dengan *SPSS 16.00 for Windows* dan analisis jalur (*path analysis*) dengan *Lisrel 8.80 (Student Edition)*. Hasil analisis jalur menunjukkan bahwa pengetahuan awal tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan kemampuan pemecahan masalah baik secara langsung maupun tidak langsung melalui kreativitas siswa; tidak terdapat hubungan langsung yang signifikan motivasi belajar dengan kemampuan pemecahan masalah; tidak terdapat hubungan langsung yang signifikan pengetahuan awal dengan kreativitas siswa, hasil yang diperoleh tersebut dikarenakan nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$.

Kata Kunci: pengetahuan awal, motivasi belajar, kreativitas siswa, kemampuan pemecahan masalah.

1. Pendahuluan

Salah satu tujuan dirancangnya Kurikulum 2013 yaitu untuk mengembangkan potensi siswa berpikir reflektif untuk memecahkan suatu permasalahan yang dihadapi di masyarakat. Kemampuan pemecahan masalah fisika menjadi salah satu tuntutan dalam pelajaran fisika menurut Kurikulum 2013. Salah satu tujuan adanya pelajaran fisika di SMA pada Kurikulum 2013 yaitu mengembangkan kemampuan bernalar dengan menggunakan konsep dan prinsip fisika untuk menyelesaikan



masalah fisika secara kualitatif dan kuantitatif. Kurikulum 2013 menghendaki proses pembelajaran dengan pendekatan saintifik yaitu dengan menggunakan model pembelajaran berbasis *inquiry*.

Pembelajaran *inquiry* dapat berpengaruh pada kemampuan pemecahan masalah, karena dalam pembelajaran *inquiry* siswa diibaratkan sebagai seorang ilmuwan yang sedang memecahkan suatu permasalahan dan berupaya untuk menemukan jawaban-jawaban tentang permasalahan yang diajukan oleh guru di kelas. Latihan inkuiri dapat meningkatkan pemahaman sains, produktif dalam berpikir kreatif, dan siswa menjadi terampil dalam memperoleh dan menganalisis informasi atau memecahkan masalah [1]. Kemampuan pemecahan masalah tidak hanya dipengaruhi oleh model pembelajaran, tetapi juga faktor yang berasal dari diri siswa. Faktor yang ada dalam diri siswa itu meliputi pengetahuan awal, bakat, minat, motivasi, kreativitas, kepercayaan diri, dan sikap.

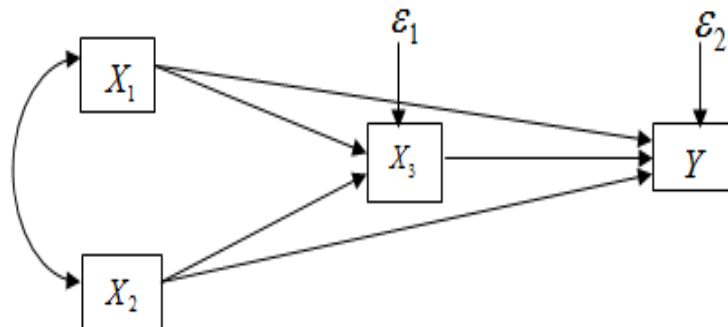
Pengetahuan awal salah satu faktor yang berpengaruh pada kemampuan pemecahan masalah. Pengetahuan awal berperan penting terhadap kemampuan pemecahan masalah [2]. Siswa akan memiliki kemampuan pemecahan masalah tinggi, jika didasari pengetahuan awal yang kuat. Selain pengetahuan awal, motivasi merupakan faktor yang berpengaruh terhadap berhasil tidaknya suatu pemecahan masalah yang dilakukan oleh seseorang [3]. Motivasi terjadi apabila seseorang memiliki kemauan untuk melakukan suatu kegiatan guna mencapai tujuannya. Dengan demikian motivasi belajar berpengaruh pada kemampuan pemecahan masalah.

Motivasi dalam diri seseorang maupun dari luar merupakan faktor utama dari kreativitas berdasarkan pendekatan empat P [4]. Selain itu, model pembelajaran inkuiri dapat digunakan untuk mengembangkan kreativitas, sebab dalam proses pembelajaran model inkuiri, guru membimbing masalah dan siswa memulai untuk berpikir dan bergerak, siswa diberikan kebebasan untuk mengeksplorasi jawaban yang memungkinkan [5]. Kreativitas dikembangkan untuk memperoleh kesempatan mengaplikasikan pengetahuan dalam memecahkan masalah yang mereka dihadapi. Dengan demikian kreativitas berpengaruh pada kemampuan pemecahan masalah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif korelasional dengan pendekatan kuantitatif dan teknik analisis jalur. Penelitian ini melibatkan teori, fakta, dan kenyataan yang ada dengan penekanan pada penemuan model struktural (jalur) hubungan antarvariabel yang dikaji dan menghitung koefisien jalurnya. Analisis jalur merupakan suatu teknik untuk menganalisis hubungan sebab akibat yang terjadi pada regresi linier berganda jika variabel eksogen mempengaruhi variabel endogen tidak hanya secara langsung tetapi juga secara tidak langsung [6]. Penelitian ini mengkaji hubungan dan pengaruh antarvariabel pengetahuan awal (X_1) dan motivasi belajar (X_2) sebagai variabel bebas (eksogen), kreativitas siswa (X_3) sebagai variabel *moderator*, dan kemampuan pemecahan masalah (Y) sebagai variabel terikatnya

(endogen). Adapun gambaran rancangan model penelitian yang diajukan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Rancangan Penelitian

Keterangan Gambar:

X_1 = Pengetahuan Awal

X_2 = Motivasi Belajar

X_3 = Kreativitas Siswa

Y = Kemampuan Pemecahan Masalah

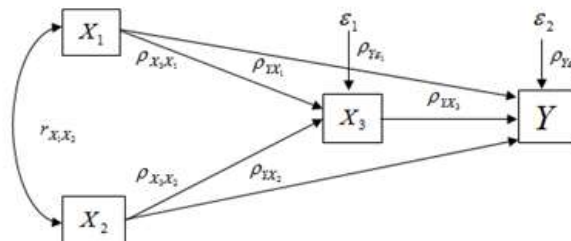
Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X IPA SMA Negeri 1 Suboh Kabupaten Situbondo tahun ajaran 2016/2017 semester genap yang terbagi kedalam 4 kelas X IPA. Sampel dalam penelitian ini adalah siswa kelas X IPA 1 dan X IPA 3 SMAN 1 Suboh Kabupaten Situbondo yang dipilih secara *purposive sampling*.

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan angket dan tes. Instrumen angket digunakan untuk mengumpulkan data motivasi belajar siswa pada mata pelajaran fisika. Sebelum instrumen angket digunakan data instrumen angket tersebut dilakukan uji validitas isi, validitas konstruk, validitas empiris dan reliabilitasnya agar dapat mendapatkan instrumen yang valid dan reliabel. Sedangkan instrumen tes digunakan untuk mengumpulkan data pengetahuan awal, kreativitas siswa, dan kemampuan pemecahan masalah.

Pengetahuan awal siswa diukur dengan menggunakan tes pengetahuan awal berupa soal pilihan ganda materi prasyarat usaha dan energi, yang terdiri dari gerak lurus, gerak melingkar, dan Hukum Newton. Sebelum instrumen tes pengetahuan awal digunakan butir soal ini diuji coba terlebih dahulu untuk menentukan validitas isi, validitas konstruk, validitas empiris, taraf kesukaran, daya pembeda dan reliabilitas soal. Sedangkan untuk kreativitas siswa dan kemampuan pemecahan masalah diukur melalui tes tertulis yaitu dengan menggunakan tes kreativitas siswa dan tes kemampuan pemecahan masalah berupa soal uraian materi usaha dan energi. Kreativitas yang dimaksud dalam penelitian ini terdiri dari empat indikator meliputi kelancaran, keluwesan, elaborasi, dan orisinal. Kemampuan pemecahan masalah yang dimaksud dalam penelitian ini terdiri dari empat indikator meliputi *defining the problem*, *solution generation*, *devising a plan in order to solve the*

problem, dan *predicting consequences of the solution on the problem*. Sebelum instrumen tes kreativitas siswa dan tes kemampuan pemecahan masalah digunakan butir soal ini diuji coba terlebih dahulu untuk menentukan validitas isi, validitas konstruk, validitas empiris, dan reliabilitas soal.

Analisis data yang digunakan dalam menganalisis data penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif dengan *SPSS 16.00 for Windows* untuk mendeskripsikan data variabel dan analisis jalur (*path analysis*) dengan menggunakan program *Lisrel 8.80 (Student Edition)*. Analisis jalur digunakan untuk melukiskan dan menguji model hubungan antar variabel yang berbentuk sebab-akibat atau kausal [7]. Hubungan kausal disusun dalam bentuk model hipotetik yang didasarkan pada substansi keilmuan yaitu landasan teoritis dan atau pengalaman peneliti [1]. Teknik analisis jalur digunakan untuk menguji besarnya sumbangan (kontribusi) yang ditunjukkan oleh koefisien jalur pada setiap diagram jalur dari hubungan kausal antarvariabel X_1 , X_2 , dan X_3 terhadap Y . Analisis korelasi dan regresi merupakan dasar dari perhitungan koefisien jalur. Dalam analisis jalur sebelum melakukan analisis suatu penelitian hubungan sebab akibat, terlebih dahulu membuat diagram jalur yang digunakan untuk merepresentasikan permasalahan dalam bentuk gambar dan menentukan persamaan struktural yang menyatakan hubungan antar variabel pada diagram jalur tersebut. Diagram jalur dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Jalur Model Hubungan Kausal dari X_1 , X_2 , dan X_3 ke Y

Berdasarkan model diagram jalur pada Gambar 2 dapat dibuat persamaan struktural sebagai berikut.

$$X_3 = \rho_{X_3X_1} X_1 + \rho_{X_3X_2} X_2 + \varepsilon_1$$

$$Y = \rho_{YX_1} X_1 + \rho_{YX_2} X_2 + \rho_{YX_3} X_3 + \varepsilon_2$$

Hubungan antar variabel yang dapat digambarkan oleh diagram jalur mengisyaratkan beberapa keadaan yang dapat dibagi menjadi dua yaitu pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung. Pada Gambar 2 pengaruh langsung ditunjukkan oleh pengaruh dari X_1 dan X_2 terhadap X_3 , X_1 , X_2 , dan X_3 terhadap Y . Besarnya pengaruh langsung pada Gambar 2 ditunjukkan oleh $\rho_{X_3X_1}$, $\rho_{X_3X_2}$, ρ_{YX_1} , ρ_{YX_2} , dan ρ_{YX_3} . Pada Gambar 2 pengaruh tidak langsung ditunjukkan oleh pengaruh dari X_1 dan X_2 terhadap Y yaitu harus melalui X_3 . Besarnya

pengaruh tidak langsung pada Gambar 2 diatas ditunjukkan oleh $\rho_{X_3X_1} \cdot \rho_{YX_3}$ dan $\rho_{X_3X_2} \cdot \rho_{YX_3}$.

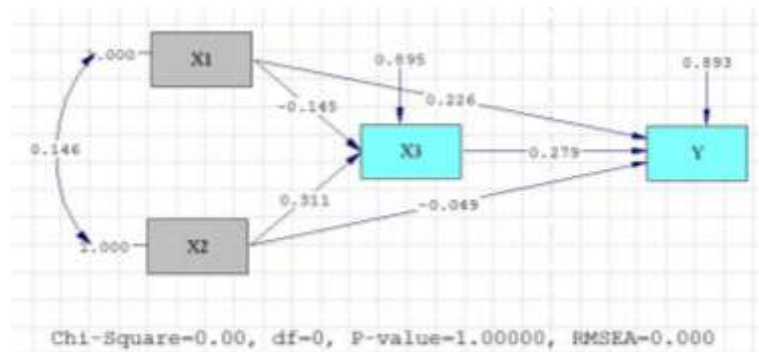
Langkah selanjutnya dalam analisis jalur adalah menentukan koefisien jalur. Besarnya pengaruh langsung dari variabel eksogen terhadap variabel endogen dinyatakan oleh besarnya nilai numerik koefisien jalur dari variabel eksogen ke variabel endogen tersebut. Dalam korelasi arah dan kuatnya hubungan antarvariabel ditunjukkan dengan koefisien korelasi. Arah hubungan adalah positif dan negatif, sedangkan kuatnya hubungan ditunjukkan dengan besar kecilnya angka korelasi. Koefisien korelasi yang mendekati angka 1 berarti kedua variabel mempunyai hubungan kuat atau sempurna [8]. Pada Gambar 2 hubungan antara X_1 dan X_2 adalah hubungan korelasional. Intensitas keeratan hubungan tersebut dinyatakan oleh besarnya koefisien korelasi $r_{X_1X_2}$. Hubungan antara X_1 dan X_2 ke X_3 adalah hubungan kausal demikian juga hubungan antara X_1, X_2 , dan X_3 ke Y . Besarnya pengaruh langsung dari X_1 ke X_3 , X_2 ke X_3 , X_1 ke Y , X_2 ke Y , dan X_3 ke Y , masing-masing dinyatakan oleh besarnya nilai numerik koefisien jalur $\rho_{X_3X_1}$, $\rho_{X_3X_2}$, ρ_{YX_1} , ρ_{YX_2} , dan ρ_{YX_3} . Koefisien jalur $\rho_{X_3\epsilon_2}$ menggambarkan besarnya pengaruh langsung variabel galat ϵ_1 terhadap X_3 dan koefisien jalur $\rho_{Y\epsilon_1}$ menggambarkan besarnya pengaruh langsung variabel galat ϵ_2 terhadap Y .

3. Hasil dan Pembahasan

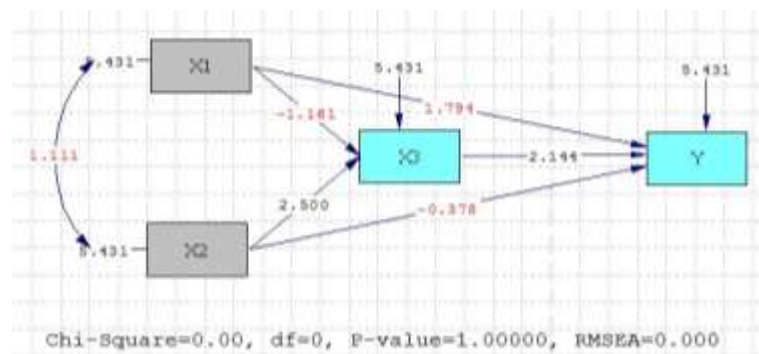
Hasil analisis deskriptif dengan program *SPSS 16.00 for Windows* setiap variabel yang diteliti seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil analisis jalur dengan menggunakan program *Lisrel 8.80 (Student Edition)* diperoleh nilai koefisien jalur dan nilai *thitung* seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 1. Deskripsi Data Hasil Penelitian Program *SPSS 16.00 for Windows*

Variabel	Rata-rata Skor	Prediksi
Pengetahuan Awal	71,00	Rendah
Motivasi Belajar	85,08	Rendah
Kreativitas Siswa	53,87	Tinggi
Kemampuan Pemecahan Masalah	66,19	Tinggi



Gambar 3. Diagram Jalur yang Menunjukkan Nilai Koefisien Jalur



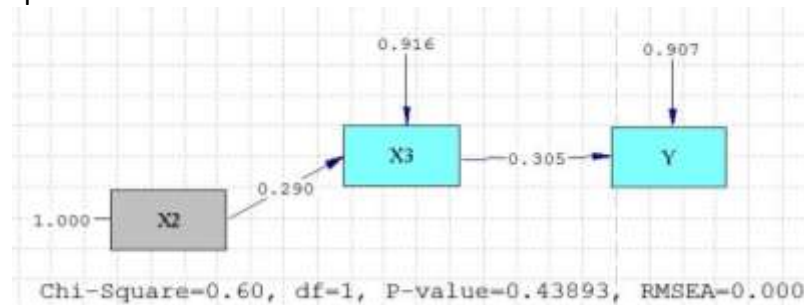
Gambar 4. Diagram Jalur yang Menunjukkan Nilai t_{hitung}

Berdasarkan koefisien jalur, dapat dibuat rangkuman dekomposisi dari koefisien jalur seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Dekomposisi dari Koefisien Jalur

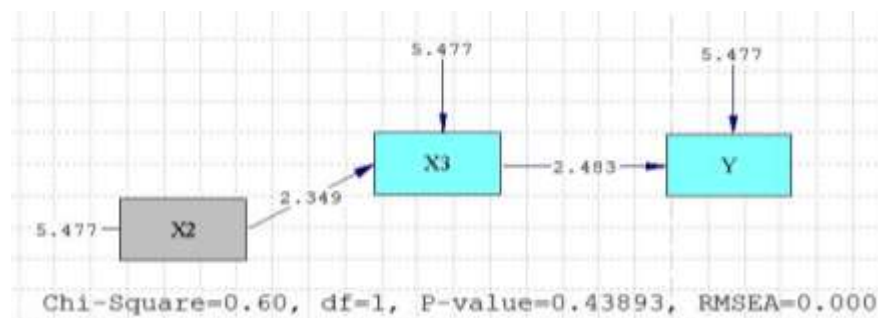
Variabel	Hubungan		Sisa ε_1 dan ε_2	Total
	Langsung	Tidak Langsung Melalui Variabel X_3		
X_1 dengan Y	0,226	-	-	0,226
	-	$((-0,145) \times 0,279)$	-	-0,040
X_2 dengan Y	-0,049	-	-	-0,049
	-	$(0,311 \times 0,279)$	-	0,087
X_3 dengan Y	0,279	-	-	0,279
X_1, X_2 , dan X_3 dengan Y	0,107	-	0,893	1,000
X_1 dengan X_3	-0,145	-	-	-0,145
X_2 dengan X_3	0,311	-	-	0,311
X_1 dan X_2 dengan X_3	0,105	-	0,895	1,000

Setelah melalui proses penelitian dan memperoleh hasil-hasil penelitian berdasarkan analisis-analisis data dan pengujian-pengujian hipotesis yang dilakukan, dapat disusun mengenai hubungan kausal antarvariabel yang signifikan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Empiris Hubungan Kausal antarvariabel Penelitian

Selanjutnya diperoleh nilai t_{hitung} seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Empiris Hubungan Kausal antarvariabel Penelitian dengan t_{hitung}

Hasil analisis menunjukkan bahwa pengetahuan awal (X_1) tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kemampuan pemecahan masalah (Y) baik secara langsung maupun tidak langsung melalui kreativitas siswa (X_3); pengetahuan awal (X_1) tidak memiliki hubungan langsung yang signifikan dengan kreativitas siswa (X_3); serta motivasi belajar (X_2) tidak memiliki hubungan langsung yang signifikan dengan kemampuan pemecahan masalah (Y). Kondisi tersebut berbeda dengan yang digambarkan pada model rancangan penelitian (Gambar 1). Pada diagram tersebut diasumsikan berdasarkan kajian teori bahwa pengetahuan awal (X_1) memiliki hubungan dengan kemampuan pemecahan masalah (Y) baik secara langsung maupun tidak langsung melalui kreativitas siswa (X_3); pengetahuan awal (X_1) memiliki hubungan langsung dengan kreativitas siswa (X_3); serta motivasi belajar (X_2) memiliki hubungan langsung dengan kemampuan pemecahan masalah (Y). Tidak signifikannya hubungan pengetahuan awal dengan kemampuan pemecahan masalah maupun dengan kreativitas siswa dalam penelitian ini disebabkan karena siswa masih belum ada persiapan untuk mengerjakan tes. Hal ini mungkin



disebabkan beberapa faktor diantaranya waktu dalam mengerjakan soal pengetahuan awal yang terlalu singkat, sehingga hasilnya kurang maksimal serta siswa yang belum terbiasa dengan soal berupa tes prasyarat. Siswa lebih terbiasa dengan soal yang monoton sehingga siswa jarang untuk berpikir divergen (kreatif). Sehingga berdasarkan penelitian ini pengetahuan awal masih belum memberikan sumbangan kepada kreativitas siswa untuk mendorong kemampuan pemecahan masalah. Motivasi belajar secara langsung juga tidak terdapat hubungan signifikan dengan kemampuan pemecahan masalah, karena motivasi setiap siswa tidak sama kuatnya antara siswa yang satu dengan yang lainnya sehingga ini sangat berpengaruh dengan keinginan dan kemauan setiap siswa untuk mencapai tujuan yang dikehendaki. Tujuan yang dikehendaki dapat menyelesaikan berbagai macam soal tes kemampuan pemecahan masalah.

Berdasarkan model akhir analisis jalur mengenai hubungan kausal antarvariabel yang signifikan yang ditunjukkan pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa 1) Motivasi Belajar (X_2) memiliki hubungan secara tidak langsung dengan Kemampuan Pemecahan Masalah (Y) melalui Kreativitas Siswa (X_3); 2) Motivasi Belajar (X_2) memiliki hubungan secara langsung dengan Kreativitas Siswa (X_3); 3) Kreativitas Siswa (X_3) memiliki hubungan langsung dengan Kemampuan Pemecahan Masalah (Y); dan 4) Motivasi Belajar (X_2) dan Kreativitas Siswa (X_3) memiliki hubungan secara simultan dengan Kemampuan Pemecahan Masalah (Y).

Uraian tersebut menjelaskan bahwa motivasi belajar dan kreativitas siswa secara simultan memiliki hubungan dengan kemampuan pemecahan masalah. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,105 atau 10,5%. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa motivasi belajar dan kreativitas siswa secara bersama-sama dapat memberikan sumbangan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah. Sedangkan sisanya ($100\% - 10,5\% = 89,5\%$) adalah kemungkinan terdapat variabel-variabel lain yang mempengaruhi kemampuan pemecahan masalah. Variabel lain tersebut adalah seperti kepercayaan diri, sikap, bakat, dan minat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut (1) tidak terdapat hubungan langsung yang signifikan pengetahuan awal dengan kemampuan pemecahan masalah; (2) tidak terdapat hubungan langsung yang signifikan motivasi belajar dengan kemampuan pemecahan masalah; (3) tidak terdapat hubungan tidak langsung yang signifikan pengetahuan awal dengan kemampuan pemecahan masalah melalui kreativitas siswa; (4) terdapat hubungan tidak langsung yang signifikan motivasi belajar dengan kemampuan pemecahan masalah melalui kreativitas siswa; (5) terdapat hubungan langsung yang signifikan kreativitas siswa dengan kemampuan pemecahan masalah; (6) terdapat hubungan yang signifikan pengetahuan awal, motivasi belajar, dan kreativitas siswa secara simultan dengan kemampuan pemecahan masalah; (7) tidak terdapat hubungan



langsung yang signifikan pengetahuan awal dengan kreativitas siswa; (8) terdapat hubungan langsung yang signifikan motivasi belajar dengan kreativitas siswa; dan (9) terdapat hubungan yang signifikan pengetahuan awal dan motivasi belajar secara simultan dengan kreativitas siswa.

Daftar Rujukan

- [1] Joyce, B., Weil, M., Calhoun, E. 2009. *Model of Teaching* (7th ed). Boston: Pearson Education, Inc.
- [2] Zakaria, E. & Yusoff, N. 2009. Attitudes and problem-solving skills in algebra among Malaysian matriculation college students. *European Journal of Social Sciences*, 8 (2): 232-245.
- [3] Rakhmat, DJ. 2001. *Psikologi Komunikasi*. Edisi Revisi. Bandung: CV. Remaja Rosdakarya.
- [4] Munandar, S.C.U. 2009. *Pengembangan Kreativitas Anak Berbakat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [5] Metzler, M.I.K. 2000. *Intructional Models for Physical Education*. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- [6] Ghozali, I. 2008. Model Persamaan Struktural Konsep dan Aplikasi dengan Program Amos 16.0. Semarang: UNDIP.
- [7] Rakhmat, DJ. 2001. *Psikologi Komunikasi*. Edisi Revisi. Bandung: CV. Remaja Rosdakarya.



HUBUNGAN ANTARA PENGUASAAN KONSEP DENGAN KEMAMPUAN MEMBUAT PENJELASAN ILMIAH SISWA PADA TOPIK FLUIDA STATIS

Maria Chandra Sutarja^{1,*}, Sutopo¹, Eny Latifah¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5, Malang, Kota, 65145, Indonesia

*Email: maria.c.sutarja@gmail.com

Abstrak

Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui hubungan antara penguasaan konsep dengan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah pada topik fluida statis. Penelitian yang dilakukan dengan metode kuantitatif korelasional pada 55 siswa SMA kelas XI salah satu sekolah negeri di Kabupaten Lamongan ini menggunakan instrumen penguasaan konsep dan kemampuan membuat penjelasan ilmiah, yang memiliki nilai reliabilitas secara berturut-turut sebesar 0,814 dan 0,815. Diperoleh nilai $r = (53) = 0,845$, $p = 0,000$ dengan kesimpulan terdapat korelasi antara kedua variabel tersebut. Berdasarkan analisis regresi linier, penguasaan konsep siswa memiliki kontribusi sebesar 70% dalam kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah.

Kata Kunci: penguasaan konsep, penjelasan ilmiah, fluida statis

1. Pendahuluan

Penjelasan ilmiah merupakan inti dari pengetahuan. Hipotesis disusun, eksperimen dilakukan, pola-pola fenomena diamati, untuk menyusun penjelasan ilmiah. Penjelasan ilmiah mengaitkan antara suatu klaim dengan bukti-bukti yang ada [1]. Bukti yang digunakan dapat berupa data maupun konsep yang berkaitan dengan fenomena yang dijelaskan [2]. Penjelasan yang disusun bersifat prediktif dan generatif [3]. Prediktif untuk pola-pola berikutnya, sehingga dapat digunakan sebagai dasar antisipasi pola berikutnya. Generatif, sehingga dapat digunakan sebagai dasar-dasar penjelasan ilmiah fenomena lain berikutnya.

Kemampuan membuat penjelasan ilmiah merupakan kemampuan yang penting untuk dikuasai siswa, khususnya pada abad ke-21 ini, karena informasi tersebar dengan bebas dan cepat. Kemampuan membuat penjelasan ilmiah, yakni kemampuan untuk mengumpulkan bukti yang relevan ketika menyatakan suatu klaim [1-2], merupakan kemampuan yang penting untuk dimiliki siswa, yang akhirnya memilih bidang sains maupun tidak. Kemampuan tersebut melindungi siswa untuk menjadi komunitas masyarakat yang bijak dalam mempercayai suatu informasi [4]. Dalam pelaksanaan latihan penyusunan membuat penjelasan ilmiah, siswa juga memperoleh pengetahuan bagaimana suatu pengetahuan dikonstruksi [5]. Satu sama lain mencari bukti untuk mendukung klaim yang dinyatakan, melalui pengamatan fenomena, atau pengujian hipotesis.



Pada topik fluida statis, ditemukan beberapa kasus yang menunjukkan bahwa siswa belum mampu membuat penjelasan ilmiah dengan baik. Siswa menjelaskan bahwa tekanan hidrostatis bernilai lebih besar pada dasar bejana dengan volume air terbesar [6-9]. Pada hukum Pascal, siswa menyatakan klaim bahwa ketika salah satu piston pada bejana berhubungan ditekan, maka air akan naik lebih tinggi pada bejana dengan luas permukaan lebih sempit [10]. Klaim tersebut didasarkan pada bukti bahwa ketika volume yang dipindahkan sama besar, maka bejana dengan luas permukaan lebih kecil akan mengalami kenaikan air yang lebih besar dibandingkan yang lain. Sebagian besar siswa juga belum mampu menjelaskan besar gaya apung yang dialami oleh benda dalam keadaan terapung, melayang, melayang, dan tenggelam [10-12]. Ketidakmampuan dalam menjelaskan fenomena-fenomena tersebut tentunya disebabkan oleh ketidakmampuan pada aspek tertentu.

Temuan-temuan sebelumnya [1,5,13] mengidentifikasi kemampuan bernalar (*reason*) sebagai alasan utama kesulitan siswa dalam membuat penjelasan ilmiah. *Reason* didefinisikan sebagai kemampuan membuat justifikasi, bagaimana suatu konsep digunakan untuk mengumpulkan bukti yang berkaitan, ketika menyatakan suatu klaim [1,5,13,14]. Kesulitan tersebut dapat diidentifikasi sebagai kesulitan dalam penguasaan konsep, karena menguasai konsep berarti menggunakan pengetahuan/konsep yang tepat dan sesuai untuk mengumpulkan bukti dalam menyatakan suatu klaim [15].

Penguasaan konsep memiliki kaitan dengan kemampuan membuat penjelasan ilmiah [14,16-19]. Siswa yang menguasai konsep memiliki kualitas yang baik dalam membuat penjelasan ilmiah. Penjelasan tersebut ditemukan pada konsep genetika [18] dan salah satu konsep pada kimia [13]. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa temuan kasus [6-12] yang menunjukkan bahwa siswa belum mampu membuat penjelasan ilmiah pada topik fluida statis dengan baik. Berdasarkan pada temuan sebelumnya [1,5,13], kemungkinan penyebabnya adalah kurangnya kemampuan siswa dalam menguasai konsep fluida statis. Untuk menjawab hipotesis tersebut, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara penguasaan konsep dengan kemampuan membuat penjelasan ilmiah pada topik fluida statis. Hasil penelitian tersebut dijabarkan dalam artikel ini.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif korelasional antara penguasaan konsep siswa dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah pada topik fluida statis. Data penguasaan konsep dan kemampuan membuat penjelasan ilmiah siswa dikumpulkan melalui instrumen tes yang diberikan pada sebanyak 55 siswa, terdiri dari 20 siswa laki-laki dan 35 siswa perempuan kelas XI, salah satu SMA Negeri di kabupaten Lamongan. SMA merupakan salah satu sekolah negeri di daerah pedesaan, dengan siswa yang berasal dari desa sekitar. Instrumen berupa pertanyaan tipe *closed-ended* disertai alasan, untuk dinilai bentuk penjelasan ilmiah

yang disusun siswa. Penguasaan konsep siswa dinilai menggunakan penilaian 1-0 (benar-salah), sedangkan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah dinilai menggunakan penilaian bertingkat, dari 0-3, yang mengikuti rubrik kemampuan membuat penjelasan ilmiah [2] (rubrik penjelasan ilmiah ditampilkan pada Tabel 1). Instrumen pengumpul data memiliki nilai reliabilitas sebesar 0.814 (penguasaan konsep) dan 0,815 (kemampuan membuat penjelasan ilmiah).

Tabel 1. Rubrik penilaian kemampuan membuat penjelasan ilmiah

Skor/level	Keterangan
3	Klaim benar dan berasal dari <i>backup</i> yang relevan dan benar
2	Klaim benar tetapi <i>backup</i> tidak sepenuhnya cocok (tidak komplit atau sebagian tidak relevan) Klaim tidak benar karena mengikuti <i>backup</i> yang tidak cocok
1	Klaim tidak benar karena mengikuti <i>backup</i> yang secara keseluruhan tidak benar atau tidak mengikuti <i>backup</i> secara logis Klaim benar tetapi mengikuti <i>backup</i> yang sepenuhnya tidak tepat
0	Tidak ada penjelasan, atau penjelasan bersifat tautologis

(Sumber: Sutopo & Waldrup, 2014)

Data penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah dianalisis menggunakan korelasi Pearson dan analisis regresi linear sederhana. *Scatterplots* dari data juga ditampilkan. Analisis korelasi pearson dan *scatterplots* dilakukan untuk mengetahui korelasi antara kedua variabel, sedangkan analisis regresi linear sederhana dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya. Contoh bentuk jawaban dan penjelasan siswa juga ditampilkan dalam sub judul hasil dan pembahasan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penguasaan Konsep dan Kemampuan Siswa Membuat Penjelasan Ilmiah

Hasil analisis deskriptif penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis deskriptif penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah

Data	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Nilai Rata-rata	Skewness
Penguasaan Konsep	0,00	100	42,09	0.45
Kemampuan membuat penjelasan ilmiah	17,95	92,31	52,87	0,226

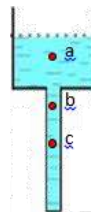
Berdasarkan Tabel 2, masing-masing data pada kedua variabel tersebut terdistribusi normal [20] (nilai skewness antara -1 hingga 1). Nilai minimum kemampuan membuat penjelasan ilmiah lebih besar dibandingkan penguasaan konsep, tetapi sebaliknya pada nilai maksimum.

Hasil penguasaan konsep siswa dinilai menggunakan nilai 0-1, sedangkan kemampuan membuat penjelasan ilmiah dinilai menggunakan nilai 0-3. Rubrik penguasaan konsep dalam bentuk nilai 1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah, sedangkan kemampuan membuat penjelasan ilmiah mengikuti rubrik kemampuan membuat penjelasan ilmiah [2]. Contoh bentuk penilaian ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Contoh penilaian penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah

Jawaban siswa	Penguasaan konsep		Kemampuan membuat penjelasan ilmiah	
	Nilai	Keterangan	Nilai	Keterangan
Luas penampang di bagian a lebih besar, tekanan kecil, F_a besar. Kedalaman b dan c lebih besar, maka tekanan besar, gaya apung kecil	0	Siswa salah dalam menyatakan klaim	2	Klaim siswa tidak benar karena mengikuti <i>backup</i> yang tidak relevan

Siswa diminta untuk membandingkan besar tekanan yang dialami benda ketika melewati titik a, b, dan c (Gambar 1). Berdasarkan Tabel 3, siswa memperoleh nilai 0 untuk penguasaan konsep, karena siswa salah dalam menyatakan klaim. Siswa tersebut telah mencapai level 2 pada kemampuan membuat penjelasan ilmiah. Siswa salah dalam menyatakan klaim karena menggunakan *backup* konsep yang tidak relevan. Siswa menggunakan konsep gaya aksi reaksi dengan objek berupa benda dan fluida. Siswa menganggap yang kuat yang menghasilkan gaya *nett*. Berdasarkan penjelasan tersebut, terdapat kesalahan penggunaan konsep ketika menjelaskan konteks permasalahan yang ditampilkan. Bentuk konsep yang digunakan siswa tersebut tidak salah, bahwa gaya *nett* menentukan arah gerak objek, tetapi tidak tepat ketika digunakan pada konteks permasalahan yang ditampilkan.



Gambar 1. Pertanyaan tentang perbandingan besar gaya apung yang dialami benda ketika melewati titik a, b, dan c

3.2 Hubungan antara Penguasaan Konsep dengan Kemampuan Siswa Membuat Penjelasan Ilmiah

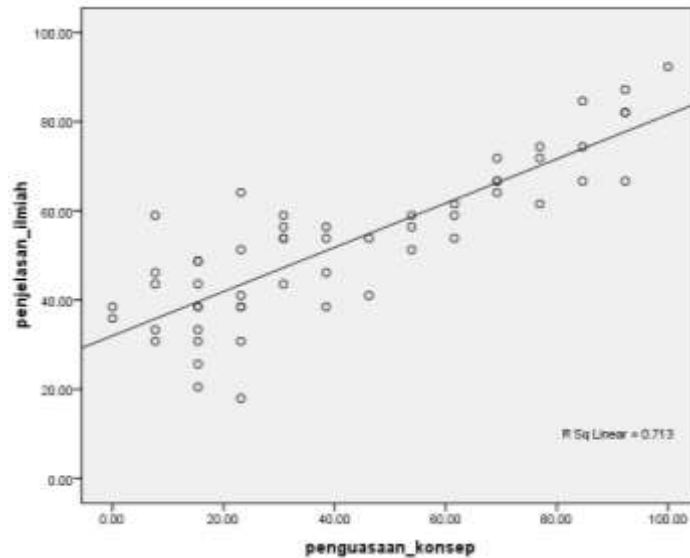
Hubungan antara penguasaan konsep dengan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah diuji menggunakan uji korelasi Pearson. Normalitas sebaran data, sebagai prasyarat uji korelasi pearson, telah terpenuhi, sebagaimana ditampilkan pada Tabel `2. Selain uji korelasi, juga ditampilkan bentuk *scatterplots* dari sebaran data kedua variabel tersebut.

Tabel 4. Hasil analisis korelasi Pearson

Data		Jumlah siswa	Korelasi Pearson (r)	Signifikansi
Penguasaan Konsep	membuat penjelasan ilmiah	55	0.845	0.000
Kemampuan				

Berdasarkan nilai signifikansi pada Tabel 4, terdapat korelasi antara penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah. Besar nilai r menunjukkan adanya korelasi antarvariabel tersebut dengan kriteria berupa *much large than typical* [20]. Hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 4, serta pada gambar 2 menunjukkan adanya korelasi positif antara kedua variabel tersebut. Korelasi positif dapat dimaknai bahwa ketika salah satu variabel bernilai rendah, variabel lain juga bernilai rendah. Ketika salah satu variabel bernilai tinggi, variabel lainnya juga mengikuti.

Bentuk korelasi positif yang ditunjukkan oleh nilai r pada Tabel 4 dan *scatterplots* yang mendekati garis regresi linier pada Gambar 2 mengonfirmasi temuan-temuan sebelumnya [5,13,14]. Pada temuan sebelumnya, penguasaan konsep diidentifikasi sebagai kemampuan bernalar (*reason*), menghubungkan antara bukti yang ada dengan klaim yang disusun, menggunakan justifikasi konsep yang berhubungan. Temuan sebelumnya menyatakan bahwa kesulitan siswa pada kemampuan membuat penjelasan ilmiah terletak pada kemampuan bernalar (*reason*) sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, yang pada penelitian ini diidentifikasi sebagai penguasaan siswa terhadap suatu konsep. Temuan tersebut sebagaimana yang dikonfirmasi oleh besar nilai r pada penelitian ini. Penguasaan konsep memiliki korelasi yang tinggi dengan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah. Besar pengaruh/kontribusi penguasaan konsep siswa terhadap kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah dijelaskan melalui analisis regresi linier sederhana.



Gambar 2. Scatterplots sebaran data penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah

Analisis regresi linier sederhana dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh variabel penguasaan konsep terhadap besar nilai kemampuan siswa dalam membuat penjelasan ilmiah. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis regresi linier sederhana

Data	F	Signifikansi	Adjusted <i>r square</i>	Koefisien regresi	Konstanta regresi
Penguasaan Konsep Kemampuan membuat penjelasan ilmiah	0.845	0.000	0.708	0.495	32.01

Berdasarkan nilai *adjusted r square* pada Tabel 5 tersebut, nilai penguasaan konsep siswa memiliki kontribusi sebesar 70% untuk memprediksi besar nilai kemampuan siswa dalam membuat penjelasan ilmiah. Berdasarkan data pada Tabel 5, dapat dibentuk persamaan sebagaimana berikut.

$$\text{kemampuan membuat penjelasan ilmiah} = 32 + 0.49 * (\text{penguasaan konsep siswa})$$

(1)

Kesalahan penggunaan konsep pada jawaban siswa yang ditampilkan pada Tabel 3 menyebabkan penurunan kualitas pembuatan penjelasan ilmiah siswa. Siswa hanya mencapai level 2 kemampuan membuat penjelasan ilmiah. Temuan tersebut, mengonfirmasi besarnya pengaruh penguasaan konsep terhadap kualitas



kemampuan membuat penjelasan ilmiah siswa. Untuk memperkuat klaim adanya pengaruh penguasaan konsep siswa terhadap kualitas pembuatan penjelasan ilmiah, ditampilkan contoh jawaban siswa pada Tabel 6.

Tabel 6. Contoh penilaian penguasaan konsep dan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah

Jawaban siswa	Penguasaan konsep		Kemampuan membuat penjelasan ilmiah	
	Nilai	Keterangan	Nilai	Keterangan
Titik A, B, C memiliki gaya apung yang sama karena sama-sama melayang $\rho_{benda} = \rho_{fluida}$ sehingga $F_a = W$ dan karena gaya apung dipengaruhi ρ , V , g . pada gambar tersebut ρ sama, V sama, dan g sama	1	Siswa tepat dalam menyatakan klaim	3	Klaim benar dan berasal dari <i>backup</i> yang relevan dan benar

Penjelasan yang ditampilkan pada Tabel 6 tersebut disusun siswa untuk menjawab pertanyaan sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 1. Siswa memperoleh nilai maksimal pada kemampuan membuat penjelasan ilmiah, karena telah menguasai konsep dengan baik. Penjabaran temuan yang ditampilkan mengonfirmasi temuan sebelumnya [14,17], bahwa penguasaan konsep siswa pada suatu konsep mempengaruhi kualitas penyusunan penjelasan ilmiah.

Temuan pengaruh penguasaan konsep terhadap kualitas penyusunan penjelasan ilmiah dalam penelitian ini terbatas pada desain penelitian kuantitatif korelasional. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam desain eksperimental untuk mengetahui hubungan kausalitas antara keduanya, apakah penguasaan konsep yang baik mengakibatkan kemampuan membuat penjelasan ilmiah yang baik, atau kemampuan membuat penjelasan ilmiah yang baik mengakibatkan penguasaan konsep yang baik. Desain penelitian eksperimental dapat dilakukan dengan penguasaan konsep sebagai variabel bebas dan kemampuan membuat penjelasan ilmiah sebagai variabel terikat, atau sebaliknya.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara penguasaan konsep dengan kemampuan siswa membuat penjelasan ilmiah pada topik fluida statis. Penguasaan konsep tersebut memiliki kontribusi sebesar 70% dalam mempengaruhi kualitas penjelasan ilmiah yang disusun siswa. Penelitian yang terbatas pada kuantitatif korelasional ini dapat digunakan sebagai dasar penelitian lanjutan dalam setting penelitian eksperimen, yang menyelidiki hubungan kausalitas antara keduanya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu menyelesaikan artikel, terutama kepada kedua dosen pembimbing, Dr. Sutopo, M.Si. dan Dr. Eny Latifah, M.Si, serta lembaga yang memberikan ijin untuk melakukan penelitian ini.



Daftar Rujukan

- [1] K. L. McNeill, dan J. Krajcik (2008), Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. *Science as inquiry in the secondary setting*, 121-134.
- [2] Sutopo dan B. Waldrup (2014), Impact of a representational approach on students' reasoning and conceptual understanding in learning mechanics. *International Journal of Science dan Mathematics Education*, 12(4).
- [3] E. Etkina,, A. Warren, dan M. Gentile (2006), The role of models in physics instruction. *The physics teacher*, 44(1), 34-39.
- [4] National Research Council (2012), *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington D.C: National Academy Press.
- [5] K. L. McNeill, D. J. Lizotte, J. Krajcik, dan R. W. Marx (2006), Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- [6] M. Goszewski, A. Moyer, Z. Bazan, dan D. J. Wagner (2013), January. Exploring student difficulties with pressure in a fluid. In P. V. Engelhardt, A. D. Churukian, dan N. S. Rebello (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1513, No. 1, pp. 154-157). AIP.
- [7] M. E. Loverude, P. R. L. Heron, dan C. H. Kautz (2010), Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure. *American Journal of Physics*, 78(1), 75-85.
- [8] U. Besson (2004), Students' conceptions of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1683-1714.
- [9] E. E. Glough dan R. Driver (1985), What do children understand about pressure in fluids?. *Research in Science dan Technological Education*, 3(2), 133-144.
- [10] M. C. Sutarja, Sutopo, dan E. Latifah (2016), Identifikasi Kesulitan pemahaman konsep siswa pada fluida statis. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA 2016*
- [11] S. Gang (1995), Removing preconceptions with a "learning cycle". *The Physics Teacher*, 33(6), 346-354.
- [12] M. E. Loverude, C. H. Kautz, dan P. R. Heron (2003), Helping students develop an understanding of Archimedes' principle. I. Research on student understanding. *American Journal of Physics*, 71(11), 1178-1187.
- [13] K. L. McNeill dan J. Krajcik (2008), Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of research in science teaching*, 45(1), 53-78.
- [14] T. D. Sadler dan S. R. Fowler (2006), A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986-1004.
- [15] D. Hammer (2000), Student resources for learning introductory physics. *American Journal of Physics*, 68(S1), S52-S59.
- [16] C. Von Aufschnaiter, S. Erduran, J. Osborne, dan S. Simon (2008), Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of research in science teaching*, 45(1), 101-131.



- [17] A. Zohar dan F. Nemet (2002), Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of research in science teaching*, 39(1), 35-62.
- [18] T. D. Sadler dan D. L. Zeidler (2005), The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93.
- [19] J. Lewis dan J. Leach (2006), Discussion of socio-scientific issues: The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1287.
- [20] G. A. Morgan, N. L. Leech, G. W. Gloeckner, dan K. C. Barrett, 2004. *SPSS for introductory statistics: Use and interpretation*. Edisi Kedua. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.



PENGARUH PEMBELAJARAN SAINS TEKNOLOGI MASYARAKAT TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN HASIL BELAJAR GETARAN HARMONIS SEDERHANA DI SMA

M. Syaiful Rizal Wicaksono^{1,*}, Sri Wahyuni¹, Rayendra Wahyu B.¹

¹Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jalan Kalimantan No.37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121, Indonesia

***Email:** Syaifulrw@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuasi eksperimen dengan desain *Posttest Only Control Group* yang bertujuan untuk menguji pengaruh pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap keterampilan proses sains dan hasil belajar dalam pembelajaran fisika di SMA. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan populasi siswa kelas X SMAN Pakusari. Uji *cluster random sampling* menghasilkan sampel penelitian kelas X MIPA 1 sebagai kelas kontrol dan X MIPA 2 sebagai kelas eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor keterampilan proses sains siswa kelas eksperimen 87,17 dan kelas kontrol 79,47. Berdasarkan uji *Mann Whitney Test* didapatkan bahwa terdapat pengaruh signifikan penggunaan pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap keterampilan proses sains. Hasil belajar siswa kelas eksperimen 83,72 dan kelas kontrol 76,17. Berdasarkan uji *Independent Sample T-test* didapatkan bahwa terdapat pengaruh signifikan penggunaan pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap hasil belajar siswa.

Kata Kunci: Pembelajaran sains teknologi masyarakat, keterampilan proses sains, hasil belajar.

1. Pendahuluan

Pembelajaran dalam makna kompleks adalah usaha sadar dari seorang guru untuk membelajarkan siswanya (mengarahkan interaksi siswa dengan sumber belajar lainnya) dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan [1]. Fisika merupakan salah satu cabang dari sains yang erat hubungannya dengan teknologi. Belajar fisika tidak lepas dari belajar tentang sains, karena belajar fisika sama halnya dengan belajar hakikat sains [2].

Hakikat belajar sains tentu saja tidak cukup sekedar mengingat dan memahami konsep yang ditemukan oleh ilmuwan. Akan tetapi, yang sangat penting adalah pembiasaan perilaku ilmuwan dalam menemukan konsep [3]. Meskipun fisika merupakan salah satu cabang sains, namun masih banyak siswa yang menganggap bahwa fisika merupakan mata pelajaran yang sulit baik dalam penggunaan rumus maupun dalam memahami konsep konsep fisika itu sendiri. Kesulitan siswa tersebut dikarenakan cara belajar yang menghafal rumus tanpa memahaminya [4].

Salah satu permasalahan dalam pembelajaran fisika adalah rendahnya hasil belajar. Banyak siswa yang hanya mampu menyelesaikan soal-soal konkrit dengan



kategori kognitif level tiga [5]. Penyebab rendahnya hasil belajar siswa adalah metode ceramah yang sering digunakan membuat proses pembelajaran kurang optimal [6], sehingga siswa hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis dan pasif sementara hanya guru yang bertindak aktif. Metode ceramah adalah cara paling efektif dan efisien dalam menyampaikan materi pelajaran, namun membuat siswa tidak bisa berkembang [6].

Observasi dan wawancara terbatas yang dilakukan peneliti dengan beberapa guru fisika di SMAN Ambulu, SMAN Arjasa, MAN 2 Jember, dan SMAN Pakusari didapatkan hasil bahwa hasil belajar fisika siswa masih rendah. banyak siswa yang mendapatkan nilai dibawah ketuntasan minimal yaitu 73-76. Penyebab hasil belajar fisika rendah diantaranya kurangnya semangat siswa dalam belajar karena pembelajaran fisika tidak menyenangkan dan tidak menarik menyebabkan siswa kurang perhatian terhadap pembelajaran fisika sehingga siswa kesulitan memahami rumus dan kapan rumus tersebut digunakan, dan pembelajaran masih berpusat pada guru, tidak menariknya pembelajaran fisika membuat siswa kurang aktif menyebabkan keterampilan proses sains siswa tidak terasah .

Keterampilan proses sains dapat diartikan sebagai kemampuan atau kecakapan untuk melaksanakan suatu tindakan dalam belajar sains sehingga menghasilkan konsep, teori, prinsip, hukum maupun fakta atau bukti [7]. Keterampilan proses sains merupakan cara berpikir dan cara bertindak yang didasarkan pada metode-metode ilmiah dalam rangka membuktikan atau mengembangkan konsep dari proses sains atau produk sains [8].

Hasil wawancara juga menyebutkan bahwa keterampilan proses sains siswa masih rendah. rendahnya keterampilan proses sains tersebut disebabkan oleh metode ceramah lebih sering digunakan, sehingga mengurangi keaktifan siswa dalam menempa keterampilan proses sains. Guru masih jarang menggunakan laboratorium maupun alat peraga dalam kegiatan pembelajaran di kelas, hal ini membuat siswa merasa kebingungan ketika melakukan praktikum. Pada pembelajaran fisika hendaknya guru lebih melibatkan peran aktif siswa dalam pembelajaran, sehingga keterampilan proses sains dapat meningkat [9]. Keterampilan proses sains penting untuk dimiliki siswa karena siswa dapat memahami materi pelajaran dengan lebih baik. Jika keterampilan proses sains yang dimiliki siswa lemah akan berakibat kemampuan siswa kurang berkembang [10], sedangkan keterampilan proses sains merupakan tuntutan dalam proses pembelajaran fisika di kurikulum 2013.

Berkembangnya sains dan teknologi dalam masyarakat, membuat guru dituntut untuk melakukan peningkatan kemampuan dan inovasi dalam proses pembelajaran. Inovasi tersebut salah satunya dengan menerapkan model pembelajaran inovatif yang diharapkan dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa saat belajar. Terdapat berbagai model pembelajaran yang bisa dimanfaatkan oleh guru dalam pembelajaran. Salah satu pembelajaran yang efektif dan inovatif adalah pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat (STM).



Tahapan pertama dalam pembelajaran sains teknologi masyarakat adalah pendahuluan: dikemukakannya isu atau masalah terkait sains dan teknologi dalam masyarakat yang dapat digali dari siswa. Tahap kedua adalah pengembangan konsep: menekankan siswa untuk membangun pengetahuannya sendiri melalui observasi dan diskusi. Tahap ketiga adalah aplikasi konsep: siswa menganalisa isu atau masalah yang dikemukakan diawal pembelajaran. Tahap keempat adalah pemantapan konsep: guru memberi penekanan poin-poin pembelajaran dan meluruskan jika terjadi miskomunikasi. Tahap kelima adalah penilaian: guru memberi tes dan siswa diminta menjawabnya [11].

Pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat merupakan model pembelajaran yang dapat membentuk individu yang memiliki literasi sains dan teknologi serta memiliki kepedulian terhadap masalah masyarakat dan lingkungannya [11]. Seseorang siswa yang memiliki literasi sains dan teknologi, adalah yang memiliki kemampuan menyelesaikan masalah menggunakan konsep-konsep sains yang diperoleh dalam pendidikan sesuai jenjangnya, mengenal produk teknologi yang ada disekitarnya beserta dampaknya, mampu menggunakan produk teknologi dan memeliharanya, kreatif membuat hasil teknologi yang disederhanakan dan mampu mengambil keputusan berdasarkan nilai. Memiliki literasi sains dan teknologi tidak hanya mampu membaca dan menulis sains dan teknologi, tetapi menyadari dampaknya dan peduli terhadap lingkungan sosial maupun alam [11].

Pembelajaran STM bersifat kontekstual, artinya langsung mengaitkan dengan kehidupan nyata siswa. Pembelajaran STM dapat mengembangkan kemampuan keterampilan proses sains siswa dengan harapan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari [12]. Tujuan penelitian ini untuk menguji pengaruh pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap keterampilan proses sains dan hasil belajar siswa di SMAN Pakusari.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan menentukan daerah penelitian menggunakan metode *purposive sampling area* yang dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah siswa kelas X MIPA SMAN Pakusari yang terdiri dari lima kelas. Populasi tersebut kemudian dilakukan uji homogenitas dengan anova (*Analysis of Variance*) menggunakan nilai ulangan harian pada pokok bahasan sebelumnya untuk mengetahui kemampuan awal siswa terhadap mata pelajaran fisika. Sampel yang digunakan adalah dua kelas yang terdiri dari kelas X MIPA 1 sebagai kelas kontrol dan kelas X MIPA 2 sebagai kelas eksperimen.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran sains teknologi masyarakat, sedangkan variabel terikat adalah keterampilan proses sains dan hasil belajar. Keterampilan proses sains yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: mengidentifikasi variabel, mengumpulkan dan mengolah data, menyusun hipotesis, eksperimen, serta menyimpulkan. Hasil belajar dalam penelitian ini diperoleh dari



ranah kognitif, afektif, dan psikomotor. Ranah kognitif berupa post test yang diwujudkan dalam bentuk soal essay yang dilaksanakan setelah kegiatan belajar mengajar. Ranah afektif dan psikomotor berupa unjuk kerja yang dilakukan siswa saat kegiatan belajar mengajar dan penilaiannya diperoleh melalui observasi yang dilakukan oleh observer pada saat kegiatan percobaan. Desain penelitian yang digunakan adalah *Post-Test Only Control Group*. Desain penelitian ini terdapat dua kelompok yang masing-masing dipilih secara random (R). Kelompok pertama diberi perlakuan (X) dan kelompok yang lain tidak. Kelompok yang diberi perlakuan disebut kelompok eksperimen dan kelompok yang tidak diberi perlakuan disebut kelompok kontrol [13].

Alur penelitian diawali dengan observasi di sekolah, menentukan populasi penelitian dengan teknik *purposive sampling area*, mengumpulkan data nama dan nilai ulangan harian bab sebelumnya menggunakan metode dokumentasi, melakukan uji homogenitas terhadap nilai ulangan harian bab sebelumnya melalui dokumentasi, menentukan sampel penelitian, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol yaitu dengan teknik *cluster random sampling*, melakukan proses kegiatan belajar mengajar sebanyak tiga kali tatap muka pada kelas eksperimen menggunakan pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat dan pada kelas kontrol menggunakan pembelajaran yang biasanya digunakan oleh guru, melakukan observasi selama pembelajaran berlangsung di kelas eksperimen untuk mengetahui hasil belajar afektif dan kemampuan keterampilan proses sains yang dilakukan oleh observer, memberikan post test pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah melakukan kegiatan belajar mengajar untuk mengetahui hasil belajar kognitif siswa, menganalisis data yang diperoleh dari penelitian, membahas hasil dan menganalisis data penelitian, dan menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

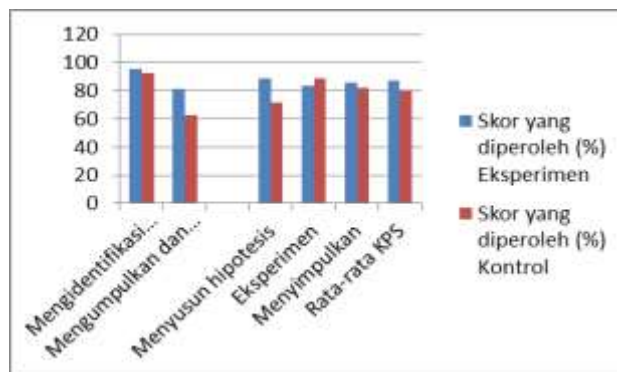
Metode pengumpulan data penelitian diperoleh dari dokumentasi, observasi, dan test (*post-test*). Dokumentasi digunakan untuk mengukur keterampilan proses sains pada indikator mengidentifikasi variabel, mengumpulkan dan mengolah data, menyusun hipotesis, dan menyimpulkan. Observasi digunakan untuk mengukur keterampilan proses sains pada indikator melakukan eksperimen. Test (*post-test*) digunakan untuk mengukur hasil belajar siswa setelah melakukan pembelajaran. Analisa yang digunakan untuk menguji pengaruh pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap keterampilan proses sains menggunakan uji *Mann Withey U Test*, dan menguji pengaruh pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap hasil belajar fisika siswa menggunakan uji *Independent Sample T-test*.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis statistik nilai rata-rata keterampilan proses sains menggunakan uji *Mann Withey U Test* didapatkan nilai signifikansi *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,005. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05. Oleh karena itu, sebagaimana dasar pengambilan keputusan uji mann-whitney maka dapat disimpulkan H_a diterima dan H_0 ditolak. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa rata-rata keterampilan proses

sains kelas eksperimen lebih baik dari pada kelas kontrol. Sehingga terdapat pengaruh pembelajaran sains teknologi masyarakat terhadap keterampilan proses sains. Hal tersebut juga didukung dengan skor rata-rata keterampilan proses sains siswa kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol dengan rata-rata skor keterampilan proses sains kelas eksperimen sebesar 87,22 dan rata-rata skor keterampilan proses sains kelas kontrol sebesar 79,44. Pada indikator mengumpulkan dan mengolah data memiliki rentang skor yang paling tinggi sebesar 18,53. Pada kelas eksperimen skor indikator mengumpulkan dan mengolah data sebesar 81,49 sedangkan skor indikator mengumpulkan dan mengolah data kelas kontrol sebesar 62,96. Hal ini karena adanya perlakuan berupa penerapan model pembelajaran sains teknologi masyarakat dalam proses pembelajarannya. Kegiatan pembelajaran di kelas eksperimen, siswa terlibat secara aktif mempelajari materi dengan melibatkan teknologi di sekitar kemudian diterapkan melalui praktikum.

Sesuai dengan penelitian Oktaviastuti menyatakan kegiatan praktikum membuat siswa dapat terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran sehingga dapat melatih keterampilan proses sains. Sedangkan pada pembelajaran di kelas kontrol siswa hanya mempelajari materi dengan menerima informasi yang telah diajarkan guru [10]. Sesuai dengan hasil penelitian Agustini menyatakan pembelajaran sains teknologi masyarakat lebih baik dari pada model pembelajaran langsung terhadap penguasaan materi dan keterampilan siswa [14]. Data skor keterampilan proses sains selengkapnya dapat dibuat grafik seperti Gambar 1.



Gambar 1. Skor keterampilan proses sains siswa

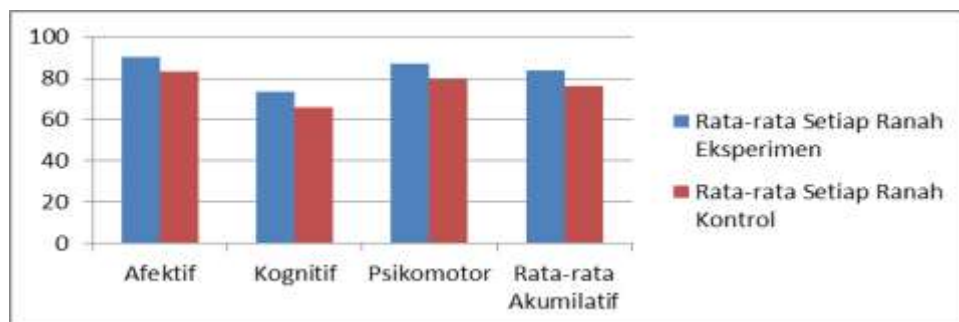
Analisis statistik nilai rata-rata hasil belajar siswa menggunakan *Independent Sample T-test* dan menggunakan pengujian hipotesis pihak kanan. Didapatkan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 atau $< 0,05$. Pengujian hipotesis yang digunakan adalah pengujian hipotesis pihak kanan, sehingga nilai Signifikansi (2-tailed) yaitu 0,000 dibagi 2 dan diperoleh Signifikansi (1-tailed) sebesar 0,000. Jadi nilai Sig. $<0,05$, jika dikonsultasikan pada pedoman pengambilan keputusan maka hipotesis nihil (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata hasil belajar kelas eksperimen lebih baik dari nilai rata-rata hasil

belajar kelas kontrol, artinya pembelajaran sains teknologi masyarakat berpengaruh terhadap hasil belajar siswa.

Hasil uji *Independent Sample T-test* menyatakan bahwa nilai rata-rata hasil belajar fisika siswa kelas eksperimen lebih baik dari kelas kontrol. Hal tersebut juga didukung dengan nilai rata-rata hasil belajar afektif dan kognitif siswa. Hasil belajar afektif kelas eksperimen memiliki skor rata-rata 90,25 dan kelas kontrol sebesar 83,17. Selain itu rata-rata hasil belajar kognitif siswa (*post test*) kelas eksperimen sebesar 73,61 dan rata-rata skor *post test* kelas kontrol sebesar 65,78. Perbedaan hasil belajar tersebut dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi hasil belajar siswa diantaranya adalah pembelajaran yang digunakan saat proses pembelajaran berlangsung [15]. Pada penerapan pembelajaran sains teknologi masyarakat dalam proses pembelajaran siswa belajar dengan mengaitkan materi pelajaran dengan teknologi yang sering ditemui di sekitarnya, sehingga membuat siswa lebih tertarik belajar dan dapat memahami materi pelajaran dengan lebih mudah.

Pada setiap tahapan pembelajaran dengan pembelajaran sains teknologi masyarakat dapat membantu siswa belajar tidak hanya materi saja, namun juga penerapan materi pembelajaran dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan praktikum yang dilakukan oleh siswa tidak hanya mampu mengembangkan keterampilan proses sains, namun juga mampu mengembangkan sikap kerjasama dalam kelompok praktikum. Proses pembelajaran yang demikian membuat siswa lebih mudah menguasai materi yang dipelajari, sehingga dapat mempengaruhi hasil belajar siswa. Sesuai dengan hasil penelitian Wati menyatakan model pembelajaran sains teknologi masyarakat berpengaruh terhadap hasil belajar siswa kelas X baik pada aspek kognitif, afektif, dan psikomotor [16].

Pembelajaran pada kelas kontrol menggunakan pembelajaran yang biasa digunakan oleh guru di SMAN Pakusari yaitu melalui penjelasan materi yang disampaikan oleh guru dan pemberian soal-soal latihan membuat siswa pasif dalam memahami materi pembelajaran. Siswa kurang terlatih mengembangkan konsep pengetahuannya dan hanya memperoleh pengetahuan melalui apa yang disampaikan oleh guru. Data hasil belajar selengkapnya dapat dibuat grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambar grafik skor hasil belajar



4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dari penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Pembelajaran sains teknologi masyarakat berpengaruh signifikan terhadap keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran fisika di SMAN Pakusari. (2) Pembelajaran sains teknologi masyarakat berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa dalam pembelajaran fisika di SMAN Pakusari.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Sri Wahyuni, S.Pd., M.Pd. dan Rayendra W. B., S.Pd., M.Pd. yang telah membimbing penelitian dan kepada Akhmad Fauzul Albab, M.Pd yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian di SMAN Pakusari.

Daftar Rujukan

- [1] Trianto (2010), Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif: Konsep Landasan dan Implementasinya Pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP), Jakarta: Kencana Predana Media Group.
- [2] Nugroho, U., Hartono, dan S.S. Edi (2009), Penerapan Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD Berorientasi Keterampilan Proses Sains, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 5(1): 108-112.
- [3] Subagyo, Y., Wiyanto, Marwoto, P (2009), Pembelajaran Dengan Pendekatan Keterampilan Proses Sains Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Suhu Dan Pemuaian, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 5(1): 42-46.
- [4] Budiyanto, J (2008), Fisika Untuk SMA/MA Kelas XII, Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- [5] Derlina, dan S. Mihardi (2015), Implementasi Model Pembelajaran *Inquiry Training* Dalam Pembelajaran Fisika Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Formal Siswa, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(2): 162-169.
- [6] Selamat, K., I. W. Sadia, dan K. Suma (2013), Pengaruh Model Pembelajaran REACT Terhadap Pemahaman Konsep Fisika Dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas VIII SMP, *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA*, 3(1): 1-12.
- [7] Widayanto (2009), Pengembangan Keterampilan Proses Dan Pemahaman Siswa Kelas X Melalui Kit Optik, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 5(1): 1-7.
- [8] Susilawati, dan A. Muhaimin (2014), Pengaruh Penggunaan Media Riil Terhadap Keterampilan Proses Sains Dan Gaya Belajar Siswa Sekolah Menengah Kejuruan, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(1): 47-58.
- [9] Rahayu, E., H. Susanto, dan D. Yulianti (2011), Pembelajaran Sains Dengan Pendekatan Keterampilan Proses Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 7(1): 106-110.



- [10] Oktaviastuti, R., dan M. Anggaryani (2014), Implementasi Metode Eksperimen Dalam Pembelajaran Fisika Sebagai Upaya Melatihkan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas XI Di SMA Wachid Hasyim 2 Taman Sidoarjo, *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 3(1): 59-63.
- [11] Poedjiadi, A (2010), Sains Teknologi Masyarakat: Model Pembelajaran Kontekstual Bermuatan Nilai, Bandung: UPI dan Remaja Rosdakarya.
- [12] Smarabawa, Igbn., I. B. Arnyana, dan Igan. Setiawan (2013), Pengaruh Model Pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat Terhadap Pemahaman Konsep Biologi Dan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA, *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA*, 3(1): 1-11.
- [13] Sugiyono (2010), Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan RND, Bandung: Alfabeta.
- [14] Agustini, D., I. W. Subagia, dan I. N. Suardana (2013), Pengaruh Model Pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat (STM) Terhadap Penguasaan Materi Dan Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa Pada Mata Pelajaran IPA di MTs Negeri Patas, *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi Pendidikan Sains*, 3(1): 1-10.
- [15] Yurahly, D., Darmadi, I.W., dan Darsikin (2014), Model Pembelajaran Guided Discovery Dan Direct Instruction Berbasis Keterampilan Proses Sains Siswa SMA Negeri 4 Palu, *Jurnal Pendidikan Fisika Tandulako*, 2(2): 43-47.
- [16] Wati, I.K., Karyanto, P., dan Santosa S (2014), Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat Terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa Kelas X SMAN 3 Boyolali Tahun Pelajaran 2012/2013, *Jurnal bioedukasi*, 7 (1):21-25.



PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA MENGUNAKAN BOLA BAJA BERONGGA PADA POKOK BAHASAN HUKUM ARCHIMEDES

Widya Rohmawati^{1,*}, Edi Supriana¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang,
Jl. Semarang 5 Malang 65145, Indonesia

*Email: widrohrawati@gmail.com

Abstrak

Media yang umumnya digunakan dalam praktikum hukum Archimedes yaitu menggunakan benda pejal, tetapi media tersebut kurang praktis jika digunakan untuk menjelaskan bahwa besar gaya apung suatu benda adalah sebanding dengan besar volume benda yang tercelup. Inovasi media pembelajaran yang dapat digunakan yaitu menggunakan bola baja berongga. Tujuan penelitian ini yaitu mengembangkan sebuah media pembelajaran yang lebih praktis untuk praktikum hukum Archimedes. Metode penelitian yang dilakukan yaitu uji coba dalam laboratorium melalui eksperimen hukum Archimedes menggunakan benda uji berupa bola baja berongga. Benda uji tersebut divariasi massa jenisnya tetapi volumenya dijaga tetap, yaitu dengan menambahkan bola-bola baja kecil ke dalamnya. Eksperimen dilakukan dengan menghitung berat benda uji di udara dan di dalam air untuk menentukan besar gaya apung. Kemudian, dilakukan tahap analisis data dan penarikan kesimpulan. Berdasarkan hasil uji coba laboratorium, meskipun massa jenis benda uji berbeda-beda tetapi besar gaya apung pada tiap benda uji adalah sama yaitu sebesar volume fluida yang dipindahkan. Sehingga, media ini lebih praktis digunakan untuk pembelajaran fisika pada materi hukum Archimedes.

Kata Kunci: Bola baja berongga, hukum archimedes, media pembelajaran.

1. Pendahuluan

Tujuan pembelajaran fisika yang tertuang dalam kerangka kurikulum 2013 yaitu menguasai konsep, prinsip, keterampilan mengembangkan pengetahuan, dan sikap percaya diri sebagai bekal untuk melanjutkan pendidikan pada jenjang yang lebih tinggi, serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi [1]. Guru hendaknya dapat merancang pembelajaran yang baik dan semenarik mungkin agar siswa memahami materi yang diajarkan [2-3]. Pembelajaran pada dasarnya merupakan usaha untuk menciptakan kondisi yang mendukung terjadinya aktivitas belajar pada diri siswa. Pembelajaran fisika yang baik harus mampu memberikan penjelasan mengenai konsep fisika dengan tidak membiarkan siswa menangkap konsep tersebut secara samar-samar. Keberhasilan suatu proses pembelajaran ditentukan oleh banyak faktor yang saling berhubungan, terutama dari segi siswa sebagai subjek belajar dan sistem lingkungan yang dibangun oleh guru untuk membelajarkan siswa. Satu cara yang dapat dilakukan untuk mewujudkan suatu pembelajaran yang baik yaitu dengan memperhatikan penggunaan media pembelajaran yang tepat.



Penggunaan media yang menarik dan praktis sangat diperlukan dalam pembelajaran fisika yang kompleks [3].

Materi fluida statis merupakan salah-satu materi dalam kurikulum fisika yang menuntut siswa untuk memahami konsep beserta aplikasinya. Salah-satu ruang lingkup dalam materi fluida statis yaitu hukum Archimedes. Dalam pembelajaran fisika mengenai hukum Archimedes, masih banyak terdapat ketidakmantapan penguasaan materi yang terjadi pada siswa, salah-satunya yaitu sebagian besar siswa belum memahami bahwa besar gaya apung adalah sebanding dengan besar volume fluida yang dipindahkan oleh benda atau volume benda yang tercelup ke dalam fluida [4-6]. Pelaksanaan kegiatan praktikum dengan menggunakan media yang tepat merupakan salah-satu cara yang biasanya dilakukan oleh guru untuk menumbuhkan pemahaman siswa mengenai hukum Archimedes. Media yang umumnya digunakan dalam praktikum hukum Archimedes yaitu menggunakan benda pejal, tetapi media tersebut kurang praktis untuk menjelaskan bahwa besar gaya apung suatu benda adalah sebanding dengan besar volume benda yang tercelup ke dalam fluida atau volume fluida yang dipindahkan oleh benda [7].

Inovasi media pembelajaran yang dapat digunakan dalam praktikum hukum Archimedes yaitu menggunakan benda uji berupa bola baja berongga. Ketidakpraktisan media berupa benda pejal untuk praktikum hukum Archimedes yaitu ketika penggunaan benda pejal dengan berbagai variasi ukuran menunjukkan besar gaya apung yang berbeda, maka siswa tidak bisa langsung menyimpulkan bahwa yang berpengaruh terhadap gaya apung adalah besar volume fluida yang dipindahkan karena bisa jadi ada faktor lain yang mempengaruhi besar gaya apung [4,7]. Namun, jika benda uji didesain dengan ukuran volume tertentu yang sama besar tetapi memiliki massa jenis dan berat yang berbeda-beda, sehingga jika diperoleh besar gaya apung dari seluruh benda uji yang tercelup seluruhnya ke dalam fluida tersebut adalah sama besar, maka siswa akan memperoleh kemantapan pemahaman bahwa yang berpengaruh terhadap besar gaya apung adalah besar volume fluida yang dipindahkan oleh benda. Pemilihan bola baja berongga sebagai inovasi media untuk praktikum hukum Archimedes yaitu karena memungkinkan dibuatnya variasi massa jenis benda uji dengan tidak mengubah volume benda saat dimasukkan seluruhnya ke dalam fluida, sifat baja yang tenggelam jika dimasukkan ke dalam air mempermudah pembuatan variasi massa jenis benda uji, dan mudahnya pembentukan lempengan baja menjadi bola baja berongga melalui proses pengepresan. Tujuan penelitian ini yaitu mengembangkan sebuah media pembelajaran fisika yang inovatif dan praktis yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum untuk meningkatkan pemahaman siswa mengenai materi hukum Archimedes.

2. Metode Penelitian



Metode penelitian yang dilakukan yaitu uji coba dalam laboratorium melalui eksperimen hukum Archimedes menggunakan benda uji berupa bola baja berongga. Pelaksanaan uji coba dalam laboratorium terdiri dari 4 tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan eksperimen, tahap pengolahan dan analisis data, dan tahap penarikan kesimpulan.

a. Tahap Persiapan

Menyiapkan benda uji berupa bola baja berongga dengan ukuran diameter dan ketebalan tertentu, serta alat-alat yang dibutuhkan dalam pelaksanaan eksperimen yaitu gelas ukur berpancuran, neraca pegas, air, benang, dan penggaris. Bola baja dibuat menggunakan plat baja dengan ketebalan 0,6 mm, melalui pengepresan dibentuk menjadi setengah bola berongga dengan diameter 3,2 cm. Untuk mendesain benda uji yang tenggelam jika dimasukkan ke dalam air dan untuk membuat variasi massa jenis pada benda uji, ditambahkan bola-bola baja kecil ke dalam bola baja berongga. Pada penelitian ini, dibuat 5 macam benda uji yaitu benda uji dengan massa jenis sebesar 1.054 kg/m^3 , 1.171 kg/m^3 , 1.287 kg/m^3 , 1.404 kg/m^3 , dan 1.520 kg/m^3 . Hasil pengepresan berbentuk setengah bola baja yang berisi bola-bola baja kecil kemudian disatukan menjadi bola baja berongga melalui pengelasan.

b. Tahap pelaksanaan eksperimen

Langkah-langkah pelaksanaan eksperimen adalah sebagai berikut.

- 1). Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2). Mengisi gelas ukur dengan air hingga penuh.
- 3). Menghitung massa benda uji, volume benda uji, dan massa jenis benda uji.
- 4). Mengukur berat benda uji di udara dengan mengaitkan benda uji pada neraca pegas.
- 5). Memasukkan benda uji yang sudah dikaitkan pada neraca pegas ke dalam air pada gelas ukur.
- 6). Mengukur berat benda uji di dalam air.
- 7). Mengulangi langkah 2-6 dengan menggunakan bola baja berongga lain yang memiliki massa jenis yang berbeda.

c. Tahap Pengolahan dan Analisa Data

Tahap pengolahan dan analisis data digunakan untuk mengetahui efektivitas penggunaan media pembelajaran fisika berupa bola baja berongga pada pokok bahasan Hukum Archimedes, yaitu meliputi kegiatan sebagai berikut.

- 1). Membandingkan berat benda uji di udara dengan berat benda uji di dalam air.
- 2). Mencari hubungan antara besar gaya apung pada benda uji yang dimasukkan ke dalam air dan volume air yang dipindahkan oleh benda uji, kemudian membandingkannya dengan teori hukum Archimedes.

d. Tahap Kesimpulan

Tahap yang terakhir yaitu membuat kesimpulan hasil uji coba laboratorium berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data.



Gambar 1. Proses pembuatan bola baja berongga untuk eksperimen hukum Archimedes

Tabel 1. Variasi massa jenis benda uji yang dibuat

No.	Jari-Jari Benda Uji (cm)	Massa Jenis Benda Uji (kg/m^3)
1.	1,6	1.054
2.	1,6	1.171
3.	1,6	1.287
4.	1,6	1.404
5.	1,6	1.520



Gambar 2. Mengukur berat benda uji di udara dan berat benda uji di dalam air

3. Hasil dan Pembahasan

Hukum Archimedes menyatakan bahwa besar gaya apung sebanding dengan volume fluida yang dipindahkan oleh benda [8]. Oleh sebab itu, media pembelajaran yang digunakan untuk mempelajari hukum Archimedes seharusnya mampu menunjukkan melalui fenomena yang terjadi pada saat menggunakan media pembelajaran



tersebut agar siswa dapat memahami dengan jelas ahwa yang berpengaruh terhadap besarnya gaya apung yaitu berat fluida yang dipindahkan. Siswa seharusnya dapat memperoleh pemantapan pemahaman mengenai prinsip hukum Archimedes melalui pengamatan langsung mengenai fenomena yang terjadi saat melakukan percobaan, dan bukan mengerti teori terlebih dahulu, kemudian membandingkan dengan hasil yang diperoleh berdasarkan percobaan yang dilakukan.

Media yang pada umumnya digunakan di sekolah yaitu dengan menggunakan benda pejal dengan berbagai variasi ukuran, jika diperoleh besar gaya apung yang berbeda, maka siswa belum bisa langsung menyimpulkan bahwa yang berpengaruh terhadap gaya apung adalah besar volume fluida yang dipindahkan [4,7]. Namun, jika benda uji didesain dengan ukuran volume tertentu, sehingga seluruh benda uji memiliki besar volume yang sama, namun memiliki massa jenis dan berat yang berbeda, sehingga jika diperoleh besar gaya apung dari seluruh benda uji tersebut adalah sama besar, maka siswa akan memperoleh kemantapan pemahaman bahwa yang berpengaruh terhadap besar gaya apung adalah besar volume fluida yang dipindahkan oleh benda.

Besar gaya Archimedes dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$F = \rho_{\text{fluida}} \cdot g \cdot V_{\text{benda yang tercelup}} \quad (1)$$

dimana F merupakan besar gaya apung (N), ρ_{fluida} merupakan massa jenis fluida (g/m^3), V adalah volume fluida yang dipindahkan oleh kubus (m^3), dan g adalah percepatan gravitasi bumi (N).

Besar gaya apung juga dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini.

$$F = W_u - W_f \quad (2)$$

dimana W_u adalah gaya berat benda di udara dan W_f adalah gaya berat benda di dalam fluida [10].

Pada penelitian ini, perhitungan besar gaya apung dari benda uji yang dilakukan melalui kegiatan eksperimen dalam laboratorium yaitu melalui perhitungan selisih antara gaya berat benda di udara dengan gaya berat benda di dalam fluida. Kemudian, dilakukan analisis data mengenai hasil yang diperoleh berdasarkan eksperimen. Berat benda uji di udara dan berat benda uji di dalam fluida disajikan pada **Tabel 2**. Data berat benda uji di udara dan berat benda uji di dalam air digunakan untuk menghitung besar gaya apung pada benda uji. Selanjutnya, dilakukan perhitungan besar gaya apung pada benda uji dengan menghitung selisih antara berat benda uji di udara dan berat benda uji di dalam fluida [8]. Besar gaya apung pada masing-masing benda uji disajikan pada **Tabel 3**.



Tabel 2. Hasil eksperimen

No.	Jari-Jari Benda Uji (cm)	Massa Jenis Benda Uji (kg/m^3)	Berat Benda Uji di Udara (g)	Berat Benda Uji di Dalam Air (g)
1.	1,6	1.054	18.1	0.421
2.	1,6	1.171	20.1	2.421
3.	1,6	1.287	22.1	4.421
4.	1,6	1.404	24.1	6.421
5.	1,6	1.520	26.1	8.421

Tabel 3. Besar gaya Archimedes pada masing-masing benda uji

No.	Jari-Jari Benda Uji (cm)	Massa Jenis Benda Uji (kg/m^3)	Gaya Apung (N)
1.	1,6	1.054	17,679
2.	1,6	1.171	17,679
3.	1,6	1.287	17,679
4.	1,6	1.404	17,679
5.	1,6	1.520	17,679

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan, besar gaya apung pada seluruh benda uji adalah sama besar. Hal ini menunjukkan bahwa yang berpengaruh terhadap besar gaya apung yaitu besar volume fluida yang dipindahkan oleh benda atau besar volume benda yang tercelup dalam fluida, karena hanya volume benda uji lah yang dibuat tetap, sedangkan massa dan massa jenis benda uji dibuat berbeda [8]. Ketika siswa melakukan percobaan untuk mempelajari hukum Archimedes, siswa dapat mengamati secara langsung mengenai fenomena yang terjadi bahwa ketika benda yang memiliki massa berbeda namun memiliki volume yang sama dimasukkan seluruhnya ke dalam fluida, ternyata besar gaya apung yang dialami benda adalah sama besar, sehingga siswa dapat menyimpulkan dan memperoleh pematapan pemahaman bahwa yang berpengaruh terhadap besar gaya apung adalah besar volume benda yang tercelup atau besar volume fluida yang dipindahkan oleh benda.

4. Kesimpulan

Eksperimen menggunakan media pembelajaran berupa bola baja berongga praktis digunakan sebagai peluang untuk meningkatkan pemahaman siswa pada pokok bahasan hukum Archimedes.

Daftar Rujukan

- [1] Dlamini, B., et al. 1996. Liked and Disliked Learning Activities: Respon of Swazi Student to Science Material With a Technological Approach. *Journal Research in Science & Technological Education*. Vol. 14. No. 2.
- [2] Qvortrup, Ane., Merete Wiberg. 2016. *On the Definition of Learning*. Denmark: University Press of Southern Denmark.



- [3] Brookes, D. T. 2006. *The Role of Language in Learning Physics*. Dissertation submitted to The State University of New Jersey.
- [4] Pratiwi, Arida. 2013. Pembelajaran dengan Praktikum Sederhana untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa pada Materi Fluida Statis di Kelas XI SMA Negeri 2 Tuban. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*.
- [5] Suparno, Paul. 2013. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*. Jakarta: Grasindo.
- [6] Supardi, U.S., Leonard, Huri S., dan Rismurdiyati. 2012. Pengaruh Media Pembelajaran dan Minat Belajar Terhadap Hasil Belajar Fisika. *Jurnal Formatif*. Vol 2 (1): 71-81.
- [7] Mohazzabi, Pirooz. 2017. Archimedes' Principle Revisited. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 2017, 5, 836-843.
- [8] Serway, R. A. Jewett J.W. 2014. *"Fisika untuk Sains dan Teknik"*. Buku 1, Edisi 6. Jakarta: Salemba Teknik.



PERMAINAN ULAR TANGGA BERBASIS KOMPUTER SEBAGAI SARANA *FORMATIVE ASSESSMENT* PADA MATERI FLUIDA STATIS

Mohammad Habib Alasy Ariy^{1,*}, Sentot Kusairi², Eny Latifah²

¹Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

²Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

***Email:** mohammadhabib.alasyariy@gmail.com

Abstrak

Asesmen formatif bertujuan membantu siswa belajar secara berkelanjutan. Dalam implementasinya asesmen formatif yang dapat memberikan balikan yang tepat waktu pada siswa sulit dilakukan. Penggunaan komputer dapat mengatasi berbagai masalah implementasi asesmen formatif dalam pembelajaran. Penelitian ini bertujuan mengembangkan asesmen formatif berbasis komputer dengan memanfaatkan permainan ular tangga. Penelitian dan pengembangan ini menggunakan model ADDIE (analysis, design, development, implementation dan evaluation). Produk hasil pengembangan diujicobakan pada 20 siswa kelas XI MAN 3 Kediri. Berdasarkan hasil analisis data, produk layak untuk diterapkan. Siswa juga sangat berminat menggunakan produk ini. Produk ini direkomendasikan kepada guru untuk digunakan sebagai alternatif asesmen berbasis komputer dan untuk diteliti lebih lanjut.

Kata Kunci: Asesmen formatif, berbasis komputer, permainan ular tangga.

1. Pendahuluan

Asesmen merupakan suatu proses untuk mendapatkan bukti pembelajaran melalui hasil dari pertanyaan spesifik seperti tes dan survei dan digunakan untuk menentukan hasil pembelajaran berdasarkan pencarian melalui suatu metode asesmen (Rayment, 2006 [1]). Salah satu metode asesmen yang kuat dan mampu meningkatkan hasil belajar siswa yakni asesmen formatif (Black dan William, 2001 [2]). Guru juga sering memberikan balikan tidak tepat waktu. Berdasarkan hasil wawancara guru biasanya memberikan balikan satu minggu setelah tes diberikan. Balikan tersebut biasanya memakan waktu satu sampai dua jam pelajaran. Sehingga, dapat dikatakan bahwa asesmen formatif masih belum terlaksana dengan baik.

Asesmen berbasis komputer mampu mengembangkan potensi dari asesmen formatif sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif (Cusi dkk, 2014 [3]). Asesmen formatif berbasis komputer sangat fleksibel dan mampu memberikan pembelajaran mandiri dengan balikan yang cepat dan bermakna (Barlett dkk, 2002 [4]). Berdasarkan hasil wawancara, asesmen yang dilakukan guru masih jarang menggunakan asesmen berbasis komputer. Guru lebih memilih menggunakan soal-soal di LKS dan membahasnya di lain pertemuan. Beberapa siswa mengatakan merasa tegang dengan asesmen yang sering dilakukan sehingga mempengaruhi



kualitas belajar siswa. Sehingga dibutuhkan suatu asesmen formatif berbasis komputer yang mampu meningkatkan motivasi siswa.

Permainan digital dapat memotivasi siswa dalam pembelajaran. Permainan digital juga dapat meningkatkan penguasaan konsep dan *skill* siswa dalam matematika, Bahasa dan sains (Takeuchi dan Vaala, 2009 [5]). Salah satu permainan yang dapat digunakan sebagai permainan digital adalah permainan ular tangga. Permainan ular tangga merupakan salah satu permainan yang populer di dunia. Permainan ular tangga menggunakan aturan main yang cukup mudah. Hal tersebut memungkinkan permainan ular tangga dibawa ke dalam permainan digital.

Permainan ular tangga juga merupakan permainan yang memotivasi siswa untuk menyelesaikan permainan tersebut. Beberapa penelitian Pendidikan menggunakan permainan ular tangga dalam penelitiannya. Salah satu hasil penelitian mengenai permainan ular tangga menyatakan bahwa permainan ular tangga juga dapat menambah perkembangan kognitif siswa (Nachiappan, 2014 [6]). Berdasarkan hal tersebut permainan ular tangga dapat digunakan sebagai sarana asesmen formatif berbasis komputer

2. Metode Penelitian

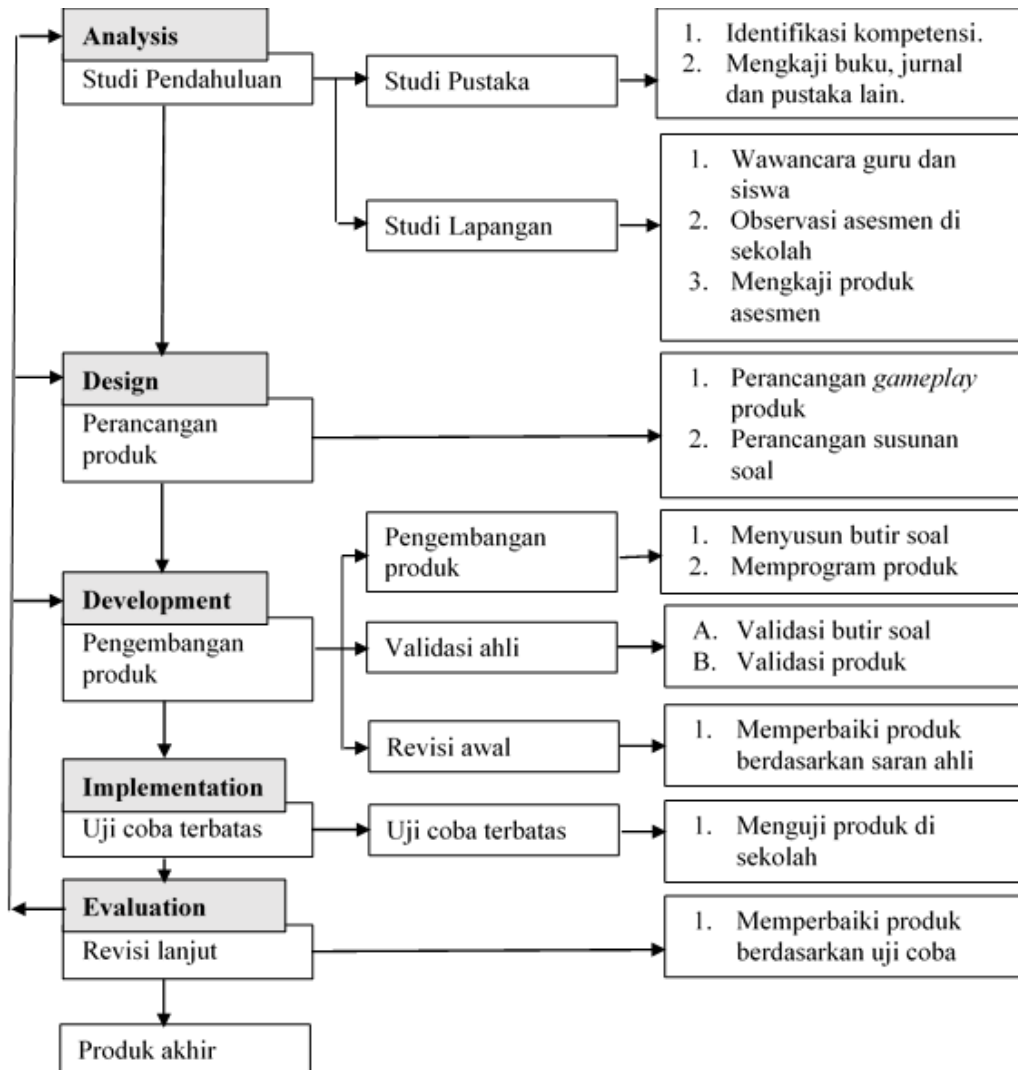
Penelitian yang akan dilaksanakan berupa penelitian pengembangan. Dalam penelitian pengembangan akan dibuat rancangan untuk menghasilkan suatu produk. Model pengembangan asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga adalah model ADDIE (*Analysis-Design-Development-Implementation-Evaluation*). Prosedur penelitian dan pengembangan yang digunakan diadaptasi dari model

ADDIE disesuaikan dengan langkah penelitian dan pengembangan yang akan dilakukan oleh peneliti. Skema prosedur penelitian dan pengembangan secara ringkas pada Gambar 1.

Tahap awal penelitian ini dimulai dari (1) studi pendahuluan, (2) perancangan produk, (3) pengembangan produk, (4) uji coba terbatas dan (5) revisi lanjutan. Studi pendahuluan meliputi studi pustaka dan studi lapangan. Studi pustaka dilaksanakan dengan mengidentifikasi kompetensi dan mengkaji buku, jurnal dan pustaka lainnya. Studi lapangan dilakukan dengan mewawancarai guru dan siswa mengenai asesmen dalam pembelajaran, observasi langsung kegiatan asesmen di sekolah dan mengkaji produk asesmen yang serupa. Setelah dilakukan studi pendahuluan, dilakukan perancangan produk yang meliputi perancangan butir soal pilihan ganda dan perancangan *gameplay* produk.

Rancangan butir soal pilihan ganda dan rancangan produk tersebut dikembangkan pada tahap pengembangan dengan tiga langkah yakni pengembangan produk, validasi produk dan revisi awal. Produk dikembangkan menjadi sebuah *prototype* asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga. Produk tersebut kemudian divalidasi oleh ahli untuk dinilai kelayakannya dan diberikan komentar dan saran oleh ahli untuk

perbaikan produk. Ahli terdiri oleh satu dosen dan dua guru SMA Negeri. Berdasarkan komentar dan saran ahli, produk diperbaiki pada tahap revisi awal. Produk awal ini diujikan pada 20 siswa kelas XI MAN 3 Kediri pada semester genap tahun ajaran 2016/2017. Hasil dari dari uji coba tersebut berupa respon minat siswa dan kesesuaian produk terhadap asesmen formatif serta komentar dan saran siswa. Berdasarkan hasil uji coba, produk direvisi kembali agar lebih sempurna. Hasil dari revisi tersebut merupakan produk akhir dari penelitian pengembangan ini.



Gambar 1. Skema prosedur penelitian dan pengembangan

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengembangan asesmen formatif berupa aplikasi asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga. Produk ini berisi 36 soal yang valid dan reliabel. Soal-soal tersebut dibungkus dalam kotak-kotak permainan. Produk menyediakan balikan yang berfungsi membantu siswa agar menguasai kompetensi dasar fluida statis. Selain itu, produk juga menyediakan skor dan informasi mengenai informasi capaian indikator siswa. Berikut disajikan tampilan *gameplay* aplikasi asesmen formatif berbasis komputer pada Gambar 2 dan 3.

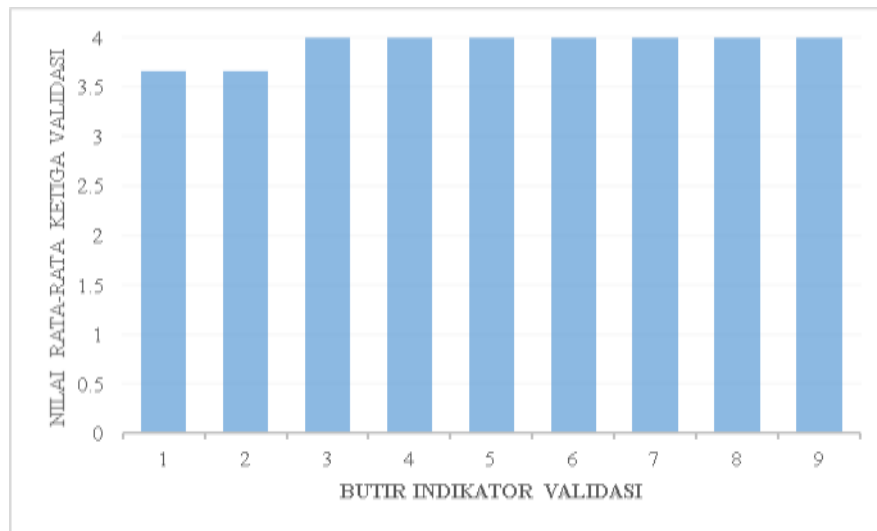


Gambar 2 Tampilan papan permainan



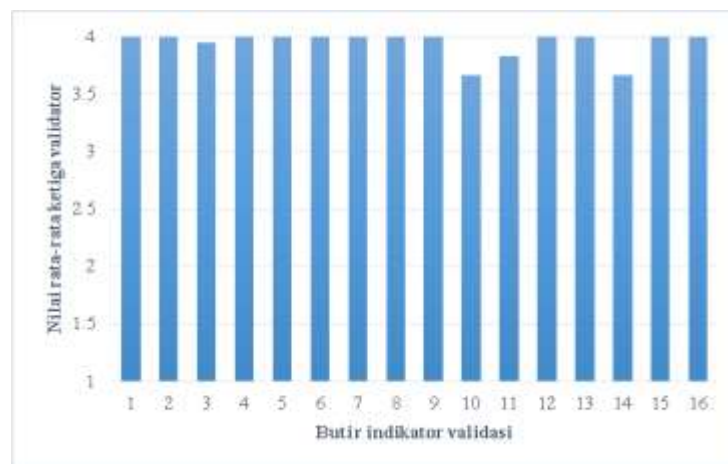
Gambar 3 Tampilan hasil asesmen setelah direvisi

Produk tersebut kemudian divalidasi oleh ahli untuk diuji tingkat kelayakannya. Kelayakan produk ini diuji berdasarkan aspek asesmen dan aspek tampilan. Butir indikator validasi aspek asesmen meliputi (1) aturan permainan produk ini menunjang asesmen formatif, (2) aturan permainan produk ini mendorong siswa untuk memecahkan masalah, (3) soal yang digunakan mampu mengukur kualitas belajar siswa, (4) gambar yang diberikan mampu memberikan gambaran terhadap asesmen, (5) pembahasan yang diberikan mendukung balikan yang diberikan, (6) balikan yang diberikan cepat, (7) balikan mengenai indikator mampu mendukung siswa untuk belajar lebih baik lagi, (8) skor yang diberikan sesuai dengan kualitas belajar siswa, dan (9) produk ini mendukung asesmen formatif. Berikut disajikan hasil validasi produk aspek tampilan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram nilai rata-rata validasi produk asesmen formatif berbasis komputer aspek asesmen

Butir indikator validasi aspek tampilan meliputi (1) pemilihan *background*, (2) pemilihan objek dan tombol, (3) kesesuaian komposisi warna, (4) pemilihan jenis, warna dan ukuran tulisan, (5) pemilihan bingkai, (6) fungsi tombol, (7) ilustrasi gambar jelas, (8) pemilihan avatar pemain, (9) tata letak objek, (10) kejelasan kosakata, (11) fungsi fitur *Tahukah kamu*, (12) fungsi fitur balikan informasi capaian, (13) fungsi perhitungan skor, (14) produk tersusun dengan baik, (15) program berjalan dengan baik, (16) komposisi keseluruhan produk. Berikut disajikan hasil validasi produk aspek tampilan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram nilai rata-rata validasi produk asesmen berbasis formatif aspek tampilan

Berdasarkan hasil validasi aspek asesmen dan aspek tampilan, data dianalisis dengan teknik rata-rata seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil nilai rata-rata validasi isi produk asesmen formatif berbasis komputer

No.	Kriteria yang dinilai	Asesmen Formatif Berbasis Komputer Menggunakan Modifikasi Permainan Ular Tangga					
		V1	V2	V3	Jumlah	Rata-rata	Kriteria
1	Aspek Asesmen	4	3.78	4	11.78	3.93	Baik
2	Aspek Tampilan	4	3.83	4	11.83	3.94	Baik
Jumlah		8	7.61	8	23.61	7.87	
Rata-rata		4	3.80	4	11.80	3.93	Baik

Keterangan:

V1 = Rata-rata nilai validasi isi validator 1,

V2 = Rata-rata nilai validasi isi validator 2,

V3 = Rata-rata nilai validasi isi validator 3,

Jml = Jumlah nilai validasi ketiga validator,

Rt = Rata-rata nilai validasi ketiga validator

Berdasarkan hasil analisis data, produk asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga pada materi fluida statis dapat dikatakan baik dengan nilai rata-rata 3.93. Dengan demikian, produk layak digunakan untuk asesmen formatif berbasis komputer.

Produk akhir pengembangan dalam penelitian ini berupa aplikasi asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga pada materi Fluida Statis dengan format .exe. Produk ini digunakan untuk siswa yang telah menempuh kompetensi dasar tersebut. Produk berfungsi sebagai alternatif asesmen formatif berbasis komputer untuk meningkatkan motivasi belajar siswa serta memberikan penguatan kepada siswa terhadap kompetensi dasar fluida statis.

Produk asesmen berbasis komputer ini direvisi berdasarkan hasil validasi oleh validator dan saran oleh siswa. Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif dan kualitatif, produk yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dikatakan sudah baik. Dengan demikian, produk mampu memberikan balikan secara singkat dan spesifik serta meningkatkan motivasi belajar siswa.

Produk asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga yang telah dikembangkan ini memiliki keunggulan dan kekurangan. Kelebihan asesmen berbasis komputer ini yaitu (1) aturan permainan yang menarik serta mendukung asesmen formatif, (2) soal yang digunakan berupa soal yang valid dan reliabel, (3) balikan yang diberikan cepat setelah siswa menyelesaikan pemecahan masalah, (4) terdapat tiga jenis balikan yaitu pembahasan, skor dan informasi penguasaan kompetensi siswa, dan (5) Fitur tahukah kamu mampu memberikan wawasan yang lebih luas mengenai materi fluida statis, serta (6) tampilan yang atraktif dan menarik. Kekurangan asesmen formatif berbasis komputer ini yaitu (1) terbatas pada kompetensi dasar menerapkan hukum-hukum fluida statis dalam kehidupan sehari-hari, (2) produk ini



menggunakan aturan main agar siswa harus terus menjawab benar untuk menyelesaikan asesmen formatif ini, dan (3) skor masih belum bisa langsung dikirimkan kepada guru.

4. Kesimpulan

Produk akhir pengembangan dalam penelitian ini berupa aplikasi asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga pada materi Fluida Statis dengan format .exe. Produk ini berisi 36 soal yang valid dan reliabel. Produk asesmen formatif berbasis komputer menggunakan modifikasi permainan ular tangga pada materi fluida statis dapat dikatakan baik dengan nilai rata-rata 3.93. Dengan demikian, produk layak digunakan untuk asesmen formatif berbasis komputer.

Daftar Rujukan

- [1] Bartlett, B., Fletcher, M. & Kearney, J. 2002. Computer-Based Assessment: Its Use and Effects on Student Learning. Makalah disajikan dalam konferensi Learning in Technology Education: Challenge for the 21st Century, Parkroyal Gold Coast, Australia, 5-7 Desember 2002, Dalam Griffith, (Online), (http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/10072/1455/1/19796_1.pdf), diakses 12 Januari 2017
- [2] William, Dylan & Black, Paul. *Inside the Blackbox: Rising Standards Trough Classroom Assessment*. *Phi Delta Kappan*, (Online), 8 (2):139, (https://www.michigan.gov/documents/mde/Inside_the_Black_Box_184495_7.pdf), diakses 19 Januari 2017.
- [3] Cusi, Annalisa, Morselli, Francesca & Sabena, Cristina. *The Use of Technology in Formative Assessment to Raise Achievement*. *FaSMEd Position Paper*. (Online), (https://research.ncl.ac.uk/fasmed/positionpapers/The+use+of+technology+in+FA+to+raise+achievement_Revision+UNITO-FINAL.pdf), diakses 19 Januari 2017
- [4] Moss, Connie. M. & Brookhart, Susan. M. 2009. *Advancing Formative Assessment in Every Classroom: A Guide for Instructional Leaders*. Alexandria: ASCD. Dari Library Genesis, (online), (<http://www.gen.lib.rus.ec>), diakses 19 Januari 2017
- [4] Molenda, Michael. 2003. *In Search of the Elusive ADDIE Model*. Makalah disajikan pada *Performance Improvement*, Indiana, Mei-Juni 2003. Dalam Comp, (Online), (<http://www.comp.dit.ie/dgordon/courses/ilt/ilt0004/insearchofelusiveaddie.pdf>), diakses 3 Februari 2017
- [5] Takeuchi, L. M. & Vaala, S. 2014. *Level up learning: A national survey on teaching with digital games*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop. Dari Library Genesis, (online), (<http://www.gen.lib.rus.ec>), diakses 19 Januari 2017



- [6] Nachiappan Suppiah, Rachman N. A., Andi Harikrishnan & Zulkafaly F. M. 2014. *Snake and Ladder Games in Cognition Development on Students with Learning Difficulties*. *Review of Arts and Humanities*, 3(2). (Online), (http://rah-net.com/journals/rah/Vol_3_No_2_June_2014/15.pdf), diakses 8 Januari 2017
- [7] Rayment, Tabatha. 2006. *101 Essential Lists on Assessment*. London: Continuum International Publishing Group. Dari Library Genesis, (online), 19 Januari 2017.



PEMAHAMAN KONSEP GURU IPA SMP PADA MATERI KINEMATIKA, GELOMBANG, DAN OPTIK

I Fatimah^{1,*}, D Anggoro¹, Sudarsono¹, N Puspitasari¹, S Indrawati¹, L Silvia¹, Suyatno¹, Y Pramono¹, M Muntini¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Email: iimf@physics.its.ac.id

Abstrak

Kinematika, Gelombang dan Optik merupakan bab yang diajarkan pada kurikulum 2013 di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Pada bab ini kebanyakan dari Guru SMP mengalami kesulitan dalam hal pemahaman materi tersebut dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah pengampu mata pelajaran IPA di SMP merupakan lulusan Jurusan Biologi. Dari hasil interaksi dengan para sebagian besar guru fisika di sekolah SMP mengeluhkan tentang konsep fisika khususnya tentang Kinematika, Gelombang dan Optik seperti perambatan cahaya dan interferensi. Permasalahan tersebut muncul ketika guru yang ditugaskan mengampu mata pelajaran IPA tidak memiliki kompetensi dan pemahaman yang cukup mengenai materi kinematika, gelombang, dan optik. Untuk mengatasi masalah tersebut, telah dibuat konsep cara pembelajaran yang mudah terkait materi IPA SMP khususnya materi kinematika, gelombang, dan optik.

Kata Kunci: kinematika, gelombang, optik, interferensi.

1. Pendahuluan

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan salah satu mata pelajaran di tingkat SMP yang memiliki ruang lingkup meliputi makhluk hidup dan proses kehidupan, interaksi dengan lingkungan, kesehatan, benda atau materi, sifat – sifat benda dan kegunaannya, energi dan perubahannya, bunyi, panas, bumi, alam semesta dan lain sebagainya. Selain itu Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan kumpulan pengetahuan yang tersusun secara sistematis, dan dalam penggunaannya secara umum terbatas pada gejala-gejala alam. Perkembangan IPA selanjutnya tidak hanya ditandai oleh adanya kumpulan fakta saja, tetapi juga munculnya “metode ilmiah” (*scientific methods*) yang terwujud melalui suatu rangkaian “kerja ilmiah” (*working scientifically*), nilai dan “sikap ilmiah” (*scientific attitudes*)[1].

Pemahaman fisika sebagai dasar ilmu pengetahuan dan keteknikan perlu ditumbuh kembangkan kepada siswa sejak dini, dan untuk itulah materi fisika harus menarik[2]. Pembelajaran fisika di sekolah hendaknya mampu memecahkan masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari, menumbuhkan sikap ilmiah agar siswa dapat berpikir dan bertindak secara ilmiah. Salah satu pembelajaran fisika adalah pembelajaran eksperimen yang berarti bahwa pembelajaran fisika semakin



baik bila ditunjang dengan percobaan-percobaan secara terbimbing di laboratorium[3].

Fisika merupakan salah satu pelajaran IPA yang menarik untuk dipelajari karena fenomena-fenomena fisika terjadi dalam kehidupan sehari-hari[4]. Namun kenyataannya, banyak anggapan dari para siswa bahwa mata pelajaran IPA sulit dan menakutkan. Banyak kendala dalam proses belajar mengajar untuk mata pelajaran IPA. Beberapa kendala diantaranya; mempelajari konsep fisika yang bersifat abstrak, kesulitan siswa dalam membayangkan konsep yang sebenarnya karena mereka hanya diberikan rumus-rumus fisika selama pembelajaran, latar belakang guru pengajar IPA yang bukan lulusan Fisika sehingga guru kurang mampu menyampaikan materi, kurang mampu mendekatkan ilmu pengetahuan ke aplikasi di kehidupan sehari-hari.

Hal ini diketahui berdasarkan hasil analisis kegiatan pengabdian masyarakat pada tahun 2015. Para guru mengeluhkan tentang kesulitan untuk menyampaikan materi tentang kinematika, gelombang dan optik. Dari hasil tersebut kami mencoba membuat sebuah konsep pemahaman untuk memudahkan para guru dalam mengajarkan materi kinematika, gelombang dan optik di kelas.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode semiprivate yaitu dengan membuat kelompok kecil yang terdiri 5-7 orang. Pengelompokan didasarkan pada latar belakang pendidikan dan nilai tes awal. Pada penelitian ini terdapat 5 kelompok kecil dengan kriteria sebagai berikut:

Kelompok I : Nilai tes awal > 80

Kelompok II : Nilai tes awal 75-80

Kelompok III: Nilai tes awal 70-74

Kelompok IV: Nilai tes awal 65-69

Kelompok V : Nilai tes awal < 65

Pada masing-masing kelompok didampingi oleh seorang dosen sehingga pemberian materi lebih fokus. Subjek penelitian ini adalah guru IPA SMP dengan latar belakang lulusan Jurusan Biologi dan Fisika Kota Surabaya.

3. Hasil dan Pembahasan

Latar belakang pendidikan dan nilai dari tes awal merupakan hal penting sebelum dilakukan pengelompokan. Berdasarkan latar belakang pendidikan jumlah peserta ditunjukkan oleh Gambar 1. Setelah itu ditentukan range nilai untuk tiap-tiap kelompok, dilakukan pretes untuk mengetahui kemampuan peserta.



Gambar 1. Latar belakang pendidikan

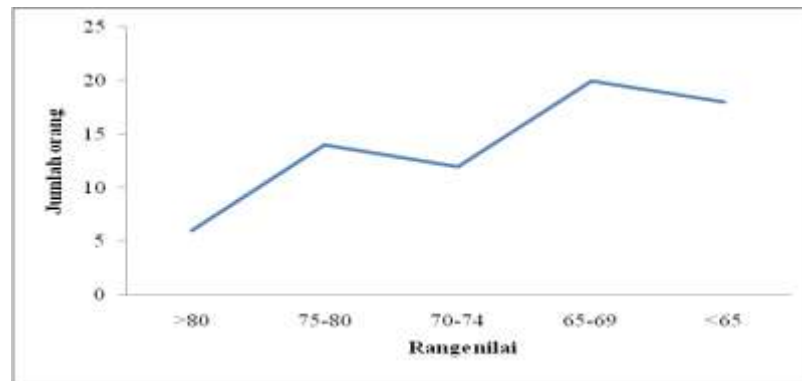
Berdasarkan Gambar 1. Mayoritas peserta pada penelitian ini berasal dari latar belakang nonfisika yaitu 71%, sehingga hasil tes awal sebagian besar berada pada range nilai < 70 sekitar 54% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Pada Tabel 1. diperoleh data jumlah peserta di tiap-tiap kelompok. Berdasarkan Tabel 1. jumlah peserta kelompok I adalah 8.6%, kelompok II 20%, kelompok III 17%, kelompok IV 28.6% dan kelompok V 25.8%. Hal ini digunakan sebagai acuan untuk membentuk tim-tim yang akan didampingi oleh seorang dosen, tujuannya agar lebih fokus dalam penyampaian materi. Berdasarkan tabel 1. untuk kelompok I terdiri dari 1 tim, kelompok II terdiri dari 2 tim, kelompok III terdiri dari 2 tim, kelompok IV terdiri dari 3 tim dan kelompok V terdiri dari 3 tim. Berdasarkan Tabel 1. dapat digambarkan dalam grafik seperti pada Gambar 2.

Tabel 1. Hasil tes awal

Kelompok	Range Nilai	Jumlah Orang
I	>80	6
II	75-80	14
III	70-74	12
IV	65-69	20
V	<65	18
Jumlah		70

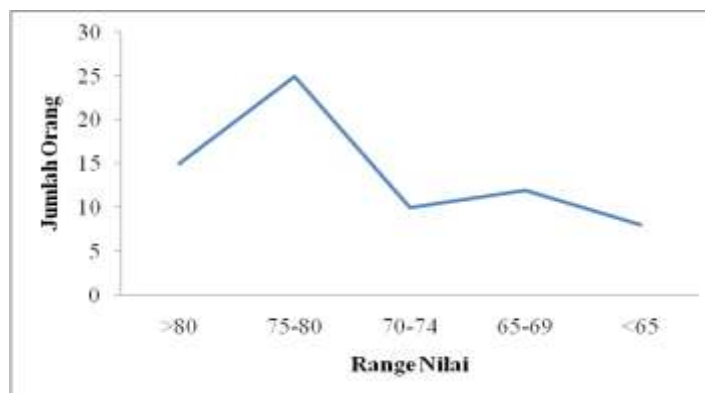
keterangan: Nilai maksimum 100



Gambar 2. Hasil tes awal

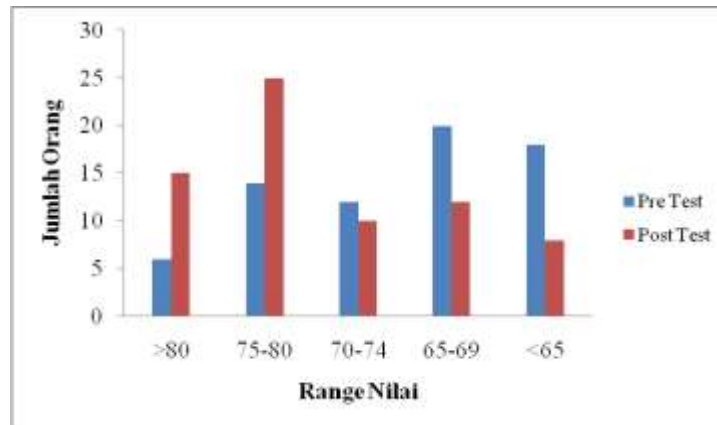
Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa nilai yang diperoleh berat di sebelah sisi kanan. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya penguasaan aljabar dan pemahaman konsep. Selama ini metode yang sering diberikan di dalam kelas adalah pemberian rumus tanpa memberikan penjelasan fenomena-fenomena fisis yang ada, sehingga siswa akan lebih mudah untuk menghafalkan tanpa mengetahui konsep dasar. Oleh sebab itu dalam penelitian ini, para peserta akan dibentuk kelompok, diberikan materi kinematika, gelombang, dan optik dengan pembelajaran berbasis tutorial. Setiap kelompok mendapatkan materi dan latihan soal yang sama, materi kinematika, gelombang dan optik dengan penyampaian konsep dasar yang disertai dengan fenomena fisis yang ada. Setelah itu akan diberikan latihan soal untuk melihat umpan balik dari materi yang telah disampaikan.

Setelah semua materi diberikan maka dilakukan tes akhir. Hasil dari tes akhir ditunjukkan oleh Gambar 3. yang dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan pembelajaran dengan metode tutorial terhadap guru-guru IPA SMP terjadi perubahan nilai tes. Hasil pembelajaran dengan memberikan konsep dasar yang menunjukkan fenomena-fenomena fisis dapat mempermudah pemahaman, sehingga mampu menyelesaikan persoalan-persoalan yang ada.



Gambar 3. Hasil tes akhir

Berdasarkan Gambar 3. dapat disimpulkan bahwa grafik menunjukkan berat sebelah kiri, yang artinya nilai-nilai tes peserta mengalami kenaikan. Hal ini didukung dengan dibentuknya kelompok-kelompok kecil dengan didampingi seorang dosen yang memudahkan dalam pemahaman materi. Dengan metode tutorial seperti ini memungkinkan terjadi komunikasi dua arah yang efektif. Peserta turut aktif dalam penyelesaian latihan soal. Untuk mengetahui apakah metode ini cukup efektif dalam memberikan solusi yang dihadapi sekolah yaitu dengan melihat hasil tes peserta. Oleh sebab itu dalam Gambar 4. berikut akan ditunjukkan hasil tes peserta sebelum dan sesudah diberikan materi kinematika, gelombang, dan optik dengan metode tutorial yaitu memberikan pemahaman konsep dasar kemudian dilanjutkan latihan soal.



Gambar 4. Perbandingan hasil tes awal dan tes akhir

Berdasarkan Gambar 4, diperoleh hasil bahwa setelah diberikan materi dan latihan soal, para peserta mampu menjawab soal-soal tes lebih banyak dan benar. Hal ini didukung dari materi yang dijelaskan berdasarkan konsep-konsep dasar sehingga memudahkan pemahaman dengan menggunakan logika dan kemampuan tentang aljabar diterapkan saat latihan soal.

Metode ini mampu membantu permasalahan yang dihadapi beberapa sekolah SMP di Kota Surabaya, yang kebanyakan pengampu mata pelajaran IPA hanya kompeten pada salah satu bidang saja. Hal ini mestinya dapat diterapkan juga untuk guru IPA SMP yang memiliki latar belakang Fisika yang kurang kompeten di bidang Biologi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, maka dapat dikemukakan kesimpulan bahwa melalui pendekatan pembelajaran dengan memberikan konsep dasar disertai fenomena-fenomena fisis berbasis tutorial mampu meningkatkan



pemahaman konsep fisika para guru IPA SMP, yang ditandai dengan nilai tes semakin meningkat baik materi kinematika, gelombang, dan optik.

Daftar Rujukan

- [1] N. Puspitasari, dkk. (2016), *Pemanfaatan Laboratorium Alam sebagai Sarana Belajar Siswa pada Mata Pelajaran IPA Sekolah Dasar*, Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016. 201-206.
- [2] M. Muntini, dkk. (2015), *Peningkatan Minat Belajar Siswa SMP pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam melalui Laboratorium Alam*. Seminar Fisika Nasional UNESA.
- [3] Mundilarto. (2010). *Penilaian Hasil Belajar Fisika*. Yogyakarta: UNY Press.
- [4] Sudarsono, dkk. (2016). *Pelatihan dan Pemahaman Konsep Optika Fisis dan Pembuatan Alat Praktikum Difraksi dan Interferensi Bagi Guru-Guru Fisika Tingkat SMA*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika UNY. 37-40



PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF UNTUK MENGURANGI MISKONSEPSI PADA MATERI USAHA DAN ENERGI

Karras Bastomi^{1,*}, Winarto¹, Endang Purwaningsih¹

¹Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Kota Malang, 65145, Indonesia

*Email: kbastomi@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian dan pengembangan ini adalah mengembangkan media interaktif untuk membantu siswa memodelkan konsep pada materi usaha dan energi serta mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran yang telah dikembangkan. Pada penelitian ini menggunakan model menurut Borg & Gall yang diadaptasi oleh Sukamdinata. Data pada penelitian ini didapatkan dari instrumen validasi materi dan media/keterbacaan oleh ahli, serta angket uji coba terbatas pada siswa. Hasil dari uji kelayakan dan uji terbatas yang telah dilakukan menyatakan bahwa produk pengembangan pada penelitian ini memperoleh nilai rata-rata 81,5% untuk validasi materi, 87,3% untuk validasi media/keterbacaan, dan uji terbatas pada siswa sebesar 76,6%. Nilai rata-rata keseluruhan hasil uji kelayakan dan uji terbatas adalah 81,8% dengan kategori "valid". Penelitian selanjutnya dapat mengaplikasikan media dan mengukur efektifitas dari media yang telah dikembangkan.

Kata Kunci: media interaktif, miskonsepsi, usaha dan energi

1. Pendahuluan

Fisika merupakan jantung perkembangan teknologi dan informasi yang dalam penerapannya dapat mempermudah pemecahan masalah di kehidupan sehari-hari. Salah satu materi yang perlu dikuasai siswa kelas X dalam mata pelajaran fisika adalah usaha dan energi. Siswa diharapkan mampu untuk menganalisis konsep energi, kerja (usaha), hubungan usaha (kerja), dan perubahan energi serta penerapannya dalam peristiwa sehari-hari.

Usaha dan energi merupakan salah satu konsep fundamental dalam lingkup fisika yang berguna pada setiap cabang ilmu[1]. Usaha dan energi merupakan salah satu konsep fisika yang bersifat abstrak dan tidak intuitif[1]. Beberapa penelitian menunjukkan siswa mengalami miskonsepsi pada materi usaha energi, yaitu: (1) siswa beranggapan bahwa usaha positif dan usaha negatif bergantung pada arah perpindahan partikel, usaha total yang dilakukan oleh gaya konservatif maupun gaya non konservatif pada suatu lintasan tertutup tidak mungkin sama dengan nol [2], (2) siswa juga berpikir bahwa balok diam diatas meja tidak memiliki energi karena tidak ada gaya yang bekerja pada balok [3], (3)Siswa berpendapat bahwa semakin panjang lintasan yang ditempuh, semakin besar energi kinetik yang dimiliki [4] , (4) Pada kasus dimana suatu sistem bergerak naik pada suatu kemiringan dan kecepatan



sistem tetap, siswa berpendapat bahwa energi mekanik sistem tetap karena kecepatan sistem tetap [1], dan (5) Energi potensial elastis hanya dimiliki oleh sistem yang diregangkan saja, sedangkan pada sistem yang ditekan tidak memiliki energi potensial elastis [5].

Hasil observasi di MAN 03 Malang, peneliti juga menemukan miskonsepsi siswa pada materi usaha dan energi. Siswa memiliki konsep bahwa gaya yang diketahui pada setiap permasalahan langsung dapat diaplikasikan tanpa memperhatikan arah gaya. Miskonsepsi ini disebabkan oleh konsep yang telah dimiliki siswa dari jenjang sebelumnya. Dalam proses belajar fisika, apabila terjadi miskonsepsi atau salah konsep dapat menyebabkan terganggunya efektivitas belajar dan dapat mengganggu pembentukan konsepsi ilmiah [6].

Beberapa hasil penelitian menerapkan metode pembelajaran untuk mengatasi miskonsepsi siswa pada materi usaha dan energi, yaitu: (1) pendekatan multirepresentasi yang digunakan dalam pembelajaran konseptual interaktif memiliki efektifitas yang tinggi[7], (2) model pembelajaran kooperatif tipe investigasi kelompok memiliki dampak positif pada perubahan konsep siswa pada materi usaha energi[8], dan (3) pendekatan konflik kognitif dapat digunakan untuk mengurangi miskonsepsi siswa pada materi usaha dan energi [3].

Pembelajaran meliputi dua aspek yang menonjol yakni metode dan media pembelajaran sebagai alat bantu mengajar[9]. Media pembelajaran dalam pembelajaran merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi proses pembelajaran dikelas. Penggunaan media pembelajaran elektronik dapat mempermudah dalam mengkomunikasikan dan membangun konsep fisika yang bersifat abstrak[10].

Penggunaan media berbasis komputer memiliki kelebihan antara lain: membuat tulisan lebih rapi, kaya akan konten multimedia, dan memiliki keleluasaan ruang ekspresi[11]. Penggunaan media berbasis komputer dapat membuat pelajaran menjadi lebih menarik, meningkatkan kualitas kerja siswa, menjadikan siswa lebih aktif, dan guru lebih variatif dalam proses pembelajaran [12].

Media merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat berpengaruh besar pada proses pembelajaran. Dalam pembelajaran fisika materi usaha dan energi, media pembelajaran akan sangat membantu siswa dalam memodelkan konsep-konsep yang terkait dengan materi usaha dan energi. Dengan pemodelan konsep yang baik, miskonsepsi yang ada pada materi usaha dan energi dapat diminimalkan sehingga dicapai hasil pembelajaran yang maksimal. Oleh karena itu, dipandang perlu untuk melakukan pengembangan media pembelajaran interaktif untuk mengurangi miskonsepsi pada materi usaha dan energi”.

Penelitian dan pengembangan ini bertujuan mengembangkan media interaktif untuk membantu siswa memodelkan konsep pada materi usaha dan energi serta mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran yang telah dikembangkan.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D). Penelitian ini menggunakan model menurut Borg & Gall yang diadaptasi oleh Sukmadinata menjadi 3 langkah pengembangan, yaitu studi pendahuluan, pengembangan produk, uji coba produk.

Data dalam pengembangan media pembelajaran ini dikumpulkan dengan menggunakan instrumen berbentuk angket. Hal ini dimaksudkan agar subjek uji coba dapat menilai dengan mudah dan kriteria penilaian yang jelas. Angket kuisioner ini berupa kuisioner tertutup, tidak langsung, dan berbentuk checklist. Data yang diperoleh nantinya akan berisi sejumlah pernyataan tertulis yang digunakan untuk memperoleh informasi dari ahli materi dan ahli media mengenai validitas produk. Pada angket juga disediakan kolom khusus untuk memberikan masukan dan kritik tertulis dari subjek sebagai bahan pengembangan selanjutnya. Subjek uji coba penelitian ini adalah seorang dosen fisika Universitas Negeri Malang, seorang guru fisika SMAN Model Terpadu Bojonegoro, dan 31 siswa kelas XI SMAN Model Terpadu Bojonegoro.

Teknik yang digunakan untuk menganalisa data pada pengembangan media ini adalah teknik analisa data persentase. Pengolahan data merupakan tahapan yang sangat penting, karena dari hasil pengolahan data dapat ditarik kesimpulan tentang masalah yang diteliti. Adapun rumusan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

P = Persentase jawaban subjek uji coba
 $\sum x$ = Jumlah total skor jawaban (nilai nyata)
 $\sum x_i$ = jumlah total skor jawaban tertinggi (nilai harapan)

Berdasarkan persentase yang diperoleh kemudian ditentukan kelayakan produk yang dikembangkan berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Keberhasilan Pengembangan Media Interaktif

Persentase (%)	Kriteria Validasi	Keterangan
80-100	Valid	Tidak Revisi
60-79	Cukup Valid	Revisi Sebagian
50-59	Kurang Valid	Revisi
0-49	Tidak Valid	Diganti

(Sudjana, 2008)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dan pengembangan adalah produk media interaktif. Media interaktif menggunakan teknologi Flash dan dikembangkan menggunakan bantuan aplikasi

SwishMAX. Pada produk ditekankan pada konsep-konsep esensial yang ada pada materi usaha dan energi untuk mengurangi miskonsepsi yang dialami oleh siswa SMA. Pada media terdapat elemen-elemen yang berubah sesuai dengan aksi dari pengguna. Cuplikan dari media interaktif yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3. Produk yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media dengan hasil yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Dari hasil validasi materi dan media/keterbacaan didapatkan hasil rata-rata sebesar 82,1%. Hal ini menunjukkan bahwa produk hasil pengembangan layak secara materi maupun keterbacaan. Selain dari validator media juga diujicobakan secara terbatas pada 31 siswa Kelas XI-IPA-1 SMA N Model Terpadu Bojonegoro. Dari uji coba terbatas didapatkan hasil yang cukup bagus. Secara rata-rata termasuk dalam kategori cukup valid. Untuk hasil lengkap hasil uji coba terbatas dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 1. Tampilan Awal dan Menu Utama Media Interaktif



Gambar 2. Cuplikan Materi yang Ada Pada Media Interaktif



Gambar 3. Tampilan Soal dan Pembahasan Soal Pada Media Interaktif

Secara keseluruhan media yang dikembangkan masuk dalam kategori “valid” dan media yang dikembangkan siap untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Rekap nilai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 2. Analisis Data Hasil Uji Validasi Materi Media Interaktif

No.	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata (%)	Kategori Validasi
		Dosen (%)	Guru Fisika (%)		
1	Kompetensi Inti dan Kompetensi dasar	100	75,0	87,5	Valid
2	Materi secara keseluruhan	100	75,0	87,5	Valid
3	Usaha	75,0	83,3	79,2	Cukup Valid
4	Energi	79,2	87,5	83,4	Valid
5	Teorema Usaha-Energi	75,0	79,2	77,1	Cukup Valid



6	Hukum Kekekalan Energi Mekanik	75,0	79,2	77,1	Cukup Valid
7	Gaya Konservatif dan Non-Konservatif	75,0	75,0	75,0	Cukup Valid
8	Latihan soal	85,0	85,0	85,0	Valid

Tabel 3 Hasil Analisis Validasi Media/Keterbacaan Media Interaktif

No.	Aspek yang dinilai	Validator		Rata-rata (%)	Kategori Validasi
		Dosen (%)	Guru Fisika (%)		
1	Keterbacaan Media	78	85,3	87,3	Valid

Tabel 4. Hasil Analisis Uji Coba Terbatas

No	Aspek Penilaian	Rata-rata (%)	Kategori Validasi
1	Bagaimana kejelasan penyampaian informasi pada user manual sebagai petunjuk penggunaan media?	75,0	Cukup Valid
2	Bagaimana pendapat kalian mengenai kesesuaian isi materi usaha dan energi pada media dengan materi usaha dan energi yang kalian pelajari?	80,7	Cukup Valid
3	Bagaimana menurut kalian mengenai kelengkapan isi materi media animasi ini?	75,0	Cukup Valid
4	Apakah menggunakan media ini membantu kalian untuk memahami konsep yang ada di materi usaha dan energi?	86,3	Cukup Valid
5	Bagaimana kemampuan ilustrasi dalam membantu memvisualisasikan materi?	79,0	Cukup Valid
6	Bagaimana pendapat kalian mengenai kombinasi warna atau objek animasi?	68,5	Kurang Valid
7	Apakah kalian mudah menjangkau tombol navigasi?	81,5	Cukup Valid
8	Bagaimana kejelasan teks pada media animasi ini?	73,4	Cukup Valid
9	Bagaimana ketertarikan kalian pada media animasi ini?	73,4	Cukup Valid
10	Bagaimana pendapat kalian mengenai isi penjelasan pada petunjuk pengerjaan evaluasi?	75,8	Cukup Valid
11	Bagaimana pendapat kalian mengenai penggunaan bahasa pada media ini?	74,2	Cukup Valid
Rata-rata Akhir		76,6	Cukup Valid

Tabel 5. Hasil Analisis Data Keseluruhan

No	Jenis Uji	Rata-rata (%)	Kategori Validasi
1	Validasi Materi	81,5	Valid
2	Validasi Media/Keterbacaan	87,3	Valid
3	Uji Terbatas pada Siswa	76,6	Cukup Valid
Rata-rata keseluruhan		81,8	Valid

Dari hasil validasi yang telah dilakukan, diperlukan revisi pada beberapa bagian dari media. Revisi yang diperlukan tersebut telah dilaksanakan oleh



pengembang. Dari hasil uji coba terbatas pada siswa terlihat bahwa media interaktif untuk mengurangi miskonsepsi pada materi usaha dan energi ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan yang dimiliki media interaktif ini antara lain: (1)mampu membantu siswa dalam memahami konsep yang ada pada materi usaha energi, (2)animasi yang ada membantu dalam memvisualisasikan konsep usaha dan energi yang tidak dapat dilihat langsung, (3)mudah dalam penggunaan, dan (4)media bersifat interaktif yang mampu menyesuaikan dengan aksi pengguna. Kelemahan dari media ini antara lain: (1)pilihan soal yang terbatas, (2)penggunaan warna yang tidak sesuai dengan selera siswa, dan (3)objek yang digunakan dan kualitas animasi yang masih dapat ditingkatkan lagi. Media ini memiliki keunggulan disisi interaksi karena media yang pernah dikembangkan masih bersifat kaku dan kurang kompleks [13].

4. Kesimpulan

Produk yang telah dikembangkan berupa media interaktif yang terdiri dari sub materi (1)usaha, (2)energi, (3)hukum kekekalan energi mekanik, dan (4)teorema usaha-energi. Pada masing-masing awal submateri media menampilkan animasi yang mengajak pengguna untuk mengamati animasi tersebut yang kemudian selanjutnya mengajak pengguna untuk bertanya tentang gejala fisis yang ada pada animasi yang ditampilkan. Setelah itu pengguna diajak untuk mempelajari konsep-konsep yang berlaku pada animasi tersebut. Diakhir submateri, pengguna disajikan dengan persamaan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan soal yang terkait dengan submateri tersebut. Tersedia juga latihan soal untuk masing-masing submateri yang dapat digunakan oleh pengguna sebagai sarana berlatih.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disampaikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Saran Pemanfaatan Produk

Produk media interaktif ini dapat digunakan dengan berbagai cara. Cara utama dalam memanfaatkan media ini adalah dengan mengintegrasikan penggunaan media dalam proses pembelajaran. Integrasi dalam proses pembelajaran ini dapat menguntungkan karena dalam prosesnya akan timbul timbal balik antara guru dan siswa yang akan menumbuhkan sifat keingintahuan siswa dan ketertarikan siswa terhadap materi usaha dan energi. Cara lain dalam menggunakan media ini adalah sebagai media pengayaan yang diberikan kepada siswa dan kemudian oleh siswa digunakan untuk belajar mandiri.

2. Saran Diseminasi Produk

Penyebarnya hasil penelitian ini dapat dilakukan dengan menulis artikel melalui jurnal kependidikan, ikut dalam seminar dan didistribusikan melalui perpustakaan.

3. Saran Pengembangan Lebih Lanjut

Peneliti yang akan melakukan penelitian dan pengembangan media pembelajaran media interaktif fisika lebih lanjut dapat mempertimbangkan hal-hal berikut:



- a. membuat suatu program pembelajaran yang lebih menyeluruh yang memanfaatkan media interaktif ini agar pengajar yang ingin mengadopsi media ini lebih mudah.
- b. lebih memahami selera dari sasaran pengguna media yang dituju .

Daftar Rujukan

- [1] Singh, C., & Schunn, C. D. (2009). Connecting three pivotal concepts in K-12 science state standards and maps of conceptual growth to research in physics education. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5(2), 16-42.
- [2] Nugraha, H. A. 2014. *Analisis Miskonsepsi Topik Usaha dan Energi Siswa Kelas XI Setelah Pembelajaran Kooperatif Menggunakan Simulasi Komputer*. Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [3] Khasanah, N. 2010. *Penggunaan Pendekatan Konflik Kognitif untuk Remediasi Miskonsepsi Pembelajaran Usaha dan Energi*. Tesis tidak diterbitkan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [4] Dalaklioglu, S., Demirci, N., & Sekercioglu, A. G. (2015). Eleventh grade students Difficultis and misconceptions about Energy and Momentum concepts. *International Journal on New Trends in Educations and Their Implications* (6)1, 13-21.
- [5] AAS Project 2061. *2016 AAAS Project 2061 Science Assessment Website*. USA: American Association for the Advancement of Science.
- [6] Margunayasa, I. G. & Riastini, P. N. 2014. Pengaruh Petunjuk Praktikum IPA Bermuatan Perubahan Konseptual Terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep IPA pada Mahasiswa PGSD. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 3(1), 348-358.
- [7] Suhandi, A., & Wibowo, F. C. (2012). Pendekatan multirepresentasi dalam pembelajaran usaha-energi dan dampak terhadap pemahaman konsep mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8(1).
- [8] Masita, S., Syamsu, S., & Darmadi, I. W. 2015. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Investigasi Kelompok Terhadap Perubahan Konsep Fisika Siswa Kelas XI IPA di SMA Negeri 1 Marowala pada Konsep Usaha dan Energi. *Jurnal Pendidikan Tadulako*, 3(1), 32-37.
- [9] Wahyudin, S., & Isa, A. 2009. Keefektifan Pembelajaran Menggunakan Metode Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Minat dan Pemahaman Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 58-62.
- [10] Seregar, A., Sunarno, W., & Cari. 2013. Pembelajaran Fisika Kontekstual Melalui Metode Eksperimen dan Demonstrasi Diskusi Menggunakan Multimedia Intraktif Ditinjau dari Sikap Ilmiah dan Kemampuan Verbal Siswa. *Jurnal Inkuiri*, 2(2), 100-113.
- [11] Boudjadar, T. 2015. ICT in the Writing Classroom: The Pros and the Cons. *International Journal of Applied Linguistics and English Literature*, 4(1), 8-13.
- [12] Akingbade, J. S. 2013. Students' Perception of the Availability and Utilization of Information and Communication Technology (ICT) in the Teaching and Learning



- of Science Subjects in Secondary Schools in Ekiti State, Nigeria. *International Journal of Education & Literacy Studies*, 1(1), 94.
- [13] Aththibby, A.R. dan Salim, M.B. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Animasi Flash Topik Bahasan Usaha dan Energi. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 3(2), 25-33.



PENGEMBANGAN GENERATOR SEDERHANA BERBAHAN DAUR ULANG UNTUK DIVERSIFIKASI ENERGI TERBARUKAN (*RENEWABLE ENERGY*)

Winarto^{1,*}, Agus Suyudi¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, Kode Pos: 65145, Indonesia

*Email: winarto.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan generator sederhana berbahan daur ulang merupakan salah satu terobosan inovatif dalam memanfaatkan energi otot pada tubuh manusia. Generator ini diharapkan dapat membantu pengadaan energi listrik dalam kapasitas kecil untuk mengisi baterai dan mengoperasikan handphone, menyalakan lampu LED, dan keperluan lainnya. Generator secara praktis dapat dipergunakan di tempat-tempat yang belum terjangkau aliran listrik atau tidak terdapat sumber listrik. Rancang bangun generator ini melibatkan bahan daur ulang sederhana yang dibangun secara mudah menggunakan prinsip Hukum Faraday. Data diperoleh dengan mengoperasikan generator secara bervariasi dan diperoleh data kuantitatif tentang besarnya tegangan yang dihasilkan. Selanjutnya data disajikan deskriptif sebagai hasil penelitian dan pengembangan. Sebagai prototype, generator ini dapat dijadikan model untuk dikembangkan dengan kapasitas lebih besar dan tidak lagi digerakkan dengan energi otot manusia tetapi dengan energi air, energi angin, atau energi terbarukan lainnya. Generator ini dikemas dalam wadah plastik bekas kemasan oli mobil, terdiri atas roda penggerak magnet di dalam kumparan yang memicu terjadinya induksi listrik pada kumparan. Outputnya berupa arus listrik AC mencapai 10 V-18 V dengan arus 5A, kemudian disearahkan menjadi arus DC masuk ke regulator dan disimpan pada baterai.

Kata Kunci: Generator Sederhana, Bahan Daur Ulang, Energi Terbarukan.

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan, tidak ada satupun aspek kehidupan dapat berlangsung tanpa keterlibatan energi. Ketergantungan kehidupan manusia terhadap energi berlangsung secara terus menerus sementara ketersediaan energi siap pakai di alam terbatas jumlahnya. Dewasa ini dunia mulai merasakan gejala berkurangnya ketersediaan energi siap pakai karena ketergantungan pada sumber energi fosil yang dianggap paling praktis dan efektif, sementara jumlahnya semakin berkurang. Untuk itu perlu dilakukan diversifikasi sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yaitu sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan [3], guna mengatasi kelangkaan energi tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan mengeksploitasi sumber-sumber energi lain yang tersedia di alam, seperti energi angin, energi air, energi matahari, energi gelombang laut, bahkan energi yang ada pada diri manusia itu sendiri berupa energi yang tersimpan di dalam otot.



Ketersediaan energi termasuk listrik merupakan elemen yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, sekaligus sebagai kebutuhan mutlak untuk menunjang pembangunan nasional yang berkelanjutan. Hal ini menjadi tantangan besar bagi Indonesia ketika dihadapkan pada kondisi dimana sebagian besar penyediaannya masih bergantung pada energi fosil dan pengembangan sumber-sumber energi terbarukan masih sangat terbatas [6].

Kemunculannya energi terbarukan sebagai antitesis terhadap pengembangan dan penggunaan energi berbahan fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) dan nuklir. Selain dapat dipulihkan kembali, energi terbarukan diyakini lebih bersih (ramah lingkungan), aman, dan terjangkau masyarakat. Penggunaan energi terbarukan lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi pencemaran lingkungan dan kerusakan lingkungan di banding energi non-terbarukan [3].

Langkah awal yang perlu dilakukan untuk mendapatkan energi listrik adalah merancang bangun generator sederhana yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan dioperasikan tanpa bahan bakar. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tapi generator tidak menciptakan listrik yang di dalam kabel lilitannya [1]. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain.

Sebuah generator bekerja dengan menginduksi medan magnet menjadi sebuah daya voltasi pada kumparan kawat. Poin penting yang harus dicatat bahwa jumlah voltase akan semakin meningkat seiring dengan jumlah lilitan kawat pada kumparan, ukuran kumparan dan kekuatan medan magnet. Medan magnet (atau kumparan) membutuhkan putaran konstan untuk memproduksi/ menginduksi arus listrik kedalam kumparan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menggerakkan magnet atau sebaliknya menggerakkan kumparan dan akan menimbulkan efek yang sama. Kumparan atau magnet perlu digerakkan sedemikian rupa agar kumparan selalu melewati medan magnet.

Prinsip kerja generator listrik bisa dikatakan cukup sederhana. Hal ini karena generator bekerja mengikuti hukum Faraday [2]. Hukum Faraday yang digunakan pada prinsip kerja generator AC menyatakan bila sebatang penghantar berada di suatu medan magnet yang berubah-ubah sehingga memotong garis gaya magnet, maka akan terbentuk suatu gaya gerak listrik pada ujung penghantar tersebut. Gaya gerak listrik tersebut selanjutnya disebut GGL yang memiliki satuan volt. Besar tegangan generator sangat bergantung pada kecepatan putaran, jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks, banyak fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet, dan juga konstruksi generator itu sendiri.

Generator pertama berdasarkan prinsip Faraday dibuat pada 1832 oleh Hippolyte Pixii, seorang pembuat peralatan dari Perancis. Alat ini menggunakan



magnet permanen yang diputar oleh sebuah "crank". Magnet yang berputar diletakkan sedemikian rupa sehingga kutub utara dan selatannya melewati sebungkah besi yang dibungkus dengan kawat. Pixii menemukan bahwa magnet yang berputar memproduksi sebuah pulsa arus di kawat setiap kali sebuah kutub melewati kumparan. Lebih jauh lagi, kutub utara dan selatan magnet menginduksi arus di arah yang berlawanan. Dengan menambah sebuah komutator atau rectifier pada outputnya, dapat mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) [4].

Generator sederhana ini dikemas dalam wadah bekas kemasan oli mobil, dilengkapi roda pemutar dan pully untuk mempercepat putaran magnet. Kumparan kawat enamel dililitkan pada gulungan melingkar dan diatur sedemikian rupa sehingga magnet dapat berputar diametral di dalam gulungan tersebut. Magnet yang digunakan adalah magnet keramik berbentuk silinder, daur ulang magnet speaker sound sistem. Output yang dihasilkan adalah arus AC, kemudian disearahkan dengan sistem *rectifier* menjadi arus DC untuk dapat disimpan di dalam baterai. Pemakaian bahan-bahan daur ulang dalam pengembangan generator ini dimaksudkan untuk mempermudah produksinya dengan harga murah dan terjangkau.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototype generator sederhana sebagai pembangkit tenaga listrik berskala kecil menggunakan bahan daur ulang. Desain produk dibuat sangat sederhana sehingga mudah untuk direproduksi oleh siswa sebagai media pembelajaran maupun oleh masyarakat umum dalam memenuhi kebutuhan energy listrik skala kecil.

2. Metode Penelitian

Rancang bangun Generator sederhana ini dikembangkan mengacu pada model pengembangan Thiagarajan dan Semmel; "The Model 4D", terdiri atas empat tahap yaitu *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan), dan *Desimination* (Desiminasi). Desain rancang bangun produk diawali dengan mendefinisikan fenomena fisika yang akan dibangun, merancang dan mendesain generator sederhana, termasuk menentukan alat dan bahan yang sesuai. Dilanjutkan dengan merakit generator sesuai rancangan yang telah disepakati.

Rekayasa Produk: Bahan dan alat yang diperlukan meliputi bahan daur ulang dan bahan pabrikan yang harus dibeli di toko-toko perlengkapan elektronika. **Bahan daur ulang** terdiri (1) botol bekas kemasan oli mobil diesel ukuran 5 liter, (2) roda pemutar berengkol bekas penghancur batu es, (3) magnet ladam berbentuk siinder bekas speaker (4) papan penyanggah generator bekas handle kursi kuliah, (5) pully pemercepat putaran magnet, (6) Tali penghubung roda-pully dari tali mesin jahit, (7) Pengulung kawat enamel dibuat sesuai ukuran botol terbuat dari bahan potongan pipa paralon berbingkai plat plastik, (8) Tongkat kayu penyanggah roda dan kayu penjepit magnet, (9) Laker untuk poros roda dan magnet, dan (10) Tali klem palstik. **Bahan pabrikan** terdiri (1) kawat enamel diameter 0,7 mm seberat satu kilogram, (2)

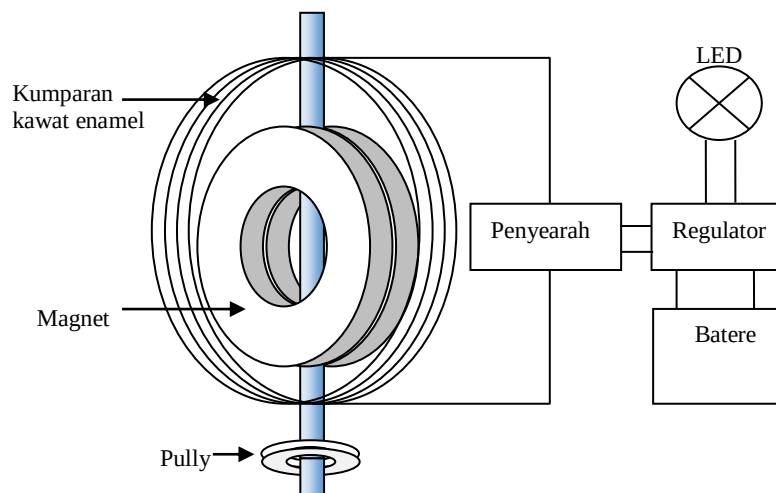
kuprok (jembatan diode) untuk penyearah, (3) kapasitor JPCON 50V,10000 μ F, (4) Regulator (Charger), (5) Batere (Aki) 12V ukuran kecil (6) Lampu LED DC 9W,12V.

Secara lengkap, alat dan bahan yang diperlukan untuk membangun generator sederhana ini dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat dan bahan yang diperlukan

Desain Produk: Sesuai rencana awal, generator ini dibangun dengan prinsip magnet putar (sesuai rancangan Hippolyte Pixii) [7] mempertimbangkan kepraktisan dan kemudahan desainnya. Skema rancangan generator sederhana yang disepakati digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema desain generator sederhana.

Dari skema desain di atas bila magnet diputar cepat memelalui pully yang dihubungkan roda pemutar dengan jari-jari yang lebih besar, akan terjadi perubahan fluks magnet pada kumparan. Hal ini akan menimbulkan GGL induksi (sesuai dengan prinsip Faraday). Tegangan AC pada ujung-ujung kumparan diproses oleh penyearah menjadi tegangan DC. Selanjutnya melalui Regulator (charger) dapat disimpan ke dalam batere atau langsung untuk menyalakan lampu LED dan keperluan lainnya.

Data dan Analisa Data: Setelah produk jadi, dilakukan pengambilan data kuantitatif, yaitu dengan mengoperasikan generator dengan tiga variasi kecepatan putar roda besar, yaitu 8 rps, 12 rps, dan 15 rps. Dari setiap variasi putaran akan diperoleh besarnya tegangan yang dihasilkan generator. Selanjutnya data ditabelkan secara deskriptif sebagai laporan hasil penelitian dan pengembangan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengembangan generator sederhana ini merupakan rangkaian kerja terpadu mengikuti tahap-tahap yang telah direncanakan dan ditetapkan. Hasil rakitan generator beserta operasionalnya digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konstruksi magnet dan kumparan serta posisinya pada sistem generator.

Proses perakitan dalam wadahnya dari skema desain Gambar 2. dipasang pada posisi mendatar sehingga tampak batang penjempit magnet terpasang mendatar (Gambar 3. kiri). Dengan demikian posisi roda pemutar dan pully dipasang mengikuti sistem sehingga dapat memutar magnet dalam posisi mendatar (Gambar 3. kanan).

Beberapa peralatan seperti penyearah, regulator (charger), batere, dan kabel-kabel penghubung dipasang seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Peralatan pendukung untuk meningkatkan fungsi generator sederhana.

Gambar 4. menunjukkan konstruksi generator secara utuh setelah dilengkapi penyearah, regulator, batere, dengan kabel penghubung. Pada Gambar 4.(kanan), terpasang ponsel yang sedang discharge. Cara kerja generator ini menggunakan tenaga otot untuk memutar tungkai roda besar. Putaran ini diteruskan melalui pully berdiameter lebih kecil sehingga menghasilkan putaran lebih cepat ketika memutar magnet. Kecepatan putaran magnet sebanding dengan perubahan fluks magnet yang berpengaruh langsung pada besarnya GGL induksi yang dihasilkan sesuai dengan hukum Faraday tentang induksi dalam persamaan [5]:

$$\varepsilon = -N d\Phi_B / dt ,$$

dimana ε = GGL induksi, N = jumlah lilitan, dan $d\Phi_B / dt$ = perubahan fluks magnet, tanda negatif menunjukkan bahwa arah GGL induksi berlawanan dengan arah penyebabnya (Halliday, 1978).

Perbandingan diameter roda pemutar besar dan diameter pully adalah 20 cm berbanding 5 cm atau 4:1. Dengan demikian setiap putaran pada roda besar menghasilkan 4 putaran pada pully yang diteruskan ke putaran magnet. Besarnya GGL induksi yang dihasilkan generator dengan berbagai kecepatan putaran roda pemutar dan kecepatan pully ditabelkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1. Terbaca bahwa besarnya GGL induksi sebanding dengan putaran roda/putaran pully. Pada putaran 8 rps, GGL induksi yang dihasilkan 8 Volt, tegangan ini belum cukup untuk mengisi batere yang bertegangan dasar 12Volt. Sedang pada putaran 12 rps atau 15 rps GGL induksi yang dihasilkan melebihi 12 Volt. Kondisi ini sudah dapat mengisi batere. Akan tetapi yang paling bagus adalah pada putaran 15 rps dengan GGL induksi 14.7 Volt, kondisi ini dapat mengisi batere lebih cepat.

**Tabel 1.** Hasil GGL induksi pada generator akibat variasi putaran magnet.

No.	Putaran Roda Besar (rps)	Putaran Pully (rps)	GGL Induksi (Volt)
1	8	32	10
2	12	48	15
3	15	60	18

Kapasitas GGL induksi dari generator ini dapat dilipat gandakan dengan menambah lilitan kawat enamel dan atau menambah jumlah magnet diikatkan pada batang penyanggah menggunakan klem plastik. Sedang besarnya arus listrik yang dihasilkan tergantung pada diameter kawat enamel, mengikuti aturan:

$$d = 0.7 \sqrt{i}$$

dimana d = diameter kawat dalam mm, dan i = arus listrik dalam Ampere. Jadi agar menghasilkan arus listrik sebesar satu Ampere diperlukan kawat enamel berdiameter 0.7 mm [7].

Sesuai bahan yang tersedia, generator ini menggunakan kawat enamel berdiameter 0.7 mm seberat satu kilogram dan menghasilkan sejumlah 250 lilitan. Jumlah magnet silinder yang dipergunakan berdiameter 6 cm dengan ketebalan 1cm berjumlah 6 buah dipasang berpasangan pada tongkat penyanggah (holder). Hasil akhir yang dicapai oleh generator sederhana ini setelah dirangkai seperti pada Gambar 4. dan dioperasikan dengan putaran 15 rps dapat mencharge baterai kering 12V. Untuk menghasilkan hasil maksimal diperlukan waktu cukup lama, namun untuk keperluan mendesak dapat dilakukan pengisian secukupnya dengan putaran teratur dan stabil dengan > 15 rps. Baterai yang sudah terisi (walaupun tidak sampai penuh), dapat dipergunakan untuk menyalakan radio DC, mencharge baterai HP, menyalakan lampu LED, dan keperluan lainnya dengan skala daya terbatas.

4. Kesimpulan

Rancang bangun generator sederhana ini merupakan inovasi untuk diversifikasi energy terbarukan (renewable energy) dengan melibatkan bahan daur ulang dan berkearifan lokal. Dengan bahan dan teknologi sederhana dan murah diharapkan masyarakat dapat memproduksi dengan mudah. Dalam dunia pendidikan, produk ini dapat menjadi media pembelajaran inovatif untuk membuka pelajaran dengan menampilkan fenomena alam secara kontekstual. Bagi daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau aliran listrik PLN, atau tempat-tempat yang sulit dijangkau jaringan listrik, keberadaan generator sederhana ini diharapkan dapat memberikan alternatif untuk mengatasi masalah kelistrikan dalam skala kecil. Produk pengembangan ini diharapkan menginspirasi masyarakat luas untuk berusaha secara mandiri ikut



mengatasi permasalahan energi listrik yang menjadi masalah nasional yang perlu mendapat dukungan dari semua pihak termasuk masyarakat luas.

Daftar Rujukan

- [1] Aris Budiman, Hasyim Asy'ari. 2008. Desain *Generator* Magnet Permanen untuk. Sepeda Listrik. *Jurnal Emitor*. Vol. 12 No. 01. ISSN 1411-8890. 59.
- [2] Ardians Abdullah, 2016. Perancangan *Generator* Magnet Permanen dengan Arah Fluks. Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. *Jurnal Reka Elkomika* - 93.
- [3] Boyle, G. 1996, *Renewable Energy: Power untuk Masa Depan yang Berkelanjutan*. Open University, Inggris.
- [4] F. Price, Garrison, D. Batzel, Todd. Comanescu, Mihai. And A. Muller, Bruce. 2008. *Design and Testing of a Permanent Magnet Axial Flux Wind Power Generator*. Pennsylvania State University: Altoona College.
- [5] Halliday & Resnick (1978), *Physics Part 1&2*, New York, Santa Barbara
- [6] Panggabean, Gemal, 2013. *Projek Pembangkit Listrik Terbarukan Siap Dibangun*. http://www.wwf.org/tentang_wwf/upaya_kami/iklim_dan_energi/solusi_kami/mitigasi/energi_Terbarukan.cfm.2013.
- [7] Wasito, 1984, *Vademekum Elektronika*, Jakarta, PT. Gramedia



PENGARUH PEMBELAJARAN *GUIDED INQUIRY* DISERTAI *MIND MAPPING* TERHADAP PRESTASI BELAJAR FISIKA SISWA SMA PADA MATERI HUKUM NEWTON

Anggian Anggraeni^{1,*}, Sulur¹, Asim¹

¹Prodi Pendidikan Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia.

*Email: anggiananggraeni05@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji perbedaan prestasi belajar fisika siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *guided inquiry* disertai *mind mapping* dan konvensional pada pokok bahasan Hukum Newton. Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan menggunakan *Pretest – Posttest Control Group Design*. Populasi dari penelitian ini yaitu siswa kelas X SMA Negeri 9 Malang. Teknik pengambilan sampel dipilih berdasarkan teknik *cluster random sampling* dan didapatkan kelas XG sebagai kelas eksperimen dan kelas XF sebagai kelas kontrol. Pengambilan data prestasi belajar fisika siswa yaitu diberikan tes pilihan ganda. Teknik analisis data dilakukan dengan menggunakan *Man Whitney U Test*. Hasil *posttest* menunjukkan nilai rata-rata kelas eksperimen 84,6 lebih tinggi daripada kelas kontrol 77,9. Hasil uji hipotesis prestasi belajar fisika didapat $Z_{hit} (4,36) > Z_{\alpha/2} (1,96)$, menunjukkan bahwa ada perbedaan prestasi belajar fisika siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping* daripada siswa yang belajar secara konvensional.

Kata Kunci: pembelajaran *inquiry*, *mind mapping*; prestasi belajar fisika.

1. Pendahuluan

Pendidikan merupakan salah satu usaha sadar yang dilakukan untuk dapat menghasilkan suasana dan proses pembelajaran yang efektif sehingga peserta didik dapat mengembangkan potensi dalam dirinya [1]. Warimun berpendapat bahwa pendidikan dapat digunakan untuk menjawab tantangan di era globalisasi yang dicapai dengan mempersiapkan sumber daya manusia yang handal [2]. Selain itu juga, siswa didorong untuk dapat memiliki kemampuan seperti berkomunikasi, memiliki kreativitas yang tinggi dalam melakukan suatu hal dan memiliki kemampuan berpikir dalam menghadapi tantangan kehidupan [3]. Hal tersebut dilakukan karena siswa dituntut untuk dapat mengembangkan kemampuan berpikir dan memecahkan masalah yang dihadapinya [4].

Pembelajaran yang dilakukan di sekolah harus sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Kurikulum yang berlaku di Indonesia yaitu Kurikulum 2013 yang menekankan pada pendekatan ilmiah [5]. Pendekatan *scientific* ini dibuat dengan sedemikian rupa sehingga menunjukkan bahwa siswa aktif dalam kegiatan pembelajaran dan diri siswa tersebut dapat mengkonstruksikan konsep, hukum, dan prinsip dari suatu materi pembelajaran [5]. Siswa tersebut yang memperoleh pengalaman dan pemahaman dari kegiatan pembelajaran yang dilakukan. Penekanan pendekatan *scientific* tersebut dilakukan dalam cara 5M yaitu



mengamati, menanya, mencoba, menalar, dan mengkomunikasikan [5]. Oleh karena siswa didorong untuk dapat berperan aktif dalam proses pembelajaran yang dilakukan [6].

Inti dari suatu proses pendidikan yang berlangsung secara keseluruhan yaitu suatu proses pembelajaran yang mengandung serangkaian dari perbuatan guru dan siswa dengan adanya interaksi edukatif [7]. Perbuatan dan interaksi edukatif tersebut dapat dilaksanakan didalam kelas maupun diluar kelas. Proses pembelajaran yang sesuai dengan di Indonesia dilakukan melalui 3 tahap yaitu kegiatan awal, kegiatan inti, dan kegiatan akhir [5].

Kuhlthau mengatakan bahwa model pembelajaran inkuiri merupakan suatu cara belajar keterampilan dan pengetahuan yang dilakukan di tengah-tengah perubahan teknologi [8, 9]. Pembelajaran *inquiry* lebih menekankan pembelajaran siswa yang aktif [6]. Oleh karena itu kondisi pembelajaran yang diharapkan tidak berpusat pada guru melainkan berpusat pada siswa, sehingga siswa dapat mendapatkan pengetahuan materi berdasarkan pada pengalaman yang diperolehnya. Selain itu juga pendekatan inkuiri menekankan pada proses pembelajaran melalui penyelidikan sehingga pada saat model ini dilakukan pada mata pelajaran fisika akan memberikan pengalaman secara langsung bagi siswa berinteraksi secara langsung pada kegiatan pembelajaran, khususnya dalam pembelajaran fisika yaitu dalam melakukan percobaan [1].

Setiap model pembelajaran yang digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran memiliki keunggulannya masing-masing. Kelebihan dari model pembelajaran ini yaitu guru dapat membimbing siswa dan membantu siswa dalam proses penyelidikan yang dilakukan pada siswa yang kurang berpengalaman dalam proses penyelidikan yang dilakukan [1]. Selain itu juga siswa akan melakukan penyelidikan secara berulang-ulang yang dapat memperkuat pemahaman siswa dalam suatu materi pembelajaran yang diajarkan [10]. Oleh karena itu, siswa mampu memiliki rasa kemandirian dalam belajar [10].

Menurut Tee, *mind mapping* merupakan suatu teknik yang dapat digunakan oleh siswa pada proses pembelajaran [11]. *Mind mapping* digunakan dalam bentuk pemetaan yang berisikan mengenai pokok bahasan dan kata kunci yang digambarkan dalam bentuk cabang-cabang serta saling berhubungan [11]. Sedangkan Adodo mengemukakan bahwa *mind mapping* merupakan suatu teknik pencatatan yang dilakukan oleh siswa dengan tujuan untuk mempelajari materi yang telah dipelajari dan mengingat materi yang lebih banyak [12]. Sehingga dapat dikatakan bahwa *mind mapping* merupakan suatu teknik yang dapat dilakukan oleh siswa untuk dapat menuliskan informasi yang diketahuinya dalam bentuk gambar. Selain itu juga, penggunaan mind mapping dapat mengajak siswa untuk dapat membayangkan pada suatu materi sebagai satu kesatuan yang saling berhubungan [13].

Model pembelajaran *guided inquiry* dapat memberikan pengalaman dalam melakukan percobaan bagi setiap siswa [8]. Sedangkan teknik *mind mapping* dapat membantu siswa dalam mengingat pembelajaran yang telah dipelajari [13].



Sehingga penggunaan teknik *mind mapping* dalam model pembelajaran dapat membantu guru pada proses pembelajaran dan membantu siswa untuk dapat mengingat pembelajaran bagi siswa. Selain itu, peningkatan daya ingat dan pemahaman materi pada siswa dapat ditingkatkan dengan menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping*.

Proses pembelajaran fisika terdapat beberapa kesulitan. Kesulitan tersebut sering terjadi pada siswa yang mempelajari fisika. Kesulitan yang dihadapi siswa yaitu kurangnya motivasi belajar fisika, fisika yang dinilai abstrak oleh siswa, banyak sekali konten-konten fisika yang harus dipelajari, fisika tidak menarik, dan kurangnya rasa ingin tahu untuk mempelajari fisika. Kesulitan pembelajaran fisika menjadi hal yang perlu diperhatikan sebagai upaya kesuksesan pembelajaran. Mengatasi kesulitan belajar bukanlah sesuatu yang sederhana, tidak cukup hanya dengan mengetahui taraf kecerdasan dan kemandirian siswa saja, tetapi perlu menyediakan sarana dan prasarana yang memadai sehingga dapat meminimalisasi kesulitan belajar yang dialami oleh siswa dan diharapkan dapat meningkatkan prestasi belajar siswa [14].

Siswa memiliki kesulitan dalam memahami permasalahan konsep dari gaya [15]. Hal tersebut dikarenakan konsep dari gaya sangat abstrak sehingga sulit dipahami oleh siswa [16]. Gaya merupakan suatu konsep dasar dan inti untuk mempelajari hukum newton [15]. Materi Hukum Newton merupakan salah satu materi yang terdapat dalam mata pelajaran fisika. Aplikasi dari materi hukum Newton ini dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran ilmu pengetahuan alam seharusnya dapat mengajak siswa untuk dapat melakukan penyelidikan atau inkuiri sehingga siswa dapat menumbuhkan dan mengembangkan pengetahuan yang dari hasil temuannya serta dapat mengkomunikasikan hasil yang diperoleh [17]. Pembelajaran yang dilakukan dengan cara penyelidikan atau inkuiri melibatkan peran aktif siswa secara maksimal sehingga siswa melakukan memiliki kemampuan untuk dapat melakukan penyelidikan, berpikir kritis, dan dapat merumuskan kesimpulan dari hasil temuan yang diperoleh [18].

Model pembelajaran *guided inquiry* dapat memberikan pengalaman langsung dalam proses pembelajaran, sedangkan teknik *mind mapping* mampu memberikan kesempatan kepada siswa untuk menuangkan hasil pemahaman materi sesuai dengan kreativitasnya dan dapat meningkatkan ingatannya dalam materi yang dipelajari. Oleh karena itu, perlu dilakukannya suatu penelitian untuk menguji perbedaan prestasi belajar fisika siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan pembelajaran *guided inquiry* disertai *mind mapping* dengan siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model konvensional.

2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan desain penelitian kuasi eksperimen dengan rancangan penelitian *pretest-posttest control group design*. Kelas eksperimen dan kelas kontrol diberikan *pretest* untuk dapat mengetahui



kemampuan awala siswa. Kemudian kelas eksperimen diberikan pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping* dan kelas kontrol yang diberikan pembelajaran dengan model pembelajaran konvensional. Setelah kedua kelas tersebut telah melaksanakan kegiatan belajar mengajar, maka kedua kelas diberikan *posttest* untuk dapat mengetahui prestasi dari kedua kelas.

Populasi pada penelitian yang dilaksanakan adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 9 Malang. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdapat 2 kelas yang dipilih dengan menggunakan teknik *cluster random sampling*. Kelas XG yang berjumlah 33 siswa dipilih sebagai kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping*. Kelas XF yang berjumlah 32 siswa dipilih sebagai kelas kontrol yang kemudian dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran konvensional.

Penelitian ini menggunakan instrumen perlakuan dan instrumen perlakuan. Instrumen perlakuan terdiri dari RPP dan LKPD. Instrumen pengukuran terdiri dari lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan soal berbentuk pilihan ganda. Sebelum kedua instrumen tersebut digunakan, terlebih dahulu dilakukan validasi oleh dosen validator, kemudian dilakukan validasi empirik kepada siswa yang telah mendapatkan materi Hukum Newton.

Hasil dari validasi empiric didapatkan 13 butir soal valid dari 25 butir soal. 13 butir soal tersebut digunakan untuk pembuatan soal *pretest* dan *posttest*. Kemudian dilanjutkan menghitung nilai reliabilitasnya untuk dapat mengetahui keajegan instrumen tersebut. Hasil reliabilitas butir soal valid sebesar 0,676 yang memiliki arti instrumen soal tersebut memiliki nilai reliabilitas yang tinggi. Soal yang sudah valid ini digunakan dalam pelaksanaan penelitian.

Data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah nilai *pretest* yang menunjukkan kemampuan awal siswa dan nilai *posttest* yang menunjukkan prestasi belajar fisika siswa. Kemudian dilakukannya analisis dengan menggunakan uji prasyarat analisis yang terdiri dari uji normalitas dan uji homogenitas dengan taraf signifikansi 5%. Uji hipotesis menggunakan *Mann Whitney U Test* untuk dapat menguji perbedaan prestasi yang diperoleh kelas eksperimen dan kelas kontrol.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil prestasi belajar fisika siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol ditunjukkan pada hasil *pretest* dan *posttest* yang telah dianalisis secara kuantitatif. Perbedaan dari perolehan prestasi belajar fisika dari kedua kelas dengan perlakuan yang berbeda kemudian dibandingkan dan dibahas secara teori dan kenyataan di lapangan. Berikut ini adalah penjelasan dari hasil penelitian yang telah diperoleh.

Pretest digunakan untuk dapat mengetahui kemampuan awal dari kedua kelas penelitian. Perolehan data *pretest* dari kedua kelas kemudian di analisis. Hasil dari analisis data *pretest* dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Analisis *Pretest*

Aspek Uji		Hitung	Tabel	Kategori
Normalitas (Chi-kudrat)	Eksperimen	3,491	11,070	Normal
	Kontrol	169,611	12,592	Tidak normal
Homogenitas (Fisher)		1,803	3,99	Homogen
Kemampuan awal Siswa (Mann Whitney U Test)		0,21	1,96	Tidak ada perbedaan

Hasil analisis dari data *pretest*, menunjukkan tidak adanya perbedaan kemampuan awal siswa. Nilai rata-rata kemampuan awal siswa (*pretest*) pada kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah 54,8 dan 54,5 Hal tersebut menunjukkan nilai rerata prestasi belajar fisika siswa materi Hukum Newton tidak jauh berbeda.

Rendahnya nilai rerata *pretest* pada kedua kelas dikarenakan belum adanya pembelajaran terkait materi hokum Newton. Sehingga minimnya penegetahuan siswa terhadap materi yang diujikan. Oleh karena itu, upaya peningkatan prestasi belajar siswa dapat dilakukan dengan menggunakan cara pembelajaran yang membuat siswa aktif, sehingga informasi mengenai materi dapat dipahami oleh siswa.

Setelah kedua kelas mendapatkan perlakuan sesuai dengan rancangan penelitian, kedua kelas mendapatkan *posttest* untuk mengetahui prestasi belajar fisika siswa dan pengaruh dari perlakuan yang diberikan pada masing-masing kelas. Hasil analisis data *posttest* dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisis *Posttest*

Aspek Uji		Hitung	Tabel	Kategori
Normalitas (Chi-kudrat)	Eksperimen	50,981	12,592	Tidak normal
	Kontrol	3,401	11,070	Normal
Homogenitas (Fisher)		1,215	3,99	Homogen
Hipotesis (Mann Whitney U Test)		4,36	1,96	Terdapat perbedaan prestasi belajar

Hasil nilai rerata *posttest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol secara berturut-turut adalah 87,1 dan 78,0. Hasil ini menunjukkan bahwa rerata *posttest* dari kedua kelas mengalami peningkatan. Berdasarkan pada uji hipotesis dengan menggunakan *Mann Whitney U Test* didapat kesimpulan bahwa terdapat perbedaan prestasi belajar fisika siswa pada kelas eksperimen yang belajar dengan menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping* dengan siswa di kelas kontrol yang belajar dengan menggunakan model pembelajaran konvensional.

Perbedaan dari rata-rata nilai menunjukkan adanya pengaruh proses pembelajaran yang dilakukan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pembelajaran *guided inquiry* guru memberikan suatu fenomena alam dan membimbing siswa dalam mengeksplor dan menemukan informasi dari fenomena



yang ditampilkan melalui percobaan yang dilaksanakan [19]. Fenomena yang ditampilkan merupakan fenomena nyata yang sesuai dengan tuntutan di K.D 3.7 dan 4.7 yang merupakan kompetensi dasar dari Hukum Newton sebagai materi pokok penelitian.

Hasil penelitian ini di dukung dengan hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Model pembelajaran *guided inquiry* dapat meningkatkan hasil belajar siswa, adanya perbedaan hasil belajar kognitif dari siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran konvensional. Selain itu juga, model pembelajaran *guided inquiry* berpengaruh pada prestasi belajar fisika siswa.

Mind map merupakan cara visual yang digunakan untuk merekam dan mengatur informasi yang dimiliki dari suatu peta yang dibuat yang tidak bergantung dari banyaknya informasi yang tertulis, tapi bergantung pada deskripsi tekstual dan petunjuk grafis pada penulisan *mind map* [20]. Penerapan dari *mind mapping* dapat meningkatkan penguasaan materi fisika yang ditunjukkan dengan prestasi belajar siswa yang lebih baik [21]. Konsep-konsep fisika yang telah ditulis oleh siswa dalam bentuk peta pikiran atau *mind mapping* dapat diingat lebih lama sehingga dapat membantu dalam penyelesaian fisika yang dihadapi siswa [22]. Strategi *mind mapping* yang digunakan mampu meningkatkan pemahaman konsep yang telah dimiliki siswa sehingga prestasi belajar siswa dapat meningkat [23].

Model pembelajaran *guided inquiry* memberikan pengalaman secara langsung dari pelaksanaan percobaan. Sedangkan pembuatan *mind mapping* pada materi yang telah dipelajari memberikan kesempatan kepada siswa untuk dapat berkreaitivitas untuk membuat ringkasan materi dalam bentuk *mind mapping*. Penggunaan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping* dapat membantu dalam kegiatan belajar mengajar dan membantu siswa dalam mengingat pembelajaran terhadap materi yang telah dipelajari.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan prestasi belajar fisika siswa pada materi hukum Newton dari siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* disertai teknik *mind mapping* dengan siswa yang belajar dengan model pembelajaran konvensional.

Daftar Rujukan

- [1] Dewi, N. L., Dantes, N., & Sadia, I. W. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Sikap Ilmiah dan Hasil Belajar IPA. *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*, (Online) , vol: 3, (<http://ejournal.undiksha.ac.id/>), diakses pada 5 Oktober 2015.



- [2] Warimun, E. S. 2011. Peningkatan Penguasaan Konsep Melalui Pembelajaran Dengan Strategi Problem Solving Pada Topik Optika Bagi Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Jurnal Exacta*, Vol IX No. 2.
- [3] Kamehameha School. 2010. 21st Century Skills for Students and Teachers. Kamehameha Schools Research & Evaluation | 567 S. King Street, 4th Floor | Honolulu, HI 96813.
- [4] Susilo, H. 2015. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2015 yang diselenggarakan oleh Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang, tema: "Peran Biologi dan Pendidikan Biologi dalam Menyiapkan Generasi Unggul dan Berdaya Saing Global", Malang, 21, 729-741.
- [5] Fadlillah, M. 2014. *Implementasi Kurikulum 2013 dalam Pembelajaran SD/MI, SMP/MTs, & SMA/MA*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- [6] Kurniawati, A., Santosa, K. & Isnaeni W. 2014. Pengaruh Guided Inquiry Berbasis Proyek terhadap Aktivitas dan Hasil Belajar. *Unnes Journal of Biology Education*, 3(1): 35-43.
- [7] Hakim, A. & Rame. D. 2012. Perbedaan Hasil belajar Fisika dengan Menggunakan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe NHT dan Model Konvensional pada Materi Pokok Besaran dan Satuan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, (Online), 1 (2): (2012) 7-12, (<http://dikfispasca.org/>), diakses pada 2 Maret 2016.
- [8] Kuhlthau, C. C., Maniotes, L. K., & Caspari, A. K. 2007. *Guided Inquiry: Learning In The 21st Century School*. USA: Greenwood Publishing Group.
- [9] Ari, N. M., Dantes. N., & Tastra. I. D. K. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Peta Konsep Terhadap Hasil Belajar IPA Kelas V. e-Journal, (Online), Vol 1: (2013) 1-10, (<http://ejournal.undiksha.ac.id/>), diakses pada 5 Oktober 2015.
- [10] Agustanti. 2012. Implementasi Metode Inquiry untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1): 16-20.
- [11] Tee, T. K., Azman, M. N. A., Mohamed, S., Mohammad, M. M., dkk. 2014. Buzan Ming Mapping: An Efficient Technique for Not-Taking. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Science and Engineering*, (Online), 8(1), ([waset.org](http://www.waset.org)), diakses pada 19 November 2016.
- [12] Adodo, S. O. 2013. Effect of Mind mapping as a Self-Regulated Learning Strategy on Students' Achievement in Basic Science and Technology. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 4 (6): 163-171, (Online), diakses pada 19 November 2016.
- [13] Long, By Daniel, and Dr. David Carlson. 2011. "Mind the Map: How Thinking Maps Affect Student Achievement." An Online Journal for Teacher Research 13 (2):1-7.
- [14] Ornek, F., Robinson, W. R., & Haugan, M. P. 2008. What Makes Physics Difficult?. *International Journal of Environmental & Science Education*,



- (Online), 3 (3): (2008) 30-34, (<https://eric.ed.gov>), diakses pada 19 November 2016.
- [15] Halim, L., Yong., T., K., & Meerah., T., S., M. 2014. Overcoming Students' Misconceptions on Forces in Equilibrium: An Action Research Study. *Journal Creative Education*. Vol. 5 No. 1032-1042.
- [16] Alias, S. N., & Ibrahim, F. 2015. Problem Solving Strategy in Balanced Forces. *International Journal of Business and Social Science*. Vol. 6, No. 8(1).
- [17] Devi, P. K. 2010. *Keterampilan Proses dalam Pembelajaran IPA Untuk Guru SMP*. Bandung: PPPPTK IPA.
- [18] Sudrajat, A. 2011. Pembelajaran inkuiri. Online. (<http://akhmadsudrajat.wordpress.com/2011/09/12/pembelajaran-inkuiri/>), diakses tanggal 9 Januari 2017.
- [19] Wenning, C. J. 2005. Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*. (Online), diakses pada 19 Oktober 2016.
- [20] Holland, B., Holland, L. & Davies, J. 2004. An Investigation into the Concept of Mind mapping and The Use of Mind mapping Software to Support and Improve Student Academic Performance. *Learning and teaching projects*, (Online), 89-94, (<http://Wlv.openrespository.com>), diakses pada 19 November 2016.
- [21] Imaduddin, W. & Unggul, H. N. U. 2012. Efektivitas Metode *Mind Mapping* untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika pada Siswa Kelas VIII. *Humanitas*, 9(1): (2012) 62-75, (Online), (<http://journal.uad.ac.id>), diakses pada 5 April 2017.
- [22] Bancong, H. 2013. Profil Penalaran Logis Berdasarkan Gaya Berpikir dalam Memecahkan Masalah Fisika Peserta Didik. *Jurnal pendidikan IPA Indonesia*, 2(2): (2013) 195-20, (Online), (<http://journal.unnes.ac.id/>), diakses pada 5 April 2017.
- [23] Mulyanah, Hanurawati, N., & Coesamin, M. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Metode *Mind Mapping* terhadap Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Unila*, 1(14): (2013). (Online), (jurnal.fkip.unlia.ac.id), diakses pada 5 April 2017.



PENGARUH INTEGRASI *THINKING MAPS* DALAM PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH PADA MATERI FLUIDA DINAMIS

Cikita Bella Nurbaya^{1,*}, Nuril Munfaridah¹, Kadim Masjkur¹

¹Prodi Pendidikan Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia.

*E-mail: cikitabella20@gmail.com

Abstrak

Keberadaan pembelajaran berbasis masalah yang diintegrasikan dengan *thinking maps* memberikan kebebasan peserta didik untuk lebih berpikir kreatif dan aktif berpartisipasi dalam pencarian informasi untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *thinking maps* pada pembelajaran berbasis masalah terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *pretest-posttest control group design*. Sampel dalam penelitian ini adalah kelas X-MIA F sebagai kelas eksperimen dan kelas X-MIA H sebagai kelas kontrol yang dipilih menggunakan teknik *cluster random sampling*. Hasil tes diuji prasyarat menggunakan uji normalitas *Chi-Square* dan uji homogenitas *Fisher*. Selanjutnya, dilanjutkan uji hipotesis menggunakan uji-t dengan taraf signifikansi 5%. Hasil uji-t didapat bahwa $t_{hitung}=2,090$ dan $t_{tabel}=2,048$. t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} , sehingga disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi daripada kemampuan pemecahan masalah kelas kontrol. Hasil *posttest* menunjukkan nilai rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol ($81,38 > 76,87$).

Kata Kunci: Pembelajaran Berbasis Masalah, *Thinking Maps*, Kemampuan Pemecahan Masalah.

1. Pendahuluan

Fisika merupakan salah satu pelajaran yang tidak disukai sebagian besar peserta didik SMP/SMA [1]. Pelajaran fisika sampai saat ini merupakan pelajaran yang tidak mudah dan kurang menyenangkan. Salah satu materi yang dianggap sulit oleh peserta didik adalah materi fluida dinamis. Peserta didik mengalami kesulitan memecahkan masalah mengenai hukum kontinuitas dan aplikasi hukum Bernoulli pada materi fluida dinamis [2]. Peserta didik menghafalkan rumus-rumus dan informasi tanpa memahami informasi tersebut dan menghubungkannya dengan permasalahan sehari-hari. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Zewdie menunjukkan tidak ada peserta didik yang mencoba menganalisis masalah (0%), 27,3% peserta didik memecahkan masalah dengan mencocokkan variabel yang diketahui dengan rumus, 54,5% peserta didik memecahkan masalah dengan menggunakan contoh permasalahan sebelumnya, dan 12,8% peserta didik memecahkan masalah dengan



memasukkan variabel yang diketahui ke dalam rumus tanpa mengathui apakah rumus tersebut berhubungan atau tidak [3].

Pemecahan masalah merupakan salah satu komponen penting dalam pelajaran fisika [4-6]. Siswa perlu mempraktikkan keterampilan memecahkan masalah untuk mengembangkan pembelajaran otonom masa depan yang meliputi kemampuan untuk mengevaluasi dan menguji alternatif solusi [7]. Pemecahan masalah menjadi salah satu kerangka keterampilan konseptual yang dibutuhkan pada abad ke 21 [8]. Kurangnya kemampuan dalam memecahkan masalah membuat peserta didik menjadi pasif dan tidak kreatif, sementara kehidupan dimasa depan menuntut pemecahan masalah baru dalam kehidupan sehari-hari secara inovatif [9].

Pembelajaran berbasis masalah memfasilitasi peserta didik untuk menjadi pebelajar secara aktif dalam menyelesaikan masalah. Pembelajaran berbasis masalah mampu mengkonstruksi konsep dan mengembangkan keterampilan proses [10]. Pembelajaran berbasis masalah merupakan salah satu contoh strategi pembelajaran konstruktivistik yang menimbulkan situasi kontekstual yang signifikan di dunia nyata, dan menyediakan sumber daya bimbingan dan instruksi untuk belajar, karena mengembangkan pengetahuan konten dan keterampilan memecahkan masalah [11]. Pembelajaran berbasis masalah melatih siswa untuk memiliki kemampuan berpikir kritis dalam mencari solusi alternatif dalam memecahkan masalah di dalam kehidupan sehari-hari [12].

Salah satu bantuan belajar yang dapat digunakan untuk membantu kesulitan peserta didik dalam proses pembelajaran adalah *thinking*. Penggunaan *thinking maps* memungkinkan peserta didik untuk mengungkapkan pikiran dan ide-ide nonlinguistik mereka, instruktur yang benar, melihat representasi grafis dari proses berpikir [13]. Banyak penelitian yang telah menguji keefektifan *thinking maps* dalam pembelajaran. penggunaan *thinking maps* memberikan dampak yang efektif untuk meningkatkan proses sains peserta didik [14]. *Thinking map* tidak hanya membuat siswa memikirkan pola dari isi peta itu namun guru juga bisa memikirkan dan secara informal menilai pembelajaran yang menyenangkan dan proses berpikir para siswa [15].

Melalui *thinking maps* semua peserta didik memiliki bahasa kognisi visual-verbal, sehingga memungkinkan suatu kapasitas yang lebih mendalam untuk melihat, mengubah, membayangkan dan meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik [16]. Penggunaan *thinking maps* dapat membantu peserta didik memvisualisasikan hubungan antara ide-ide non-linier, yang pada gilirannya memberikan kesempatan peserta didik untuk berkreasi. Konsep-konsep yang ada diubah selama konstruksi pengetahuan adalah untuk pembangunan pemahaman baru. Oleh karena itu, dengan pembuatan *thinking maps* peserta didik dapat menghubungkan informasi baru untuk kerangka konseptual yang ada, dapat membangun informasi baru, sehingga konsepsi yang ada diubah, diperkaya atau direvisi dan perubahan konseptual pun terjadi [17].



Penggunaan *thinking maps* terbukti mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik yang dapat dilihat dalam penelitian sebelumnya. Peserta didik yang menggunakan *thinking maps* memiliki keterampilan yang lebih baik untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan di kelas [17]. Kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik yang dibelajarkan dengan model *discovery learning* diintegrasikan dengan *thinking maps* lebih tinggi dibandingkan peserta didik yang dibelajarkan dengan model *discovery learning* saja [9].

Integrasi *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah merupakan model pembelajaran yang menggabungkan proses aktif peserta didik untuk memecahkan masalah dengan bantuan bahasa pola yaitu pemetaan pikiran. Keberadaan integrasi *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah memberikan kebebasan peserta didik untuk lebih berpikir kreatif dan aktif berpartisipasi dalam pencarian informasi untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari. Informasi yang masuk ke dalam otak, 90% masuk dalam bentuk visual [18]. Setiap peta yang dihasilkan adalah penggambaran visual dari proses berpikir dengan suatu pola. Penggunaan pola pemikiran melatih kemampuan berpikir mandiri dalam memecahkan permasalahan. Dengan demikian integrasi *thinking maps* dimungkinkan akan memberikan pengaruh yang baik dalam pembelajaran berbasis masalah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan kuasi eksperimen dan Desain dalam penelitian yang digunakan yaitu *pretest - posttest control group design*. Populasi dari penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI MIA SMA Negeri 9 Malang. Sampel dalam penelitian ini yaitu dua kelas yang dipilih dari empat kelas yang ada, menggunakan teknik *cluster random sampling*. Kelas X-MIA F sebagai kelas eksperimen yang belajar menggunakan integrasi *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah. Kelas X-MIA H dengan sebagai kelas kontrol yang dibelajarkan menggunakan pembelajaran berbasis masalah tanpa *thinking maps*.

Penelitian ini menggunakan dua instrumen yaitu instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan terdiri atas Silabus, RPP, LKPD, dan Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran. Instrumen pengukuran berupa soal berbentuk *essay*. Tes kemampuan pemecahan masalah ini mengacu pada indikator pemecahan masalah. Sebelum digunakan, terlebih dahulu dikonsultasikan kepada dua orang dosen pembimbing. Selanjutnya, tes kemampuan pemecahan divalidasi empiris oleh kelas XII yang sudah mendapatkan materi tersebut.

Hasil validasi empirik didapatkan 13 dari 14 butir soal dinyatakan valid. Kemudian dari 13 butir soal tersebut dipilih 8 soal untuk pembuatan soal *pretest* dan *posttest* yang ekuivalen dan dilanjutkan menghitung reliabilitasnya untuk mencari keajegan instrumen. Hasil reliabilitas *pretest* sebesar 0.91 yang artinya instrumen

soal memiliki keajegan yang sangat baik. Soal yang sudah valid dan reliabel ini selanjutnya dapat dipergunakan sebagai instrumen dalam penelitian.

Data diperoleh melalui tes kemampuan pemecahan masalah sebelum dan setelah pemberian perlakuan. Setelah diperoleh data kemampuan pemecahan masalah, kemudian dianalisis menggunakan uji prasyarat analisis parametrik yang terdiri atas uji normalitas *Chi-square*, dan uji homogenitas *Fisher* yang masing-masing dengan taraf signifikansi 5%. Uji hipotesis menggunakan uji *t* untuk mengetahui apakah kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah data *pretest* dianalisis, didapatkan hasil nilai rata-rata kemampuan awal peserta didik (*pretest*) baik kelas eksperimen maupun kelas kontrol adalah 39.37 dan 37.70. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika awal kedua kelas masih rendah dan tidak jauh berbeda. Setelah mendapatkan perlakuan baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Kedua kelas mendapatkan *posttest* kemampuan pemecahan masalah fisika, untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Selanjutnya data hasil *posttest* dianalisis dan hasilnya diringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Analisis *Posttest*

Aspek Uji		Hitung	Tabel	Kriteria
Chi-Square	Kontrol	3.94	11.07	Normal
	Eksperimen	7.16	11.07	Normal
Fisher		1.12	4	Homogen
t-test (Uji Hipotesis)		2.090	2.048	H ₀ ditolak

Rata-rata hasil *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol masing-masing sebesar 72.97 dan 65.83. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika kedua kelas sama-sama mengalami peningkatan. Berdasarkan uji hipotesis dengan *t-test* didapat kesimpulan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik yang belajar menggunakan integrasi *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada kemampuan pemecahan masalah peserta didik yang belajar dengan pembelajaran berbasis masalah pada kelas kontrol.

Scott mengidentifikasi 5 karakteristik dari pembelajaran berbasis masalah: (1) proses dimulai dengan masalah, (2) menuntun peserta didik untuk dapat belajar secara mandiri, (3) memikirkan solusi dari permasalahan, (4) bekerjasama dalam kelompok kecil, (5) fasilitas untuk menuntun proses pembelajaran [19]. Pada tahapan orientasi masalah dalam pembelajaran berbasis masalah, peserta didik dihadapkan pada suatu permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari yang menuntun peserta didik untuk menemukan solusinya. Pada tahap

mengorganisasi peserta didik untuk belajar, guru memfasilitasi peserta didik belajar secara mandiri untuk menemukan informasi yang berkaitan dengan pemecahan masalah. Pada tahap penyelidikan individu dan kelompok, peserta didik bekerja sama untuk melakukan eksperimen dan memikirkan solusi dari permasalahan. Pada kelas eksperimen, hasil diskusi dan percobaan pada tahap penyelidikan mereka gambarkan dalam bentuk *thinking maps*. Hasil *thinking maps* yang dibuat merupakan pemahaman konsep dari setiap peserta didik. *Thinking maps* yang telah dibuat peserta didik, selanjutnya dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang disajikan. Pembuatan *thinking maps* melatih peserta didik untuk menghubungkan satu konsep dengan konsep yang lain. Peta pikiran adalah cara yang sangat berguna untuk membantu peserta didik agar lebih mudah membangun pemahaman konten konseptual [13].

Contoh *thinking maps* yang dibuat peserta didik ditunjukkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Peta Gelembung (*Bubble Map*) Fluida Ideal

Gambar 1. adalah *thinking maps* buatan peserta didik yang menggunakan jenis *bubble map*. Jenis *thinking maps* ini dirancang untuk menggambarkan karakter atau untuk mengenali ciri-ciri [16]. Peserta didik menggambarkan submateri fluida ideal dalam bentuk peta gelembung (*bubble maps*) yang menggambarkan karakteristik dari fluida ideal. Pusat lingkaran menggambarkan ide utama yaitu fluida ideal. Terdapat empat lingkaran luar yang terhubung dengan lingkaran utama. Empat lingkaran luar ini menggambarkan karakteristik dari fluida ideal yaitu *irratational*, *non-vicous*, *incompresibble*, dan *steady*. Peserta didik menggunakan warna untuk membedakan antara ide utama dan karakteristik dari materi. Penggunaan warna sering digunakan peserta didik untuk membedakan ide-ide yang terkandung dalam peta pemikiran, yang meningkatkan kreativitas yang akan membangun pengetahuan peserta didik [13].

Hasil observasi penelitian pada kelas kontrol yang belajar dengan pembelajaran berbasis masalah tanpa bantuan *thinking maps* menunjukkan bahwa proses pembelajaran kurang melatih peserta didik untuk memetakan pemikirannya. Peserta didik tidak dilatih untuk menuangkan hasil pemikirannya terhadap materi yang telah dipelajari kedalam bentuk peta pemikiran, sehingga peserta didik kesulitan untuk memetakan atau menghubungkan antara konsep satu dengan konsep yang lainnya dalam memecahkan masalah.

Indikator kemampuan pemecahan masalah yaitu: (1) memahami masalah (2) merancang strategi, (3) melaksanakan strategi dan (4) mengevaluasi solusi. Peserta didik kelas eksperimen sudah dapat memahami soal dengan baik sehingga langkah-langkah untuk memecahkan masalah yang diambil sudah tepat dari memahami masalah sampai dapat menemukan strategi yang tepat untuk menemukan jawaban dari masalah tersebut [20]. Namun banyak peserta didik yang tidak teliti saat mensubstitusikan nilai ke persamaan yang dipilih dan melakukan perhitungan. Sedangkan peserta didik kelas kontrol sudah dapat memahami soal, namun mereka kesulitan untuk menentukan persamaan mana yang digunakan dalam penyelesaian masalah sehingga tahapan selanjutnya belum terlaksana dengan baik. Nilai tahapan pemecahan masalah kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Langkah-langkah Pemecahan Masalah

Tahapan	Eksperimen	Kontrol
Memahami masalah	89.3	88.9
Merancang strategi	79.8	70.8
Melaksanakan strategi	67.2	59.8
Mengevaluasi solusi	56.2	49.1

Dari penelitian di peroleh hasil bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil penelitian ini didukung dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya. Proses pembelajaran integrasi *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik terhadap materi ajar [2]. *Thinking maps* menunjukkan bahwa ada pengaruh *thinking maps* terhadap penguasaan konsep peserta didik, karena dengan menggunakan *thinking maps* peserta didik diajarkan untuk berpikir secara kritis terhadap ilmu yang dipelajari sehingga kemampuan mereka dalam memecahkan masalah akan meningkat [13]. Oleh karena itu, ditemukan pengaruh penggunaan *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik.

Namun demikian penelitian ini memiliki kekurangan diantaranya yaitu pada orientasi masalah, peserta didik kebingungan dalam menentukan hipotesis sehingga perlu bantuan dari guru. Pada tahap investigasi mandiri dan kelompok didapati peserta didik menggunakan internet dengan tidak semestinya (membuka *facebook*) sehingga guru hendaknya benar-benar memantau dan memastikan peserta didik ketika memanfaatkan internet untuk mencari sumber informasi terkait pembelajaran. Selain itu terdapat kekurangan pada tahap mengembangkan dan mempresentasikan hasil data, peserta didik kesulitan dalam pembuatan *thinking maps*. Banyak peserta didik yang membuat *thinking maps* tidak sesuai dengan karakteristik *thinking maps*. Oleh karena itu, hendaknya guru memberikan uraian



yang lebih jelas mengenai karakteristik dari masing-masing jenis *thinking maps* beserta contohnya. Seperti yang diungkapkan oleh Long & Carlson untuk memastikan *thinking maps* telah dibuat dengan benar oleh siswa, ada tiga cara mengajarkannya: (1) mengarahkan langsung pada setiap *thinking maps*; (2) guru dan siswa membuat *thinking maps* bersama-sama; (3) siswa membuat *thinking maps* sendiri pada topik yang diberikan oleh guru [11].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika pada materi fluida dinamis peserta didik yang belajar menggunakan integrasi *thinking maps* dalam pembelajaran berbasis masalah lebih tinggi daripada kemampuan pemecahan masalah peserta didik yang belajar menggunakan pembelajaran berbasis masalah tanpa *thinking maps*.

Daftar Rujukan

- [1] Tan, OonSeng. (2004). *Enhancing Thinking through Problem Based Learning Approaches*. Singapore: Thomson Learning.
- [2] Fitriah. 2011. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Numbered Head Together* (NHT) Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Pada Konsep Fluida Dinamis. *Skripsi Diterbitkan*. Jakarta: Universitas Islam Syarif Hidayatullah.
- [3] Zewdie, Z. M. 2014. An Investigation of Students' Approaches to Problem Solving Physics Course. *International Journal of Chemical and Natural Science*. 2 (1): 77-89.
- [4] Docktor, dkk. 2015. Conceptual Problem Solving In High School Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11 (2): 1–13.
- [5] Ceberio, M., Almudí, J.M. & Franco, A. 2016. Design and Application of Interactive Simulations in Problem-Solving in University-Level Physics Education. *Journal Science Education and Technology*, 25 (4): 590-609.
- [6] Lin, S. Y. & Singh, C. 2013. Using an Isomorphic Problem Pair to Learn Introductory Physics: Transferring From A Two-Step Problem to A Three-Step Problem. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9 (2): 11–19.
- [7] Andrews, K. 2013. Standing "On Our Own Two Feet": A Comparison of Teacher-Directed and Group Learning in an Extra-Curricular Instrumental Group. *British Journal of Music Education*, 30 (1): 125–148.
- [8] Antonenko, P. D., Jahanzad, F., & Greenwood, C. 2014. Fostering Collaborative Problem Solving and 21st Century Skills Using the DEEPER Scaffolding Framework. *Journal of College Science Teaching*, 43 (6): 79–88.
- [9] Dariyati, T. 2016. Pengaruh *Thinking Maps* pada Pembelajaran *Discovery Learning* terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta didik Kelas XI Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar di SMAN 1 Purwosari. *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Malang: FMIPA UM.



- [10] Sujarwanto, dkk. 2014. Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika pada *Modeling Instruction* pada Peserta didik SMA Kelas XI. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3 (1): 65-78.
- [11] Dwi. I M., Arif, M. & Sentot, K. 2013. Pengaruh Strategi Problem Based Learning Berbasis ICT Terhadap Pemahaman Konsep dan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9 (1): 8-17.
- [12] Sirait, T. M & Derlina. 2015. *The Effect of Problem Based Learning Model Towards Physics Learning Outcomes At Dynamic Electricity Course*. International Conference on Technology, Informatics, Management, Engineering & Environment (TIME-E).
- [13] Jonassen, D. H. 2010. *Research Issue in Problem Solving*. USA: University of Missouri.
- [14] Al-naqa, S. A. & Abu-Owda, M. F. 2014. The Effect of Using Thinking Maps Strategy to Improve Science Processes in Science Course on Female Students of the Ninth Grade. *Science Journal of Education*, 2 (2): 44-49.
- [15] Hyerle, D. N. 2012. *Peta Pemikiran, Edisi Kedua*. Jakarta Barat: Permata Puri Media
- [16] Folashade, A. & Akinbobola, A.O. 2009. Constructivist problem based learning technique and the academic achievement of physics students with low ability level in nigerian secondary schools. *Eurasia Journal of Physics and Chemistry Education*. 1(1). 45-51.
- [17] Long, D. & Carlson, D. 2011. Mind the Map: How Thinking Maps Affect Student Achievement. *Jurnal penelitian*, 13: 1-7, diakses 30 Oktober 2016.
- [18] Jarwanto, A. 2012. Pembelajaran Proyek Mata Pelajaran Fisika di SMA Sebagai Starting Point Pembentukan Budaya Meneliti. Makalah disajikan dalam *Seminar Nasional Fisika*, Jakarta, 9 Juni 2012.
- [19] Scott, K. S. 2014. A Multilevel Analysis of Problem-Based Learning Design Characteristics. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 8 (2): 6-25.
- [20] Polya, G. 1973. *How to Solve It – A New Aspect of Mathematical Method (Second Edition)*. New York: Princeton University Press.



PEMROSESAN AWAL DATA GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE DAN POLE-POLE DENGAN BAHASA PEMPROGRAMAN DELPHI

Sandy Vikki Ariyanto^{1,*}, Dian Nita²

¹Teknik Informatika, Teknik, Universitas Madura, Jalan Raya Panglegur KM 35, Pamekasan, 69371, Indonesia

²SDN Pakong 2, Dusun Sumber Bintang kec. Pakong Kab. Pamekasan, 69352, Indonesia

*Email: sandy_vikki@yahoo.co.id

Abstrak

Program ini dikhususkan untuk menghitung data Geolistrik menggunakan metode resistivitas dengan konfigurasi dipole-dipole dan pole-pole. Keunggulan Program ini adalah untuk menghitung resistivitas dengan tepat dan efisien. Sehingga para pengguna dapat menghemat waktunya untuk mengolah data dibandingkan menggunakan *excel*.

Data yang dibutuhkan untuk meng-Input dari program *accounter* adalah *I*(arus), *V*(potensial), dan *datum point*. Setelah memasukkan data input program tersebut secara otomatis menghitung dan meng-save dari *listbox* ke format *txt*, setelah itu program bisa memanggil *software res2div* dari sistem *C:\program file\res2div\res2div.exe* dan memasukkan data format *txt* serta menjalankannya.

Hasil program sama dengan hasil *excel* hanya saja kita bisa meng-load data langsung ke *res2div* sehingga dalam satu program kita bisa melihat hasil interpretasi data tanpa menghitung dan memasukkan data ke *res2div* lagi. Dengan program ini kita bisa menyingkat waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan data dan intreprastasi data.

Kata Kunci: dipole-dipole; pole-pole; Borland Delphi

1. Pendahuluan

Metode geolistrik merupakan salah satu metode Geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan cara untuk mendeteksi aliran di permukaan bumi. Hal ini meliputi pengukuran potensial dan pengukuran arus yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat *injeksi* arus kedalam bumi. Oleh karena itu metode geolistrik mempunyai banyak macam, salah satunya adalah metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) [5].

Prinsip dasar metode geolistrik bekerja berdasarkan resistivitas medium. Misalnya, pada medium yang terdapat anomali sifat kelistrikannya akan berubah dan menjadi konduktif atau resistif bergantung pada sifat bahan penyebab anomali pada medium tersebut [4], Medium itu diukur pada aspek beda potensial, kuat arus, dan resistivitas [1], Disamping itu metode geolistrik mempunyai berbagai konfigurasi elektroda dengan faktor geometri (*K*) yaitu *wenner*, *schlumberger*, *dipole-dipole*, *pole-pole*, *azimut dipole* [3] khusus untuk pembahasan ini adalah konfigurasi *dipole-dipole* dan *pole-pole*. Konfigurasi *dipole-dipole* merupakan gabungan dari teknik *profiling* dan *depth sounding* [6]. Dan konfigurasi *pole-pole* merupakan konfigurasi

elektroda yang paling sering digunakan untuk survei geolistrik. Hasil akhir pengukuran adalah distribusi potensial daerah penelitian yang merupakan respon distribusi muatan dibawah permukaan [7].

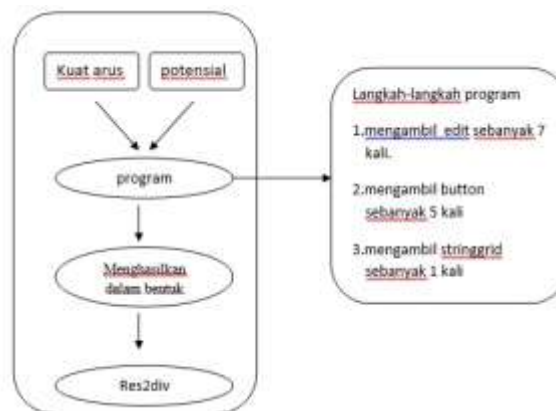
Pengambilan data di lapangan meliputi kuat arus dan potensial, data tersebut diolah di *excel* dan menghasilkan nilai resistivitas semu, nilai resistivitas semu di-*input* ke *notepad* dengan format penulisan data di *software res2div*, kebanyakan pengolahan tersebut mengalami rentang waktu yang lama sehingga pengolahan tidak efisien [2].

Untuk itu, membutuhkan program khusus pengolahan data lapangan (kuat arus dan potensial) yang menghasilkan nilai resistivitas semu, datum point, lapisan serta menyimpan di *file .txt*. Untuk mempermudah membuat program tersebut membutuhkan *software delphi*.

Delphi menggunakan bahasa *Pascal*, sebuah bahasa terstruktur generasi ketiga, yang sering disebut sebagai bahasa *highly typed*, bahasa dengan aturan tipe data yang ketat. Hal ini akan menghasilkan program yang bersih, dengan gaya pemrograman yang konsisten, dan yang terpenting dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi. Selain itu, *Delphi* mempunyai kegunaan untuk menyimpan data dan menjalankan program baru yang diperintahkan oleh *res2div*, dengan bantuan button yang telah ada dalam program *Delphi*.

2. Metode Penelitian

2.1 Langkah Pembuatan Program



Gambar 1. Pola pikir program

Langkah pertama mempunyai dua bagian meliputi kuat arus dan potensial, selanjutnya dimasukkan keprogram dan diproses menghasilkan nilai resistivitas. Hasil dari pemrosesan data akan disimpan dalam *format .dat* dan disubstitusikan ke dalam *software res2div* (Lihat Gambar 1).

2.2 Desain Pengolahan di Program



Gambar 2. Desain pengolahan dan penyimpanan data

Mengambil *edit* sebanyak 7 kali, *edit* digunakan untuk memasukkan nilai (kuat arus, potensial, fungsi geometri, jarak mepping, lintasan). Selanjutnya mengambil *button* sebanyak 5 kali diantaranya : *input* (berfungsi untuk meng *input* data dari *edit*), *proses* perhitungan (untuk memproses data yang sudah di-*input*), *proses* perpindahan (data dari proses perhitungan dispesifikkan pada 3 bagian yakni resistivitas, datum poin, lintasan), *save* (untuk menyimpan data dari *stringgrid* ke *notepad*), dan yang terakhir pada bagian *button* adalah *close* yang digunakan untuk menutup program (Lihat Gambar 2).

2.3 Prosedur Program

Beberapa *Prosedur* pada program perhitungan ini adalah

a. Prosedur input

Prosedur ini adalah prosedur untuk memasukkan data geolistrik meliputi nilai arus, nilai potensial, jarak elektroda, lintasan, jumlah data, dan jumlah spasi.

b. Prosedur Perhitungan

Prosedur ini adalah langkah menghitung resistivitas.

c. Prosedur Save

Prosedur ini adalah *Prosedur* untuk menyimpan data dari *listbox* ke *notepad* dalam format *.dat*

d. Prosedur Open

Prosedur ini adalah langkah untuk membuka data yang sudah di *save* di *notepad* dalam bentuk Format *.dat*.

e. Prosedur Open Software Res2div

Prosedur ini adalah membuka *software res2div*.

f. Prosedur Close

Prosedur ini untuk keluar dari program

2.4 Analisis Program

Analisis program menggunakan perbandingan hasil menggunakan program dengan hasil menggunakan excel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembahasan Program



Gambar 3. Tampilan utama perhitungan geolistrik

Ada beberapa klik *button*, antara lain *input* untuk meng-*input* data, proses perhitungan yaitu perintah untuk menghitung data yang sudah di-*input*-kan, *edit* 10 untuk nama *file* yang sudah di hitung, *save* yaitu untuk meng-*save* data perhitungan, buka *res2div* untuk membuka *software res2div* serta untuk meng-*load* data, yang sudah di *save*, tombol *close* untuk menutup program (Lihat Gambar 3).

3.2 Cara Kerja Program

Program perhitungan geolistrik dapat digunakan dengan cara :

1. Pertama kita pilih konfigurasi dulu, di program ada 2 pilihan konfigurasi yaitu pole-pole dan dipole-dipole, sebagai contoh saya pilih dipole-dipole (Lihat Gambar 4)



Gambar 4. Tampilan saat untuk meng-*input* jumlah data.

2. Meng-*input*-kan jumlah data mentah dan secara *otomatis stringgrid* menyesuaikan berapa banyak data yang mau di olah. Setelah itu Meng-*input*-kan spasi data dan Judul (Lihat Gambar 5).

Gambar 5. Tampilan saat untuk meng-*input* jumlah data.

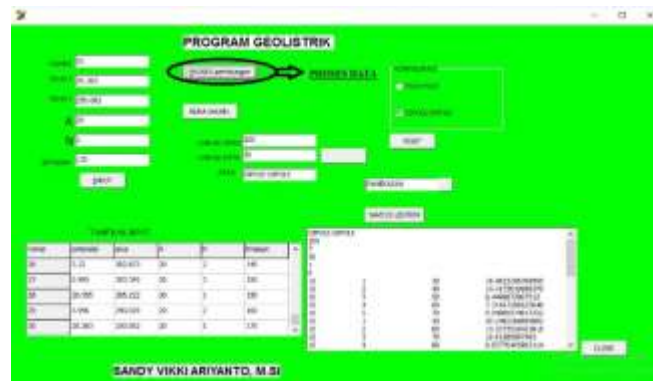
3. Setelah meng-*input* data kita bisa meng-*input* data satu per satu data arus, potensial, A,N spasi data, lintasan, dan jumlah spasi (Lihat Gambar 6).

Gambar 6. Tampilan untuk meng-*input* data

4. Setelah itu klik *input*. Secara *otomatis* data masuk ke *Stringgrid* (Lihat Gambar 7)

Gambar 7. Tampilan data di *stringgrid*.

5. Pemrosesan data : kita bisa melakukan pemrosesan data dengan cara meng-klik tombol proses perhitungan (Lihat Gambar 8).



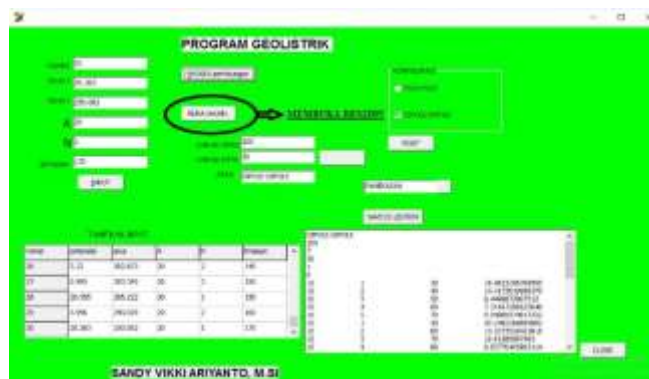
Gambar 8. Tampilan promrosesan data

6. Pemrosesan data sudah dilakukan, sekarang meng-save data tersebut ke *notepad* atau *.dat* (Lihat Gambar 9).



Gambar 9. Tampilan data dan tombol save

7. Setelah di *save* lalu di-*load* data tersebut ke dalam *software res2div* (Lihat Gambar 10).



Gambar 10. Tampilan meng-load data dan membuka *software res2div*

8. Untuk mengakhiri program perhitungan geolistrik *klik* tombol *close* (Lihat Gambar 11).



Gambar 11. Menutup program

Program perhitungan geolistrik ini merupakan program yang membantu untuk perhitungan dan sekaligus *load* data ke *res2div*, di dalamnya terdapat perintah menghitung dan me-*load* data,

Perintah untuk menghitung yakni :

1. Nilai K (konfigurasi pole-pole) :

$$K = 2 * \pi * A$$

(1)

2. Nilai K (Konfigurasi dipole-dipole) :

$$K = \pi * N * (N + 1)(N + 2) * A$$

(2)

3. Resistivitas

$$\rho = K \frac{V}{I}$$

(3)

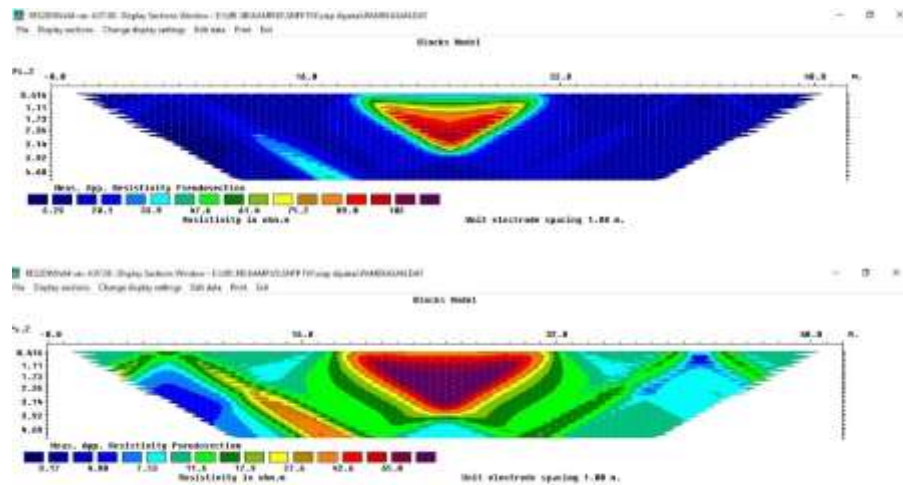
Perintah untuk meng-*load* data ke *res2div*

1. *Save* data ke format *.dat*
2. *Load* data yang sudah di *save* ke format *.dat*

Dengan mengkalibrasi 2 perintah tersebut kita bisa menghitung dan menginterpretasi data dengan cepat dalam satu program.

3.3 Hasil

Hasil yang di dapat dari program sama dengan hasil dari excel (Lihat Gambar 12), Perbedaannya di bagian waktu. Memakai program ini bisa menyingkat waktu kita untuk pengolahan data dipole-dipole dan pole-pole, bisa juga memakai pada saat mengambil data lapangan. Serta bisa dengan mudah menghitung data tersebut karena program ini dibuat untuk memudahkan memproses data dipole-dipole.

Gambar 12. Hasil dari *res2div*

3.4 Perbandingan Excel Dengan Program Ini

Hasil *out-put* program perhitungan tersebut sudah mirip dengan perhitungan menggunakan *excel*.

➤ Catatan waktu mengerjakan metode dipole-dipole dengan 3 *line* :

- a. Di *excel* : 1 jam 50 menit 21 detik.
- b. Di program : 12 menit 43 detik.

➤ Catatan waktu mengerjakan metode pole-pole dengan 3 *line* :

- a. Di *excel* : 1 jam 47 menit 56 detik
- b. Di program : 12 menit 28 detik

Jadi program ini mudah dan efektif waktu untuk pengolahan data geolistrik serta interpresentasikan data geolistrik. Untuk memperjelas keunggulan program ini, penulis gunakan angket sebagai penilai penggunaan program. Dengan adanya angket sudah dibuktikan kemampuan program ini.

4. Kesimpulan

Program ini cocok untuk perhitungan yang efisien waktu untuk pengolahan data geolistrik, serta cocok untuk langsung mengolah data di lapangan, karena program ini menggukan kombinasi antara menghitung data dan me-load data ke *res2div* serta mem-format data tersebut menjadi file tipe *.dat*, dengan keunggulan tersebut kita bisa meng-efektifkan waktu kita untuk pengolahan data dan me-load data ke *res2div* supaya gampang untuk di olah serta untuk interpresentasikan data geolistrik. Hasil program sama dengan hasil *excel* serta lebih cepat pengerjaannya di bandingkan dengan *excel* dan kita bisa me-load data langsung ke *res2div* sehingga dalam satu program kita bisa melihat hasil interprestasi data tanpa menghitung dan memasukkan data ke *res2div* lagi. Dengan program ini kita bisa menyingkatkan waktu yang di butuhkan untuk pengolahan data dan intreprestasi data. program tersebut di lengkapi dengan pilihan konfigurasi dipole-dipole dengan schlumberger sehingga kita bisa memilih konfigurasi yang kita perlukan.



Daftar Rujukan

- [1] Heriawan, M.N. 2000. Aplikasi Metode Georadar Untuk Menentukan Sifat Dielektrik Batubara Tambang Air Laya Dengan Peringkat Yang Bervariasi. Thesis. Bandung: ITB
- [2] Loke, M.H. 1999a. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Malaysia: Penang.
- [3] Loke, M.H. 1999b. *RES2DINV Rapid 2D Resistivity & IP Inversion (Wenner, dipole-dipole, pole-pole, pole-dipole, Schlumberger, rectangular arrays) on Land, Underwater and Cross-borehole Surveys; Software Manual Ver.3.3 for windows 3.1, 95 and NT*. Malaysia: Penang.
- [4] Meju, A Max, *Geophysical Data Analysis: Understanding Inverse Problem Theory and Practice*, (1994), Society of Exploration Geophysicists (SEG)
- [5] Rozaq, aunur dkk. 2015. "Identifikasi Kedalaman Dan Struktur Lapisan Bawah Tanah Candi Jajaghu Berdasarkan Nilai Resistivitas Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole". *Jurnal. Malang: Universitas Brawijaya*
- [6] Suyanto Imam dan Agus Setyo Utomo.2013. "Analisis Data Resistivitas Dipole-Dipole Untuk Identifikasi Dan Perhitungan Sumber Daya Asbuton Di Daerah Kabungka, Pasarwajo, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara". *Jurnal Fisika Indonesia NO: 50, Vol XVII Edisi Agustus 2013 ISSN 1410-2994*.
- [7] Supriadi dkk. 2012. "Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Pole-Pole Untuk Menentukan Sebaran Dan Kedalaman Batuan Sedimen Di Desa Wonosari Kecamatan Ngalian Semarang". *Jurnal Sains Dan Teknologi VOL. 10 NO. 1 JULI 2012*



PEMODELAN 2D STRUKTUR GEOLOGI DAERAH PANAS BUMI MENGGUNAKAN PARAMETER SUSEPTIBILITAS: STUDI KASUS GUNUNG IJEN

Akhmad Afandi^{1,*}, Sukir Maryanto², Ahmad Nadhir², IGNB Catrawedarma¹, Moh. Fuad Al-Haris³

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Labanasem, Banyuwangi, 68461, Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

³Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Labanasem, Banyuwangi, 68461, Indonesia

*Email: akhmad.afandi@poliwangi.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian geomagnetik tentang struktur pemodelan geologi secara 2D daerah panasbumi Gunung Ijen Banyuwangi Jawa Timur menggunakan alat Proton Precision Magnetometer (PPM-856), GPS Garmin dan Kompas. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai nilai kontur anomali residual daerah Gunung Ijen sekitar -4400 nT s/d 1400 nT, anomali rendah (negatif) berada di daerah kawah Gunung Ijen yang diakibatkan oleh adanya intrusi dan proses hidrotermal. Pemodelan 2 dimensi penampang A-A' menghasilkan suseptibilitas sekitar -0.015 emu dan -0.094 emu sebagai batuan andesit, 0.0295 emu sebagai endapan piroklastik, 0.0020 emu sebagai batuan basalt dengan eror 1.23%. Sedangkan hasil pemodelan pada penampang B-B' menghasilkan kontras susceptibilitas sekitar 0.0464 emu sebagai batuan endapan piroklastik, -0.087 emu sebagai batuan andesit dan 0.01 emu sebagai batuan piroklastik dengan eror 1.92%. Batuan yang memiliki nilai susceptibilitas rendah diduga sebagai batuan pembawa panas yang berada pada kedalaman 175 meter dan ketebalan 575 meter. Dari hasil pemodelan tersebut dikonfirmasi dengan data geologi.

Kata Kunci: Pemodelan, Ijen, PPM-856, Panas bumi, Suseptibilitas.

1. Pendahuluan

Seiring dengan kebutuhan energi yang sangat besar dan semakin berkurangnya cadangan energi yang bersumber dari fosil, maka diperlukan adanya energi yang baru dan terbarukan. Pada tahun 2014 terbitlah peraturan pemerintah Nomor 79 mengenai kebijakan energi nasional, dimana peran minyak bumi berkurang dari 25% (tahun 2025) menjadi 20 % (tahun 2050) dan menaikkan peran energi baru dan terbarukan paling sedikit 23% (tahun 2025) menjadi 31 % (tahun 2050).

Panas Bumi merupakan salah satu energi baru dan terbarukan serta ramah lingkungan yang sangat berpotensi di Indonesia karena negara yang banyak memiliki gunung api aktif yang tersebar di Sumatra sampai irian jaya. Menurut badan geologi Kementrian ESDM, potensi panas bumi di indonesia sebesar 28,910 GW yang tersebar di 312 lokasi panas bumi [1]. Banyuwangi merupakan salah satu Kabupaten

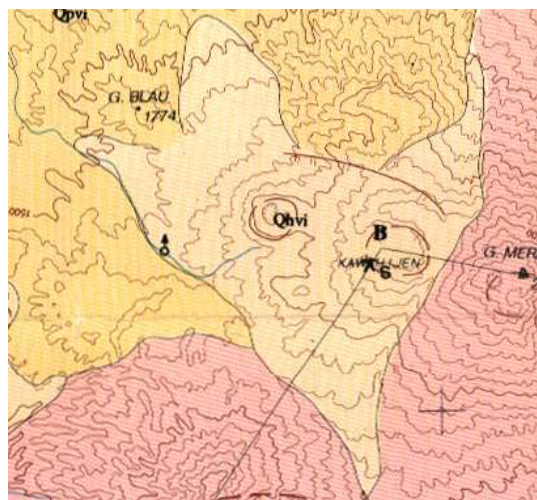
yang memiliki lokasi panas bumi dengan potensi 110 MW [2] yang berada di Gunung Ijen dengan ditandai adanya fumarol dengan suhu uap sekitar 201°C [3].

Sebelum dilakukannya eksplorasi dan eksploitasi panas bumi, tahapan awal yang harus dilakukan yaitu survei pendahuluan dengan menggunakan metode geofisika. Penelitian ini difokuskan pada metode geomagnet yang memiliki tujuan memetakan struktur bawah permukaan tanah menggunakan nilai dan sifat magnetik batuan [4], proses alterasi mineral hidrotermal dan terjadinya intrusi di daerah penelitian mengakibatkan berkurangnya dan berubahnya sifat kemagnetan yang biasanya didominasi batuan ferromagnetik menjadi diamagnetik, sehingga batuan yang berada pada sistem panas bumi memiliki nilai suseptibilitas yang rendah [5].

2. Metode Penelitian

Daerah penelitian (Gambar 1) terdapat di gunungapi Ijen Muda. Dimana, gunungapi Ijen Muda tersusun dari batuan tuf, breksi gunungapi, lava dan belerang. Tuf, putih-kelabu muda, halus, mudah diremas, berlapis tidak teratur. Breksi gunungapi, kelabu kekuningan, berukuran kerikil sampai bongkah, komponen basal-andesit menyudut tanggung-membundar terpilah buruk dengan massa dasar tuf.

Lava, terdiri dari andesit basal, skoria, kelabu, porfiritik. Belerang, kuning, murni, tersebar di kawah Gunung Ijen. Batuan ini bersumber dari gunungapi Ijen Muda dan gunungapi pajungan. Lava, terdiri dari andesit basal, skoria, kelabu, porfiritik. Belerang, kuning, murni, tersebar di kawah Gunung Ijen. Batuan ini bersumber dari gunungapi Ijen Muda dan gunungapi pajungan [6].



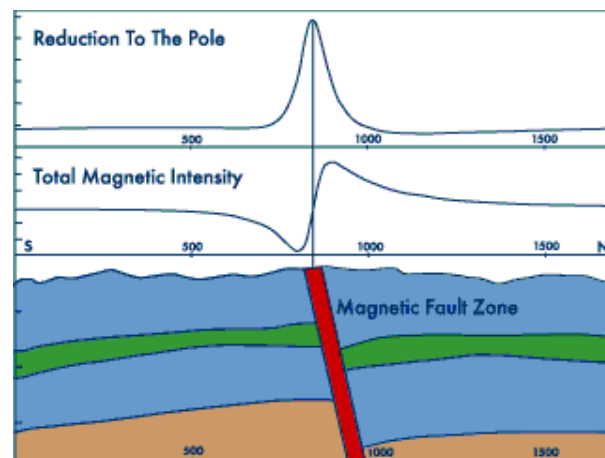
Gambar 1. Peta geologi penelitian

Survei geomagnetik dilakukan di daerah Kawah Ijen dengan metode *looping* tertutup yang berarti satu siklus pengukuran diawali dan diakhiri pada tempat yang sama agar dari hasil pengukuran dapat dilakukannya koreksi diurnal. Jarak antara titik diatur 100 meter di jalur pendakian menuju kawah ijen dan 500 meter dari daerah Licin Banyuwangi menuju daerah Sempol Bondowoso.

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data nilai intensitas medan magnetik menggunakan alat proton procession Magnetometer (PPM) dengan tipe GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM, waktu menggunakan arloji, posisi latitude dan posisi longitude serta ketinggian menggunakan GPS Garmin. Pemeriksaan kondisi instrument selama akuisisi data di lapangan merupakan langkah terpenting dilaksanakan sebelum proses pengukuran dimulai.

Setelah diperoleh data lapangan berupa nilai medan magnet, waktu, posisi latitude dan longitude beserta ketinggian maka diperlukan pengolahan data dan interpretasi data, pertama kali dilakukan koreksi harian (diurnal) dan IGRF. Dimana koreksi harian diperoleh dari pembacaan nilai medan total harian yang dilakukan di titik acuannya pada kurun waktu tertentu dikurangkan dengan nilai pembacaan rata-ratanya, sedangkan IGRF didapatkan dengan mengurangkan nilai medan total pembacaan dengan nilai dari koreksi harian.

Dari nilai anomali magnetik tersebut, dibuat peta kontur daerah penelitian dengan memasukkan posisi latitude dan longitude beserta nilai koreksi IGRF, sehingga diperoleh gambaran anomali dasar dari daerah penelitian. Reduksi kebidang datar dilakukan agar mengurangi pengaruh permukaan yang termagnetisasi yang dikarenakan adanya elevasi yang tidak teratur [7]. Kemudian, anomali hasil reduksi ke bidang datar dilakukan kontinuasi ke atas dengan cara medan potensial yang diukur ditransformasikan pada permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang jauh dari sumber [5] sehingga dapat memisahkan anomali lokal dan regionalnya.



Gambar 2. Diagram efek dilakukannya reduksi ke kutub [8]

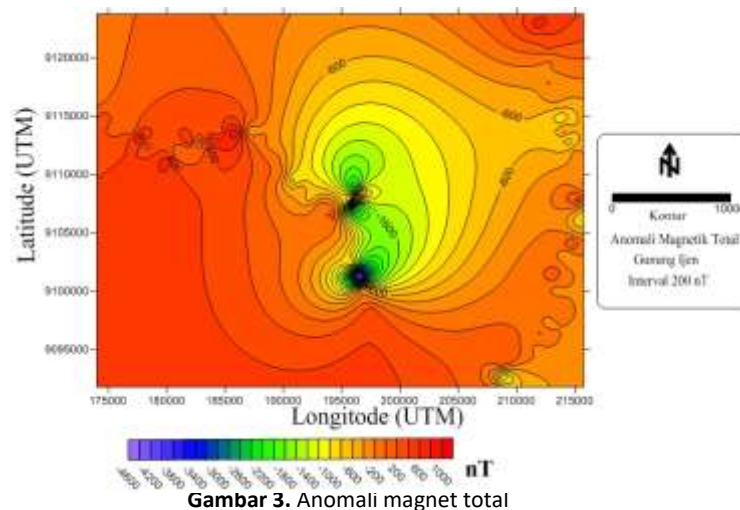
Dari anomali regional tersebut dapat diketahui anomali residual dengan pengurangan dari anomali magnetik hasil pengamatan dengan anomali regionalnya. Nilai anomali magnetik residual tersebut kemudian ditransformasi reduksi ke kutub dengan menghilangkan pengaruh inklinasi dengan tujuan merubah magnet dipole menjadi monopole karena sifat dipole tersebut menyulitkan untuk interpretasi data

dilapangan [5] (Gambar 2). Hasil reduksi ke kutub kemudian di tentukan posisi sayatan untuk pemodelan 2 dimensi dengan dilakukan pemodelan *forward modelling* dengan metode *trial and error* sampai $< 10 \%$ dan mempertimbangkan kondisi geologi daerah penelitian menggunakan *software* Mag2Dc.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran medan magnet di permukaan bumi merupakan *resultant* dari berbagai variable (anomali medan magnet lokal, regional dan diurnal) [9]. Koreksi IGRF bertujuan untuk menghilangkan efek dari medan utama magnet bumi. Untuk membantu mencari nilai IGRF maka digunakan NOAA dengan inputan letak latitude, longitude, ketinggian, tanggal, bulan dan tahun pengambilan data sehingga diperoleh nilai total field IGRF sebesar 45072 nT, deklinasi $1^{\circ} 25'$ dan inklinasi $-33^{\circ} 51'$. Sehingga diperoleh hasil kontur anomali magnetik total seperti Gambar 3.

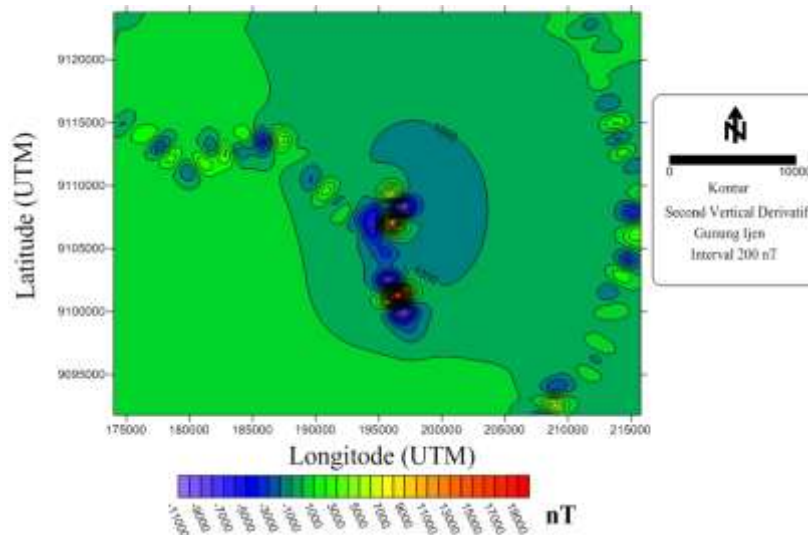
Untuk mengurangi pengaruh topografi lapangan, maka dari kontur anomali magnetik total dibawa ke bidang datar dengan mengambil rata-rata ketinggian dari lokasi penelitian [7], pengolahan ini menggunakan *software* matlab 7 sehingga menghasilkan Gambar 4. Untuk mencari efek lokal daerah penelitian maka harus dilakukan pemisahan efek regional dari hasil reduksi ke bidang datar sehingga diperoleh hasil seperti Gambar 5.



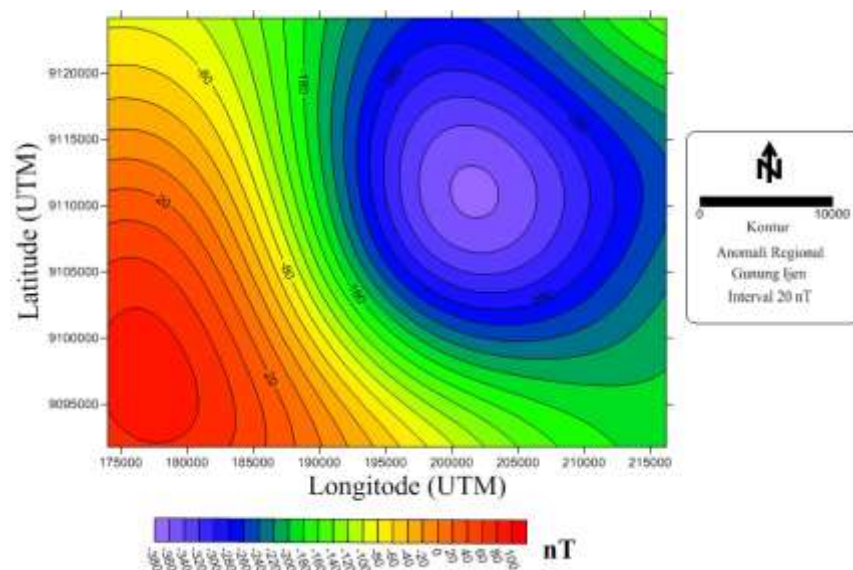
Gambar 3. Anomali magnet total

Sedangkan untuk efek lokal (residual) yaitu dengan mengurangi anomali magnetik total dengan anomali regionalnya sehingga diperoleh gambar 6. Dari hasil anomal lokal dilakukan reduksi ke kutub (gambar 7). Hasil dari reduksi ke kutub menunjukkan bahwa anomali magnetik menjadi satu kutub hal ini dapat ditafsirkan bahwa benda yang menyebabkan terjadinya anomali medan magnet berada dibawahnya [10], [11]. Filter Reduksi ke kutub ini menggunakan *software* *maggick* dengan cara sudut inklinasi benda dibuat menjadi 90° dan deklinasi menjadi 0° [4].

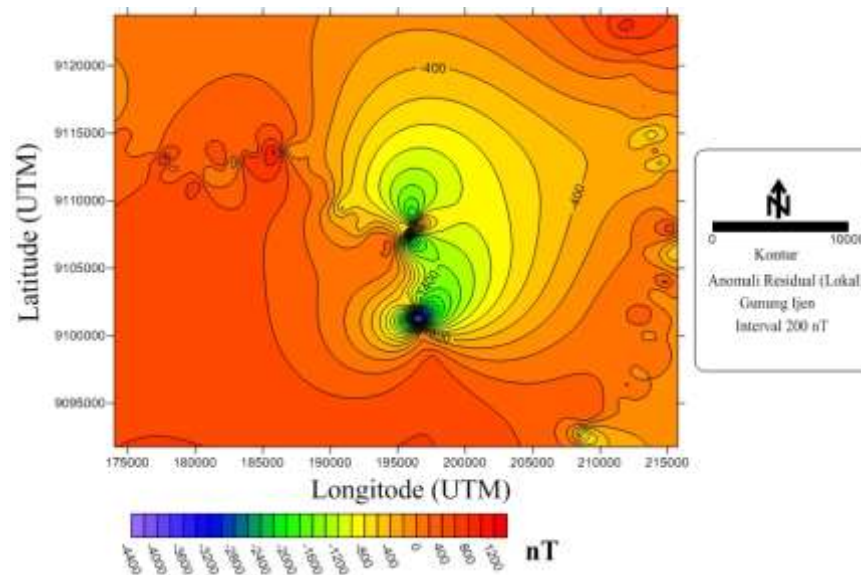
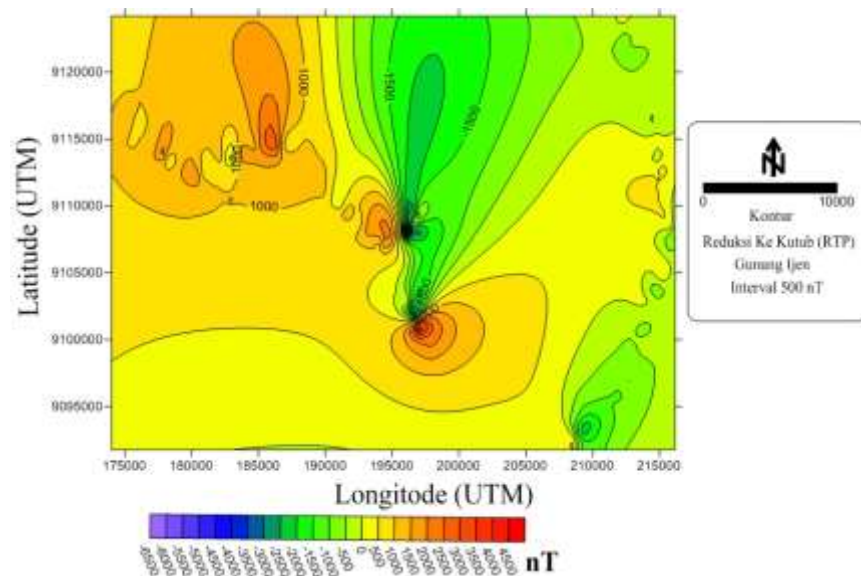
Setelah dilakukan reduksi ke kutub maka dilakukan pemodelan geologi 2 dimensi pada sayatan A-A' dan B-B' dengan menggunakan *software* MAG2DC yaitu seperti gambar 8. Berdasarkan kurva gambar 9 dan 10 dapat diperoleh besaran fisis yaitu bentuk geometri, kedalaman top dan bottom, dan harga suseptibilitas batuan sumber anomali di daerah penelitian [12]. Prinsip dalam pemodelan ini adalah trial and eror untuk menyamakan garis kurva observed field dengan calculated field. Sehingga harga suseptibilitas yang sebenarnya pada penampang A-A' pada Gambar 9 adalah sekitar -0.015 emu dan -0.094 emu sebagai batuan andesit, 0.0295 emu sebagai endapan piroklastik, 0.0020 emu sebagai batuan basalt dengan eror 1.23%.



Gambar 4. Kontur hasil *second vertical derivative*

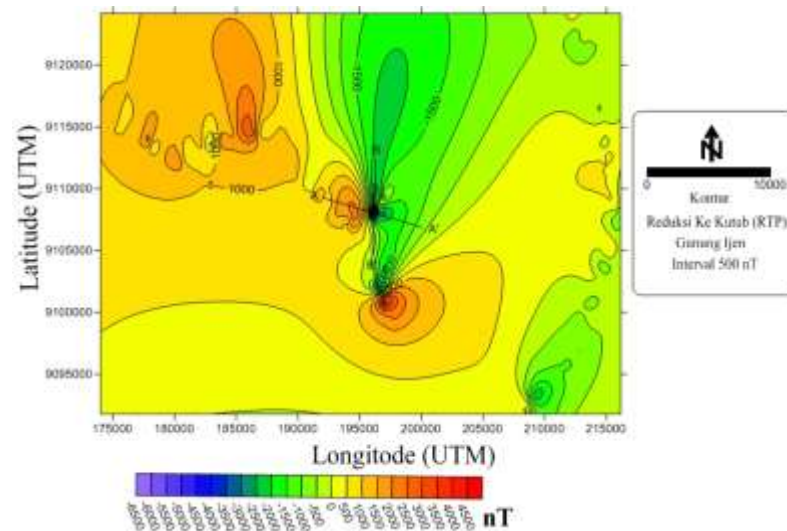


Gambar 5. Kontur anomali regional

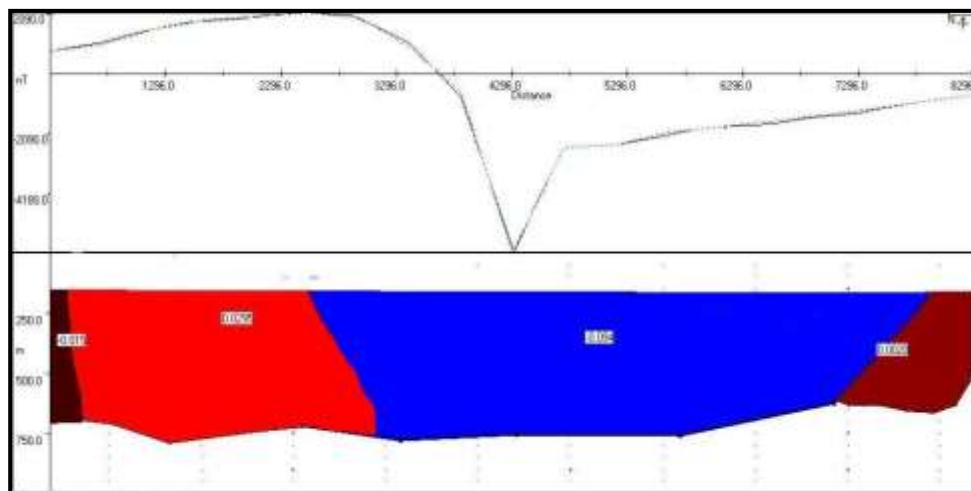
**Gambar 6.** Kontur Anomali Regional**Gambar 7.** Kontur RTP

Sedangkan hasil pemodelan pada penampang B-B' (Gambar 10) menghasilkan kontras susceptibilitas sekitar 0.0464 emu sebagai batuan endapan piroklastik, -0.087 emu sebagai batuan andesit dan 0.01 emu sebagai batuan piroklastik dengan eror 1.92%. Dari hasil pemodelan A-A' dan B-B' di konfirmasi dengan data geologi lapangan yang ada. Pada penampang A-A' dan B-B' yang berposisi pada kawah terdapat sebuah patahan hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai susceptibilitas. Dimana nilai susceptibilitas di daerah kawah lebih rendah daripada di luar kawah. Perbedaan nilai suseptibilitas ini, diduga sebagai akibat dari demagnetisasi batuan

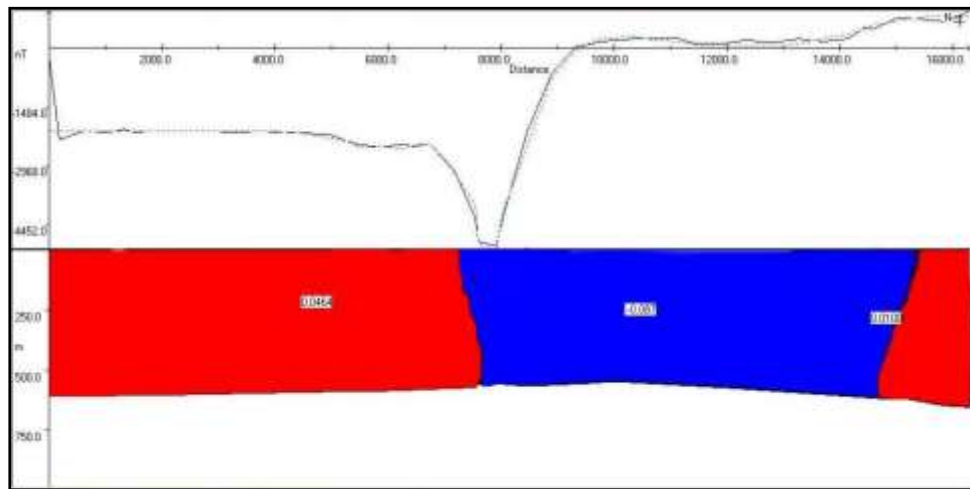
yang terjadi di bawah gunung ijen. Demagnetisasi ini terjadi akibat batuan mengalami pemanasan sampai di atas suhu Curie [13]



Gambar 8. Sayatan A-A' dan B-B' pada kontur RTP



Gambar 9. Pemodelan penampang A-A'



Gambar 10. Pemodelan penampang B-B'

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengolahan data menunjukkan nilai nilai kontur anomali residual daerah Gunung Ijen sekitar -4400 nT s/d 1400 nT, dimana anomali rendah (negatif) berada di daerah kawah Gunung Ijen yang diakibatkan oleh adanya intrusi dan proses hidrotermal. Pemodelan 2 dimensi penampang A-A' menghasilkan suseptibilitas sekitar -0.015 emu dan -0.094 emu sebagai batuan andesit, 0.0295 emu sebagai endapan piroklastik, 0.0020 emu sebagai batuan basalt dengan eror 1.23%. Sedangkan hasil pemodelan pada penampang B-B' menghasilkan kontras susceptibilitas sekitar 0.0464 emu sebagai batuan endapan piroklastik, -0.087 emu sebagai batuan andesit dan 0.01 emu sebagai batuan piroklastik dengan eror 1.92%. Batuan yang memiliki nilai susceptibilitas rendah diduga sebagai batuan pembawa panas yang berada pada kedalaman 175 meter dan ketebalan 575 meter. Dari hasil pemodelan tersebut dikonfirmasi dengan data geologi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini, BKSDA V Jawa Timur yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di gunung Ijen dan tim survei gunung ijen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Pambudi (2017), Geothermal power generation in Indonesia, a country within the ring of fire: Current status, future development and policy, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Jul. 2017.



- [2] Kasbani dan Dahlan (2008), Potensi dan Wilayah Kerja Panas Bumi. *Prosiding, Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Tahun*, Pusat Sumber Daya Geologi.
- [3] P. Delmelle, A. Bernard, M. Kusakabe, T. P. Fischer, and B. Takano, (2000), Geochemistry of the magmatic–hydrothermal system of Kawah Ijen volcano, East Java, Indonesia, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol. 97, no. 1, pp. 31–53, Apr. 2000.
- [4] N. S. Boko, Wahyudi, dan I. Suyanto (2004), Analisis Data Magnetik untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah manifestasi air panas di lereng utara gunungapi unggaran, *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*, Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-29, Yogyakarta 5-7 Oktober 2004, p. 36-45.
- [5] N. Arif, Lantu, S. Aswad, Maria (2014), Karakterisasi Panasbumi di Sumber Air Panas dengan Menggunakan Metode Geomagnet (Studi Kasus: Sumber Air Panas Panggo Kabupaten Sinjai), *Prosiding Seminar Nasional Geofisika*, Optimalisasi Sains dan Aplikasinya Dalam Peningkatan Daya Saing Bangsa, p. 94-99.
- [6] Sidarto, T. Suwarti, dan D. Sudana (1993), Geologi Lembar Banyuwangi, Jawa, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [7] Blakely, R.J., (1995), Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications, Cambridge University Press. New York.
- [8] Anonymous, 2011. <http://www.aerodata.com.au/TechBriefs/Magnetics/rtp.htm>. Tanggal akses: 04 Februari 2011.
- [9] Sunaryo (2012), Identification Of Arjuno-Welirang Volcano-Geothermal Energy Zone By Means Of Density And Susceptibility Contrast Parameters, *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, Vol: 12 No: 01, p. 9-20
- [10] P. Indratmoko, M. I. Nurwidyanto, T. Yuliyanto (2009), Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik, *Berkala Fisika*. Vol. 12, No. 4, Oktober 2009, ISSN : 1410 – 9662.
- [11] Baranov and H. Naudy (1964), Numerical Calculation of The Formula of Reduction to The Magnetic Pole, *Geophysics*, Vol. 53, p. 1592-1600.
- [12] Alimudin, S. Rasimeng, K. S. Brotopuspito, dan Wahyudi (2011), Pemodelan Struktur Geologi Berdasarkan Data Geomagnetik di Daerah Prospek *Geothermal* Gunung Rajabasa,” *Prosiding : Seminar Nasional Sains & Teknologi – IV*, pp. 197-208.
- [13] Z. Musafak, B. J. Santosa (2007) “Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri,” ITS press, Surabaya.



PENERAPAN METODE EULER *DECONVOLUTION* DALAM PENENTUAN LOKASI DAN GEOMETRI OBJEK ANOMALI GRAVITASI PADA LAPANGAN PANAS BUMI “O”

Handian Herbaskoro^{1,*}, Yunus Daud¹

¹ Laboratorium Geotermal, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia

*Email: handian.herbaskoro@ui.ac.id

Abstrak

Metode Euler *deconvolution* dapat diterapkan ke dalam data gravitasi untuk memprediksi kedalaman suatu struktur geologi. *Structural index* bernilai 0 digunakan untuk mendeteksi struktur patahan di bawah permukaan. Model sintetik dibuat dengan memvariasikan kedalaman, kemiringan dan geometri patahan. Dari pengolahan model sintetik dihasilkan respon Euler *deconvolution* yang dapat menentukan lokasi patahan tegak (90°) secara akurat. Euler *deconvolution* diaplikasikan ke dalam data gravitasi lapangan panas bumi “O”. Kontur CBA (*Complete Bouguer Anomaly*) dan kontur anomali residual yang diuji menghasilkan respon yang dapat memetakan patahan pada daerah penelitian. Pengelompokan kedalaman dilakukan untuk mempermudah pengklasifikasian kedalaman dangkal, kedalaman menengah dan kedalaman dalam. Interpretasi patahan menunjukkan kecocokan dengan sebagian patahan daerah penelitian. Hasil interpretasi patahan juga menunjukkan kecocokan lokasi dengan manifestasi mata air panas pada daerah penelitian. Komparasi hasil Euler *deconvolution* dan data magnetotelurik (MT) menunjukkan kesesuaian patahan yang dapat menjadi informasi tambahan dalam penentuan lokasi dan geometri objek anomali gravitasi.

Kata Kunci: Euler *deconvolution* (ED), *structural index*, model sintetik, dan data gravitasi

Corresponding Author: Dr. Yunus Daud (ydaud@sci.ui.ac.id)

1. Pendahuluan

Patahan merupakan struktur geologi yang cukup penting dalam memberikan informasi geologi yang ada di bawah permukaan. Patahan memiliki suatu karakteristik umum yaitu membatasi perbedaan nilai densitas antar dua jenis batuan. Patahan juga menggambarkan bahwa daerah tersebut merupakan zona lemah. Pada lapangan geotermal, patahan merupakan struktur geologi yang cukup menjadi perhatian. Zona lemah pada lapangan geotermal menunjukkan adanya peluang fluida panas bergerak (*fluid pathway*) dari reservoir ke permukaan dalam bentuk manifestasi geotermal seperti *fumarole* dan mata air panas [1].

Metode Euler *deconvolution* (ED) digunakan untuk mendapatkan estimasi kedalaman dan lokasi dari sumber anomali gravitasi [2]. Aplikasi ED dilakukan pada data gravitasi oleh beberapa penulis seperti [3] dan [4]. Tentunya metode ini bukan

tanpa hambatan, pada metode ED ini memerlukan parameter yang cocok dan tepat agar respon yang dihasilkan tidak *misleading*.

Paper ini mencoba untuk menemukan bagaimana respon ED yang dihasilkan terhadap patahan. Kemudian hasil pengujian ini digunakan sebagai pedoman pada data riil lapangan panas bumi “O”. Prinsip dari metode ED ini yaitu berdasarkan persamaan berikut:

$$(x - x_0) \frac{dG}{dx} + (y - y_0) \frac{dG}{dy} + (z - z_0) \frac{dG}{dz} = -N(U - G)$$

(1)

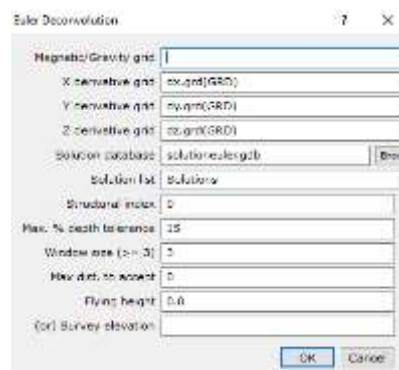
dimana sebuah objek anomali gravitasi yang berada pada koordinat (x_0, y_0, z_0) relatif terhadap sumbu z positif ke bawah. Total medan gravitasi G terdeteksi pada (x, y, z) . Medan total memiliki nilai regional U . *Structural index* dibutuhkan dalam hal menentukan bentuk dari bodi anomali yang terdapat pada bawah permukaan. Variabel N merepresentasikan *structural index* [5].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini pertama-tama dilakukan dengan membuat model sintetik patahan yang kemudian diuji respon ED. Respon ED yang dihasilkan kemudian dianalisis lebih lanjut. Hasil analisis respon kemudian diaplikasikan pada data gravitasi riil lapangan panas bumi “O”.

2.1 Pemodelan Sintetik Patahan

Model yang dibuat akan divariasikan terhadap kemiringan, kedalaman, dan geometri patahannya. Variasi kemiringan patahan dibuat mulai dari kemiringan 30° , 60° , hingga 90° . Variasi kedalaman dibuat mulai dari kedalaman 1400 m, 2800 m, dan 4000 m. Variasi geometri dibuat menyerupai graben dan kaldera. Semua model yang telah dibuat akan diuji respon ED untuk selanjutnya dianalisis lebih lanjut.



Gambar 1. Parameter pada uji model sintetik *Structural Index* = 0; toleransi kedalaman maksimum = 15%; *window size* = 3

2.2 Penerapan Ke Data Lapangan

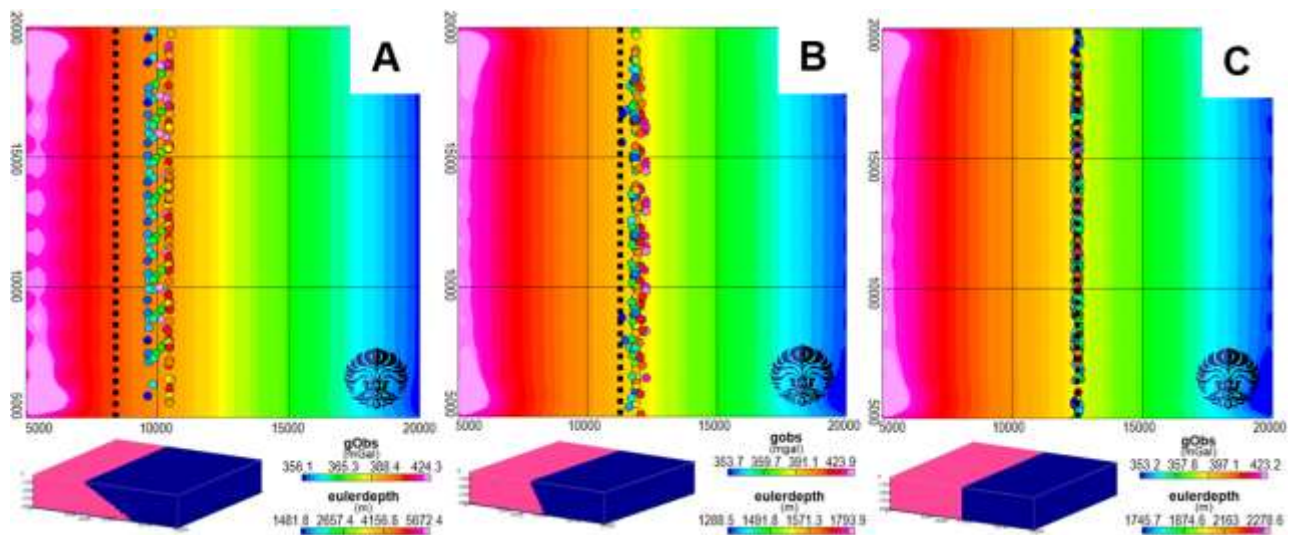
Pada tahap ini, data lapangan akan diuji respon ED. Pemetaan patahan hasil dari ED dilakukan untuk dibandingkan dengan pemetaan patahan hasil *remote sensing*. Pada akhir penelitian ini dilakukan komparasi terhadap data pendukung magnetotelurik (MT).

3. Hasil dan Pembahasan

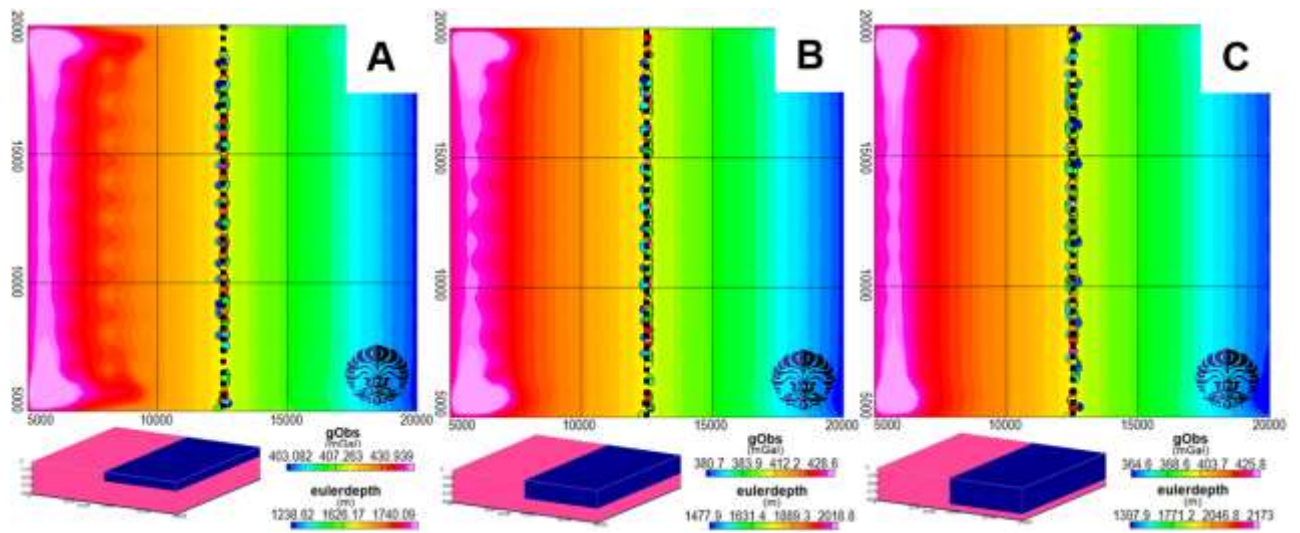
3.1 Pemodelan Sintetik

Gambar 2 menunjukkan respon ED pada model sintetik dengan variasi kemiringan. Garis putus hitam menunjukkan batas/patahan antara dua densitas batuan yang tersingkap di permukaan model. Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa respon ED mendeteksi patahan tegak dengan akurat. Hal lainnya yang dapat diamati yaitu semakin kecil *dip angle*, pendeteksian ED akan semakin terlihat pergeserannya dari patahan permukaan. Tabel 1 menunjukkan jarak pergeseran pendeteksian ED diukur sejajar sumbu-x mulai dari garis putus-putus berwarna hitam hingga kumpulan titik respon ED yang membentuk garis.

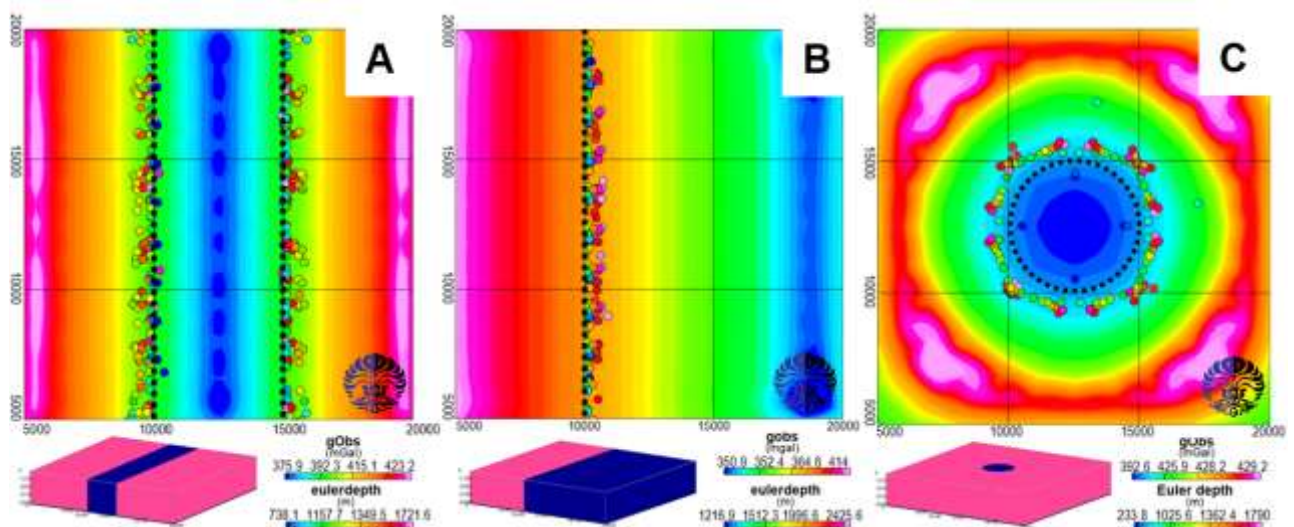
Gambar 3 menunjukkan respon ED pada model sintetik dengan variasi kedalaman patahan. Semua hasil menunjukkan bahwa metode ED dapat mendeteksi patahan tegak dengan akurat. Metode ini memiliki keterbatasan jangkauan kedalaman. Pada colorbar *eulerdepth* model B dan C memperlihatkan deteksi kedalaman ED yang meleset dari kedalaman sebenarnya (2800 m dan 4000 m). Namun pada model A menghasilkan deteksi kedalaman yang akurat (1400 m). Gambar 4 model A memperlihatkan respon ED pada model dua patahan (graben). Kedua patahan dapat terdeteksi namun sedikit bergeser ke arah luar graben. Model B juga mengalami sedikit pergeseran pendeteksian patahan. Sementara model C menghasilkan sedikit pergeseran ke arah luar kaldera. Pergeseran terjadi diduga akibat dari meningkatnya kerumitan model dan juga masih terdapatnya efek tepi pada kontur gravitasi. Hasil dari pemodelan sintetik ini digunakan sebagai pedoman dalam penerapan metode ED ke data lapangan.



Gambar 2. Respon ED pada kemiringan: (A) 30°; (B) 60°; dan (C) 90°



Gambar 3. Respon ED pada kedalaman: (A) 1400m; (B) 2800m; dan (C) 4000m



Gambar 4. Respon ED pada geometri: (A) graben; (B) graben dengan satu patahan dimatikan; dan (C) kaldera

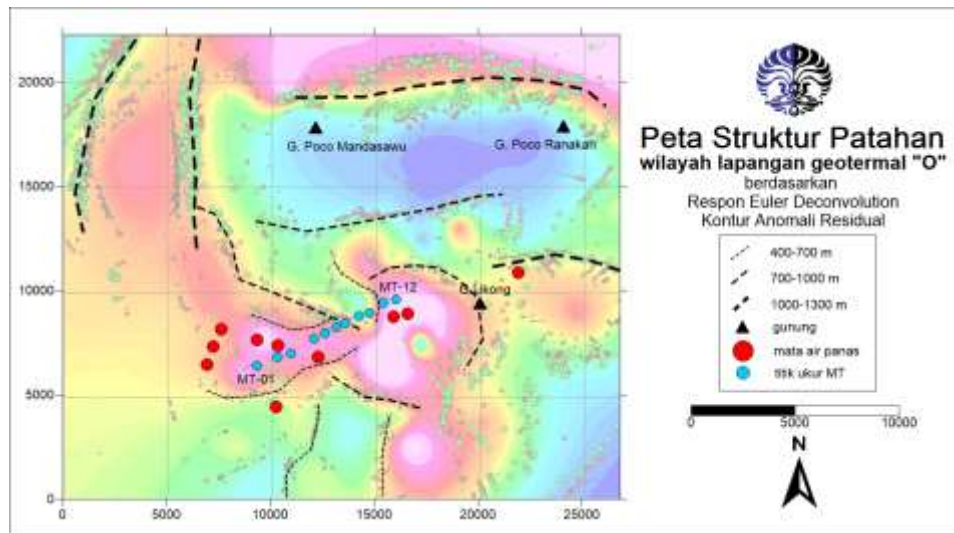
Tabel 1. Pergeseran deteksi ED terhadap garis patahan pada permukaan untuk Gambar 2.

Model	Estimasi pergeseran deteksi (km)
A	1,5
B	0,8
C	0

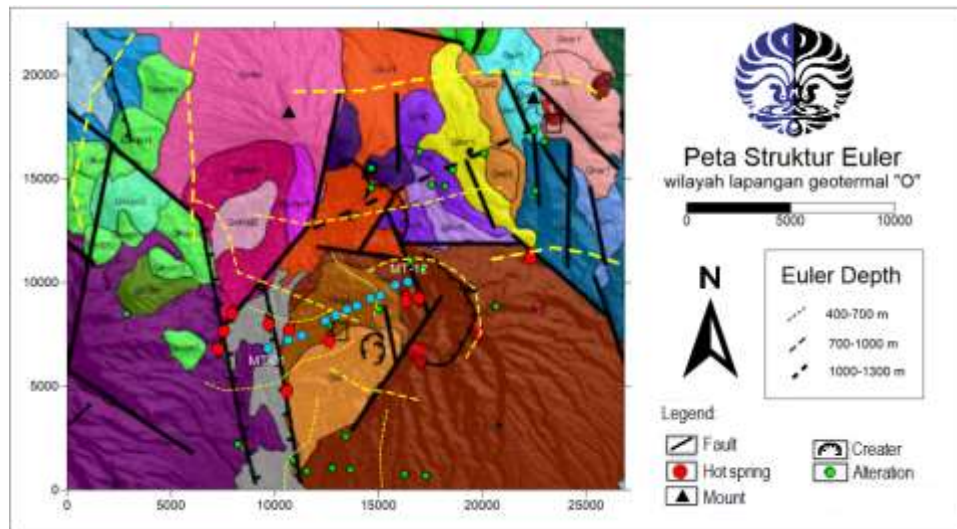
3.2 Penerapan ke Data Lapangan

Penerapan pada data lapangan dilakukan dengan metode yang serupa dengan referensi [6]. Pada Gambar 5 memperlihatkan interpretasi patahan ED berdasarkan kedalaman patahan. Gambar 6 memperlihatkan perbandingan hasil interpretasi patahan ED dengan patahan hasil *remote sensing*. Sebagian respon patahan memiliki ketepatan namun sebagian yang lainnya memiliki ketidaksesuaian. Hal ini diduga terjadi karena metode ED tidak hanya mendeteksi patahan pada permukaan, namun juga pada bawah permukaan. Sedangkan metode *remote sensing* merupakan interpretasi struktur patahan pada permukaan saja.

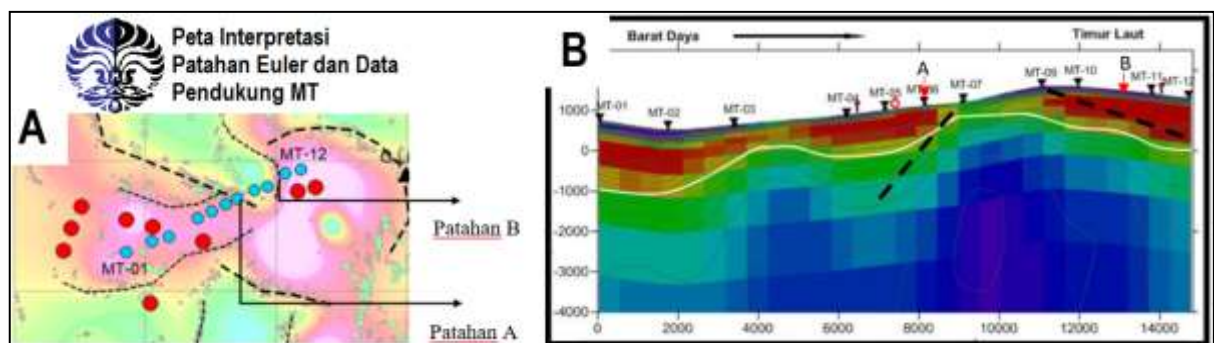
Lintasan MT ditunjukkan dengan titik-titik biru dan memiliki dua patahan yang berpotongan (Gambar 7A). Patahan A merupakan patahan kedalaman 700-1000 m sedangkan patahan B adalah patahan kedalaman < 700 m. Kedua patahan diprediksi seperti Gambar 7B ditandai dengan garis putus berwarna hitam. Berdasarkan model sintetik jika *dip angle* semakin kecil maka pergeseran patahan semakin besar. Sehingga patahan diprediksi bergeser dan memiliki *dip angle* seperti pada Gambar 7B.



Gambar 5. Patahan hasil interpretasi di-overlay dengan Respon ED



Gambar 6. Patahan hasil interpretasi di-overlay dengan peta struktur hasil remote sensing [7]



Gambar 7. (A) interpretasi patahan respon ED (perbesaran Gambar 5) dan (B) interpretasi patahan pada penampang MT [7]



4. Kesimpulan

Metode ED terbukti dapat mendeteksi lokasi patahan yang tersembunyi di bawah permukaan. Namun penggunaannya masih memerlukan uji model sintetik untuk mempelajari sifat-sifatnya lebih lanjut. Penelitian ini membuktikan bahwa semakin kecil nilai *dip angle*, maka semakin besar pergeseran pendeteksian patahan ED. Uji model sintetik juga memperlihatkan bahwa metode ED memiliki keakuratan dalam mendeteksi patahan yang tidak terlalu dalam (hingga 2000 m). Sehingga dari penelitian ini diharapkan dapat membantu memetakan struktur patahan pada lapangan panas bumi secara komprehensif.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PT. NewQuest Geotechnology, Depok.

Daftar Rujukan

- [1] F. Goff, C. Janik (2000), *Encyclopedia of Volcanoes: Geothermal Systems*, Academic Press, 822.
- [2] A. Reid, J. Allsop, H. Grasner, A. Millett, I. Somerton (1990), Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics* **55**, 80—91.
- [3] E. Klingele, I. Marson, H-G. Kahle (1991), Automatic interpretation of gravity gradiometric data in two dimensions: vertical gradient. *Geophysical Prospecting* **39**, 407—434.
- [4] D. FitzGerald, A. Reid, P. McInerney (2004), New discrimination techniques for Euler deconvolution. *Elsevier Computers & Geosciences* **30**, 461—469.
- [5] D. Huang, D. Gubbins, R. Clark, dan K. Whaler (1995), 57th Conf. & Tech. Exhib.: Combined study of Euler's homogeneity equation for gravity and magnetic field, *Euro. Assoc. Expl. Geophys. Extended Abstracts*, 144.
- [6] H. Saibi, J. Nishijima, E. Aboud, S. Ehara (2006), Euler deconvolution of gravity data in Geothermal Reconnaissance; the Obama geothermal area, Japan, *BUTSURI-TANSA* **59** No.3, 275—282.
- [7] Fitrianita, (2016), Pengolahan dan Pemodelan Data Magnetotellurik Short Sounding dan Long Sounding pada Siklus Sunspot Tinggi. *Karya Tulis Skripsi Universitas Indonesia*.



IDENTIFIKASI DAN ANALISIS KOMPOSISI KIMIA BATU KAPUR DI KABUPATEN BANGKALAN SEBAGAI BAHAN DASAR SINTESIS KALSIMUM KARBONAT PRESIPITAT

Fatimatul Munawaroh^{1,*}, Laila Khamsatul Muharrami¹, Triwikantoro²,
Zainal Arifin²

¹Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal, Bangkalan, 69162, Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Email: fatimphysics@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan identifikasi dan analisis komposisi kimia batu kapur dari beberapa lokasi penambangan di kabupaten Bangkalan. Metode yang digunakan adalah dengan uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui komposisi kimia. Hasil identifikasi batu kapur dari desa Jeddih kecamatan Socah dan desa Morombuh kecamatan Kwanyar berwarna putih dan partikel halus. Sedangkan dari desa Berbeluk kecamatan Arosbaya berwarna *peach* (merah muda kekuningan) dan partikel kasar. Hasil pengujian dengan XRF batu kapur menunjukkan bahwa di desa Jeddih kecamatan Socah kandungan Ca sebesar 94,05 %Wt dengan CaO sebesar 92,80 %Wt, desa Morombuh kecamatan Kwanyar kandungan Ca sebesar 95,07 %Wt dengan CaO sebesar 91,61 %Wt dan desa Berbeluk kecamatan Arosbaya kandungan Ca sebesar 85,80 %Wt dengan CaO sebesar 84,50 %Wt. Untuk sampel batu kapur dari desa Jeddih kecamatan Socah dan desa Morombuh kecamatan Kwanyar termasuk dalam kemurnian medium dengan kandungan Ca antara 93,5 – 97 %Wt, sedangkan untuk desa Berbeluk kecamatan Arosbaya termasuk dalam kategori kemurnian rendah dengan kandungan Ca antara 85,0- 93,5 %Wt. Dengan adanya informasi kandungan batu kapur maka sampel batu kapur dengan kandungan medium dapat digunakan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya, salah satunya sebagai bahan dasar pembuatan kalsium karbonat presipitat.

Kata Kunci:Batu kapur, kalsium karbonat presipitat, XRF, komposisi kimia.

1. Pendahuluan

Kabupaten Bangkalan mempunyai potensi mineral tambang yang cukup menonjol. Salah satunya adalah potensi mineral tambang berbasis karbonat yaitu batu kapur (*limestone*), batu kapur mineral kalsit dan dolomit. Berdasarkan data ESDM Jawa timur [1], kabupaten Bangkalan mempunyai cadangan batu kapur sebanyak $\pm 145.501.401.295,86$ ton. Namun pemanfaatan batu kapur kalsit di kabupaten Bangkalan masih kurang optimal, yaitu sebagai batu bata, tanah urug dan kadang dijual ke daerah lain. Sedangkan untuk batu kapur dolomit sudah dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan semen abu, industri keramik, obat-obatan, dan lain-lain. Sehingga jika dilihat dari kegunaan dan nilai ekonomis batu kapur masih rendah.



Batu kapur dengan basis kalsium karbonat akan bernilai tinggi jika diolah menjadi serbuk kalsium karbonat (CaCO_3). Sampai saat ini pemanfaatan serbuk CaCO_3 banyak diaplikasikan dalam berbagai sektor. Kalsium karbonat dapat diolah dengan dua cara yaitu kalsium karbonat butiran atau *GCC* (*Ground Calcium Carbonate*) yang dibuat dengan cara menggiling atau menumbuk *kalsit* alami [2] dan kalsium karbonat presipitat atau *PCC* (*Precipitated Calcium Carbonate*) yang dibuat dengan cara pengendapan [3]. *Ground Calcium Carbonate* (*GCC*) dan kalsium karbonat presipitat atau *PCC* banyak digunakan sebagai *filler* dalam industri plastik, karet, kertas, dan tinta [2,4]. Selain itu kalsium karbonat juga diaplikasikan dalam industri kosmetik, bahan peledak, farmasi, PVC, *surface coatings*.

Permintaan pasar pada *Ground Calcium Carbonate* (*GCC*) dengan kualitas yang bagus sangat jarang ditemui. Namun untuk produk kalsium karbonat presipitat atau *PCC* mampu memberikan produk sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Hal ini karena dalam pembuatan kalsium karbonat presipitat atau *PCC* bisa dikontrol untuk mendapatkan sifat – sifat yang diinginkan [4]. Selain itu, *PCC* yang komersil mempunyai morfologi yang bermacam-macam seperti jarum, lonjong, kumparan, dan kotak. Sehingga aplikasi dari kalsium karbonat presipitat lebih luas lagi seperti digunakan sebagai *filler* pada industri kertas [5].

Akhir-akhir ini penelitian mengenai kalsium karbonat presipitat atau *PCC* berlomba-lomba untuk mendapatkan kalsium karbonat presipitat ukuran nano (*NPCC*). Hal ini karena *NPCC* mempunyai sifat yang unik dan luar biasa, yaitu berkaitan dengan ukuran kurang dari 100 nm atau 10^{-9} m. Sifat unik dan luar biasa ini disebabkan oleh (a) ukuran partikel yang kecil berkaitan dengan luas permukaan partikel menjadi lebih besar sehingga menjadi lebih reaktif; dan (b) pada partikel berukuran nanometer berlaku hukum-hukum fisika kuantum sehingga sifat fisika berubah atau menjadi lebih baik [6]. Aplikasi nanopresipitat kalsium karbonat (*NPCC*) sangat banyak dalam bidang industri, diantaranya dalam pembuatan automotif, konstruksi dan profil jendela PVC.

Identifikasi mengenai kandungan batu kapur kalsit di kabupaten Bangkalan belum ada yang melakukan, sehingga perlu untuk mengetahui komposisi kimia batu kapur agar pemanfaatannya lebih optimal dan nantinya akan bernilai ekonomis lebih tinggi jika diolah menjadi kalsium karbonat presipitat.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengambilan sampel

Sampel diambil dari tiga lokasi penambangan batu kapur di kabupaten Bangkalan yaitu di desa Jeddih kecamatan Socah, desa Morombuh kecamatan Kwanyar dan desa Berbeluk kecamatan Arosbaya. Data potensi batu kapur (gamping) di peroleh dari ESDM Jawa Timur [1].

2.2 Preparasi Sampel

Sampel yang diambil dari tiga lokasi penambangan dipreparasi sebelum diuji komposisi kimia. Yaitu batu dihancurkan dan dihaluskan dengan mortar kemudian diayak dengan ayakan 18 mesh dan 35 mesh.

2.3 Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)* PANalytical Minipal 4 Sulfur di Laboratorium Energi ITS untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam batu kapur.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi dan Kegunaan Batu Kapur di kabupaten Bangkalan Madura

Berikut hasil identifikasi sifat fisik dan kegunaan batu kapur yang diambil dari beberapa lokasi penambangan di kabupaten Bangkalan disajikan pada Tabel 1. Jika dilihat pada Tabel 1 batu kapur di desa Jeddih kecamatan Socah dan desa Morombuh kecamatan Kwanyar mempunyai sifat fisik yang sama yaitu berwarna putih, partikel halus dan rapuh serta pemanfaatannya juga sama. Warna putih disebabkan oleh kandungan kalsium yang dominan. Sedangkan batu kapur dari desa Berbeluk kecamatan Arosbaya berwarna *peach* (merah muda kekuningan), partikel lebih kasar dan agak keras sehingga pemanfaatannya juga lebih banyak. Sedangkan penampakan batu kapur yang sudah dihaluskan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Sifat fisik dan pemanfaatan batu kapur kabupaten Bangkalan

No	Lokasi Penambangan	Sifat Fisik	Pemanfaatan
1	Desa Jeddih Kecamatan Socah	Batu kapur berwarna putih, partikel halus, rapuh	Batu bata putih, urukan, campuran semen
2	Desa Morombuh Kecamatan Kwanyar	Batu kapur berwarna putih, partikel halus, rapuh	Batu bata putih, urukan, campuran semen
3	Desa Berbeluk Kecamatan Arosbaya	Batu kapur berwarna <i>peach</i> (merah muda kekuningan), partikel kasar, agak keras	Batu bata, batu pondasi rumah, batu nisan, batu sumur, urukan



Gambar 1. Batu kapur yang sudah dihaluskan (a) Desa Jeddih kecamatan Socah, (b) Desa Morombuh kecamatan Kwanyar dan (c) Desa Berbeluk kecamatan Arosbaya



3.2 Komposisi Kimia Batu Kapur Kabupaten Bangkalan

Untuk mengetahui komposisi kimia batu kapur kabupaten Bangkalan maka dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Hasil uji XRF dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa kandungan kalsium pada tiga lokasi penambangan bervariasi yaitu terendah dari penambangan desa Berbeluk kecamatan Arosbaya mengandung 85,50 %Wt Ca, selanjutnya dari desa Jeddih kecamatan Socah mengandung 94,50 %Wt Ca dan tertinggi dari desa Morombuh kecamatan Kwanyar mengandung 95,07 %Wt. Batu kapur di Madura didominasi kalsit [7].

Tabel 2. Komposisi kimia batu kapur kabupaten Bangkalan

No	Lokasi Penambangan	Komposisi Kimia (%Wt)									
		Ca	Mg	Al	Si	Mn	Fe	Cu	Sr	Br	Y
1	Desa Jeddih Kecamatan Socah	94,50	5,50	-	-	-	0,18	0,13	0,11	-	-
2	Desa Morombuh Kecamatan Kwanyar	95,07	4,40	-	-	-	0,17	-	-	-	0,39
3	Desa Berbeluk Kecamatan Arosbaya	85,50	4,30	0,80	0,62	0,33	7,94	0,13	0,11	0,02	-

Tabel 3. Komposisi kimia batu kapur kabupaten Tuban [7]

No	Lokasi Penambangan	Komposisi Kimia (%Wt)								
		Ca	Fe	Co	Er	S	-	-	-	-
1	Desa Tuwiri Wetan Kecamatan Merakurak	99,40	0,34	0,068	0,24	0,04	-	-	-	-
2	Desa Karangasem Kecamatan Jenu	92,1	2,38	0,9	3,0	1,4	0,14	0,03	0,14	-
3	Desa Mliwang Kecamatan Kerek	98,32	0,81	0,06	0,25	0,44	0,12	-	-	-
4	Desa Sawir Kecamatan Tambakboyo	93,464	2,42	0,84	2,48	0,056	0,2	0,4	0,14	-

Tabel 4. Komposisi kimia senyawa oksida batu kapur kabupaten Bangkalan

No	Lokasi Penambangan	Komposisi Kimia (%Wt)									
		CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	SrO	Br	Y ₂ O ₃
1	Desa Jeddih Kecamatan Socah	91,61	8,10	-	-	-	0,15	0,11	0,08	-	-
2	Desa Morombuh Kecamatan Kwanyar	92,80	6,60	-	-	-	0,17	-	-	-	0,38
3	Desa Berbeluk Kecamatan Arosbaya	84,70	5,70	0,80	1,10	0,28	7,22	0,10	0,08	0,01	-

Tabel 5. Klasifikasi Kemurnian Batu Kapur [9]

Klasifikasi kemurnian	CaCO ₃ %wt	CaO %wt	MgO %wt	SiO ₂ %wt	Fe ₂ O ₃ %wt
Kemurnian sangat tinggi	>98.5	>55.2	<0.8	<0.2	<0.05
Kemurnian tinggi	97.0 – 98.5	54.3 – 55.2	0.8 – 1.0	0.2 – 0.6	0.05 – 0.1
Kemurnian medium	93.5 – 97.0	52.4 – 54.3	1.0 – 3.0	0.6 – 1.0	0.1 – 1.0
Kemurnian Rendah	85.0 – 93.5	47.6 – 52.4		<2.0	
Tidak murni (dengan pengotor)	<85.0	<47.6	>3.0	>2.0	>1.0

Hal ini sesuai dengan uji XRF yaitu kandungan kalsium yang dominan. Namun kandungan kalsium di kabupaten Bangkalan masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [6] terlihat pada Tabel 3. Sedangkan kandungan oksida batu kapur disajikan pada tabel 4. Kandungan oksida CaO pada batu kapur Kabupaten Bangkalan yang tertinggi yaitu 92,80 %wt dari desa Morombuh kecamatan Kwanyar dan terendah yaitu 84,70 %wt dari desa Berbeluk kecamatan Arosbaya.

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 4, maka kemurnian batu kapur di kabupaten Bangkalan yaitu desa Morombuh kecamatan Kwanyar dan desa Jeddih kecamatan Socah termasuk dalam kategori kemurnian medium dengan kandungan Ca antara 93,5 – 97,0 %wt dan Fe₂O₃ antara 0,1 – 1,0 %wt. sedangkan untuk batu kapur dari desa Berbeluk kecamatan Arosbaya termasuk dalam kategori kemurnian rendah dengan kandungan Ca antara 85,0 – 93,5 %wt, MgO >3 %wt, SiO₂ < 2 %wt dan Fe₂O₃ > 1,0 %wt. Pengklasifikasian batu kapur di kabupaten Bangkalan sesuai dengan tabel 5.

Kemurnian batu kapur menurut C. Mitchell dalam *British Geological Survey* [9] dapat diklasifikasikan pada Tabel 5. Batu kapur di kabupaten Bangkalan dengan kemurnian medium dapat digunakan untuk berbagai aplikasi industri [9] yaitu cat, kertas, plastik, makanan dan obat-obatan, keramik, karet, *adhesives* dan *sealants*, serta agrikultur dan makanan binatang. Dengan mengetahui tingkat kemurnian dan kandungan batu kapur maka diharapkan nilai guna dan ekonomis batu kapur di Madura khususnya kabupaten Bangkalan meningkat yaitu dengan diolah menjadi kalsium karbonat presipitat berukuran nano.

4. Kesimpulan

Batu kapur di kabupaten Bangkalan didominasi oleh dolomit, karena kandungan kalsium yang dominan. Batu kapur dari desa Jeddih kecamatan Socah dan desa Morombuh kecamatan Kwanyar berwarna putih, partikel halus dan rapuh. Sedangkan dari desa Berbeluk kecamatan Arosbaya berwarna *peach* (merah muda kekuningan), partikel kasar dan agak keras. Batu Kapur dengan kandungan Ca tertinggi yaitu 95,07 %Wt dari desa Morombuh kecamatan Kwanyar dan terendah dari desa Berbeluk kecamatan Arosbaya dengan kandungan Ca 85,80 %wt. Batu kapur dari desa Jeddih kecamatan Socah dan desa Morombuh kecamatan Kwanyar termasuk dalam kemurnian medium dengan kandungan Ca antara 93,5 – 97 %Wt,



sedangkan untuk desa Berbeluk kecamatan Arosbaya termasuk dalam kategori kemurnian rendah dengan kandungan Ca antara 85,0- 93,5 %Wt. Batu kapur dengan kemurnian medium mempunyai aplikasi yang luas jika diolah menjadi presipitat kalsium karbonat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DRPM Dikti yang telah membiayai penelitian ini, Jurusan Fisika Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah menjadi mitra, dan LPPM Universitas Trunojoyo Madura, serta semua pihak yang telah mendukung terselesainya penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] ESDM (2012), Data Pertambangan, https://www.google.co.id/search?dcr=0&biw=1366&bih=662&q=potensi+Tambang+jawa+timur&og=potensi+Tambang+jawa+timur&gs_l=psy-ab.3..0i22i30k1l4.205599.216339.0.216715.26.24.0.0.0.495.2089.0j4j4j0j1.9.0....0...1.1.64.psy-ab..17.9.2088..0.j7Kij8jMYfk
- [2] S.B. Jeong, et. al (2009), Characteristics of The Treated Ground Calcium Carbonate Powder with Stearic Acid Using The Dry Process Coating System, *Material Transactions* Vo.50 No.2, p.409-414
- [3] N.F. Apriliani, dkk (2012), Pengaruh Penambahan Larutan $MgCl_2$ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat Berbahan Dasar Batu Kapur dengan Metode Karbonasi, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol.1, No.1, hal.30-34
- [4] M. Ukrainczyk, et. Al (2007), Experimental Design Approach to Calcium Carbonate Precipitation in a Semicontinuous Process, *Powder Technology*, Vol. 171, p. 192-199
- [5] J. Wang, et. al.(2012), Identifying Appropriate Conditions for Producing Spindle-Like Cauticizing Precipitated Calcium Carbonate for Paper Filler Applications, *BioResources*, Vol.1, No.4, p.5894-5903
- [6] M. Abdullah, dkk (2008), Review: Sintesis Nanomaterial, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, Vol.1, No.2, hal. 33-57
- [7] Z. Arifin (2010), Identifikasi dan Karakterisasi Batu Kapur Kemurnian Tinggi sebagai Potensi Unggulan Nano-Material di Kabupaten Tuban, Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian Program Penelitian Produktif, ITS
- [8] T. Djuhariningrum, R. Rusmadi (2004), Penentuan Kalsit dan Dolomit Secara Kimia dalam Batu Gamping di Madura, Kumpulan Laporan Hasil Penelitian, Pusat Pengembangan Geologi Nuklir BATAN
- [9] C. Mitchell (2011), High Purity Limestone Quest, British Geological Survey, http://nora.nerc.ac.uk/15887/1/Reconnaissance_assessment_of_high-purity_limestone_plus_references.pdf



PEMETAAN POLA REMBESAN AIR PADA BENDUNGAN SELOREJO MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

Desy Rizki Amalia^{1,*}, Abdulloh Fuad¹, Daeng Achmad Suaidi¹, Siti Zulaikah¹, Yoyok Adisetyo Laksono¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No 5, Malang, 65145, Indonesia

***Email:** desyrizkiamalia94@gmail.com

Abstrak

Bendungan Selorejo merupakan salah satu jenis bendungan urugan yang terletak di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Pembangunan bendungan digunakan untuk PLTA, pertanian, perikanan, pariwisata, dan menampung kelebihan air hujan dan debit dari Kali Konto. Sejak bendungan dibangun pada tahun 1963, bendungan mengalami permasalahan atau penurunan mutu dan rentan terhadap kerusakan. Salah satu permasalahan Bendungan Selorejo saat ini adalah ditemukannya daerah basah atau rembesan air pada lereng hilir bendungan. Rembesan air pada Bendungan Selorejo dapat diketahui dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner* yang bekerja berdasarkan nilai resistivitas batuan. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data dengan menggunakan *software Res2DInv* dan *Oasis Montaj* maka dapat dipetakan bahwa pola aliran rembesan pada bagian bawah permukaan tanah hilir bendungan yang diduga terdapat air memiliki nilai resistivitas air yang rendah (*low resistivity zone*) yaitu kisaran 0,5-40 Ωm pada kedalaman 2,5-26,9 meter.

Kata Kunci: rembesan bendungan, Bendungan Selorejo, geolistrik

1. Pendahuluan

Bendungan Selorejo merupakan salah satu bendungan yang berada di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Bendungan Selorejo terletak pada koordinat 7°52'23.25"S dan 112°21'19.71"E [1][2]. Bendungan ini merupakan jenis bendungan urugan [3][4]. Tujuan pembangunan Bendungan Selorejo yaitu untuk sistem irigasi daerah sekitar yang pada umumnya sebagian besar bermata pencaharian sebagai petani, PLTA, pariwisata, perikanan dan menampung kelebihan air hujan dan debit dari Kali Konto [5].

Sejak bendungan dibangun pada tahun 1963, bendungan telah mengalami penurunan mutu dan rentan terhadap kerusakan. Salah satu permasalahan Bendungan Selorejo adalah ditemukannya daerah basah pada lereng hilir didekat tumpuan kanan bendungan [6]. Berkaitan dengan adanya daerah basah pada lereng hilir di dekat tumpuan kanan Bendungan Selorejo tersebut maka perlu dilakukan kajian untuk mengetahui pola aliran rembesan air pada daerah tersebut.

Rembesan air pada Bendungan Selorejo dapat diketahui dengan menggunakan salah satu metode geofisika yaitu metode geolistrik. Metode geolistrik menggunakan arus listrik untuk memperoleh nilai resistivitas lapisan-lapisan batuan

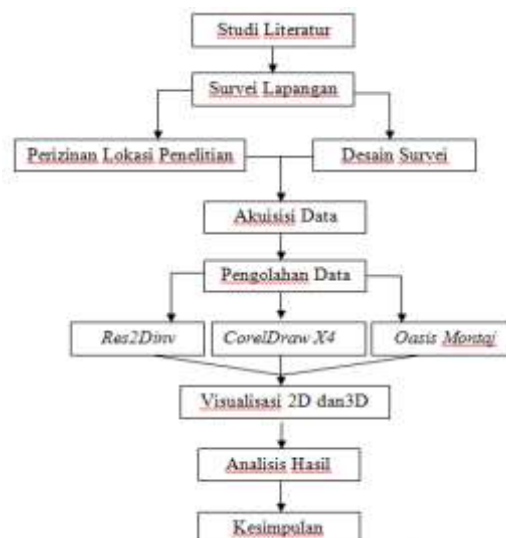
atau tahanan jenis lapisan batuan [7][8][9]. Setelah diketahui rembesan air pada bendungan maka dapat dilakukan kajian untuk penanggulangan masalah rembesan air tersebut.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi rembesan air pada Bendungan Selorejo yaitu menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang bekerja berdasarkan sifat resistivitas medium[10][11][12][13]. Pada penelitian dilakukan dengan menggunakan empat elektroda yaitu menggunakan dua elektroda arus dan dua elektroda tegangan [14][15][16].

Pada penelitian ini menggunakan penelitian lapangan yang diperoleh dengan pengukuran secara langsung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner*. Pada penelitian telah dilakukan akuisisi data dengan tujuh lintasan *mapping* dengan spasi 10 meter dan satu lintasan *sounding* dengan spasi 5 meter. Pengambilan data di lapangan dilaksanakan pada tanggal 18-19 Februari 2017, 11-12 Maret 2017, dan 25 Maret 2017 di lereng Bendungan Selorejo.

Setelah itu dilakukan pengolahan data dengan *software Res2DInv* dan *Oasis Montaj*, analisis, dan interpretasi data untuk menentukan rembesan bendungan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya set alat geolistrik, elektroda, aki, palu, alat ukur (meteran), empat rol kabel, laptop, alat tulis, GPS, dan *Handy Talky*. Berikut ini merupakan skema penelitian yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Rancangan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian telah dilakukan akuisisi data dengan tujuh lintasan *mapping* dengan spasi 10 *meter* dan satu lintasan *sounding* dengan spasi 5 *meter*. Setelah itu dilakukan pengolahan data dengan *software Res2DInv* dan *Oasis Montaj*, analisis, dan interpretasi data untuk memetakan pola rembesan air pada bendungan. Berikut ini merupakan desain penelitian yang terdapat pada Gambar



Gambar 2. Desain Lintasan Penelitian [1]

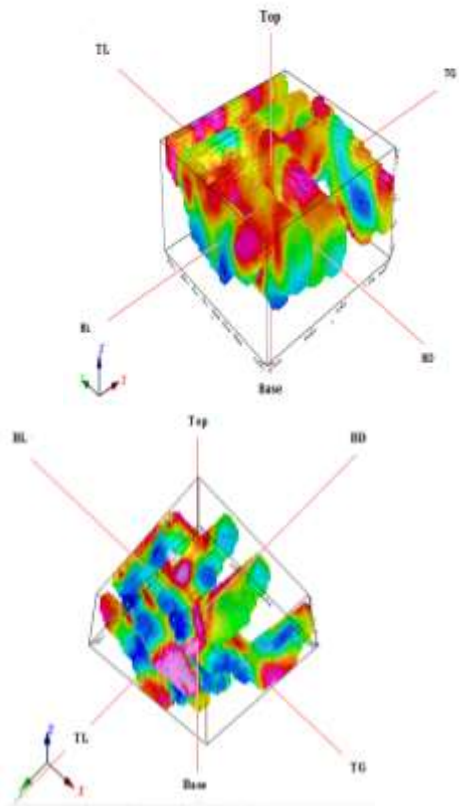


Gambar 3. Hasil inversi *Res2DInv* [1]

Berdasarkan Gambar 3 tentang hasil inversi *Res2DInv*, nilai resistivitas air yang rendah ditunjukkan oleh warna biru (■■■■■). Pada Gambar 3 atau penggabungan lintasan horizontal yaitu pada lintasan 1 (titik 1 dan 2), 2 (titik 3 dan 4), 3 (titik 5 dan 6), dan 4 (titik 8 dan 9) terdapat nilai resistivitas air yang terletak pada jarak dan kedalaman hampir sama. Nilai resistivitas air tersebut berada pada jarak sekitar 50-80 *meter* dan jarak 120-150 *meter* serta kedalaman sekitar 26,9 *meter* di bawah permukaan tanah. Selain itu pada Gambar 3 atau penggabungan dilakukan secara vertikal yaitu lintasan 5 (titik 3 dan 9), 6 (titik 10 dan 11), 7 (titik 12 dan 13), dan 8 (titik 14 dan 15) juga menunjukkan adanya saturasi air dengan jarak

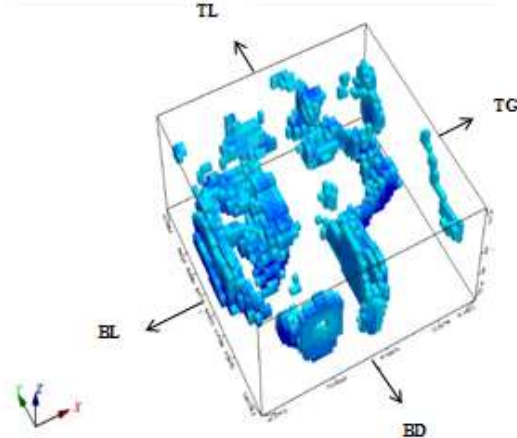
dan kedalaman yang hampir sama. Saturasi air pada penggabungan secara vertikal berada pada jarak 70-100 *meter* dengan kedalaman sekitar 13,5 *meter* di bawah permukaan tanah. Pada penggabungan seluruh lintasan, dilintasan keempat yang berada pada 40-70 *meter* yang berpotongan dengan lintasan lima yang berjarak 40-70 *meter* juga terdapat warna biru yang menunjukkan nilai resistivitas air. Pada lintasan tiga dan empat dengan jarak 120-140 *meter* berpotongan dengan lintasan enam berjarak 30-50 *meter* juga menunjukkan adanya nilai resistivitas air. Berkaitan dengan adanya aliran air pada jarak dan kedalaman yang hampir sama kemungkinan menunjukkan adanya aliran rembesan di daerah tersebut[17].

Analisis Rembesan Bendungan 3D dengan *Oasis Montaj*

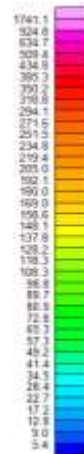


Gambar 4. Hasil 3D dengan *Oasis Montaj*

Gambar 5. Hasil 3D dengan *Oasis*



Gambar 6. Hasil 3D Resistivitas Air dengan Oasis Montaj



Gambar 7. Nilai Resistivitas

Pada gambar 4, 5, dan 6 terlihat bahwa pada elevasi 617,75 *mdpl* – 580 *mdpl* belum terlihat saturasi air tetapi terlihat adanya sedimentasi yang cukup padat yang ditunjukkan oleh selain warna biru. Pada kedalaman sekitar 30-40 *meter* terlihat aliran air menuju barat daya. Pola aliran air dari timur cenderung mengarah ke barat daya. Adanya saturasi air di barat barat daya bendungan dicirikan dengan adanya rembesan air di selokan bagian barat daya Bendungan Selorejo.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data penelitian aliran rembesan (*seepage*) di Bendungan Selorejo menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner* dapat disimpulkan bahwa bagian yang merupakan saturasi air di daerah penelitian memiliki nilai resistivitas air yang rendah (*low resistivity zone*) yaitu kisaran 0,5-40 Ωm yang ditandai dengan warna biru. Rembesan secara dominan terdapat pada jarak kisaran 50-80 meter dan 120-150 meter dengan kedalaman 26,9 meter dibawah permukaan tanah yang diambil secara horizontal pada lintasan 1-2-3-4 dari titik awal. Dan berada pada jarak 70-100 meter dengan kedalaman sekitar 13,5 meter dibawah permukaan tanah diambil secara vertikal pada lintasan 5-6-7-8 pengamatan hasil *Res2Dinv*. Berdasarkan visualisasi model 2D dan 3D, maka aliran rembesan Bendungan Selorejo cenderung mengarah ke barat daya bendungan yang terdapat pada elevasi 580 *mdpl* atau pada kedalaman kisaran 30-40 meter. Adanya saturasi air di barat barat daya bendungan juga dicirikan dengan adanya rembesan air di selokan bagian barat daya Bendungan Selorejo.

Ucapan Terima Kasih

1. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan naskah artikel.



2. Bapak Drs. Abdullah Fuad, M.Si, Bapak Daeng Achmad Suaidi, S.Si, M.Kom, Ibu Dr. Siti Zulaikah, M.Si, dan Bapak Drs. Yoyok Adisetyo Laksono, M.Si yang telah bersedia membimbing, memberikan masukan, arahan, bimbingan, motivasi, dan saran dalam membantu menyelesaikan naskah artikel.
3. Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta 1 selaku instansi yang bekerjasama dengan Jurusan Fisika, Universitas Negeri Malang untuk menganalisis rembesan Bendungan Selorejo dengan menggunakan metode geolistrik.

Daftar Rujukan

- [1] Modifikasi Google Earth. 2017. (Online), diakses pada tanggal 26 Maret 2017.
- [2] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 tentang Bendungan tahun 2010. (Online), (jdih.bpk.go.id), diakses 3 Maret 2017.
- [3] Soedibyo. 1993. *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [4] Sosrodarsono, S dan N. Kazuto. 2016. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta Timur. PT Balai Pustaka (Persero).
- [5] Hoesein, A. A dan Montarchi, Lily. 2011. Estimation of Water Value at Selorejo Dam, Indonesia. *Journal of Applied Science Research*. 7(5):649-653.
- [6] Perum Jasa Tirta 1. 2016. Kerangka Acuan Kerja : Studi Perilaku Rembesan pada Tumpuan Kanan Bendungan Selorejo. Malang.
- [7] Suhayadi, M, S. *Geologi Teknik*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- [8] Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Penerbit ITB
- [9] Batayneh, Awni T. 2011. "Application of Geoelectric Methods on Paleoenvironments of the Qa'el-Jufr Lake, Southeastern Jordan Plateau." *Journal of King Saud University - Science* 23 (4): 381–88.
- [10] Loke, M. H., 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A Partical Guide to 2D and 3D Surveys*. Malaysia: Penang.
- [11] Telford, Gerdart and Sheriff. 1990. *Applied Geophysics, 2nd Edition*. Cambrige University Press. New York.
- [12] Worthington, P. F., Barker, R. D. 1977. Detection of Disused Vertical Mineshaft at Shallow Depths by Geoelectrical Methods. *Geoexploration*. 15,111-120.
- [13] Abdelwahab, Hussein. 2013. Comparison of 2D and 3D Resistivity Imaging Methods in the Study of Shallow Subsurface Structures. *Greener Journal of Physical Science*. 3: 149-158
- [14] Baba, Khadija, Lahcen Bahi, and Latifa Ouadif. 2014. "Enhancing Geophysical Signals Through the Use of Savitzky-Golay Filtering Method." *Geofisica International* 53 (4): 399–409. doi:10.1016/S0016-7169(14)70074-1.
- [15] Gunn, D.A, Chambers, J. E., Uhlemann, S,...&Glendinning, S. 2015. Moisture Monitoring in Clay Embankments Using Electrical Resistivity Tomography. *Construction and Building Materials* 92, 82-94.
- [16] Telford, Gerdart and Sheriff. 1990. *Applied Geophysics, 2nd Edition*. Cambrige University Press. New York.



- [17] Athani, S. S. Seepage and Stability Analysis of Earth Dam Using Finite Element Method. *Aquatic Procedia*. 4, 876-883.



SIMULASI GELOMBANG AIR LAUT BERDASARKAN PERSAMAAN NAVIER-STOKES

Stevani Kartikasari^{1,*}, Arif Hidayat¹, Nugroho Adi Pramono¹, Hari Wisodo¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

*Email: stevanikartikasari@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan dan memvisualisasikan gelombang air laut. Untuk mendapatkan pergerakan gelombang air secara nyata digunakan persamaan Navier-Stokes yang pendekatannya menggunakan persamaan air dangkal. Persamaan Navier-Stokes diselesaikan secara numerik menggunakan metode *Lax-Wendroff* dan *Finite Difference Methods* (Metode Beda Hingga) untuk memperoleh simulasi gelombang air dalam bentuk 3 dimensi. Berdasarkan hasil simulasi 3 dimensi diketahui bahwa pergerakan gelombang air nyata berjalan menuju batas tepi layaknya yang terjadi di tepi pantai. Selain itu ketika gelombang air yang sedang berjalan menumbuk batas dinding, maka gelombang air tersebut akan terpantul kembali membentuk gelombang yang sama. Ketika gelombang yang berjalan diberi sebuah penghalang di tengah maka gelombang tersebut juga akan memantul kemudian terpecah dan bergerak menuju ke arah sisi kiri dan kanan penghalang. Dalam kasus dua buah penghalang yang saling berdekatan, maka gelombang air yang berjalan akan melewati dan menunjukkan gejala difraksi, seperti gelombang yang melalui celah sempit.

Kata Kunci : gelombang air laut, persamaan Navier-Stokes, persamaan air dangkal, *Lax- Wendroff, Finite Difference Methods*, penghalang

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki kawasan perairan cukup luas, terutama laut-lautnya yang sangat luas dan memiliki ombak atau gelombang laut yang besar pula. Pergerakan gelombang air laut adalah salah satu dari proses fluida. Proses fluida itu dapat dihitung secara matematik dengan menggunakan persamaan fluida. Model matematika yang dapat menjelaskan proses fluida yaitu persamaan Navier-Stokes. Persamaan Navier-Stokes menjelaskan proses fluida secara 3 dimensi dengan beberapa penyederhanaan. Thurey, dkk, (2006).

Asumsi fluida yang dipilih adalah air dangkal (*shallow water*), sehingga pendekatannya menggunakan persamaan air dangkal. Perairan dangkal adalah perairan yang punya batas permukaan (*surface*) dan batas dasar (*bottom*) (Ancey, 2007). Persamaan air dangkal biasanya digunakan untuk mensimulasikan gelombang yang panjang gelombangnya mirip dengan ketinggian air secara keseluruhan. Thurey, dkk, (2006).

Simulasi yang akan dilakukan adalah membuat pergerakan gelombang dengan variable H, u, v yang dihalangi dengan penghalang di tengah serta bentuk pergerakan gelombang air sesungguhnya agar mendapatkan kestabilan yang baik pada program.

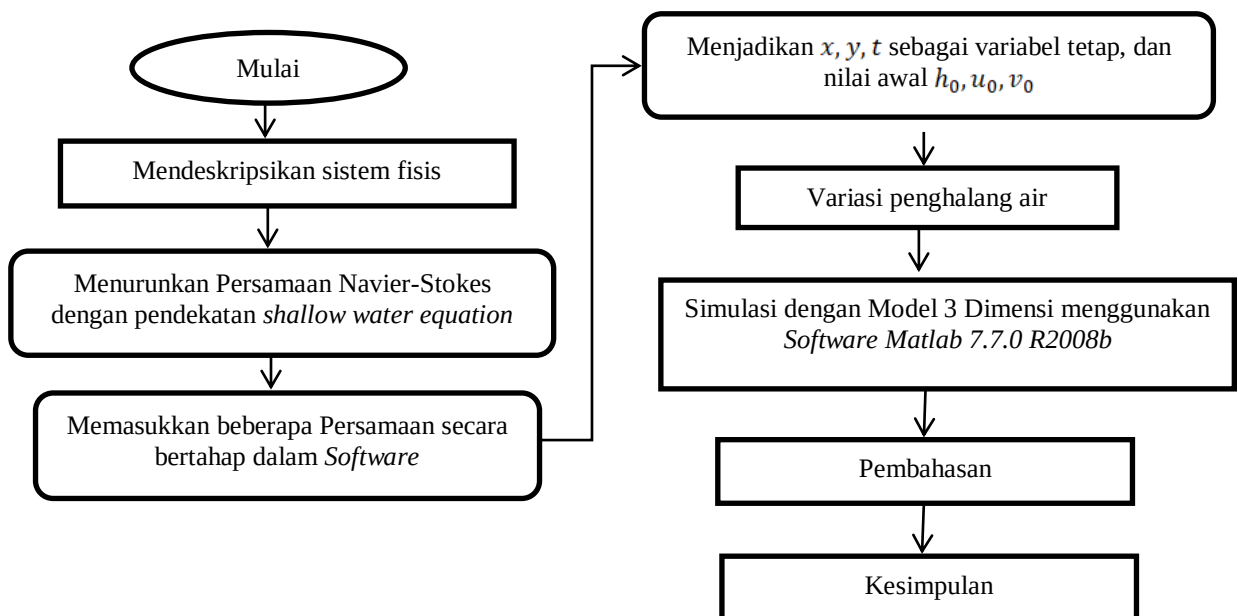
Persamaan Navier-Stokes akan digunakan untuk membuat simulasi fluida perambatan gelombang air menggunakan pendekatan persamaan air dangkal (*shallow water equation*) kode program disusun dengan menggunakan *software Matlab 7.7.0 (R2008b)*, sehingga menghasilkan *waterwave simulation* dalam bentuk 3 dimensi.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan penelitian secara teoritik dan komputasi. Dimana secara teori persamaan yang digunakan adalah persamaan Navier-Stokes dengan pendekatan persamaan air dangkal. Persamaan yang digunakan yaitu :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial\left(u^2h + \frac{1}{2}gh^2\right)}{\partial x} + \frac{\partial(uvh)}{\partial y} = 0, \quad \text{dan}$$
$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x} + \frac{\partial\left(v^2h + \frac{1}{2}gh^2\right)}{\partial y} = 0$$

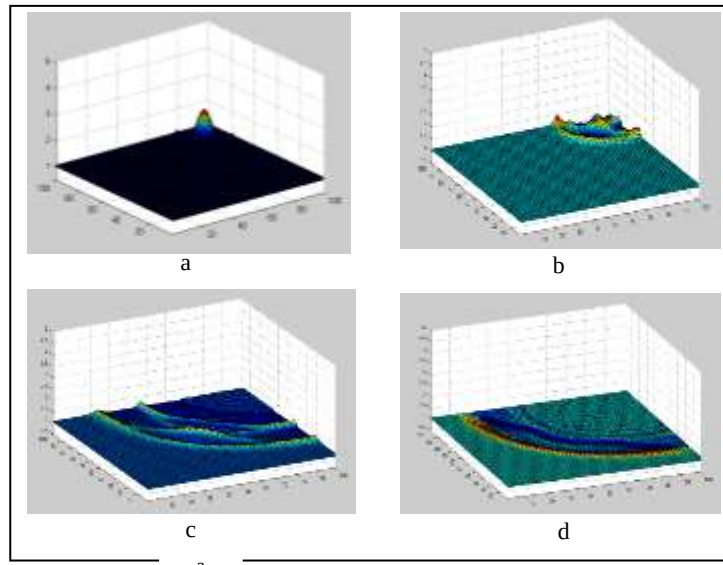
dimana nanti ketiga persamaan tersebut akan disederhanakan dengan metode numerik menggunakan metode Lax-Wendroff , yang kemudian persamaan tersebut diturunkan dan setelah itu dimasukkan ke dalam software Matlab untuk diolah dengan kode program untuk membuat simulasi pergerakan gelombang air. Selain itu nanti pergerakan gelombang air akan dihalangi oleh batas dinding dan penghalang. Berikut ini merupakan skema penelitian yang telah dilakukan ada pada Gambar 1.



Gambar 1 : Skema rancangan penelitian

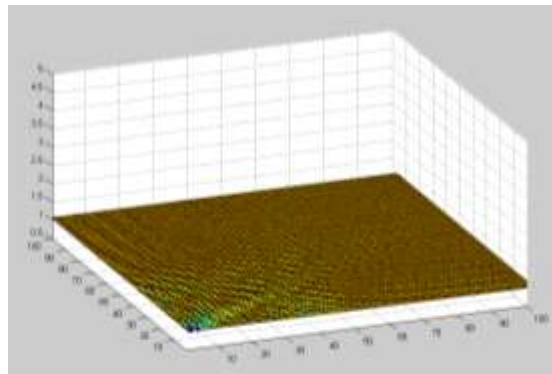
3. Hasil dan Pembahasan

a. Permodelan dari pergerakan gelombang air laut nyata



Gambar 2 : Pergerakan gelombang air

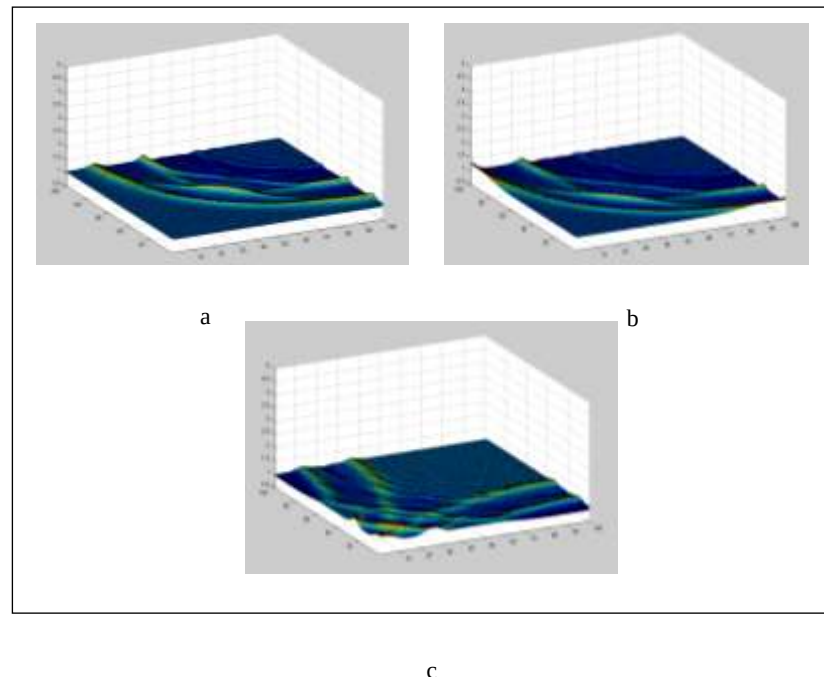
Pada Gambar 2 menunjukkan pergerakan gelombang air mulai dari awal gelombang terbentuk dan bergerak menjalar yang disebut syarat awal gelombang. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2a yaitu gelombang awal yang terbentuk sebagai syarat awal. Kemudian Gambar 2b menunjukkan gelombang awal yang terbentuk mulai berjalan. Gambar 2c dan Gambar 2d menunjukkan bahwa pergerakan gelombang mulai meluas.



Gambar 3 : Pergerakan gelombang air laut sampai batas

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pergerakan gelombang air laut telah mencapai batas, seperti pada keadaan yang sebenarnya gelombang air laut yang habis saat mencapai pantai.

b. Permodelan pergerakan gelombang air saat menumbuk dinding batas

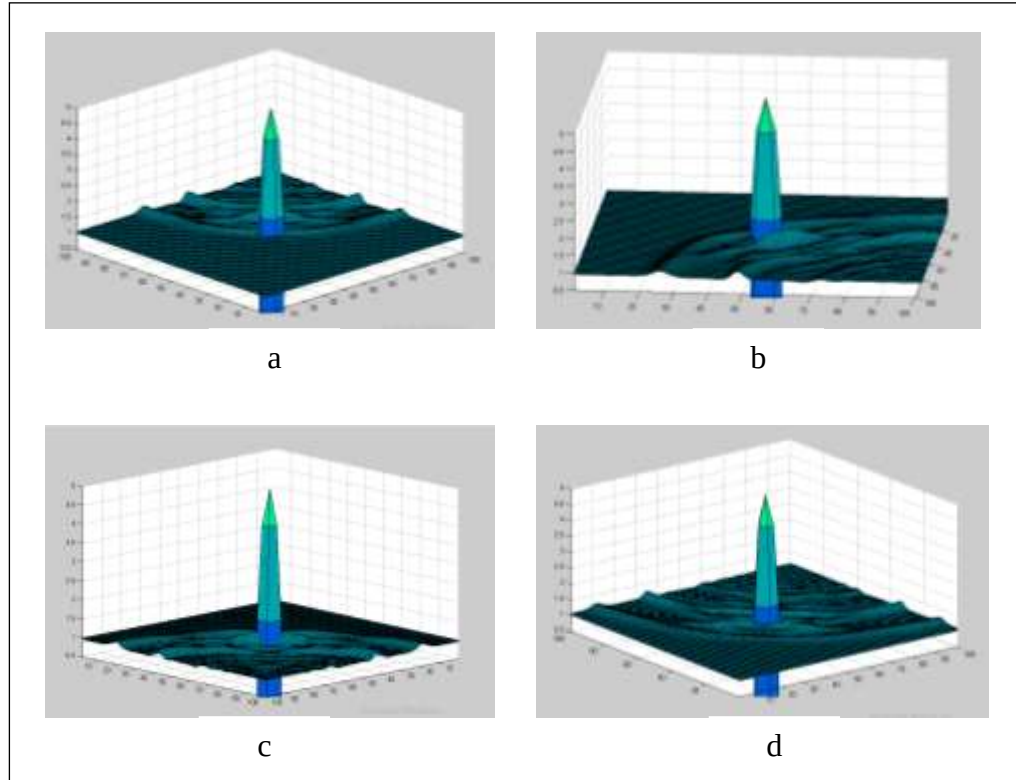


Gambar 4 : Pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk penghalang dinding batas

Pada Gambar 4 menunjukkan pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk penghalang dinding pembatas. Secara lengkap Gambar 4a memberikan penggambaran sesaat sebelum gelombang air menumbuk penghalang dinding. Pada Gambar 4b gelombang air yang bergerak menumbuk dinding pembatas dengan menunjukkan pantulan gelombang. Pada Gambar 4c adalah pergerakan gelombang air setelah menumbuk penghalang dinding dan setelah gelombang memantul, nampak gelombang bergerak kembali ke tengah.

c. Permodelan pergerakan gelombang air saat menumbuk sebuah penghalang di tengah

Pada pembahasan berikut akan diberikan penggambaran dari pergerakan gelombang air ketika pergerakannya diberikan sebuah penghalang di tengah.

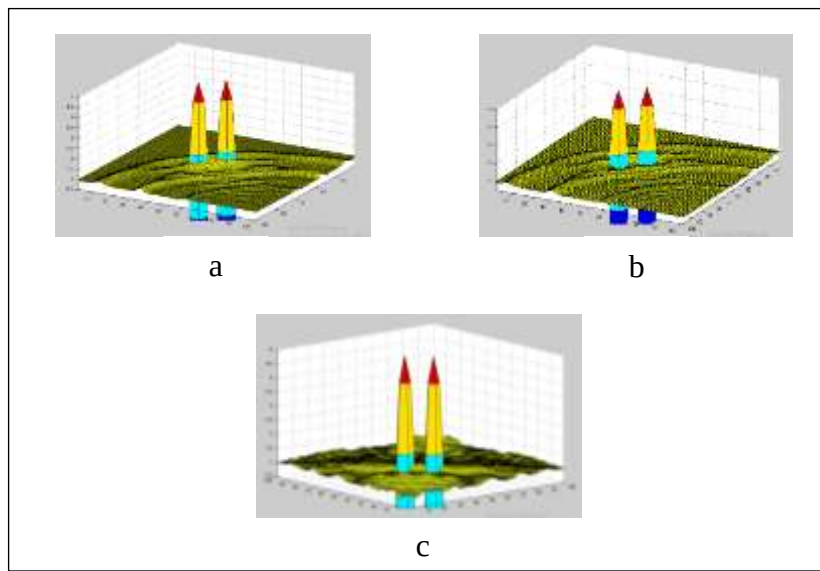


Gambar 5 : Pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk sebuah penghalang di tengah

Pada Gambar 5 ditunjukkan keadaan dimana gelombang air laut saat sebelum dan sesudah menumbuk sebuah penghalang yang diletakkan di tengah. Pada Gambar 5a menunjukkan gerak gelombang air sesaat sebelum menumbuk penghalang. Gambar 5b memperlihatkan pergerakan gelombang air saat menumbuk penghalang. Nampak saat menumbuk ada pantulan sesaat yang terjadi, kemudian pada Gambar 5c gelombang air membentuk pecahan gelombang akibat penghalang, sehingga gelombang terbagi menjadi dua bagian yaitu di sisi kiri dan kanan penghalang. Sedangkan pada Gambar 5d gelombang air yang telah melalui penghalang dan yang terpecah kembali menyatu.

d. Permodelan pergerakan gelombang air saat menumbuk dua buah penghalang di tengah

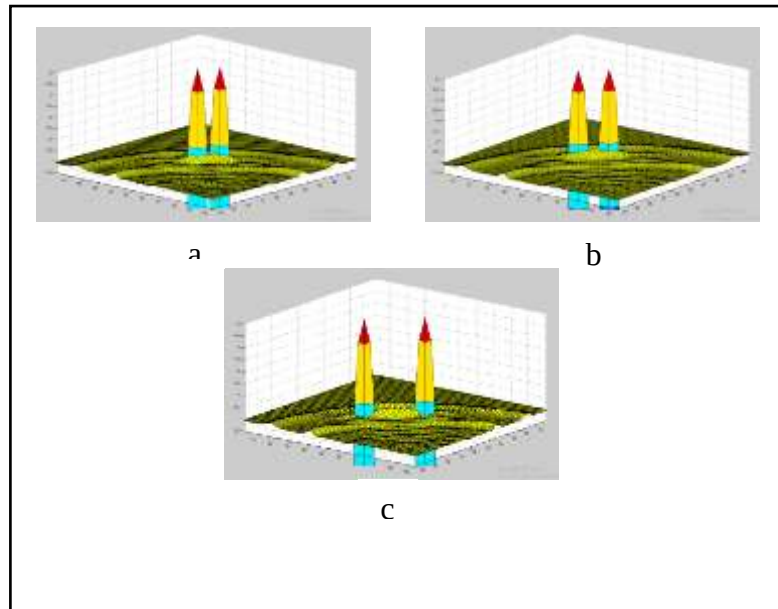
Sama seperti sebelumnya, akan tetapi kali ini penghalang yang diberikan ada dua buah yang mana kedua penghalang didekatkan berdekatan dengan menyisakan celah kecil diantara keduanya



Gambar 6 : Pergerakan gelombang air laut sebelum dan sesudah menumbuk dua buah penghalang di tengah

Pembahasan yang ditampilkan pada Gambar 6 adalah permodelan dari pergerakan gelombang air yang diberikan dua buah penghalang di tengahnya. Gambar 6a adalah pergerakan dari gelombang air saat menumbuk kedua penghalang tersebut, nampak gelombang yang menumbuk kedua penghalang tersebut terpantul pada masing-masing penghalang. Pada Gambar 6b nampak dari belakang bagaimana bentuk pecahan gelombang yang terbentuk karena adanya penghalang, dan Gambar 6c menunjukkan tampak dari depan pecahan gelombang yang terbentuk. Gelombang air yang melalui celah antara kedua penghalang seolah membentuk pola difraksi, seperti halnya pada gelombang cahaya yang melalui celah sempit. Setelah melalui kedua penghalang dan celah tersebut gelombang air kembali menyatu dalam pergerakannya.

e. Permodelan Pergerakan Gelombang Air Dengan Variasi Celah Antara Dua Penghalang



Gambar 7 : Bentuk pecahan gelombang air dengan variasi celah

Pada Gambar 7a adalah bentuk gelombang air laut ketika menumbuk kedua penghalang dengan variasi jarak kedua celah adalah 5 sel, sedangkan pada Gambar 7b menunjukkan bentuk gelombang air laut yang celahnya divariasi dengan lebar 10 sel, dan yang terakhir Gambar 7c menunjukkan bentuk gelombang air laut dengan variasi jarak kedua celah adalah 20 sel.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang gelombang air untuk permodelan air laut dapat disimpulkan bahwa Persamaan Navier-Stokes yang digunakan dengan pendekatan melalui persamaan air dangkal dapat menunjukkan *waterwave simulation* sebagai penggambaran gelombang air laut. Persamaan air dangkal yang digunakan menghasilkan simulasi dari pergerakan gelombang air sesungguhnya. Pergerakan gelombang air yang tanpa diberi batas tepi akan menunjukkan pergerakan gelombang air laut secara nyata. Pergerakan gelombang air yang menumbuk sebuah atau dua buah penghalang akan terpantul sesaat dan mengalami pemecahan gelombang yang kemudian akan kembali menyatu setelah melalui penghalang. Dan gelombang air yang menumbuk dinding batas akan terpantul dan kembali membentuk gelombang yang sama. Apabila celah antara penghalang divariasi, akan menunjukkan gejala fenomena difraksi.



Daftar Rujukan

- [1] Ancey, Christophe. (2007). Plasticity and Geophysical Flows.. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics* (4-35). Lausanne, Switzerland: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.
- [2] Hinkelmann, Reinhard., Liang, Qihua., Aizinger, Vadym., Dawson, Clint. (2015). Robust Shallow Water Model. *Environ Earth Science*,(74:7273-7274).
- [3] Moler, Cleve. "Chapter 18: Shallow Water Equations." Experiments with MATLAB. MathWorks. Web. <<http://www.mathworks.com/moler/exm/chapters.html>>.
- [4] Safitri, Eva Ayu. (2014). Analisis Skema Lax-Wendroff dalam Penyelesaian Persamaan Gelombang. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [5] Stubbe, Peter. (2015). The Euler and Navier-Stokes Equation Revisited. *Physics Fluids Dynamic*.
- [6] Thurey, Nils., Muller-Fischer, Matthias., Schrim, Simon., Gross, Markus. (2006). Real-time Breaking Waves for Shallow Water Simulation. Switzerland : ETH Zurich, AGEIA Technologies.



PERFORMA NANOGENERATOR ZNO NANORODS DAN PLA PADA SUBSTRAT *STAINLESS STEEL*

Yani Anggraeni^{1,*}, Nandang Mufti¹, Ahmad Taufiq¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang, Kode Pos 65145, Indonesia

*Email: yhanita.physics@gmail.com

Abstrak

ZnO *nanorods* dapat digunakan sebagai piezoelektrik nanogenerator untuk *energy harvesting*. Pada penelitian ini ZnO *nanorods* (ZnO NRs) disintesis menggunakan metode *hydrothermal* sederhana pada substrat *stainless steel* (SS) pada suhu 90°C selama 6 jam dengan konsentrasi $\text{ZnO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 50 mM dan 35 mM *Hexamethylenetetramine* (HMT). *Stainless steel* yang lain dilapisi PLA dengan menggunakan metode *spin coating* dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 detik. ZnO *nanorods* yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan XRD dan SEM. Uji performa nanogenerator dilakukan dengan memberi gaya tekan sebesar 6 N/m² pada ZnO NRs/SS dan PLA/SS kemudian arus dan tegangan diukur menggunakan electrometer dan osiloskop. Dari hasil XRD diperoleh ZnO *nanorods* yang dihasilkan mempunyai struktur kristal *hexagonal wurtzite* dengan parameter kisi $a=b=3,2413$ dan $c=5,1924$. Diameter dan panjang ZnO *nanorods* dari hasil SEM adalah sekitar 81,568 nm dan 386,606 nm. Hasil performa nanogenerator menunjukkan arus dan tegangan sebesar 85 nA dan 2,2 V.

Kata Kunci: ZnO *nanorods*, *PolyLactidAcid*(PLA), piezoelektrik nanogenerator, *stainless steel*

1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi membawa dunia semakin canggih dan membuat kita bergantung dalam perangkat elektronik. Sebagai ukuran dan pemakaian daya dari hari ke hari semakin menyusut, memanen energi dari lingkungan sekitar untuk daya perangkat elektronik adalah hal yang sangat menjanjikan. Mendorong para peneliti untuk mencari berbagai alternatif dalam pengolahan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Banyak jenis sumber energi dari lingkungan seperti energi mekanik, energi panas, energi kimia, energi solar, dan energi nuklir [16]. Namun diantara energi lainnya, energi mekanik adalah salah satu energi yang tersedia hampir ada dimana-mana tanpa mengenal batas waktu. Energi tersebut berasal dari angin, gelombang air, getaran, gerakan tubuh, mobil berjalan, nafas, aliran darah, dan detak jantung [13].

Salah satu metode untuk memperoleh energi di sekitar sistem adalah dengan bahan piezoelektrik (Shao et al., 2016). Piezoelektrik merupakan suatu material yang dapat mengubah energi mekanik menjadi listrik [7]. Dimana piezoelektrik merupakan kategori material yang mempunyai sifat unik. Penerapan *stress* pada kristal piezoelektrik akan mengakibatkan listrik karena terjadi polarisasi muatan.

Piezoelektrik merupakan sifat alami bahan untuk menghasilkan potensial listrik ketika bahan ini mengalami tekanan mekanik.

Struktur nano satu dimensi (1D) untuk bahan piezoelektrik seperti ZnO, AlGaIn, GaN, PZT, PVDF, TiO₂, dan CDS banyak digunakan untuk memanen energi mekanik serta sifatnya yang ramah lingkungan [14, 12]. Diantara beberapa bahan, ZnO merupakan bahan semikonduktor tipe-n golongan II-VI yang memiliki aplikasi teknis seperti *photocatalysts*, *solar cells*, *thin film gas sensors*, *varistors*, *light emitting diodes*, *ultraviolet (UV) lasers*, *piezoelectric nanogenerator* [15]. ZnO memiliki lebar *band gap* sekitar 3,37 eV dan energi ikat *excitonic* sekitar 60 meV pada temperatur ruang dan struktur kristal *wurtzite* dengan parameter *lattice* $a = 3,248 \text{ \AA}$ dan $c = 5,205 \text{ \AA}$. ZnO merupakan bahan semikonduktor yang dianggap sebagai bahan piezoelektrik yang menjanjikan untuk dapat menghasilkan tegangan potensial melalui deformasi ZnO *nanorods* piezoelektrik oleh kekuatan eksternal [2]. Keuntungan ZnO *nanorods* sebagai *energy harvesting* karena kemampuannya dalam membangun medan potensial dalam dirinya sendiri [10].

2. Metode Penelitian

2.1 Persiapan ZnO seed layer

Substrat *stainless steel* (SS) digunakan untuk pembuatan ZnO nanogenerator. Pertama, substrat SS dibersihkan dengan acetone, etanol, dan *DI-Water* dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* masing-masing selama 10 menit. ZnO *seed layer* dilapiskan dalam substrat *stainless steel* dengan menggunakan metode *spin coating*. Larutan ZnO dibuat dengan cara melarutkan serbuk Zn(CH₃COO)₂·2H₂O dalam larutan etanol. Agar kedua larutan homogen, maka campuran tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada *hot plate* dengan suhu 70°C selama 45 menit. Kemudian, ditambahkan *Monoethanolamine* (MEA) sedikit demi sedikit pada larutan, diaduk pada suhu konstan 70°C selama 2 jam. Perbandingan rasio (Zn(CH₃COO)₂·2H₂O) : MEA sebesar 1:1. Setelah itu, larutan tersebut didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam agar larutan yang terbentuk homogen dan transparan.

2.2 Penumbuhan ZnO nanorods

Pertumbuhan ZnO *nanorods* menggunakan *Zinc Nitrate Tetrahydrate* 50 mM dan *Hexamethylenetetramine* / C₆H₁₂N₄ 35 mM, dilarutkan dengan *deionized water* sebanyak 50 ml. Dari konsentrasi tersebut diperoleh perbandingan rasio 1,4:1. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 45 menit dan dipanaskan suhu 90°C selama 6 jam. Kemudian sampel dibilas dengan *DI-Water* untuk menghilangkan sisa garam dari permukaan dan dikeringkan. Terakhir, ZnO NRs/SS di *annealing* suhu 550°C selama 2 jam. ZnO nanorods tumbuh pada satu sisi substrat *stainless steel*, yang bertindak sebagai lapisan aktif untuk nanogenerator. Pada substrat lainnya, dilapiskan larutan PLA menggunakan metode *spin coating* dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 detik. Dalam pembuatan larutan PLA 11 % dibutuhkan PLA sebanyak 0,55 gram dilarutkan dalam kloroform 3,55 ml, kemudian

di *stirrer* 1,5 jam dengan kecepatan 300 rpm sampai homogen, setelah itu ditingkan menjadi 600 rpm.

2.3 Pembentukan ZnO nanorods nanogenerator

Substrat dihubungkan kontak antara ZnO NRs dengan film *PolyLactid Acid* (PLA). Perangkat yang berhimpit ditekan menggunakan gaya mekanik sebesar 6N dan massa 3 kg, dibuat holder dari *acrylic* dengan ukuran 15 x 15 cm. Kontak listrik diambil dari sisi bawah film ZnO *nanorods* dan film PLA. *Stainless steel* digunakan sebagai elektroda karena meningkatkan konduktivitas serta tahan terhadap tekanan mekanik dan anti korosi.

2.4 Teknik karakterisasi

Mengidentifikasi sifat struktural dan kristalinitas ZnO *nanorods* dianalisis dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dioperasikan menggunakan 40 kV dan 30 mA dengan radiasi Cu-K α sudut 2θ dalam rentang 20° sampai 80°. Mengidentifikasi morfologi permukaan ZnO *nanorods* digunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan mengatur perbesarannya.

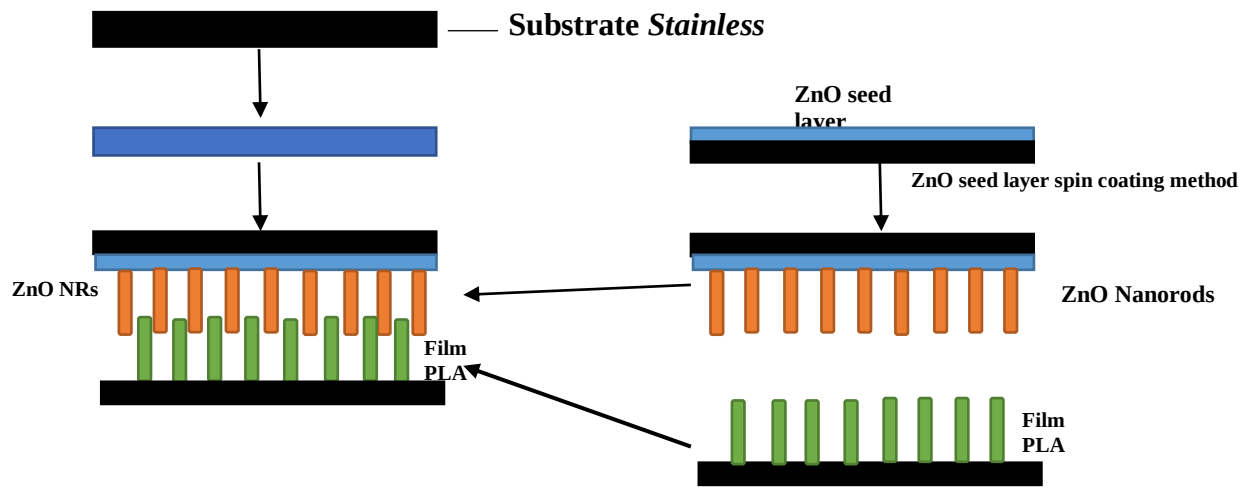
2.5 Pengukuran listrik

Karakterisasi listrik nanogenerator (NG) untuk pengukuran arus dan tegangan menggunakan elektrometer dan osiloskop. Uji performa nanogenerator dilakukan dengan memberi gaya tekan sebesar 6 N/m² pada ZnO NRs/SS dan film PLA. Kinerja perangkat nanogenerator buatan (*active area* 1 x 2 cm²) di uji pada perangkat atas dan bawah dengan jari/tangan untuk memanen energi dari tekanan mekanik. Arus dan tegangan diukur dari analisis parameter semikonduktor, tidak ada tegangan eksternal yang diterapkan selama pengukuran.

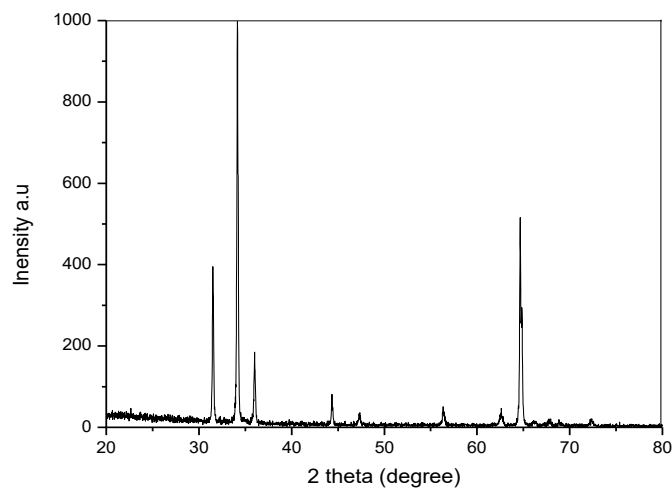
3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Struktural

Proses pertumbuhan ZnO *nanorods* dan pembentukan perangkat nanogenerator secara skematis ditunjukkan pada Gambar 1. Metode hidrotermal pada suhu rendah digunakan untuk menumbuhkan ZnO NRs secara vertikal dalam substrat *stainless steel* untuk pembentukan nanogenerator. Kristalinitas dan orientasi pertumbuhan ZnO NRs dalam substrat *stainless steel* dipelajari melalui *X-Ray Diffraction* (Gambar 2). Pola XRD pada puncak (100), (002), dan (101), menunjukkan pertumbuhan kristal ZnO tidak satu arah tapi masih ada yang terorientasi pada arah yang berbeda. Puncak tertinggi terletak pada bidang (002) pada sudut 34,14°-34,49°. Rata-rata ukuran butir yang dihasilkan antara 50,04 nm, dengan besar parameter kisi $a = 3,285 \text{ \AA}$ dan $c = 5,205 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$. Diamati bahwa, film yang diendapkan polikristalin dengan struktur *hexagonal wurtzite* dengan orientasi tertinggi pada sumbu-c dan tegak lurus terhadap permukaan substrat [13].



Gambar 1. Skematik diagram penumbuhan ZnO *nanorods* dan proses pembentukan perangkat nanogenerator

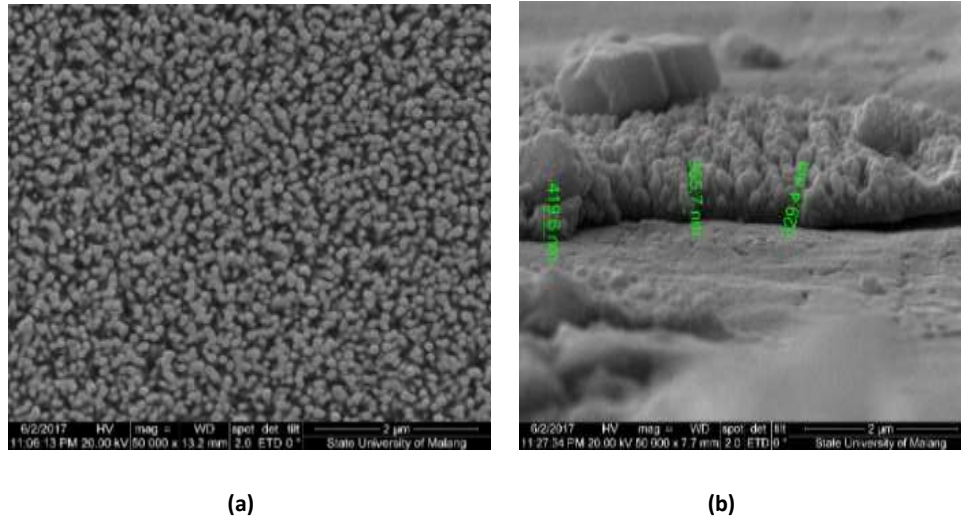


Gambar 2. Pola XRD ZnO NRs dengan perbandingan rasio 1,4:1

3.2 Analisis Morfologi

Permukaan morfologi pada pertumbuhan ZnO NRs dalam substrat *stainless steel* menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), ditunjukkan dalam Gambar 3. Gambar SEM menunjukkan orientasi tertinggi pada sumbu-c dan tegak lurus terhadap permukaan substrat. Hasil karakterisasi SEM ZnO NRs menunjukkan terbentuknya struktur yang mempunyai bentuk batang dengan struktur *hexagonal wurtzite* pada seluruh permukaan substrat, dimana setiap anion dikelilingi oleh empat kation di sudut tetrahedran. Pada perbandingan rasio 1,4:1, ketebalan rata-rata film diperoleh dari hasil SEM sisi *cross-section* (penampang melintang) sebesar 0,356 μm (Gambar 3b). Rata-rata diameter dan panjang pertumbuhan ZnO NRs masing-masing 81,568 nm dan 386,606 nm. Berdasarkan teori,

nanorods merupakan salah satu bentuk nanostruktur yang berbentuk batang dengan rentang diameter sekitar 1-100 nm yang disebut sebagai resim nano [11].



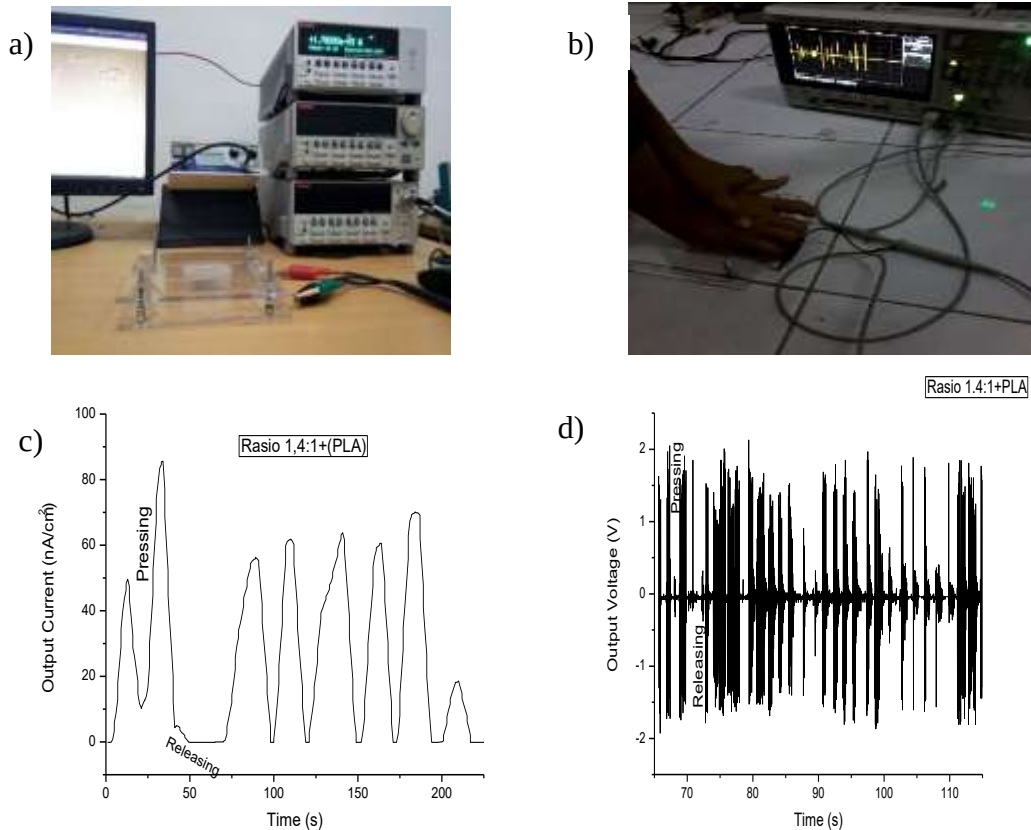
Gambar 3. Analisis Morfologi ZnO NRs dari hasil karakterisasi SEM ; a) Perbandingan rasio 1,4:1 dengan perbesaran 100kx dilihat dari sisi atas, b) Ketebalan film perbandingan rasio 1,4:1 dilihat dari *cross-section* (penampang melintang).

3.3 Hasil karakterisasi I-V pada perangkat piezoelektrik nanogenerator

Tubuh manusia mengandung sejumlah besar energi dalam bentuk energi panas, lemak, energi kinetik dari gerakan fisik. Perkembangan perangkat elektronik berdaya rendah memungkinkan manusia sebagai sistem *self-powered* untuk perangkat elektronik. Gerakan tubuh seperti *folding*, *pressing*, dan *stretching* secara efektif digunakan untuk menghasilkan arus dan tegangan pada nanogenerator. Performa nanogenerator dibuat (*active area* 1 x 2 cm²) pengukuran ini dilakukan dengan cara *pressing* dan *releasing* secara teratur. Kekuatan mekanik per area diukur dan hasilnya ditunjukkan melalui Gambar 4.

Gambar 4, menunjukkan hubungan arus terhadap waktu pada perangkat piezoelektrik nanogenerator film ZnO *nanorods* dan film PLA. Pengukuran arus digunakan elektromter, sedangkan untuk pengukuran tegangan digunakan osiloskop. Respon yang diperoleh dari nanogenerator karena kekuatan dinamis dari dampak jari/tangan yang diberikan dapat dilihat pada gambar 4. Arus maksimum diperoleh mencapai 85 nA dan tegangan maksimum mencapai 2,2 V. Asimetris potensial piezoelektrik dan kontak *schottky* antara elektroda, ZnO *nanorods* serta lapisan polimer merupakan faktor kunci untuk menciptakan, memisahkan, melestarikan, mengumpulkan, dan mengeluarkan muatan [13]. *Stainless steel* digunakan sebagai substrat tidak hanya meningkatkan konduktivitas sebagai elektroda tetapi tahan terhadap tekanan mekanik dan anti korosi. Dalam eksperimen ini, perangkat ini menjadi seperti baterai dengan muatan positif pada

permukaan ketika ditekan dan bermuatan negatif saat rileks / tidak terjadi penekanan dengan gaya yang diberikan. Gaya diperoleh dengan mengukur dan memperkirakan tekanan pada tangan/jari yang ditekan dengan keseimbangan berat dan banyaknya kecepatan gravitasi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



Gambar 4. Pengukuran I-V terhadap waktu pada perangkat piezoelektrik nanogenerator; a) pengukuran arus pada perangkat nanogenerator ketika *pressing* dan *releasing* menggunakan electrometer, b) sedangkan pengukuran tegangan menggunakan osiloskop, c) arus pada perangkat ketika *pressing* dan *releasing*, d) tegangan pada perangkat ketika *pressing* dan *releasing*

Gambar 4, menunjukkan bahwa prinsip fisik dibalik energi pelepasan pada perangkat piezoelektrik muncul dari bagaimana sifat piezoelektrik dan semikonduktor ZnO digabungkan. Perubahan bentuk ZnO *nanorods* menimbulkan *strain field* sepanjang nano *rod*, permukaan luarnya diregangkan ($+\epsilon$) dan permukaan bagian dalam ditekan ($-\epsilon$), jadi *strain* positif ($+\epsilon$) menyebabkan medan listrik positif ($+E$).

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dapat disimpulkan bahwa ZnO NRs disintesis dengan menggunakan metode hidrotermal sederhana pada substrat *stainless steel* pada



suhu 90° C selama 6 jam dan struktur kristal yang terbentuk *hexagonal wurtzite* dengan orientasi tertinggi di bidang (002) kearah sumbu-c. Pertumbuhan ZnO NRs menggunakan *Zinc Nitrate Tetrahydrate* 50 mM dan *Hexamethylenetetramine* 35 mM sehingga diperoleh perbandingan rasio 1,4:1. *Stainless steel* yang lain dilapisi *PolyLactic Acid* (PLA) dengan menggunakan metode *spin coating*. Diameter dan panjang ZnO NRs dari hasil SEM yang dihasilkan pada perbandingan rasio 1,4:1 masing-masing sebesar 81,568 nm dan 386,606 nm. Karakterisasi listrik nanogenerator untuk pengukuran arus menggunakan electrometer dan tegangan menggunakan osiloskop, maka hasil performa nanogenerator yang dihasilkan arusnya sebesar 85 nA dan teganganya 2,2 V.

Daftar Rujukan

- [1] A. Kathalingan, Hyun-Chang Park, Sam-Dong Kim, Hyun-Seok Kim, S. Velumani, T. Mathalingan. 2015. *Synthesis of ZnO Nanorods using Different Precursor Solutions and their Two Terminal Device Characterization*. Springer Science+Business Media New York.
- [2] C.T.Pan, Y.C. Chen, C.C. Heish, C.H. C.Y. Su, C.K. Yen, Z.H. Liu, W.C. Wang. 2011. *Ultrasonic Sensing Device with ZnO Piezoelectric Nanorods by Selectively Electrospaying Method*. Sensor and Actuator: A Physical (2014).
- [3] Chu-Hsuan Sha. 2011. *Microstructure and Surface Treatment of 304 Stainless Steel For Electronic Packaging*. Electrical Engineering and Computer Science Materials and Manufacturing Technology, University of California, Irvine, CA 92697-26660
- [4] Da-Yang Jug, Seong-Ho Baek, Md Roqibul Hasan, Il-Kyu Park. 2015. *Performance-Enhanced ZnO Nanorod-Based Piezoelectric Nanogenerators on Doubled-Sided Stainless Steel Foil*. Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST). Daegu 711-873, Republic of Korea.
- [5] Foo, K.L., Hashim, U., Muhammad, K., & Voon, C.H. 2014. *Sol-gel Synthesized Zinc Oxide Nanorods and their Structural and Optical Investigation for Optoelectronic Application*. Malaysia : Nanoscale Research Letters.
- [6] Goli Nagaraju Et Al. 2014. *Effect of Diameter and Height of Electrochemically-Deposited ZnO Nanorods Arrays on the Performance of Piezoelectric Naogenerators*. Department of Electronics and Radio Engineering, Institute for Laser Engineering, Kyung Hee University, 1 Seocheon-Dong, Giheung-Gu, Yongin-Si, Gyeonggi-Do 446-701, Republic of Korea.
- [7] Hananto, Dkk. 2011. *Application of Piezoelectric Materials Film PVDF (Polyvinylidene Fluoride) as Liquid Viscosity Sensor*. Jurnal Neutrino, Vol. 3 (2).
- [8] Kumar, B & Kim, Sang.W. 2012. *Energy Harvesting Based on Semiconducting Piezoelectric ZnO Nanostructures*. Sungkyunkwan University (SKKU), Suwon 440-746, Republic of Korea.



- [9] M. Salem, Dkk. *Effect of Zinc Acetate Concentration on the Structural and Optical Properties of ZnO thin Films Deposited by Sol-gel Method*. Chongqing 400030, China.
- [10] Majid S. Al-Rugeishi Et Al. 2016. *Piezoelectric Nanogenerator based on ZnO Nanorods*. Department of Physics, College of Science, Sultan Qaboos University.
- [11] O. Ozgur., Dkk. 2005. *A Comprehensive Review of ZnO Materials and Device*. Department of Electrical Engineering and Physics Department, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia 23284-3072.
- [12] Saravanakumar, M., Dkk. 2013. *Fabrication of ZnO Nanogenerator for Eco-Friendly Biomechanical Energy Harvesting*. California. State University at Fresno.
- [13] Wang., Et Al. 2004. *Nanogenerators Harvesting Body Motion Energy for Powering Conventional Electronics*. School of Materials Science and Engineering Georgia Institute of Technology Atlanta, GA.
- [14] Wu, Fan.,Et Al. 2016. *In-Situ Synthesis and Defect Evolution of Single-Crystal Piezoelectric Nanoparticles*. Princeton University, 70 Prospect Avenue, Princeton, NJ 08544, USA.
- [15] Xu, Sheng & Wang, Lin Zhong. 2011. *One-Dimensional ZnO Nanostructures: Solution Growth and Functional Properties*. School of Materials Science Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia 30332-0245, USA.
- [16] Youfan, Hu & Zhong Lin Wang. 2014. *Recent Progress in Piezoelectric Nanogenerators as a Sustainable Power Source in Self-Powered Systems and Active Sensors*. Peaking University, Beijing 100871. China: Journal Publication.



EKSPLORASI DAN ANALISIS STRIKE DIP BIDANG GELINCIR DAERAH RAWAN LONGSOR BERDASARKAN DATA SURVEI GEOLISTRIK DIPOLE-DIPOLE DI DESA BENDOSARI KECAMATAN PUJON KABUPATEN MALANG

Erra Anggraeni Tamala^{1,*}, Daeng Achmad Suaidi¹, Burhan Indriawan¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang Jl. Semarang No. 5 Malang

*Email: erra.anggraeni@gmail.com

Abstrak

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang banyak menimbulkan korban jiwa, beberapa aktifitas manusia bisa menjadi faktor pemicu terjadinya bencana tanah longsor. Pujon salah satu daerah rawan longsor. Korban jiwa dapat diminimalisir dengan cara memberikan informasi masyarakat tentang kondisi geologi tanah longsor di daerah Pujon. Tanah longsor terjadi ketika perpindahan material tanah yang meluncur sepanjang daerah kemiringan tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kedalaman bidang gelincir tanah longsor dan memperkirakan arah longsor di Desa Bendosari, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* yang dapat menyelidiki struktur bawah permukaan dengan prinsip aliran listrik. Data penelitian diperoleh berupa data resistivitas semu dan data topografi. Pengambilan data dilakukan pada 4 lintasan, masing-masing panjang lintasan 130 m, 90 m, 100 m, dan 95 m, serta spasi elektroda 5 m. Pengolahan data dilakukan dengan *software res2dinv 3.56* memperlihatkan perubahan resistivitas pada setiap lapisan batuan, kemudian diolah dengan *software voxler 3* untuk mendapatkan model 3D, serta *software coreDRAW X4* penggabungan keempat lintasan dan menentukan arah longsor. Hasil dari interpretasi menggunakan *software res2dinv 3.56*, diperoleh pada lintasan pertama sepanjang 130 m kedalaman 11,2 m - 14,7 m perbedaan nilai resistivitas 10.388 Ωm - 40.157 Ωm . Lintasan kedua sepanjang 90 m kedalaman 10,2 m - 14,7 m perbedaan nilai resistivitas 1.414 Ωm - 5.584 Ωm . Lintasan ketiga sepanjang 100 m kedalaman 9,18 m - 14,7 m perbedaan nilai resistivitas 4.945 Ωm - 16.280 Ωm . Sedangkan lintasan keempat sepanjang 95 m kedalaman 14,7 m - 17,9 m perbedaan nilai resistivitas 754 Ωm - 2.037 Ωm . Untuk memperkirakan arah longsor, maka masing-masing lintasan digabung menjadi satu. *Strike* bidang gelincir diperkirakan berarah dari utara ke timur sebesar 105° dan *Dip* sebesar $16,08^{\circ}$, sehingga *strike* dan *dip* dalam letak koordinat azimuth $N105^{\circ} E / 16,08^{\circ} NE$. Berdasarkan koordinat azimuth potensi longsor diperkirakan mengarah ke timur laut dengan sudut 15° .

Kata Kunci: Bidang Gelincir, Geolistrik, *Dipole-dipole*, Resistivitas, *Res2dinv*, *Voxler*, *Strike Dip*

1. Pendahuluan

Bencana alam adalah suatu peristiwa besar atau ekstrem di alam yang berpotensi merugikan kehidupan manusia. Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang banyak menimbulkan korban jiwa, beberapa aktifitas manusia bisa menjadi faktor pemicu terjadinya bencana tanah longsor, dimana ketika



aktivitas ini beresonansi dengan kerentanan dan kondisi alam yang telah disebutkan contoh aktivitas manusia yang dapat memicu terjadinya tanah longsor adalah penebangan pepohonan secara serampangan di daerah lereng; penambangan bebatuan, tanah atau barang tambang lain yang menimbulkan ketidakstabilan lereng, tingkat kebasahan tanah dan bebatuan (juga daya ikatnya), pengubahan kemiringan kawasan (seperti pada pembangunan jalan, rel kereta atau bangunan), dan pembebanan berlebihan dari bangunan di kawasan perbukitan. Salah satu bencana tanah longsor sering terjadi di daerah Pujon-Ngantang. Daerah tersebut memiliki topografi berupa lereng-lereng curam serta terdapat jalan besar yang menghubungkan Malang-Kediri yang banyak dilintasi kendaraan seperti sepeda motor, mobil, bus, bahkan truk besar.

Kondisi topografi di Desa Bendosari perbukitan atau lereng pegunungan yang mempengaruhi bentukan lansekap pedesaan secara keseluruhan. Area perkebunan dan hutan terletak di kontur yang lebih tinggi sesuai petak-petak lahan secara alami. Desa Bendosari terletak di bagian barat Kabupaten Malang. Desa Bendosari berbatasan langsung dengan kawasan hutan perhutani. Beberapa wilayah hutan perhutani di Desa Bendosari sudah berubah fungsi menjadi ladang yang banyak ditanami tumpang sari oleh masyarakat. Desa ini terletak pada wilayah barat jalur alternatif transportasi barat dan memiliki potensi yang cukup strategis dengan luas wilayah 269,23 Ha dimana seluas 31 Ha merupakan daerah pemukiman penduduk dan sisanya adalah lahan kering dan areal persawahan. Desa Bendosari berada di dataran tinggi dan berbukit, dengan ketinggian 1200 m di atas permukaan laut dengan kisaran suhu antara 8-18 °C, curah hujan 2,3 s/d 2400 mm/th.

Jum'at, 31 Januari 2014 di Dusun Kedungrejo Desa Sukomulyo dan Dusun Ngeprih Desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang, telah terjadi bencana alam hujan deras yang mengakibatkan rumah roboh, korban jiwa, banjir, dan tanah longsor. Korban jiwa di Desa Bendosari dapat diminimalisir dengan cara memberikan informasi masyarakat tentang kondisi geologi tanah longsor di daerah tersebut. Tanah longsor terjadi ketika terdapat perpindahan material tanah yang meluncur sepanjang daerah yang memiliki kemiringan tertentu. Pada saat musim hujan, perubahan tegangan permukaan dalam pori tanah dan peningkatan bobot massa tanah akibat air yang meresap ke dalam tanah dapat memicu perpindahan (ketidakstabilan gravitasi) tersebut.

Kondisi geologi tanah longsor disuatu daerah dapat diketahui dengan mengaplikasikan metode geolistrik. Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang dapat digunakan untuk mendeteksi batuan tiap lapisan dan banyak diterapkan dalam geologi teknik.

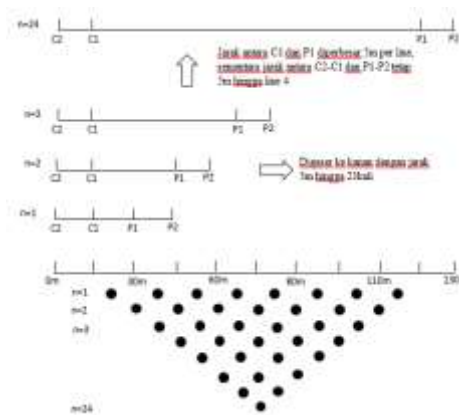
Untuk penyelidikan adanya bidang gelincir di daerah rawan longsor kecamatan pujon dapat dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Dipole-Dipole*. Metode ini bersifat tidak merusak lingkungan dan mampu mendeteksi sampai kedalaman beberapa meter pada perlapisan tanah. Setelah

melakukan penelitian lapangan, kemudian untuk menganalisis daerah rawan longsor yang ditinjau dari nilai resistivitas pada tiap lapisan tanah dan bidang gelincirnya.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah yang harus dilakukan:

- Survei awal lokasi penelitian
- Mengurus surat perijinan
- Kajian pustaka yang mendukung
- Desain survei geolistrik tahanan jenis konfigurasi *dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Variasi Jarak Elektroda Konfigurasi *Dipole-dipole*

- Persiapan alat penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



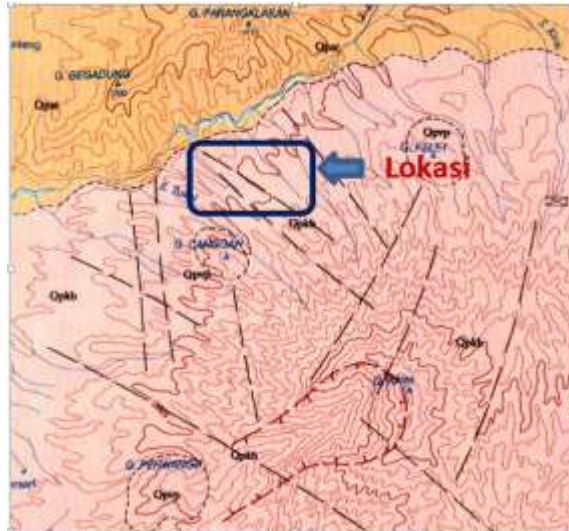
Gambar 2. Set Peralatan Geolistrik

- Survei di lapangan, yaitu pengukuran Geolistrik tahanan jenis dengan teknik *sounding mapping* konfigurasi *dipole-dipole*
- Data lapangan: V, I, R.
- Pengolahan data: diolah dengan *Ms.Excel* → diproses dengan *Res2Dinv* untuk mendapatkan model penampang → diproses dengan *Voxler* untuk mendapatkan

model 3D → penggabungan penampang keempat lintasan dengan *CorelDRAW X4*.

- Analisis dan interpretasi data
- Pembahasan dan kesimpulan

LOKASI PENELITIAN



Gambar 3. Peta Geologi Daerah Pujon

Penelitian ini dilakukan di Desa Bendosari, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang di peta geologi dapat dilihat pada Gambar 3. Secara geografis wilayah tersebut terletak pada koordinat $7^{\circ} 51' 59.79''$ s/d $7^{\circ} 52' 03.30''$ LS dan $112^{\circ} 24' 59.15''$ s/d $112^{\circ} 25' 02.84''$ BT. Penelitian ini telah dilakukan pada tanggal 28 September 2014 s/d 7 Juni 2015 dengan langkah-langkah penelitian seperti yang ditunjukkan pada metode penelitian.

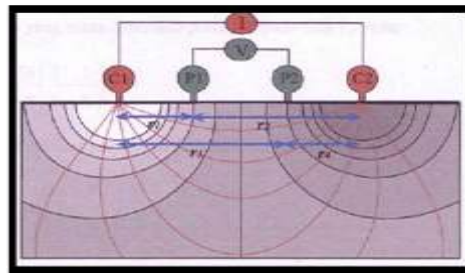
Pelaksanaan penelitian tersebut terdiri dari 4 lintasan, yaitu lintasan 1 dengan panjang 130 m (merah), lintasan 2 dengan panjang 90 m (hijau), lintasan 3 dengan panjang 100 m (kuning), dan lintasan 4 dengan panjang 95 m (biru), serta spasi elektroda 5 m. 4 lintasan penelitian tersebut dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Lintasan Pengukuran pada Lokasi Penelitian

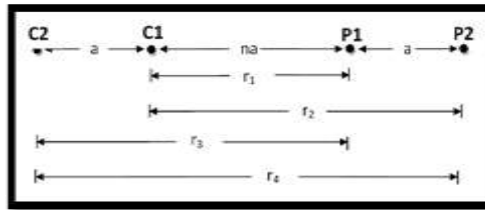
3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan survei geolistrik adalah untuk menentukan distribusi resistivitas bawah permukaan dengan cara membuat pengukuran di permukaan tanah. Pengukuran resistivitas yang normal dibuat dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus dan mengukur beda tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Sehingga resistivitas bawah permukaan dapat diperkirakan. Resistivitas tanah berkaitan dengan berbagai parameter geologi seperti mineral dan konten cairan, porositas, derajat patahan, persentase patahan yang terisi air tanah dan derajat saturasi air di batuan.



Gambar 5. Konfigurasi Elektroda Arus dan Potensial pada Permukaan Medium Homogen Isotropik

Perubahan potensial drastis terjadi pada daerah dekat sumber arus C_1 dan C_2 sedangkan pada daerah dekat titik pertengahan antara kedua sumber tersebut gradien potensial kecil dan mendekati linier dapat dilihat pada Gambar 5. Atas dasar ini, pengukuran potensial sebaiknya dilakukan pada daerah diantara C_1 dan C_2 yang mempunyai gradien potensial linier.



Gambar 6. Konfigurasi Elektroda *Dipole-dipole* (Loke, 2000).

Hasil pengukuran dilapangan sesudah dihitung nilai tahanan jenisnya, merupakan fungsi dari konfigurasi elektroda dan berkaitan dengan kedalaman penetrasinya. Semakin besar jarak antar elektroda, semakin dalam penetrasi arus yang diperoleh yang tentu juga sangat ditentukan oleh kuat arus yang dialirkan melalui elektroda arus. Secara umum, nilai faktor geometri dapat dirumuskan sebagaimana berikut:

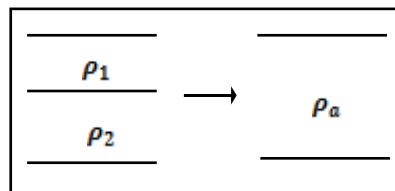
$$K = 2\pi \left[\frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (1)$$

Masing-masing aturan atau konfigurasi elektroda memiliki nilai K yang tetap. Pada susunan elektroda *dipole-dipole* seperti pada Gambar 6, apabila nilai $r_1 = na$, $r_2 = (a + na)$, $r_3 = (na + a)$, $r_4 = (2a + na)$ dan kemudian disubstitusikan dengan persamaan (1), maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$K = \pi a(n)(n+1)(n+2) \quad (2)$$

Jika bumi diasumsikan homogen isotropik, dimana resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya (*true resistivity*) dan tergantung pada spasi (jarak) elektroda $\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$. Pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan nilai resistivity yang berbeda-beda karena memiliki sifat heterogen-anisotropik, sehingga potensial yang terukur merupakan potensial dari pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Harga resistivitas yang terukur merupakan resistivitas gabungan dari beberapa lapisan tanah yang dianggap sebagai satu lapisan (*apparent resistivity*) dan besar nilai tergantung oleh faktor geometri susunan elektrodanya terutama untuk elektroda yang lebar.

Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau.

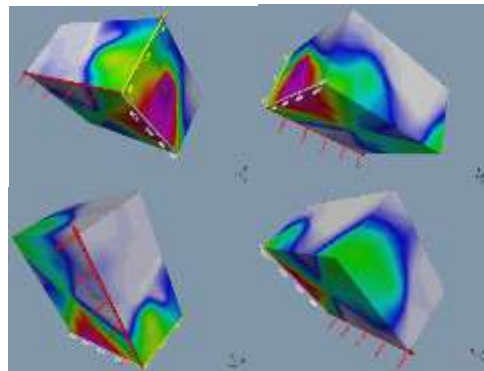


Gambar 7. Konsep Tahanan Jenis Semu. Lapisan 1 dan 2 Menghasilkan Harga Tahanan Jenis Semu ρ_a

Dengan anggapan medium berlapis yang ditinjau, misalnya terdiri dari dua lapis dan mempunyai nilai *resistivity* yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam pengukuran, medium ini dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu nilai resistivitas semu (*apparent resistivity* ρ_a). Resistivitas semu ini merepresentasikan secara kualitatif distribusi resistivitas di bawah permukaan.

Analisis Bidang Gelincir

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sehingga dapat diketahui kedalaman dan struktur lapisan tanah yang berpotensi memiliki bidang gelincir berdasarkan perbedaan resistivitas (tahanan jenis) yang divisualisasikan oleh warna tertentu. Pada tampilan gambar 3D dari *Software Voxler 3* diperoleh Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan 3D Hasil Inversi Voxler 3

Analisis pada Lintasan 1 (Pertama)

Hasil pengolahan untuk lintasan pertama, dengan lintasan sepanjang 130 m, arah lintasan Timur-Barat, dimana bagian Timur lebih tinggi dari bagian Barat. Pada titik 0 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 03.30''$ LS dan $112^{\circ} 25' 02.84''$ BT dengan ketinggian 865 m, sedangkan pada titik 130 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 01.46''$ LS dan $112^{\circ} 24' 59.15''$ BT dengan ketinggian 847 m. Hasil data topografi dari GPS yang dimasukkan kedalam data file akan menghasilkan Gambar 9.

Berdasarkan analisis pada data lintasan 1 yang ditunjukkan oleh Gambar 9. memiliki kemiringan yang relatif curam dan berpotensi longsor. Pada kedalaman 11,2 m - 14,7 m lapisan ini memiliki perbedaan nilai resistivitas yaitu $10.388 \Omega\text{m}$ – $40.157 \Omega\text{m}$. Bidang gelincir diperoleh dari kontras resistivitas antar dua batuan yang saling berdekatan. Bila resistivitas di atasnya jauh lebih rendah, maka sangat memungkinkan terjadi longsor. Pada lintasan ini, bidang gelincir dapat memicu terjadinya longsor dengan arah menyamping ke arah utara. Selain itu, adanya resapan air saat hujan juga dapat menambah beban serta berat jenis tanah batuan.

**Analisis pada Lintasan 2 (Kedua)**

Hasil pengolahan untuk lintasan kedua, dengan lintasan sepanjang 90 m, arah lintasan Utara-Selatan, dimana bagian Utara lebih rendah dari bagian Selatan. Pada titik 0 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 00.90''$ LS dan $112^{\circ} 25' 03.00''$ BT dengan ketinggian 848 m, sedangkan pada titik 90 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 03.04''$ LS dan $112^{\circ} 25' 01.87''$ BT dengan ketinggian 871 m. Hasil data topografi dari GPS yang dimasukkan kedalam data file akan menghasilkan Gambar 10.

Berdasarkan analisis pada data lintasan 2 yang ditunjukkan oleh Gambar 10. memiliki kemiringan yang relatif curam yang berpotensi longsor. Pada kedalaman 10,2 m - 14,7 m lapisan ini memiliki perbedaan nilai resistivitas yaitu $1.414 \Omega\text{m} - 5.584 \Omega\text{m}$. Bidang gelincir diperoleh dari kontras resistivitas antar dua batuan yang saling berdekatan. Bila resistivitas di atasnya jauh lebih rendah, maka sangat memungkinkan terjadi longsor. Pada lintasan ini, bidang gelincir dapat memicu terjadinya longsor dengan arah menurun (ke bawah) dari arah selatan ke utara. Selain itu, adanya resapan air saat hujan juga dapat menambah beban serta berat jenis tanah batuan.

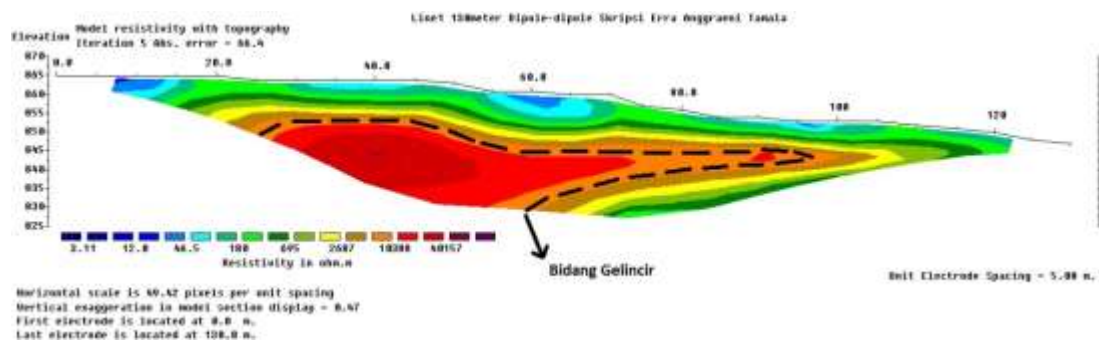
Analisis pada Lintasan 3 (Ketiga)

Hasil pengolahan untuk lintasan ketiga, dengan lintasan sepanjang 100 m, arah lintasan Barat-Timur, dimana bagian Barat lebih rendah dari bagian Timur. Lintasan ketiga ini merupakan lintasan yang paling bawah sendiri, berdekatan dengan jalan raya. Pada titik 0 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 00.01''$ LS dan $112^{\circ} 24' 59.70''$ BT dengan ketinggian 819 m, sedangkan pada titik 100 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 01.44''$ LS dan $112^{\circ} 25' 02.37''$ BT dengan ketinggian 859 m. Hasil data topografi dari GPS yang dimasukkan kedalam data file akan menghasilkan Gambar 11.

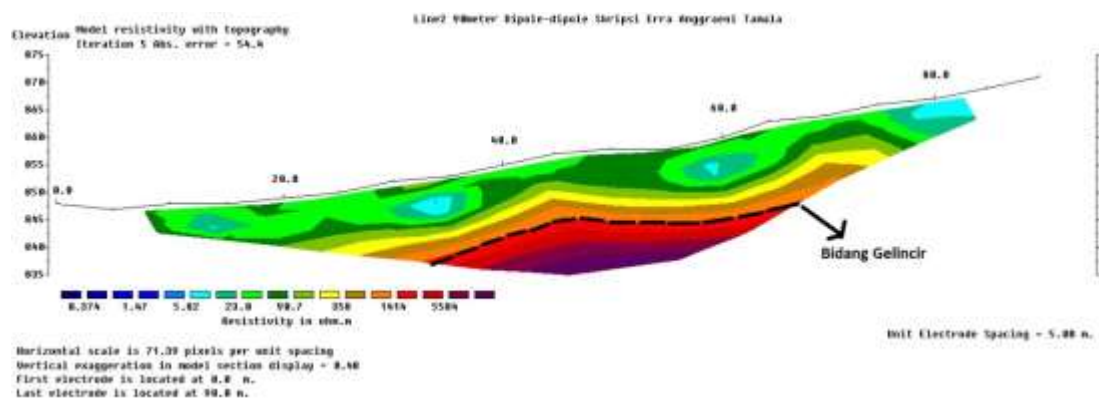
Berdasarkan analisis pada data lintasan 3 yang ditunjukkan oleh Gambar 11. memiliki kemiringan yang curam dan berpotensi longsor. Pada kedalaman 9,18 m - 14,7 m lapisan ini memiliki perbedaan nilai resistivitas yaitu $4.945 \Omega\text{m} - 16.280 \Omega\text{m}$. Bidang gelincir diperoleh dari kontras resistivitas antar dua batuan yang saling berdekatan. Bila resistivitas di atasnya jauh lebih rendah, maka sangat memungkinkan terjadi longsor. Apabila diamati pada lintasan inilah yang sangat berpotensi terjadinya longsor, terdapat material bumi berupa lempung dengan nilai resistivitas yaitu $42,1 \Omega\text{m}$. Dimana material lempung adalah material yang mudah longsor jika terus diguyur hujan deras. Sehingga dapat membahayakan para pengguna jalan raya yang terdapat tepat di samping tebing, dengan arah longsor menyamping ke arah utara menuju jalan raya.

Analisis pada Lintasan 4 (Keempat)

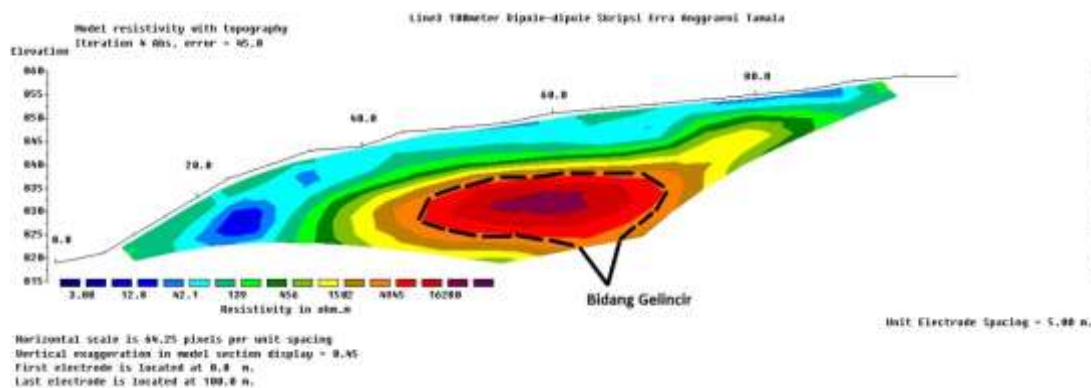
Hasil pengolahan untuk lintasan keempat, dengan lintasan sepanjang 95 m, arah lintasan Selatan-Utara, dimana bagian Selatan lebih tinggi dari bagian Utara. Pada titik 0 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 52' 02.41''$ LS dan $112^{\circ} 25' 00.03''$ BT dengan ketinggian 860 m, sedangkan pada titik 90 m terletak pada koordinat $07^{\circ} 51' 59.79''$ LS dan $112^{\circ} 25' 00.54''$ BT dengan ketinggian 817 m. Hasil data topografi dari GPS yang dimasukkan kedalam data file akan menghasilkan Gambar 12.



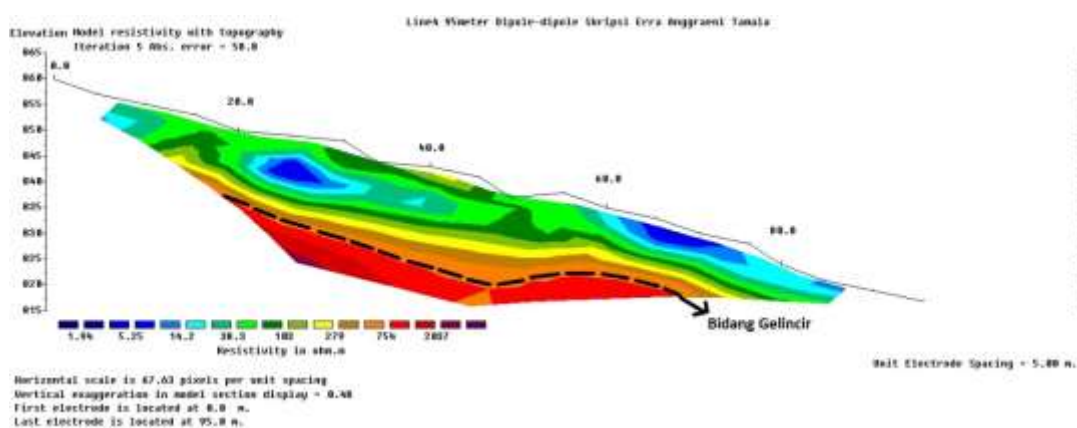
Gambar 9. Lintasan 1 Hasil Inversi *Res2dinv* dengan Topografi



Gambar 10. Lintasan 2 Hasil Inversi *Res2dinv* dengan Topografi



Gambar 11. Lintasan 3 Hasil Inversi *Res2dinv* dengan Topograf



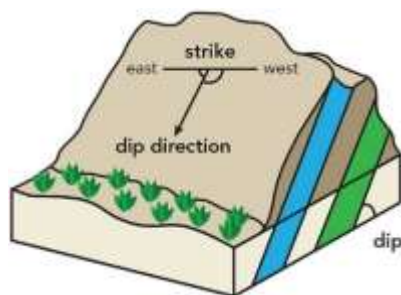
Gambar 12. Lintasan 4 Hasil Inversi *Res2dinv* dengan Topografi

Berdasarkan analisis pada data lintasan 4 yang ditunjukkan oleh Gambar 12. memiliki kemiringan yang paling curam diantara ketiga lintasan lainnya yang berpotensi longsor. Pada kedalaman 14,7 m – 17,9 m lapisan ini memiliki perbedaan nilai resistivitas yaitu 754 Ω m – 2.037 Ω m. Bidang gelincir diperoleh dari kontras resistivitas antar dua batuan yang saling berdekatan. Bila resistivitas di atasnya jauh lebih rendah, maka sangat memungkinkan terjadi longsor. Pada lintasan ini, bidang gelincir dapat memicu terjadinya longsor dengan arah menurun (ke bawah) dari arah selatan ke utara. Selain itu, adanya resapan air saat hujan juga dapat menambah beban serta berat jenis tanah batuan.

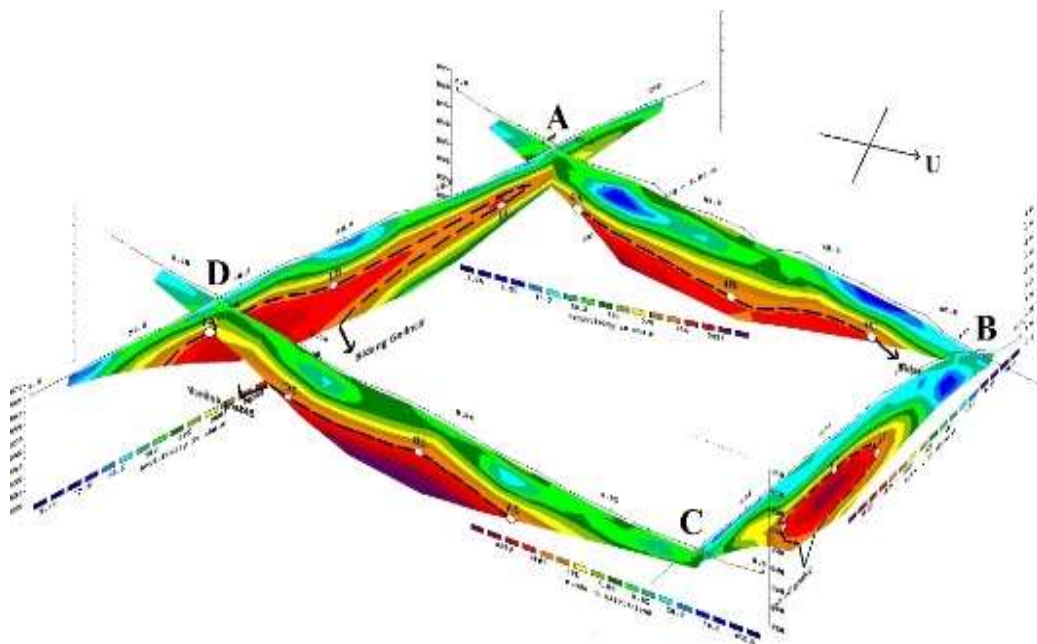
Penentuan *Strike* dan *Dip* Bidang Gelinciran

Penelitian lapisan dan struktur geologi harus mengetahui kedudukan batuan di permukaan bumi dengan mengukur arah penyebarannya dan kemiringan batuan. Dalam ilmu Geologi, kedua elemen tersebut dinamakan *Strike* dan *Dip* yang lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 13.

Strike adalah pengukuran linear dua arah yang mendefinisikan persimpangan sebuah bidang miring dan permukaan horizontal terhadap arah utara. Sedangkan *Dip* adalah derajat yang dibentuk antara bidang planar dan bidang horizontal yang arahnya tegak lurus dari garis *strike*.



Gambar 13. Strike Dip (Price, 2013)



Gambar 14. Penampang Gabungan Keempat Lintasan

Berdasarkan hasil interpretasi *Software CorelDRAW X4* penampang gabungan dari keempat lintasan dengan menggunakan *Res2dinv* yang dapat dilihat pada Gambar 14. Sehingga dapat diketahui Strike bidang gelincir diperkirakan berarah dari utara ke timur sebesar 105° dan Dip sebesar $16,08^{\circ}$, sehingga strike dan dip dalam letak koordinat azimuth $N 105^{\circ} E / 16,08^{\circ} NE$. Berdasarkan koordinat azimuth potensi longsor diperkirakan mengarah ke timur laut dengan sudut 15° . Berdasarkan jenis tanah longsor merupakan longsoran translasi yang gerak massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai. Serta didukung oleh curah hujan yang tinggi di daerah Pujon dan getaran lalu lintas kendaraan.

4. Kesimpulan

Interpretasi dari keempat lintasan mampu menunjukkan posisi bidang gelincir:

- Lintasan 1 pada kedalaman 11,2 m - 14,7 m dari permukaan.
- Lintasan 2 pada kedalaman 10,2 m - 14,7 m dari permukaan.
- Lintasan 3 pada kedalaman 9,18 m - 14,7 m dari permukaan.
- Lintasan 4 pada kedalaman 14,7 m - 17,9 m dari permukaan.

Strike bidang gelincir diperkirakan berarah dari utara ke timur sebesar 105° dan Dip sebesar $16,08^{\circ}$, sehingga strike dan dip dalam letak koordinat azimuth $N 105^{\circ} E / 16,08^{\circ} NE$. Berdasarkan koordinat azimuth potensi longsor diperkirakan mengarah ke timur laut dengan sudut 15° .

Daftar Rujukan

- [1] Agustina, Efa. 2014. *Identifikasi Bidang Gelincir Zona Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Dipole-Dipole Di Payung Kota Batu*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: MIPA UM.
- [2] Amiuza, C.B., dkk. 2012. Pragmatik Bentang Alam Pedesaan (Studi Kasus Dusun Bendosari, Kec. Pujon, Kab. Malang. *Jurnal RUAS*, 10 (2).
- [3] Darsono, Bambang, N. & Budi, L. 2012. Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Resistivitas 2 Dimensi Di Desa Pablengan Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Aplikasi Fisika*, (Online), 12 (1): 15, (<http://tanahlongsor.ac.id>, diakses 2 September 2014).
- [4] Iryanti, M., Ramalis, T.R. & Ardi, N.D. 2011. Identifikasi Bawah Permukaan di Wilayah Desa Kayuambon, Lembang, Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains*.
- [5] Loke, M.H. 2000. *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering Studies*.
- [6] Malang, Pemkab. 2014. *Bencana Alam Banjir Dan Tanah Longsor Di Wilayah Kecamatan Pujon*, (Online), (<http://pujon.malangkab.go.id/?p=937>, diakses 2 September 2014).
- [7] Price, M., Juan, E. & Inc. 2013. *Strike It Rich with Maplex*, (Online), (www.esri.com/esri-news/arcuser/winter-2013/strike-it-rich-with-maplex, diakses 1 Juli 2015).
- [8] Rozaq, A., Susilo A. & Wasis. 2013. *Identifikasi Kedalaman Dan Struktur Lapisan Bawah Tanah Candi Jajaghu Berdasarkan Nilai Resistivitas Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole*. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya.
- [9] Santoso, S. & Atmawinata, S. 1992. *Peta Geologi Lembar Kediri, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [10] Supeno, Nurul, P. & Gusfan, H. 2008. Penentuan Struktur Bawah Permukaan 6 Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Interpretasi Data Resistivitas. *Jurnal Ilmu Dasar*, 9 (1): 48-55.
- [11] Telford, Geldart and Sheriff. 1990. *Applied Geophysics, 2nd edition*. New York: Cambrige University Press. Pdf file.
- [12] Wuryantoro, Adhi, M.A. & Rustad, S. 2007. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak Dan Kedalaman Aquifer Air Tanah (Studi Kasus Di Desa Temperak Kecamatan Sarang Kabupaten Rembang Jawa Tengah)*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: MIPA UNNES.

SPECIFIC ABSORPTION RATE (SAR) PADA PARTIKEL NANO Fe_3O_4 DALAM MEDAN MAGNET AC

M. Tommy Hasan Abadi^{1,*}, Nandang Mufti¹, Sunaryono¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Malang, 65145, Indonesia

*Email: m.tommy.1303226@students.um.ac.id

Abstrak

Partikel nano Fe_3O_4 dapat mempunyai sifat superparamagnetik yang sensitif terhadap medan magnet luar seperti medan magnet AC. Sifat ini sangat menarik untuk dikaji karena dapat dijadikan sebagai alternatif pada terapi kanker. Pada penelitian ini partikel nano Fe_3O_4 di sintesis menggunakan *template diethylamine* dengan metode kopresitasi dari pasir besi. Hasil sintesis selanjutnya di karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa Fe_3O_4 memiliki ukuran kristal sekitar 7,7 nm dengan morfologi sampel yang berbentuk *spherical*. Partikel nano Fe_3O_4 yang dihasilkan kemudian disimpan dalam wadah dengan massa 65 mg dan diletakan di tengah kumparan sebagai sumber medan magnet AC. Kemudian pada saat diberikan medan magnet AC sebesar 2,8 mT dilakukan pengukuran temperatur sebagai fungsi waktu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa temperatur berhasil meningkat dari 28,5 °C – 34,5 °C selama 10 menit. Kemudian dilakukan pengkajian tentang efisiensi penyerapan panas yang menyebabkan peningkatan temperatur dengan menentukan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR). Hasil perhitungan untuk nilai SAR diperoleh sebesar 0,0058 W/g.

Kata Kunci: Pasir Besi, Fe_3O_4 , Medan Magnet AC, Temperatur, SAR.

1. Pendahuluan

Pasir besi merupakan salah satu bahan alam yang dapat digunakan untuk sintesis Fe_3O_4 . Hal ini dikarenakan pasir besi memiliki mineral magnetik yaitu magnetit (Fe_3O_4) dengan kandungan unsur Fe yang paling tinggi [1]. Keberadaan teknologi nano dapat meningkatkan keunggulan dari material sintesis Fe_3O_4 . Adapun keunggulan yang dimiliki oleh partikel nano Fe_3O_4 adalah dimanfaatkan sebagai terapi hipertermia bagi penderita kanker [2] maupun agen kontras [3].

Partikel nano Fe_3O_4 dapat mempunyai sifat superparamagnetik yang sensitif terhadap medan magnet luar seperti medan magnet AC. Sifat magnet ini dimiliki oleh Fe_3O_4 pada ukuran kritis karena terjadi transisi sifat magnet Fe_3O_4 yang semula bersifat feromagnetik menjadi superparamagnetik [4]. Kajian selanjutnya tentang sifat superparamagnetik ini dapat digunakan sebagai alternatif terapi hipertermia [5]. Prinsip kerja dari terapi hipertermia yakni mempengaruhi partikel nano Fe_3O_4 yang berada dalam jaringan tubuh penderita kanker dengan medan magnet luar AC dan frekuensi tertentu yang dapat menyebabkan peningkatan temperatur sehingga dapat membunuh sel kanker [6]. Adanya peningkatan temperatur ini dapat disebabkan karena pengaruh medan magnet luar AC, frekuensi dan massa partikel nano Fe_3O_4 yang digunakan [7].

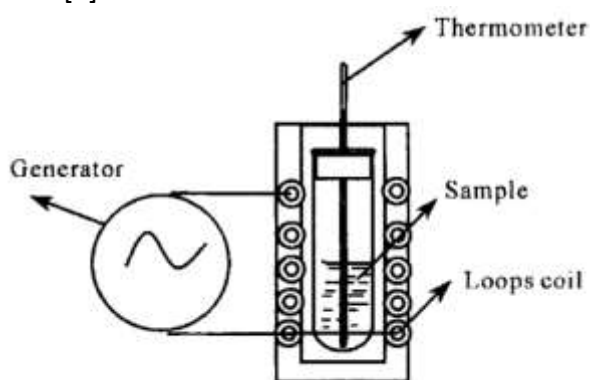
Peningkatan temperatur yang terjadi selanjutnya dikaji tentang efisiensi penyerapan panas dengan menentukan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR). *Specific Absorption Rate* (SAR) adalah panas yang diserap oleh partikel nano Fe_3O_4 akibat pengaruh medan magnet luar AC dan frekuensi, kemudian dilepaskan oleh partikel nano Fe_3O_4 berupa temperatur [8]. Adapun satuan untuk SAR adalah Watt/gram.

2. Metode Penelitian

Sintesis Fe_3O_4 menggunakan metode kopresipitasi dengan pasir besi sebagai sumber Fe. Langkah awal penelitian ini dengan menyiapkan pasir besi pantai Wedi Ireng Banyuwangi kemudian di separasi delapan kali berturut-turut. Sebanyak 20 gram pasir besi hasil

separasi dilarutkan dalam 58 ml HCl 12M, diaduk dengan kecepatan 750 rpm pada temperatur 70 °C. Selanjutnya titrasi larutan FeCl dengan template *diethylamine* 0,8M dan NH₄OH 6,5M dengan kecepatan 500 rpm pada temperatur ruang. Penambahan template berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel Fe₃O₄. Hasil titrasi adalah gumpalan Fe₃O₄, kemudian dicuci dengan aquades hingga pH 7, dan dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam. Hasil pengeringan adalah partikel nano Fe₃O₄ yang berwujud serbuk.

Partikel nano Fe₃O₄ selanjutnya di karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui pola difraksi dan ukuran kristalnya. Karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi dan ukuran butir dari senyawa Fe₃O₄. Selanjutnya dilakukan pengujian pada 65 mg partikel nano Fe₃O₄ yang diletakkan di tengah kumparan sebagai sumber medan magnet AC dengan nilai sebesar 2,8 mT dan frekuensi sebesar 343 Hz untuk mengetahui peningkatan temperatur dari massa partikel nano Fe₃O₄. Adapun skema dari pengujian pengaruh medan magnet AC dan frekuensi pada partikel nano Fe₃O₄ ditunjukkan oleh Gambar 1 [9].



Gambar 1. Skema Pengujian Pengaruh Medan Magnet AC dan Frekuensi pada Partikel Nano Fe₃O₄

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi partikel nano Fe₃O₄ yang pertama adalah menggunakan XRD. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui pola difraksi Fe₃O₄. Berdasarkan pola difraksi senyawa Fe₃O₄ diperoleh tiga puncak utama yakni pada sudut 35,68°, sudut 57,27°, dan 63°. Selanjutnya dilakukan perbandingan dengan data ICSD 159964 diketahui bahwa ketiga puncak utama tersebut merupakan puncak khas yang dimiliki oleh senyawa Fe₃O₄. Analisis selanjutnya adalah melakukan perhitungan ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Scherrer [10], seperti pada persamaan 1

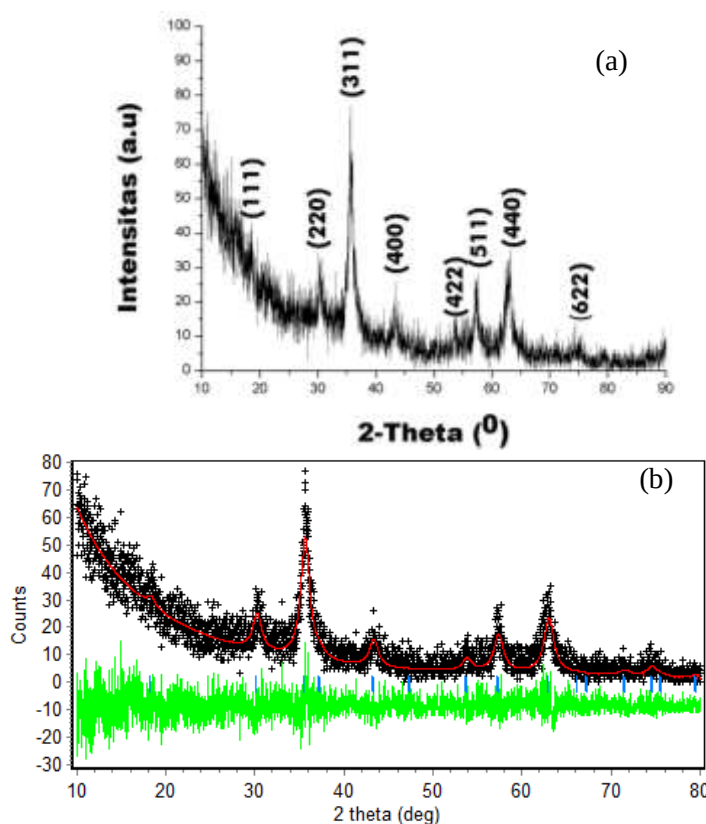
$$D = \frac{k\lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

Di mana k adalah konstanta Debye-Scherrer (0,9), λ adalah panjang gelombang sinar-X (1,54 Å), B adalah nilai *Full Wide at a Half Maximum* (FWHM), θ adalah sudut difraksi Bragg (radian). Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Scherrer diperoleh ukuran kristal sebesar 7,13 nm. Ukuran ini memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan penelitian lain yang memperoleh ukuran senyawa Fe₃O₄ sebesar 25 nm dengan penambahan template *diethylamine* [11].

Selanjutnya pola difraksi senyawa Fe₃O₄ dilakukan *refinement* dengan metode *Rietveld* untuk mengetahui kecocokan antara data eksperimen dengan data model. Data model yang digunakan adalah AMCSO no 0007424 dengan parameter $a = b = c = 8,3332$ Å. Berdasarkan hasil *refinement* diperoleh nilai keluaran yakni $R_p = 19,88$, $R_{wp} = 27,35$, dan $\chi^2 = 1,17$, serta ukuran kristal senyawa Fe₃O₄ sebesar 7,7 nm. Ukuran kristal antara perhitungan Scherrer dan hasil *refinement* memiliki hasil yang hampir sama yang mengindikasikan bahwa *refinement* dengan metode *rietveld* berhasil dilakukan.

Sedangkan apabila dibandingkan dengan penelitian lainnya bahwa ukuran kristal senyawa Fe_3O_4 memiliki nilai lebih kecil yaitu 8,4 nm [12] dan 15,6 nm [13].

Sifat kemagnetan yang khas dari senyawa Fe_3O_4 ini diprediksi muncul apabila ditinjau dari ukuran kristal senyawa Fe_3O_4 . Ukuran kristal yang berada pada ukuran kritis membuat senyawa Fe_3O_4 memiliki sifat superparamagnetik. Hal ini berdasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa sifat superparamagnetik berhasil muncul pada senyawa Fe_3O_4 yang berukuran 10 nm [14], 15 nm [15], dan 30 nm [16]. Keberadaan sifat superparamagnetik pada senyawa Fe_3O_4 sangat penting untuk pengujian dengan pengaruh medan magnet luar AC dan frekuensi. Adapun pola difraksi senyawa Fe_3O_4 dan grafik *refinement* senyawa Fe_3O_4 ditunjukkan oleh Gambar 2.

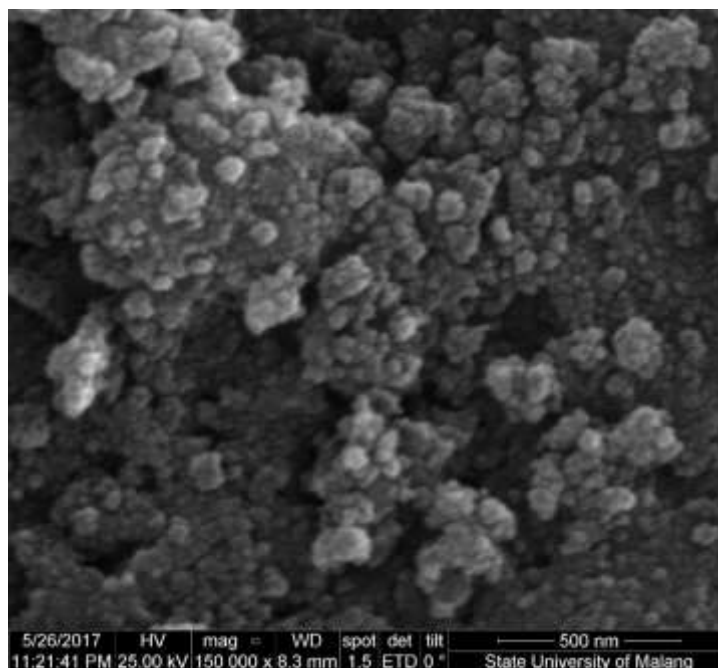


Gambar 2. (a) Pola Difraksi XRD Senyawa Fe_3O_4 , (b) Grafik *Refinement* Senyawa Fe_3O_4

Karakterisasi yang kedua adalah menggunakan SEM. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butir dan morfologi dari senyawa Fe_3O_4 . Selain itu, tingkat aglomerasi dari senyawa Fe_3O_4 dapat juga diamati dari karakterisasi SEM.

Berdasarkan hasil karakterisasi SEM bahwa senyawa Fe_3O_4 memiliki ukuran butir rata-rata sebesar 24 nm. Nilai ukuran butir ini lebih besar dibandingkan dengan ukuran kristal senyawa Fe_3O_4 dari data XRD. Hal ini terjadi karena ukuran butir hasil SEM bukan ukuran tunggal melainkan ukuran campuran dari oksida Fe ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_3O_4), sedangkan pada ukuran kristal senyawa Fe_3O_4 dari data XRD merupakan ukuran tunggal dari senyawa Fe_3O_4 . Maka dari itu, hasil karakterisasi SEM memiliki ukuran butir yang lebih besar. Hasil karakterisasi SEM juga menunjukkan bahwa senyawa Fe_3O_4 mengalami aglomerasi. Aglomerasi ini disebabkan karena senyawa Fe_3O_4 tersusun dari partikel-partikel magnetik yang interaksi antar partikelnya sangat kuat [17]. Selain itu, diamati bahwa morfologi dari

senyawa Fe_3O_4 berbentuk *spherical*. Adapun karakterisasi menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Karakterisasi SEM

Pengujian selanjutnya dilakukan pada partikel nano Fe_3O_4 dengan pengaruh medan magnet luar AC dan frekuensi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui adanya peningkatan temperatur yang terjadi dalam rentang waktu 660 detik. Hasil pengujian ini ditunjukkan oleh grafik hubungan temperatur sebagai fungsi waktu. Pada pengujian ini sampel adalah 65 mg partikel nano Fe_3O_4 yang diletakkan dalam wadah kaca. Selanjutnya sampel diletakkan di tengah kumparan sebagai sumber medan magnet AC. Medan magnet AC yang berhasil ditimbulkan adalah sebesar 2,8 mT dengan frekuensi sebesar 343 Hz. Pengukuran temperatur dilakukan dengan menempatkan termokopel pada sampel. Hasil pengujian ini diperoleh bahwa temperatur berhasil meningkat secara signifikan dari $28,5^\circ\text{C}$ – $34,5^\circ\text{C}$ selama 660 detik. Peningkatan temperatur hasil eksperimen apabila dihubungkan dengan kemungkinan untuk terapi hipertermia memiliki kemungkinan yang sangat kecil. Ini dikarenakan temperatur yang digunakan untuk aplikasi hipertermia sebesar 40°C - 44°C [18,19].

Adanya Peningkatan temperatur ini selanjutnya dilakukan pengkajian untuk menentukan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR). Nilai SAR dapat diperoleh menggunakan persamaan 2 [8].

$$SAR = C(\Delta T / \Delta t) \quad (2)$$

Di mana SAR (*Specific Absorption Rate*) merupakan panas yang diserap oleh partikel nano Fe_3O_4 dan dilepaskan dalam bentuk temperatur (W/g), C merupakan kapasitas panas Fe_3O_4 sebesar $0,651 \text{ J/gK}$ [20]. ΔT adalah perubahan temperatur ($^\circ\text{C}$). Δt adalah perubahan waktu (detik).

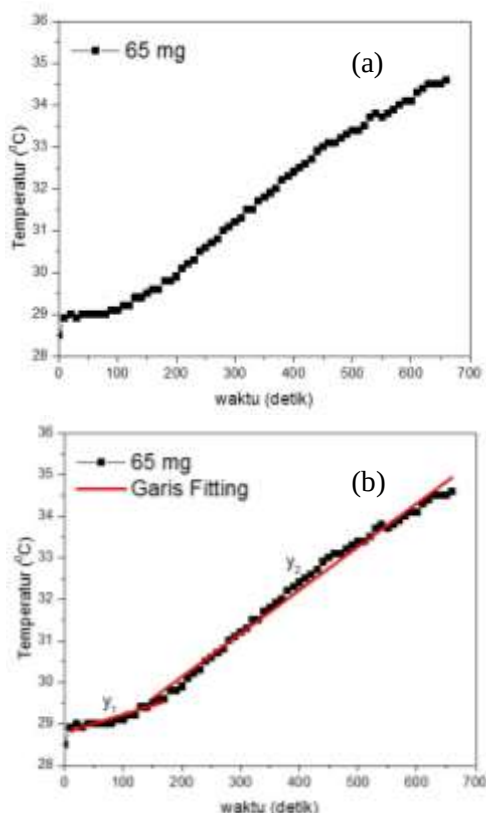
Namun, supaya nilai SAR yang diperoleh memiliki keakuratan yang tinggi maka perlu dilakukan *fitting* pada grafik. *Fitting* dilakukan menggunakan fungsi linier pada grafik hubungan temperatur sebagai fungsi waktu. Dari *fitting* grafik diperoleh nilai persamaan gradien garis yakni $y_1 = 0,00887x - 0,1139$ dan $y_2 = 0,009x + 0,2979$ dengan R^2 sebesar 0,97.

Nilai gradien garis ini kemudian dikorelasikan dengan persamaan 2 untuk mendapatkan persamaan 3.

$$SAR = C \times A \quad (3)$$

Di mana A adalah nilai gradien garis dari hasil *fitting* dengan satuan (K/s). C adalah kapasitas panas partikel nano Fe_3O_4 sebesar 0,651 J/gK [20].

Berdasarkan perhitungan dengan persamaan 3 diperoleh nilai SAR rata-rata dari sampel sebesar 0,0058 W/g. Nilai SAR ini apabila diaplikasikan untuk terapi hipertermia masih perlu dilakukan pengkajian ulang. Ini dikarenakan nilai SAR untuk terapi hipertermia sebesar 150 W/g – 400 W/g [6,21]. Adapun grafik hubungan temperatur sebagai fungsi suhu dan grafik *fitting* temperatur sebagai fungsi suhu ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Grafik Hubungan Temperatur sebagai Fungsi Waktu, dan (b) Grafik *Fitting* Temperatur sebagai Fungsi Waktu

4. Kesimpulan

Sintesis Fe_3O_4 dengan metode kopresipitasi berbahan dasar pasir besi telah berhasil dilakukan dengan kemunculan puncak-puncak khas pada pola difraksi sintesis Fe_3O_4 . Penambahan template *diethylamine* berpengaruh pada ukuran senyawa Fe_3O_4 yang semakin kecil. Ukuran kristal senyawa Fe_3O_4 berdasarkan perhitungan Scherrer dan hasil *refinement* memiliki nilai yang hampir sama yakni berada pada nilai 7 nm. Ukuran kristal yang berada pada nilai kritis membuat senyawa Fe_3O_4 berpotensi memiliki sifat superparamagnetik. Karakterisasi SEM menunjukkan bahwa morfologi senyawa Fe_3O_4 berbentuk *spherical* dan mengalami aglomerasi. Sedangkan hasil pengujian sampel akibat pengaruh medan magnet AC dan frekuensi diperoleh peningkatan temperatur 28,5 °C – 34,5 °C dan nilai SAR sebesar 0,0058 W/g, di mana masih perlu dilakukan pengkajian ulang untuk aplikasi hipertermia.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan naskah artikel ini terutama kepada bapak Nandang Mufti, M.T., Ph.D dan bapak Dr. Sunaryono, M.Si.

Daftar Rujukan

- [1] H.G. Firnando (2015), Pengaruh Suhu Pada Proses Sonikasi Terhadap Morfologi Partikel dan Kristalinitas Nanopartikel Fe_3O_4 , *Jurnal Fisika Unand* **4**.
- [2] Z. Wu, Z. Zhuo, D. Cai, J. Wu, J. Wang, J. Tang (2015), An Induction Heating Device Using Planar Coil with High Amplitude Alternating Magnetic Fields for Magnetic Hyperthermia. *Technol. Health Care* **23**, S203–S209.
- [3] S. Zhu, J. Guo, J. Dong, Z. Cui, T. Lu, C. Zhu, D. Zhang, J. Ma (2013), Sonochemical Fabrication of Fe_3O_4 Nanoparticles on Reduced Graphene Oxide for Biosensors, *Ultrasonic Sonochemical* **20**, 872–880.
- [4] J. Ge, Y. Yin (2008), Magnetically Responsive Colloidal Photonic Crystals, *Journal Material Chemical* **18**, 5041–5045.
- [5] K. Murase, J. Oonoki, H. Takata, R. Song, A. Angraini, P. Ausanai, T. Matsushita (2011), Simulation and Experimental Studies on Magnetic Hyperthermia with Use of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles, *Radiol. Phys. Technol* **4**, 194–202.
- [6] H. Nemala, J.S. Thakur, V.M. Naik, P.P. Vaishnava, G. Lawes, R. Naik (2014), Investigation of Magnetic Properties of Fe_3O_4 Nanoparticles Using Temperature Dependent Magnetic Hyperthermia in Ferrofluids. *Journal Applied Physics* **116**, 034309.
- [7] B.I. Macías-Martínez, D.A. Cortés-Hernández, A. Zugasti-Cruz, B.R. Cruz-Ortiz, E.M. Múzquiz-Ramos (2016), Heating Ability and Hemolysis Test of Magnetite Nanoparticles Obtained by a Simple Co-Precipitation Method, *Journal Applied Res. Technol* **14**, 239–244.
- [8] L.L. Lao, R.V. Ramanujan (2004), Magnetic and Hydrogel Composite Materials for Hyperthermia Applications, *Journal Mater. Sci. Mater. Med* **15**, 1061–1064.
- [9] Z. Donglin, Z. Xianwei, X.I.A. Qisheng, T. Jintian (2006), Inductive Heat Property of Fe_3O_4 Nanoparticles in AC Magnetic Field for Local Hyperthermia, *Rare Met* **25**, 621–625.
- [10] A.L. Patterson (1939), The Scherrer Formula for X-Ray Particle Size Determination, *Phys. Rev* **56**, 978.
- [11] S. Ahmad, U. Riaz, A. Kaushik, J. Alam (2009), Soft Template Synthesis of Superparamagnetic Fe_3O_4 Nanoparticles a Novel Technique, *J. Inorg. Organomet. Polym. Mater* **19**, 355–360.
- [12] Z.L. Liu, Y.J. Liu, K.L. Yao, Z.H. Ding, J. Tao, X. Wang (2002), Synthesis and Magnetic Properties of Fe_3O_4 Nanoparticles, *J. Mater. Synth. Process* **10**, 83–87.
- [13] T. Sulistyaningsih, S.J. Santosa, D. Siswanta, B. Rusdiarso (2017), Synthesis and Characterization of Magnetites Obtained from Mechanically and Sonochemically Assisted Co-precipitation and Reverse Co-precipitation Methods. *Int. J. Mater. Mech. Manuf* **5**.
- [14] S. Nuzully, T. Kato, E. Suharyadi (2014), Pengaruh Konsentrasi Polyethyleneglycol (PEG) pada Sifat Kemagnetan Nanopartikel Magnetik PEG-Coated Fe_3O_4 , *Jurnal Fisika Indonesia* **17**, 35-40.
- [15] M. Anbarasu, M. Anandan, E. Chinnasamy, V. Gopinath, K. Balamurugan (2015), Synthesis and Characterization of Polyethyleneglycol (PEG) Coated Fe_3O_4



- Nanoparticles by Chemical Co-precipitation Method for Biomedical Applications, *Spectrochim. Acta. A. Mol. Biomol. Spectrosc* **135**, 536–539.
- [16] N. Bao, A. Gupta (2011), Self-assembly of Superparamagnetic Nanoparticles, *J. Mater. Res* **26**, 111–121.
- [17] S. Rani, G.D. Varma (2015) Superparamagnetism and Metamagnetic Transition in Fe_3O_4 Nanoparticles Synthesized via Co-precipitation Method at Different pH, *Phys. B Condens. Matter* **472**, 66–77.
- [18] J.J.W. Lagendijk (2000), Hyperthermia Treatment Planning, *Phys. Med. Biol* **45**, R61.
- [19] A. Chalkidou, K. Simeonidis, M. Angelakeris, T. Samaras, C. Martinez-Boubeta, L. Balcells, K. Papazisis, C. Dendrinou-Samara, O. Kalogirou, O (2011), In-vitro Application of Fe/MgO Nanoparticles as Magnetically Mediated Hyperthermia Agents for Cancer Treatment, *J. Magn. Magn. Mater* **323**, 775–780.
- [20] E.F. Westrum, F. Grønvold (1969), Magnetite (Fe_3O_4) Heat Capacity and Thermodynamic Properties from 5 to 350 K, Low-Temperature Transition, *J. Chem. Thermodyn* **1**, 543–557
- [21] R.R. Shah, T.P. Davis, A.L. Glover, D.E. Nikles, C.S. Brazel (2015), Impact of Magnetic Field Parameters and Iron Oxide Nanoparticle Properties on Heat Generation for Use in Magnetic Hyperthermia, *J. Magn. Magn. Mater* **387**, 96–106.

PENGARUH KONSENTRASI DOPING ZN TERHADAP SIMPANGAN DAN MEDAN MAGNET AMBANG FEROGEL $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA

Muchlis Fajar Hidayat¹, Neni Suryani¹, Chusnana Insjaf Yogihati¹, Ahmad Taufiq¹,
Sunaryono^{1,*}

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan
Semarang No 5, Malang, 65145, Indonesia

*Email Koresponding Penulis: sunaryono.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Ferogel berbahan dasar Fe_3O_4 (magnetit) dan hidrogel *Polyvinyl Alcohol* (PVA) telah berhasil disintesis dengan penambahan ion Zn^{2+} ke dalam partikel magnetit sehingga menjadi $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ melalui proses *freezing-thawing*. Magnetit diperoleh dari pasir besi dengan metode sonokimia. Karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari ferogel. Pengujian magneto-elastisitas juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi doping terhadap respon magnetik ferogel yang diukur melalui besarnya nilai simpangan dan medan magnet ambang ferogel, diperoleh hasil bahwa semakin banyak doping maka akan menurunkan sifat elastisitas dan respon magnetik ferogel.

Kata Kunci: $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA, ferogel, sonokimia, *freezing thawing*, magneto-elastisitas.

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang partikel nano magnetik mampu menciptakan partikel baru berbentuk gel atau ferogel. Ferogel merupakan kombinasi sifat magnetik dari *filler* magnet dan sifat elastik dari hidrogel [1]. Ferogel dapat diaplikasikan dalam bidang biomedis, seperti otot buatan, *drug delivery*, dll [2]. Keunikan yang dimiliki ferogel baik dari bentuk dan sifatnya membuat material ini terus dikembangkan.

Ferogel difabrikasi dengan melarutkan partikel nano magnetik dalam polimer. Partikel nano magnetik yang digunakan berasal dari sintesis pasir besi dengan metode sonokimia hingga menghasilkan Fe_3O_4 dalam ukuran nanometer. Pada penelitian ini, partikel nano magnetik dikombinasikan dengan Zn sehingga menjadi partikel nano $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$. Pendopingan ini bertujuan untuk memperoleh partikel baru dalam ukuran dan distribusi nano. Partikel dengan ukuran nano mengindikasikan bahwa partikel tersebut bersifat superparamagnetik[3].

Polimer yang dapat digunakan untuk sintesis ferogel beraneka macam diantaranya, *Polyvinyl Alcohol* (PVA), *Carboxymethyl Starch Sodium* (CMS), *Poly(N-Isopropylacrylamide)* (PNIPAM), *poly(N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide)*, *Poly(acrylic acid)* (PAA) dan lain sebagainya [4]–[6]. Akan tetapi pada penelitian ini, polimer yang digunakan adalah PVA. Karakteristik PVA diantaranya pembentuk gel, derajat hidrolisis yang tinggi, biokompatibilitas yang tinggi dan daya tahan kimia yang baik [7], serta bersifat *non toxic* sehingga cocok untuk aplikasi *drug delivery* [8]. Penggunaan PVA pada topik penelitian ini akan menghasilkan ferogel berbasis $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA. Kajian lebih mendalam tentang sifat mekanik ferogel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh *filler* $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ terhadap kepekaan medan magnet. Karakterisasi FTIR pada ferogel dilakukan untuk mengkonfirmasi material penyusun ferogel telah terdapat didalamnya yang mengindikasikan sintesis ferogel telah sukses dilakukan. Selain itu uji magneto-elastisitas juga dilakukan untuk mengetahui respon ferogel terhadap medan magnet luar yang diinterpretasikan melalui simpangan yang terjadi saat ferogel didekatkan ke magnet permanen.

2. Metode Penelitian

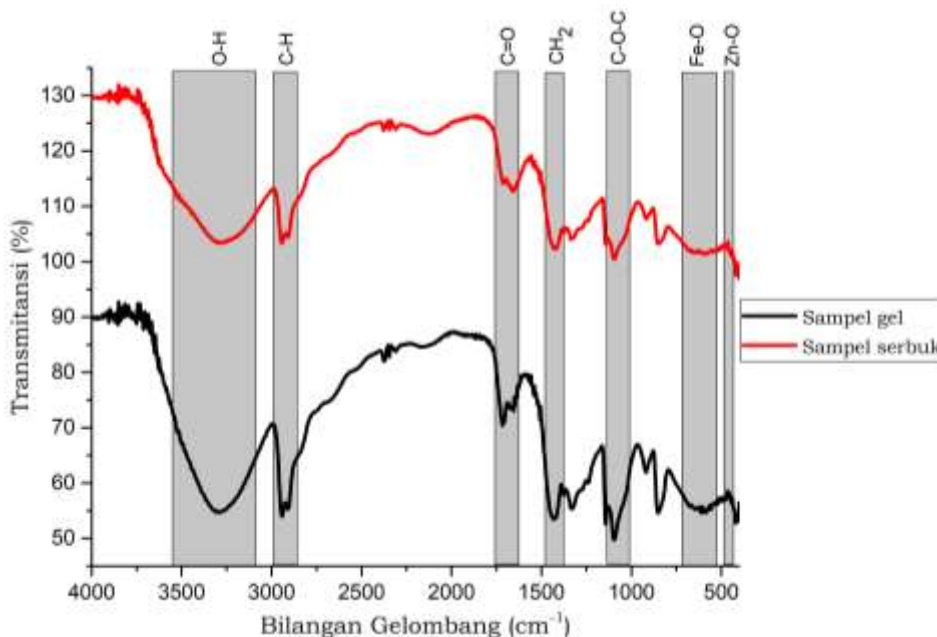
Bahan dasar yang digunakan adalah pasir besi dari pantai Sine, Tulungagung, Jawa Timur dan kemudian diseparaasi hingga beberapa kali menggunakan magnet permanen guna memperoleh Fe_3O_4 dengan kemurnian yang tinggi. Penelitian yang hampir sama telah dilakukan sebelumnya oleh [1] dalam upaya memperoleh partikel nano magnetik. Pasir besi yang telah diseparaasi dilarutkan dalam HCl (12M) selama 20 menit, kemudian disaring. Selanjutnya larutan hasil saringan dicampur dengan ZnCl_2 dan ditetesi NH_4OH (6,5 M) sedikit demi sedikit hingga 25 mL. Proses tersebut dilakukan dalam sonikator selama 1 jam hingga menghasilkan endapan berwarna hitam. Endapan dicuci berulang-ulang dengan akuades hingga pH 7. Kemudian endapan disaring dengan kertas saring.

Sedangkan untuk sintesis fero gel dilakukan dengan mencampurkan PVA dan air dengan perbandingan 23:100 pada suhu 70-90 °C selama 30 menit seperti yang pernah dilakukan sebelumnya [2], [3]. Selanjutnya dicampurkan dengan endapan Fe_3O_4 dan diaduk hingga homogen, kemudian dicetak dan dimasukkan dan dikeluarkan dalam lemari es secara berulang-ulang hingga terbentuk gel yang diinginkan. Karakterisasi menggunakan FTIR dan magneto-elastisitas. Serta pengujian magneto elastisitas dengan menggunakan magnet permanen.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji *Fourier Transform IR*

Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional dari suatu senyawa atau partikel. Hasil uji FTIR dari $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA ditampilkan pada Gambar 1. Puncak vibrasi yang merupakan karakteristik dari $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ yaitu terdapatnya gugus fungsi Fe-O dan Zn-O. Gugus Fungsi Fe-O terdapat pada daerah bilangan gelombang 1000-500 cm^{-1} [9], [10]. Berdasarkan hasil FTIR tersebut gugus fungsi Fe-O teramati pada bilangan gelombang 590 cm^{-1} [11]. Gugus fungsi O-H dan H-O-H teramati pada vibrasi 3240 dan 1620 cm^{-1} [12]. Vibrasi O-H juga teramati pada vibrasi $\sim 3439,4$ cm^{-1} [13]. Sedangkan untuk vibrasi Zn-O teramati sekitar 462 cm^{-1} , 468 cm^{-1} dan 474 cm^{-1} [14]. Puncak-puncak vibrasi yang merupakan karakteristik partikel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ sudah teramati dengan baik.



Gambar 1. Hasil Uji FTIR Fero gel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA

Puncak-puncak vibrasi yang merupakan karakteristik dari hidrogel PVA yang teramati adalah sebagai berikut. Puncak vibrasi C-H teramati pada bilangan gelombang 2840-3000 cm^{-1} [15]. Ikatan rangkap C=O teramati pada vibrasi 1750-1735 cm^{-1} , vibrasi CH_2 teramati pada 1461-1417 cm^{-1} [16]. C-O-C teramati pada 1150-1085 cm^{-1} [17]. Vibrasi O-H dan C-O teramati pada 3428 cm^{-1} dan 1735 cm^{-1} [18].

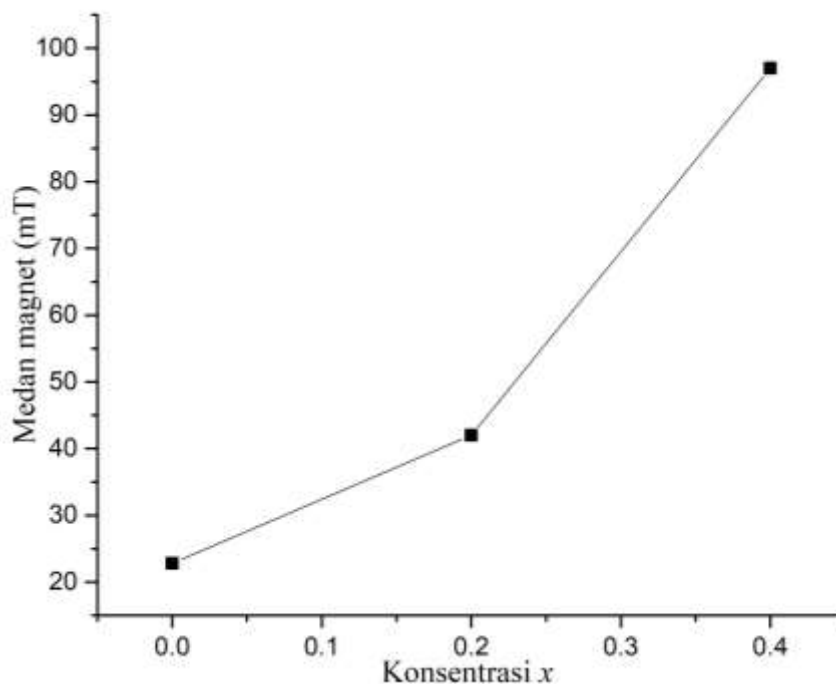
Hasil Uji Magneto Elastisitas Ferogel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA

Pengujian magneto elastisitas ferogel dilakukan dengan cara memberikan medan magnet luar sebesar 400 mT pada ferogel. Pemberian medan tersebut bertujuan untuk mengetahui besar elastisitas dan respon magnetic ferogel dimana ketika diberi medan magnet luar maka akan mengalami deformasi dan akan kembali lagi ke bentuk semula ketika medan magnet diiadakan [19]. Pengujian magneto elastisitas dilakukan dengan variasi konsentrasi doping $x = 0$; 0,2 dan 0,4. Hasil pengujian elastisitas ferogel akibat pengaruh doping Zn ditunjukkan pada Tabel 1.

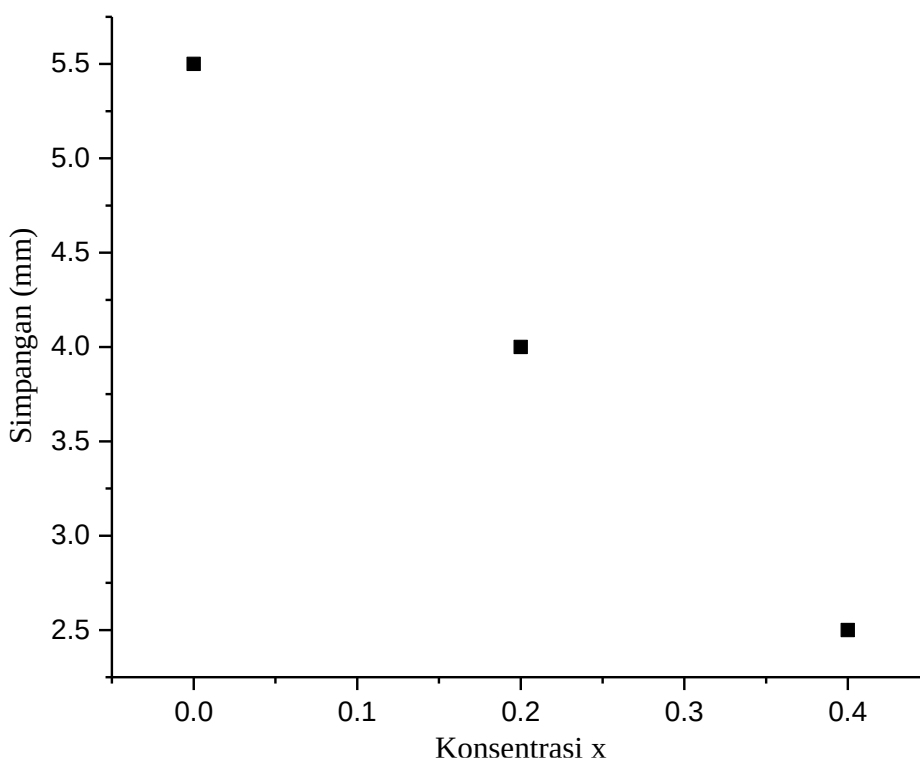
Tabel 1. Pengaruh Doping Zn terhadap Pemuluran Ferogel

Sampel	Simpangan (mm)	Medan Magnet (mT)
$x = 0$	5,5	22,8
$x = 0,2$	4,0	42,0
$x = 0,4$	2,5	97,0

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh doping Zn terhadap magneto elastisitas dapat dilihat bahwa bertambahnya nilai x mengakibatkan simpangan ferogel berkurang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan medan magnet yang dihasilkan semakin besar seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin bertambahnya doping maka kepekaan terhadap medan magnet berkurang.



Gambar 2. Grafik Hubungan Konsentrasi Doping dengan Medan Magnet pada Simpangan Ferogel



Gambar 3. Grafik Hubungan Konsentrasi *Doping* dengan Simpangan Ferogel

4. Kesimpulan

Pengaruh doping Zn terhadap elastisitas ferogel menunjukkan hasil bahwa bertambahnya nilai konsentrasi x mengakibatkan penyimpangan ferogel berkurang dan besar medan magnet ambang meningkat, hal ini menunjukkan bahwa Zn mengurangi sifat kemagnetan dari ferogel jika konsentrasinya besar.

Daftar Rujukan

- [1] S. Sunaryono, A. Taufiq, N. Nurdin, and D. Darminto, "Kontribusi Filler Magnetik Fe₃O₄ pada Efek Histerisis Magneto-Elastisitas Komposit Ferogel," *J. Fis. Dan Apl.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–41, 2013.
- [2] J. S. Gonzalez, C. E. Hoppe, D. Muraca, F. H. Sánchez, and V. A. Alvarez, "Synthesis and characterization of PVA ferrogels obtained through a one-pot freezing–thawing procedure," *Colloid Polym. Sci.*, vol. 289, no. 17–18, pp. 1839–1846, 2011.
- [3] N. N. Reddy, S. Ravindra, N. M. Reddy, V. Rajinikanth, K. M. Raju, and V. S. Vallabhapurapu, "Temperature responsive hydrogel magnetic nanocomposites for hyperthermia and metal extraction applications," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 394, pp. 237–244, 2015.
- [4] L. Zhou, B. He, and F. Zhang, "Facile one-pot synthesis of iron oxide nanoparticles cross-linked magnetic poly (vinyl alcohol) gel beads for drug delivery," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 4, no. 1, pp. 192–199, 2011.
- [5] T. Caykara, D. Yörük, and S. Demirci, "Preparation and characterization of poly (N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide) ferrogel," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 112, no. 2, pp. 800–804, 2009.
- [6] O. Moscoso-Londoño *et al.*, "Structural and magnetic behavior of ferrogels obtained by freezing thawing of polyvinyl alcohol/poly (acrylic acid)(PAA)-coated iron oxide nanoparticles," *Eur. Polym. J.*, vol. 49, no. 2, pp. 279–289, 2013.



- [7] T. Sunaryono, I. Munaji, and Z. Triwikantoro, "Magneto-elasticity in hydrogels containing Fe₃O₄ nanoparticles and their potential applications," in *American Institute of Physics Conference Series*, 2013, vol. 1555, pp. 53–56.
- [8] J. S. Gonzalez *et al.*, "Simple and Efficient Procedure for the Synthesis of Ferrogels Based on Physically Cross-Linked PVA," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 53, no. 1, pp. 214–221, 2013.
- [9] Z. Mo, C. Zhang, R. Guo, S. Meng, and J. Zhang, "Synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles using controlled ammonia vapor diffusion under ultrasonic irradiation," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 50, no. 6, pp. 3534–3539, 2011.
- [10] F. Wang *et al.*, "Synthesis and characterization of superparamagnetic Fe₃O₄ nanoparticles modified with oleic acid," *Integr. Ferroelectr.*, vol. 153, no. 1, pp. 92–101, 2014.
- [11] E. Bertolucci *et al.*, "Chemical and magnetic properties characterization of magnetic nanoparticles," in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2015 IEEE International*, 2015, pp. 1492–1496.
- [12] J. Liu, Y. Bin, and M. Matsuo, "Magnetic behavior of Zn-doped Fe₃O₄ nanoparticles estimated in terms of crystal domain size," *J. Phys. Chem. C*, vol. 116, no. 1, pp. 134–143, 2011.
- [13] J. Sun *et al.*, "Synthesis and characterization of biocompatible Fe₃O₄ nanoparticles," *J. Biomed. Mater. Res. A*, vol. 80, no. 2, pp. 333–341, 2007.
- [14] B. N. Dole *et al.*, "Structural studies of Mn doped ZnO nanoparticles," *Curr. Appl. Phys.*, vol. 11, no. 3, pp. 762–766, 2011.
- [15] S. Bonakdar, S. H. Emami, M. A. Shokrgozar, A. Farhadi, S. A. H. Ahmadi, and A. Amanzadeh, "Preparation and characterization of polyvinyl alcohol hydrogels crosslinked by biodegradable polyurethane for tissue engineering of cartilage," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 30, no. 4, pp. 636–643, 2010.
- [16] S. Bhattacharya, K. Jenamoni, and S. Nayar, "Stability of biomimetic ferrofluids established by a systematic study using microwave irradiation at defined wattages," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 324, no. 20, pp. 3261–3266, 2012.
- [17] H. S. Mansur, C. M. Sadahira, A. N. Souza, and A. A. Mansur, "FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 28, no. 4, pp. 539–548, 2008.
- [18] M. N. Nadagouda and R. S. Varma, "Microwave-Assisted Synthesis of Crosslinked Poly (vinyl alcohol) Nanocomposites Comprising Single-Walled Carbon Nanotubes, Multi-Walled Carbon Nanotubes, and Buckminsterfullerene," *Macromol. Rapid Commun.*, vol. 28, no. 7, pp. 842–847, 2007.
- [19] P. Cremer, H. Löwen, and A. M. Menzel, "Superelastic stress–strain behavior in ferrogels with different types of magneto-elastic coupling," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 18, no. 38, pp. 26670–26690, Sep. 2016.

PENGARUH DOPING ZN DAN KONSENTRASI *FILLER* PARTIKEL NANO $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ TERHADAP PEMULURAN FEROGEL $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA

Mimin Nurul Kholifah¹, Neni Suryani¹, Chusnana Insjaf Yogihati¹,
Ahmad Taufiq¹, Sunaryono^{1,*}

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang,
Jalan Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

*Email Koresponding Penulis: sunaryono.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan ferogel dalam bidang biomedis, seperti pengantar obat (*drug delivery*), pembalut luka, dan otot buatan terus dikembangkan. Salah satu kajian tentang pemanfaatan ferogel tersebut adalah fabrikasi ferogel dengan bahan *filler* $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$. Partikel nano $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ berhasil disintesis menggunakan metode sonokimia berbasis pasir besi lokal. Pendopongan ion Zn^{2+} ke dalam partikel Fe_3O_4 menjadi partikel nano $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ bertujuan untuk memperoleh partikel baru dengan sifat magnetik dan sifat mekanik yang unik. Hidrogel *Polyvinyl Alcohol* (PVA) merupakan bahan matrik yang digunakan dalam pembuatan ferogel. Ferogel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA berhasil difabrikasi menggunakan metode *freezing-thawing*. Pengaruh doping Zn terhadap elastisitas ferogel dapat diketahui melalui pengujian magneto elastisitas. Hasil pengujian magneto elastisitas menunjukkan bahwa sampel ferogel yang diisi dengan filler $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ untuk variasi doping Zn menghasilkan respon mekanik berbeda. Ferogel dengan doping Zn = 0 menghasilkan pemuluran maksimum sebesar 0,5 cm, sedangkan untuk doping Zn = 0,2 diperoleh pemuluran sebesar 0,3 cm. Dengan demikian, penambahan doping Zn sebesar 0,2 tidak cukup efektif untuk meningkatkan respon mekanik dari ferogel.

Kata Kunci: $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$, PVA, ferogel, sonokimia, *freezing thawing*, magneto-elastisitas.

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang partikel nano magnetik mampu menciptakan partikel baru berbentuk gel atau ferogel. Ferogel merupakan kombinasi sifat magnetik dari *filler* magnet dan sifat elastik dari hidrogel [1]. Ferogel dapat diaplikasikan dalam bidang biomedis, seperti otot buatan, dan *drug delivery* [2]. Keunikan yang dimiliki ferogel baik dari bentuk dan sifatnya membuat material ini terus dikembangkan.

Ferogel difabrikasi dengan melarutkan partikel nano magnetik dalam polimer. Partikel nano magnetik dihasilkan dari sintesis pasir besi dengan metode sonokimia hingga menghasilkan Fe_3O_4 dalam ukuran nanometer. Pada penelitian ini, partikel nano magnetik dikombinasikan dengan Zn sehingga menjadi partikel nano $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$. Pendopongan ini bertujuan untuk memperoleh partikel baru dalam ukuran dan distribusi nano. Partikel dengan ukuran nano mengindikasikan bahwa partikel tersebut bersifat superparamagnetik [3].

Polimer yang dapat digunakan untuk sintesis ferogel beraneka macam diantaranya, *Polyvinyl Alcohol* (PVA), *Carboxymethyl Starch Sodium* (CMS), *Poly(N-Isopropylacrylamide)* (PNIPAM), *Poly(N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide)*, *Poly(acrylic acid)* (PAA) dan lain sebagainya [4–6]. Akan tetapi pada penelitian ini, polimer yang digunakan adalah PVA. Karakteristik PVA diantaranya pembentuk gel, derajat hidrolisis yang tinggi, biokompatibilitas yang tinggi dan daya tahan kimia yang baik [7], serta berdifat *non toxic* sehingga cocok untuk aplikasi *drug delivery* [8]. Penggunaan PVA pada topik penelitian ini akan menghasilkan ferogel berbasis $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA. Kajian lebih mendalam tentang sifat

mekanik fero gel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh *filler* $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ terhadap kepekaan medan magnet.

2. Metode Penelitian

Bahan dasar yang digunakan adalah pasir besi dari pantai Sine, Tulungagung, Jawa Timur dan kemudian disepara menggunakan magnet permanen guna memperoleh Fe_3O_4 dengan kemurnian yang tinggi. Pasir besi yang telah disepara dilarutkan dalam HCl (12M) selama 20 menit, kemudian disaring. Selanjutnya larutan hasil saringan dicampur dengan ZnCl_2 dan ditetesi NH_4OH (6,5 M) sedikit demi sedikit hingga 25 mL. Proses tersebut dilakukan dalam sonikator selama 1 jam hingga menghasilkan endapan berwarna hitam. Endapan dicuci berulang-ulang dengan akuades hingga pH 7. Kemudian endapan disaring dengan kertas saring.

Sintesis fero gel dilakukan dengan mencampurkan PVA dan air dengan perbandingan 23:100 pada suhu 70- 90 °C selama 30 menit. Selanjutnya dicampurkan dengan endapan Fe_3O_4 dan diaduk hingga homogen, kemudian dicetak dan dimasukkan dan dikeluarkan dalam lemari es secara berulang-ulang hingga terbentuk gel yang diinginkan. Karakterisasi dilakukan dengan pengujian magneto elastisitas dengan menggunakan magnet permanen.

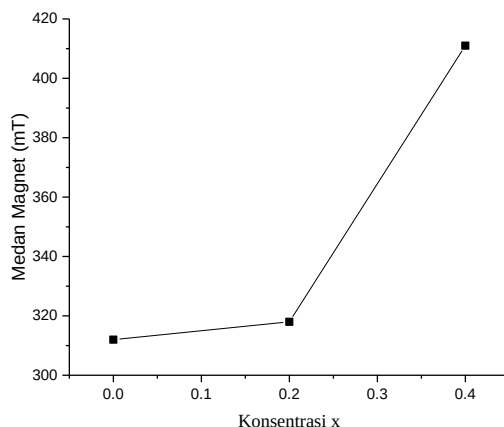
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh doping Zn dan Konsentrasi Filler Terhadap Elastisitas Fero gel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA

Elastisitas merupakan salah satu ciri khusus fero gel akibat kandungan hidro gel dari polimer yang bersifat elastis. Pengujian elastisitas dari fero gel menghasilkan data berupa besar pemuluran akibat pengaruh medan magnet luar. Pengukuran dilakukan dengan memvariasi konsentrasi doping dan variasi *filler* magnetik. Sebelum dilakukan karakterisasi pemuluran fero gel akibat pengaruh medan magnet luar, perlu dilakukan pengujian batas ambang medan magnet fero gel saat mulai menyimpang.

Tabel 1. Pengaruh Doping Zn terhadap Pemuluran Fero gel dengan Medan Magnet Maksimum 400 mT

Sampel	Pemuluran (cm)	Medan Magnet (mT)
x = 0	0,5	312
x = 0,2	0,3	318
x = 0,4	0,3	411

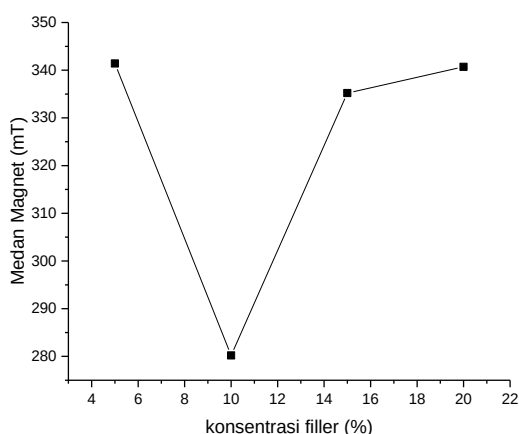


Gambar 1. Grafik Hubungan Konsentrasi Doping dengan Medan Magnet pada Pemuluran Ferogel

Terbukti pada Tabel 1 bertambahnya nilai x mengakibatkan pemuluran ferogel berkurang dan medan magnet yang dihasilkan semakin besar. Seperti halnya ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin bertambahnya doping maka kepekaan terhadap medan magnet berkurang. Akan tetapi, besar pemuluran pada $x = 0,2$ dan $0,4$ bernilai sama. Hal ini dikarenakan partikel yang berukuran nano sehingga perubahan pemulurannya tidak terlihat jelas.

Tabel Pengaruh Konsentrasi *filler* Partikel nano $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ dengan doping Zn $x = 0,2$

Konsentrasi Filler (%)	Pemuluran (cm)	Medan Magnet (mT)
5	2	341,4
10	5	280,2
15	2	335,2
20	2	340,7



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi *Filler* dengan Medan Magnet pada Pemuluran Ferogel

Pada Tabel 2 menjelaskan tentang semakin bertambahnya *filler* diperoleh medan magnet ambang semakin kecil atau kuat tarik ferogel oleh medan magnet luar semakin kuat [7]. Dengan bertambahnya konsentrasi bahan magnetik maka respon magnetnya juga akan meningkat. Akan tetapi, nilai yang diperoleh dari penelitian masih belum sesuai

dengan teori. Hal ini bisa dikarenakan keadaan sampel yang kurang homogen. Dapat dilihat pada Grafik 2 bahwa pada konsentrasi 5%, 15% dan 20% besar pemulurannya sama, sedangkan pada konsentrasi 10% mempunyai pemuluran terbesar. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan *filler* magnetik mampu meningkatkan sensitivitas medan magnet [1]. Besar pemuluran berhubungan dengan medan magnet yang diperoleh. Keberadaan PVA dan partikel nano magnetik sangat berpengaruh terhadap pemuluran dan besar strain dari ferogel.

4. Kesimpulan

Pengaruh doping Zn terhadap pemuluran diperoleh bahwa bertambahnya nilai x mengakibatkan pemuluran ferogel berkurang dan besar medan magnet ambang meningkat, hal ini menunjukkan bahwa Zn mengurangi sifat kemagnetan dari ferogel jika konsentrasinya besar.

Daftar Rujukan

- [1] S. Sunaryono, A. Taufiq, N. Nurdin, and D. Darminto, "Kontribusi Filler Magnetik Fe_3O_4 pada Efek Histerisis Magneto-Elastisitas Komposit Ferogel," *J. Fis. Dan Apl.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–41, 2013.
- [2] J. S. Gonzalez, C. E. Hoppe, D. Muraca, F. H. Sánchez, and V. A. Alvarez, "Synthesis and characterization of PVA ferrogels obtained through a one-pot freezing–thawing procedure," *Colloid Polym. Sci.*, vol. 289, no. 17–18, pp. 1839–1846, 2011.
- [3] N. N. Reddy, S. Ravindra, N. M. Reddy, V. Rajinikanth, K. M. Raju, and V. S. Vallabhapurapu, "Temperature responsive hydrogel magnetic nanocomposites for hyperthermia and metal extraction applications," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 394, pp. 237–244, 2015.
- [4] L. Zhou, B. He, and F. Zhang, "Facile one-pot synthesis of iron oxide nanoparticles cross-linked magnetic poly (vinyl alcohol) gel beads for drug delivery," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 4, no. 1, pp. 192–199, 2011.
- [5] T. Caykara, D. Yörük, and S. Demirci, "Preparation and characterization of poly (N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide) ferrogel," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 112, no. 2, pp. 800–804, 2009.
- [6] O. Moscoso-Londoño *et al.*, "Structural and magnetic behavior of ferrogels obtained by freezing thawing of polyvinyl alcohol/poly (acrylic acid)(PAA)-coated iron oxide nanoparticles," *Eur. Polym. J.*, vol. 49, no. 2, pp. 279–289, 2013.
- [7] S. Sunaryono, M. Munaji, and T. Triwikantoro, "Magneto-elasticity in hydrogels containing Fe_3O_4 nanoparticles and their potential applications," in *American Institute of Physics Conference Series*, 2013, vol. 1555, pp. 53–56.
- [8] J. S. Gonzalez *et al.*, "Simple and Efficient Procedure for the Synthesis of Ferrogels Based on Physically Cross-Linked PVA," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 53, no. 1, pp. 214–221, 2013.

PENGARUH VARIASI PEMANASAN TERHADAP STRUKTUR KRISTAL NANOPARTIKEL ZNO

Habibatun Nurul Ulya^{1,*}, ST. Ulfawanti Intan Subadra¹, Ahmad Taufiq¹, Sunaryono¹

¹Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang 65145 Indonesia

*Email: habibatunulya@yahoo.co.id

Abstrak

Dalam artikel ini dilaporkan sintesis nanopartikel ZnO dengan metode kopresipitasi. Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan Difraktometer Sinar-X (XRD). Analisis data XRD dilakukan dengan menggunakan program Rietica untuk mengetahui karakteristik struktur kristal. Hasil analisis data XRD menunjukkan bahwa pemanasan sampel pada suhu 100 °C tidak ditemukan adanya kandungan nanopartikel ZnO, sedangkan pemanasan pada suhu 200 °C memiliki kandungan nanopartikel ZnO sebesar 76,2% dengan impuritas simonkolleite sebesar 23,8%. Lebih lanjut, pemanasan sampel pada suhu 300 °C ditemukan adanya nanopartikel ZnO sebesar 61,6% dengan impuritas simonkolleite sebesar 38,4%. Nilai ukuran kristal sampel pada suhu 100 °C, 200 °C, dan 300 °C secara berturut-turut sebesar 18 nm, 23,4 nm, dan 20,5 nm.

Kata Kunci: ZnO, nanopartikel, struktur kristal, pemanasan, impuritas.

1. Pendahuluan

Kemajuan penelitian nanoteknologi menjadi salah satu isu penting di dunia saat ini [1]. Salah satu perkembangan material terbaru terkait nanoteknologi yaitu nanomaterial [2]. Nanomaterial merupakan partikel yang berukuran nanometer berkisar antara 1 – 100 nm [3 - 5]. Pada saat ini, penelitian dalam bidang nanopartikel menjadi kajian yang menarik karena nanopartikel menunjukkan sifat yang unik. Secara khusus, material dengan ukuran nanometer memiliki sifat yang berbeda dari material asalnya dikarenakan material tersebut lebih mendekati ukuran struktur atom penyusunnya [2, 6]. Dengan demikian, material nanopartikel mampu memberikan nilai tambah suatu material, mencapai kemajuan teknologi yang efisien, hemat dan ramah lingkungan [6]. Salah satu material yang banyak disintesis menjadi nanopartikel adalah *Zinc Oxide* (ZnO).

ZnO merupakan material semikonduktor logam tipe-n golongan II-VI yang memiliki lebar *band-gap* (3,37 eV) serta energi eksitasi yang luas (60 MeV) [4, 7]. ZnO adalah material yang relatif lunak dengan kekerasan sekitar 4,5 pada skala Mohs [2]. Struktur kristal ZnO terdiri atas tiga bentuk yaitu *wurtzite*(B4), *zinc blende*(B3), dan *rocksalt*(B1) [7 – 9]. Struktur ZnO adalah heksagonal yang memiliki *space group* P 6₃ mc (Hermann-Mauguin notasi) atau C6v (Schoenflies notasi). Konstanta kisi $a = b = 3,25 \text{ \AA}$ dan $c = 5,2 \text{ \AA}$; rasio $c/a \approx 1,60$ dekat dengan nilai yang ideal untuk $c/a = 1,633$ [2, 7, 8].

Zinc Oxide tergolong material anorganik yang unik dan menjadi kunci pada penelitian yang luas karena fitur karakteristik yang menguntungkan dan aplikasi baru dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknologi [10]. ZnO memiliki sifat ramah lingkungan, memiliki kestabilan kimia yang baik, fotokatalis tinggi, kapasitas degradasi yang unggul, tidak beracun, antibakteri, non-toxic pada konsentrasi yang rendah dan dapat digunakan sebagai aditif kedalam berbagai bahan serta ketersediaan di alam yang sangat melimpah menyebabkan harganya murah [7, 11, 12].

Adanya sifat material ZnO yang menjanjikan membawa konsekuensi material ini dapat dikembangkan dalam berbagai bidang seperti sensor, solar cell, optoelektronik, perangkat listrik dan optik, desinfeksi air, antibakteri, bahan aditif kosmetik serta drug delivery [3, 4, 13]. Upaya untuk mensintesis material nanopartikel ZnO telah banyak dilakukan. Beberapa metode yang selama ini cukup sering digunakan antara lain kimiawi basah, *spray pyrolysis*, solvothermal, *Vapour Phase Method* (VPM), *Physical Vapor Deposition* (PVD), *Chemical Vapor Deposition* (CVD), *mechanical alloying*, *spin coating*, hidrotermal, sol gel, kopresipitasi, *solid state* [2, 4, 14]. Namun pada penelitian sebelumnya untuk mendapatkan nanopartikel ZnO dilakukan dengan metode yang menggunakan temperatur yang cukup tinggi dengan pemanasan pada temperatur 500 °C, 600 °C, dan 700 °C [5, 15].

Metode kopresipitasi merupakan metode sintesis senyawa anorganik didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersamaan ketika melewati titik jenuh. Kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu relatif lebih singkat. Dengan metode kopresipitasi ini diharapkan produk memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan lebih homogen [2].

Pada penelitian ini dilaporkan sintesis nanopartikel ZnO dengan menggunakan metode kopresipitasi yang prosesnya menggunakan suhu rendah, dimana pada penelitian sebelumnya nanopartikel ZnO didapatkan dengan pemanasan pada temperatur cukup tinggi. Zat pengendap yang digunakan yaitu basa NH₄OH dan pelarut yang digunakan untuk melarutkan serbuk zink klorida (ZnCl₂) yaitu Aquades. Karakterisasi dilakukan dengan uji difraksi sinar-X (XRD). Hasil keluaran X-Ray Diffractometry dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Match! untuk identifikasi fasa dan Rietica untuk menganalisis hasil data XRD serta Diamond untuk mengetahui bentuk struktur kristal.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk zink klorida (ZnCl₂), larutan Aquades dan NH₄OH. Pelarut serbuk zink klorida (ZnCl₂) dengan berat 3 gr ditambahkan 50 ml pelarut Aquades, kemudian dilakukan pengadukan dengan menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit hingga larutan homogen. Selanjutnya dilakukan penambahan larutan NH₄OH sedikit demi sedikit hingga pH 10 selama 1 jam, kemudian diperoleh hasil cairan berwarna putih susu (milky solution). Selanjutnya dicuci dengan Aquades dan etanol hingga pH 7 [15, 16], kemudian dikeringkan dengan memvariasi suhu 100 °C, 200 °C dan 300 °C. Karakterisasi serbuk hasil sintesis menggunakan metode kopresipitasi dilakukan dengan uji difraksi sinar-X (XRD) dengan sumber radiasi CuK α ($\lambda = 1.54 \text{ \AA}$) dan sudut 2θ antara 20-80°. Dari Hasil uji Difraksi Sinar-X diperoleh informasi berupa struktur kristal yang terbentuk.

Analisis Rietveld merupakan analisis lanjut dari karakterisasi difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui karakter fisis dari material secara kuantitatif yang menggunakan program Rietica. Pada analisis ini ZnO dibuat berdasarkan model dari AMCSO 0005203. Untuk memperjelas gambar struktur kristal dilakukan menggunakan software Diamond. Setelah itu dianalisis dengan software Match untuk mengetahui berapa prosentase fasa yang terbentuk. Analisis ukuran kristal dilakukan menggunakan persamaan Scherrer [14].

$$D = \frac{k \lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

Dimana

β = full width at half maximum (FWHM) dalam radian.

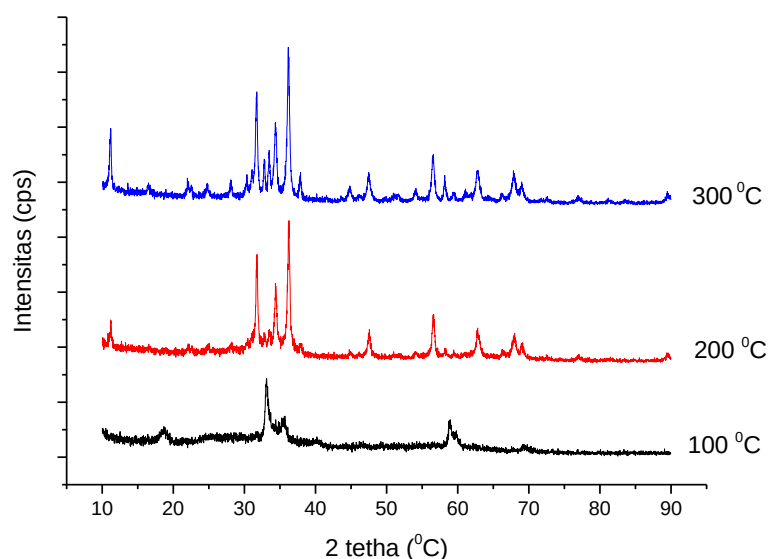
K = bentuk faktor, yang mana nilainya diambil pada kisaran 0,9.

λ = panjang gelombang X-ray (radiasi CuK λ , 0.154 nm)

θ = sudut difraksi pada fase (hkl)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan informasi dari pola difraksi XRD, puncak standar ZnO nanopartikel dari database code AMCS D 0005203 terdeteksi pada 2θ = 31.75; 34.41; 36.23; 47.54; 56.57; 62.83; 67.93; 69.03 [15, 16]. Puncak – puncak ini terindeks sebagai puncak heksagonal ZnO (wurtzite) dengan indeks miller [100], [002], [101], [102], [110], [103], [112], [201] [16]. Dari pola difraksi XRD diatas terdeteksi adanya 2 fasa setelah dianalisa dengan software *match*, yang mengindikasikan masih terbentuk adanya impuritas [15]. Dengan bantuan software *match* terdeteksi bahwa pada suhu pemanasan 100 °C tidak ditemukan adanya kandungan ZnO, melainkan ditemukan adanya fasa ClO (Chlorine monoxide) sebesar 51,3% dan H₂O 48,7%. Selanjutnya, pada suhu pemanasan 200 °C ditemukan adanya ZnO murni sebesar 76,2% dan impuritas simonkolleite Zn₅(OH)₈Cl₂.H₂O sebesar 23,8%, sedangkan pada suhu pemanasan 300 °C ditemukan adanya nanopartikel ZnO murni sebesar 61,6% dan impuritas simonkolleite Zn₅(OH)₈Cl₂.H₂O sebesar 38,4% [15, 17]. Impuritas ini terbentuk dikarenakan kurang bersihnya proses pencucian serta rendahnya suhu pemanasan [15].



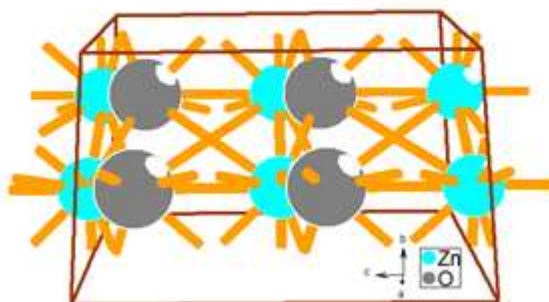
Gambar 1. pola XRD dari nanopartikel ZnO dengan variasi suhu pemanasan 100 °C, 200 °C dan 300 °C.

Berdasarkan karakterisasi XRD nanopartikel ZnO dengan suhu pemanasan 100 °C, 200 °C, dan 300 °C dihasilkan parameter kristalografi yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis refinement sampel penelitian

Sampel	Pola geometris kristal				Struktur kristal	Space Grup	Volume kristal ($\text{\AA}^3$)
	a ($\text{\AA}$)	b ($\text{\AA}$)	c ($\text{\AA}$)	c/a			
Suhu 200 $^{\circ}\text{C}$	3,2522	3,2522	5,2098	1,6019	Hexagonal	P 63 mc	47,72
Suhu 300 $^{\circ}\text{C}$	3,2526	3,2526	5,2095	1,6016	Hexagonal	P 63 mc	47,73
Database AMCSD 0005203	3,2494	3,2494	5,2038	1,6015	Hexagonal	P 63 mc	47,58

Pada sampel ZnO suhu 100 $^{\circ}\text{C}$ masih terdapat adanya kandungan air (H_2O) sehingga tidak dapat ditentukan model kristal [18]. Setelah mengetahui parameter struktur kristal, selanjutnya dapat menggambarkan struktur kristal dengan bantuan software *Diamond*. Karena perubahan dari konstanta kisi yang tidak terlalu besar maka penggambaran struktur kristal juga tidak terlalu berubah. Hal ini dapat dilihat pada hasil penggambaran struktur kristal dari seng oksida (ZnO) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.


Gambar 2. struktur kristal ZnO dengan menggunakan software *Diamond*

Pada Gambar 2, bulatan warna biru menunjukkan atom Zn (seng) dan warna abu-abu menunjukkan atom O (Oksigen). Dengan menggunakan nilai FWHM (Full Width at Half Maximum) dari puncak refleksi tertinggi yang diperoleh dari bantuan software origin serta dengan menggunakan metode Scherrer didapatkan ukuran butir pada sampel suhu 100 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 18 nm, sampel suhu 200 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 23,4 nm sedangkan sampel suhu 300 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 20,5 nm.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sampel dengan suhu pemanasan 100 $^{\circ}\text{C}$ belum ditemukan adanya fase ZnO, sedangkan di suhu 200 $^{\circ}\text{C}$ menghasilkan fasa ZnO sebesar 76.2 % serta ditemukan adanya kandungan fase simonkolleite $\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ sebesar 23,8%. Adanya perubahan dari konstanta kisi yang tidak terlalu besar maka penggambaran struktur kristal juga tidak terlalu berubah sehingga struktur kristal tetap berbentuk hexagonal. Namun pada sampel ZnO suhu 100 $^{\circ}\text{C}$ masih terdapat adanya kandungan air (H_2O) sehingga tidak dapat ditentukan model kristal. Variasi suhu pemanasan, menghasilkan ukuran butir yang berbeda, pada sampel suhu 100 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 18 nm, sampel suhu 200 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 23,4 nm sedangkan sampel suhu 300 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 20,5 nm.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada Laboratorium Nanomaterial Jurusan Fisika dan Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA UM untuk penggunaan fasilitas sintesis dan karakterisasi.

Daftar Rujukan

- [1] Purwanto, A.: Pembuatan Nanopartikel Seng Oksida (Zno) Menggunakan Proses Flame Assisted Spray Pyrolysis (Fasp). *Equilib. J. Chem. Eng.* 13, (2014)
- [2] Nurul Rosyidah, Sri Yani Purwaningsih, Darminto: Sintesis Nanopartikel ZnO dengan Metode Kopresipitasi. 2013. 1–7
- [3] Sharma, D., Rajput, J., Kaith, B.S., Kaur, M., Sharma, S.: Synthesis of ZnO nanoparticles and study of their antibacterial and antifungal properties. *Thin Solid Films*. 519, 1224–1229 (2010). doi:10.1016/j.tsf.2010.08.073
- [4] Shi, L.-E., Li, Z.-H., Zheng, W., Zhao, Y.-F., Jin, Y.-F., Tang, Z.-X.: Synthesis, antibacterial activity, antibacterial mechanism and food applications of ZnO nanoparticles: a review. *Food Addit. Contam. Part A*. 31, 173–186 (2014). doi:10.1080/19440049.2013.865147
- [5] Yan, Z., Xu, L., Han, J., Wu, Y.-J., Wang, W., Yao, W., Wu, W.: Transcriptional and posttranscriptional regulation and endocytosis were involved in zinc oxide nanoparticle-induced interleukin-8 overexpression in human bronchial epithelial cells. *Cell Biol. Toxicol.* 30, 79–88 (2014). doi:10.1007/s10565-014-9270-9
- [6] Nugroho, D., Akwalla, P., Rahman, T., Ikono, R.: Pengaruh Variasi pH Pada Sintesis Nanopartikel ZnO dengan Metode Sol-Gel. *Pros. Pertem. Ilm. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Bahan*. (2012)
- [7] Sutanto, H., Wibowo, S.: Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi). Telescope Semarang, Universitas Diponegoro
- [8] Neumark, G.F., Kuskovsky, I.L., Jiang, H.X. eds: Wide bandgap light emitting materials and devices. Wiley-VCH, Weinheim ; [Cambridge] (2007)
- [9] Ozgur, M., H.: Zinc Oxide Fundamentals, Materials and Device Technology. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA (2007)
- [10] Handoyo Raharjo, Didik Prasetyoko: Sintesis Partikel Nano ZnO dengan Metode Kopresipitasi dan Karakteristiknya. (2012)
- [11] Singh, S., Barick, K.C., Bahadur, D.: Fe₃O₄ embedded ZnO nanocomposites for the removal of toxic metal ions, organic dyes and bacterial pathogens. *J. Mater. Chem. A*. 1, 3325 (2013). doi:10.1039/c2ta01045c
- [12] Senthilkumar, S.R., Sivakumar, T.: Green tea (*Camellia sinensis*) mediated synthesis of zinc oxide (ZNO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities. *Int J Pharm Pharm Sci*. 6, 461–465 (2014)
- [13] Talebian, N., Amininezhad, S.M., Doudi, M.: Controllable synthesis of ZnO nanoparticles and their morphology-dependent antibacterial and optical properties. *J. Photochem. Photobiol. B*. 120, 66–73 (2013). doi:10.1016/j.jphotobiol.2013.01.004
- [14] Raoufi, D.: Synthesis and microstructural properties of ZnO nanoparticles prepared by precipitation method. *Renew. Energy*. 50, 932–937 (2013). doi:10.1016/j.renene.2012.08.076
- [15] Ningsih, S.K.W., Khair, M.: Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO Melalui Proses Sol-Gel untuk Bahan Solar-Cell. (2015)



- [16] Elango, M., Deepa, M., Subramanian, R., Mohamed Musthafa, A.: Synthesis, characterization of polyindole/AgZnO nanocomposites and its antibacterial activity. *J. Alloys Compd.* 696, 391–401 (2017). doi:10.1016/j.jallcom.2016.11.258
- [17] Cousy, S., Svobod, L., Zelenka, J.: Basic precipitation of simonkolleite nanoplatelets. In: *Proc. 5th International Conference NANOCON*. pp. 16–18 (2013)
- [18] Rahmawati, Intaningrum, Istadi: Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Heterogen SO₄²⁻- ZnO dan SO₄²⁻/ZnO Dengan Metode Kopresipitasi Dan Impregnasi Untuk Produksi Biodiesel Dari Minyak Kedelai. *Httpjournal-S1undipacidindexphptki*. 2 No 4, 243–252 (2013)

EKSPERIMEN DAN SIMULASI PERUBAHAN TEGANGAN TERHADAP PERUBAHAN MEDAN MAGNET

Aldila Puspitaningrum¹, Ahmad Taufiq¹, Arif Hidayat^{1,*}, Sunaryono¹, Samian²

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Airlangga, Jalan Sutorejo, Surabaya 60115, Indonesia.

***Email Koresponding Penulis:** arif.hidayat.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Riset dibidang material sains mengalami perkembangan pesat. Salah satunya dalam pengukuran medan magnet. Metode-metode pengukuran medan magnet terus dikembangkan untuk menemukan metode yang efektif dan efisien. Salah satu metode yang digunakan adalah mengamati perubahan besaran listrik terhadap perubahan medan magnet. Perubahan besaran listrik dalam penelitian ini berupa tegangan. Namun tidak semua besaran fisis dapat dieksperimentkan. Oleh karena itu dibutuhkan adanya simulasi. Simulasi perubahan besarnya tegangan terhadap pengaruh medan magnet dapat memberikan informasi yang tidak didapat secara eksperimen. Keterbatasan eksperimen tersebut antara lain tidak mempunya set eksperimen untuk mengetahui perubahan kecil medan magnet dan keterbatasan kekuatan medan magnet yang digunakan dalam eksperimen.

Kata Kunci: Eksperimen, simulasi, tegangan dan medan magnet.

1. Pendahuluan

Medan magnet adalah daerah yang ada di sekitar magnet dimana objek-objek magnetik lain dapat terpengaruh oleh gaya magnetismenya [1]. Medan magnet dapat dengan mudah ditemukan disekitar kita. Beberapa sumber medan magnet antara lain dari bumi [2], badai Matahari [3], perubahan cuaca [4] dan perangkat listrik sehari-hari [5].

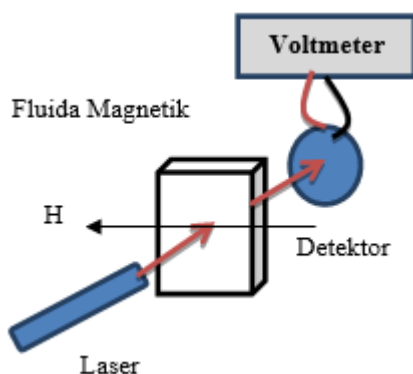
Selain memberikan dampak positif, medan magnet juga memiliki dampak negatif pada kehidupan. Beberapa penelitian menyatakan bahwa gelombang elektromagnetik bisa berpengaruh pada tubuh manusia [6–9]. Pengaruh tersebut beragam, tergantung seberapa besar frekuensi gelombang elektromagnetik. Semakin tinggi frekuensi gelombang elektromagnetik maka akan semakin besar pengaruhnya dalam mengganggu frekuensi resonan alami otak [10].

Dampak negatif inilah yang mendorong berkembangnya metode pengukuran medan magnet antara lain metode elektromekanik [11], listrik dan optik. Metode optik sering kali dikombinasi dengan menggunakan fluida magnetik Fe₃O₄. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan pengukuran medan magnet yang lebih akurat.

Perubahan medan magnet dapat terlihat dengan mengamati output berupa tegangan. Namun tidak dalam semua rentang medan magnet dapat terlihat perubahannya. Hal ini merupakan keterbatasan eksperimen. Oleh karena itu, selain eksperimen juga dibutuhkan adanya simulasi. Simulasi ini dapat mengatasi keterbatasan eksperimen dalam melakukan pengambilan data medan magnet dengan perubahan yang sangat kecil.

2. Metode Penelitian

Untuk mengukur medan magnet dengan mengamati tegangan, digunakan desain rancangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



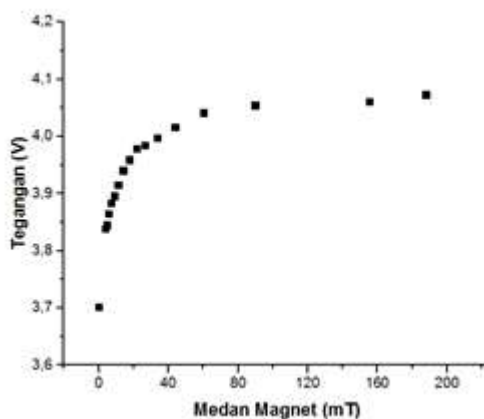
Gambar 1. Desain pengukuran medan magnet

Gambar 1 menunjukkan desain pengukuran medan magnet. Perubahan medan magnet dapat diketahui dengan mengamati besarnya tegangan pada voltmeter. Prinsip kerja dari desain tersebut adalah dengan memanfaatkan laser sebagai pembawa informasi. Laser yang ditembakkan pada fluida magnetik yang kemudian akan diteruskan pada detektor. Intensitas laser yang diteruskan pada detektor bervariasi tergantung dari besarnya medan magnet yang mempengaruhi pergerakan fluida magnetik. Keluaran detektor yang dapat diamati berupa tegangan.

Selain eksperimen, dilakukan juga simulasi untuk mengetahui rentang perubahan medan magnet yang tidak dapat dijangkau oleh eksperimen. Simulasi yang dilakukan menggunakan program Delphi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil eksperimen dengan menggunakan desain pada Gambar 1 adalah berupa grafik hubungan antara medan magnet dan tegangan yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

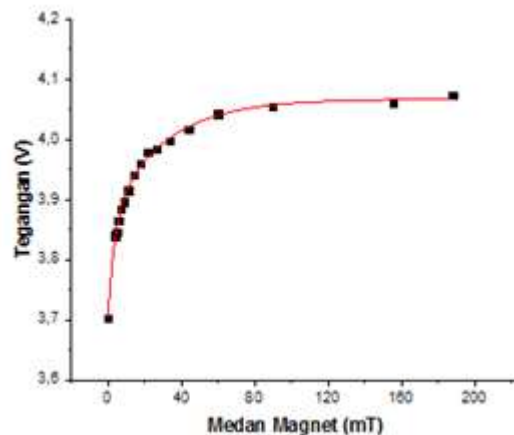


Gambar 2. Grafik Hubungan antara Besarnya Perubahan Tegangan terhadap Perubahan Medan Magnet

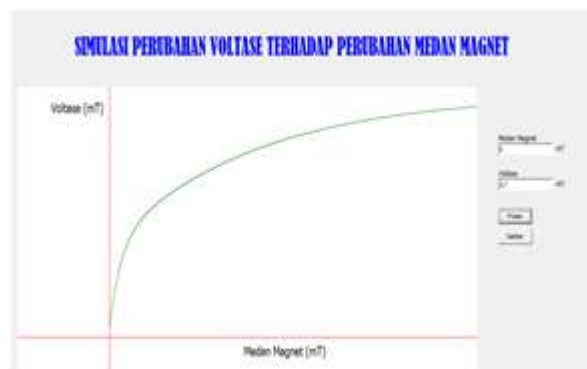
Pengambilan data dilakukan menggunakan rentang medan magnet sebesar untuk rentang pengukuran 0 mT – 187,8 mT. Terlihat pada grafik bahwa hubungan antara medan magnet dan tegangan tidak linear. Untuk mempermudah melihat hubungan antara keduanya, maka dilakukan fitting. Dari hasil beberapa fitting yang telah dilakukan, fitting yang paling tepat untuk hubungan antara medan magnet dan tegangan adalah fitting dengan menggunakan persamaan eksponensial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Fitting pada Gambar 3 mengikuti persamaan eksponensial sebagai berikut:

$$y = 4,07 - 0,16e^{\left(\frac{-x}{3,8}\right)} - 0,2e^{\left(\frac{-x}{30}\right)} \quad (1)$$



Gambar 3. *Fitting* Grafik Hubungan antara Besarnya Perubahan Tegangan terhadap Perubahan Medan Magnet



Gambar 4. Simulasi Hubungan Perubahan Tegangan terhadap Medan Magnet.

Hasil *fitting* juga menunjukkan bahwa hubungan eksponensial antara perubahan tegangan keluaran terhadap perubahan medan magnet memiliki korelasi sebesar 0,996.

Besar kecilnya pembacaan tegangan keluaran mencerminkan besarnya intensitas laser yang bisa menembus ferrofluida. Saat dikenai medan magnet, partikel-partikel magnetik akan bergerak menuju sumber medan magnet sehingga ruang di tengah balok kaca relatif kosong. Hal ini menyebabkan banyaknya intensitas laser yang diteruskan ke detektor optis setelah menembus ferrofluida. Sedangkan ketika pengaruh medan berkurang, maka partikel-partikel magnetik akan mulai bergerak acak. Gerak acak inilah yang menyebabkan terisinya ruang di tengah balok sehingga intensitas laser yang diteruskan ke detektor optis berkurang. Fenomena ini juga ditunjukkan oleh penelitian Naveen Kumar pada tahun 2015 [12].

Keterbatasan eksperimen menyebabkan tidak teramatinya medan magnet disetiap titik. Oleh karena itu dilakukan simulasi perubahan antara tegangan terhadap perubahan medan magnet menggunakan program Delphi. Hasil dari simulasi yang dilakukan ditunjukkan oleh Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan tampilan simulasi hubungan perubahan tegangan terhadap medan magnet menggunakan program Delphi. Dengan menggunakan simulasi tersebut, dapat diketahui

perubahan besarnya tegangan akibat perubahan medan magnet yang tidak dapat dijangkau dalam eksperimen.

4. Kesimpulan

Eksperimen pengukuran medan magnet telah berhasil dilakukan. Hasil dari eksperimen berupa grafik hubungan antara perubahan tegangan terhadap medan magnet yang telah di-fitting menggunakan persamaan eksponensial. Simulasi hubungan tegangan terhadap medan magnet juga telah berhasil dilakukan untuk mempermudah mengamati titik-titik medan magnet yang tidak terjangkau dalam eksperimen.

Daftar Rujukan

- [1] R.A. Serway, J.W. Jewett, Physics for scientists and engineers, 6th ed, Thomson-Brooks/Cole, Belmont, CA, 2004.
- [2] J.I. Zuluaga, P.A. Cuartas, The role of rotation in the evolution of dynamo-generated magnetic fields in Super Earths, *Icarus*. 217 (2012) 88–102. doi:10.1016/j.icarus.2011.10.014.
- [3] M.C. Kelley, Chapter 4 - Electric Fields Generated by Solar Wind Interaction with the Magnetosphere, in: M.C. Kelley (Ed.), *Earth's Electr. Field*, Elsevier, Boston, 2014: pp. 87–107. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123978868000041>.
- [4] N. Su, S.-Y. Yang, X.-D. Wang, L. Bi, C.-F. Yang, Magnetic parameters indicate the intensity of chemical weathering developed on igneous rocks in China, *CATENA*. 133 (2015) 328–341. doi:10.1016/j.catena.2015.06.003.
- [5] Z. Celinski, I.R. Harward, N.R. Anderson, R.E. Camley, Chapter 10 - Planar Magnetic Devices for Signal Processing in the Microwave and Millimeter Wave Frequency Range, in: Z.C. and R.L.S. Robert E. Camley (Ed.), *Handb. Surf. Sci.*, North-Holland, 2016: pp. 421–457. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444626349000102>.
- [6] M. Yamabhai, S. Chumseng, K. Yoohat, W. Srila, Diverse biological effects of electromagnetic-treated water, *Homeopathy*. 103 (2014) 186–192. doi:10.1016/j.homp.2013.11.004.
- [7] A. Mboussi Nkomidio, P. Wofo, Effects of imperfection of ionic channels and exposure to electromagnetic fields on the generation and propagation of front waves in nervous fibre, *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 15 (2010) 2350–2360. doi:10.1016/j.cnsns.2009.09.040.
- [8] P. Keangin, K. Vafai, P. Rattanadecho, Electromagnetic field effects on biological materials, *Int. J. Heat Mass Transf.* 65 (2013) 389–399. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.06.039.
- [9] G. Scarella, O. Clatz, S. Lanteri, G. Beaume, S. Oudot, J.-P. Pons, S. Piperno, P. Joly, J. Wiart, Realistic numerical modelling of human head tissue exposure to electromagnetic waves from cellular phones, *Electromagn. Model. Électromagnétique*. 7 (2006) 501–508. doi:10.1016/j.crhy.2006.03.002.
- [10] M. Gérard, O. Noamen, G. Evelyne, V. Eric, C. Gilles, H. Marc, Hydraulic continuity and biological effects of low strength very low frequency electromagnetic waves: Case of microbial biofilm growth in water treatment, *Water Res.* 83 (2015) 184–194. doi:10.1016/j.watres.2015.06.041.
- [11] A.B. Temnykh, R.V.E. Lovelace, Electro-mechanical resonant magnetic field sensor, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. Accel. Spectrometers Detect. Assoc. Equip.* 484 (2002) 95–101. doi:10.1016/S0168-9002(01)02066-6.



- [12] N.K. Elumalai, A. Uddin, Open circuit voltage of organic solar cells: an in-depth review, *Energy Env. Sci.* 9 (2016) 391–410. doi:10.1039/C5EE02871J.

PREPARASI DAN KARAKTERISTIK STRUKTUR NANOKOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ DENGAN MENGGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI

Syamsul Bahtiar^{1,*}, Ahmad Taufiq¹, Sunaryono¹

¹Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang. Jalan Semarang 5, Malang 65145. Indonesia.

*Email: sbahtiar22@gmail.com

Abstrak

Sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ berhasil dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi pada temperatur ruang. Pada penelitian ini, nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ dikalsinasi pada suhu 100°C selama 1 jam dengan perbandingan massa $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{ZnO}$ adalah 1:1. Analisis struktur berhasil diidentifikasi berdasarkan data hasil XRD dan menunjukkan bahwa Fe_3O_4 memiliki struktur spinel kubik. Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$, sehingga berdasarkan analisis XRD dan FTIR nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ berhasil terbentuk. Analisis SEM menunjukkan bahwa diameter rata-rata partikel nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ sekitar 23.66 nanometer.

Kata Kunci: Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$, Struktur Kristal, Kopresipitasi

1. Pendahuluan

Fabrikasi material dalam orde nanometer beberapa tahun terakhir mengalami kemajuan yang sangat pesat, karena kebutuhan perkembangan teknologi para peneliti banyak melakukan modifikasi suatu material untuk mendapatkan hasil yang optimal. Beberapa material menjadi trend dikalangan para peneliti saat ini seperti Fe_3O_4 dan ZnO . Fe_3O_4 merupakan bahan yang memiliki sifat kemagnetan tinggi [1], sedangkan ZnO merupakan bahan nonmagnetik atau bahan semikonduktor dengan band gap 60 meV serta memiliki sifat fisis yang stabil, gabungan kedua sampel ini akan membentuk komposit dengan sifat magnetik semikonduktor [2].

Beberapa metode yang familiar dalam proses preparasi sampel dalam orde nanometer antara lain seperti metode *sol gel* [3], *hydro termal* [4], *solid-state* [2] dan kopresipitasi [5]. Dari sekian metode terdapat kekurangan dan kelebihan masing-masing akan tetapi metode yang menawarkan keunggulan seperti proses reaksi kimia yang sederhana, dapat dilakukan pada suhu yang rendah, serta bisa menghasilkan homogenitas yang tinggi.

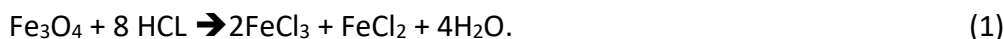
Ukuran partikel yang kecil dan homogenitas yang tinggi menjadi syarat penting dalam proses sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{ZnO}$ sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang teknologi, seperti yang dilaporkan oleh penelitian terdahulu antara lain sebagai *methyl orange degradation* [6], sebagai fotokatalis untuk menghilangkan phenol dalam air [7], dll. Terlepas dari aplikasi yang luas maka penelitian lebih lanjut tentang nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{ZnO}$ perlu dilakukan dengan variasi yang berbeda, sehingga mendapatkan hasil yang optimal.

2. Metode eksperimen

Bahan utama yang digunakan dalam sintesis nanocomposit Fe_3O_4 / ZnO adalah Pasir besi, Zinc chloride (ZnCl_2), Amonia solution (NH_4OH merck 25%), Hydrochloric acid Fuming (HCL merck 37%).

2.1 Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4

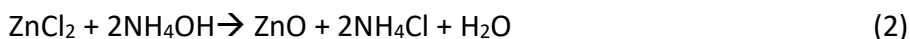
Nanopartikel Fe_3O_4 disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Pasir besi dari Pantai Sine Tulungagung diekstrak sampai mendapatkan kemurnian 99%, kemudian 20 gram pasir besi hasil ekstrak dilarutkan dengan 58 ml HCL selama 20 menit pada temperatur 70°C sehingga membentuk cairan FeCl . kemudian larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring. Persamaan reaksinya sebagai berikut [8]:



Larutan ($2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$) diambil 15 ml kemudian diaduk diatas *magnetic stirrer*. Pada waktu yang bersamaan NH_4OH 25 ml diteteskan secara kontinu pada larutan sampai habis, endapan hasil reaksi dicuci dengan aquades secara berulang sampai PH larutan netral. Setelah itu, endapan hasil reaksi disaring dan dikalsinasi pada suhu 100°C selama 1 jam.

2.2 Preparasi Nanopartikel ZnO

Nanopartikel ZnO disintesis menggunakan metode kopresipitasi. bahan ZnCl_2 dilarutkan dengan aquades dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu ruang, NH_4OH 25 ml diteteskan kedalam larutan sehingga membentuk endapan ZnO , endapan tersebut dicuci berulang kali sampai mendapatkan PH netral kemudian disaring dan dikalsinasi pada suhu 100°C selama 1 jam. Adapun persamaan reaksinya sebagai berikut:



2.3 Preparasi nanokomposit Fe_3O_4 / ZnO

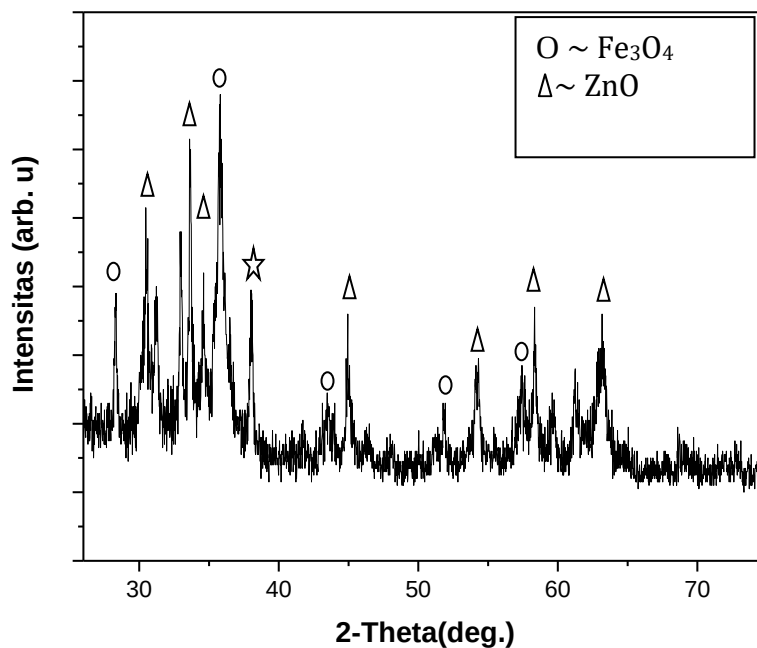
Nanokomposit Fe_3O_4 / ZnO dipreparasi dengan proses kopresipitasi dimana Masing masing Endapan Fe_3O_4 dan endapan ZnO disiapkan sesuai perbandingan kemudian dilakukan pengadukan diatas magnetic stirrer selama 10 menit pada temperature ruang. Selanjutnya sampel disaring menggunakan kertas saring dan terakhir sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 1 jam.

3. Data dan Pembahasan

3.1 Analisis data XRD

Hasil karakterisasi XRD nanokomposit Fe_3O_4 / ZnO seperti yang disajikan pada Gambar 1. Analisis kualitatif menunjukan banyak puncak-puncak difraksi yang muncul, dimana puncak-puncak tersebut merupakan puncak dari kedua mineral yang dikompositkan yaitu nanopartikel Fe_3O_4 dan ZnO . Puncak masing-masing mineral Fe_3O_4 berada pada sudut $2\theta \sim 29.30, 35.80, 43.58, 54.21$ dan 58.35 sesuai dengan data AMCSD kode 0007394 sehingga dapat disimpulkan memiliki struktur spinel kubik, analisis ukuran kristal menggunakan persamaan $\text{scherrer } D = 0.9\lambda / B \cos \vartheta$ didapatkan ukuran kristal sebesar 15.59 nm. Sedangkan puncak milik nanopartikel ZnO pada sudut $2\theta \sim 31.23, 34.61, 35.80, 44.96, 54.21, 59.62$, dan 63.19 , sesuai dengan data AMCSD kode 0005203

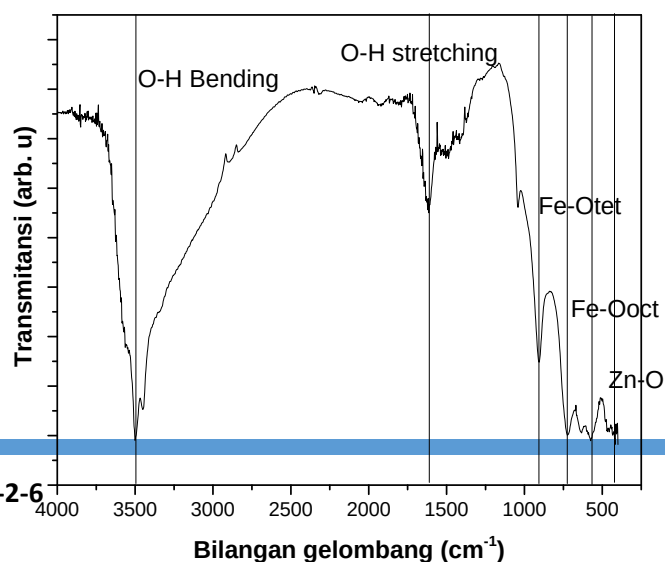
dan dapat disimpulkan juga memiliki struktur wurtzite. Laporan penelitian sebelumnya oleh Winataputra, dkk. 2016 melaporkan bahwa puncak mineral Fe_3O_4 berada pada sudut $2\theta \sim 30.23, 35.52, 43.03, 53.14, 57.02$ dan 62.54 , sedangkan puncak mineral ZnO berada pada sudut $2\theta \sim 31.85, 34.45, 36.35, 47.60, 56.70, 62.90, 66.55$ dan 68.05 [6]. Berdasarkan kedua data diatas dapat disimpulkan bahwa nanokomposit berhasil terbentuk, walaupun ada puncak yang tidak dapat teridentifikasi, hal ini disebabkan oleh faktor eksternal saat proses sintesis.



Gambar 1. Pola difraksi sinar-X nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$

3.2 Analisis Data FTIR

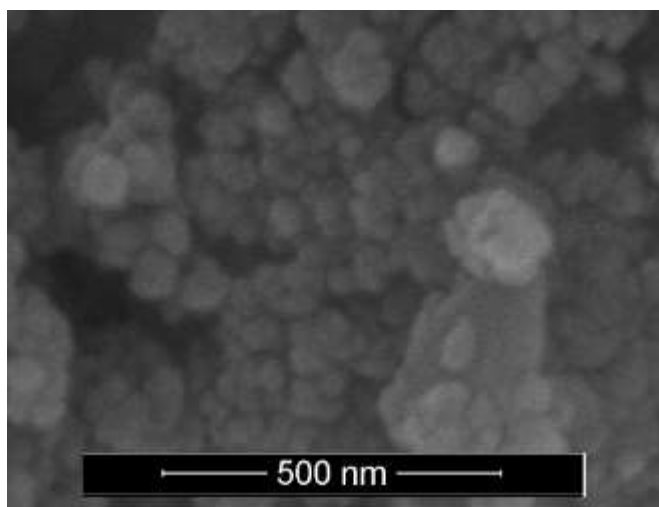
Hasil karakterisasi FTIR nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil karakterisasi menunjukkan beberapa puncak utama serapan seperti pada bilangan gelombang 3500.8 dan 1606.7 merupakan ikatan O-H *stretching* dan O-H *bending* seperti yang dilaporkan oleh Gohari, dkk. 2016 [9]. Puncak serapan pada bilangan gelombang 455.2 merupakan puncak dari ikatan Zn-O, sedangkan puncak serapan pada 574.79 dan 632.65 berturut-turut berasal dari ikatan Fe-O octahedral dan Fe-O Tetrahedral [10]



Gambar 2. IR Spektra nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$

3.3 Analisis Data SEM

Gambaran mengenai morfologi dan ukuran partikel nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ seperti yang ditunjukkan oleh data SEM pada Gambar 3. Analisis kualitatif dapat kita lihat bahwa bentuk dari partikel berbentuk bulat dengan ukuran yang berbeda, hal ini disebabkan oleh bahan alam yang digunakan sehingga ukuran partikel tidak dapat terkontrol. Analisis data didapatkan diameter rata-rata nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ 23,66 nm, hasil tersebut mendekati seperti yang dilaporkan oleh Hasanpour, dkk. 2013 [3].

Gambar 3. SEM Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$

4. Kesimpulan

Metode kopresipitasi berhasil digunakan dalam proses sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$, analisis data XRD menunjukkan Fe_3O_4 memiliki struktur spinel kubik sedangkan ZnO memiliki struktur hexagonal wurtzite. Analisis data FTIR menunjukkan gugus fungsi Fe-O dan Zn-O berhasil teridentifikasi. Sedangkan analisis data SEM menunjukkan diameter rata-rata partikel dalam ordenanometer yaitu sebesar 23,66 nm.

Daftar Rujukan

- [1] A. Taufiq, S. Bahtiar, Sunaryono, N. Hidayat, A. Hidayat, N. Mufti, M. Diantoro, A. Fuad, Munasir, R. Rahmawati, W.A. Adi, S. Pratapa, Darminto, Preparation of Superparamagnetic $\text{Zn}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ Particle by Coprecipitation-Sonochemical Method for Radar Absorbing Material, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 202 (2017) 12024. doi:10.1088/1757-899X/202/1/012024.
- [2] L.E. Bykova, V.G. Myagkov, I.A. Tambašov, O.A. Bayukov, V.S. Zhigalov, K.P. Polyakova, G.N. Bondarenko, I.V. Nemtsev, V.V. Polyakov, G.S. Patrino, D.A. Velikanov, Solid-state synthesis of the $\text{ZnO-Fe}_3\text{O}_4$ nanocomposite: Structural and magnetic properties, Phys. Solid State. 57 (2015) 386–390. doi:10.1134/S1063783415020079.
- [3] A. Hasanpour, M. Niyafar, M. Asan, J. Amighian, Synthesis and characterization of Fe_3O_4 and ZnO nanocomposites by the sol-gel method, J. Magn. Mater. 334 (2013) 41–44. doi:10.1016/j.jmmm.2013.01.016.



- [4] N. Wiriya, A. Bootchanont, S. Maensiri, E. Swatsitang, Magnetic properties of $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanoparticles prepared by hydrothermal method, *Microelectron. Eng.* 126 (2014) 1–8. doi:10.1016/j.mee.2014.03.044.
- [5] S. Bahtiar, A. Taufiq, Sunaryono, A. Hidayat, N. Hidayat, M. Diantoro, N. Mufti, Mujamilah, Synthesis, Investigation on Structural and Magnetic Behaviors of Spinel M-Ferrite [M = Fe; Zn; Mn] Nanoparticles from Iron Sand, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 202 (2017) 12052. doi:10.1088/1757-899X/202/1/012052.
- [6] D.S. Winatapura, S. Wardiyati, A. Fisli, Preparation of Magnetic-ZnO Nanocomposite by High Energy Milling Method for Methyl Orange Degradation, *J. Kim. Dan Kemasan.* 38 (2016) 85. doi:10.24817/jkk.v38i2.2702.
- [7] K. Hayat, M.A. Gondal, M.M. Khaled, S. Ahmed, A.M. Shemsi, Nano ZnO synthesis by modified sol gel method and its application in heterogeneous photocatalytic removal of phenol from water, *Appl. Catal. Gen.* 393 (2011) 122–129. doi:10.1016/j.apcata.2010.11.032.
- [8] Malik Anjelh Baqiya, Ahmad Taufiq, Sunaryono, Khuroti Ayun, Mochamad Zainuri, Suminar Pratapa, Triwikantoro, Darminto, Spinel-Structured Nanoparticles for Magnetic and Mechanical Applications, in: *Magn. Spinels Synth. Prop. Appl.*, InTechOpen, 2017: pp. 253–272. <http://dx.doi.org/10.5772/66293>.
- [9] M. Shekofteh-Gohari, A. Habibi-Yangjeh, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}/\text{CoWO}_4$ nanocomposites: Novel magnetically separable visible-light-driven photocatalysts with enhanced activity in degradation of different dye pollutants, *Ceram. Int.* 43 (2017) 3063–3071. doi:10.1016/j.ceramint.2016.11.115.
- [10] R.Y. Hong, S.Z. Zhang, G.Q. Di, H.Z. Li, Y. Zheng, J. Ding, D.G. Wei, Preparation, characterization and application of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ core/shell magnetic nanoparticles, *Mater. Res. Bull.* 43 (2008) 2457–2468. doi:10.1016/j.materresbull.2007.07.035.

KLASIFIKASI *SUNSPOT* HASIL PENGAMATAN DARI LABORATORIUM ASTRONOMI FISIKA FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MALANG DENGAN METODE *MCINTOSH*

Elda Sulistyaningrum^{1,*}, Sutrisno¹, Burhan Indriawan¹

¹Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

*Email: elda.sty@gmail.com

Abstrak

Sunspot merupakan aktivitas matahari yang mempengaruhi siklus sebelas tahun matahari, yaitu siklus minimum dan maksimum. Metode klasifikasi *sunspot* yang digunakan dalam pengamatan ini adalah metode *McIntosh*, dimana dalam pengklasifikasiannya mengacu pada indikator ukuran, stabilitas dan kompleksitas *sunspot*. Pengamatan dilakukan selama bulan Maret – Mei 2017 dengan melakukan pengamatan langsung melalui teleskop Celestron di Laboratorium Astronomi Fisika UM. Faktor koreksi (k) dari hasil pengamatan dengan membandingkan data KSO adalah 1.0464 dimana nilainya mendekati 1. Untuk mengetahui aktivitas matahari dilakukan dengan menentukan nilai klasifikasi (CV), diketahui aktivitas tertinggi matahari terjadi pada tanggal 29 Maret 2017 dengan nilai CV total sebesar 41. Dalam evolusinya, *sunspot* yang muncul selalu didominasi oleh grup *sunspot* kecil dengan kompleksitas grup rendah.

Kata Kunci: Matahari, *Sunspot*, Klasifikasi *McIntosh*

1. Pendahuluan

Matahari adalah pusat tata surya yang memiliki energi sangat besar dan tak terbatas jumlahnya. Jarak bumi yang menempati urutan ke tiga dari matahari yaitu sekitar 149.680.000 kilometer membuat bumi merasakan dampak langsung dari peristiwa-peristiwa matahari yang terjadi dari aktivitas matahari. Dimana aktivitas matahari yang dapat teramati hingga saat ini diantaranya adalah bintik matahari (*sunspot*), ledakan matahari (flare), CME (*Coronal Mass Ejection*) atau lontaran massa korona, dan badai matahari. Aktivitas-aktivitas tersebut dapat diamati terjadi pada bagian luar matahari atau atmosfer matahari, yang mana bagian ini adalah bagian yang dapat diamati secara langsung dari bumi. Aktivitas-aktivitas yang terjadi sebagian besar dipicu oleh aktivitas bintik matahari yang mengalami evolusi atau perubahan kompleksitasnya.

Bintik matahari (*Sunspot*) merupakan fenomena yang paling mudah diamati dan merupakan ciri yang paling menonjol dari matahari. Pembentukan bintik matahari dipengaruhi oleh rotasi diferensial matahari. Ketika matahari berotasi, medan magnet akan mengalami puntiran karena rotasi cenderung lebih cepat di daerah khatulistiwa dan mengakibatkan ketidakstabilan struktur medan magnet matahari. Selama fase pertumbuhan *sunspot* antara 3 sampai 10 hari, fluks magnetik akan terus bertambah. Ketika mencapai puncak puntiran, intensitas medan magnet akan semakin kuat hingga akhirnya puntiran tersebut menembus keluar melewati lapisan fotosfer. Bintik matahari juga memiliki bagian-bagiannya sendiri, yang pertama adalah umbra atau disebut juga dengan bagian pusat bintik matahari yang merupakan bagian paling gelap pada bintik matahari dan merupakan bagian yang memiliki medan magnet terkuat. Kemudian bagian

yang lebih terang dan berada di sekeliling umbra disebut dengan penumbra. Bintik matahari merupakan indikator aktivitas medan magnet di matahari dan menyimpan banyak energi yang siap dilepaskan dalam bentuk flare. Bintik matahari berevolusi dari bintik kecil hingga besar dan jumlah serta letaknya yang berubah-ubah. Hal ini dikarenakan ketika terjadi perpotongan medan magnet dengan fotosfer sehingga terbentuklah bintik matahari, namun medan magnet tersebut terus menerus keluar hingga terbentuklah bintik matahari lain dengan polaritas medan magnet yang berlawanan, kemudian bintik matahari tersebut terus berkembang dan konfigurasi menjadi kompleks. Kompleksitas medan magnet pada bintik matahari yang tinggi menyebabkan ketidakstabilan medan magnet hingga akhirnya memicu terjadinya flare, CME ataupun badai matahari. Sehingga kemunculan bintik matahari dapat mengindikasikan tingkat aktivitas matahari. Matahari merupakan penggerak utama cuaca antariksa. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh flare yang kemunculannya dibentuk oleh bintik matahari. Maka kemunculan bintik matahari sangat penting untuk menganalisa cuaca antariksa. Bintik matahari juga dapat dikatakan sebagai variabel yang mempengaruhi aktivitas matahari. Aktivitas matahari yang muncul akibat bintik matahari ini memiliki siklus dimana satu siklusnya memiliki waktu rata-rata 11 tahun, dengan aktivitas minimum saat bintik matahari konfigurasi rendah dan puncak maksimum saat bintik matahari memiliki konfigurasi kompleks kemudian kembali mengalami aktivitas minimum di akhir siklus saat bintik matahari mengalami penurunan jumlah.

Dalam perjalanan evolusinya, grup *sunspot* mengalami perubahan citra bintik matahari yang dapat diklasifikasikan dalam klasifikasi *Zurich* dan *McIntosh*. Dalam penelitian ini digunakan klasifikasi *McIntosh* karena metode ini merupakan metode penyempurnaan dari metode *Zurich*, dimana klasifikasi ini lebih akurat dalam mencerminkan kondisi masing-masing grup *sunspot*. Metode ini dimodifikasi sehingga dapat dibedakan berdasarkan penumbra, distribusi penumbra dan panjang grup *sunspot*. Metode *McIntosh* mengubah dan lebih memperluas definisi objek dengan menambahkan indikator ukuran, stabilitas dan kompleksitas yang muncul. Klasifikasi *McIntosh* menggunakan penulisan tiga huruf yaitu huruf *Zpc*. Dimana *Z* merupakan modifikasi dari metode klasifikasi *Zurich*, *p* menunjukkan bentuk penumbra pada *spot* terbesar di dalam grup, dan *c* menunjukkan distribusi *sunspot* yang membentuk grup. Klasifikasi ini didefinisikan berdasarkan ada atau tidaknya penumbra, bagaimana distribusi penumbra dan panjang grup. Dalam hubungannya dengan pembentukan flare *McIntosh* menggunakan tiga huruf (*Zpc*), sehingga lebih luas dalam meningkatkan definisi objek dengan menambahkan indikator ukuran, stabilitas dan kompleksitas yang tampak untuk berkorelasi dengan kemunculan flare. Dengan menggunakan klasifikasi *McIntosh* dapat dengan mudah untuk mengetahui perkembangan *sunspot* yang berhubungan terjadinya flare dengan lebih spesifik dan nilainya juga dapat diketahui dengan jelas pada tabel CV.

2. Metode Penelitian

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Astronomi Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang dengan letak geografis $07^{\circ} 57' 39''$ LS, $112^{\circ} 37' 9.2''$ BT, dan 7.9607° LU pada ketinggian 465 meter, local plus minus 12 meter dengan pengamatan dilakukan pada langit timur. Pengamatan ini dilakukan pada bulan Maret – Mei 2017. Alat yang digunakan yaitu teleskop *Celestron 2000*, lembar sketsa *sunspot*, papan skets *sunspot*, alat tulis (Pensil, bolpoin dan penghapus), penggaris, kamera, dan Software *Cyber Sky*. Prosedur pengambilan data mengacu pada langkah-langkah berikut:

- Memasang komponen teleskop dengan posisi *equator mount* menghadap ke arah utara dan tabung teleskop menghadap ke timur untuk mengamati langit sebelah timur.

- b. Mengatur posisi papan sketsa yang telah ditempel kertas sketsa yang berisi garis lingkaran sebesar bayangan matahari dengan diameter 24 cm dan tabel data hasil pengamatan.
- c. Memposisikan teleskop mengarah ke matahari, kemudian menyesuaikan agar bayangan matahari tepat berhimpit pada lingkaran yang ada di kertas sketsa *sunspot*.
- d. Mencari arah pergerakan matahari yang terjadi akibat rotasi bumi, dilakukan dengan mengamati pergeseran dan penyimpangan bayangan matahari dari garis lingkaran pada kertas sketsa.
- e. Menghimpitkan kembali bayangan matahari dengan lingkaran pada bidang sketsa untuk menggambarkan *sunspot*.
- f. Mengisi tabel data yang tertera pada kertas sketsa *sunspot*.

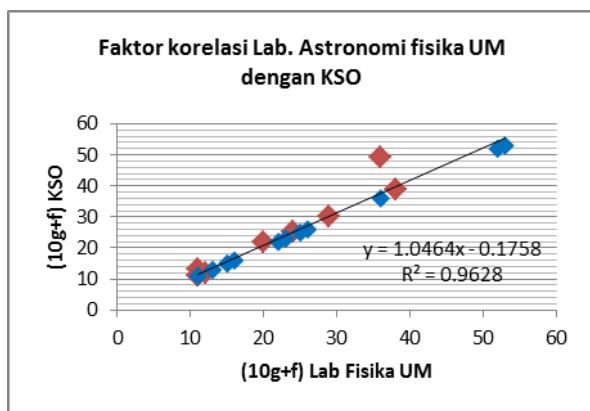
Setelah diperoleh data *sunspot*, selanjutnya dilakukan pengilahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan arah Utara dan Selatan berdasarkan arah Barat dan Timur dengan posisi titik tengah relatif terhadap garis bujur tengah. Data-data harian *sunspot* dikelompokkan berdasarkan lintang Utara dan Selatan. Kemudian ditulis jumlah *sunspot*, grup *sunspot* dan bilangan *sunspot* untuk masing-masing lintang Utara dan Selatan.
- b. Membandingkan hasil pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Astronomi FMIPA UM dengan data harian *sunspot* *Kanzelhöhe Solar Observatory* (KSO) yang berada di Universitas Karl Franzen, Graz, Austria untuk data pengamatan pada hari yang sama dengan pengamatan yang dilakkan di Laboratorium Astronomi Fisika UM. Perbandingan dilakukan dengan mencari faktor koreksi antara Laboratorium Astronomi Fisika UM dan KSO.
- c. *Sunspot* yang telah dikelompokkan berdasarkan lintang Utara dan Selatan kemudian dihitung aktivitas bintik matiharinya dengan menggunakan nilai klasifikasi (*Classification Value*) CV untuk metode *McIntosh*.
- d. Melakukan klasifikasi *sunspot* dengan menggunakan metode *McIntosh*.
- e. Mengurutkan data klasifikasi untuk mengetahui evolusi *sunspot* pada bulan Maret - Mei 2017.

3) Hasil dan Pembahasan

3.1 Faktor Koreksi Data *Sunspot*

Gambar 1 menunjukkan besarnya faktor koreksi yang diperoleh adalah (k) 1.0464 sehingga dapat dikatakan bahwa pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Astronomi Fisika UM memperoleh jumlah *sunspot* yang hampir sama dengan KSO karena nilai faktor koreksinya mendekati 1. Koefisien determinan sebesar 0.9628, dimana data Laboratorium Astronomi Fisika UM memiliki korelasi 96.2% dengan data pengamatan KSO, dan ketidakcocokan sebesar 3.8%. Perbedaan jumlah *sunspot* terjadi karena beberapa kemungkinan diantaranya adalah faktor pengamat, alat yang digunakan, waktu dilakukannya pengamatan dan perbedaan letak geografis.



Gambar 1 Faktor Koreksi (k) antara Lab Astronomi dengan KSO

3.2 Aktifitas Sunspot

Aktivitas *sunspot* setiap harinya berbeda dan selalu mengalami perubahan. Hal tersebut dikarenakan adanya *sunspot* yang berkembang sehingga jumlahnya semakin bertambah setiap hari dan mati apabila *sunspot* tersebut termasuk dalam kelas yang rendah misalkan Axx atau Bxo dan Bxi. Selain itu, menurunnya jumlah *sunspot* juga karena adanya gerakan rotasi yang terjadi baik itu di bumi maupun matahari sehingga posisi *sunspot* bergeser. Dari data yang didapatkan, dapat dilihat bahwa terdapat nilai klasifikasi tinggi terjadi pada tanggal 29 Maret 2017 dengan total nilai CV sebesar 41, yang meliputi grup *sunspot* tipe Dai bernilai CV 22 dan Dao CV sebesar 19. Minimnya jumlah *sunspot* yang terjadi pada saat dilakukannya pengamatan ini dikarenakan matahari sedang mencapai siklus minimumnya pada siklus 11 tahunan matahari. Hal ini ditunjukkan dengan adanya aktivitas matahari paling rendah selama tiga bulan pengamatan dilakukan. Jumlah bintik matahari dan jumlah grup *sunspot* matahari relatif sangat sedikit dengan tingkat kompleksitas grup yang cenderung lebih sederhana.



Gambar 2 Grafik Aktivitas Matahari Berdasarkan Nilai Klasifikasi (CV)

Untuk mengetahui apakah aktivitas matahari dari data yang dihasilkan telah mendekati kebenaran adalah dengan membandingkan terhadap data KSO. Data KSO diklasifikasikan dengan menggunakan metode *McIntosh* terlebih dahulu untuk mengetahui nilai klasifikasinya (CV), lalu dibuat tabel. Kemudian dibuat grafik yang hasilnya dibandingkan dengan grafik aktivitas *sunspot* dari Laboratorium Astronomi Fisika UM. Dengan membuat grafik perbandingan aktivitas matahari dari pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Astronomi UM dengan pengamatan KSO, maka dapat dilihat jika data aktivitas matahari memiliki kesamaan. Dimana pada saat aktivitas matahari yang terlihat

oleh pengamatan KSO tinggi, hasil pengamatan aktivitas matahari yang dilakukan di Laboratorium Astronomi Fisika UM juga tinggi. Meskipun terdapat beberapa garis pada grafik yang tidak sama persis.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Aktivitas *Sunspot* KSO dan Lab Astronomi

3.3 Pola Perubahan *Sunspot*

Evolusi atau perubahan *sunspot* yang terjadi pada bulan Maret – Mei 2017 diamati dari Laboratorium Astronomi Fisika FMIPA UM, terlihat bahwa terdapat banyak *sunspot* kecil yang hanya bertahan pada kelas A atau B saja, dan sudah terlebih dahulu mati sebelum berevolusi. Seperti pada grup *sunspot* nomor 001, 006, 009 dan 013.

Tabel 1. Daftar Evolusi *Sunspot* dengan Metode Klasifikasi *McIntosh*

No	Tanggal	No. Grup	Kelas
1	3-Mar-17	001	Bxo
2	21-Mar-17	002	Axx
	24-Mar-17		Bxo
	29-Mar-17		Dao
3	29-Mar-17	003	Dai
4	10-Apr-17	004	Hrx
	12-Apr-17		Axx
	13-Apr-17		Bxo
	14-Apr-17		Axx
5	13-Apr-17	005	Bxo
6	19-Apr-17	006	Dso
	20-Apr-17		Dso
	21-Apr-17		Dri
	25-Apr-17		Cso
7	20-Apr-17	007	Axx
	21-Apr-17		Axx
	25-Apr-17		Axx
8	21-Apr-17	008	Axx
9	25-Apr-17	009	Cro
10	3-May-17	010	Dai
	4-May-17		Dsi
	5-May-17		Cso

	8-May-17		Hsx
11	5-May-17	011	Bxi
	8-May-17		Axx
12	12-May-17	012	Axx
13	17-May-17	013	Hsx
	18-May-17		Hsx
	19-May-17		Hsx
	22-May-17		Hsx
	23-May-17		Axx
14	18-May-17	014	Bxo
	19-May-17		Bxi
	22-May-17		Bxi
	23-May-17		Bxi
15	22-May-17	015	Cro
	23-May-17		Csi
	24-May-17		Bxi
	26-May-17		Dai
16	22-May-17	016	Bxi
	23-May-17		Axx

4) Kesimpulan

Nilai faktor koreksi (k) antara Laboratorium Astronomi Fisika UM dengan KSO adalah sebesar 1.0464 sehingga pengamatan yang telah dilakukan dapat dikatakan akurat karena nilai k mendekati 1, dengan kesamaan 96,2% dan ketidakcocokan 3,8%. Aktivitas matahari yang terjadi pada bulan Maret – Mei 2017 mengalami perubahan yang fluktuatif, dimana puncaknya terjadi pada tanggal 29 Maret dengan total nilai klasifikasi 41. Setelah dilakukan klasifikasi, kelas *sunspot* yang muncul sebagian besar adalah *sunspot* dengan tingkat kompleksitas grup rendah seperti kelas Axx dengan tingkat kemunculan paling banyak yaitu 11 kali.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam kelancaran penelitian dan penyusunan artikel ini baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Daftar Rujukan

- [1] Ahluwalia, H. S., 2015. The Descent of the Solar Cycle 24 and Future Space Weather. *Advances in Space Research*. 7 10–714. doi: 10.1016
- [2] Clette, F., Svalgaard, L., Vaquero, J.M. and Cliver, E.W., 2014. Revisiting the sunspot number. *Space Science Reviews*, 186(1-4), pp.35-103.
- [3] Rix, E., Hay, K., Russell, S. and Handy, R., 2015. Sketching for Science. *Solar Sketching* (pp. 43-56). Springer New York.
- [4] Sheeley, N. R., Wang, Y. M. 2015. The Recent Rejuvenation Of The Sun's Large-Scale Magnetic Field: A Clue For Understanding Past and Future Sunspot Cycles. *The Astrophysical Journal*. 809:113. doi:10.1088
- [5] Yatini, Clara Y, dkk. 2010. *Modul Diseminasi Interaksi Matahari – Bumi untuk Kalangan Guru Sekolah Menengah Atas*. Laporan. Program Insentif: Percepatan Difusi dan Pemanfaatan IPTEK. LAPAN.

PENGARUH PEMBERIAN DEFEK PADA SISI BAHAN TERHADAP PEMBENTUKAN VORTEKS BERDASARKAN MODEL TDGL

Prawitasari^{1,*}, Radiktyo Permono¹, Hari Widodo¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Alamat, Jl Gombong O.6 Malang, 65145, Indonesia

*Email: prawita2233@gmail.com

Abstrak

Dinamika vorteks akibat pengaruh defek pada superkonduktor murni berukuran $50\xi_0 \times 50 \xi_0$ telah berhasil disimulasikan menggunakan persamaan *Time Dependent* Ginzburg-Landau (TDGL). Penelitian ini bertujuan untuk mencari keadaan kurva potensial akibat adanya dinamika vorteks. Superkonduktor terbuat dari superkonduktor tipe II dengan $\kappa = 1,3$. Pada bagian atas bahan terdapat 1 defek dan pada bagian bawah bahan terdapat 3 bahan, dengan ukuran yang sama $0,3\xi_0 \times 1\xi_0$. Bahan juga dikenakan rapat arus eksternal $\mathbf{J}_e = J_e \mathbf{x}$ dan diletakkan di dalam medan magnet eksternal H_e . Penelitian ini didasarkan pada penyelesaian numerik dan menggunakan metode beda hingga dengan skema *Forward Time Centere Space* (FTCS). Defek pada bahan memberikan peranan penting bagi vorteks. Vorteks akan lebih mudah masuk dan keluar melalui sisi defek dibandingkan sisi lainnya. Vorteks akan mengalir dari daerah medan magnet tinggi menuju daerah dengan medan magnet yang lebih rendah. Aliran vorteks tersebut melepaskan energi yang dikonversikan dalam bentuk tegangan listrik sepanjang bahan.

Kata Kunci: Defek; Dinamika Vorteks; Persamaan TDGL

1. Pendahuluan

Dinamika vorteks pada superkonduktor tipe II menyebabkan berkurangnya sifat superkonduktivitas suatu bahan superkonduktor. Salah satu yang menyebabkan pergerakan vorteks adalah arus J_e yang dilewatkan pada bahan superkonduktor. Pergerakan vorteks pada superkonduktor memberikan peningkatan medan listrik dan menghasilkan disipasi energi yang menyebabkan adanya resistivitas pada superkonduktor. Dan disipasi energi dilepaskan dalam bentuk potensial V yang mengalir sepanjang bahan [1]

Dinamika vorteks menjadi hal yang menarik perhatian para peneliti belakangan ini, salah satunya ada tentang dinamika vorteks akibat adanya defek pada bahan juga tentang pengaruh defek terhadap potensial V [2]–[6]. Untuk menjelaskan dinamika vorteks adalah dengan menggunakan persamaan TDGL dan modifikasinya [6]–[8]. Kajian ini didasarkan pada penyelesaian dari persamaan TDGL. Dimana cara untuk mendapatkan penyelesaian persamaan tersebut adalah dengan menggunakan metode numerik. Kajian ini bertujuan akan dibahas pengaruh defek pada sisi bahan terhadap pembentukan vorteks dan pengaruhnya terhadap kurva potensial V .

2. Model

2.1 Model TDGL

Persamaan TDGL terdiri atas 2 persamaan yaitu [9]

$$\frac{\hbar^2}{2m_s D} \left(\frac{\partial}{\partial t} + i \frac{e_s}{\hbar} \phi \right) \Psi = \frac{\hbar^2}{2m_s} \left(\nabla - i \frac{e_s}{\hbar} \mathbf{A} \right)^2 \Psi + |\alpha_s(T)| \Psi - \beta |\Psi|^2 \Psi \quad (1)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A} - \mu_s \mathbf{H}) = \frac{4\pi\mu_s}{\gamma\psi} (\mathbf{J}_s + \mathbf{J}_n) \quad (2)$$

dimana $\hbar$ adalah konstanta planck, m_s adalah massa efektif pasangan elektron cooper, D adalah konstanta difusi, e_s adalah muatan efektif pasangan cooper, t adalah waktu, ϕ adalah potensial skalar listrik, Ψ adalah fungsi gelombang makroskopik sebagai parameter order, $\mathbf{A}$ adalah potensial vektor magnet, $|\alpha_s(T)|$ dan β adalah koefisien ekspansi Landau, μ_s adalah permeabilitas bahan superkonduktor, $\mathbf{H}$ adalah medan magnet eksternal, $\mathbf{J}_s$ adalah rapat arus super, dan $\mathbf{J}_n$ adalah rapat arus normal.

Persamaan TDGL diatas memiliki persamaan dalam bentuk normalisasi sebagai berikut[9]

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + i\phi \right) \Psi = (\nabla - i\mathbf{A})^2 \Psi + (1-T)(1-|\Psi|^2) \Psi \quad (3)$$

$$\sigma \left(\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} + \nabla \phi \right) = \mathbf{J}_s - \kappa^2 \nabla \times \nabla \times \mathbf{A} \quad (4)$$

Dengan T adalah suhu, σ adalah konduktivitas normal, dan κ adalah tetapan Ginzburg-Landau

2.2 Syarat Batas

Persamaan TDGL dilengkapi dengan syarat batas untuk order parameter dan potensial vektor magnet $\mathbf{A}$. dimana syarat batas ini akan bergantung pada sistem. syarat batas bagi $\mathbf{A}$ untuk superkonduktor yang diletakkan didalam vakum dan dikenakan medan eksternal $\mathbf{H}$ adalah [9]

$$\nabla \times \mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = \mu_0 \mathbf{H} \text{ pada } \Gamma \quad (5)$$

dimana Γ adalah batas bahan, μ_0 adalah permeabilitas ruang vakum, dan $\mathbf{r}$ menyatakan posisi.

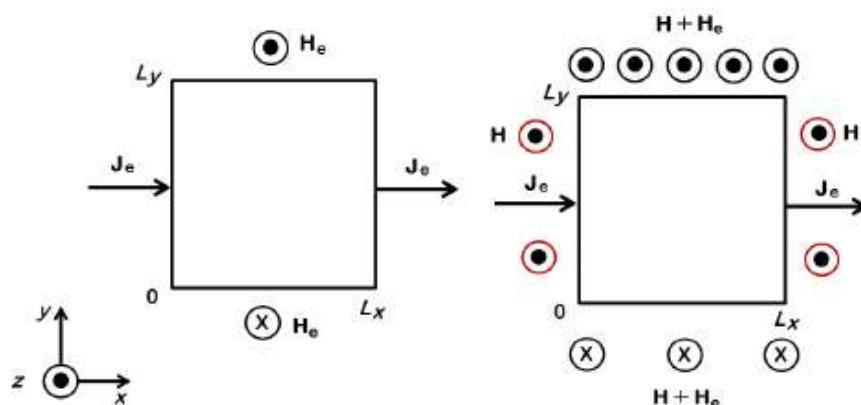
Syarat batas ternormalisasi bagi $\mathbf{A}$ adalah [9]

$$\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{H} \text{ pada } \Gamma \quad (6)$$

Syarat Batas ketika berbatasan dengan vakum adalah [9]

$$(\nabla - i\mathbf{A})_n \Psi = 0 \text{ pada } \Gamma \quad (7)$$

2.3 Implementasi Rapat Arus Eksternal $\mathbf{J}_e$



Gambar 1. Rapat arus eksternal $\mathbf{J}_e$ yang dialirkan dalam superkonduktor tanpa dikenakan (a) dan dikenakan (b) medan magnet eksternal $\mathbf{H}$ [10]

Superkonduktor dua dimensi pada bidang xy yang diletakkan di dalam medan $\mathbf{H} = H_e \hat{k}$ dan dikenakan rapat arus eksternal $\mathbf{J}_e$ memiliki kaitan [11]

$$H_e = \frac{J_e L_y}{2\kappa^2} \quad (8)$$

Dengan $\mathbf{J}_e$ adalah rapat arus eksternal dan L_y menyatakan lebar bahan pada arah y .

Resultan medan di sisi atas, $\mathbf{H}_u$, dan di sisi bawah, $\mathbf{H}_b$, menjadi [10]

$$\mathbf{H}_u = \left(\mathbf{H}_e + \frac{J_e L_y}{2\kappa^2} \right) \mathbf{z} \quad (9)$$

$$\mathbf{H}_b = \left(\mathbf{H}_e - \frac{J_e L_y}{2\kappa^2} \right) \mathbf{z} \quad (10)$$

Dari kedua persamaan ini tampak bahwa sisi bawah adalah daerah medan magnet rendah sedangkan sisi atas adalah daerah medan magnet tinggi [10].

2.4 Beda Potensial

Beda potensial di $x = 0$ dan $x = L_x$ dihitung menggunakan kaitan $V = EL_x$, dimana jika ditransformasikan dalam bentuk integral berbentuk [4]

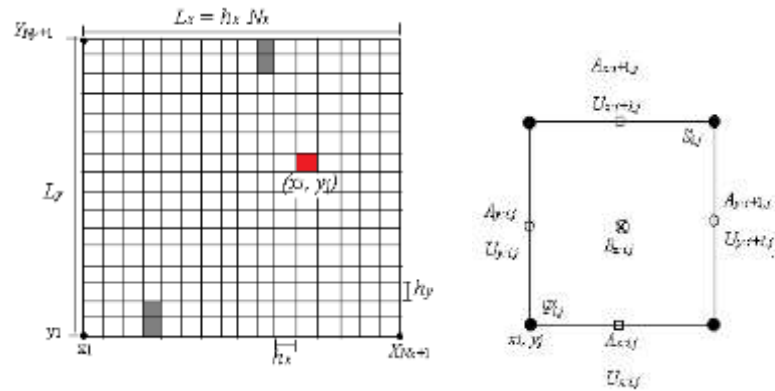
$$V(t) = \int_0^{L_x} \left(\frac{1}{L_y} \int_0^{L_y} \left(-\frac{dA}{dt} \right) dy \right) dx \quad (11)$$

2.5 Model Sistem

Model sistem yang digunakan sebagai berikut : Sebuah supekonduktor tipe II dengan ukuran $50\xi_0 \times 50\xi_0$ dengan $\kappa = 1.3$ (niobium), $\sigma = 1$ dan $T = 0$ diletakkan didalam vakum dan dikenakan medan magnet eksternal $\mathbf{H}_e = H_e \hat{k}$. Ada defek pada bahan pada sisi atas dan sisi bawah dengan ukuran $0.3\xi_0 \times 1\xi_0$, seperti pada gambar 2. Sistem diatur sedemikian rupa untuk membuat vorteks hanya masuk dari sisi defek dan bukan pada sisi lainnya. Sistem juga dibuat agar hanya satu vorteks yang masuk pada t yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa defek pada bahan memberikan gaya tarik yang menyebabkan vorteks lebih masuk ke dalam bahan melalui defek daripada sisi lainnya. Rapat arus eksternal $\mathbf{J}_e = J_e \hat{i}$ dilewatkan pada bahan yang menyebabkan adanya perbedaan medan magnet eksternal pada bagian atas dan bawah bahan.

3. Metode Penelitian

Tinjau sistem dari superkonduktor tipe II dengan ukuran grid komputasi $N_x \times N_y = 250 \times 250$ dimana ukuran grid selnya adalah $h_x \times h_y = 0.2\xi_0 \times 0.2\xi_0$. rapat arus eksternal konstan $J_e = 0.014$ dialiri pada bahan dan bahan dikenakan medan magnet eksternal $H_e = 0.44$. Grid komputasi dari sistem fisis tersebut diperoleh dengan cara membagi sisi L_x menjadi N_x bagian dengan lebar setiap bagian adalah $h_x = L_x/N_x$. Hal ini juga dilakukan terhadap sisi L_y yang menghasilkan N_y dengan lebar setiap bagian $h_y = L_y/N_y$. Pembagian semacam ini menghasilkan grid komputasi yang uniform seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sekarang, variabel bebas x dan y yang awalnya kontinue, yaitu $0 \leq x \leq L_x$ dan $0 \leq y \leq L_y$, berubah menjadi diskrit, yaitu $x_i = (i-1)h_x$ untuk $i = 1, \dots, N_x + 1$ dan $y_j = (j-1)h_y$ untuk $j = 1, \dots, N_y + 1$ [1].



Gambar 2. Grid Komputasi

Persamaan TDGL (3) dan (4) diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode *finite difference* (beda hingga) dengan skema *Forward Time Centered Space* (FTCS). Metode ini telah banyak digunakan oleh para peneliti untuk mempelajari sifat dinamika vorteks dalam superkonduktor tipe II mesoskopik. Untuk menjaga invariansi tera persamaan TDGL dibawah diskritisasi, digunakan link variable (variabel penghubung) yang berbentuk [8]

$$U_x(x, y, t) = \exp(-i \int_{x_0}^x A_x(x', y, t) dx') \quad (12)$$

$$U_y(x, y, t) = \exp(-i \int_{y_0}^y A_y(x, y', t) dy') \quad (13)$$

Dan bentuk diskrit persamaan (11) dan (12) adalah

$$U_{xi,j} = \exp(-ih_x A_{xi,j}) \quad (14)$$

$$U_{yi,j} = \exp(-ih_y A_{yi,j}) \quad (15)$$

Bentuk diskrit persamaan (3) dan (4) adalah $\Psi_{i,j}^{n+1} = \Psi_{i,j}^n + \Delta t \left(\frac{\partial \Psi_{i,j}}{\partial t} \right)^n + O(\Delta t^2)$ untuk $i = 2, \dots, N_x$, $j = 2, \dots, N_y$; $A_{xi,j}^{n+1} = A_{xi,j}^n + \Delta t \left(\frac{\partial A_{xi,j}}{\partial t} \right)^n + O(\Delta t^2)$ untuk $i = 1, \dots, N_x$, $j = 2, \dots, N_y$; dan $A_{yi,j}^{n+1} = A_{yi,j}^n + \Delta t \left(\frac{\partial A_{yi,j}}{\partial t} \right)^n + O(\Delta t^2)$ dan $i = 2, \dots, N_x$, $j = 1, \dots, N_y$, dimana [1] :

$$\frac{\partial \Psi_{i,j}}{\partial t} = \frac{U_{xi-1,j}^* \Psi_{i-1,j} - 2\Psi_{i,j} + U_{xi,j} \Psi_{i+1,j}}{h_x^2} \Big|_{i,j} + \frac{U_{yi,j-1}^* \Psi_{i,j-1} - 2\Psi_{i,j} + U_{yi,j} \Psi_{i,j+1}}{h_y^2} \Big|_{i,j} + (1-T) \left(1 - |\Psi_{i,j}|^2 \right) \Psi_{i,j} \quad (16)$$

$$\sigma \frac{\partial A_{xi,j}}{\partial t} = \frac{\Im(U_{xi,j} \Psi_{i,j}^* \Psi_{i+1,j})}{h_x} - \kappa^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial A_y}{\partial y} \Big|_{(i,j)} - \frac{\partial^2 A_x}{\partial y^2} \Big|_{(i,j)} \right) \quad (17)$$

$$\sigma \frac{\partial A_{yi,j}}{\partial t} = \frac{\Im(U_{yi,j} \Psi_{i,j}^* \Psi_{i,j+1})}{h_y} - \kappa^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial A_x}{\partial x} \Big|_{(i,j)} - \frac{\partial^2 A_y}{\partial x^2} \Big|_{(i,j)} \right) \quad (18)$$

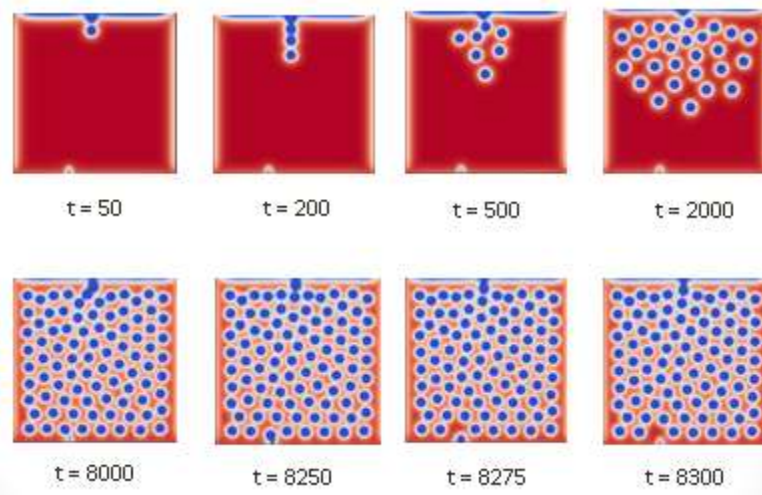
Bentuk diskrit persamaan (11) adalah [1]

$$V = \frac{L_x}{N_x N_y} \sum_{j=1+a}^{N_y-a} \sum_{i=1+a}^{N_x-a} \frac{1}{3} \left\{ \sqrt{\left(\frac{d\mathbf{A}_{x,i,j}}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\mathbf{A}_{y,i,j}}{dt}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{d\mathbf{A}_{x,i,j+1}}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\mathbf{A}_{y,i,j}}{dt}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{d\mathbf{A}_{x,i,j}}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\mathbf{A}_{y,i+1,j}}{dt}\right)^2} \right\} \quad (19)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Dinamika Vorteks

Penembusan vorteks pada superkonduktor ditunjukkan oleh Gambar 3. pada $t = 50$, terlihat bahwa vorteks tunggal berhasil menembus bahan melalui sisi atas bahan superkonduktor (arah+y). Jika medan magnet eksternal $\mathbf{H}_e = 0,44\mathbf{k}$ dikenakan pada bahan tersebut, medan magnet induksi $\mathbf{h}$ berusaha menembus kedalam bahan karena ada vektor potensial magnet $\mathbf{A}$ yang berlawanan arah dengan jarum jam pada bidang xy , $\mathbf{h} = \nabla \times \mathbf{A}$. Selain dari medan $\mathbf{H}_e$, medan magnet induksi $\mathbf{h}$ ini juga dihasilkan oleh rapat arus total $\mathbf{J} = \kappa^2 \nabla \times \nabla \times \mathbf{A}$ yang merupakan resultan dari rapat arus super $\mathbf{J}_s = (\nabla \theta - \mathbf{A})|\Psi|^2$ dan rapat arus normal $\mathbf{J}_n = \mathbf{E} = -\partial_t \mathbf{A}$ sebagai hasil respon dari bahan untuk menolak medan $\mathbf{H}_e$ yang dikenakan padanya. Superkonduktor merespon keadaan tersebut dengan cara mengatur Ψ dan medan vektor potensial magnet $\mathbf{A}$ secara berkesinambungan [12]. Pengaturan kedua kuantitas ini mengikuti penyelesaian persamaan TDGL yaitu persamaan (3) dan persamaan (4). Pengaturan kedua kuantitas ini bertujuan untuk mengatur $\mathbf{J}_n$ dan $\mathbf{J}_s$ agar medan $\mathbf{h}$ tidak kedalam bahan dengan energi sekecil mungkin.



Gambar 3. Dinamika Vorteks

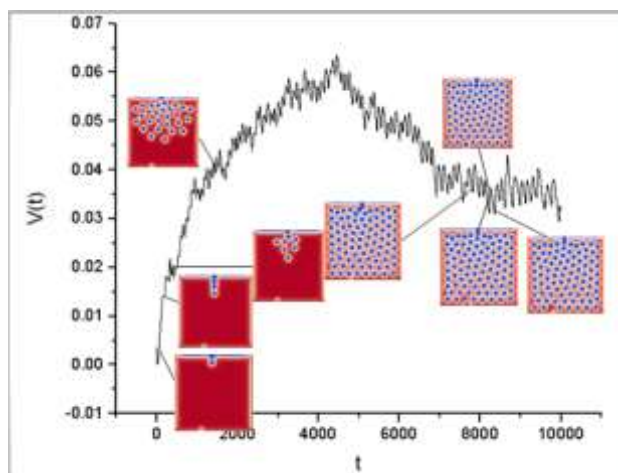
Rapat arus eksternal $\mathbf{J}_e = 0,013 \mathbf{i}$ di aliri pada bahan dengan cara induksi medan magnet eksternal. Rapat arus eksternal $\mathbf{J}_e$ menyebabkan kerapatan gaya $\mathbf{F}$ bekerja pada vorteks. Ketika $\mathbf{J}_e$ dilewatkan pada bahan, persamaan $\kappa^2 \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_e$ memberikan [10], [12]

$$\kappa^2 \frac{\partial h_z}{\partial y} = \mathbf{J}_e \quad (20)$$

Vorteks akan terus bergerak dari kiri ke arah kanan dengan kecepatan $v = E/B$ dengan B adalah medan magnet lokal dan E adalah medan listrik konstan diseluruh bahan [6], [10]. Di $t = 200$ sampai $t = 2000$ menunjukkan dinamika vorteks pada bahan superkonduktor. Awalnya vorteks akan bergerak lurus, kemudian pada t tertentu pergerakan vorteks tidak

lurus lagi. Hal ini disebabkan karena vorteks akan menuju ke area dengan medan magnet yang lebih rendah. Pada bahan superkonduktor ini kerapatan vorteksnya berkurang secara linier dari atas ke bawah yaitu bergerak dari daerah tekanan magnet tinggi menuju tekanan magnet rendah. Kemudian pada $t = 8000$ adalah saat vorteks-vorteks berhasil memenuhi bahan superkonduktor. Dan pada $t = 8250$ sampai $t = 8300$ adalah saat vorteks berhasil keluar hanya melalui sisi defek.

4.2 Kurva Potensial



Gambar 4. Kurva Potensial

Gambar 4 menunjukkan kurva potensial terhadap waktu dari dinamika vorteks akibat pengaruh defek pada sisi bahan. Pulsa-pulsa kecil menunjukkan saat vorteks masuk ke dalam bahan. Kenaikan nilai potensial ini disebabkan oleh semakin banyaknya vorteks yang masuk ke dalam bahan. Pulsa tertinggi pada kurva potensial menunjukkan saat bahan telah dipenuhi vorteks-vorteks. Kemudian, kurva potensial ini akan menurun. Penurunan nilai potensial pada kurva diakibatkan oleh bahan yang penuh dengan vorteks dan menghambat vorteks lain untuk masuk ke dalam bahan. Penuhnya vorteks dalam bahan ini juga menyebabkan berkurangnya kecepatan gerak vorteks hingga nilai potensialnya akan semakin menurun.

5. Kesimpulan

Dinamika vorteks akibat pengaruh defek pada superkonduktor murni berukuran $50\xi_0 \times 50\xi_0$ telah berhasil disimulasikan menggunakan persamaan TDGL. Vorteks akan lebih mudah masuk dan keluar melalui sisi defek dibandingkan sisi lainnya. Vorteks akan mengalir dari daerah medan magnet tinggi menuju daerah dengan medan magnet yang lebih rendah. Aliran vorteks tersebut melepaskan energi yang dikonversikan dalam bentuk tegangan listrik sepanjang bahan.

Daftar Rujukan

- [1] H. Wisodo, P. Nurwantoro, A. Bambang, and S. Utomo, "Voltage Curve for Annihilation Dynamics of A Vortex-Antivortex Pair in Mesoscopic Superconductor," vol. 3, no. 9, pp. 140–147, 2013.
- [2] J. Barba-Ortega, A. Becerra, and J. D. González, "Effect of an columnar defect on vortex configuration in a superconducting mesoscopic sample," *Brazilian J. Phys.*, vol. 39, no. 4, pp. 673–676, 2009.
- [3] M. Doria and G. Zebende, "Multiple trapping of vortex lines by a regular array of



- pinning centers," *Phys. Rev. B*, vol. 66, no. 6, p. 64519, 2002.
- [4] M. Machida and H. Kaburaki, "Numerical simulation of flux-pinning dynamics for a defect in a type-II superconductor," *Phys. Rev. B*, vol. 50, 1994.
- [5] D. Y. Vodolazov, "Effect of surface defects on the first field for vortex entry in type-II superconductors," *Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys.*, vol. 62, no. 13, pp. 8691–8694, 2000.
- [6] T. Winiecki and C. Adams, "Time-dependent Ginzburg-Landau simulations of the voltage-current characteristic of type-II superconductors with pinning," *Phys. Rev. B*, vol. 65, no. 10, pp. 1–5, 2002.
- [7] J. Chapman, Q. Du, and M. A. X. D. Gunzburger, "A GINZBURG-LANDAU TYPE MODEL OF SUPERCONDUCTING / NORMAL JUNCTIONS INCLUDING JOSEPHSON JUNCTIONS," vol. 114, pp. 24–29, 1995.
- [8] W. D. Gropp, H. G. Kaper, G. K. Leaf, D. M. Levine, M. Palumbo, and V. M. Vinokur, "Numerical simulation of vortex dynamics in type-ii superconductors," *J. Comput. Phys.*, vol. 123, no. 2, pp. 254–266, 1996.
- [9] H. Wisodo, P. Nurwantoro, A. Bambang, and S. Utomo, "Normalisasi Persamaan Tdgl Sebagai Parameter Dan Fungsi Temperatur," pp. 1–11, 2010.
- [10] H. Wisodo, P. Nurwantoro, and B. A. S. Utomo, "Pengaruh rapat arus eksternal terhadap gerakan vortex tunggal dalam superkonduktor tipe ii," *Simp. Fis. Nas.* 23, 2010.
- [11] M. Machida and H. Kaburaki, "Direct simulation of the time-dependent Ginzburg-Landau equation for type-II superconducting thin film: Vortex dynamics and $V - I$ characteristics," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 71, no. 19, pp. 3206–3209, 1993.
- [12] H. Wisodo, "Kajian Model Ginzburg-Landau pada Superkonduktor Mesoskopik dan Potensi Aplikasinya pada SQUID," *DIsertasi*, 2014.

KAJIAN STRUKTUR, SIFAT MAGNET, DAN SIFAT BIOKOMPATIBEL PARTIKEL NANO $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Yuanita Amalia Hariyanto^{1,*}, Hartatiek¹, Ahmad Taufiq^{1,2}, Sunaryono^{1,2},
Anita Listanti¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

²Laboratorium Sentral Mineral dan Material Tingkat Tinggi, Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl.
Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

*Email: yuanita.amalia03@gmail.com

Abstrak

Dalam beberapa tahun terakhir, partikel nano hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) menjadi material yang banyak dikaji oleh para ahli. Berbagai cara telah diupayakan untuk meningkatkan performa partikel nano $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ agar memiliki sifat dan aplikasi yang lebih baik. Dalam penelitian ini, partikel nano $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ didoping dengan ion Gd^{3+} membentuk sistem $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Sampel dikarakterisasi dengan XRD, suseptibilitas meter, dan *kymograph* untuk mengetahui struktur, sifat magnet, dan sifat biokompatibilitasnya. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ berhasil disintesis dalam fasa tunggal dan berstruktur heksagonal. Penambahan ion Gd^{3+} merubah sifat magnet $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ menjadi paramagnetik. Akan tetapi, doping tersebut tidak mengubah sifat biokompatibilitas partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

Kata Kunci: $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, struktur, suseptibilitas, biokompatibilitas

1. Pendahuluan

Pada abad ke-20 biokeramik secara intensif digunakan dalam dunia medis. Salah satu contoh biokeramik yang sering digunakan ialah hidroksiapatit[1]. Hidroksiapatit yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ telah banyak di aplikasikan untuk material pengganti tulang, kedokteran gigi, regenerasi tulang, terapi patah tulang, sistem penghantaran obat anti kanker, dan ortopedi [2-6]. Hal ini dikarenakan material hidroksiapatit memiliki beberapa sifat unggul diantaranya bioaktif, bioresorbabel, dan biokompatibel [7-9]. Sifat ini membuat material ini terus dikaji oleh para ahli dengan melakukan doping, substitusi, dan core-shell [10-16].

Hidroksiapatit dapat disintesis dari bahan alam, seperti cangkang telur, kerang laut, dan batu kapur. Akan tetapi, hingga saat ini pemanfaatan batuan alam yang mengandung kalsit, masih kurang optimal jika dibandingkan dengan ketersediaannya di alam. Seperti di daerah Druju, kabupaten Malang, Jawa Timur ketersediaan batu alam hanya sebatas digunakan untuk bahan bangunan, batu marmer, dan hiasan rumah. Berdasarkan hasil pengujian, batu alam di daerah ini mengandung 97,33% CaCO_3 [17].

Terkait aplikasi dalam medis khususnya material ini memiliki kemampuan yang baik dalam adsorpsi jaringan dan penghantaran obat. Namun sayangnya, material ini tidak dapat digunakan untuk agen kontras karena memiliki sifat diamagnetik. Oleh karena itu,

perlu adanya terobosan baru untuk meningkatkan performa dari hidroksiapatit. Salah satu rekayasa yang dapat dilakukan ialah dengan melakukan doping dengan unsur lain.

Gadolinium merupakan unsur golongan lantanida yang memiliki momen magnetik besar dikarenakan banyaknya elektron tak berpasangan [18-19]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, gadolinium dapat memperjelas visualisasi gambar dengan memberikan kontras yang positif [20]. Namun sayangnya, unsur ini bersifat toksik. Oleh karena itu, dengan melakukan doping gadolinium ke dalam hidroksiapatit akan menjadikan suatu terobosan baru untuk menciptakan suatu material yang dapat digunakan sebagai agen kontras dengan harga yang murah.

2. Metode Penelitian

2.1 Preparasi $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dari kalsit

Batu kalsit digerus hingga menjadi butiran yang halus. Butiran halus dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 5 jam untuk mendapatkan CaO. serbuk CaO direndam dengan aquades. Setelah terbentuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kemudian direaksikan dengan HNO_3 selama 30 menit dengan temperatur ruang dan kecepatan 700 rpm

2.2 Sintesis partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya direaksikan dengan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dan Gd_2O_3 . Larutan dituangkan kedalam 500 mL NH_4OH 2,5 M, diaduk dengan kecepatan tinggi pada suhu 75°C selama 1 jam. Setelah itu reaksi dihentikan dengan mendinginkan dalam air es. Kemudian presipitat dicuci beberapa kali dan disaring. Presipitat dikeringkan pada suhu 60°C selama 4 jam.

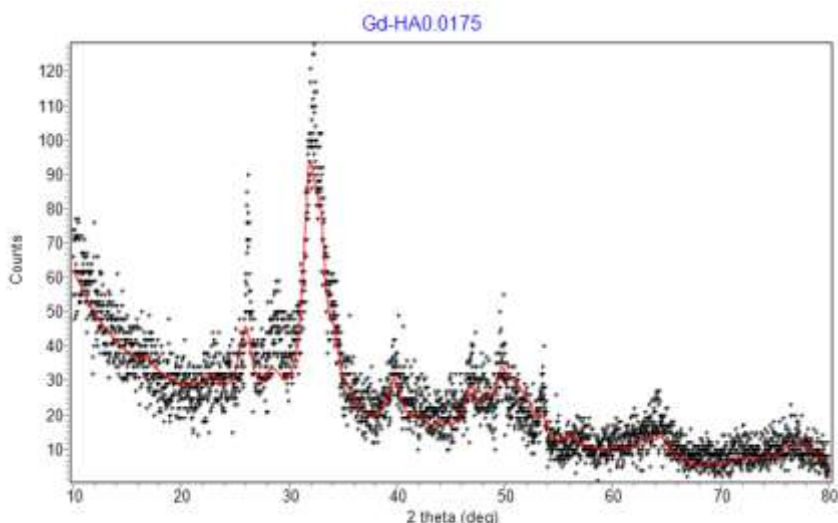
2.3 Pembuatan larutan krebs untuk uji biokompatibilitas

NaCl 6,9 gram, KCl 0,35 gram, CaCl_2 0,28 gram, NaHCO_3 2,1 gram, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,29 gram, KH_2PO_4 0,16 gram, dan glukosa 2 gram. Semua prekursor dituangkan dalam 767 mL larutan NS, dan diaduk dengan kecepatan tinggi selama 24 jam pada suhu ruang. Pada proses pengadukan larutan ditambahkan aquabidest sampai larutan krebs bervolume 1000 mL.

3. Hasil dan Pembahasan

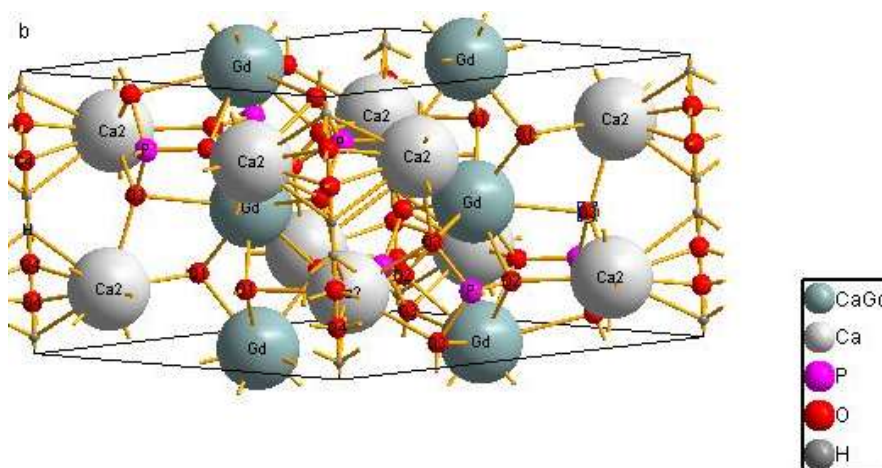
3.1 Struktur Kristal $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Struktur kristal ditentukan melalui metode Rietveld dengan mencocokkan pola difraksi hasil uji XRD dengan pola difraksi dari database AMCS (American Mineralogist Crystal Structure Database). Pola difraksi dari kristal $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dianalisis dengan menggunakan program rietica.



Gambar 1. Pola Difraksi Sinar-X sampel $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Berdasarkan hasil analisis struktur kristal, didapatkan informasi bahwa nilai parameter kisi (yang meliputi parameter kisi a , b , dan c) serta volume kristal tidak mengalami perbedaan yang cukup signifikan dengan model. Data parameter kisi dari hasil *refinement* untuk parameter kisi $a = b = 9,420 \text{ \AA}$ dan $c = 6,841 \text{ \AA}$. Dengan nilai $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$ menunjukkan bahwa partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ memiliki struktur kristal heksagonal. Dari model AMCSD diketahui bahwa nilai parameter kisi $a = b = 9,408 \text{ \AA}$ dan $c = 6,888 \text{ \AA}$. Hasil analisis secara kuantitatif ini dapat diterima karena dari hasil *refinement* didapatkan nilai R_p , R_{wp} , dan GoF sebesar 17,69; 23,68; 1,46 secara berturut-turut. Dimana nilai ini memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Jika diamati dari pola difraksi, terlihat puncak difraksi yang lebar, hal ini sebagai tanda bahwa sampel memiliki ukuran kristal yang relatif kecil. gambar struktur kristal partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dalam 3 dimensi ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Kristal Partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

3.2 Suseptibilitas Magnetik Partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Tabel 1. Suseptibilitas partikel nano

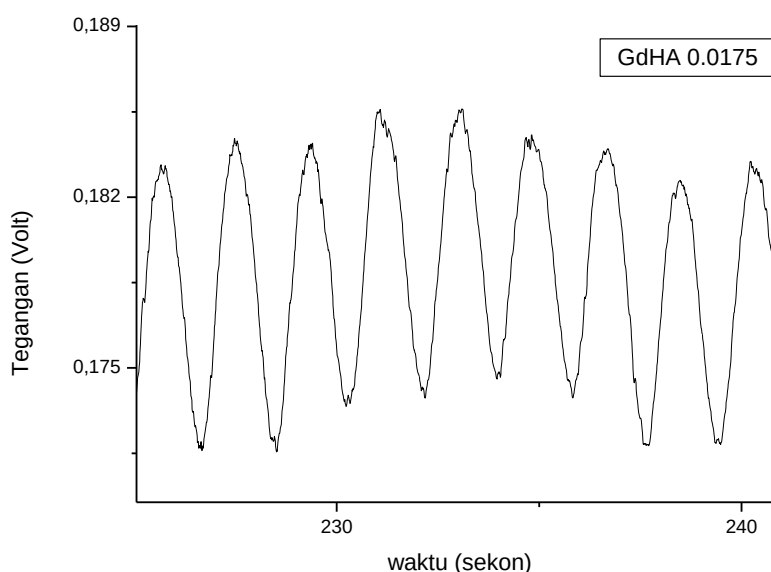
$\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	
Sampel	Suseptibilitas (10^{-6}) (emu/g Oe)
Gd-HA 1,75%	0,0031

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa nilai suseptibilitas dari partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ berubah setelah didoping dengan ion gadolinium. Performa fisis ini menunjukkan bahwa kontribusi ion gadolinium dapat meningkatkan suseptibilitas bahan menjadi paramagnetik dari yang sebelumnya diamagnetik. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Feng Cheng dkk [15] yang mengatakan bahwa tingkat magnetisasi partikel nano meningkat dengan disubstitusikan ion gadolinium.

Perubahan sifat magnet yang dimiliki oleh partikel nano sangat berkaitan dengan berhasilnya dopan yang diinsersikan pada kisi Ca^{2+} . Adapun alasan berhasilnya dopan diinsersikan karena dopan memiliki nilai jenis muatan yang sama dan jari-jari ion yang hampir sama dengan ion Ca^{2+} .

3.3 Biokompatibilitas Partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Hasil pengamatan sifat biokompatibel dengan cara menentukan toksisitas, dengan menggunakan pengujian organ terpisah ditampikan pada gambar rekam kontraksi usus bagian *ileum*. Rekam kontraksi usus ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rekam Kontraksi Usus setelah Pemberian Partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Dari hasil rekam kontraksi usus diketahui bahwa usus mengalami kontraksi, ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak gelombang. Secara umum juga terlihat banyaknya kontraksi usus yang diberi doping tidak mengalami perubahan signifikan. Hal ini berarti komposisi doping yang diberikan tidak menimbulkan respon penolakan pada organ. Hasil ini sesuai dengan penelitian terdahulu, dimana partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ bersifat biokompatibel pada rentang 0-4,4%.

4. Kesimpulan



Berdasarkan hasil penelitian partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ telah berhasil disintesis dengan fasa tunggal, berstruktur heksagonal, nilai suseptibilitas dari partikel berubah dari diamagnetik menjadi paramagnetik, dan penambahan ion gadolinium dengan nilai dopan sebesar $x = 0,0175$ tidak merubah sifat biokompatibel dari partikel nano $\text{Ca}_{9,9825}\text{Gd}_{0,0175}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Daftar Rujukan

- [1] Eric M. Rivera-Muñoz. 2011. *Hydroxyapatite-Based Materials: Synthesis and Characterization*. INTECH Open Access Publisher.
- [2] Herdianto, Nendar. 2011. "Studi Bioresorbabilitas Biokeramik Biphasic Calcium Phosphate (BCP) Sebagai Material Pengganti Tulang." Jakarta: UI.
- [3] Joschek, S., B. Nies, R. Krotz, and A. Gopferich. 2000. "Chemical and Physicochemical Characterization of Porous Hydroxyapatite Ceramics Made of Natural Bone." *Elsevier* 21: 1645–58.
- [4] Madhumathi, K., K.T. Shalumona, V.V. Divya Rania, H. Tamurab, T. Furuikab, N. Selvamurugana, S.V. Nair, and R. Jayakumara. 2009. "Wet Chemical Synthesis of Chitosan Hydrogel Hydroxyapatite Composite Membranes for Tissue Engineering Applications." *International Journal of Biological Macromolecules* 45: 12–15. doi:10.1016/j.ijbiomac.2009.03.011.
- [5] Luo, Y, Y Ling, W Guo, J Pang, Y Fang, X Wen, K Wei, and X Gao. 2010. "Docetaxel Loaded Oleic Acid-Coated Hydroxyapatite Nanoparticles Enhance the Docetaxel-Induced Apoptosis through Activation of Caspase-2 in Androgen Independent Prostate Cancer Cells." *Journal of Controlled Release* 142 (2): 278–88.
- [6] Venkatasubbu, G. Devanand, S. Ramasamy, G.S. Avadhani, V. Ramakrishnan, and J. Kumar. 2013. "Surface Modification and Paclitaxel Drug Delivery of Folic Acid Modified Polyethylene Glycol Functionalized Hydroxyapatite Nanoparticles." *Powder Technology* 235: 437–42.
- [7] Hench, Larry L. 1991. "Bioceramics: From Concept to Clinic." *Journal of the American Ceramic Society* 74 (7): 1487–1510.
- [8] Osborn, J.F., and H. Newesely. 1980. "The Material Science of Calcium Phosphate Ceramics." *Biomaterials* 1 (January): 108–11.
- [9] Ylinen, Pekka. 2006. "Applications Of Coralline Hydroxyapatite With Bioabsorbable Containment And Reinforcement As Bone Graft Substitute." Dissertasion, Helsinkin University.
- [10] Get'man, E. I., S. N. Loboda, T. V. Tkachenko, A. V. Ignatov, and T. F. Zabirko. 2005. "Substitution of Calcium with Neodymium and Dysprosium in Hydroxyapatite Structure." *Functional Materials* 12 (1): 6–10.
- [11] Get'man, E. I., S. N. Loboda, T. V. Tkachenko, N. V. Yablochkova, and K. A. Chebyshev. 2010. "Isomorphous Substitution of Samarium and Gadolinium for Calcium in Hydroxyapatite Structure." *Russian Journal Of Inorganic Chemistry* 55 (3): 333–38. doi:10.1134/S0036023610030058.
- [12] Rameshbabu, N., T.S. Sampath Kumar, T.G. Prabhakar, V.S. Sastry, K.V.G.K. Murty, and K. Prasad Rao. 2006. "Antibacterial Nanosized Silver Substituted

- Hydroxyapatite: Synthesis and Characterization.” *Wiley Internastional Science* 80: 581–91. doi:10.1002/jbm.a.30958.
- [13] Monde’jar, Sussette Padilla, Anna Kovtun, and Matthias Epple. 2007. “Lanthanide-Doped Calcium Phosphate Nanoparticles with High Internal Crystallinity and with a Shell of DNA as Fluorescent Probes in Cell Experiments.” *Journal of Materials Chemistry* 17: 4153–59. doi:10.1039/b708258d.
- [14] Altinoglu, Erhan I., Timothy J. Russin, James M. Kaiser, Brian M. Barth, Peter C. Eklund, Mark Kester, and James H. Adair. 2008. “Near-Infrared Emitting Fluorophore-Doped Calcium Phosphate Nanoparticles for In Vivo Imaging of Human Breast Cancer.” *ACS NANO* 2 (10) (September): 2075–2084. doi:10.1021/nn800448r.
- [15] Chen, Feng, Peng Huang, Ying-Jie Zhu, Jin Wu, Chun-Lei Zhang, and Da-Xiang Cui. 2011. “The Photoluminescence, Drug Delivery and Imaging Properties of Multifunctional Eu³⁺/Gd³⁺ Dual-Doped Hydroxyapatite Nanorods.” *Elsevier* 32: 9031–39. doi:10.1016/j.biomaterials.2011.08.032.
- [16] Madhumathi K, Sampath Kumar TS, Mohammed Sanjeed, Sabik Muhammed A, Sahal Nazrudeen, and Sharanya D. 2014. “Silver and Gadolinium Ions Co-Substituted Hydroxyapatite Nanoparticles as Bimodal Contrast Agent for Medical Imaging.” *Bioceramics Development and Applications* 4 (1): 1–4. doi:10.4172/2090-5025.1000079.
- [17] Yudyanto, Markus Diantoro, and Hartatiek. 2013. “Nano Hydroxyapatite Berbasis Batuan Calcite Druju Malang Sebagai Biomaterial Fungsional Pengganti Tulang”. Makassar.
- [18] Hedlund, Anna, Maria Ahrén, Håkan Gustafsson, Natalia Abrikossova, Marcel Warntjes, Jan-Ivar Jönsson, Kajsa Uvdal, and Maria Engström. 2011. “Gd₂O₃ Nanoparticles in Hematopoietic Cells for MRI Contrast Enhancement.” *International Journal of Nanomedicine* 6: 3233–40.
- [19] Silva, Simone Rodrigues, Érica Correia Duarte, Guilherme Santos Ramos, Flávio Vinícius Crizóstomo Kock, Fabiana Diuk Andrade, Frédéric Frézard, Luiz Alberto Colnago, and Cynthia Demicheli. 2015. “Gadolinium(III) Complexes with N-Alkyl-N-Methylglucamine Surfactants Incorporated into Liposomes as Potential MRI Contrast Agents.” *Hindawi Publishing Corporation* 2015: 1–8. doi:10.1155/2015/942147.
- [20] Villringer, Arno, Bruce R. Rosen, John W. Belliveau, Jeromel. Ackerman, R Andall B. Lauffe, R Buxto Ichardb, Yong-Sheng Chao, Van J. Wedden, and Thomajs. 1988. “Dynamic Imaging with Lanthanide Chelates in Normal Brain: Contrast Due to Magnetic Susceptibility Effects.” *Magnetic Resonance in Madecine* 6: 164–74.

VISUALISASI PENGARUH MEDAN LISTRIK TERHADAP INDEKS BIAS DALAM KRISTAL ISOTROP

Widya Elyani^{1,*}, Arif Hidayat^{1,2}, Hari Wisodo¹, Eny Latifah¹, Ahmad Taufiq^{1,2}

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

²Laboratorium Material dan Mineral Maju, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang, 65145, Indonesia

***Email:** widya.elyani1994@gmail.com

Abstrak

Efek elektro-optik dapat diketahui melalui perubahan indeks bias medium optik akibat pengaruh medan listrik. Perubahan indeks bias dapat dikaji melalui perubahan arah polarisasi cahaya yang merambat didalam medium optik. Perubahan indeks bias divisualisasi dalam bentuk perubahan elipsoida indeks. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan dengan memasukkan persamaan matematis untuk memperoleh hasil berupa kurva indeks bias. Dalam penelitian ini, kristal GaAs diberi medan listrik sepanjang sumbu-z sebesar 5×10^8 V/m, 5×10^{10} V/m, 5×10^{12} V/m. Saat diberi medan 5×10^8 V/m, indeks bias kristal tidak mengalami perubahan. Saat diberi medan 5×10^{10} V/m, indeks bias kristal berubah karena kristal mengalami perubahan sifat optis yang semula bersifat isotrop berubah menjadi anisotrop biaksial. Saat diberi medan 5×10^{12} V/m, perubahan indeks bias tidak terlihat karena medan yang diberikan terlalu besar dan skala kurva yang kecil tidak bisa membacanya. Penelitian ini bisa dimanfaatkan untuk sistem telekomunikasi WDM (Wavelength Division Multiplexing).

Kata Kunci: Elektro-optik, GaAs, isotrop, anisotrop

1. Pendahuluan

Perubahan indeks bias dalam kristal isotrop merupakan interaksi elektro-optik. Interaksi elektro optik merupakan perubahan indeks bias (n) kristal sebagai media akibat pengaruh medan listrik yang diberikan terhadap kristal tersebut. Perubahan indeks bias ini diketahui dari perubahan arah polarisasi cahaya. Perubahan indeks bias tersebut divisualisasi dalam bentuk indeks elipsoid[1]. Elektro optik adalah perubahan sifat optik medium karena diberikan gangguan medan dari luar. Gangguan ini berupa medan listrik. Ada dua macam efek elektro optik, yaitu efek Pockels dan efek Kerr. Efek Pockels merupakan efek elektro optik linier yang tergantung pada struktur kristal dan simetris bahan kristal tersebut. Efek Kerr merupakan efek kuadrat pada media interaksi berupa zat cair [1]. Karena medium yang digunakan adalah kristal, maka efek yang berlaku hanya efek Pockels saja.

Kristal didefinisikan sebagai komposisi atom-atom zat padat yang memiliki susunan teratur dan periodik dalam pola tiga dimensi. Keteraturan susunan tersebut terjadi karena kondisi geometris yang harus memenuhi adanya ikatan atom yang berarah dan susunan yang rapat [2]. Secara umum sifat kristal berdasarkan sumbu optik terbagi menjadi dua, yaitu kristal isotrop dan anisotrop [3]. Kristal isotrop merupakan suatu bahan kristal yang

indeks biasnya sama di semua tempat dan kecepatan rambat gelombangnya sama. Karakteristik perambatan gelombang elektromagnet dalam medium isotrop tidak bergantung pada arah, sedangkan kristal anisotrop merupakan suatu bahan kristal yang apabila dikenai medan listrik indeks biasnya akan berubah di setiap tempat [4].

Berkas cahaya yang diberikan pada kristal uniaksial akan dipolarisasi menjadi dua berkas sinar, yaitu sinar biasa (*ordinary ray*) dengan indeks bias n_o dan sinar istimewa (*extraordinary ray*) dengan indeks bias n_e [5]. Perambatan sinar biasa di kristal uniaksial mengikuti hukum Snellius dan untuk sinar istimewa tidak mengikuti hukum Snellius [6]. Sinar istimewa tidak menaati hukum Snellius karena indeks biasnya berubah terhadap vektor sudut gelombang dan sumbu optis. Perambatan sinar istimewa dalam kristal uniaxial tidak hanya relevan dengan indeks bias medium isotrop dan indeks bias kristal uniaksial, tetapi juga terhadap sumbu optisnya [7].

Visualisasi yang dilakukan dengan memasukkan persamaan perubahan indeks bias secara bertahap. Perubahan indeks bias pada efek Pockels lebih tepat dideskripsikan sebagai perubahan $\frac{1}{n^2}$ sepanjang medan listrik luar yang diterapkan. Persamaan umumnya dituliskan seperti persamaan:

$$\left[\frac{1}{n_o^2} + \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_1 \right] x^2 + \left[\frac{1}{n_o^2} + \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_2 \right] y^2 + \left[\frac{1}{n_e^2} + \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_3 \right] z^2 + 2\Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_4 yz + 2\Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_5 xz + 2\Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_6 xy = 1$$

Sehingga

$$\Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_i = \sum_{j=1}^3 r_{ij} E_j, i = 1, \dots, 6 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana

r_{ij} = koefisien elektro optik linier (Pockels).

E_j = komponen medan listrik luar yang diterapkan sepanjang arah x, y, dan z.

Jika dituliskan dalam bentuk matriks, maka hasilnya akan menjadi :

$$\begin{pmatrix} \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_1 \\ \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_2 \\ \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_3 \\ \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_4 \\ \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_5 \\ \Delta\left(\frac{1}{n^2}\right)_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

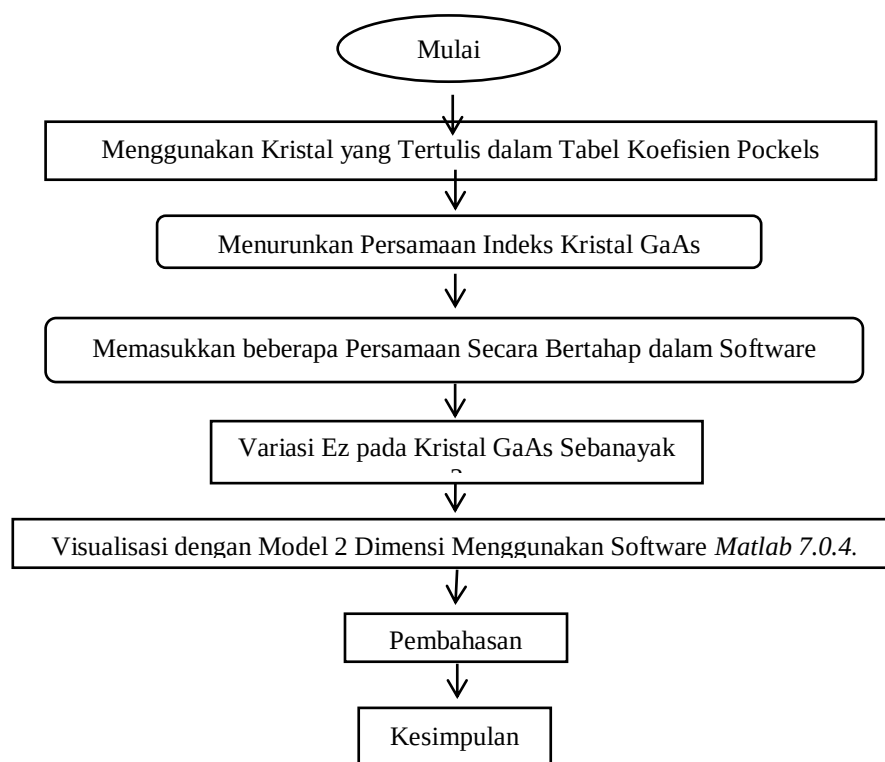
Matriks 6×3 dari persamaan (2) sering disebut sebagai $[r_{ij}]$ dan disebut sebagai tensor elektro optik linear. Tensor tersebut terdiri dari 18 elemen, tetapi banyak dari 18 elemen tersebut bernilai nol dan beberapa elemen tidak nol memiliki nilai tergantung pada simetri kristal [8]. Tabel 1 menunjukkan daftar beberapa nilai dari elemen yang tidak nol.

Tabel 1. Daftar Koefisien Pockels

Material	$r_{ij}(\frac{10^{-12}m}{V})$	$\lambda_v(\mu m)$	Indeks bias
GaAs	$r_{41} = r_{52} = r_{63} = 1.2$	0.9	$n_o = n_o = 3.42$ (cubic)

2. Metode Eksperimen

Penelitian ini menggunakan metode teoritik dan komputasi. Pemodelan yang akan dibuat adalah perubahan indeks bias kristal yang dijadikan medium akibat pengaruh medan listrik yang dikenakan pada kristal tersebut. Perubahan indeks bias tersebut menunjukkan bahwa sifat optis kristal bisa berubah. Kristal yang akan digunakan sebagai medium diberikan medan listrik sepanjang sumbu z dengan besar tertentu untuk mengetahui perubahan indeks bias yang terjadi. Alur yang dilakukan dalam penelitian tertulis pada Gambar 1.


Gambar 1. Diagram Alur penelitian

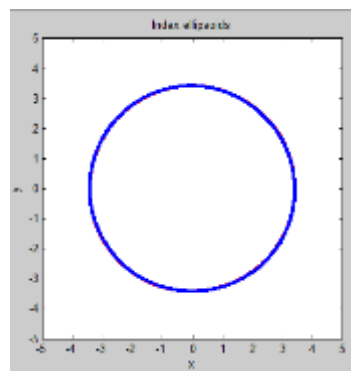
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data pada software Matlab 7.0.4 digunakan untuk menunjukkan perubahan indeks bias pada beberapa kristal. Perubahan indeks bias yang terjadi menunjukkan bahwa medan listrik yang diberikan berpengaruh terhadap sifat optis kristal. Kristal kubik memiliki ketiga sumbu yang sama besar dan saling tegak lurus. Indeks bias kristal dalam arah sumbu x, sumbu y, dan sumbu z sama besar. Oleh sebab itu cahaya yang terpolarisasi yang melewati kristal dengan arah sejajar sumbu x, sumbu y, dan sumbu z

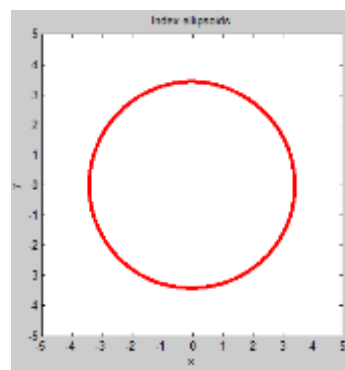
tidak akan berubah arahnya. Untuk mengubah sifat optis kristal kubik ini, diterapkanlah medan listrik dengan tegangan yang sangat besar.

Tabel 2 Hasil Penelitian Pada GaAs

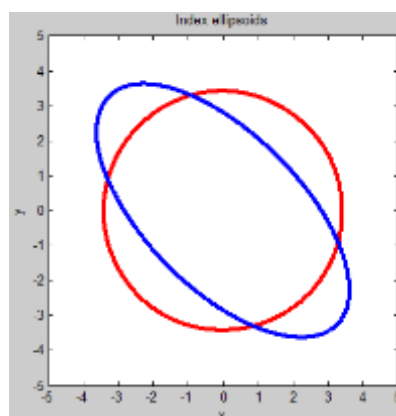
E_z (V/m)	$r_{ij}(\frac{10^{-12}m}{V})$	n_0	Indeks bias
5×10^8	$r_{63} = 1.2$	3.42	Tidak mengalami perubahan
5×10^{10}	$r_{63} = 1.2$	3.42	Berubah elips
5×10^{12}	$r_{63} = 1.2$	3.42	Tidak terjadi perubahan



Gambar 2. Indeks Bias GaAs dengan $E_z = 5 \times 10^8 \text{V/m}$



Gambar 3. Indeks Bias GaAs dengan $E_z = 5 \times 10^{12} \text{V/m}$



Gambar 4. Indeks Bias GaAs dengan $E_z = 5 \times 10^{10} \text{V/m}$

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa indeks bias kristal GaAs (Tabel 2) tidak mengalami perubahan saat diberi medan listrik masing-masing sebesar 5×10^8 V/m dan 5×10^{12} V/m. Perubahan terlihat sangat jelas pada saat medan listrik sebesar 5×10^{10} V/m (Gambar 4). Kristal GaAs merupakan kristal kubik dengan sifat optis kristal isotrop. Namun setelah diberi medan listrik sifat optis kristal GaAs menjadi anisotrop, khususnya akan memiliki sifat kristal biaksial dengan tiga indeks bias berbeda. Perubahan tersebut disebabkan saat medan listrik diberikan searah sumbu z , sumbu x dan sumbu y dirotasi sebesar 45° sehingga menjadi sumbu x' dan sumbu y' . Perputaran sumbu inilah yang menyebabkan perubahan indeks bias. Hal ini bisa dilihat dari bentuk persamaan indeks elipsoid GaAs setelah diberi medan listrik, yaitu:

$$\frac{x^2}{n_0^2} + \frac{y^2}{n_0^2} + \frac{z^2}{n_e^2} + 2r_{63}E_zxy = 1 \dots\dots\dots(3)$$

dengan masing-masing nilai untuk $n_{x'}$ dan $n_{y'}$ yang menunjukkan indeks bias pada sumbu x' dan sumbu y' adalah:

$$n_{x'} = \left(n_0 + r_{63} \frac{n_0^3}{2} E_z \right) \dots\dots\dots(4)$$

$$n_{y'} = \left(n_0 - r_{63} \frac{n_0^3}{2} E_z \right) \dots\dots\dots(5)$$

Namun saat medan listrik sebesar 5×10^{12} V/m diberikan pada kristal GaAs perubahan indeks bias tidak terlihat. Bisa jadi disebabkan karena medan listrik yang terlalu besar menyebabkan perubahan indeks bias yang terjadi tidak terbaca oleh Matlab, sehingga medan listrik sebesar 5×10^{10} V/m merupakan medan listrik maksimal yang bisa mengubah sifat optis kristal GaAs dan terbaca oleh program.

4. Kesimpulan

Medan listrik yang paling sesuai untuk diterapkan dalam efek Pockels sebesar 5×10^{10} V/m bisa mengubah sifat optis kristal. Jika medan listrik terlalu besar, efek Pockels tidak berlaku lagi untuk mengetahui perubahan indeks bias kristal.

Daftar Rujukan

- [1] Setiawan Rg, dkk. 2011. *Perancangan modulator elektro-optik transversal Pockels*. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang. Jurnal Transmisi, Volume 13 No.4, 2011, hal 148-155.
- [2] Parno, 2006. *Fisika Zat Padat*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- [3] Diantoro M, 2015. *Kristalografi*. Malang: Universitas Negeri Malang
- [4] Gusti BW, dkk, 2015. *Mineral Optik Anisotropis*, diakses pada 5 desember 2015 pukul 03.47 WIB
- [5] J.F. Wu, dkk. 2008. *Refraction of extraordinary rays and ordinary rays in the Savart polariscope*. Chinese Physic
- [6] J.F. Wu, dkk. 2009. *The double refraction in the interface of uniaxial crystals in the Savart polariscope*. Science in China Series G, Phys. Mech. Astron
- [7] J.F. Wu, dkk. 2013. *The relation between the propagation of extraordinary ray and the optical axis in the uniaxial crystal*. China: Xi'an Polytechnic University.
- [8] Chung Poon, Ting, 2006, *Engineering optic with matlab*. Virginia Tech, USA Taegeun Kim Sejong University, South Korea Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

PENGARUH PERSENTASE VOLUME SERAT SABUT PINANG (*ARECA CATECHU L.*) TERHADAP SIFAT MEKANIK PAPAN GIPSUM-BETON

Alimin Mahyudin^{1,*}, Yosi Sylvia¹, Sri Handani¹

¹Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas Kampus Limau Manis Padang, 25153

*Email : amahyudin@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh persentase serat sabut pinang (*areca catechu L.*) terhadap sifat mekanik. Sifat mekanik yang diuji meliputi kuat lentur, dan kuat tekan. Kuat tekan dan kuat lentur diukur menggunakan *Universal Testing Machin(UTM)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat lentur paling tinggi terdapat pada persentase serat sabut pinang 1,5% dari volume benda uji, yaitu sebesar 1.944 kg/cm². Nilai kuat tekan paling tinggi terdapat pada papan dengan persentase serat sabut pinang 1% dari volume benda uji yaitu sebesar 76,36 kg/cm². Pada persentase tertentu, serat pinang dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur papan gipsium-beton.

Kata Kunci: Papan gipsium-beton, serat sabut pinang, sifat mekanik dan fisik

1. Pendahuluan

Kemajuan sains dan teknologi membuat penelitian di bidang material komposit semakin banyak dikembangkan. Perkembangan material komposit semakin pesat didorong oleh sifat material tersebut yang dapat direkayasa. Material komposit banyak diaplikasikan ke berbagai macam produk seperti komponen pesawat terbang, komponen sepeda, jembatan, dan peluru

Material komposit merupakan paduan dari dua atau lebih material penyusun, memiliki sifat baru yang berbeda dengan sifat material penyusunnya. Namun masing-masing material penyusunnya tetap terpisah dan dapat dibedakan pada skala makroskopis maupun mikroskopis. Material komposit terdiri dari matrik dan filler (pengisi). Filler terbagi menjadi bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami bersumber dari tumbuhan seperti serat sabut pinang, serat batang bambu, serat sabut kelapa, serat ijuk, dan lain sebagainya. Sedangkan bahan sintetis seperti serat gelas, dan karbon [4].

Perkembangan teknologi bahan komposit selanjutnya adalah bagaimana memanfaatkan bahan-bahan alam. Bahan alam tersedia cukup banyak dan mampu diregenerasikan untuk mengantisipasi krisis bahan sintetis. Pemanfaatan serat alam sebagai *filler* merupakan solusi untuk menghasilkan material komposit yang dapat digunakan seluas-luasnya dalam berbagai aplikasi.

Aufa dan Mahyudin (2010) telah melakukan penelitian mengenai optimasi persentase serat sabut pinang terhadap persentase pasir beton ringan mutu K225 menggunakan *Portland Composite Cement (PCC)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian serat 0,5% pada umur 7 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 165,18 kg/cm² dengan berat rata-rata beton silinder 3,61 g, dan pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 238,63 kg/cm² dengan berat beton silinder 3,613 g. Nilai optimum kuat lentur rata-rata didapat pada penambahan serat pinang sebanyak 1% pada umur 28 hari yaitu sebesar 88,8 kg/cm².

Yanti dan Mahyudin (2011) telah melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap kuat tekan dan kuat lentur papan gipsum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan dan kuat lentur yang dihasilkan oleh papan gipsum berserat sabut pinang lebih tinggi dibandingkan papan gipsum murni (tanpa serat) maupun papan gipsum berserat plastik. Hasil tertinggi penelitian ini diperoleh pada penambahan serat sabut pinang 5% dari massa tepung gipsum, baik untuk kuat tekan maupun kuat lentur. Untuk kuat lentur nilai tertinggi yaitu $77,52 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan untuk kuat tekan yaitu $64,6 \text{ kg/cm}^2$.

Selanjutnya, Olanda dan Mahyudin (2013) juga telah melakukan penelitian tentang sifat mekanik dan sifat fisis papan semen gipsum dengan penambahan serat pinang. Metode penyusunan serat pinang yang digunakan yaitu 1 lapis secara teratur yang diletakkan di antara matriks, dengan variasi persentase serat yang digunakan adalah 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8% dan 1,2% terhadap massa adonan serat, semen, gipsum dan air. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan optimum pada papan dengan persentase serat 0,6% yaitu sebesar $108,08 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan nilai kuat lentur optimum diperoleh pada papan dengan persentase serat 0,6% yaitu sebesar $30,33 \text{ kg/cm}^2$. Daya serap air optimum diperoleh pada persentase serat 1,2% yakni sebesar 16,52%, sedangkan densitas optimum diperoleh pada persentase serat 0,8% yaitu sebesar $1,139 \text{ g/cm}^3$.

Berikutnya, penelitian ini berbentuk komposit laminat. Pemilihan serat sabut pinang didasari oleh seratnya yang tipis dan pendek sehingga mudah diatur dan keberadaannya pun cukup berlimpah di alam. Berdasarkan kandungan kimianya serat sabut pinang memiliki lignin dan selulosa dimana secara alami dapat mengalami penguraian dalam waktu relatif lama oleh mikroba (tahan lama/tidak mudah busuk). Serat ini juga dapat menyerap air sehingga sangat bagus digunakan untuk bahan campuran papan gipsum-beton yang diperkirakan dapat mempersingkat waktu pengeringan/ kematangan papan. Penggunaan serat ini diperkirakan pula akan membentuk papan gipsum-beton yang memiliki kuat lentur dan kuat tekan yang lebih baik dari papan gipsum berserat yang telah ada sebelumnya [6].

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Oktober 2016. Pembuatan komposit papan gipsum-beton serta pengujian daya serap air dan densitas dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Universitas Andalas. Sedangkan pengujian kuat tekan dan lentur dilakukan di laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Padang. Peralatan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM), timbangan digital (GM-500P), gelas ukur, sendok semen, ayakan 50 mesh, cetakan. Bahan yang digunakan adalah tepung gipsum *Casting TE-11*, semen, agregat halus (pasir), serat sabut pinang, dan air.

Pemisahan serat sabut pinang secara tradisional dilakukan dengan merendam sabut pinang selama 1-3 minggu yang bertujuan untuk memisahkan serat dari sekam yang mengikat dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang berada pada air perendaman. Pemisahan serat dilakukan dengan cara memukul-mukul sabut tersebut sehingga lunak hingga seratnya terpisah dari jaringan yang masih tertinggal. Serat yang diperoleh di jemur dengan membentangkannya di bawah terik matahari selama 1-2 minggu. Sementara itu Agregat halus berupa pasir sungai disaring menggunakan ayakan 50 mesh. Serat sabut pinang, semen, gipsum, pasir ditimbang dengan menggunakan neraca digital. [2] Pembuatan pasta beton memerlukan semen, pasir dan air dengan perbandingan massa semen : pasir : air adalah 1 : 2 : 2 k, aduk hingga merata. Tambahkan serat sabut pinang pada pasta beton lalu tuangkan kedalam cetakan yang berukuran (20 cm x 8 cm x 1

cm) dan berukuran (7 cm x 7 cm x 1 cm), pastikan serat sabut pinang tersusun rapi disetiap permukaan cetakan. Setelah dikeringkan 1-2 hari barulah dibuat lapisan atas dan lapisan bawah yang terdiri dari pasta gipsum dengan perbandingan massa gipsum : air adalah 1 : 2. Lapisan atas dan bawah ini akan menutupi lapisan beton dan serat yang berperan sebagai lapisan tengah papan komposit. Cetakan didiamkan selama 28 hari lalu papan komposit yang terbentuk dikeluarkan dari cetakan. Papan beton yang sudah dipisahkan dari cetakan, diratakan tepian dan permukaannya. Selanjutnya, papan komposit ditimbang dengan neraca digital dan diuji kuat tekan, dan kuat lentur.

Pengujian kuat tekan dan kuat lentur menggunakan alat berupa *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil pengujian yang di dapat dibandingkan dengan nilai standar mutu FAO (*Food and Agriculture Organization*), JIS (*Japanesse Industrial Standard*), *Bison Gypsum Fiber Board*, SNI (Standar Nasional Indonesia), dan ISO (*International Standard Organization*) seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik papan beton standar mutu FAO, JIS 5908-2003, *Bison Gypsum Fiber Board*, ISO dan SNI 03-6384-2000 untuk papan komposit

Sifat Fisis dan Mekanis	Satuan	FAO	JIS A 5908-2003	<i>Bison gipsum fibre board</i>	ISO 8335 (1987)	SNI
Kerapatan	gr/cm ₃	0,4-0,8	0,5-0,9	1,15	≥ 1	0,5-0,9
Daya serap air	%	20-75	-	-	-	-
Kuat tekan	kg/cm ₂	100-500	82-184	53,9	88,235	≥ 18
Kuat lentur	kg/cm ₂	10000-50000	20400-36000	28,44	-	≥ 15000

3. Hasil Dan Diskusi

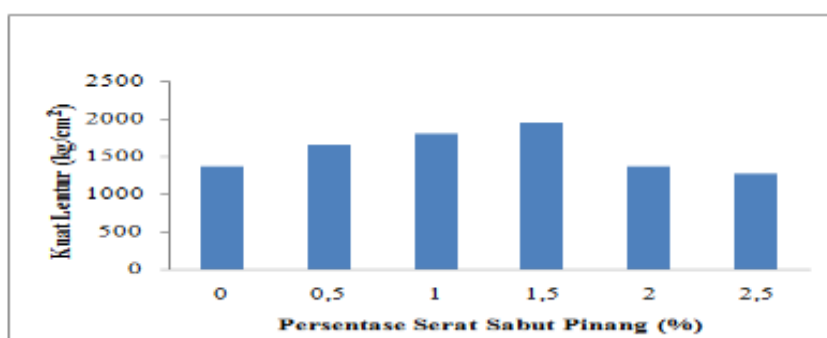
Tabel 2 memperlihatkan perbedaan hasil kuat lentur dan kuat tekan pada tiap variasi papan gipsum-beton. Hal ini membuktikan bahwa penambahan bahan penguat papan gipsum-beton mempunyai karakteristik yang berbeda dan akan berpengaruh terhadap sifat mekaniknya. Serat sabut pinang bersifat memberikan kekuatan, namun tidak berarti pula semakin banyak serat sabut pinang yang digunakan pada papan akan menghasilkan kuat tekan yang semakin kuat.

Tabel 2 Data kuat tekan, dan kuat lentur papan gipsum-beton berserat sabut pinang.

% Serat	Kuat Lentur rata rata (kg/cm ²)	Kuat Tekan rata rata (kg/cm ²)
0	1368	13,38
0,5	1656	28,68
1	1800	76,36
1,5	1944	47,04
2	1368	25,68
2,5	1260	13,12

a. Uji Kuat Lentur

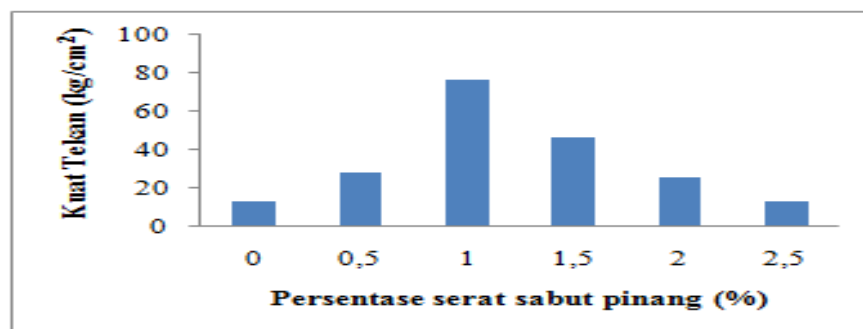
Dalam persentase 1,5% serat sabut pinang diperoleh nilai optimum kuat lentur papan gipsium-beton. Serat pinang mampu menahan deformasi yang terjadi ketika diberikan pembebanan kepada matriks. Pengaruh persentase serat sabut pinang terhadap kuat lentur papan gipsium-beton dapat dilihat pada Gambar 1. Namun penambahan serat sabut pinang yang berlebihan akan membuat nilai kuat lentur papan gipsium-beton menurun, seperti yang terlihat pada persentase 2% dan 2,5%, dan pada Olanda dan Mahyudin (2013) nilai optimum 0,6% dan terjadi penurunan untuk 0,8% dan 1,2%. Hal ini disebabkan oleh massa beton berkurang, selain itu sifat serat pinang yang mengembang membuat papan memiliki rongga-rongga udara kecil. Sehingga penggunaan serat yang cukup banyak membuat papan menjadi lebih rapuh (mudah patah) sehingga memiliki nilai kuat lentur yang tidak optimum. Persentase serat sabut pinang 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% telah memenuhi standar nilai kuat lentur bison gipsium fibre board.



Gambar 1 Pengaruh persentase serat sabut pinang terhadap kuat lentur papan gipsium-beton.

b. Uji Kuat Tekan

Kuat tekan terendah juga terdapat pada persentase serat 0%, ini disebabkan karena tidak ada serat yang akan memperkuat ikatan matrik. Dalam persentase 0,5% serat didapatkan nilai kuat tekan yang masih kecil. Artinya serat 0,5% belum cukup untuk membuat ikatan matrik menjadi sangat kuat. Selanjutnya diperoleh nilai optimum kuat tekan papan gipsium-beton berserat sabut pinang dengan persentase 1% dengan besar nilai 76,36 kg/cm², dan Olanda dan Mahyudin (2013) menghasilkan kuat tekan optimum pada 0,6% serat bernilai 108,08 kg/cm². Sama seperti pengujian pada kuat lentur, untuk nilai kuat tekan juga mengalami penurunan kembali seperti yang terlihat pada serat 1,5%, 2%, dan 2,5% seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh persentase serat sabut pinang terhadap kuat tekan papan gipsium-beton.

Adanya nilai optimum ini disebabkan oleh serat sabut pinang memiliki kemampuan memperkuat ikatan matriks menjadi sempurna karna adanya selulosa serat, namun selulosa serat hanya bekerja baik pada kadar tertentu. Saat serat sabut pinang yang ditambahkan secara berlebihan akan membuat selulosa serat tidak bekerja pada titik optimum sehingga papan gipsum-beton yang dihasilkan mengalami penurunan nilai kuat tekan. Persentase serat sabut pinang 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% telah memenuhi standar nilai kuat tekan bison gipsum fibre board, FAO, JIS 5908-2003 dan SNI 03-6384-2000.

4. Kesimpulan

Penambahan serat sabut pinang berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik papan gipsum-beton. Penambahan serat sabut pinang sebanyak 1,5% dari volume sampel uji menghasilkan nilai kuat lentur yang optimum, sebesar 1.944 kg/cm². Sedangkan nilai kuat tekan optimum didapatkan pada persentase serat 1% dari volume sampel uji, sebesar 76,36 kg/cm².

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Program Bantuan Seminar Dalam Negeri, Universitas Andalas yang telah mendanai pebiyaan perjalanan seminar

Daftar Pustaka

- [1] Aufa, F. dan Mahyudin, A., 2010, Optimal Presentase Serat Sabut Pinang Terhadap Presentase Pasir Beton Ringan Mutu K225 Menggunakan Portland Composite (PCC). *Skripsi*, Universitas Andalas, Padang.
- [2] Armeyn, 2006, Hubungan Faktor Air Semen dan Lama Waktu Pengadukan dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Volume1, Nomor 2, ISSN : 1858-3709*. Institut Teknologi Padang.
- [3] Olanda, S.dan Mahyudin, A., 2013, Pengaruh Penambahan Serat Pinang (Areca Catechu L. Fiber) Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Bahan Campuran Semen Gipsum. *Jurnal Fisika Unand Vol.2, No.2*. Universitas Andalas, Padang.
- [4] Smallman, R. E. dan Bhisop, R. J., 2000, Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material, Jakarta : Erlangga.
- [5] Schwartz M.M., 1984 Composite Material Handbook, Mc. Graw Hill: Book Company.
- [6] Van Vlack, Lawrence, H., 1992, Ilmu dan Teknologi Bahan, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [7] Yanti, Septi D.R. dan Mahyudin, A., 2011, Pengaruh Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Papan Gipsum, *Skripsi*. Universitas Andalas, Padang.

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ SEBAGAI BAHAN RESTORASI GIGI DITINJAU DARI KEKERASAN MIKRO

Isnindar Tandya Asri^{1,*}, Yudyanto¹, Hartatiek¹

¹Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang no. 5, Kota Malang, 65145, Indonesia

*Email: tiez.nindar@gmail.com

Abstrak

Karies gigi merupakan penyakit penyebab plak yang timbul akibat adanya aktivitas bakteri *Streptococcus mutans*. Bahan restorasi gigi yang sering digunakan adalah *Glass Ionomer Cement* (GIC). Meskipun mudah diaplikasikan, GIC memiliki sifat mekanik yang rendah dan mudah terkikis oleh saliva. Penambahan material Zeolit Alam Aktif-Cu(0,3 M) dan Al₂O₃ diperlukan untuk meningkatkan sifat mekanik dari GIC. Zeolit alam diaktivasi secara kimia menggunakan larutan asam dan diimpregnasi dengan Cu²⁺. Ketiga bahan tersebut kemudian dikompositkan menjadi GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃. Hasil XRF sebelum dan sesudah aktivasi zeolit alam menunjukkan adanya peningkatan nilai unsur Si dan Cu. Selain itu, hasil XRD keduanya tidak menunjukkan adanya perubahan fase. Uji kekerasan mikro pada komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ memperlihatkan bahwa semakin banyak komposisi Al₂O₃ maka semakin tinggi pula nilai kekerasannya.

Kata Kunci: komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃, kekerasan

1. Pendahuluan

Kesehatan gigi dan mulut merupakan hal penting yang harus diperhatikan oleh masyarakat. Karies gigi merupakan penyakit yang dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan di sekitar gigi karena adanya aktivitas bakteri [1]. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan keseimbangan di dalam mulut adalah mikroorganisme dan karbohidrat [2]. Gigi yang mengalami karies perlu diberikan penanganan dengan cara melakukan restorasi di sekitar kavitas. Restorasi sendiri memiliki arti perbaikan atau penggantian struktur gigi yang hilang atau rusak [3]. Bahan restorasi yang sering digunakan adalah *Glass Ionomer Cement* (GIC).

GIC memiliki sifat mekanik yang buruk dibanding bahan restorasi yang lain diantaranya memiliki sifat *low crushing strength*, serta cenderung sedikit larut dalam cairan di dalam mulut [4], [5]. Bahan restorasi ini sering kali mudah terkikis dan tergerus oleh saliva sehingga dapat mempengaruhi akumulasi plak dan menimbulkan karies sekunder [6]. Untuk mengurangi resiko timbulnya karies sekunder, diperlukan bahan material yang bersifat antibakteri dan tidak toksik. Salah satunya adalah batuan zeolit alam. Batuan ini memiliki area permukaan yang luas, memiliki struktur dan dimensi pori yang mengontrol pertukaran ion, dan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi bila dibandingkan dengan pori silika amorf [7].

Sebelum digunakan, zeolit alam perlu dimodifikasi dengan cara diaktivasi melalui proses fisika dan kimia yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor dalam pori dan memperluas permukaan zeolit [8]. Untuk menambah sifat antibakteri, Zeolit Alam Aktif (ZAA) diimpregnasi dengan logam aktif Cu²⁺ yang berfungsi sebagai agen pengendali pertumbuhan mikroorganisme. Karena konsentrasi Cu²⁺ pada zeolit alam sangat kecil maka perlu adanya penambahan Cu²⁺ seperti yang pernah dilakukan oleh Irnawati dkk (2010), komposit Cu-zeolit memiliki daya antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans* [9].

GIC juga memerlukan material tambahan yang dapat meningkatkan sifat mekanik kekuatan dan kekerasan bahan restorasi. Salah satu material keramik yang dapat digunakan adalah aluminium oksida karena bersifat kuat, tahan korosi, memiliki ukuran grain yang kecil, dan tidak berporos [10]. Untuk memunculkan sifat-sifat fisik dan mekanis yang lebih baik, material *Glass Ionomer Cement*, Zeolit Alam Aktif-Cu(0,3 M), dan alumina dapat dikombinasi dengan cara mengkompositkan ketiga material tersebut menjadi GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃. Komposit GIC/ZAA-

$\text{Cu}(0,3 \text{ M})/\text{Al}_2\text{O}_3$ diharapkan mampu untuk memperbaiki kelemahan bahan restorasi jenis *Glass Ionomer Cement*.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa GIC merk Fuji IX, zeolit alam Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang, Al_2O_3 , CuCl_2 0,3 M, aquademin, aquabides, HCl 6 M, HF 1%, dan NH_4Cl 1 M.

2.2 Preparasi Sampel Zeolit Alam

Bongkahan batuan zeolit yang berasal dari Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang dihaluskan dengan menggunakan mortar dan alu. Kemudian serbuk zeolit yang didapat diayak menggunakan ayakan 200 *mesh* dan dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD.

2.3 Sintesis Zeolit Alam Aktif-Cu(0,3 M)

Pengaktivasian zeolit alam dimulai dengan pencucian 90 gram serbuk zeolit menggunakan aquademin dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam dengan kecepatan 600 rpm pada suhu kamar. Hasil pengadukan kemudian disaring dan dilakukan pengeringan pada suhu 120°C selama 4 jam. Serbuk zeolit kemudian diayak menggunakan ayakan 200 *mesh* dan direndam dalam larutan asam HF 1% sebanyak 100 ml selama 30 menit. Endapan yang didapat disaring dan dicuci menggunakan aquabides hingga pH menjadi netral. Saring kembali dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 4 jam.

Serbuk zeolit kemudian direndam dalam larutan HCl 6 M sebanyak 200 ml selama 30 menit sambil diaduk dengan kecepatan 600 rpm selama 4 jam. Setelah itu larutan disaring dan dicuci dengan aquademin berulang kali agar bebas dari ion Cl^- . Residu kemudian direndam menggunakan larutan NH_4Cl 1 M sebanyak 250 ml sambil dipanaskan pada suhu 90°C selama 3 jam kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu 120°C selama 4 jam.

Serbuk Zeolit Alam Aktif diimpregnasi dengan ion logam Cu^{2+} dengan cara diaduk dalam larutan CuCl_2 0,3 M dengan kecepatan 600 rpm pada suhu 100°C selama 1 jam. Zeolit Alam Aktif-Cu(0,3 M) dicuci dengan aquades dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 24 jam. Serbuk hasil pengeringan dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD.

2.4 Sintesis Komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/ Al_2O_3

Serbuk *Glass Ionomer Cement*, Zeolit Alam Aktif-Cu(0,3 M), dan alumina (Al_2O_3) dikomposit dengan perbandingan komposisi GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/ Al_2O_3 , yaitu (100:0:0)% sebagai kontrol; (50:50:0)%; (50:40:10)%; (50:30:20)%; (50:25:25)%; (50:20:30)%; (50:10:40)%; (50:0:50)% dari berat total (%wt).

Serbuk komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/ Al_2O_3 diuji menggunakan XRD dan SEM. Sebanyak 3,6 gram serbuk komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/ Al_2O_3 dicampur dengan 1 gram cairan poliakrilik (GIC *liquid*) hingga berbentuk semen dan dicetak menggunakan cetakan akrilik yang sudah dilubangi berbentuk tabung dengan diameter 4 mm dan tinggi 6 mm. Hasil cetakan digunakan untuk uji kekerasan mikro dan uji SEM.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji XRF Zeolit Alam

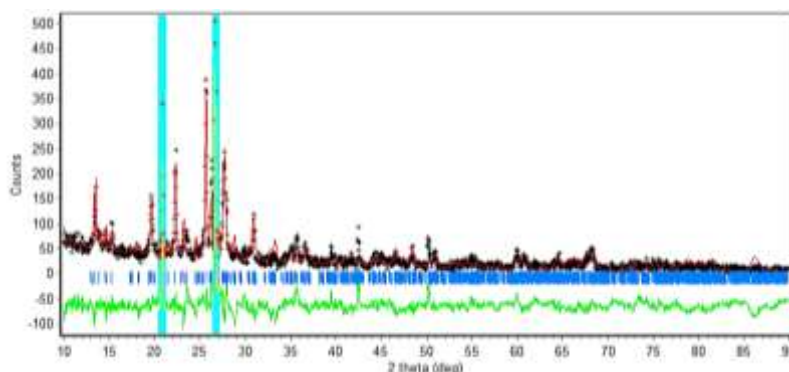
Tabel 1 menunjukkan unsur tertinggi yang dimiliki zeolit alam asal Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang adalah Si yang memiliki komposisi 54,3%, kemudian Fe sebesar 17,4%, Ca sebesar 13,7%, Al sebesar 7,9%, dan K sebesar 5,39%.

Tabel 1. Data hasil uji XRF batuan zeolit alam

Comp	Si (%)	K (%)	Ca (%)	Ti (%)	V (%)	Cr (%)	Mn (%)	Fe (%)	Ni (%)	Cu (%)	Sr (%)	Yb (%)	Al (%)	Zr (%)
Conc Unit	54,3	5,39	13,7	1,55	0,05	0,066	0,09	17,4	0,25	0,16	1,1	0,1	7,9	1

3.2 Hasil Uji XRD Zeolit Alam

Hasil analisis *Rietveld* pada pola grafik XRD seperti yang ditunjukkan Gambar 1 memberikan makna bahwa zeolit alam tersebut sebagian besar berfase mordenit dengan parameter kisi $a = 18,136 \text{ \AA}$, $b = 20,459 \text{ \AA}$, $c = 7,5299 \text{ \AA}$, grup ruang *Cmcm*, bersistem kisi Bravais *base-centered* ortorombik. Ukuran butir dari zeolit alam tersebut adalah 50,87 nm. Kualitas *fitting* dari analisis adalah $R_p = 23,28$ dan $R_{wp} = 17,72$.


Gambar 1. Profil pola difraksi zeolit alam

3.3 Hasil Uji XRF ZAA-Cu(0,3 M)

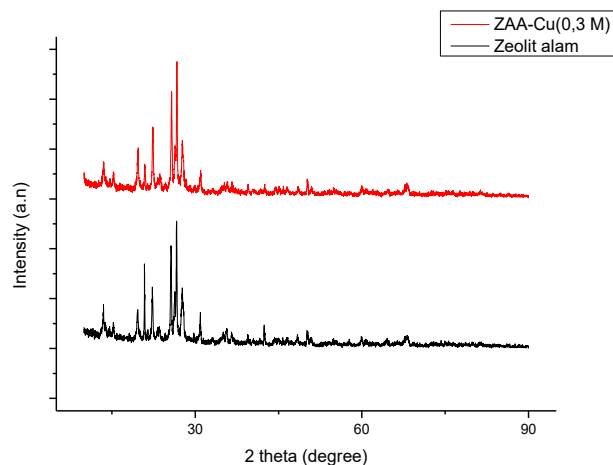
Tabel 2 merupakan hasil karakterisasi ZAA-Cu(0,3 M) menggunakan XRF. Hasil XRF ZAA-Cu(0,3 M) memperlihatkan bahwa zeolit alam telah berhasil diaktivasi. Hal ini ditandai dengan adanya penurunan kandungan unsur pengotor K^+ , Fe^{2+} dan Ca^{2+} setelah dilakukan aktivasi larutan asam. Kandungan Cu pada ZAA-Cu(0,3 M) mengalami kenaikan yang cukup signifikan yakni dari 0,16% (sebelum aktivasi) menjadi 9,59% yang mengindikasikan bahwa proses impregnasi ion Cu^{2+} juga berhasil.

Tabel 2. Data hasil uji XRF batuan zeolit alam

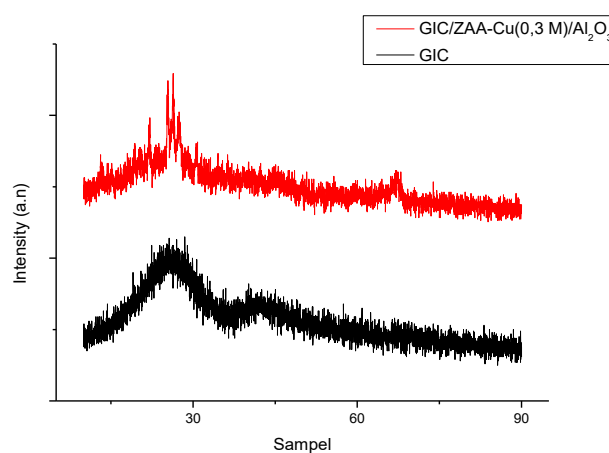
Comp	Al (%)	Si (%)	K (%)	Ca (%)	Ti (%)	V (%)	Cr (%)	Mn (%)	Fe (%)	Ni (%)	Cu (%)	Sr (%)
Conc unit	8,3	59,3	4,42	4,81	1,29	0,04	0,059	0,066	10,2	1,36	9,59	0,55

3.4 Hasil Uji XRD ZAA-Cu(0,3 M)

Gambar 2 berikut menunjukkan pola hasil karakterisasi XRD dari zeolit alam dan ZAA-Cu(0,3 M). Pola difraksi hasil XRD zeolit alam dan ZAA-Cu(0,3 M) tidak menunjukkan adanya pergeseran *peak* (puncak) di posisi 2θ untuk fase SiO_2 . Kesesuaian puncak dari fase SiO_2 pada kedua pola difraksi mengindikasikan bahwa proses aktivasi zeolit tidak mengubah fase zeolit namun hanya meningkatkan rasio Si/Al, meningkatkan kandungan Cu^{2+} dan menghilangkan pengotor pada pori zeolit. Ukuran butir ZAA-Cu(0,3 M) adalah 36,20 nm.



Gambar 2. Pola hasil XRD zeolit alam dan ZAA-Cu(0,3 M)



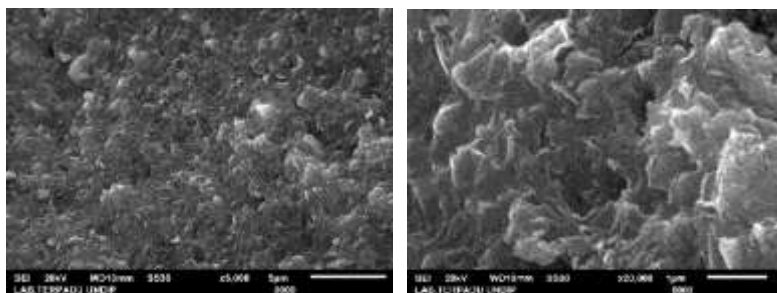
Gambar 3. Pola hasil XRD GIC dan GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃

3.5 Hasil Uji XRD Komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃

Gambar 3 berikut menampilkan dua macam pola difraksi yakni GIC (grafik warna hitam) dan komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ (grafik warna merah). *Glass Ionomer Cement* (GIC) merupakan material yang memiliki struktur *glass* dan berfasa amorf [10]. Hal ini dibuktikan dengan tidak adanya puncak yang jelas dari pola hasil XRD GIC. Perbedaan dapat dilihat pada pola hasil XRD komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃. Pola tersebut memperlihatkan bahwa puncak ZAA-Cu(0,3 M) terlihat pada sudut antara 21° sampai 32° dan antara sudut 65° sampai 70°. Puncak-puncak lain dari ZAA-Cu(0,3 M) dan Al₂O₃ teredam oleh adanya GIC yang berfasa amorf.

3.6 Hasil Uji SEM Komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃

Karakterisasi morfologi dari sampel GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ berbentuk serbuk dilakukan dengan menggunakan SEM yang dapat memperlihatkan butiran-butiran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil SEM menunjukkan bahwa sampel terkomposit dengan baik karena butiran-butiran tersebut tersebar merata dan memiliki bentuk butiran yang tidak beraturan. Perbedaan besar ukuran partikel tersebut disebabkan karena ukuran partikel dari *Glass Ionomer Cement* (GIC) lebih kecil dari 100 µm sedangkan ZAA-Cu(0,3 M) yang dikompositkan berukuran 36,20 nm. Pengaplikasian serbuk GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ saat ditambalkan pada gigi perlu ditambahkan GIC cair (larutan poliasam) yang terdiri dari asam poliakrilik dan asam tartarat agar mengeras dan berbentuk semen.



Gambar 4. Morfologi komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ setelah diberi GIC cair

Tabel 3. Nilai kekerasan komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃

S	Komposisi (%wt)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata HVN
S1	50:40:10	45,2	48,3	49,3	47,60
S2	50:30:20	63,9	50,8	58,3	57,67
S3	50:25:25	60,5	61,8	57,3	59,87

3.7 Uji Kekerasan

Komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ serbuk yang dicampur GIC cair dan kemudian dicetak hingga berbentuk pelet diuji kekerasannya menggunakan *Micro Vickers Hardness Tester*. Indentor yang digunakan berupa *diamond* berbentuk piramida dengan dasar persegi. Setiap sampel dilakukan pengujian tiga titik dengan diberikan kuat beban sebesar 200 gf dengan lama penahanan 15 detik. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan yang bervariasi di setiap titiknya namun nilai yang didapat tidak jauh berbeda. Hal tersebut dikarenakan sampel komposit yang homogen. Tabel 3 menunjukkan nilai kekerasan setiap sampel.

4. Kesimpulan

Proses aktivasi menggunakan larutan asam dapat meningkatkan selektivitas zeolit karena berkurangnya kandungan unsur pengotor dalam zeolit alam. Penambahan komposisi alumina (Al₂O₃) dalam komposit GIC/ZAA-Cu(0,3 M)/Al₂O₃ cenderung dapat meningkatkan kekerasan mikro. Semakin banyak komposisi Al₂O₃ maka semakin tinggi pula nilai kekerasannya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Terima kasih kepada kedua orang tua saya yang selalu mendukung segala kegiatan saya. Terima kasih kepada para sahabat dan teman yang selalu memberikan semangat demi terselesainya penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] D. Ozdemir, "Dental Caries and Preventive Strategies," *J. Educ. Instr. Stud. WORLD*, 2014.
- [2] M. Peneva, "Dental Caries—Disturbed Balance of the Risk Factors," *J. IMAB*, vol. 13, no. 2, 2007.
- [3] E. A. M. Kidd and B. G. N. Smith, "Manual Konservasi Restoratif Menurut Pickard," *Alih Bhs. Narlan Sumawinata Ed*, vol. 6, 2000.



- [4] T. De Caluwé, C. W. J. Vercruysse, S. Fraeyman, and R. M. H. Verbeeck, "The influence of particle size and fluorine content of aluminosilicate glass on the glass ionomer cement properties," *Dent. Mater.*, vol. 30, no. 9, pp. 1029–1038, 2014.
- [5] B. W. Bertenshaw and E. C. Combe, "Studies on polycarboxylates and related cements: I. Analysis of cement liquids," *J. Dent.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–16, 1972.
- [6] G.-Y. Lai, L.-K. Zhu, M.-Y. Li, and J. Wang, "An in vitro study on the secondary caries-prevention properties of three restorative materials," *J. Prosthet. Dent.*, vol. 110, no. 5, pp. 363–368, 2013.
- [7] N. Iqbal *et al.*, "Nano-hydroxyapatite reinforced zeolite ZSM composites: A comprehensive study on the structural and in vitro biological properties," *Ceram. Int.*, vol. 42, no. 6, pp. 7175–7182, 2016.
- [8] D. Y. Lestari, "Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara," in *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2010.
- [9] D. Irnawati, P. Agustiono, and E. H. Wardhani, "The Influence of Cu Concentration on Cu-Zeolite to Antibacterial Power in *Streptococcus mutans*," *J. Zeolit Indones.*, vol. 9, no. 2, pp. 47–53, 2010.
- [10] S. Suminta, "Karakterisasi zeolit alam dengan metode difraksi sinar-X," *J. Zeolit Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 52–68, 2006.
- [11] N. Monmaturapoj, W. Soodsawang, S. Tanodekaew, and S. Channasanoon, "Effect of glass preparation on mechanical properties of glass ionomer cements," *J Met Mater Min.*, pp. 197–199, 2010.

PENGARUH MEDAN MAGNET TERHADAP PROSES ELEKTROLISIS AIR (H_2O)

Linda Astutik^{1,*}, Sutrisno¹, Daeng Achmad Suaidi¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang Tlp. 0341-552125

*Email: lindaastutik509@gmail.com

Abstrak

Elektrolisis air sebagai sumber hidrogen telah lama dipelajari dan diteliti. Pada umumnya untuk mempercepat proses elektrolisis digunakan katalis atau larutan elektrolit dalam memproduksi gas hidrogen ataupun gas-gas lainnya. Elektrolisis merupakan suatu perubahan proses kimia atau reaksi dekomposisi dalam suatu elektrolit oleh arus listrik. Untuk mempercepat proses elektrolisis selain menggunakan katalis dalam penelitian ini akan digunakan medan magnet. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan proses elektrolisis saat dikenai medan magnet dan tidak dikenai medan magnet, serta mempelajari pengaruh yang diakibatkan medan magnet terhadap proses elektrolisis. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji statistik independen sampel t-test, untuk mengetahui adanya pengaruh dan perbedaan yang signifikan medan magnet terhadap proses elektrolisis maka analisis data dilakukan dengan menggunakan program SPSS. Hasil analisis data menunjukkan adanya pengaruh dan perbedaan yang signifikan antara elektrolisis air dengan elektrolisis menggunakan magnet. Hal ini dapat diketahui dari perhitungan pada program SPSS bahwa nilai signifikansi harga kritik distribusi student t lebih besar dibandingkan nilai signifikansi (2-tailed) pada data.

Kata Kunci: Elektrolisis, Medan Magnet, Hidrogen

1. Pendahuluan

Elektrolisis air sebagai sumber hidrogen telah lama dipelajari dan banyak peneliti yang melakukan penelitian mengenai proses elektrolisis dengan berbagai kombinasi baik dari variasi jenis-jenis elektrolit, jenis elektroda (katoda dan anoda) maupun penemuan-penemuan lainnya. Gas hidrogen adalah salah satu gas yang paling ringan dibandingkan dengan gas lainnya, tetapi gas hidrogen merupakan gas yang mudah terbakar. Gas hidrogen bukan termasuk sumber energi, tetapi gas hidrogen merupakan pembawa energi dengan kata lain gas hidrogen tidak tersedia dengan bebas di alam atau dapat ditambah seperti energi-energi lainnya misalnya fosil. Gas hidrogen dapat dihasilkan dengan cara memecah senyawa yang paling banyak mengandung unsur gas hidrogen. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan gas hidrogen salah satu cara yang dapat dilakukan dengan mudah yaitu pada proses elektrolisis air, karena proses elektrolisis air lebih mudah dilakukan dan alat-alat yang diperlukan mudah didapatkan ^[2].

Elektrolisis merupakan suatu proses reaksi kimia yang terjadi ketika tegangan diterapkan pada elektroda yang dimasukkan dalam larutan elektrolit. Larutan elektrolit dalam proses elektrolisis larut dalam air (pelarut polar) yang menjadi ion-ion positif (kation-kation) dan ion-ion negatif (anion) ^[1].

Air sangat mudah di peroleh, karena air merupakan sumber kehidupan bagi manusia dan dimana-mana air bisa di temukan dengan mudah tanpa mengeluarkan biaya yang mahal. Pada penelitian ini akan dilakukan proses reaksi elektrolisis yang menggunakan larutan air (H_2O), di karenakan air merupakan larutan elektrolit lemah bukan tidak memungkinkan untuk dilakukan proses elektrolisis, tetapi akan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam pelaksanaannya. Pada proses elektrolisis ini akan dilakukan variasi waktu yang dibutuhkan berapa lama dalam proses elektrolisis berlangsung untuk menghasilkan gas hidrogen yaitu dapat diketahui dengan cara berapa ml volume air yang

berkurang. Dan juga akan dilakukan perbandingan antara reaksi elektrolisis apa yang akan terjadi jika tanpa dikenai medan magnet dan reaksi elektrolisis yang di kenai medan magnet.

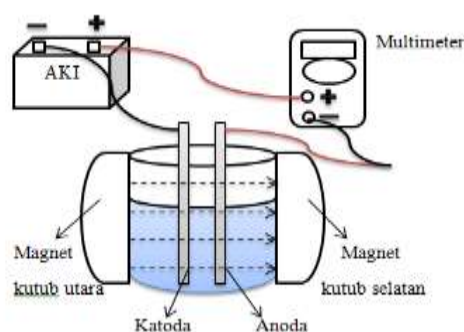
Medan magnet merupakan ruang disekitaran magnet yang dimana tempat benda-benda tertentu mengalami gaya magnetik. Gaya magnetik dapat ditimbulkan oleh benda-benda yang bersifat magnetik dan juga arus listrik (muatan listrik yang bergerak). Menurut seorang ilmuwan fisikawan dan kimiawi Hans Christian Oersted bahwa arus listrik dapat dihasilkan di dalam rangkaian listrik dengan menggerakkan magnet di dekat rangkaian atau mengubah arus di dekat rangkaian listrik. Hal ini menunjukkan bahwa medan magnet yang berubah-ubah menghasilkan medan listrik ^[4].

Penelitian tentang proses elektrolisis sudah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti lain, pada umumnya untuk mempercepat proses elektrolisis agar menghasilkan gas hidrogen ditambahkan larutan elektrolit. Di karenakan sudah banyak penelitian elektrolisis yang hanya menggunakan larutan elektrolit saja, maka dari itu pada penelitian ini di kembangkan dengan menambahkan medan magnet, hal ini dikarenakan magnet dapat memberikan dorongan gaya magnet terhadap ion-ion yang akan menuju ke arah elektroda pada saat proses elektrolisis berlangsung. Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan magnet terhadap proses elektrolisis air.

2. Metode Penelitian

Rancangan penelitian untuk pengambilan data yang pertama dimulai dengan merangkai alat elektrolisis yang kemudian di hubungkan ke sumber daya (aki) dan untuk pengambilan data yang kedua dimulai dengan merangkai alat elektrolisis kemudian di hubungkan ke sumber daya, setelah itu dari sisi kanan maupun kiri tabung elektroliser dipasang magnet permanen. Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran berapa jumlah gas hidrogen yang diperoleh. Untuk mengetahui perbedaan diantara kedua pengukuran di buat tabel dan di analisis, pada saat analisis data digunakan uji statistik independent sample t-test dengan menggunakan program SPSS.

Instalasi Penelitian



Gambar 1. Instalasi penelitian proses elektrolisis diberi medan magnet

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian pada waktu 3 jam dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan data hasil penelitian pada waktu 6 jam dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis data menggunakan program SPSS dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian pada Waktu 3 Jam

NO	Tanpa Magnet (gram)	Magnet (gram)
1.	72,44	70,03
2.	71,30	71,30
3.	72,44	70,03
4.	72,44	71,30
5.	71,30	71,30

Tabel 2. Data Hasil Penelitian pada Waktu 6 Jam

NO	Tanpa Magnet (gram)	Magnet (gram)
1.	71,30	70,03
2.	72,44	71,30
3.	71,30	70,03
4.	72,44	70,03
5.	71,30	71,30

Analisis Data Menggunakan Program SPSS

Tabel 3. Hasil Perhitungan SPSS pada Waktu 3 Jam

Group Statistics					
Percobaan 1 tanpa magnet dan percobaan 2 menggunakan magnet		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil Proses Elektrolisis	Percobaan 1	5	71.9840	.62440	.27924
	Percobaan 2	5	70.7920	.69561	.31109

Dari output SPSS di atas menunjukkan bahwa nilai signifikansi Levene's Test signifikan karena nilai Levene's Test lebih kecil dari 0,05 ($0,447 < 0,05$), berarti varians dalam kedua pengukuran berbeda. Namun dalam hal ini perlu di analisis lagi nilai t pada baris pertama yaitu sebesar 2,851 dengan signifikansi (2-tailed) sebesar 0,021. Sehingga dapat diketahui bahwa nilai-t signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($0,021 < 0,05$). Berarti ada perbedaan yang signifikan dari kedua pengukuran tersebut.

Tabel 4. Independent Samples Test 1

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Hasil Proses elektrolisis	Equal variances assumed	.557	.477	2.851	8	.021	1.19200	.41803	.22802	2.15598
	Equal variances not assumed			2.851	7.908	.022	1.19200	.41803	.22607	2.15793

Tabel 5. Hasil Perhitungan SPSS pada Waktu 6 Jam

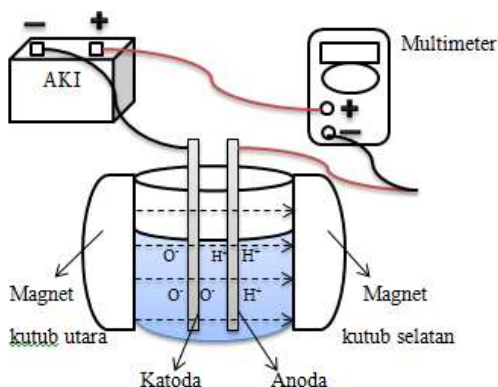
		Group Statistics			
Percobaan 1 tanpa magnet dan percobaan 2 menggunakan magnet		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil Proses Elektrolisis	Percobaan 1	5	71.7560	.62440	.27924
	Percobaan 2	5	70.5380	.69561	.31109

Dari output SPSS di atas menunjukkan bahwa nilai signifikansi Levene's Test signifikan karena nilai Levene's Test lebih kecil dari 0,05 ($0,447 < 0,05$), berarti varians dalam kedua pengukuran berbeda. Namun dalam hal ini perlu di analisis lagi nilai t pada baris pertama yaitu sebesar 2,914 dengan signifikansi (2-tailed) sebesar 0,019. Sehingga dapat diketahui bahwa nilai-t signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($0,019 < 0,05$). Berarti ada perbedaan yang signifikan dari kedua pengukuran tersebut.

Tabel 6. Independent Samples Test 2

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Hasil Proses elektrolisis	Equal variances assumed	.557	.477	2.914	8	.019	1.21800	.41803	.25402	2.18198
	Equal variances not assumed			2.914	7.908	.020	1.21800	.41803	.25207	2.18198

Adanya pengaruh medan magnet terhadap proses elektrolisis disebabkan karena arah dorongan gaya magnet terhadap ion-ion akan menuju ke arah elektroda, hal ini dikarenakan medan magnet yang dihubungkan atau dikenakan pada elektroda maka ion-ion dalam larutan yang mengandung logam akan mengalami gaya magnet. Dengan adanya medan listrik yang dialirkan melalui elektroda maka larutan akan mengalami suatu gaya listrik yang mengakibatkan ion-ion akan terpecah (terdisosiasi) menjadi ion-ion positif dan ion-ion negatif. Gaya yang ditimbulkan oleh sebuah medan magnet terhadap sebuah ion yang bergerak akan berbanding langsung dengan muatan listrik dan kecepatannya, arah gaya medan magnet akan tegak lurus terhadap arah kecepatan ion. Jika elektroda dialiri arus listrik sehingga menghasilkan beda potensial tertentu, elektroda dimasukkan ke dalam larutan, maka ion-ion akan terpecah dan menempel pada elektroda sesuai dengan muatan ionnya. Oleh karena itu arah gaya medan magnet berpengaruh terhadap proses elektrolisis karena menentukan arah dorongan ion-ion untuk mengarahkan ion negatif ke katoda dan ion positif ke anoda.



Gambar 2. Ilustrasi ion-ion bergerak menuju ke arah elektroda (katoda dan anoda)

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh dan perbedaan antara elektrolisis air dengan elektrolisis menggunakan magnet permanen dapat disimpulkan bahwa pada hasil analisis menggunakan program SPSS diketahui bahwa adanya perbedaan yang signifikan, yang artinya jika elektrolisis dikenai magnet maka proses elektrolisis lebih cepat bereaksi dalam menghasilkan gas hidrogen. Dan adanya pengaruh medan magnet terhadap proses elektrolisis yang disebabkan karena arah dorongan gaya magnet terhadap ion-ion yang akan menuju ke arah elektroda.

Ucapan Terima Kasih

Selama penyusunan artikel ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis perlu mengucapkan terima kasih kepada Drs. Sutrisno, M.T selaku dosen pembimbing I dan Bapak Daeng Achmad Suaidi, S.Si, M.Kom selaku dosen pembimbing II.

Daftar Rujukan

- [1] SYL, Isana. 2010. *Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless Steel*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Yogyakarta.
- [2] Marlina, Ena, dkk. 2013. *Produksi Brown Gas Hasil Elektrolisis H_2O dengan Katalis $NaHCO_3$* . Jurnal Rekayasa. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [3] Pitoyo, Stevanus Galih. 2007. *Pengaruh Variasi Jumlah Lilitan Solenoid Pada Alat Reduktor Electromagnetc Plating Untuk Meredduksi Kadar Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [4] Serway, Ramond A & Jewett, John W. 2004. *Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics*. Buku. California State Polytechnic University, Pomona.

