

RANCANG BANGUN VOLTMETER PELAFAL HASIL UKUR MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 16 DAN ISD2590

Vitri Angriantika Wulandari, Heriyanto, dan Samsul Hidayat
Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang
E-mail: antika2405@yahoo.com; heriyanto.fmipa@um.ac.id;
samsulhdy@yahoo.com

ABSTRAK: Tujuan penelitian dan pengembangan ini adalah untuk memperoleh prototipe voltmeter pelafal hasil ukur menggunakan mikrokontroler ATmega 16 dan ISD2590. Data dikumpulkan dengan melakukan pengukuran tegangan pada rangkaian sumber tegangan menggunakan voltmeter pelafal hasil ukur dan voltmeter digital, kemudian dianalisis menggunakan uji *t*-test. Hasil penelitian adalah: (1) rangkaian voltmeter pelafal hasil ukur, (2) pengujian pengucapan suara, (3) program voltmeter pelafal hasil ukur, (4) pengukuran tegangan batas ukur 5 volt, (5) pengukuran tegangan batas ukur 50 volt.

Kata kunci: Voltmeter pelafal hasil ukur, ATmega 16, ISD2590

Voltmeter merupakan alat untuk mengukur besar tegangan listrik dalam suatu rangkaian listrik. Voltmeter disusun secara paralel terhadap letak komponen yang diukur dalam rangkaian. Salah satu inovasi yang bisa dilakukan adalah penggunaan voltmeter pelafal hasil ukur.

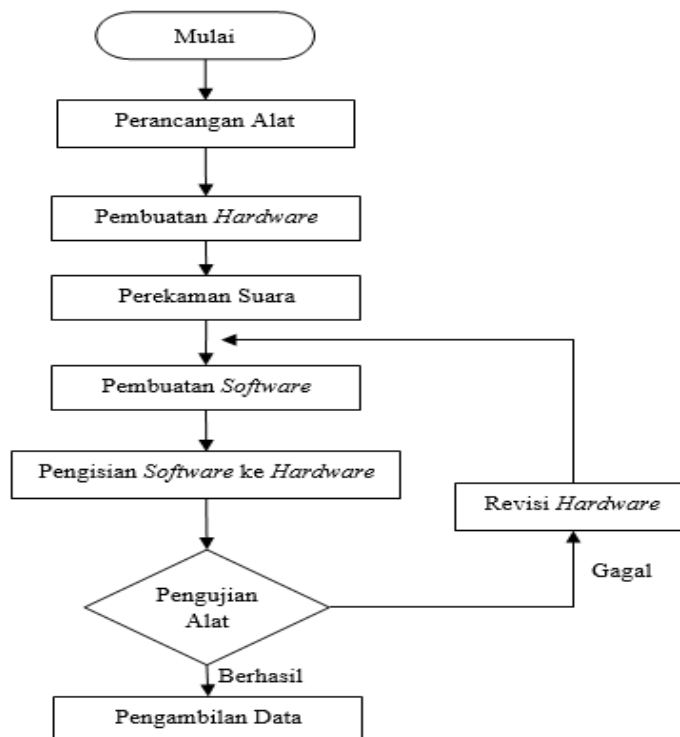
Voltmeter pelafal hasil ukur ini dilengkapi dengan keluaran suara untuk memberitahukan tegangan yang terukur ketika probe dihubungkan pada rangkaian yang akan diukur. Suara berasal dari IC ISD2590 yang digunakan sebagai pembangkit sinyal suara. ISD merupakan suatu chip yang dapat digunakan sebagai penyimpan data suara yang direkam dan *download* di dalam *chip* tersebut apabila diintegrasikan terhadap komponen pendukung (Yusman dan Rachmawati, 2009: 43). IC ISD2590 mempunyai kemampuan penyimpanan suara dengan durasi 90 detik dan dioperasikan dalam *mode address* bit artinya setiap kata yang direkam mempunyai *address* sendiri (Junaldi, 2008:61). *Address* bit ini menggunakan bilangan biner (Rahayu, 2010:97). Mikrokontroler ATmega 16 digunakan sebagai pengendali utama sistem. Mikrokontroler ATmega 16 memiliki keistimewaan dibandingkan jenis mikrokontroler yang lain yaitu *port input ADC 8 channel 10 bit* (Noviana, Tanpa Tahun: 1-2). Selain itu pemilihan mikrokontroler ATmega 16 ini, dikarenakan mudah digunakan, dan memiliki memori yang cukup mendukung,

terlebih lagi *I/O* yang dapat digunakan cukup banyak (DwiPutra, Tanpa Tahun: 4). LCD 16x2 sebagai penampil hasil tegangan yang diukur.

METODE

Model yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan rancang bangun voltmeter pelafal hasil ukur ini, diadaptasi dari *Research and Development* (R&D) yang dikemukakan oleh Borg dan Gall. Berdasarkan kegiatan penelitian dan pengembangan yang dikemukakan oleh Borg dan Gall (1983:775) dapat dikelompokkan menjadi 3 tahap yaitu, (1) studi pendahuluan atau *research and information collecting*, (2) pengembangan produk, meliputi *planing, develop preliminary form of product, preliminary field testing, main product revision, main field testing, operational product revision*, dan (3) validasi produk meliputi *final product revision, and dissemination and implementation*.

Pengembangan prototipe voltmeter pelafal hasil ukur dilakukan dengan 6 langkah sesuai dengan Gambar 1,



Gambar 1. Pengembangan Prototipe Voltmeter Pelafal Hasil Ukur

Berdasarkan Gambar 1, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain.

Perancangan Alat

Perencanaan rangkaian voltmeter Pelafal hasil ukur yang dimulai dari rangkaian minimum mikrokontroler ATmega 16, modul ISD 2590, dan penentuan batas ukur yang digunakan. Alat dan bahan yang digunakan untuk perancangan alat antara lain.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini antara lain, multimeter analog dan digital, *downloader Universal ISP Programmer Ver. USB_01.3*, modul ISD25XX, solder, laptop menggunakan *windows 7* dan menggunakan *32-bit operating system*, adaptor dengan *output 5 Volt*.

Bahan

Bahan atau komponen elektronika yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini antara lain, mikrokontroler Atmega 16, LCD, IC ISD2590, pengeras suara (*loud speaker*), kristal 11,0592 MHz yang berfungsi sebagai *timer* atau pulsa digital untuk pembangkit data, potensiometer 10K, *trimpot* 10 K, *Resistor* (1K, 4K7, 5K6, 100K, 470K, 1M, dan 6M), kapasitor (22pF, 10nF, 0,1μF, 4,7μF, dan 22μF), LED, *header*, PCB, timah patri, *push button*, *probe* positif dan negatif, serta kabel penghubung.

Pembuatan Hardware

Pembuatan rangkaian voltmeter pelafal hasil ukur diawali dengan penentuan input tegangan yang diukur. *Input* tegangan yang diukur lebih dari 5 volt memerlukan penurun tegangan berupa rangkaian pembagi tegangan. Relay digunakan untuk mengatur batas ukur *input* tegangan yang diukur.

Sumber tegangan yang digunakan untuk menghidupkan voltmeter pelafal hasil ukur adalah AC-DC adaptor 5 volt. Pusat pemrosesan sistem baik *input* dan *output* menggunakan mikrokontroler ATmega 16. Keluaran atau *output* dari voltmeter pelafal hasil ukur ini merupakan angka yang ditunjukkan oleh LCD dan *output* suara melalui pengeras suara yang dihubungkan dengan IC ISD2590.

Perekaman Suara

Perekaman suara dilakukan dengan menggunakan modul ISD25XX dan IC ISD2590. Prosedur yang digunakan adalah dengan (a) memposisikan pin 9 (A8) dan pin 10 (A9) pada kondisi *low*, hal ini berarti berlogika nol, (b) menentukan

alamat untuk suara yang akan direkam dengan cara mengatur *Dip Switch* pada modul ISD25XX, (c) menyalakan power supply yang telah dihubungkan dengan modul ISD25XX, (d) menekan secara bersamaan pin CE (pin 23) dan P/R (pin 27) agar berlogika *low*, untuk perekaman, (e) perekaman suara pertama dimulai, setelah selesai suara pertama, lepas kedua pin tersebut, (f) menekan pin CE sebagai pin *Playback*, untuk mengetahui hasil rekaman suara pertama, (g) mengatur kembali alamat untuk menyimpan suara yang kedua, (h) menekan pin CE untuk memastikan bahwa suara pertama sudah tidak muncul pada alamat yang ditentukan untuk suara kedua, melakukan prosedur (d) dan (e), kemudian tekan pin CE untuk mendengarkan suara yang dihasilkan, jika suara yang dihasilkan tidak sesuai, lakukan perekaman kembali, maka suara yang baru akan secara otomatis menghapus suara sebelumnya, (i) melakukan prosedur g dan h untuk suara lain. Pengalamatan suara pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengalamatan Suara pada IC ISD2590

KATA	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	Hex
Nol	0	0	0	0	0	0	1	0	02
Satu	0	0	0	0	1	1	1	1	0F
Dua	0	0	0	1	1	0	1	0	1A
Tiga	0	0	1	0	0	0	1	0	22
Empat	0	0	1	0	1	1	0	0	2C
Lima	0	0	1	1	0	1	0	1	35
Enam	0	0	1	1	1	1	1	1	3F
Tujuh	0	1	0	0	1	0	0	1	49
Delapan	0	1	0	1	0	0	0	1	51
Sembilan	0	1	0	1	1	1	0	0	5C
Koma	0	1	1	0	0	1	1	0	66
Se	0	1	1	1	1	0	0	1	79
Puluh	1	0	0	0	0	0	1	0	82
Belas	1	0	0	0	1	0	1	0	8A
Ratus	1	0	0	1	0	1	1	0	96
Volt	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
Mili Volt	1	1	0	0	0	0	1	0	C2

Pembuatan Software

Program atau *software* yang digunakan adalah program bahasa C. Bahasa C merupakan program untuk menjalankan sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega 16. Program yang dibuat untuk voltmeter pelafal hasil ukur ini ada dua bagian, yaitu program untuk pengujian suara, dan program voltmeter pelafal hasil ukur.

Pengisian Software ke Hardware

Pengisian *Software* ke *Hardware* menggunakan *ISP Downloader*.

Pengujian Alat

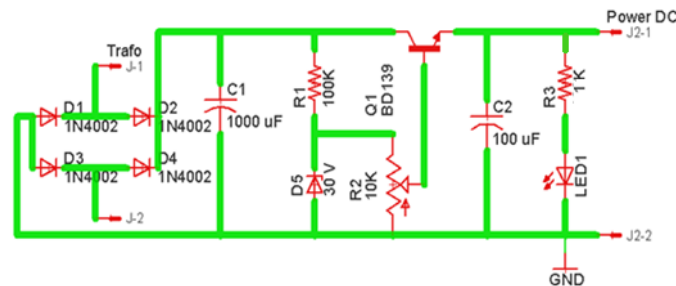
Pengujian alat dilakukan setelah semua *chip* terpasang pada alat dengan baik. Apabila hasil pengukuran tegangan dapat disuarakan dan dapat dilihat pada lcd maka dapat dinyatakan berhasil, tetapi apabila hasil pengukuran tidak muncul pada salah satu *output*-nya maka alat tersebut perlu dicek kembali, kemudian *hardware* tersebut direvisi jika diperlukan, selain itu juga perlu pengecekan pada *software*, jika *software* masih belum benar maka perlu pembuatan *software* lagi.

Uji Coba Produk

Uji coba produk penelitian dan pengembangan voltmeter pelafal hasil ukur dilakukan dengan pengambilan data pengukuran tegangan pada rangkaian sumber tegangan yang dilanjutkan dengan analisis data.

Pengambilan Data

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian dan pengembangan rancang bangun voltmeter pelafal hasil ukur ini berupa hasil pengukuran tegangan yang dilakukan pada percobaan sederhana untuk menguji kelayakan serta stabilitas voltmeter pelafal hasil ukur. Percobaan yang dilakukan adalah mengukur tegangan pada rangkaian seperti Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Sumber Tegangan untuk Pengujian Voltmeter Pelafal Hasil Ukur

Rangkaian sumber tegangan ini digunakan untuk pengambilan data batas ukur 5 volt dan batas ukur 50 volt. Pengukuran tegangan pada Gambar 2 menggunakan voltmeter pelafal hasil ukur, dan voltmeter standar yaitu voltmeter digital merek Heles Tipe UX-866TR.

Analisis Data

Uji kelayakan alat adalah mengkalibrasi alat (voltmeter) yang sudah ada analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji t-tes. Persamaan uji t-tes sebagai berikut,

$$t = \frac{V_1 - V_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

dengan:

- t = nilai t hitung
- V_1 = rata-rata hasil pengukuran menggunakan voltmeter digital
- V_2 = rata-rata hasil pengukuran menggunakan voltmeter pelafal hasil ukur
- s_1 = simpangan baku hasil pengukuran menggunakan voltmeter digital
- s_1^2 = varians hasil pengukuran menggunakan voltmeter digital
- s_2 = simpangan baku hasil pengukuran menggunakan voltmeter pelafal hasil ukur
- s_2^2 = varian hasil pengukuran menggunakan voltmeter pelafal hasil ukur
- $n_1 = n_2$ = jumlah sampel
- r = kolerasi antara hasil pengukuran menggunakan voltmeter pelafal hasil ukur dan voltmeter digital (diadaptasi dari Sugiyono, 2004:119).

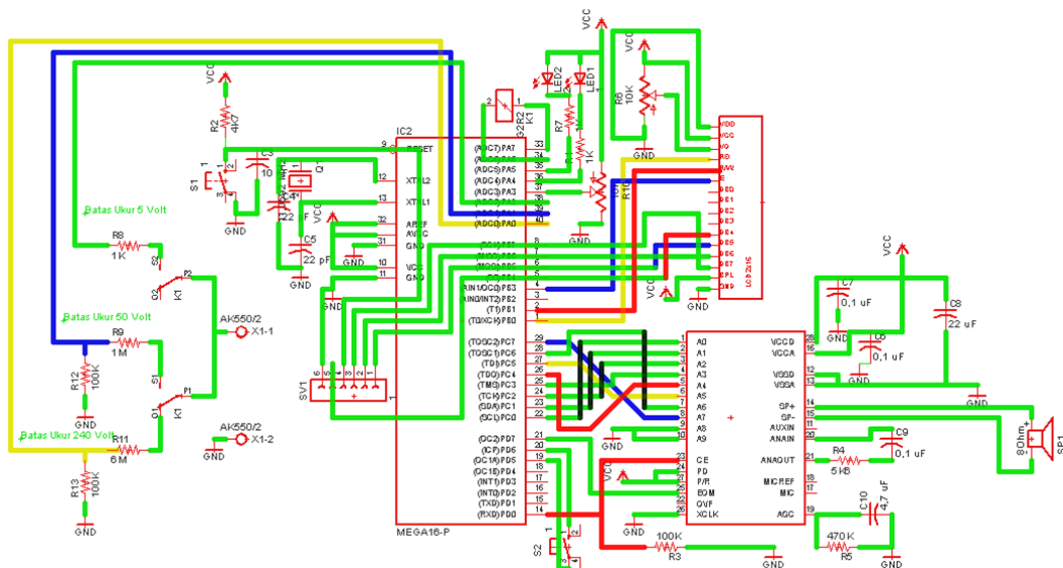
HASIL

Hasil Pengembangan Prototipe Voltmeter Pelafal Hasil Ukur

Hasil pengembangan voltmeter pelafal hasil ukur terdiri dari rangkaian voltmeter pelafal hasil ukur, pengujian pengucapan suara, dan program voltmeter pelafal hasil ukur.

Rangkaian Voltmeter Pelafal Hasil Ukur

Prototipe voltmeter pelafal hasil ukur secara keseluruhan tampak seperti Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Voltmeter Pelafal Hasil Ukur

Pengujian Pengucapan Suara

Terdapat beberapa angka dalam pembacaan perlu perhatian khusus karena angka tersebut memiliki pengucapan yang berbeda pada kasus tertentu. Misalkan angka 10,11 akan diucapkan "sepuluh koma sebelas" bukan "satu puluh koma satu puluh satu". Hal itu berbeda dengan angka 20,22 yang diucapkan "dua puluh koma dua puluh dua". Angka-angka yang memiliki tingkat kesalahan yang paling besar adalah kombinasi angka "nol" dan "satu", oleh karena itu diperlukan untuk mengetahui letak perbedaan pengucapan masing-masing kombinasi angka tersebut, sehingga dapat memudahkan dalam pemrograman mikrokontroler.

Analisis Data

Tabel 2. Perbandingan t Hitung dan t Tabel pada Batas Ukur 5 Volt dan Hasil Analisis

No.	t hitung	t tabel	Keterangan
1	0,00	2,13	Layak digunakan
2	0,00	2,13	Layak digunakan
3	0,00	2,13	Layak digunakan
4	0,00	2,13	Layak digunakan
5	0,00	2,13	Layak digunakan
6	0,00	2,13	Layak digunakan
7	0,00	2,13	Layak digunakan
8	0,00	2,13	Layak digunakan
9	0,00	2,13	Layak digunakan
10	0,00	2,13	Layak digunakan
11	0,00	2,13	Layak digunakan
12	0,00	2,13	Layak digunakan
13	0,00	2,13	Layak digunakan
14	0,00	2,13	Layak digunakan
15	0,00	2,13	Layak digunakan

Nilai t hitung jika selisih seluruh data dijumlahkan terlebih dahulu, maka diperoleh sebesar,

$$t = \frac{\sum(V_1 - V_2)}{1,46}$$

$$t = \frac{0,05}{3,00} = 0,02.$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka t hitung lebih kecil dari pada t tabel. Hal ini berarti voltmeter ini layak digunakan.

Tabel 3. Perbandingan t Hitung dan t Tabel pada Batas Ukur 50 Volt dan Hasil Analisis

No.	t hitung	t tabel	Keterangan
1	0,01	2,13	Layak digunakan
2	0,02	2,13	Layak digunakan
3	0,01	2,13	Layak digunakan
4	0,01	2,13	Layak digunakan
5	0,01	2,13	Layak digunakan
6	0,01	2,13	Layak digunakan
7	0,01	2,13	Layak digunakan
8	0,01	2,13	Layak digunakan
9	0,02	2,13	Layak digunakan
10	0,02	2,13	Layak digunakan
11	0,02	2,13	Layak digunakan
12	0,01	2,13	Layak digunakan
13	0,03	2,13	Layak digunakan
14	0,04	2,13	Layak digunakan
15	0,03	2,13	Layak digunakan

Nilai t hitung jika selisih seluruh data dijumlahkan terlebih dahulu, maka diperoleh sebesar,

$$t = \frac{\sum(V_1 - V_2)}{31,83}$$
$$t = \frac{8,16}{31,83} = 0,26.$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka t hitung lebih kecil dari pada t tabel. Hal ini berarti voltmeter ini layak digunakan.

Karakteristik Voltmeter Pelafal Hasil Ukur

Karakteristik voltmeter pelafal hasil ukur antara lain.

Batas Ukur

Batas ukur voltmeter pelafal hasil ukur ada tiga yaitu batas ukur 5 volt, batas ukur 50 volt, dan batas ukur 240 volt. Berdasarkan program yang dibuat voltmeter pelafal hasil ukur memiliki nilai pengukuran tegangan minimum 0,00 mV. Nilai pengukuran tegangan maksimum voltmeter pelafal hasil ukur berdasarkan program yang dibuat dan rangkaian pembagi tegangan adalah 240,00 volt.

Konsumsi Arus

Konsumsi arus voltmeter pelafal hasil ukur untuk pengukuran tegangan adalah arus DC.

Tingkat Ketelitian

Tingkat ketelitian merupakan nilai kepastian dalam pengukuran. Hasil dan nilai ralat pengukuran atau ketidakpastian tegangan voltmeter pelafal hasil ukur dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Hasil dan Ralat Pengukuran pada Batas Ukur 5 Volt

No.	Hasil Pengukuran Tegangan (V)		V + ΔV	Ralat Pengukuran (%)
1	14,66	mV	(14,66 ± 0,005) mV	0,00
2	48,88	mV	(48,88 ± 0,005) mV	0,00
3	87,98	mV	(87,98 ± 0,005) mV	0,00
4	1,57	V	(1,57 ± 0,005) V	0,00
5	1,82	V	(1,82 ± 0,005) V	0,00
6	1,95	V	(1,95 ± 0,005) V	0,00
7	2,23	V	(2,23 ± 0,005) V	0,00
8	2,42	V	(2,42 ± 0,005) V	0,00
9	2,96	V	(2,96 ± 0,005) V	0,00
10	3,00	V	(3,00 ± 0,005) V	0,00
11	3,44	V	(3,44 ± 0,005) V	0,00
12	3,90	V	(3,90 ± 0,005) V	0,00
13	4,15	V	(4,15 ± 0,005) V	0,00
14	4,52	V	(4,52 ± 0,005) V	0,00
15	4,94	V	(4,94 ± 0,005) V	0,00

Tabel 5 Hasil dan Ralat Pengukuran pada Batas Ukur 5 Volt

No.	Hasil Pengukuran Tegangan (V)		V + ΔV	Ralat Pengukuran (%)
1	5,84	V	(5,84 ± 0,005) V	0,00
2	6,59	V	(6,59 ± 0,005) V	0,00
3	7,51	V	(7,51 ± 0,005) V	0,00
4	8,00	V	(8,00 ± 0,005) V	0,00
5	8,49	V	(8,49 ± 0,005) V	0,00
6	11,78	V	(11,78 ± 0,005) V	0,00
7	13,35	V	(13,35 ± 0,005) V	0,00
8	13,57	V	(13,57 ± 0,005) V	0,00
9	19,46	V	(19,46 ± 0,005) V	0,00
10	23,14	V	(23,14 ± 0,005) V	0,00
11	24,43	V	(24,43 ± 0,005) V	0,00
12	27,14	V	(27,14 ± 0,005) V	0,00
13	30,32	V	(30,32 ± 0,005) V	0,00
14	31,62	V	(31,62 ± 0,005) V	0,00
15	32,00	V	(32,00 ± 0,005) V	0,00

Berdasarkan kedua Tabel 4 dan Tabel 5 maka dapat diketahui tingkat ketelitian (akurasi) voltmeter pelafal hasil ukur ini adalah 100% karena pengukuran yang dilakukan hanya satu kali pada masing-masing data.

Presisi

Simpangan (deviasi) hasil pengukuran tegangan oleh voltmeter pelafal hasil ukur untuk batas ukur 5 volt sebesar 1,60. Batas ukur 50 volt memiliki nilai simpangan (deviasi) sebesar 9,79. Hal ini berarti presisi voltmeter pelafal hasil ukur untuk batas ukur 5 volt sebesar 1,60 volt dan batas ukur 50 volt memiliki presisi sebesar 9,79 volt.

Resolusi Pembacaan

Resolusi pembacaan voltmeter pelafal hasil ukur yaitu 2 angka di belakang koma. Contoh hasil pengukuran tegangan yang terukur oleh voltmeter pelafal hasil ukur adalah 14,66 mV pada LCD dan pengeras suara mengeluarkan pelafan hasil

ukur "empat belas koma enam puluh enam mili volt". Contoh hasil pengukuran pada batas ukur 50 volt adalah 32,00 V dan pelafan hasil ukurnya, "tiga puluh dua koma nol volt".

Repeatibilitas

Nilai variansi voltmeter pelafal hasil ukur untuk batas ukur 5 volt adalah 2,55.

Batas ukur 50 volt memiliki nilai variansi sebesar 95,87.

Impedansi

Jumlah hambatan dalam, pada voltmeter pelafal hasil ukur ini tidak ada atau nol. Hal ini dikarenakan pada pengukuran tegangan nilai yang terukur sesuai dengan besar tegangan yang diukur.

KAJIAN DAN SARAN

Kajian Produk yang Telah Direvisi

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan bahwa cara memperoleh voltmeter pelafal hasil ukur yaitu dengan merancang alat terlebih dahulu, merekam suara menggunakan modul ISD25XX, membuat program aplikasinya, dan hasil voltmeter pelafal hasil ukur dikalibrasi dengan voltmeter digital Merek Heles Tipe UX-866TR (voltmeter standar). Hasil analisis data antara voltmeter pelafal hasil ukur pada batas ukur 5 volt dan voltmeter standar memiliki nilai t hitung sebesar 0,02 serta memiliki nilai t hitung sebesar 0,26 untuk batas ukur 50 volt, sedangkan t tabel 2,13 sehingga dapat diartikan bahwa voltmeter pelafal hasil ukur layak digunakan sebagai alat ukur tegangan. Ralat pengukuran pada voltmeter pelafal hasil ukur ini sebesar 0,005 yaitu 0,5% karena pengukuran hanya dilakukan sekali atau tunggal.

Karakteristik voltmeter pelafal hasil ukur yang dibuat antara lain sebagai berikut. Tegangan yang dapat diukur berupa tegangan DC. Resolusi pembacaan yaitu 2 angka di belakang koma. Batas ukur yang terdapat pada voltmeter pelafal hasil ukur ini ada tiga yaitu, batas ukur 5 volt, batas ukur 50 volt, dan batas ukur 240,00 volt. Keluaran yang dihasilkan berupa angka pada LCD dan suara melalui pengeras suara (*loud speaker*). Tingkat ketelitian voltmeter pelafal hasil ukur ini pada batas ukur 5 volt dan pada batas ukur 50 volt adalah 100% karena nilai ralat mutlaknya sebesar setengah nilai satuan terkecil dan pengukuran dilakukan hanya sekali. Presisi voltmeter pelafal hasil ukur pada batas ukur 5 volt sebesar 1,60 volt

dan pada batas ukur 50 volt sebesar 9,79 volt. Nilai impedansi voltmeter pelafal hasil ukur ini sebesar 0Ω .

Saran

Tujuan dari *Research and Development* (R&D), menurut Borg dan Gall (1989:789) adalah untuk menghubungkan antara penelitian dan pengaplikasiannya untuk mendapatkan produk uji coba lapangan yang siap digunakan sebagai alat ukur tegangan di laboratorium maupun dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian dan pengembangan voltmeter pelafal hasil ukur ini diujicobakan pada rangkaian sumber tegangan. Berdasarkan hasil pengembangan dan keterbatasan produk yang dikembangkan, maka saran sebagai pertimbangan untuk mengatasi keterbatasan tersebut antara lain.

Saran Pemanfaatan Produk

Penggunaan voltmeter pelafal hasil ukur diperlukan pengaturan batas ukur yang paling tinggi, dipilih terlebih dahulu, jika tegangan yang diukur belum diketahui besarnya. Penggunaan tombol untuk *output* suara pada probe positif voltmeter pelafal hasil ukur harus ditekan agar pelafalan hasil ukur terdengar. Pada saat suara pelafalan hasil ukur keluar led berwarna hijau menyala dan penunjukan angka pada LCD stabil.

Saran Diseminasi Produk

Voltmeter pelafal hasil ukur perlu dicoba pada setiap batas ukurnya meskipun tidak sampai 200 volt. Hal ini bertujuan agar diketahui voltmeter pelafal hasil ukur dapat mengukur tegangan tinggi atau tidak. Voltmeter pelafal hasil ukur ini perlu diujicobakan pada praktikum elektronika dasar di laboratorium, kemudian revisi operasional jika diperlukan, uji coba lagi, dan penyempurnaan produk yang telah disempurnakan, pengujian produk akhir, sampai tahap implementasi dan desimilasi.

Saran Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Pengembangan voltmeter pelafal hasil ukur perlu penambahan alat ukur yang lainnya seperti amperemeter pelafal hasil ukur, ohmmeter pelafal hasil ukur agar dapat digunakan secara menyeluruh dalam setiap praktikum. Pengembangan alat ukur yang mampu melafalkan hasil ukurnya perlu diproduksi secara massal dan digunakan sebagai alat ukur di laboratorium.

DAFTAR RUJUKAN

- Borg, W. R. & Gall, M. D. 1983. *Education Research*. USA: Longman.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. 1989. *Education Research, an Introduction*. NY: Longman Inc.
- Junaldi. Irwansyah, Muhammad. & Madona, Era. 2008. Termometer Digital Berbasis AT89S51 untuk Mengukur Suhu Tubuh Manusia dengan Output Suara. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, (online), 3 (2): 60-66, (<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=58024&val=4376>), diakses 17 Januari 2015.
- Noviana, Eva. Tanpa Tahun. *Alat Penggerus Obat Otomats Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega 16 disertai Tampilan LCD*, (online), (http://eprints.undip.ac.id/20852/1/JURNAL_TA_eva.pdf), diakses 17 Januari 2015.
- Rahayu, Tutik Muji. 2010. Perancangan dan Pembuatan Penunjuk Arah serta Deteksi Jarak Benda untuk Tunanetra dengan *Output* Suara Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Neutrino*, (online), 3 (1): 94-103, (http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33131160/Pembuatan_Penunjuk_angin.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1421439191&Signature=D%2BQ4rvxS7o4HiSak5HHVYsQdkBc%3D), diakses 17 Januari 2015.
- Sugiyono. 2004. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Yusman dan Rachmawati. 2009. Pembuatan Alat Pengukur Tinggi Badan dan Berat Badan dengan Output Suara. *Jurnal Litek*, (Online), 6 (1): 41-49, (http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/61094149_1693-8097.pdf), diakses 29 Maret 2013.