

AUDIOMETER BERBASIS MIKROKONTROLLER AVR ATmega 8535

Syevana Dita M¹, Bambang Guruh Irianto, Triwiyanto²

ABSTRACT

Audiometer is a medical instrument used to measure a person's hearing threshold level, by generating sound with a certain intensity and frequency. In audiometer manual system, the inspection process is done by selecting a variety of intensities and frequencies via key presses to be heard to the patient using a pair of earphones, then the patient will be a show of hands in response to hearing the sound (Rukmini, 2000).

In this study, has been made ATmega AVR microcontroller based audiometer 8535 as a measure of the value of the threshold of hearing. This tool is equipped with diagnostic display shown on the LCD and a correction factor of 2 dB. This research was conducted to determine the ability level of the maximum intensity value generated audiometer and the intensity level of accuracy values. The determination of the intensity level is done by measuring the audiometer using the sound level meter. Frequencies used in this tool is 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1kHz, 2 Khz, 4KHz, and 8 KHz .. Rising levels of dB and frequency automatically.

Issued oscillator frequency is the lowest frequency that the election through a multiplexer. The first event of external interrupts in suppressing the patient then the value will be reduced by 10 dB frequency will then start plus 2 dB as a correction factor. Furthermore, there has been an interruption to the two then the frequency will be increased to the next frequency. Once the maximum value of the frequency and dB microcontroller will release the results in the form of hearing loss a person's diagnosis.

Frequency measurements with an average error rate of <10%, 0% means outputan frequency oscillator fit for use. Similarly, measurement of power levels (dB) have an average error rate of <10% is 4.47% so it is feasible to diagnose the threshold of hearing.

Keywords: Audiometer, Frequency, dB, AVR microcontroller ATmega 8535

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam bidang audiologi diketahui bahwa tidak semua proses diagnosa intensitas ambang dengar manusia berjalan dengan lancar. Adakalanya operator mengalami kesulitan dalam mendiagnosa karena alat yang digunakan (audiometer) hanya berupa tampilan data mentah sehingga hanya orang yang ahli dalam bidang audiologi yang bisa mendiagnosa secara penuh dan perangkat audiometer yang digunakan cenderung terintegrasi dengan komputer sebagai tampilan pada hasil tes pendengaran, sehingga dianggap kurang praktis dalam penggunaannya. Selain itu kenaikan taraf intensitas pada setiap frekuensi ditinjau terlalu besar sehingga sensitifitas pada rentan nilai tertentu masih kurang, maka diperlukan

audiometer dengan sensitifitas yang lebih baik.

Maka hal tersebut menjadi dasar penelitian ini yaitu membuat alat ukur ambang pendengaran berbasis mikrokontroler. Alat ini berupa audiometer dengan menggunakan IC mikrokontroler sebagai pengatur dan pengolah data yang nantinya akan ditampilkan pada LCD. IC mikrokontroler yang digunakan adalah tipe AVR ATmega 8535, yang memiliki kemampuan mengeksekusi program lebih cepat dari pada tipe mikrokontroler yang lain. Pada audiometer berbasis mikrokontroler ini ditambahkan faktor koreksi (2 dB) pada setiap satu skala kenaikan intensitas (10dB), harapannya semua nilai yang ditunjukkan pada audiometer dapat digunakan untuk mendiagnosa pada sistem pendengaran pasien. Audiometri dilakukan untuk menguji kemampuan seseorang untuk mendengar

⁽¹⁾Alumni Teknik Elektromedik, ⁽²⁾Dosen Jurusan Teknik Elektromedik Surabaya, Poltekkes Kemenkes Surabaya.

frekuensi suara yang diperlukan untuk berbicara. Tes ini dilakukan oleh seorang spesialis yang terlatih disebut audiolog dengan alat yang disebut Audiometer.

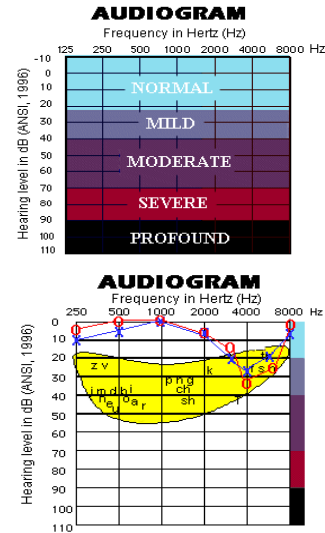
Audiometer adalah alat elektronik pembangkit bunyi dalam intensitas dan frekuensi tertentu, yang dipergunakan untuk mengukur tingkat ambang pendengaran seseorang. Ambang pendengaran ialah bunyi terlemah. Pada audiometer sistem manual, proses pemeriksaan dilakukan dengan cara memilih berbagai intensitas dan frekuensi melalui penekanan tombol untuk diperdengarkan terhadap pasien menggunakan sepasang *earphone*, kemudian pasien akan mengacungkan tangan sebagai tanggapan mendengar bunyi (Rukmini, 2000).



Gambar 1 Audiometer

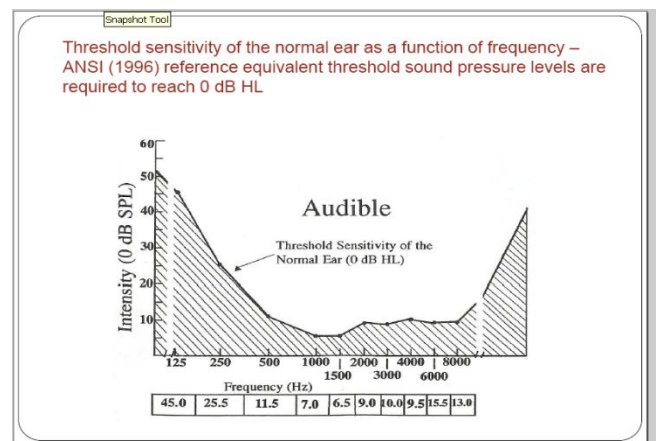
Sebagian besar suara yang terkait dengan pola bicara yang normal biasanya ditemukan di kisaran 20-50 desibel. Seorang dewasa dengan pendengaran normal bisa mendeteksi nada antara 0-20 desibel. Pemeriksaan lainnya yang mungkin telah dilakukan dengan audiometri nada murni juga dilaporkan pada audiogram tersebut.

Ada beberapa skala desibel yang berbeda yang digunakan dalam mengukur suara dan pendengaran. Ketika mengukur tingkat suara pada frekuensi yang berbeda di lingkungan, skala tingkat tekanan suara yang digunakan, dan hasil penelitian dicatat dalam dB SPL. Ketika mengukur ambang pendengaran seseorang, skala tingkat pendengaran digunakan, dan hasil penelitian dicatat dalam dB HL. Sebuah pengukuran dari 30 dB SPL tidak sama dengan pengukuran dari 30 dB HL.



Gambar 2 Audiogram

Akhirnya, penting untuk dicatat bahwa pengukuran 0 dB tidak berarti bahwa tidak ada suara sama sekali - seperti suhu 0 ° F tidak berarti bahwa tidak ada panas sama sekali. Ada suara yang lebih tenang dari 0 dB, dan suara-suara diukur dalam desibel negatif dengan cara yang sama bahwa suhu lebih dingin dari 0 ° diukur dalam derajat negatif. (*National Health and Nutrition Examination Survey, January 2003*).



Gambar 3 Perbandingan antara SPL dan HL (*Basic Physics of Sound & the Decibel Scale, Tahani Alothman, 2009*)

Derajat ketulian dan nilai ambang pendengaran menurut ISO 1964 (*Acceptable audiometric hearing levels*) dan ANSI 1969 (*Standard Reference Threshold Sound-Pressure Levels for Audiometers*) pada frekuensi audio:

1. Jika peningkatan ambang dengar antara 0 - 25 dB, disebut normal
2. Jika peningkatan ambang dengar antara 26 - 40 dB, disebut tuli ringan
3. Jika peningkatan ambang dengar antara 41 - 60 dB, disebut tuli sedang
4. Jika peningkatan ambang dengar antara 61 - 90 dB, disebut tuli berat
5. Jika peningkatan ambang dengar antara > 90 dB, disebut tuli sangat berat

(Soepardi, 1998).

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka peneliti ingin membuat audiometri berbasis mikrokontroler ATmega 8535 dengan faktor koreksi 2dB.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah: 1).Pembuatan perangkat audiometer menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 8535. 2).Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi bertingkat yaitu mulai dari frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, dan 8kHz. 3).Kenaikan amplitudo (intensitas) pada setiap frekuensi adalah sebesar 10 dB dengan faktor koreksi sebesar 2dB setelah interupsi. 4).Hasil diagnosa hanya sampai tuli sedang. 5).Hasil yang keluar pada display adalah tingkat ketulian dari seseorang berdasarkan hantaran udara (*air conductivity*). 6).Menggunakan LCD sebagai tampilan data (display).

Rumusan Masalah

Permasalahan yang peneliti angkat pada penelitian ini berdasarkan latar belakang meliputi: 1).Dapatkah audiometer dirancang dengan menggunakan mikrokontroler AVR

ATmega 8535 beserta komponen pendukung ?
2).Berapakah tingkat nilai taraf intensitas dan frekuensi yang dihasilkan audiometer berbasis mikrokontroler AVR ATmega 8535?

Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Dibuatnya audiometer berbasis mikrokontroler AVR ATmega 8535 sebagai alat ukur nilai ambang pendengaran dilengkapi dengan tampilan diagnosa nilai ambang pendengaran pada LCD.

Tujuan Khusus

- 1). Membuat rangkaian pembangkit frekuensi gelombang sinus.
- 2). Mengukur outputan tiap frekuensi yang dihasilkan yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4KHz, 8 KHz.
- 3).Membuat rangkaian DAC 0808.
- 4).Membuat tampilan diagnosis pada LCD.
- 5).Membuat analisa nilai ambang pendengaran

Manfaat Penelitian

Manfaat Teoritis

Meningkatkan wawasan dan pengetahuan di bidang alat-alat kesehatan, terutama pengaplikasian cara mendesain dan merangkai alat audiometer yang dilengkapi mikrokontroler AVR ATmega 8535

Manfaat Praktis

- 1).Memudahkan audiolog dalam menentukan ambang pendegaran telinga seseorang, sehingga bisa melakukan analisa tentang kondisi pasien.
- 2).Memudahkan cara pemakaian dan pengoperasian.
- 3).Tidak memerlukan monitor untuk menampilkan hasil sehingga tidak terlalu susah dalam penyediaan supply listrik

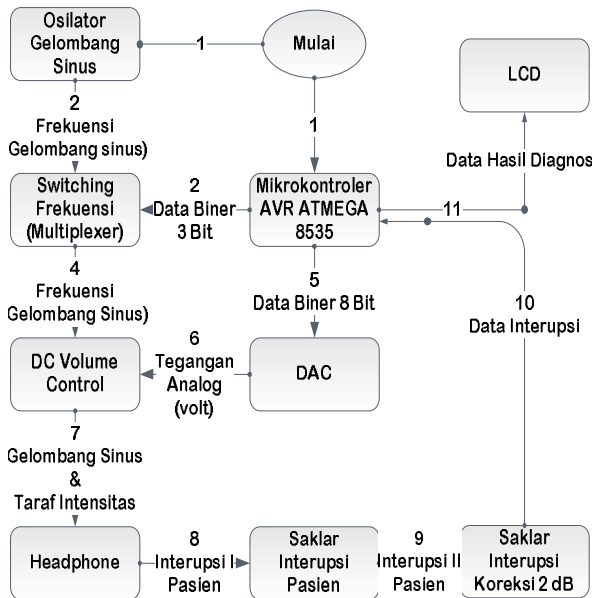
Metode Penelitian

Cara kerja blok diagram

Saat menyalakan sistem audiometer ini maka secara otomatis akan menyalakan program pada sistem minimum mikrokontroler dan menyalakan ketujuh osilator gelombang sinus. Keluaran dari rangkaian osilator berupa

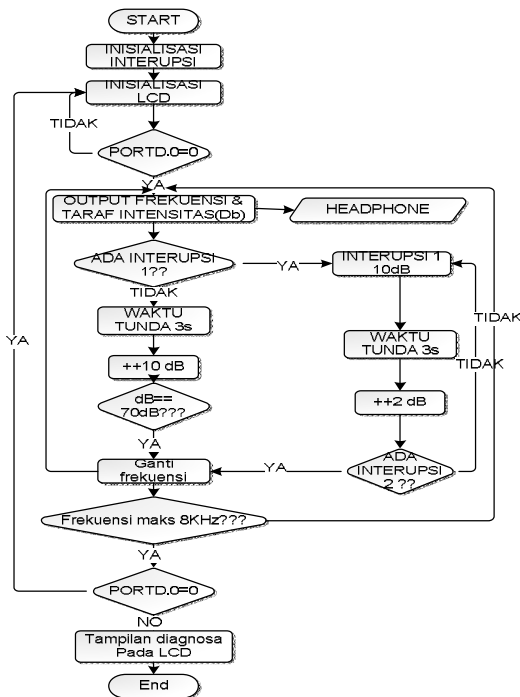
gelombang sinus pada frekuensi – frekuensi tertentu kemudian diteruskan ke rangkaian *switching* frekuensi untuk menunggu giliran dipilih oleh mikrokontroler.

Diagram Blok



Gambar 4. Blok diagram Audiometer

Diagram Alir Audiometer



Gambar 5. Diagram Alir Audiometer

HASIL DAN ANALISIS

Hasil Pengukuran Data Frekuensi

Tabel 1 Hasil Outputan dari Osilator

frekuensi (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
X1	125	250	500	1000	2000	4000	8000
X2	125	250	500	1000	2000	4000	8000
X3	125	250	500	1000	2000	4000	8000
X5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Terukur mean	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Error	0	0	0	0	0	0	0
%Error	0	0	0	0	0	0	0
StDev	0	0	0	0	0	0	0
Ua	0	0	0	0	0	0	0

Hasil Pengukuran Data dB

Tabel 2 Hasil Outputan dari dB

Frekuensi all Hz				
Desibel	40	50	60	70
125Hz	37.42	52.04	63.04	70.70
250Hz	41.61	51.24	62.02	71.10
500Hz	37.78	48.37	62.05	71.46
1000Hz	40.39	48.97	60.03	71.10
2000Hz	35.86	47.66	64.04	75.80
4000Hz	41.83	49.90	60.70	73.70
8000Hz	32.59	48.63	61.70	71.80
Mean	38.21	49.54	61.94	72.24
Error	1.79	0.46	1.94	2.24
%Error	4.47	0.91	3.23	3.20
StDev	3.35	1.60	1.35	1.85
Ua	1.27	0.60	0.51	0.70

Hasil Pengukuran Diagnosa terhadap Pasien

Tabel 3. Hasil Diagnosa untuk Telinga Kanan

frekuensi	Pasien 1 (dB)	Pasien 2 (dB)	Pasien 3 (dB)
125Hz	17	18	21
250Hz	13	12	14
500Hz	13	12	17
1KHz	15	12	15
2KHz	21	25	17
4KHz	34	30	28
8KHz	22	13	25
mean	19	17	20

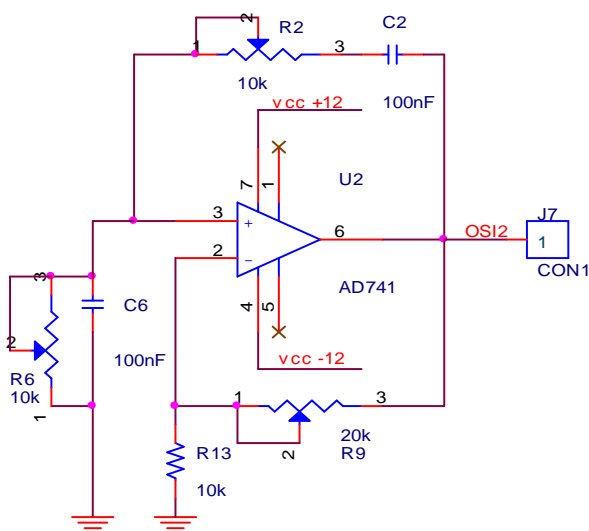
Tabel 4. Hasil Diagnosa untuk Telinga Kiri

frekuensi	Pasien 1(dB)	Pasien 2(dB)	Pasien 3(dB)
125Hz	19	17	22
250Hz	13	12	12
500Hz	13	13	18
1KHz	12	12	15
2KHz	23	23	24
4KHz	28	28	33
8KHz	14	12	19
mean	17	17	20

PEMBAHASAN

Rangkaian Osilator Gelombang Sinus

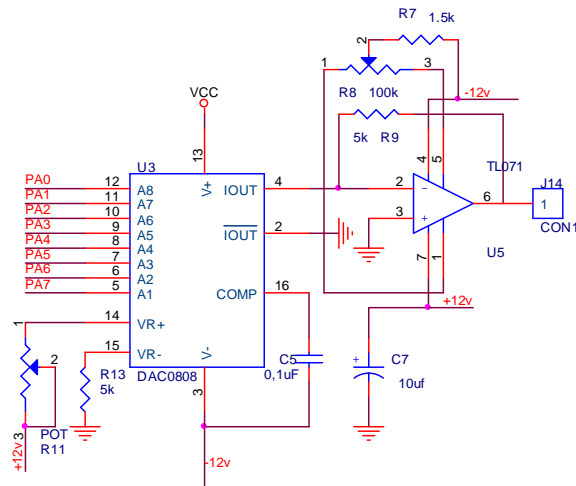
Rangkaian osilator, pada penelitian ini terdapat 7 rangkaian yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, dan 8 kHz. Pada penentuan besar frekuensi yang dihasilkan oleh satu rangkaian osilator bergantung pada besar R (resistor) dan C (kapasitor). Pada rangkaian ini nilai kapasitor dibuat tetap yaitu sebesar 100 nF sehingga hanya nilai hambatan pada resistor variabel yang diubah-ubah, untuk menghasilkan nilai frekuensi tertentu pada satu rangkaian osilator. Pada penelitian ini, rangkaian osilator menggunakan IC LM 741. Rangkaian osilator gelombang sinus dengan menggunakan IC LM 741 dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 6. Rangkaian osilator dengan IC LM 741

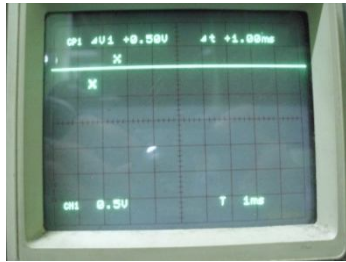
Rangkaian DAC

Pada rangkaian ini menggunakan IC DAC 0808 dan IC TL 071. Penambahan IC TL 071 pada rangkaian DAC 0808 digunakan sebagai *off set* pada bit 0, sehingga diharapkan saat rangkaian DAC 0808 mengeluarkan tegangan keluaran 0V menunjukkan tepat pada nilai tersebut. Tegangan referensi (V_{ref}) pada rangkaian ini menggunakan 12 V dari *power supply* dan bit data DAC diatur oleh mikrokontroler pada *port A*. Rangkaian DAC tersebut dapat dilihat pada Gambar 7



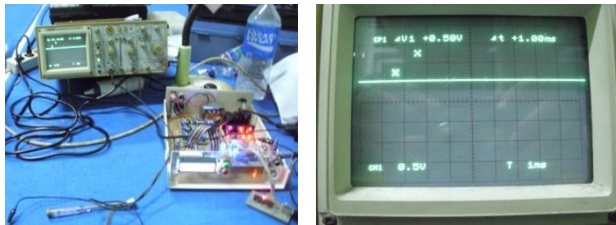
Gambar 7. Rangkaian DAC

Pengujian DAC 0808 menggunakan masukan logika sebesar 8 bit, pengujian DAC menggunakan data biner dari 0_D-255_D . Hasil yang didapat adalah linearitas pengukuran dari keluaran DAC. Untuk masukan $0000\ 0000_b$ keluaran tegangan adalah 0 volt (menggunakan V_{ref} sebesar 12,02 volt dari *power supply*). Keluaran berubah secara linear sampai maksimum mendekati 12,02 volt saat masukan $1111\ 1111_b$. Pengujian linearitas rangkaian ini juga dapat dilakukan dengan menggunakan osiloskop, yaitu dengan menghubungkan *probe channel* CH1 pada keluaran DAC, dengan memberikan nilai masukan $1111\ 1111_b$ maka akan didapatkan hasil keluaran yang ditunjukkan pada osiloskop seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan osiloskop pada nilai DAC 1111 1111_b

Pada tampilan osiloskop didapatkan untuk nilai DAC 1111 1111_b diperoleh kenaikan 2 div dari posisi awal. Saat nilai masukan 1000 000_b diberikan maka akan didapatkan hasil keluaran yang ditunjukkan pada osiloskop pada Gambar 9.

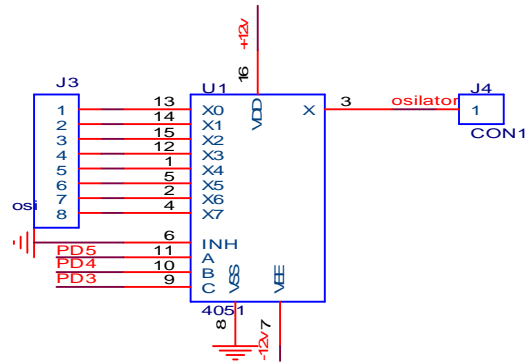


Gambar 9. Tampilan osiloskop pada nilai DAC 1000 0000_b

Saat DAC diberikan nilai 1000 0000_b diperoleh turun 1 div yang artinya setengah dari posisi awal, sehingga rangkaian DAC dapat dinyatakan linier.

Rangkaian Switching Frekuensi

Pada penelitian ini, rangkaian *switching* frekuensi digunakan sebagai pemilih frekuensi yang akan dikeluarkan setelah mendapat perintah dari mikrokontroler. Komponen pada rangkaian ini menggunakan multiplexer IC 4051. Penggunaan IC multiplexer pada rangkaian ini sebagai saklar awal untuk menghubungkan keluaran rangkaian osilator dengan rangkaian DC *volume* kontrol yang dikontrol oleh mikro melalui Port D5,D4 dan D3,. Rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 10.

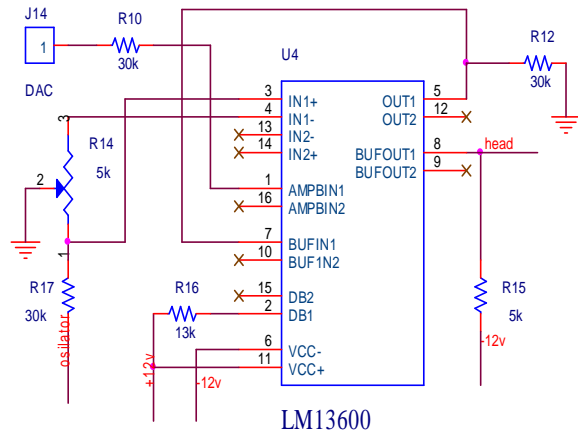


Gambar 10. Rangkaian switching frekuensi

Pengujian rangkaian ini menggunakan osiloskop, dengan melihat sinyal masukan dan keluaran gelombang sinus pada frekuensi tertentu pada rangkaian ini. Hasil pengujian didapatkan bentuk gelombang tidak berubah setelah melalui rangkaian tersebut.

Rangkaian DC Volume Kontrol

Rangkaian ini berfungsi sebagai pengatur besarnya taraf intensitas yang dikeluarkan oleh audiometer, rangkaian ini merupakan penguat tegangan yang penguatannya (*gain*) diatur melalui perubahan tegangan DC yang diberikan oleh keluaran DAC. Rangkaian ini menggunakan IC LM 13600, yang didalamnya terdapat 2 Op-amp, namun pada rangkaian ini hanya memanfaatkan 1 Op-amp pada IC LM 13600. Rangkaian DC volume control sebagai pengatur taraf intensitas pada audiometer dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian DC volume kontrol

Dari hasil data penelitian yang diperoleh, pengukuran outputan frekuensi 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, dan 8000Hz dengan sebanyak 5 kali pengukuran (Tabel 5.1) mempunyai hasil rata-rata yang sama dengan inputan atau dengan kata lain hasil dari outputan rangkaian osilator dengan outputan pada rangkaian amplifier sama saat diukur menggunakan osiloskop. Dengan demikian tingkat kesalahan outputan frekuensi yang dihasilkan mendekati 0% untuk semua frekuensi.

Data dB

Analisa data 40 dB dari tabel 2 untuk data 40 dB didapat nilai rata-rata sebesar 38,21. Nilai 38,21 merupakan nilai atau hasil pembagian dari 10 data yang diambil dari rata-rata outputan 40 dB pada tiap frekuensi. Nilai % error sebesar 4,47 %. Sedangkan nilai standart deviasi sebesar 3,35. Jika standard deviasi semakin kecil maka data tersebut semakin presisi. Untuk nilai ketidakpastian type A adalah sebesar 1,27. Semakin kecil nilai ketidakpastian artinya data yang disajikan semakin dipercaya.

Analisa data 50 dB dari tabel 2 untuk data 50 dB didapat nilai rata-rata sebesar 49,54. Nilai 49,54 merupakan nilai atau hasil pembagian dari 10 data yang diambil dari rata-rata outputan 50 dB pada tiap frekuensi. Nilai % error sebesar 0,91 %. Sedangkan nilai standart deviasi sebesar 1,60. Jika standard deviasi semakin kecil maka data tersebut semakin presisi. Untuk nilai ketidakpastian type A adalah sebesar 1,06. Semakin kecil nilai ketidakpastian artinya data yang disajikan semakin dipercaya.

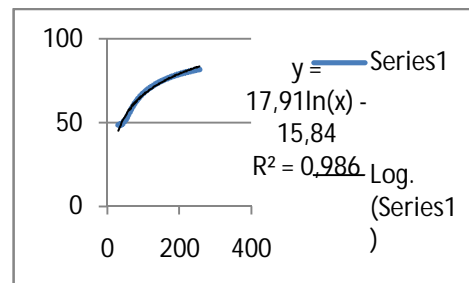
Analisa data 60 dB dari tabel 2 untuk data 60 dB didapat nilai rata-rata sebesar 61,94. Nilai 61,94 merupakan nilai atau hasil pembagian dari 10 data yang diambil dari rata-rata outputan 60 dB pada tiap frekuensi. Nilai % error sebesar 3,23 %. Sedangkan nilai standart deviasi sebesar 1,35. Jika

standard deviasi semakin kecil maka data tersebut semakin presisi. Untuk nilai ketidakpastian type A adalah sebesar 0,51. Semakin kecil nilai ketidakpastian artinya data yang disajikan semakin dipercaya.

Analisa data 70 dB dari tabel 2 untuk data 70 dB didapat nilai rata-rata sebesar 72,24. Nilai 72,24 merupakan nilai atau hasil pembagian dari 10 data yang diambil dari rata-rata outputan 70 dB pada tiap frekuensi. Nilai % error sebesar 3,20 %. Sedangkan nilai standart deviasi sebesar 1,85. Jika standard deviasi semakin kecil maka data tersebut semakin presisi. Untuk nilai ketidakpastian type A adalah sebesar 0,70. Semakin kecil nilai ketidakpastian artinya data yang disajikan semakin dipercaya.

Dari data analisa diatas 40 dB memiliki tingkat persentase error dan standart deviasi paling tinggi dibandingkan yang lain sebesar 4,47% dan 3,35. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

Pertama, pada tahap awal pengujian audiometer dilakukan dengan mengambil data hubungan antara setiap kenaikan nilai DAC ($0_D - 255_D$) dengan besarnya nilai taraf intensitas (dB) menggunakan *sound level meter*. Keluaran nilai DAC diatur oleh mikrokontroler dengan kenaikan 1 setiap rentang waktu 8 detik mulai dari 0 hingga nilai maksimum 255 (8 bit) pada frekuensi 1000Hz. Setelah itu data diolah untuk mendapatkan suatu persamaan fungsi yang merupakan hubungan antara kenaikan data DAC dengan besarnya nilai taraf intensitas. Seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik hubungan DAC dengan taraf intensitas

Pada data yang telah diambil nilai DAC dari 0 sampai 31 yaitu sebesar 48,53 dB. Nilai Taraf intensitas yang terukur tersebut adalah noise suara pada ruangan sehingga saat terjadi kenaikan nilai DAC dari 0 sampai 14, nilai taraf intensitasnya masih kurang dari sama dengan 48,53 dB.

Grafik hubungan dari data tersebut adalah logaritmik sehingga persamaan hubungan dari kedua data tersebut digunakan sebagai penentuan nilai dB pada setiap kenaikan DAC. Pada

Penempatan sensor SLM (*sound pressure level*) pada headphone saat melakukan pengukuran maupun pengambilan data juga berpengaruh besar

Dari penggunaan headphone yang belum sesuai dengan standart juga dapat menyebabkan outputan dB tidak sesuai.

Kondisi lingkungan saat pengambilan data juga berpengaruh dalam hal ini. Karena saat noise disekitar tinggi maka alat SLM tidak mungkin dapat mendeteksi dB rendah.

Alat ukur sound level meter memiliki spesifikasi hanya mampu mendeteksi dB minimum pada 30 dB. Hal ini juga berpengaruh, karena tidak dapat mengukur intensitas bunyi yang dihasilkan kurang dari 30 dB.

Data Hasil Diagnosa terhadap Pasien

Dari data tabel analisa terhadap pasien didapatkan hasil, dimana pasien pertama selama pengukuran sebanyak 3 kali diperoleh hasil rata-rata telinga kanan sebesar 19 dB. Sedangkan untuk telinga kiri rata-ratanya sebesar 17 dB. Sehingga menghasilkan diagnose pendengaran normal pada tampilan LCD. Jadi untuk telinga kanan dan telinga kiri mampu mendengar pada intensitas terendah berkisar 0 dB – 25 dB. Sedangkan dari data grafik pasien pertama antara telinga kanan dan kiri memiliki intensitas dB yang besar pada frekuensi 4KHz. Untuk telinga kanan sekitar 34 dB dan telinga kiri 28 dB. Hal ini dapat menyebabkan melemahkan

pendengaran pada kata-kata yang masuk pada frekuensi tinggi tersebut.

Dari pasien kedua selama pengukuran sebanyak 3 kali diperoleh hasil rata-rata yang sama pada telinga kanan dan kiri sebesar 17 dB. sehingga menghasilkan diagnose pendengaran normal pada tampilan LCD. Jadi untuk telinga kanan dan telinga kiri mampu mendengar pada intensitas terendah berkisar 0 dB – 25 dB. Sedangkan dari data grafik pasien kedua antara telinga kanan dan kiri memiliki intensitas dB yang besar pada frekuensi 4KHz dan 2KHz pada telinga kanan saja. Untuk frekuensi 4KHz, telinga kanan sekitar 28 dB dan telinga kiri 30 dB. Sedangkan frekuensi 2KHz tepat pada 25 dB. Hal ini dapat merugikan, karena menyebabkan melemahkan pendengaran pada kata-kata yang masuk pada frekuensi tinggi tersebut(*consonant sound*).

Dari pasien ketiga selama pengukuran sebanyak 3 kali diperoleh hasil rata-rata yang sama pada telinga kanan dan kiri sebesar 20 dB. sehingga menghasilkan diagnose pendengaran normal pada tampilan LCD. Jadi untuk telinga kanan dan telinga kiri mampu mendengar pada intensitas terendah berkisar 0 dB – 25 dB. Sedangkan dari data grafik pasien kedua antara telinga kanan dan kiri memiliki intensitas dB yang besar pada frekuensi 4KHz dan 2KHz pada telinga kanan saja. Untuk frekuensi 4KHz, telinga kanan sekitar 33 dB dan telinga kiri 28 dB. Hal ini dapat merugikan, karena menyebabkan melemahkan pendengaran pada kata-kata yang masuk pada frekuensi tinggi tersebut(*consonant sound*).

PENUTUP

Simpulan

Dari analisis data dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1).Audiometer ini mampu menghasilkan output intensitas suara dengan taraf intensitas hingga 70 dB.
- 2).Rata-rata persentase

kesalahan dari intensitas yang dimiliki audiometer ini adalah sebesar 4,47 %. Sedangkan persentase kesalahan terhadap frekuensi yang dimiliki audiometer ini adalah sebesar 0%, sehingga dapat disimpulkan untuk audiometer pada alat ini sudah memenuhi standart karena kurang dari ketentuan toleransi error sebesar 10%. 3). Dari data hasil diagnosa dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat menghasilkan diagnosa terhadap beberapa pasien yang ditampilkan pada LCD karakter 2x16. Hasil diagnose dari 3 pasien adalah normal

-, *National Health and Nutrition Examination Survey*, January 2003.pdf
Tahani Alothman, *Basic Physics of Sound & the Decibel Scale*, pdf, 2009

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani D., Yussy. *Presbiakusis*. Seminar Ilmu Penyakit Dalam. Bandung. 2007.
- Cameron, J.R., *Fisika Tubuh Manusia*, Diterjemahkan oleh Brahm U, pendit, Edisi 2, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta. 2006.
- Gatot Sukowaloyo, Wempy, *Rancang Bangun Audiometer dengan Tampilan Audiogram Digital Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega 8535*, Penelitian, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya. 2011.
- Hull, David, *Dasar-Dasar Pediatric, Ed,3*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta. 2008.
- Joseph, Fanny, *Rancang Bangun Audiometer Berbasis Mikrokontroler AT89s51*, Penelitian, Akademi Teknik Elektromedik, Surabaya. 2008.
- Rukmini, S., Herawati, S., *Teknik Pemeriksaan Telinga Hidung Tenggorok*, Penerbit buku Kedokteran EGC, Jakarta. 2000.
- Tipler, P.A, *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I*, Erlangga, Jakarta. 1998.
- Triwiyanto . *Petunjuk Praktikum AVR*, Jurusan Teknik Elektromedik, Poltekkes Kemenkes Surabaya. 2011.