

PERANCANGAN PERANGKAT AUDIOMETER PENGUKURAN TINGKAT DERAJAT KETULIAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 8535

Anton Ratrianto^{*)}, Ajub Ajulian Zahra, and Darjat

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : anton.playstringz@yahoo.com

Abstrak

Audiometer termasuk kategori alat kesehatan (elektromedik) merupakan instrumen yang digunakan untuk diagnosa ambang pendengaran manusia dengan memberikan beberapa frekuensi audio dan tingkat intensitas suara. Rangkaian penampil frekuensi berfungsi sebagai *display* untuk mengetahui pada frekuensi berapa pasien dapat mendengar dan memberikan respon. Susunan makalah penelitian ini berupa perancangan alat, pembuatan alat dan pengujian fungsi alat. Pada tahap perancangan dimulai dengan merencanakan sketsa dari modul alat audimeter yang akan dibuat, seperti rangkaian pembangkit frekuensi dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 8535, *display*, *analog to digital converter* (ADC), rangkaian *switch electronic*, dan rangkaian penguat audio. Selanjutnya dari uji kepekaan pendengaran pasien dapat mendengar dan memberi respon terhadap frekuensi dan intensitas bunyi tertentu yang diterimanya, dan dapat diketahui berapa frekuensi dan intensitas bunyi yang dapat didengar dengan baik oleh pasien yang ditampilkan di LCD. Hasil yang diharapkan dari pendataan atau pengujian alat ini adalah alat dapat menghasilkan dan mengeluarkan frekuensi sesuai yang dirancang yaitu dengan jangkauan 250 Hz sampai dengan 8000 Hz dan intensitas bunyi sebesar 10 dB sampai dengan 80 dB.

Kata kunci : Audiometer, Frekuensi Audio, Intensitas Suara, Respon

Abstract

Audiometer including categories of medical devices (electromedic) is an instrument which is used for the diagnosis threshold of human hearing to give some audio frequency and sound intensity level. frequency circuits functioning as a viewer display to determine the frequency of how many patients can hear and respond. The composition of this research in the form of design tools, manufacturing equipment and testing equipment functions. At the design stage begins with a sketch plan of the module audimeter tool to be made, such as frequency generator circuit using microcontroller ATmega 8535, display, analog to digital converter (ADC), a series of electronic switches, and audio amplifier circuits. The next hearing sensitivity of the test the patient can hear and respond to the specific frequency and intensity of sound it receives, and it can be seen how the frequency and intensity of sound that can be heard well by the patient displayed on the LCD. The expected results of the data collection or testing of this tool is a tool can generate and produce a corresponding frequency is designed with a range of 250 Hz to 8000 Hz and a sound intensity of 10 dB to 80 dB.

Keywords : Audiometer, Frequency Audio, Sound Intensity, Response

1. Pendahuluan

Telinga melalui suatu proses pendengaran yang kompleks merupakan pintu masuk komunikasi dan informasi. Lingkungan kerja yang bising dapat menyebabkan gangguan pendengaran yang permanen. Kemajuan teknologi dibidang industri, telah berhasil menciptakan berbagai macam produk mesin yang dalam pengoperasiannya sering menghasilkan polusi suara atau timbulnya bising ditempat kerja. Gangguan pendengaran

akibat bising dapat terjadi secara mendadak atau perlahan, dalam waktu hitungan bulan sampai tahunan. Hal ini sering tidak disadari oleh penderitanya.

Program – program pencegahan harus dilakukan untuk menghindari gangguan pendengaran akibat bising. Deteksi dini berupa pemeriksaan audiometri nada murni dilakukan secara berkala minimal sekali dalam setahun pada lingkungan kerja yang bising. Audiometer adalah alat untuk mengukur tingkat pendengaran seseorang

secara umum. Umumnya frekuensi yang diukur terbatas hanya frekuensi 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, dan 8000 Hz.

Pemeriksaan tingkat ketulian telinga manusia menggunakan alat audiometer dilakukan oleh seorang operator dengan cara mengatur beberapa kombinasi nilai intensitas dan frekuensi kemudian kombinasi tersebut dikirim satu persatu dalam bentuk sinyal listrik ke *headphone* agar bisa diubah menjadi bentuk bunyi. *Headphone* dipasang dikedua telinga pasien, apabila mendengar bunyi dari tiap – tiap bunyi yang diperdengarkan maka pasien tersebut diharuskan mengangkat tangannya atau menekan tombol sebagai pertanda mendengar atau respon, pada saat itu pula operator memberi tanda pada sebuah kartu hasil pemeriksaan yang disebut audiogram. Penulisan pada audiogram pada pemeriksaan tersebut lebih dikenal dengan audiometer konvensional.

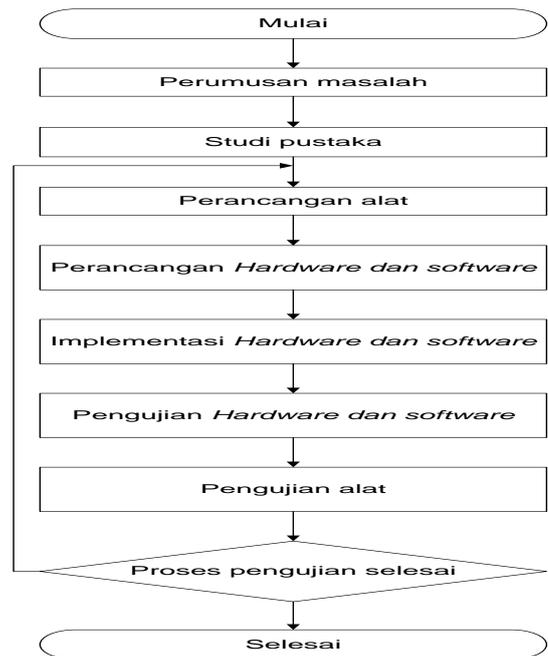
Dengan perkembangan dunia elektronika yang sangat pesat maka penulis akan membuat penelitian tentang rancang bangun rangkaian audiometer digital berbasis mikrokontroler dengan menggunakan antar muka *Personal Computer* (PC).

2. Metode

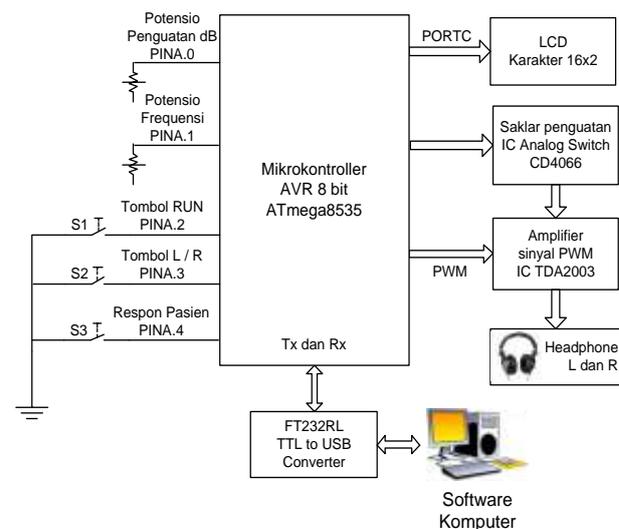
Penelitian rancang bangun audiometer dengan menggunakan komputer ini dimulai dengan perancangan alat. Perancangan alat dilakukan dengan membuat jalur pada rangkaian dengan menggunakan perangkat lunak *Eagle CAD*. Setelah semua jalur pada rangkaian yang dimaksud telah selesai kemudian dilanjutkan pembuatan perangkat keras rangkaian tersebut pada papan PCB. Langkah selanjutnya adalah pembuatan program dengan menggunakan *bahasa C*. *Software* yang digunakan pada pembuatan program ini adalah *software CodeVisionAVR* yang juga akan menghasilkan *file hex*, selanjutnya ditanamkan pada mikrokontroler secara serial menggunakan *software eXtreme Burner*.

Pembuatan sistem antar muka merupakan langkah berikutnya, sistem antar muka merupakan langkah berikutnya, sistem antar muka ini dibuat dengan menggunakan *software Borland Delphi 7.0*. Setelah semua sistem sudah dibuat, selanjutnya pengujian untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Langkah terakhir adalah pengkalibrasian saklar penguatan dengan menggunakan alat standar yaitu Sound Level Meter setelah selesai pengkalibrasian maka di uji kembali dengan pengujian sistem. Jika hasil pengujian tidak seperti yang diharapkan maka kembali lagi ke perancangan dengan mengecek per bagian dari rangkaian. Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian dan perancangan



Gambar 2. Blok diagram perancangan

2.1. Pembangkit frekuensi manual

Pada mode pengaturan frekuensi ditentukan dengan cara memutar potensio frekuensi dan mengeluarkan bunyi frekuensi tersebut melalui penekanan tombol RUN. Potensio digunakan untuk pengaturan frekuensi, potensio frekuensi dihubungkan pada *PINA.0*. Prinsip kerja potensio ini yaitu memberikan tegangan dengan rentang 0 Volt sampai dengan 5 Volt kepada *input* ADC mikrokontroler ATmega8535 yang selanjutnya diubah menjadi nilai 0 sampai 1023 karena ADC yang digunakan 10 bit. Ketika potensio diputar nilai tegangan akan berubah sehingga nilai ADC pada mikrokontroler ikut

berubah. Tabel 1 menjelaskan tentang penggunaan nilai ADC terhadap keluaran frekuensi audio generator.

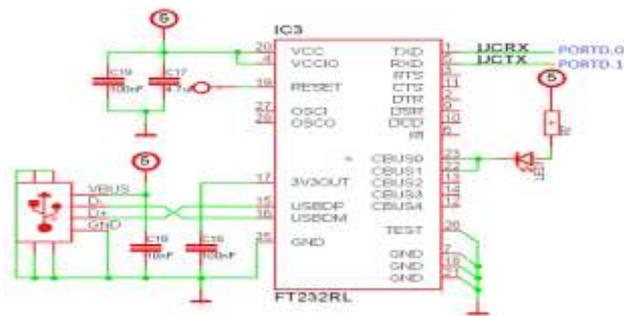
Tabel 1. Nilai ADC terhadap keluaran frekuensi

Nilai ADC	Frekuensi (Hz)
0-170	250
171-341	500
342-512	1000
513-683	2000
684-854	4000
855-1023	8000

Dari Tabel 1 dapat dilihat hasil pembacaan ADC dibagi menjadi *range – range* tertentu secara linier yang selanjutnya didefinisikan sebagai pengaturan frekuensi.

2.2. Pembangkit frekuensi menggunakan komputer

Pada mode KOMPUTER pengaturan frekuensi ditentukan melalui perangkat lunak yang dibuat khusus yaitu *Audiometri.exe* dimana perangkat keras dan perangkat lunak terhubung menggunakan *interface* USB pada laptop atau komputer. Rangkaian skematik pada *interface* USB ditunjukkan pada Gambar 3.

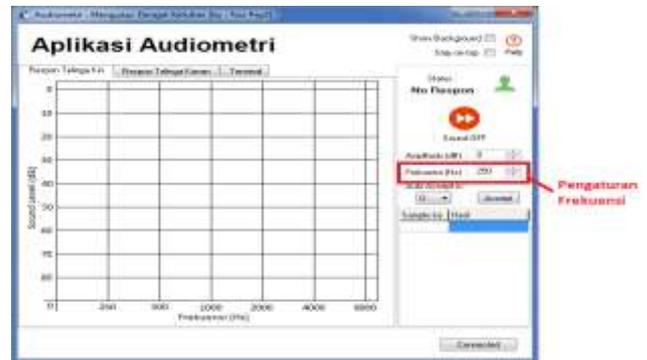


Gambar 3. Skematik USB interface

IC yang digunakan pada Gambar 3 untuk *interface* USB adalah IC type *FT232RL* yaitu IC yang dirancang khusus untuk protokol USB menjadi *PORT serial COM* pada komputer sehingga proses komunikasi pada mikrokontroler hanya menggunakan fitur *UART*. Perangkat lunak *Audiometri.exe* dirancang menggunakan *software Borland Delphi 7.0* dan komponen tambahan seperti *CPORT*, grafik *Chart*, dan komponen lainnya. Jika perangkat keras audiometri dihubungkan dengan *software* komputer maka semua aktifitas pada *hardware* ditentukan oleh pengaturan pada aplikasi *Audiometri.exe*.

Aplikasi audiometri bertindak sebagai *master* dan perangkat keras sebagai *slave* sehingga semua aktifitas *slave* ditentukan oleh perintah yang diberikan oleh master. Aplikasi audiometri mengirim karakter atau data – data tertentu untuk mengatur nilai frekuensi dan intensitas suara pada perangkat keras dan penekanan tombol “Sound OFF/ON” pada *software* akan meng-On/Off-kan suara pada headphone. Apabila pasien mendengar dan

merespon dengan penekanan tombol maka pada diagram Audiometri akan muncul titik pengujian pada nilai Frekuensi (Hz) dan Sound Level (dB) sesuai pengaturan yang ditentukan. Gambar 4 adalah gambar aplikasi *software Audiometri.exe*.



Gambar 4. Aplikasi audiometer berbasis mikrokontroler menggunakan antar muka komputer pada pengaturan frekuensi

Hubungan antara data yang dikirim oleh perangkat lunak komputer diterima oleh mikrokontroler ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data komputer terhadap keluaran frekuensi

Huruf	Frekuensi (Hz)
A	250
B	500
C	1000
D	2000
E	4000
F	8000

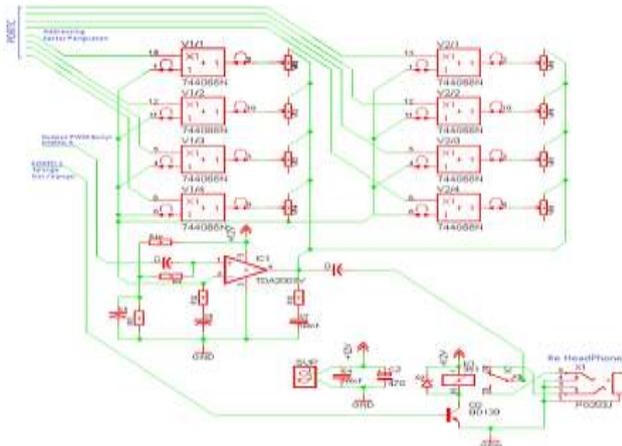
Jika pada komputer dipilih frekuensi 250 Hz maka oleh perangkat lunak *Audiometri.exe* nilai tersebut dikodekan menjadi “A” dikirim ke mikrokontroler yang selanjutnya di-aktif-kan sebagai pembangkit frekuensi 250 Hz.

2.3. Penguat audio dan saklar penguatan manual

Penguatan audio menggunakan IC 2003 dimana karakteristiknya mengeluarkan suara dengan daya maksimum mencapai 10 watt. Rangkaian skematik penguat audio dan saklar penguatan dapat ditunjukkan pada Gambar 5. Penguat audio yang digunakan adalah jenis *non inverting* atau tidak membalikkan polaritas yaitu tegangan *output* memiliki *polaritas* yang sama dengan tegangan input tetapi memiliki penguatan atau amplitudo yang berbeda. Hal ini disebabkan karena sumber tegangan yang digunakan pada rangkaian ini minimal adalah 0 volt sedangkan maksimalnya adalah 12 volt.

Potensio digunakan untuk pengaturan intensitas suara, potencio intensitas suara dihubungkan pada *PINA.1*. Potensio intensitas suara prinsip kerjanya sama pada potencio frekuensi manual yaitu memberikan tegangan

dengan rentang 0 Volt sampai dengan 5 Volt kepada input ADC mikrokontroler ATmega8535 yang selanjutnya diubah menjadi nilai 0 sampai 1023 karena ADC yang digunakan 10 bit. Ketika potensio diputar nilai tegangan akan berubah sehingga nilai ADC pada mikrokontroler ikut berubah berikut adalah Tabel 3 menjelaskan tentang penggunaan nilai ADC terhadap keluaran intensitas suara.



Gambar 5. Skematik penguat audio

Tabel 3. Nilai ADC dan logic terhadap keluaran intensitas suara

Nilai ADC	Nilai Logic pada IC 4066	Intensitas suara (dB)
0 – 113	0000 0000	0
114 – 227	0000 0001	10
228 – 341	0000 0010	20
342 – 455	0000 0100	30
456 – 569	0000 1000	40
570 – 683	0001 0000	50
684 – 797	0010 0000	60
798 – 911	0100 0000	60
912 - 1024	1000 0000	60

Dari Tabel 3 terlihat bahwa hasil pembacaan ADC dibagi menjadi *range – range* tertentu secara linier yang selanjutnya didefinisikan sebagai pengaturan intensitas suara. Nilai *logic* yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 untuk mengaktifkan saklar pada IC 4066. Jika kita menginginkan 10 dB maka *logic* 1 yang akan meng-aktifkan saklar V ¼ sedangkan saklar yang lain tidak aktif karena *logic*nya 0.

2.4. Penguat audio dan saklar penguatan menggunakan komputer

Pada mode SOFTWARE komputer pengaturan frekuensi ditentukan melalui perangkat lunak yang dibuat khusus yaitu *Audiometri.exe* dimana perangkat keras dan perangkat lunak terhubung menggunakan *interface* USB pada laptop atau komputer. Rangkaian skematik pada

interface USB ditunjukkan pada Gambar 3.4. IC yang digunakan pada Gambar 3.4 untuk *interface* USB adalah IC type FT232RL yaitu IC yang dirancang khusus untuk protokol USB menjadi *PORT serial COM* pada komputer sehingga proses komunikasi pada mikrokontroler hanya menggunakan fitur *UART*. Perangkat lunak *Audiometri.exe* dirancang menggunakan program *Borland Delphi 7.0* dan komponen tambahan seperti *CPORT*, *grafik Chart*, dan komponen lainnya. Prinsip kerjanya sama dengan pembangkit frekuensi menggunakan komputer, pengaturan intensitas suara terdapat pada panel aplikasi audiometri yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Aplikasi audiometer berbasis mikrokontroler menggunakan antar muka komputer pada pengaturan intensitas suara

Hubungan antara data yang dikirim oleh perangkat lunak komputer diterima oleh *mikrokontroler* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Huruf dan logic terhadap keluaran intensitas suara

Huruf	Nilai logic pada IC 4066	Intensitas suara (dB)
a	0000 0000	0
b	0000 0001	10
c	0000 0010	20
d	0000 0100	30
e	0000 1000	40
f	0001 0000	50
g	0010 0000	60
h	0100 0000	70
i	1000 0000	80

Jika pada komputer dipilih intensitas suara 10 dB maka oleh perangkat lunak *Audiometri.exe* nilai tersebut dikodekan menjadi “a” dikirim ke mikrokontroler yang selanjutnya akan mengaktifkan saklar V ¼ karena *logic* yang keluar adalah 0000 0001 dapat dilihat pada Tabel 4.

3. Hasil dan Analisis

Implementasi dilakukan dengan membuat layanan-layanan seperti pada perancangan. Dimulai dengan

penanaman sistem operasi pada *server* sampai dengan instalasi aplikasi-aplikasi yang diperlukan oleh *server*. Setelah semua paket telah terpasang, maka hal terpenting yang harus dilakukan adalah melakukan konfigurasi agar semua proses pemantauan jaringan bisa berjalan seperti yang diharapkan.

3.1. Pengujian LCD

Pengujian pada LCD dilakukan dengan menulis listing program berikut pada fungsi *main()*.

```
lcd_clear();
lcd_putsf("-- Audiometri --");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf(" Manual & Auto ");
delay_ms(1500);
lcd_clear();
lcd_putsf("Anton Ratrianto");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf(" NIM: L2F006010 ");
delay_ms(1500);
```

listing diatas ditulis pada program utama, sehingga muncul tulisan dalam tanda petik tersebut pada LCD. Pada baris pertama bertuliskan "-- Audiometri --" sedangkan pada baris kedua bertuliskan " Manual & Auto ". Pada tampilan kedua bertuliskan " Anton Ratrianto " pada baris pertama dan " L2F006010 " pada baris kedua sehingga LCD dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 7. Tampilan Pengujian LCD awal



Gambar 8. Tampilan Pengujian LCD nama dan nim

3.2. Pengujian Mikrokontroler

Pengujian rangkaian mikrokontroler dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Memprogram mikrokontroler untuk memberikan output tertentu sesuai dengan program yang diberikan.
2. Memberikan input tertentu dan melihat hasil output pada pin lainnya.

3.2.1. Pengujian Pertama

Pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega8535 dilakukan dengan cara memprogram mikrokontroler untuk menyalakan dan mematikan 8 buah LED setiap 1 detik dengan menggunakan fungsi *delay_ms(1000)*. Program ini diaktifkan pada semua port mikrokontroler dan indikator LED diposisikan pada setiap port tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengecek rangkaian dan kondisi mikrokontroler. Berikut hasil pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega8535.

Tabel 5. Hasil pengujian rangkaian mikrokontroler

Waktu	Program	PORTA	PORTB	PORTC	PORTD
1	00	000	000	000	000
2	00	000	000	000	000
3	00	100	100	100	100
4	10	010	010	010	010

Dari tabel 5 terlihat bahwa nyala LED pada setiap port mikrokontroler telah sesuai dengan program yang dibuat pada setiap port tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa rangkaian mikrokontroler ATmega8535 telah bekerja dengan baik.

3.2.2. Pengujian Kedua

Pengujian dilakukan dengan cara memprogram PINA.0 sebagai input dan PORTB.0 sebagai output, kemudian PINA.0 dihubungkan ke GND (logika 0) dan VCC (logika 1) secara bergantian. Nilai logika pada PORTB.0 akan sesuai dengan nilai logika pada PINA.0 lalu diukur tegangan setiap pin input dan output tersebut.

Tabel 6. Pengujian rangkaian mikrokontroler

No	Logika Input PINA.0	Teg PINA.0	Logika Output PORTB.0	Teg PORTB.0
1	Gnd / 0	0 Vdc	LOW / 0	0 Vdc
2	Vcc / 1	4,8 Vdc	HIGH / 1	4,8 Vdc

3.3. Pengujian Konversi ADC

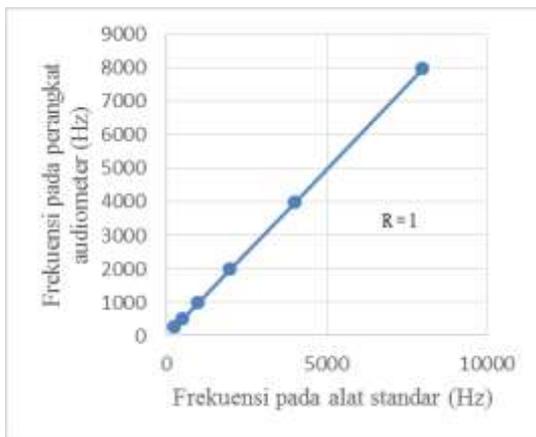
Proses pengujian hasil konversi ADC bertujuan untuk mengetahui hasil konversi yang dilakukan oleh mikrokontroler. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan potensiometer dengan PORTA pada mikrokontroler dan PORTA difungsikan sebagai ADC 10 bit, kemudian potensiometer selanjutnya di putar hingga memiliki nilai tegangan tertentu dan data hasil konversi tegangan oleh ADC mikrokontroler akan ditampilkan di layar LCD.

3.4. Pengujian Output Frekuensi

Pada pengujian alat ini alat standar yang digunakan adalah frekuensi counter bermerek SANWA CD772 yang satuannya ditampilkan Hz dan KHz. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur kaki *output* dari perangkat pada frekuensi counter yang salah satu fungsinya dapat mengukur frekuensi (Hz). Pengukuran dimulai dengan nilai 250 Hz pada perangkat rancangan dan keluaran dari perangkat rancangan dapat dilihat pada frekuensi counter. Adapun hasil pengujian keluaran frekuensinya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengukuran frekuensi perangkat dan alat standar

Frekuensi pada perangkat audiometer (Hz)	Frekuensi pada alat standar (Hz)
250	247,9
500	497,9
1000	991
2000	1995
4000	3983
8000	7990



Gambar 9. Grafik hubungan antara frekuensi alat standar dengan perangkat audiometer

Selanjutnya grafik faktor koreksi hasil pengukuran frekuensi dapat dilihat pada Gambar 9. Penunjukkan *output* dari frekuensi perangkat yang dirancang dengan frekuensi alat standar memiliki nilai yang linier dan nilai koreksi yang baik. Hal ini berdasarkan nilai R yang diperoleh dari hasil pengukuran yaitu sebesar 1. Maka dapat disimpulkan bahwa frekuensi yang dihasilkan stabil dan berfungsi dengan baik.

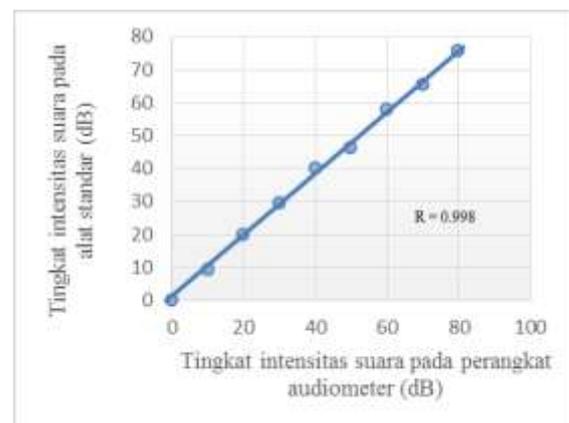
3.5. Pengujian Output Intensitas Suara

Pengujian diukur melalui audio yang keluar dari headphone dengan menggunakan alat standar berupa

Sound Level Meter Merek Blue Gizmo BG 325. Sebelum pengujian pada intensitas suara terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dengan *sound level meter* dilakukan pada ruangan yang tertutup dengan tujuan untuk memperkecil pengaruh kebisingan yang ditimbulkan oleh lingkungan sekitar, setelah dikalibrasi pengujian dilakukan dengan menggunakan nilai latar belakang (nilai background) dengan mengukur intensitas suara dilingkungan sekitar kemudian dikurangi dengan nilai pengukuran pada sound level meter. Data pengujian *output* intensitas suara dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengukuran intensitas suara perangkat dan alat standar

Intensitas suara pada perangkat audiometer (dB)	Intensitas suara alat standar (dB)
0	0
10	9.1
20	19.8
30	29.6
40	39.9
50	46.2
60	57.8
70	65.4
80	75.8



Gambar 10. Grafik hubungan intensitas suara antara alat standar dengan perangkat audiometer

Pada Gambar 10 dapat dilihat output dari intensitas suara dari perangkat dengan intensitas suara dari alat standar memiliki nilai yang linier. Hal ini berdasarkan nilai R yang diperoleh dari hasil pengukuran yaitu sebesar 0,998 mendekati 1.

3.6. Pengujian Audiogram

Hasil pengujian sistem keseluruhan dengan menggunakan aplikasi audiometri menggunakan komputer berjalan

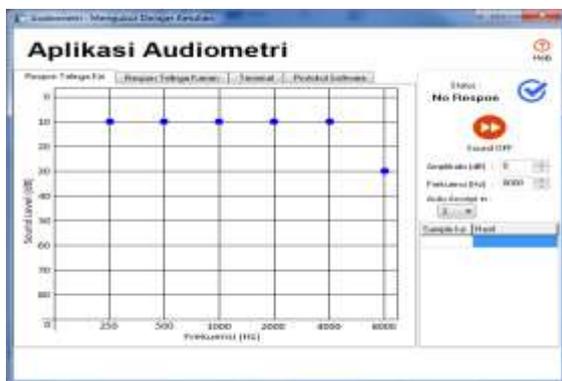
dengan baik, setelah pengaturan frekuensi dan intensitas suara diatur dan ada respon dari pasien maka titik akan terlihat pada grafik. Sistem yang dibuat dapat ditampilkan dalam bentuk dua grafik yaitu respon telinga kiri dan respon telinga kanan yang dapat diakses melalui program Borland Delphi 7.0 dan ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 11. Tampilan untuk mengatur frekuensi dan intensitas pada audiometer untuk telinga kiri (manual)



Gambar 12. Hasil pengujian audiogram respon telinga kiri (manual)



Gambar 13. Hasil pengujian program audiogram respon telinga kiri



Gambar 14. Tampilan untuk mengatur frekuensi dan intensitas pada audiometer untuk telinga kanan (manual)



Gambar 15. Hasil pengujian audiogram respon telinga kanan (manual)



Gambar 16. Hasil pengujian program audiogram respon telinga kanan

4. Kesimpulan

Mikrokontroler ATmega8535 dapat menghasilkan berbagai frekuensi audiometer yang stabil dengan koefisien korelasi 100% terhadap alat standar dan dapat menghasilkan berbagai intensitas suara pada audiometer dengan koefisien korelasi 99,7% terhadap alat standar. Dari hasil pengujian dan analisis, dapat diketahui bahwa perangkat dapat berjalan dengan baik pada program yang telah dibuat. Pada pengujian audiogram telinga normal dapat mendengar bunyi dengan baik pada intensitas 0 s/d 30, hal ini sesuai dengan standar ISO.

Referensi

- [1]. Gabriel, J.F., *Fisika Kedokteran*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 1996.
- [2]. Cameron, J, et al., *Fisika Tubuh Manusia*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 2006.
- [3]. M. Ary Heryanto, Wisnu Adi P., *Pemrograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*, Penerbit Andi, Jakarta, 2007.
- [4]. Soetirto I, Hendarmin H, Bashiruddin J., *Gangguan Pendengaran dan Kelainan Telinga*, Balai Penerbit FK UI., Jakarta, 2004.

- [5]. Feldman A.S., Grimes C.T., *Audiologi Penyakit Telinga, Hidung, Tenggorok, Kepala dan Leher*, Penerbit Binarupa Aksara, Jakarta, 1997.
- [6]. Ballenger J.J., *Penyakit Telinga Kronis dalam Penyakit Telinga, Hidung, Tenggorok, Kepala dan Leher*, Penerbit Binarupa Aksara, Jakarta, 1997.
- [7]. ---, mikrokontroler pengendalian pwm, <http://allthewin.blogspot.com/>, Mei 2013.
- [8]. ---, Penguat Operasional, <http://id.wikipedia.org/wiki/>, Mei 2013
- [9]. ---, Atmega 8535, <http://www.alldatasheet.com/>, Mei 2013
- [10]. ---, 4066, <http://www.alldatasheet.com/>, Mei 2013