

AUDIOMETER BERBASIS ARDUINO UNO R3

NASKAH PUBLIKASI

Diajukan Kepada Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk
Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md.)
Program Studi D3 Teknik Elektromedik



Oleh:

MIFTAH IBRAHIM
20153010091

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTROMEDIK
PROGRAM VOKASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2018

AUDIOMETER BERBASIS ARDUINO UNO R3

¹Miftah Ibrahim, ¹Nur Hudha Wijaya, ²Tri Harjono
¹Program Studi Teknik Elektromedik Program Vokasi
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55183
Telp.(0274) 387656, Fax (0274) 387646
E-mail : miftah.ibrahim.2015@vokasi.umy.ac.id, nurhudhawijaya@umy.ac.id

INTISARI

Telinga merupakan sebuah organ yang mampu mendeteksi atau mengenal suara dan juga banyak berperan dalam keseimbangan dan posisi tubuh. Telinga merupakan organ yang sangat rentan dengan kebisingan. Terdapat dua penyebab umum penurunan pendengaran yakni penurunan pendengaran hantaran (tuli konduksi) dan pendengaran syaraf (tuli sensorineural). Untuk mencegah terjadinya ketulian maka dari itu perlu dilakukan monitoring pendengaran. Umumnya untuk melakukan pengetesan fungsi pendengaran dilakukan secara berkala oleh dokter bagian THT dirumah sakit. Hal ini jika dilakukan berkali-kali dirasa kurang efektif karena menghabiskan waktu dan memerlukan biaya relatif mahal, oleh karena itu dirancanglah alat diagnosis dini gangguan pendengaran *portable* yang diharapkan mampu melakukan pengetesan secara mandiri berulang-ulang. Alat ini dilengkapi dengan penyimpanan data *SD Card*, dimana hasil data bisa dikonsultasikan kedokter untuk diagnosis lanjut. Alat ini menggunakan kontrol arduino uno R3, pembangkit frekuensi menggunakan IC XR2206. *Error* tertinggi terdapat pada frekuensi 8000 Hz yaitu 0,52%, tetapi secara keseluruhan semua sistem pada alat sudah berfungsi dengan baik dan *error* masih dalam toleransi yaitu 10%. Dari hasil data tersebut maka alat ini dapat direkomendasikan untuk diagnosis dini fungsi pendengaran.

Kata kunci: *Audiometer, Arduino, XR 2206, Pendengaran*

1. LATAR BELAKANG

Pendengaran merupakan panca indera manusia yang memiliki fungsi untuk menangkap suara, sehingga segala sesuatu yang ada disekitar kita bisa kita dengar. Frekuensi suara yang bisa didengarkan oleh manusia berkisar antara 20-20 KHz [1].

Angka ketulian telah mencapai 16,8% dari jumlah penduduk Indonesia dan 0,4% untuk ketulian dengan kelompok tertinggi diusia sekolah (7-9 tahun). Disamping itu diperkirakan setiap tahunnya akan ada sekitar 5200 bayi lahir tuli. Angka tersebut akan menempatkan Indonesia termasuk negara memiliki angka ketulian tinggi di Asia Tenggara [2]. Tingkat penurunan kemampuan pendengaran (ambang pendengaran) pada individu dapat diketahui dengan berbagai jenis tes pendengaran diantaranya tes bisik, tes garputala, tes audiometri. Hingga saat ini telah berkembang audiometer dengan berbagai jenis diantaranya adalah audiometer nada murni dan audiometer tutur [3].

Pada audiometer nada murni sistem uji pendengaran dengan menggunakan suatu rangkaian digital yang dapat menghasilkan nada murni dari berbagai frekuensi (125, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz) dan taraf intensitas yang dapat diatur dalam satuan desibel (dB). Sedangkan pada audiometer tutur sistem uji pendengaran dengan kata-kata terpilih yang telah dibakukan, dituturkan melalui rangkaian yang telah dikalibrasi [4].

Seiring dengan penambahan usia dan faktor lingkungan kerja yang bising fungsi dari organ telinga suatu saat dapat melemah tanpa disadari, karena terlalu sering mendengar dalam tingkat kebisingan yang tinggi, oleh karena itu perlulah untuk mengecek fungsi organ telinga secara berkala. Sebelumnya untuk mengetes fungsi organ pendengaran dapat dilakukan dirumah sakit dibagian THT, hal ini kurang efektif karena memerlukan waktu cukup lama untuk melakukan tes pendengaran [5]. Maka dari itu perlu dirancang suatu alat audiometer berbasis arduino uno R3 yang mampu mendiagnosis organ pendengaran secara berkala dirumah tanpa harus kerumah sakit. Alat ini juga dilengkapi dengan penyimpanan data pasien berupa

frekuensi dan intensitas suara (dB). Alat ini juga dilengkapi dengan tombol simpan data yang tersimpan pada *micro sd*.

2. DASAR TEORI

2.1 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (*development board*) *microcontroller* yang berbasis *chip* ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena *board* ini memang berfungsi sebagai arena *prototyping* sirkuit *microcontroller*.

Arduino Uno memiliki 14 digital pin *input / output*(I/O), dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM), 6 pin *input* analog, menggunakan *crystal* 16 MHz, koneksi *Universal Serial Bus* (USB), jack listrik, *header In Circuit Serial Programming* (ICSP) dan tombol *reset* [6].

2.2 Integrated Circuit (IC) XR 2206

IC XR-2206 adalah IC yang mampu menghasilkan bentuk gelombang sinus, segiempat, segitiga dan gigi gergaji dengan kualitas tinggi, stabil dan akurasi yang cukup tepat. Daerah kerja IC cukup lebar yaitu 0,01 Hz sampai dengan 1 MHz. Sedangkan tegangan catu adalah 10 volt sampai dengan 26 volt [7].

2.3 Real Time Clock (RTC)

RTC DS1307 adalah *chips* jam elektronik yang dapat menunjukkan waktu dengan sangat akurat dan dapat menyimpan serta memperbaharui data waktu secara *real time*. RTC memiliki pasokan baterai sendiri untuk dapat menyimpan data waktu dan tanggal jika arduino atau catu daya lain mati maka waktu dan tanggal dari RTC tetap diperbaharui [8]

2.4 Baterai NIMH

Baterai adalah perangkat elektrokimia yang mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik. Banyak opsi jangka menengah dan jangka panjang diselidiki oleh konsorsium baterai maju Amerika Serikat (USABC). Baterai memiliki berat sekitar 25 - 75% dari kendaraan berdasarkan berat, volume dan biaya dalam HEVs. Fitur yang diinginkan untuk baterai EV yang baik adalah energi spesifik yang tinggi, daya spesifik yang tinggi, tingkat penerimaan muatan yang tinggi, siklus hidup yang panjang, masa pakai kalender yang panjang, tingkat pelepasan diri yang rendah, biaya rendah, dan daur ulang. Awalnya, HEVs menggunakan baterai asam timbal [9].

2.5 Pendengaran

Pendengaran merupakan salah satu dari pancaindera yang digunakan untuk berkomunikasi dan berinteraksi, baik antara sesama manusia maupun dengan lingkungan sekitarnya. Gangguan dengar akan mengurangi kemampuan menerima informasi dan berkomunikasi melalui suara, sehingga akan menyulitkan pelaksanaan pekerjaan [10].

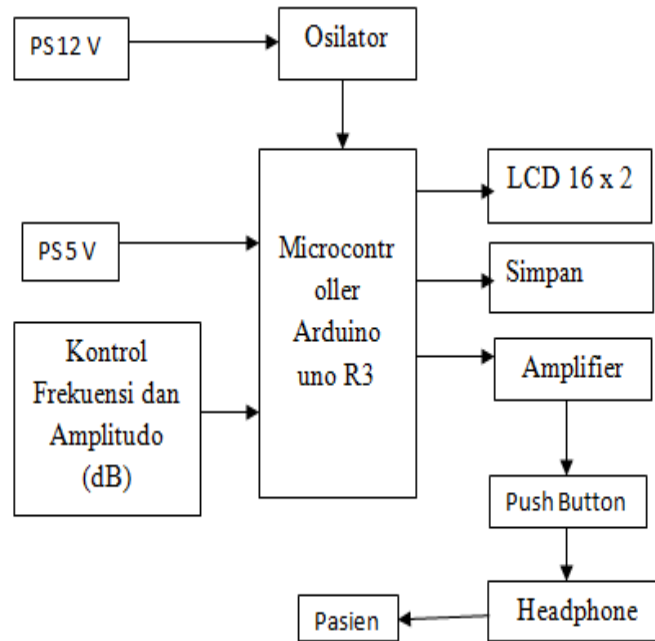
Bunyi adalah suatu gelombang berupa getaran dari molekul-molekul zat yang saling berhubungan satu dengan yang lain secara terkoordinasi sehingga menimbulkan gelombang dan meneruskan energi serta sebagian dipantulkan kembali. Bunyi didengar sebagai rangsangan-rangsangan pada telinga oleh getaran-getaran melalui media elastis [11]

3. METODOLOGI

Alat ini menggunakan pembangkit frekuensi dengan IC XR2206, prinsip kerjanya yaitu menggunakan osilator RC, dimana frekuensi yang dihasilkan tergantung dari nilai resistor dan kapasitor yang dipakai. Pembangkit frekuensi digunakan supaya mendapatkan bunyi yang bervariasi pada setiap frekuensinya. Sehingga alat ini dikategorikan audiometer nada murni.

3.1 Diagram Blok

Pada alat audiometer ini menggunakan control arduino uno R3, pembangkit frekuensi menggunakan IC XR 2206, serta penyimpanan data menggunakan *SD card*. Untuk lebih jelasnya blok diagram audiometer dapat dilihat pada gambar 3.1.

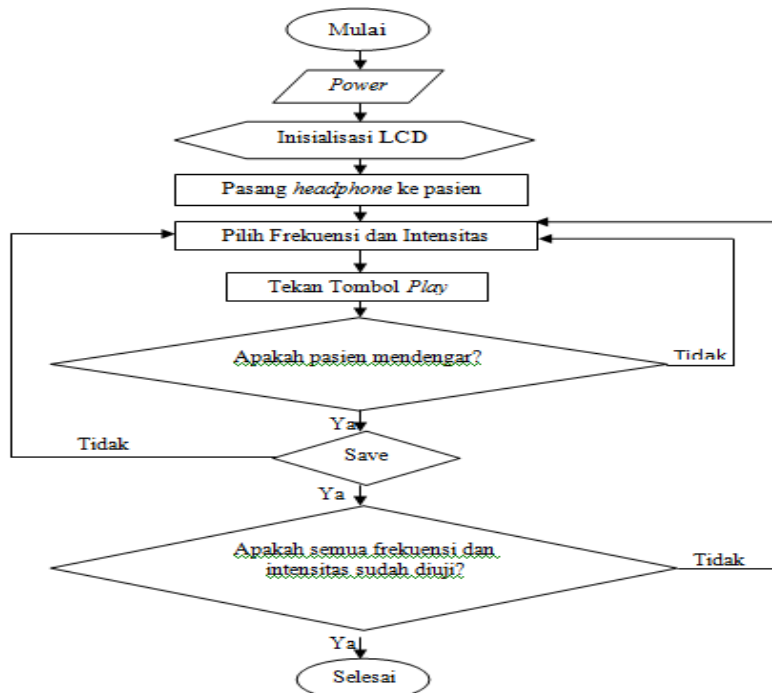


Gambar 3. 1 Blok Diagram Alat

Ketika tombol *on* ditekan maka *supply* tegangan akan masuk ke seluruh rangkaian pada alat. Osilator akan membangkitkan frekuensi dengan keluaran gelombang sinus dan kotak. Gelombang sinus digunakan untuk mengatur intensitas bunyi (dB) sedangkan gelombang kotak untuk menghitung nilai frekuensi. Nilai frekuensi diatur dengan cara memutar resistor *variable* (potensio). Frekuensi akan dihitung oleh *microcontroller* dengan menghitung jumlah *counter* per detiknya, kemudian ditampilkan di *display*. Gelombang sinus akan dikuatkan oleh *amplifier* kemudian dihubungkan dengan *headphone*. Potensio digunakan untuk mengatur intensitas bunyi yang keluar. Bunyi yang telah keluar berupa nada murni yang akan di teruskan ke *headphone*. Supaya bunyi nada tesnya tidak keluar terus, maka ditambahkan saklar supaya bunyi keluar sesuai dengan lama waktu yang dibutuhkan. Jika pasien mendengar maka tombol *save* akan di pencetnya, maka dB dan frekuensi yang ditampilkan di *display* akan tersimpan pada *SD card*. Nilai frekuensi dan desibel yang telah diujikan akan disimpan pada *micro sd* secara berurutan berdasarkan nilai frekuensi dan desibel yang diujikan.

3.2 Diagram Alir

Diagram alir *software* alat dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :

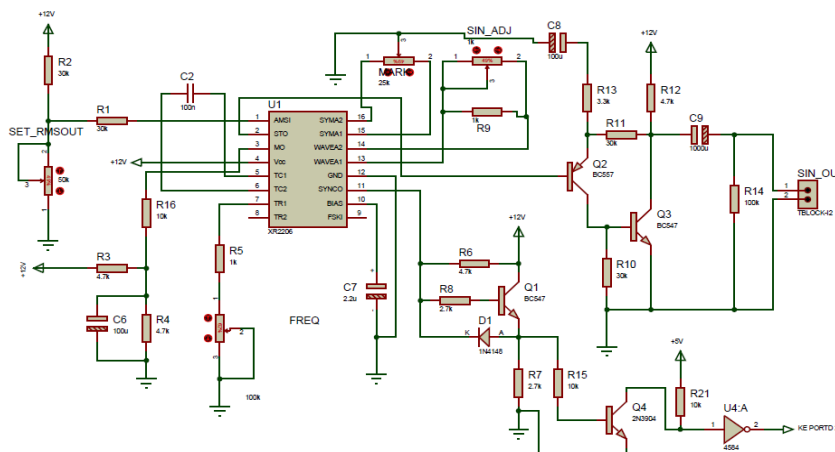


Gambar 3. 2 Diagram Alir Alat

Pada saat alat dihidupkan maka akan terjadi inisialisasi LCD, tegangan mengaktifkan osilator. Pasang *headphone* ke pasien. Selanjutnya atur frekuensi dan dB sesuai dengan petunjuk pengetesan pendengaran sesuai standar kesehatan. Tekan tombol *play* untuk mengeluarkan bunyi. Pada saat alat mulai melakukan pengujian lihat reaksi pasien, jika mendengar pasien akan mengangkat tangan, jika pasien telah mendengar maka tekan tombol *save*, lakukan kembali pemilihan frekuensi dan intensitas suara untuk melakukan pengujian pada frekuensi dan intensitas suara yang lain. Proses akan terus berulang sampai semua frekuensi dan intensitas suara telah diuji. Data pengetesan frekuensi dan desibel yang dapat didengar oleh pasien akan tersimpan pada *micro sd* dengan data simpan yang berurutan.

3.3 Rangkaian Pada Alat

3.3.1 Rangkaian Pembangkit Frekuensi



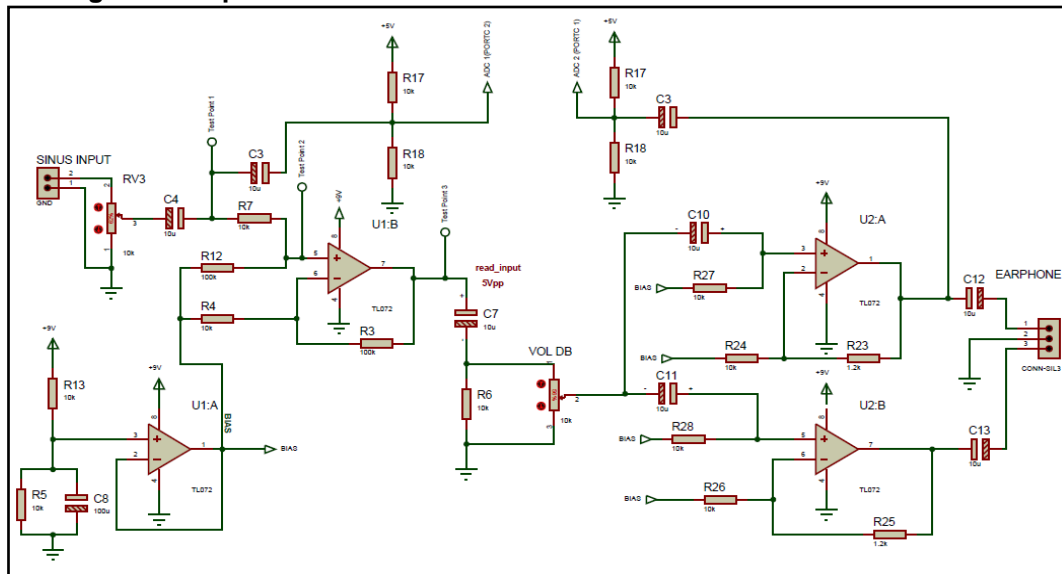
Gambar 3. 3 Rangkaian Pembangkit Frekuensi

Fungsi PIN 1 yaitu sebagai pengatur modulasi amplitudo sinyal *input*. PIN 5 berfungsi sebagai *multiplier output*. Frekuensi yang dihasilkan ditentukan oleh harga kapasitor pada PIN 5,6 dan resistor pada PIN 7. Harga f_o adalah:

$$f_o = 1/R.C \quad (3-1)$$

Untuk mengatur frekuensi osilasi keluaran, dipasang potensio pada pin 7. PIN 2 sebagai keluaran gelombang sinus, kemudian masuk ke rangkaian transistor penguat tegangan. PIN 11 sebagai keluaran gelombang kotak, kemudian masuk ke rangkaian transistor penguat. Gelombang kotak masuk ke mikro untuk digunakan sebagai nilai untuk menghitung frekuensi. Sedangkan gelombang sinus akan masuk ke rangkaian *amplifier*.

3.3.2 Rangkaian Amplifier

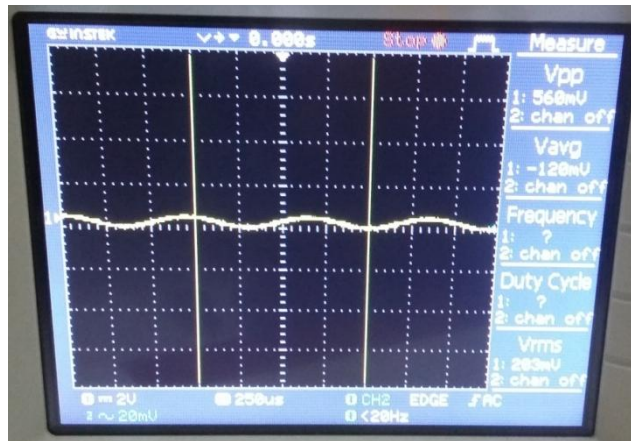


Gambar 3.4 Rangkaian Amplifier

Gelombang sinus, masuk ke potensio (RV3). Potensio berfungsi sebagai pengatur tinggi gelombang sinus yang masuk ke kaki 3 pada U1.B. Setelah potensio dipasang kapasitor C4 yang berfungsi sebagai kopling, fungsinya supaya memblok tegangan DC dari rangkaian selanjutnya supaya tidak saling mempengaruhi (*Test Point 1*). Setelah dari kapasitor sinyal masuk ke rangkaian yang terhubung ke *PORTC 2* sebagai ADC 2, dengan tegangan referensinya 2,5 V. Sebelum masuk ke kaki 3 U1.B sinyal masuk ke pembagi tegangan pada R7 dan R12 (*Test Point 2*). Potensio (RV3) diatur hingga keluaran *OpAmp U1.B* 5Vpp (*Test Point 3*). Tegangan 5 Vpp merupakan hasil dari penguatan *non-inverting* dengan penguatan 11 kali dengan nilai R3 100K Ohm dan R4 10K Ohm.. U1.A adalah rangkaian *buffer* menguatkan tegangan sebesar 1 kali. Keluarannya di jadikan rangkaian bias atau tegangan referensi supaya *output* sinyal tidak ada yang dibawah garis nol. Keluaran U1.B kemudian masuk ke C7, kemudian masuk ke potensio Vol dB. Potensio Vol dB ini berfungsi untuk mengatur keluaran dari U2.A dan U2.B yang tersusun secara paralel. Penguatan pada U2.A dan U2.B adalah sebesar 1,12 kali dengan nilai R23=R25 yakni 1,2K Ohm dan R24=R28 yakni 10K Ohm. Keluran U2.A digunakan sebagai *input* ADC 1, sedangkan keluaran U2.B disambungkan ke *headphone* . Fungsi kapasitor C13 adalah untuk memblok gelombang DC sehingga yang masuk ke *headphone* hanya gelombang sinus saja. Adapun rumus untuk menghitung nilai dB berdasarkan tegangan adalah:

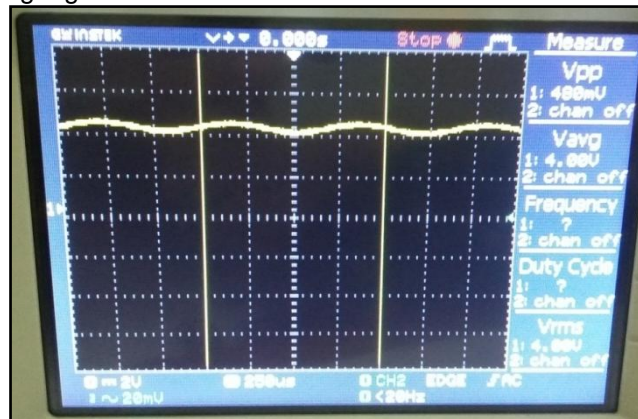
$$dB = 20 \log V_{out}/V_{in} \quad (3-2)$$

Untuk mempermudah dalam penelitian, maka perlu mengetahui bentuk gelombang pada masing-masing *test point*. Berikut ini adalah bentuk gelombang pada masing-masing *test point*.



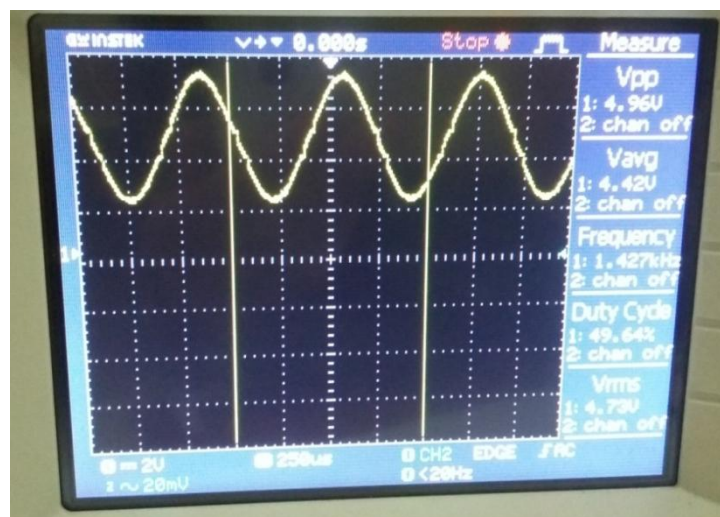
Gambar 3.5 Bentuk gelombang pada *test point 1*

Sinyal keluaran potensio (RV3) dengan amplitudo 560 mV (Vpp), sebelum masuk ke rangkaian pembagi tegangan.



Gambar 3.6 Bentuk gelombang pada *test point 2*

Sinyal setelah masuk ke pembagi tegangan sebagai *input* positif, dengan titik referensinya 4,5 Volt.



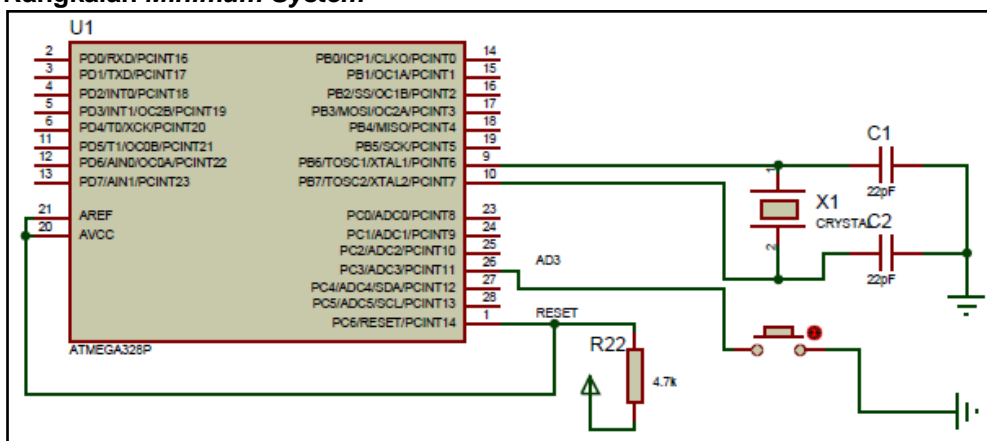
Gambar 3.7 Bentuk gelombang pada *test point 3*

Sinyal keluaran dari U1.B, dengan amplitudo lebih kurang 5 Vpp. Nilai ini adalah hasil dari penguatan dari sinyal *test point* 2. Berikut adalah perhitungan dari perhitungan dari penguatan keluaran pada U1.B yaitu menggunakan *rumus non-inverting*.

$$\begin{aligned} V_{out} &= 1 + (R_f/R_{in}) V_{in} \\ &= 1 + (100/10) \cdot 0,48 \\ &= 11 \times 0,48 \\ &= 5,28 \text{ Vpp} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, seharusnya tegangan keluaran pada U1.B jika 11 kali penguatan adalah 5,28 Vpp. Nyatanya tegangan keluaran hanya 4.96 Vpp, ini dikarenakan toleransi dari nilai resistor yang digunakan, sehingga penguatannya tidak pas 11 kali penguatan.

3.3.3 Rangkaian *Minimum System*



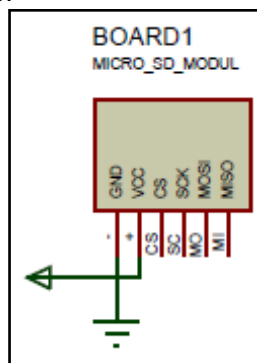
Gambar 3.8 Rangkaian *Minimum System*

Rangkaian minimum sistem pada modul ini berfungsi sebagai control kerja modul secara keseluruhan. Fungsi dari kristal adalah sebagai *clock* tambahan yang terhubung dengan kapasitor berguna sebagai pengosongan dan pengisian osilator, sebenarnya ATmega328p sudah mempunyai *clock* internal tetapi frekuensinya masih kecil sehingga tidak maksimal dalam pengolahan data. Pada IC ATmega 328p ini diberi program yang akan mengontrol sistem kerja modul. Adapun program yang digunakan pada modul ini menggunakan program arduino.

Berikut ini fungsi *port-port* pada ATmega328p, PD2 tersambung ke IC 4584. PD3 sampai PD7 ditambah PB0 tersambung ke rangkaian LCD. PB2 sampai PB5 terhubung ke modul SD card. PB6 dan PB7 masing-masing tersambung ke kaki kristal. PC1 sebagai *input* ADC2, PC2 sebagai *input* ADC1. PC3 terhubung ke *push button* tombol save. PC4 tersambung ke SDA, PC5 tersambung ke SCL pada modul RTC 1307.

3.3.4 Modul SD card

Modul SD card berfungsi sebagai modul penyimpanan data. Berikut adalah gambar rangkaian SD card pada gambar 3. 9.



Gambar 3. 4 Modul SD Card

Pin-pin pada SD card terhubung dengan port pada minimum sistem, hubungkan sesuai dengan tulisan yang terdapat pada SD card.

3.3.5 Gambar Mekanik Alat

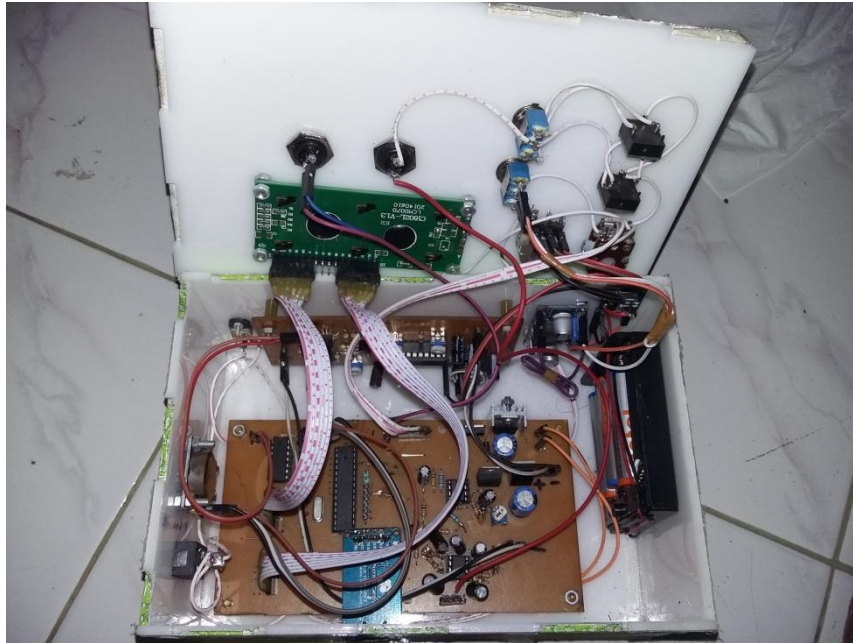
Berikut ini adalah bentuk mekanis dari alat audiometer berbasis arduino uno R3.



Gambar 3.13 Alat tampak dari depan



Gambar 3.14 Alat tampak dari samping



Gambar 3.15 Alat tampak bagian dalam

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran

Setelah alat selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dan pengukuran. Tujuan dari pengujian dan pengukuran pada alat adalah untuk memastikan alat berfungsi dengan baik dan seberapa akurat alat dibuat dengan dibandingkan alat yang sudah terkalibrasi. Pengujian dilakukan pada 7 titik, yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz.

4.1.1 Pengujian Frekuensi 125 Hz

Tabel 4.1 Pengujian Frekuensi 125 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
125 Hz	1	124,1 Hz	125 Hz	0,9 Hz
	2	124,2 Hz	125 Hz	0,8 Hz
	3	124,6 Hz	125 Hz	0,6 Hz
	4	124,7 Hz	125 Hz	0,3 Hz
	5	124,8 Hz	125 Hz	0,2 Hz
	Rata-rata	124,48 Hz	125 Hz	0,56 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 0,9 Hz pada percobaan ke 1 dan selisih terendah yaitu 0,2 Hz pada percobaan ke 5. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 124,48 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 0,56 Hz.

4.1.2 Pengujian Frekuensi 250 Hz

Tabel 4.2 Pengujian Frekuensi 250 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
250 Hz	1	249,1 Hz	250 Hz	0,9 Hz
	2	249,4 Hz	250 Hz	0,6 Hz
	3	249,2 Hz	250 Hz	0,8 Hz
	4	249,3 Hz	250 Hz	0,7 Hz
	5	249,4 Hz	250 Hz	0,6 Hz
	Rata-rata	249,28 Hz	250 Hz	0,72 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 0,9 Hz pada percobaan ke 1 dan selisih terendah yaitu 0,6 Hz pada percobaan ke 2 dan 3. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 248,28 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 0,72 Hz.

4.1.3 Pengujian Frekuensi 500 Hz

Tabel 4.3 Pengujian Frekuensi 500 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
500 Hz	1	500,3 Hz	503 Hz	2,7 Hz
	2	500,1 Hz	502 Hz	1,9 Hz
	3	500,5 Hz	503 Hz	2,5 Hz
	4	500 Hz	503 Hz	3 Hz
	5	501,2 Hz	504 Hz	2,8 Hz
	Rata-rata	500,4 Hz	503 Hz	2,6 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 3 Hz pada percobaan ke 4 dan selisih terendah yaitu 1,9 Hz pada percobaan ke 2. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 503 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 2,6 Hz.

4.1.4 Pengujian Frekuensi 1000 Hz

Tabel 4.4 Pengukuran Frekuensi 100 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
1000 Hz	1	997,1 Hz	1001 Hz	3,9 Hz
	2	1002 Hz	1007 Hz	5 Hz
	3	997,8 Hz	1002 Hz	4,2 Hz
	4	999,9 Hz	1004 Hz	4,1 Hz
	5	1001 Hz	1006 Hz	5 Hz
	Rata-rata	999,6 Hz	1004 Hz	4,4 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 5 Hz pada percobaan ke 2 dan 5 dan selisih terendah yaitu 3,9 Hz pada percobaan ke 1. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 999,6 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 4,4 Hz.

4.1.5 Pengujian Frekuensi 2000 Hz

Tabel 4.5 Pengukuran Frekuensi 2000 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
2000 Hz	1	1993,5 Hz	2007 Hz	13,5 Hz
	2	2002 Hz	2011 Hz	9 Hz
	3	2006 Hz	2015 Hz	9 Hz
	4	2020 Hz	2029 Hz	9 Hz
	5	1996 Hz	2003 Hz	7 Hz
	Rata-rata	2003,5 Hz	2013 Hz	9,5 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 13,5 Hz pada percobaan ke 1 dan selisih terendah yaitu 7 Hz pada percobaan ke 5. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 2003,5 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 9,5 Hz.

4.1.6 Pengujian Frekuensi 4000 Hz

Tabel 4.6 Pengujian Frekuensi 4000 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
4000 Hz	1	4071 Hz	4088 Hz	17 Hz
	2	4008 Hz	4024 Hz	16 Hz
	3	3994 Hz	4008 Hz	14 Hz
	4	4018 Hz	4030 Hz	12 Hz
	5	4033 Hz	4051 Hz	18 Hz
	Rata-rata	4024,8 Hz	4040,2 Hz	15,4 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 18 Hz pada percobaan ke 5 dan selisih terendah yaitu 12 Hz pada percobaan ke 4. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 4024,8 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 15,4 Hz.

4.1.7 Pengujian Frekuensi 8000 Hz

Tabel 4.7 Pengujian Frekuensi 8000 Hz

Frekuensi	Percobaan	Hasil Percobaan		Selisih
		Osiloskop	Modul TA	
8000 Hz	1	8033 Hz	8065 Hz	32 Hz
	2	7992 Hz	8024 Hz	32 Hz
	3	7977 Hz	8012 Hz	36 Hz
	4	7964 Hz	8000 Hz	36 Hz
	5	7970 Hz	8004 Hz	34 Hz
	Rata-rata	7987,2 Hz	8021 Hz	34 Hz

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan selisih tertinggi yaitu 36 Hz pada percobaan ke 3 dan 4 sedangkan selisih terendah yaitu 32 Hz pada percobaan ke 1 dan 2. Hasil rata-rata yang didapat alat pembanding adalah 7987,2 Hz, sedangkan rata-rata selisihnya 34 Hz.

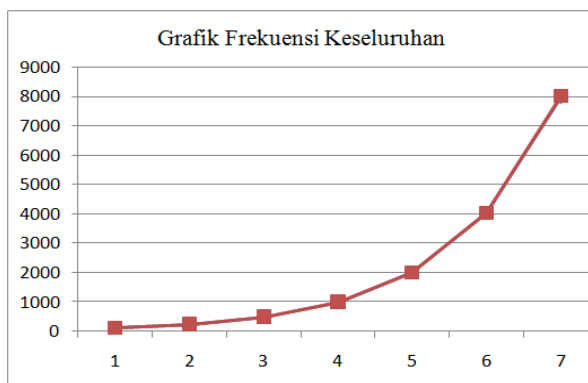
4.1.8 Kesimpulan Pengujian Frekuensi

Tabel 4. 1 Tabel Kesimpulan Pengukuran Frekuensi

Pengujian	Frekuensi	Hasil Analisa Data		
		Rata-rata	Simpangan	Error
1	125	124,4	0,6	0,48%
2	250	249,28	0,72	0,288%
3	500	497,4	2,6	0,52%
4	1000	1005,2	5,2	0,52%
5	2000	2013,8	13,8	0,68%
6	4000	3979	21	0,528%
7	8000	7964,2	36	0,45%

Pada table 4.1 di atas pengujian pertama, dilakukan pada pengukuran frekuensi sebesar 125 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 124,4 Hz dengan nilai error 0,48%. Pengujian kedua dilakukan pada pengukuran frekuensi sebesar 250 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 249,28 Hz dengan nilai error 0,288%. Pengujian ketiga dilakukan pada pengukuran frekuensi 500 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 497,4 dengan error sebesar 0,52%. Pengujian keempat dilakukan pada pengukuran frekuensi 1000 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 1005,2 Hz dengan nilai error sebesar 0,52%. Pengujian kelima dilakukan pada pengukuran frekuensi 2000 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 2013,8 Hz dengan nilai error sebesar 0,68%. Pengujian keenam dilakukan pada pengukuran frekuensi 4000 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 3979 Hz dengan nilai error sebesar 0,528%. Pengujian ketujuh dilakukan pada pengukuran frekuensi 8000 Hz dan didapatkan rata-rata frekuensi 7964 Hz dengan nilai error sebesar 0,45%.

4.2 Grafik Hasil Pengukuran



Gambar 3.4 Grafik Frekuensi

5 KESIMPULAN

Setelah melakukan semua proses pengujian dan pengukuran maka di dapat kesimpulan sebagai berikut:

- Audiometer berbasis arduino berhasil dibuat dengan sensitifitas yang cukup tepat berdasarkan hasil data-data diatas dengan tingkat *error* frekuensi dibawah 1%..
- Dapat dibuat alat audiometer dengan tampilan LCD sebagai penampil nilai frekuensi dan intensitas suara yang akan diuji.
- Alat dibuat degan *portable* sehingga bisa digunakan tanpa tersambung ke listrik PLN.
- Alat sudah dilengkapi dengan penyimpanan data hasil tes yang tersimpan pada *micro* SD yang bisa digunakan untuk diagnosis lanjut.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yussy Afriani Dewi, Ratna Anggraeni Agustian, " *Hearing Test Screening at One of the Textile Factory Workers in Bandung*", Volume 44 No. 2, Tahun 2012
- [2] Ali AL-Afsaa, Soegijardjo Soegijoko, "*Development of a Chirp Stimulus PC-Based Auditory Brainstem Response Audiometer*", Vol. 36 B, No. 1, 2004, 81-94.
- [3] Ann K. Lieberth, Douglas R. Martin, "*The Instructional Effectiveness of a Web-Based Audiometry Simulator*", Vol. 16 Pp. 79–84, 2005
- [4] Deborah Viviane Ferrari¹, Esteban Alejandro Lopez, "*Results Obtained With A Low Cost Software-Based Audiometer For Hearing Screening* ", Vol.17, No. 3, Pp. 257-264, Jul/Aug/September - 2013.
- [5] Liza Salawati, "*Noise-Induced Hearing Loss*", Volume 13, nomor 1, hlm. 67-78, April 2013
- [6] E. Naone, "Arduino Uno," Vol. 114, No. 2, Pp. 78–79, 2011.
- [7] E. Nurraharjo, "Rangkaian Pembangkit Gelombang Dengan Menggunakan Ic Xr 2206," Vol. 18, No. 1, Pp. 24–29, 2013.
- [8] Hendra S. Weku, "Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler" vol. 5 no. 7 (2015), ISSN: 2301-8402 54
- [9] K. V. Muralidhar Sharma, "*Comparison Of Batteries In Automotives*", Volume 4, Issue 4, 1316-1321
- [10] Syarifuddin, "Analisis Penentuan Pola Kebisingan Berdasarkan Nilai Ambang Batas (NAB) Pada *Power Plant* Di PT Arun NG"L, Vol.4 No.1 36-41, 2015
- [11] Puguh Setyo Nugroho, Hms Wiyadi, "Anatomi Dan Fisiologi Pendengaran Perifer", vol.2, no.2, hlm 76 - 85, Mei – Agustus 2009,
- [12] T.Dwi Adi Prasetyo, "Audiometer Berbasis Arduino Uno *Microcontroller* AT 89s5" , volume 1, p.65-71, 2007.