UNIVERSITAS
WIDYA HUSADA
SEMARANG

ALAT BANTU DENGAR UNTUK PENDERITA GANGGUAN PENDENGARAN KONDUKTIF

KARYA TULIS ILMIAH

TEGUH WIBOWO

NIM 1604065

FAKULTAS KESEHATAN DAN KETEKNISIAN MEDIK

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTROMEDIK

UNIVERSITAS WIDYA HUSADA

SEMARANG

2021

UNIVERSITAS WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : Alat Bantu Dengar Untuk Penderita Gangguan Pendengaran Konduktif

NAMA : Teguh Wibowo

NIM : 16.04.065

Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Karya Tulis ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa karya tulis ini sebagai karyanya yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Ahli Madya Teknik Elektromedik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut"

Semarang, 31 Agustus 2021

Teguh Wibowo

Penulis

UNIVERSITAS WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : Alat Bantu Dengar Untuk Penderita Gangguan Pendengaran Konduktif

NAMA : Teguh Wibowo

NIM : 16.04.065

Karya Tulis ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang.

Menyetujui

Pembimbing

Supriyanto,M.Kom

UNIVERSITAS WIDYA HUSADA SEMARANG

PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : ALAT BANTU DENGAR UNTIK PENDERITA GANGUAN PENDENGARAN KONDUKTIF

NAMA : TEGUH WIBOWO

NIM : 16.04.065

Karya Tulis ini telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang pada hari Sabtu tanggal 15 bulan September tahun 2021.

Dewan Penguji :

Anggota I	Anggota II
(Safira Fegi Nisrina, S.T.M.T)	(Suprivanto, M.Kom)
NIDN.0628099601	NIDN.0616037101
Ka. Prodi DIII TEM	Ketua Penguji
(Agung Satrio Nugroho,M.Eng)	(Basuki Rahmat, M.T)
NIDN. 0622057504	NIDN.0622057504

ABSTRAK

Perkembangan dunia kesehatan begitu pesat seiring dengan kemajuan ilmu Perkembangan dunia kesehatan begitu pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan di bidang teknologi utamanya pada bidang elektronika medis. Pesatnya perkembangan dapat dilihat dari kemajuan alat – alat elektronika medis berupa alat bantu pendengaran untuk orang yang mempunyai kelemahan dalam indra pendengaran. Dalam dunia Kesehatan gangguan pendengaran dibagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah gangguan pendengaran konduktif. Dimana penderita gangguan pendengaran ini mengalami penurunan sensitifitas telinga dalam menangkap suara atau sering disebut tuli.

Pada pembahasan ini penulis merancang alat bantu dengar untuk penderita gangguan konduktif yang menggunakan battery *3.7V sebagai sumber tegangan. mic yang digunakan adalah mic condenser sebagai penangkap suara. Untuk pengolahan data sinyal menggunakan modul penguat* Microphone Max *9814 dan penguat* Amplifier PAM *8403. Sinyal keluaran penguat* Amplifier *akan diubah menjadi suara oleh earphone agar dapat didengar oleh pengguna .*

Dari hasil pengukuran setiap TP data pengukuran masih berada di batas nilai toleransi. Dari hasil titik pengukuran pada power amplifier didapatkan presentase kesalahan paling besar yaitu 6 %. Setelah dilakukan uji coba alat ini dapat bekerja dengan baik.

Kata Kunci: Difabel, disabilitas, tuna rungu

ABSTRACT

The development of the world of health is so fast along with the progress of science. The development of the world of health is so fast in line with the advancement of science in the field of technology, especially in the field of medical electronics. The rapid development can be seen from the advancement of medical electronic devices in the form of hearing aids for people who have a weakness in the sense of hearing. In the world of health, hearing loss is divided into several types, one of which is conductive hearing loss. Where hearing loss sufferers experience a decrease in the sensitivity of the ear in picking up sounds or often called deafness.

In this discussion, the authors designed hearing aids, namely hearing aids for elderly users who use a 3.7V battery as a voltage source. the mic used is a condenser mic as a voice catcher. For signal data processing using Microphone Max 9814 amplifier module and PAM 8403 amplifier. The amplifier output signal will be converted into sound by earphones so that it can be heard by the user.

From the measurement results, each TP measurement data is still within the tolerance value limit. From the results of the measurement point on the power amplifier, the largest percentage of error is 6%. After testing this tool can work well.

Keywords: disability, deaf.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya akhirnya Penulis mampu menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini dengan judul **"Alat Bantu Dengar Untuk Penderita Gangguan Pendengaran Konduktif"**

Karya Tulis Ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program Diploma III Teknik Elektromedik. Dalam penyusunan karya tulis ini, penulis banyak mengalami hambatan dan kesulitan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan. Penulis tidak dapat berjalan tanpa bantuan dari berbagai pihak baik berupa pengarahan, pemberian informasi, saran serta bimbingan yang sangat berarti bagi penulis. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Hargianti Dini Iswandari, dr.g,MM sebagai Rektor Universitas Widya Husada Semarang.
2. Bapak Agung Satriyo Nugroho, MT sebagai Ka.Prodi DIII Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang.
3. Bapak Supriyanto, M.Kom selaku pembimbing, terima kasih atas segala bimbingan, arahan dan koreksinya selama proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Rekan-rekan TEM angkatan 2016 yang telah berjuang bersama selama tiga tahun, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang membantu proses pengerjaan Karya Tulis Ilmiah ini.
5. Bapak dan Ibu tercinta yang telah mencurahkan dukungan penuh berupa doa, moral, dan material kepada penulis.

6. Semoga Karya Tulis Ilmiah berguna dan bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umunya. Penulis menyadari sepenuhnya sebagai manusia biasa, tidak lepas dari kekurangan, begitu juga dengan Karya Tulis Ilmiah ini yang masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun tentunya, sangat penulis harapkan.

Semarang, 23 juni 2021

Teguh Wibowo

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS i
PERNYATAAN PERSETUJUAN ii
PENGESAHAN KARYA TULIS iii
ABSTRAK iv
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Batasan Masalah 2
1.5 Daftar Istilah 3
BAB II TEORI DASAR 4
2.1 Indra Pendengaran 4
2.2 Telinga Manusia 4
2.3 Bagian – bagian Telinga 5
2.4 Cara Kerja Telinga Untuk Mendengar 7
2.5 Gangguan Pada Telinga 7
2.6 Tuna Rungu 9
2.7 Alat Bantu Dengar 10
2.8 Mic Condenser 12
2.9 Resistor 13
2.10 Kapasitor 17
2.11 Earphone 19
2.12 Baterai 21

2.13 Dioda 23
BAB III PERENCANAAN 26
3.1 Tahapan Perencanaan 26
3.2 Spesifikasi Alat 27
3.3 Perencanaan Blok Diagram 28
3.4 Cara Kerja Blok Diagram 29
3.5 Perencanaan Wiring Diagram 30
3.5.1 Mic Condenser 30
3.5.2 Rangkaian Pre Amplifier 30
3.5.3 Rangkaian Power Amplifier 31
3.5.4 Earphone 31
3.5.5 Rangkaian Modul Step Up 32
3.5.6 Rangkaian Modul Charger 32
3.6 Perencanaan Desain 33
3.6 Perencanaan Komponen 35
3.7 Persiapan Alat dan Bahan 39
3.8 Pembuatan Modul 39
3.9 Standar Operasional Alat 40
3.10 Perencanaa Test Point Pengukuran 41
BAB IV 42
PENGUKURAN DAN PENDATAAN 42
4.1 Pengertian Pengukuran 42
4.2 Persiapan Pengukuran 42
4.3 Metode Pengukuran 43
4.4 Hasil Pengukuran 44
BAB V 52
PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA 52

5.1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat 52
5.2 Cara Kerja Alat Keseluruhan 52
5.3 Analisa Data Hasil Pengukuran 54
5.3.1 Analisis TP 1 ..... *54*
5.3.2 Analisa TP 2 ..... *55*
5.3.3 Analisa TP 3 ..... *55*
5.3.4 Analisa TP 4 ..... *56*
5.3.5 Analisa TP 5 ..... *57*
BAB VI 62
PENUTUP 62
6.1 Kesimpulan 62
6.2 Saran 63
DAFTAR PUSTAKA 64
LAMPIRAN 66

DAFTAR TABEL

Table 1 Titik Pengukuran 1 & 2 45

Table 2. Titik Pengukuran 3 46

Table 3. Tabel pengukuran 4 46

Table 4. Tabel pengukuran 5 47

UWHS PERPUSTAKAAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bagian - bagian Telinga manusia 5
Gambar 2. Mic Condenser 13
Gambar 3. Kode Warna Gelang Resistor 14
Gambar 4. Rangkaian Seri 15
Gambar 5. Rangkaian Parallel 16
Gambar 6. Rangkaian Pembagi Tegangan 16
Gambar 7. Kapasitor(kiri) Simbol Kapasitor (Kiri) 17
Gambar 8. VARCO (Variable Conductor) 18
Gambar 9. Baterai 9 Volt Single use 22
Gambar 10.Baterai 3,7 Volt Rechargeable 22
Gambar 11.Sususan dan Simbol Dioda 23
Gambar 12. Simbol dan komponen Dioda 24
Gambar 13. Blok Diagram 28
Gambar 14, Mic Condenser 30
Gambar 15. Rangkaian Power Amplifier 31
Gambar 16. Gambar Earphone 31
Gambar 17. Rangkaian modul step up 32
Gambar 18. Rangkaian Modul Charger 33
Gambar 19. Gambang Earphone 33
Gambar 20. Desain Alat tampak depan 34
Gambar 21. Desain Alat tampak samping 34
Gambar 22. Gambar alat jadi 40
Gambar 23. Wiring diagram Test Point pengukuran 41
Gambar 24. Wiring diangram keselurukam alat 52

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini memiliki peranan dalam perkembangan ilmu kedokteran, khususnya di bidang kesehatan. Kemajuan tersebut dapat dilihat pada perkembangan peralatan kesehatan di rumah sakit, peralatan elektromedik sebagai penunjang pelayanan kesehatan serta alat bantu bagi penyandang difabel.

Difabel (dalam Bahasa inggris *disability*) adalah orang yang memiliki keterbatasan fisik, mental, intelektual, atau sensorik dalam jangkauan waktu lama yang dalam berinteraksi dengan lingkungan dan sikap masyarakatnya dapat menemui hambatan yang menyulitkan untuk berpartisipasi penuh dan efektif berdasarkan kesamaan hak (UU No. 19 Tahun 2001 tentang pengesahan hak – hak penyandang disabilitas). Difabel atau disabilitias memiliki 2 kategori yaitu disabilitas mental dan disabilitas fisik. Disabilitas fisik meliputi tuna daksa (kelainan fisik), tuna netra (kelainan pengelihatan), tuna wicara (kelainan berbicara), tuna rungu (kelainan pendengaran).

Tuna rungu merupakan kendala pada seseorang yang mengalami hambatan pada pendengaran baik itu sejak lahir maupun akibat kecelakaan, permanen ataupun tidak permanen. Media bantu yang umum digunakan pada penyandang tuna rungu adalah penggunaan Bahasa isyarat. Sehingga dapat digunakan untuk saling berkomunikasi antara sesame penyandang tuna rungu maupun dengan orang normal. Namun pada kenyataannya tidak semua orang

normal mengerti penggunaan dan arti Bahasa isyarat, sehingga permasalahan tersebut dapat menjadi penghambat dalam berkomunikasi.

Untuk mempermudah komunikasi antara orang normal yang tidak mengerti Bahasa isyarat dengan penyandang tuna rungu, maka diperlukan suatu alat yang mampu membantu pendengaran pada penyandang tuna rungu. Sehingga antara orang normal yang tidak kurang mengerti Bahasa isyarat dapat berkomunikasi dengan penyandang tuna rungu [1].

Berdasarkan permasalahan tersebut serta ingin meningkatkan pengetahuan maka penulis membuat penelitian dengan judul :

"ALAT BANTU DENGAR UNTUK PENDERITA GANGGUAN PENDENGARAN KONDUKTIF"

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana cara membuat alat Alat Bantu Dengar Untuk Pengguna Lanjut usia ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulis membuat tugas akhir ini adalah :

Tujuan dari penelitian ini adalah terwujudnya alat batu dengar yang dapat digunakan dan membantu pendengaran untuk Penderita gangguan pendengaran konduktif yang memiliki pendengaran kurang untuk dapat berkomunikasi dengan orang lain.

1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini penulis membatasi masalah pada :

1. Tidak mempelajari tentang Panjang gelombang, frekuensi dan *amplitude* suara.

2. Kualitas suara yang dihasilkan oleh *amplifier* tergantung dari jenis dan kualitas dari *earphone*.

1.5 Daftar Istilah

Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini penulis melampirkan daftar istilah untuk memudahkan dalam pemahaman istilah-istilah asing.

Disability : menggantikan bagian tubuh tertentu untuk membantu pasien mendapatkan kembali fungsi tertentu setelah bagiantubuhnya cidera berat karena kecelakaan atau terkena penyakit.

Earphone : Alat pengubah sinyal listrik menjadi suara. Earphone terdiri dari dua jenis speaker kanal *Left* (kiri) dan kanal *Righ* (kanan)

BAB II
TEORI DASAR

2.1 Indra Pendengaran

Pada tubuh manusia memiliki alat indera dengan berbagai fungsi atau kegunaan. Alat indera pada manusia disebut juga dengan panca indera. Karena alat indera manusia terdiri dari lima, yakni indera penglihatan (mata), indera pendengar (telinga), indera pembau (hidung), indera pengecap (lidah), dan indera peraba (kulit).

Telinga menjadi organ indera yang bertanggung jawab untuk pendengaran. Setiap bagian telinga memiliki peran dan fungsi masing-masing. Telinga juga memiliki reseptor khusus untuk menyaring dan mengenali setiap bunyi yang berasal dari gendang telinga [2].

2.2 Telinga Manusia

Telinga adalah salah satu panca indera manusia yang berfungsi untuk mendengar, dan terdiri dari beberapa bagian bagian.

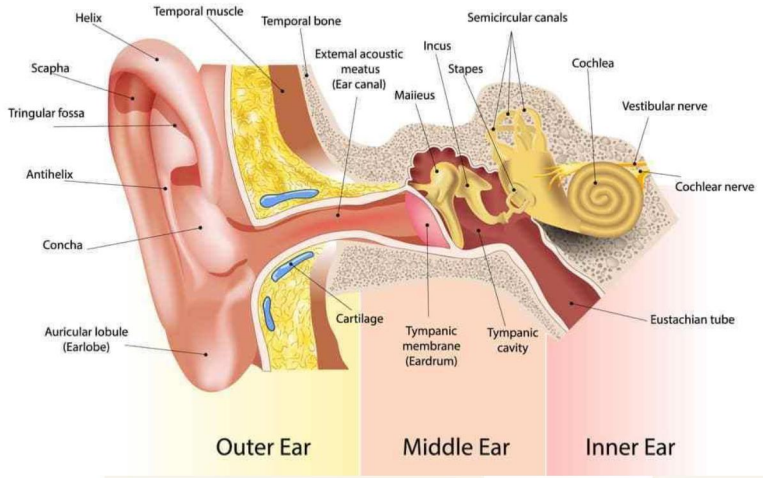
Bagian bagian telinga secara umum dibagi menjadi tiga:

- Telingan luar
- Telinga tengah
- Telingan dalam

Bagian bagian tersebut memiliki fungsi khusus yang memungkinkan telinga kita dapat mendengar.

2.3 Bagian – bagian Telinga

Telinga terdiri atas beberapa bagian sehingga dapat bekerja dengan baik.



Gambar 1. Bagian - bagian Telinga manusia

Seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, secara umum struktur telinga manusia di bagi menjadi tiga: bagian luar, tengah, dan dalam.

1. Telinga Luar

   Telinga luar adalah bagian telinga yang terletak di luar dan kontak langsung dengan lingkungan. Fungsi utama telinga luar ini adalah untuk menangkan bunyi dari lingkungan untuk kemudian diteruskan ke telinga tengah.

   Bagian telinga luar ini terdiri dari:

   a) Daun telinga : mengumpulkan dan menyalurkan bunyi ke liang telinga.

   b) Lubang telinga : tempat masuknya bunyi ke liang telinga.

c) Liang telinga : meneruskan rangsang bunyi ke gendang telinga.

2. Telinga Tengah

Fungsi telinga tengah yaitu untuk mengubah gelombang bunyi yang ditangkap telinga luar untuk menjadi getaran. Getaran tersebut kemudian dilanjutkan pada telinga dalam. Telinga tengah terdiri dari beberapa hal :

a) Gendang telinga: mengubah bunyi menjadi getaran.
b) Tiga tulang pendengaran (martil, landasan, dan sanggurdi) yang berfungsi memperkuat dan menghantar getaran ke saluran telinga yang lebih dalam.
c) Saluran Eustachius: menghubungkan rongga mulut dengan telinga dalam dan mengatur keseimbangan tekanan udara.

3. Telinga Dalam

Telinga dalam adalah pusat kendali dari indera pendengaran kita. Fungsi telinga dalam adalah untuk mengubah getaran dari telinga dalam menjadi impuls listrik dan meneruskannya melalui saraf menuju otak. Telinga dalam terdiri dari beberapa struktur :

a) Tiga saluran setengah lingkaran: menjaga keseimbangan tubuh.
b) Tingkap oval/jorong: untuk meneruskan getaran ke rumah siput.
c) Rumah siput (koklea): mengubah getaran menjadi impuls dan meneruskannya ke otak.

Semua bagian tersebut mempunyai perannya masing-masing sehingga dapat menghasilkan informasi ke otak dan akhirnya kita mampu mendengar bunyi secara baik.

2.4 Cara Kerja Telinga Untuk Mendengar

Berikut Merupakan Urutan cara kerja telinga agar dapat mendengarkan suara

1. Suara dari sekitar ditangkap oleh telinga luar berupa getaran atau gelombang dan diteruskan ke telinga tengah.
2. Saat gendang telinga bergetar, getaran akan diteruskan ke tulang *ossicles* sehingga getaran diperkuat dan dikirim ke telinga dalam.
3. Begitu getaran mencapai telinga dalam, getaran akan diubah menjadi impuls listrik.
4. Impuls listrik dikirim melalui saraf ke otak. Otak lalu menerjemahkan impuls ini sebagai suara.

2.5 Gangguan Pada Telinga

Telinga merupakan bagian yang sangat penting dalam tubuh kita. Dan ada kemungkinan terdapat gangguan pada telinga kita, sehingga Karena, selain sebagai alat fungsi utama untuk mendengar, telinga juga memiliki fungsi sebagai alat keseimbangan tubuh.Perilaku hidup tidak sehat dalam merawat telinga akan mempengaruhi kerja telinga.

Contoh kebiasaan buruk yang dapat mempengaruhi kinerja telinga adalah membersihkan telinga dengan *cuttonbud* dengan cara yang salah, mendengar musik terlalu keras, memasukkan barang kotor ke telinga, dan lain sebagainya. Kebiasaan-kebiasaan buruk tersebut dapat menimbulkan gangguan pada telinga. Berikut ini adalah jenis gangguan pendengaran yang dapat terjadi pada telinga manusia.

1. Gangguan Pendengaran Konduksi/Konduktif

   Jenis gangguan pendengaran pertama adalah tuli konduksi. Pada kasus ini, kamu tidak bisa mendengarkan suara dengan sempurna, karena transmisi gelombang suara yang tidak masuk ke dalam telinga secara efektif. Akibatnya, suara yang kamu dengar akan lebih pelan dan tidak terlalu jelas.

   Beberapa kondisi yang menyebabkan terjadinya gangguan pendengaran konduksi adalah adanya cairan di telinga bagian tengah, terlalu banyak kotoran telinga, masuknya benda asing ke saluran telinga bagian luar, atau terjadinya infeksi pada telinga bagian tengah. Pengobatan gangguan pendengaran ini bisa dilakukan melalui serangkaian tes fisik, seperti penggunaan garputala.

2. Gangguan Pendengaran Sensorineural

   Gangguan pendengaran terjadi pada telinga bagian dalam lebih tepatnya pada saraf telinga bagian dalam yang terhubung langsung ke otak. Gangguan sensorineural adalah gangguan pendengaran yang paling fatal karena kondisi ini menyebabkan tuli permanen. Seseorang

yang mengalami tuli permanen tidak dapat diobati dengan obat-obatan, berbagai tes fisik, atau pembedahan.

Pengidap gangguan pendengaran ini hanya mampu mendengar suara dalam volume rendah, meski sebenarnya volume sumber suara telah ditinggikan. Beberapa hal yang menyebabkan gangguan pendengaran ini, yaitu trauma kepala, malformasi di telinga bagian dalam, faktor usia, sampai faktor genetik.

3. Gangguan Pendengaran Campuran

   Jenis gangguan pendengaran ini adalah campuran dari gangguan pendengaran konduksi dan sensorineural. Gejala awalnya ditandai dengan tuli konduksi yang kemudian berkembang menjadi tuli sensorik. Meskipun begitu, gangguan telinga ini bisa terjadi secara bersamaan, misalnya pengidap mengalami trauma kepala yang sekaligus mengenai telinga bagian tengah dan dalam [3].

2.6 Tuna Rungu

Tuna rungu (*hearing impaiement*) merupakan satu istilah umum yang menunjukkan ketidakmampuan mendengar dari yang ringan sampai yang berat sekali yang digolongkan kepada tuli (*deaf*) dan kurang dengar (*hard of hearing*).

Orang yang tuli (*a deaf person*) adalah seseorang yang mengalami ketidakmampuan mendengar, sehingga mengalami hambatan di dalam memproses informasi bahasa melalui pendengarannya dengan atau tanpa menggunakan alat bantu dengar (*hearing aid*). Sedangkan orang yang kurang

dengar (*a hard of hearing person*) adalah seseorang yang biasanya dengan menggunakan alat bantu dengar, sisa pendengarannya cukup memungkinkan untuk keberhasilan memproses infomasi bahasa melalui pendengarannya, artinya apabila orang yang kurang dengar tersebut menggunakan alat bantu dengar, ia masih dapat menangkap pembicaraan melalui pendengarannya.

Berdasarkan definisi diatas, dapat dikatakan bahwa anak yang tergolong tuli, sulit sekali/tidak dapat menangkap pembicaraan melaluipendengarannya baik dengan memakai atau tidak memakai alat bantu dengar. Sedangkan pada anak yang tergolong kurang dengar, apabila menggunakan alat bantu dengar yang tepat, pendengarannya masih memungkinkan untuk menankap pembicaraan melalui pendengarannya, bahkan untuk yang tergolong tunarungu ringan, pendengarannya msih memungkinkan untuk dapat menangkap pembicaraan melalui pendengrannya meskipun mengalami kesulitan, tanpa menggunakan alat bantu dengar.

2.7 Alat Bantu Dengar

Alat bantu dengar merupakan suatu alat akustik listrik yang dapat digunakan oleh manusia dengan gangguan fungsi pendengaran pada telinga. Biasanya alat ini dapat dipasang pada bahagian dalam telinga manusia ataupun pada bagian sekitar telinga. Alat bantu dengar tersebut dibuat untuk memperkuat rangsangan bahagian sel-sel sensorik telinga bagian dalam yang rusak terhadap rangsangan suara dan bunyi-bunyian dari luar. Alat Bantu dengar tersebut merupakan sebuah alat elektronik yang menggunakan batere dimana dalam pemakaiannya terdapat mikrofon yang mengubah gelombang

mengubah gelombang dari suara tersebut menjadi energi listrik yang kemudian diterima amplifier yang dapat memperbesar volume suara dan mengirimkannya pada speaker yang ada pada bagian dalam telinga. Jika ingin menggunakan alat Bantu dengar ini maka terlebih dahulu harus memeriksakan ambang pendengaran dengan alat yang dinamakan audiogram. Setelah itu barulah dapat ditentukan jenis dan model apa yang cocok digunakan untuk kasus kerusakan pendengaran yang dialami.

2.8 Bentuk Dasar Alat Bantu Dengar

a) Model Dalam Telinga

Alat bantu dengan Model dalam telinga (*In the ear aids (ITC)* dapat digunakan untuk penderita gangguan pendengaran kategori ringan sampai dengan kategori sedang. Alat ini memberikan kenyamanan yang lebih kepada pemakainya karena terletak pada bagian dalam dan tidak tampak dari luar. Di dalam komponen alat ini terpasang telecoil yang merupakan suatu kumparan magnet kecil yang dapat memungkinkan pengguna alat bantu dengar tersebut untuk lebih nyaman dalam bertelpon.

b) Model Belakang Telinga

Jenis ini dipasang pada bagian belakang telinga. dapat digunakan pada kondisi kerusakan telinga kategori ringan sampai berat. alat ini menggunakan komponen cetakan teliga yang berfungsi sebagai penjernih suara.

c) Bentuk Canal

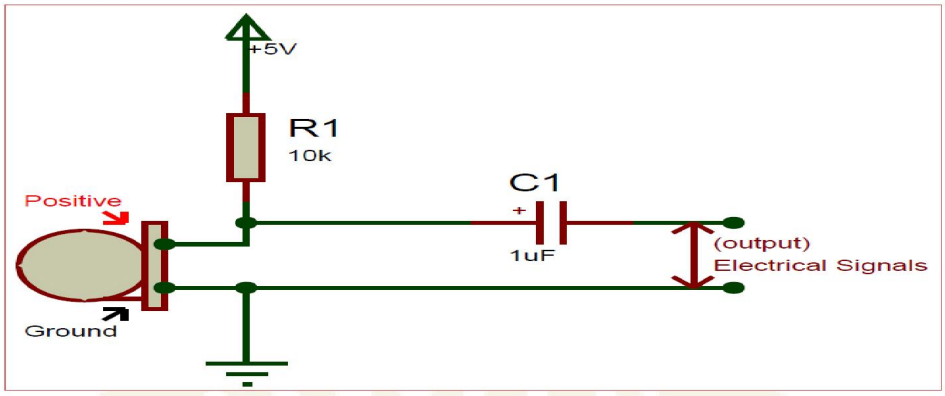
Bentuk *Canal* tersebut terdiri atas dua jenis yaitu ITC dan ICC. Alat Bantu dengar jenis ITC bentuk dan ukurannya dapat disesuaikan dengan

penggunanya. Alat bantu jenis ini relatif berukuran kecil. Jenis lain adalah ICC. Alat ini terletak di dalam saluran telinga. Kedua alat ini memang sangat nyaman digunakan karena ukurannya yang kecil. Namun untuk kedua macam lat bantu ini hanya memiliki ruang sedikit yang dapat digunakan untuk menyimpan cadangan batere dan mikrofon yang terpasang di dalamnya. Alat ini kurang dianjurkan untuk penderita dengan gangguan pendengaran yang cukup berat dan juga kurang disarankan untuk dipakai oleh anak anak [1].

2.9 Mic Condenser

Mic condeser pada umumnya berbentuk bulat dengan ukuran kecil dimana didalam *mic condeser* tersebut terdapat dua buah plat yang sangat tipis sebagai diafragma, dimana kedua plat tersebutlah yang akan menerima setiap getaran-getaran yang bersumber dari luar atau yang disebabkan adanya perbedaan tekanan udara pada setiap detiknya sehingga menghasilkan getaran.

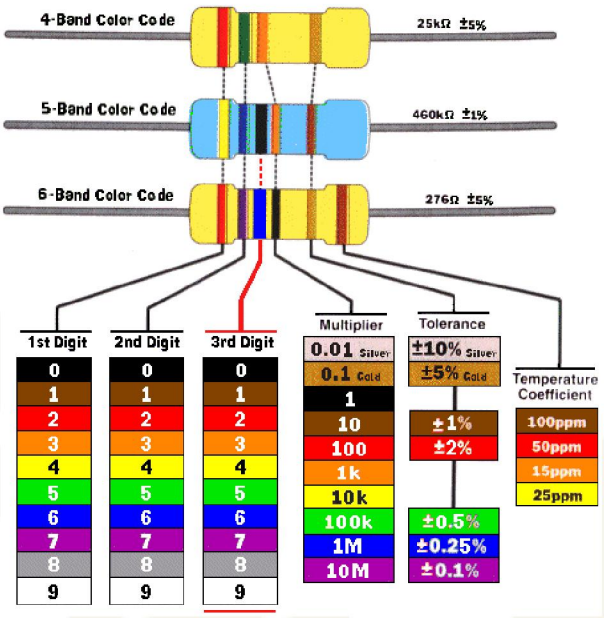
Pada *mic condeser* getaran tersebut diterima plat oleh sebab itu *mic condeser* dapat merespon suara yang jauh atau frekuensi tinggi, prinsip kerjanya sendiri *mic condeser* tidak dapat bekerja jika tidak diberikan tegangan berbeda dengan *mic dynamic* yang bisa langsung berfungsi jika dihubungkan ke *preamp mic*. Pada *mic condeser* terdapat polaritas positif dan negatif artinya pada saat pemasangan *mic* tidak boleh terbalik dan harus mendapat tegangan *supply* arus searah, meskipun membutuhkan *supply* tegangan, *mic condeser* cukup di *supply* dengan tegangan yang kecil [4].



Gambar 2. Mic Condenser

2.10 Resistor

Resistor tetap daya besar dan resistor variabel. Cicin warna yang terdapat pada resistor terdiri dari 4 ring 5 dan 6 ring warna. Dari cicin warna yang terdapat dari suatu resistor tersebut memiliki arti dan nilai dimana nilai resistansi resistor dengan kode warna sebagai berikut :



Gambar 3. Kode Warna Gelang Resistor

Untuk mendapatkan resistor yang ingin digunakan, terkadang tidak tersedia di pasaran atau tidak diproduksi, oleh karena itu perlu adanya rangkaian untuk mendapatkan nilai tertentu. Rangkaian yang digunakan adalah rangkaian seri, rangkaian parallel maupun rangkaian campuran dari seri dan parallel.

Rangkaian seri adalah rangkaian yang terdiri dari 2 buah resistor atau lebih yang disusun secara sejajar atau berbentuk seri. Dengan rangkaian seri ini bisa mendapatkan nilai resistor pengganti yang diinginkan. Rumus dari rangkaian seri resistor adalah sebagai berikut.

(1) $R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$

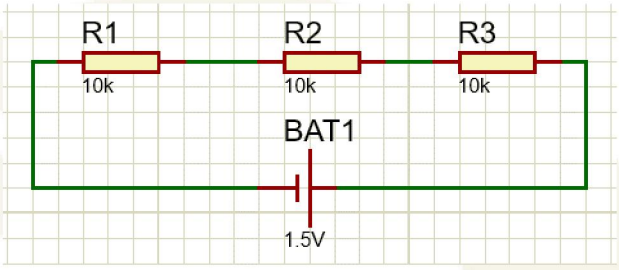
(2) R_{total} = nilai resistansi total

(3) R_1 = nilai resistansi ke 1

(4) R_2 = nilai resistansi ke 2

(5) R_3 = nilai resistansi ke 3

(6) R_n = nilai resistansi ke n



Gambar 4. Rangkaian Seri

Selain rangkaian seri resitor terdapat rangkaian *parallel*. Dimana rangkaian parallel adalah rangkaian resistor yang tersusun dari 2 buah resistor atau lebih yang disusun secara bersusun/berderet atau secara *parallel*. Rangkaian *parallel* juga dapat digunakan untuk mencari nilai resistor yang diinginkan. Rumus dari rangkaian *parallel* resistor adalah sebagai berikut.

(1) $\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$

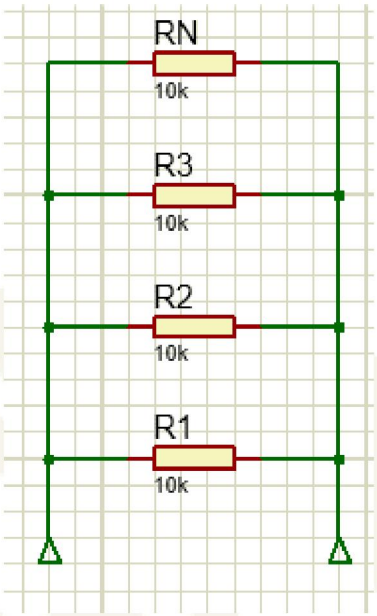
(2) R_{total} = nilai resistansi total

(3) R_1 = nilai resistansi ke 1

(4) R_2 = nilai resistansi ke 2

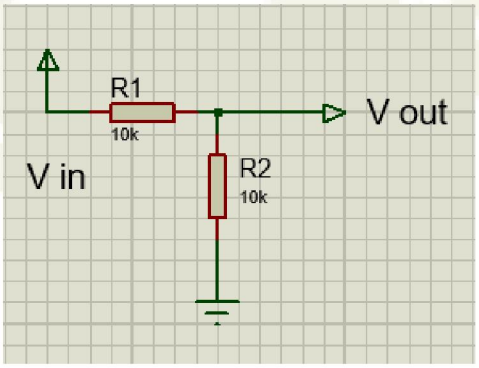
(5) R_3 = nilai resistansi ke 3

(6) R_n = nilai resistansi ke n



Gambar 5. Rangkaian Parallel

Rangkaian seri selain untuk mendapatkan resistasi pengganti, bisa difungsikan sebagai rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan atau *voltage divider* adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan input besar menjadi satu atau lebih tegangan output yang diperlukan komponen lainya di dalam rangkaian. Berikut adalah rangkaian dan persamaan dari pembagi tegangan [5].



Gambar 6. Rangkaian Pembagi Tegangan

Untuk persamaan rumusnya sebagai berikut.

(1) $V_{out} = V_{in}\, x\, (\frac{R_2}{R_1 + R_2})$

(2) V_{out}= Tegangan output

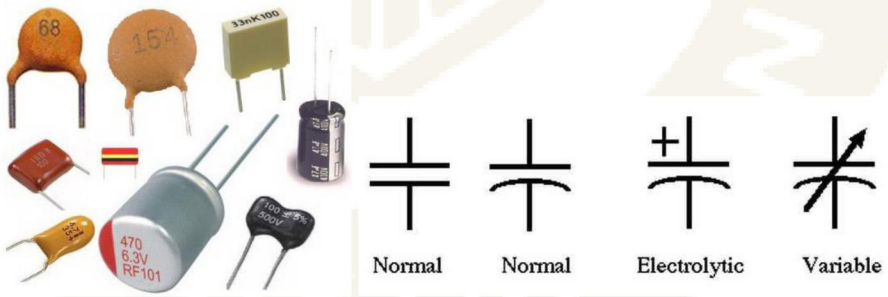
(3) V_{in}= Tegangan input

(4) R_1= Resistansi ke 1

(5) R_2= Resistansi ke 2

2.11 Kapasitor

capasitor merupakan komponen elektronika yang berfungsi menyimpan medan listrik. *capasitor* mengandung dua bagian yang masing-masing berupa plat logam yang menampung muatan *positive* di salah satu bagian dan menampung muatan *negative* di bagian lain. Kedua kutub dipisahkan oleh dielektrik yang menyebabkan muatan di kedua kutub tidak dapat mengalir.



Gambar 7. Kapasitor(kiri) Simbol Kapasitor (Kiri)

Jenis *Kapasitor* dibagi menjadi 2 yaitu *capasitor Fixed* atau tetap dan *capasitor Variabel* atau suatu *capasitor* yang nilainya dapat diubah.

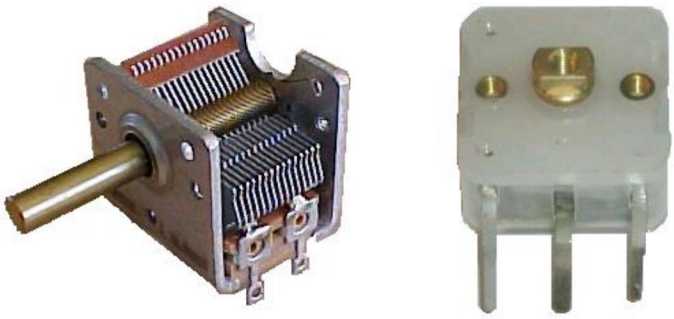
Pada dasarnya *fixed capacitor* memiliki nilai yang konstan atau tidak berubah ubah, sedangkan *Variable Capacitor* adalah sebuah *capasitor* yang nilainya danpat diatur atua berubah.

Pada *capasitor fixed* memiliki beberapa macam bentuk dan bahan, seperti:

1. Kapasitor Keramik (1pF – 0,0µF *Non-Polar*)
2. Kapasitor Polister (*Non-Polar*)
3. Kapasitor Kertas (300pF - 4µF *Non-Polar*)
4. Kapasitor Mika (50pF – 0,02µF *Non-Polar*)
5. Kapasitor Elektrolit (*Polar*)
6. Kapasitor Tantalum (*Polar*)

Pada *capasitor variabel* memiliki dua macam bentuk dan bahan, seperti:

1. VARCO "*Variable Condensator*" (100pF – 500pF)
2. *Trimmer* (Max 100pF)



Gambar 8. VARCO (Variable Conductor)

capasitor merupakan salah satu jenis Komponen Elektronika yang paling sering digunakan. Hal ini dikarenakan *capasitor* memiliki banyak fungsi

sehingga hampir setiap Rangkaian Elektronika memerlukannya [6]. Dan berikut merupakan fungsi *capasitor*, yaitu:

1. Penyimpan arus atau tegangan listrik
2. Konduktor yang dapat melewatkan arus AC (*Alternating Current*)
3. Isolator yang menghambat arus DC (*Direct Current*)
4. Filter dalam Rangkaian *Power Supply* (Catu Daya)
5. Kopling
6. Pembangkit Frekuensi dalam Rangkaian Osilator
7. Penggeser Fasa
8. Pemilih Gelombang Frekuensi (*capasitor Variable* yang digabungkan dengan Spul Antena dan Osilator)

2.12 Earphone

Earphone adalah sepasang *driver loudspeaker* kecil yang dikenakan di atau di sekitar kepala di atas telinga pengguna. Mereka adalah *transduser elektroakustik* , yang mengubah sinyal listrik menjadi suara yang sesuai. *Earphone* memungkinkan satu pengguna mendengarkan sumber audio secara pribadi, berbeda dengan *loudspeaker* , yang memancarkan suara ke udara terbuka untuk didengar siapa pun di sekitar. Earphone *sirkumaural (around the ear)* dan supra-aural *(over the ear)* menggunakan pita di atas kepala untuk menahan speaker di tempatnya. Jenis lain, yang dikenal sebagai *earbud* atau *earpiece* terdiri dari unit individu yang dihubungkan ke liang telinga pengguna. Jenis ketiga adalah *headphones*, yang biasanya melingkari bagian belakang kepala dan diletakkan di depan saluran telinga, membiarkan saluran

telinga terbuka. Dalam konteks telekomunikasi , headset merupakan gabungan dari *headphone* dan *microphone* .

Earphone terhubung ke sumber sinyal seperti penguat audio, radio , pemutar CD , pemutar media *portabel* , ponsel , konsol video game , atau alat musik elektronik , baik secara langsung menggunakan kabel, atau menggunakan teknologi nirkabel seperti Bluetooth , DECT atau FM radio . *Headphone* pertama dikembangkan pada akhir abad ke-19 untuk digunakan oleh operator telepon , agar tangan mereka tetap bebas.

Earphone dibuat dalam berbagai kemampuan kualitas reproduksi audio yang berbeda. *Headset* yang dirancang untuk penggunaan telepon biasanya tidak dapat mereproduksi suara dengan kesetiaan tinggi dari unit mahal yang dirancang untuk mendengarkan musik oleh *audiophiles* . *Headphone* yang menggunakan kabel biasanya memiliki *jack* telepon 1/4 inci (6,35 mm) atau 1/8 inci (3,5 mm) untuk mencolokkan *headphone* ke sumber audio. Beberapa *earbud stereo* adalah nirkabel, menggunakan konektivitas *Bluetooth* untuk mengirimkan sinyal audio melalui gelombang radio dari perangkat sumber seperti ponsel dan pemutar digital. Akibat efek *Walkman* yang dimulai pada 1980-an, *headphone* mulai digunakan di tempat umum seperti trotoar, toko bahan makanan, dan angkutan umum. *Headphone* juga digunakan oleh orang-orang dalam berbagai konteks profesional, seperti teknisi audio yang mencampur suara untuk konser langsung atau rekaman suara [7].

2.13 Baterai

Baterai adalah perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan koneksi eksternal yang disediakan untuk memberi daya pada perangkat listrik seperti senter , ponsel , dan mobil listrik . Ketika baterai memasok daya listrik , terminal positifnya adalah katoda dan terminal negatifnya adalah anoda . Terminal bertanda negatif adalah sumber elektron yang akan mengalir melalui rangkaian listrik eksternal ke terminal positif. Ketika baterai dihubungkan ke beban listrik eksternal, reaksi redoks mengubah reaktan berenergi tinggi ke produk berenergi lebih rendah, dan perbedaan energi bebas dikirim ke sirkuit eksternal sebagai energi listrik. Secara historis, istilah "baterai" secara khusus merujuk pada perangkat yang terdiri dari banyak sel, namun penggunaannya telah berkembang untuk memasukkan perangkat yang terdiri dari satu sel tunggal .

Baterai terdiri dari 2 Jenis utama yaitu Baterai Primer yang hanya dapat sekali pakai (*single use battery*) dan Baterai Sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*)., disebut baterai primer berarti baterai ini hanya bisa satu kali pakai saja dan baterai sekunder berarti baterai yang dapat dipakai berkali-kali dengan cara isi ulang bila dayanya sudah mulai habis. Baik baterai primer dan sekunder, kedua-duanya bersifat mengubah energi kimia menjadi energi listrik dan masing-masing memiliki beberapa bentuk dan spesifikasi yang berbeda-beda. Baterai terbagi dalam beberapa jenis, yang salah satunya adalah baterai primer (*single use*) berbentuk kotak yang memiliki tegangan 9

Volt dan *Li-Ion* (*lithium-ion*) yang memiliki sifat sebagai baterai sekunder (*rechargeable battery*).

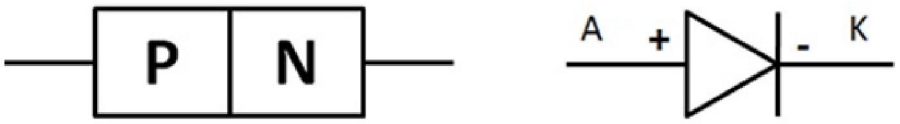
Gambar 9. Baterai 9 Volt Single use

Gambar 10.Baterai 3,7 Volt Rechargeable

Baterai Li-Ion menggunakan katoda (*positive*), anoda (*negative*) dan elektrolit sebagai konduktor, katoda terdiri dari *oksida* metal dan anoda terdiri dari karbon. Selama baterai bekerja, *ion* mengalir dari anoda ke katoda melalui elektrolit dan pemisah, arah balik pengisian dan *ion* mengalir dari katoda ke anoda [8].

2.14 Dioda

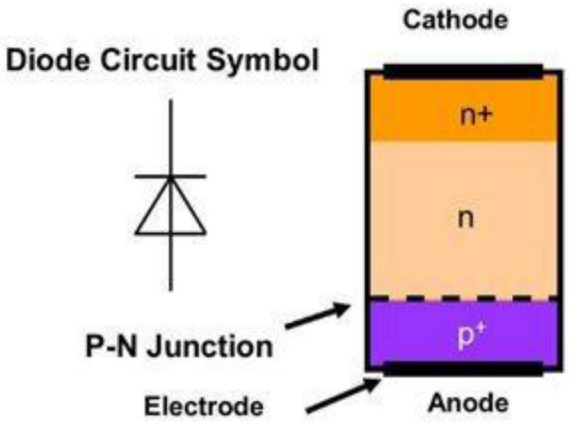
Dioda atau *diode* adalah sambungan bahan p-n yang berfungsi terutama sebagai penyearah. Bahan tipe-p akan menjadi sisi anoda sedangkan bahan tipe-n akan menjadi katoda. Struktur utama dioda adalah dua buah kutub elektroda berbahan konduktor yang masing-masing terhubung dengan semikonduktor silikon jenis p dan silikon jenis n. Anoda adalah elektroda yang terhubung dengan silikon jenis p dimana *elektron* yang terkandung lebih sedikit, dan katoda adalah elektroda yang terhubung dengan silikon jenis n dimana elektron yang terkandung lebih banyak. Pertemuan antara silikon n dan silikon p akan membentuk suatu perbatasan yang disebut P-N *Junction*.



Gambar 11.Sususan dan Simbol Dioda

Bergantung pada *polaritas* tegangan yang diberikan kepadanya, dioda bisa berlaku sebagai sebuah saklar tertutup (apabila bagian anoda mendapatkan tegangan *positive* sedangkan katodanya mendapatkan tegangan *negative*) dan berlaku sebagi saklar terbuka (apabila bagian anoda mendapatkan tegangan *negative* sedangkan katode mendapatkan tegangan *positive*). Kondisi tersebut terjadi hanya pada dioda ideal-konseptual. Pada dioda *faktual* (riil), perlu tegangan lebih besar dari 0,7 V (untuk dioda yang terbuat dari bahan silikon) pada anoda terhadap katoda agar dioda dapat menghantarkan arus listrik. Tegangan sebesar 0,7 V ini disebut sebagai tegangan halang (barrier voltage).

Dioda yang terbuat dari bahan *Germanium* memiliki tegangan halang kira-kira 0,3 V.



Gambar 12. Simbol dan komponen Dioda

Cara kerja dioda secara sederhana dapat dijelaskan dalam tiga kondisi, yaitu:

1. Kondisi tanpa tegangan (*unbiased*)

   Pada kondisi tidak diberikan tegangan akan terbentuk suatu perbatasan medan listrik pada daerah P-N *junction*.

2. Kondisi tegangan positif (*Forward Bias*)

   Pada kondisi ini, bagian anoda disambungkan dengan terminal *positive* sumber listrik dan bagian katoda disambungkan dengan terminal *negative*. Adanya tegangan *eksternal* akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub. Ion-ion *negative* akan tertarik ke sisi anoda yang *positive*, dan ion-ion *positive* akan tertarik ke sisi katoda yang *negative*. Hilangnya penghalang-penghalang tersebut akan memungkinkan pergerakan elektron di dalam dioda, sehingga arus listrik dapat mengalir seperti pada rangkaian tertutup.

3. Kondisi tegangan *negative* (*Reverse Bias*)

Pada kondisi ini, bagian anoda disambungkan dengan terminal *negative* sumber listrik dan bagian katoda disambungkan dengan terminal *positive*. Adanya tegangan eksternal akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub. Pemberian tegangan *negative* akan membuat ion-ion *negative* tertarik ke sisi katoda (n-type) yang diberi tegangan *positive*, dan ion-ion *positive* tertarik ke sisi anoda (p-type) yang diberi tegangan *negative*. Pergerakan ion-ion tersebut searah dengan medan listrik statis yang menghalangi pergerakan elektron, sehingga penghalang tersebut akan semakin tebal oleh ion-ion. Akibatnya, listrik tidak dapat mengalir melalui dioda dan rangkaian diibaratkan menjadi rangkaian terbuka [6].

BAB III
PERENCANAAN

3.1 Tahapan Perencanaan

Sebelum pembuatan modul serta karya tulis, penulis terlebih dahulu membuat perencanaan modul yang akan dibuat. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembuatan modul serta karya tulis agar hasil yang dicapai sesuai dengan yang direncanakan.

Tahapan - tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut :

a. Merancang blok diagram dan wiring diagram dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
b. Merancang desain yang sesuai untuk kerangka dan *cassing* alat.
c. Menentukan komponen - komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul agar alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan.
d. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan modul.
e. Merencanakan instalasi kelistrikan yang tepat dalam papan rangkaian.
f. Mencetak kerangka dan *box cassing* sesuai desain yang telah dibuat.
g. Menentukan sumber tegangan *supply* yang tepat untuk masing-masing modul.
h. Menentukan titik - titik pengukuran (*test point*) untuk pendataan dan analisa rangkaian.
i. Melakukan pengujian dan pendataan pada modul yang telah dibuat.

j. Menyusun hasil dalam bentuk karya tulis ilmiah berdasarkan pada teori - teori yang relevan serta hasil pendataan modul.

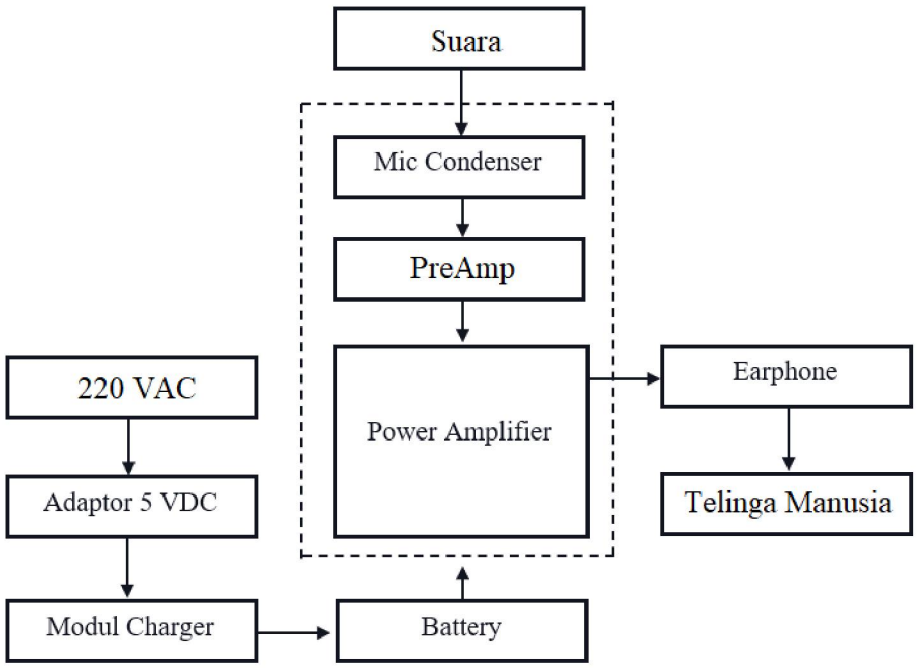
3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat merupakan sebuah rincian dan bandingan dari sebuah alat yang berkaitan dengan kemampuan khusus yang terdapat pada alat tersebut. Berikut adalah spesifikasi dari Alat Bantu Dengar untuk Penderita Gangguan Pendengaran Konduktif:

Nama Alat	:	Alat Bantu Dengar Untuk Penderita Gangguan Pendengaran Konduktif
Catu Daya	:	*Battery* Li-Ion 18650 3,7 VDC
Penghasil Suara	:	*Stereo Earphone*
Dimensi Alat	:	- Tinggi : 42,5 cm - Panjang : 17 cm - Lebar : 8 cm

3.3 Perencanaan Blok Diagram

Untuk dapat menghasilkan rangkaian modul sesuai rencana, maka sebelum memulai pembuatan modul, penulis terlebih dahulu merancang blok diagram Alat.



Gambar 13. Blok Diagram

a. *Battery*

Sebagai sumber tegangan untuk masing-masing blok rangkaian. Alat bantu dengar ini memnggunakan dua jenis *battery* Lithium Ion dengan tegangan keluaran 3,7 – 4.2 V .

b. Adaptor 5 VDC

Sebagai penurun tegangan 220 VAC menjadi 5 VDCuntuk keperluan pengisian tegangan battery

c. Modul Charger

Sebagai rangkaian pengisi tegangan battery.

d. Suara

Merupakan sinyal gelombang suara yang akan ditangkap oleh Sensor mikrofon.

e. *Mic Condenser*

Sebagai pengubah getaran suara menjadi tegangan listrik, tegangan listrik ini akan dikuatkan oleh rangkaian penguat.

f. *PreAmp*

Berfungsi sebagai penguat awal, sinyal hasil penguat awal ini akan dikuatkan Kembali oleh penguat akhir.

g. *Power Amplifier*

Merupakan rangkaian penguat sinyal yang mana sinyal keluaran dari rangkaian iki akan di ubah menjadi suarea oleh earphone.

h. *Earphone*

Merupakan komponen pengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara agar dapat di dengar oleh penyandang tuna rungu.

3.4 Cara Kerja Blok Diagram

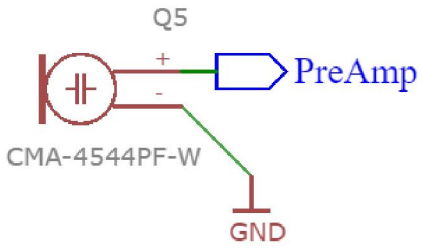
Sinyal getaran suara akan ditangkap oleh sensor *Mic Condenser* dan diubahnya menjadi sinyal listrik, sinyal listrik ini akan dikuat kan oleh penguat awal (*PreAmp*) dan akan dikuat kan Kembali oleh penguat akhir (*Power Amp*). Sinyal keluaran dari *power Amp* akan diubah

menjadi sinyal suara oleh earphone agar dapat di dengar oleh penyandang Gangguan pendengaran.

3.5 Perencanaan Wiring Diagram

3.5.1 Mic Condenser

Mic Condenser merupakan terdapat dua buah plat yang sangat tipis sebagai diafragma, dimana kedua plat tersebutlah yang akan menerima setiap getaran-getaran yang bersumber dari luar atau yang disebabkan adanya perbedaan tekanan udara pada setiap detiknya sehingga menghasilkan getaran. Getaran ini akan diubah menjadi sinyal listrik untuk diolah oleh rangkaian penguat.



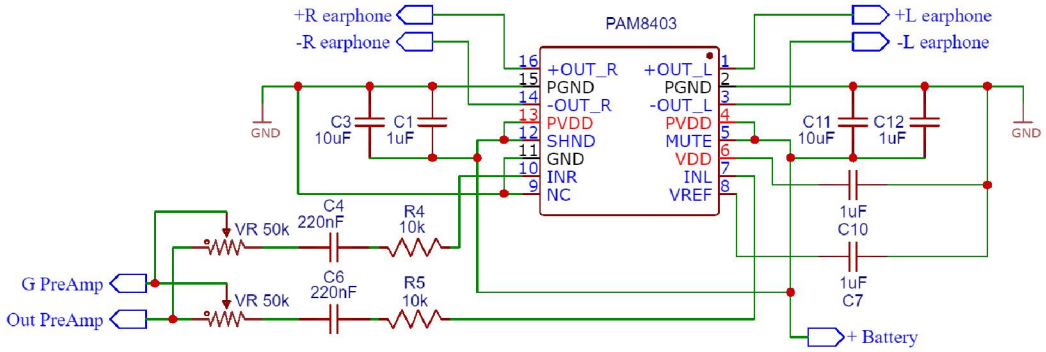
Gambar 14, Mic Condenser

3.5.2 Rangkaian Pre Amplifier

Rangkaian *Pre amp* merupakan penguat awal dimana pada rangkaian ini terdapat IC MAX9814 sebagai penguat sinyal, *filter* frekuensi, dan penstabil sinyal. Keluaran dari rangkaian ini masih perlu dikuatkan Kembali oleh rangkaian penguat akhir agar dapat di ubah menjdai suara.

3.5.3 Rangkaian Power Amplifier

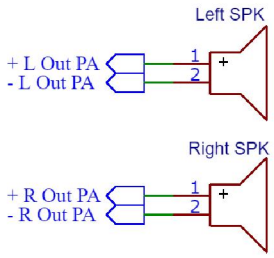
Rangkaian merupakan rangkaian penguat yang berfungsi menguatkan sinyal dari *PreAmp* yang masih lemah agar dapat diubah menjadi keluaran suara. Didalam rangkaian ini terdapat IC PAM8403 sebagai komponen penguat sinyal serta terdapat *Potensiometer* saebgai pengatur tingkat penguatan (*Volume*) untuk penyesuaian besar kecil suara pada earphone.



Gambar 15. Rangkaian Power Amplifier

3.5.4 Earphone

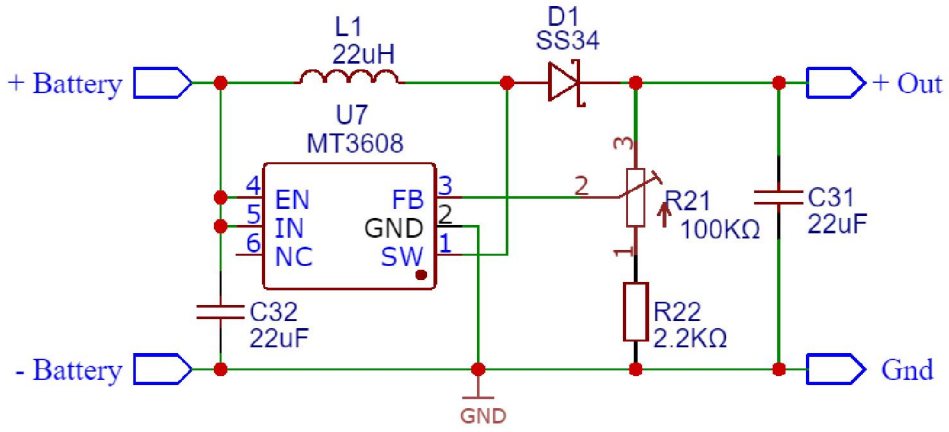
Earphone merupakan komponen yang berfungsi mengubah sinyal listrik keluaran dari power amplifier menjadi suara



Gambar 16. Gambar Earphone

3.5.5 Rangkaian Modul Step Up

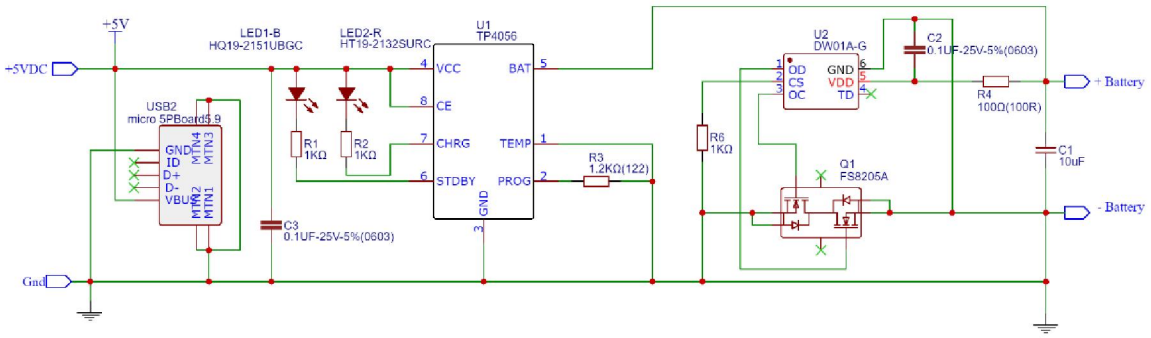
Rangkaian modul *Step Up* berfungsi sebagai rangkaian penguat tegangfan battery yang semula tegangan *battery* 4,2 VDC menjadi 5 VDC dengan Arus 2A. tegangan keluaran dari step up dini digunakan sebagai tegangan supplu untuk masing-masing rangkaian penguat dan *earphone*.



Gambar 17. Rangkaian modul step up

3.5.6 Rangkaian Modul Charger

Rangkaian modul *charger* berfungsi sebagai rangkaian otomatis pengisian *battery*. Saat *battery* pada kondisi lemah maka rangkaian akan *charger* akan mengalirkan tegangan 5 VDC untuk mengisi tegangan *battery*, saat battery berada pada kondisi penuh maka rangkaian *charger* akan memutus tegangan untuk menghentikan proses pengisian *battery* sehingga tidak terdaji *overload* pada *battery*.

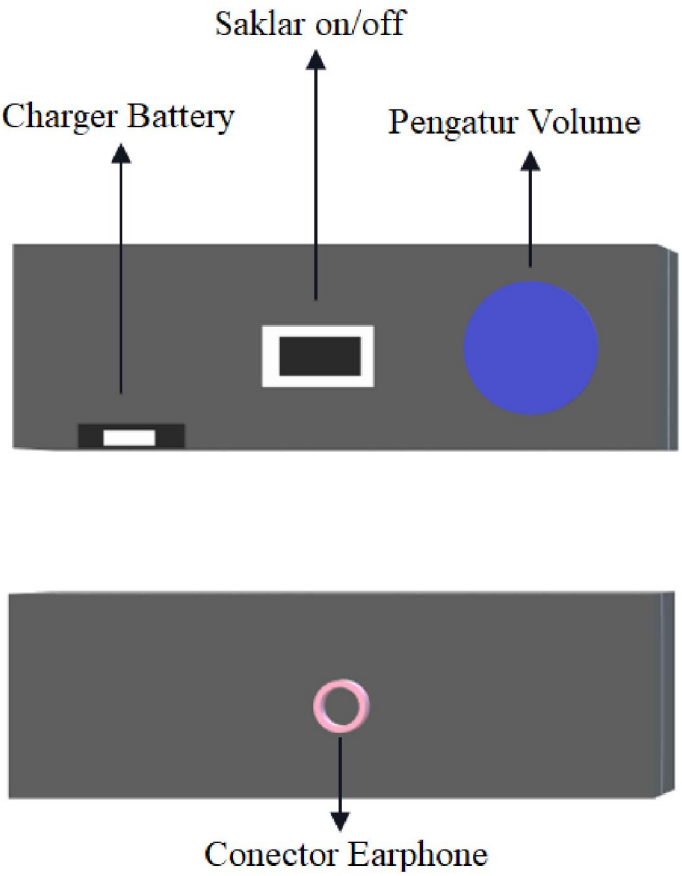


Gambar 18. Rangkaian Modul Charger

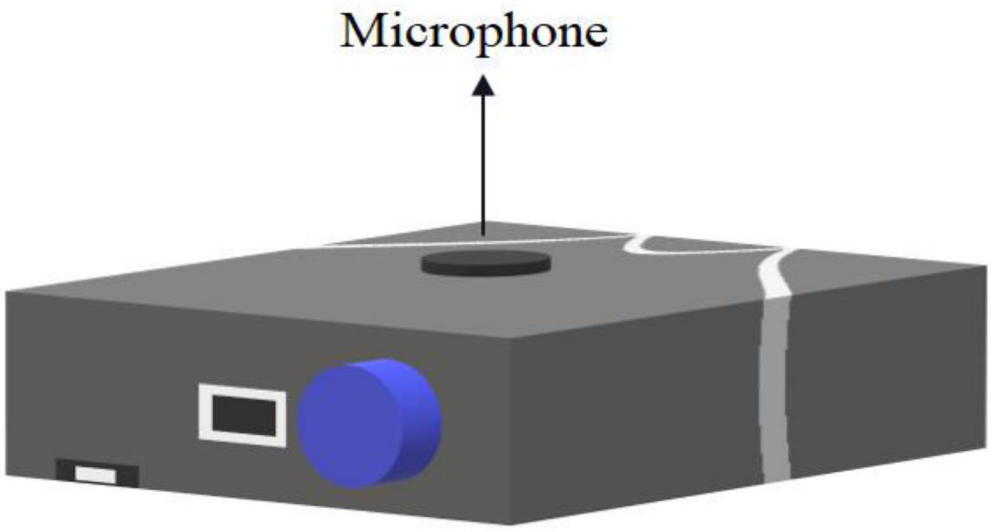
3.6 Perencanaan Desain

Perancangan desain alat akan mempermudah dalam proses pembuatan ataupun perakitan bagian-bagian alat. Berikut ini merupakan perencanaan desain dari alat Alat Bantu Dengar Untuk Penderita gangguan pendengaran konduktif.

Gambar 19. Gambang Earphone



Gambar 20. Desain Alat tampak depan



Gambar 21. Desain Alat tampak samping

3.7 Perencanaan Komponen

Komponen-komponen elektonika yang digunakan dalam alat ini, ditentukan sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen serta tujuan pemanfaatan komponen. Daftar komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan modul tertera pada tabel-tabel berikut :

Tabel 1.Komponen Rangkaian PreAmp

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	*Resistor*	100	1
2	*Resistor*	150	1
3	*Resistor*	2K2	1
4	*Capasitor*	0,1 uF	2
5	*Capasitor*	0,47 uF	1
6	*Capasitor*	2,2 uF	1
7	*Mic Condenser*	CMA 4544	1

Tabel 2.Komponen Rangkaian Power Amplifier

No	Nama Komponen	Tipe/Nilai	Jumlah
1	*Intregated Circuit*	PAM8403	1
2	*Resistor*	10 KΩ	2
3	*Variable Resistor*	50 KΩ	1
4	*Capasitor*	1 µF	4
5	*Capasitor*	10 µF	2
6	*Capasitor*	220 nF	2

Tabel 3.Komponen Rangkaian Charger Battery

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	*Integrated Circuit*	TP 4056	1
2	*Integrated Circuit*	DW 01A-G	2
3	*Port USB*	*Micro USB*	1
4	*Resistor*	1K	3
5	*Resistor*	100	1
5	*Resistor*	1,2K	1
6	*Transistor*	F8205A	1
7	*Capasitor*	0,1 uF	2
8	*LED*	SMD	2

Tabel 4.Komponen Battery

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	*Battery Li-Ion*	18650	1

Tabel 5. Komponen Step Up battery

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	*Integrated Circuit*	MT 3608	1
2	*Lilitan*	22 uH	1
3	*Diode Zenner*	SS 34	1
4	*Variable Resistor*	100 K	1
5	*Resistor*	2.2 K	1
6	*Capasitor*	22 uF	2

Tabel 6. Komponen pengeras suara

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	*Earphone*	Stereo	1

3.6 Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum memulai pembuatan modul, terlebih dahulu dipersiapkan peralatan dan bahan-bahan yang akan digunakan. Adapun alat penunjang yang diperlukan adalah sebagai berikut:

a. *Project Board*

b. *Tool set*

c. Alat Ukur multimeter

d. PCB lubang

e. Solder dan timah.

f. Bor tangan

g. Lem

3.8 Pembuatan Modul

a. Mempersiapkan gambar skematiknya.

b. Menentukan komponen elektronik yang diperlukan sesuai dengan rangkaian.

c. Menentukan bagian-bagian yang akan dipasang pada bagian luar casing, seperti *Potensiometer*, saklar on/off, dan tempat titik pengukuran (TP).

d. Memastikan tiap titik memiliki hubungan tersendiri untuk dilakukan penyolderan komponen.

e. Memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersinggungan.

f. Penggunaan *jumper* diusahakan seminimal mungkin.

3.9 Standar Operasional Alat

Standar operasional pengoperasian dalam menggunakan Alat bantu dengar untuk gangguan pendengaran konduktif :

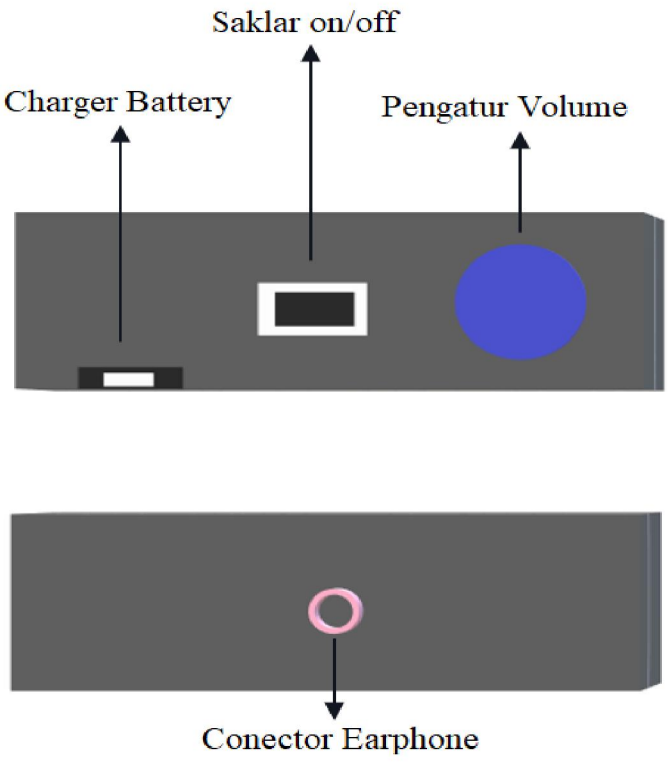
a. Pasang *Earphone* pada telinga.

b. Pasang soket *Earphone* pada *jack* audio pada alat

c. Tekan tombol on/off ke posisi on untuk menghidupkan alat.

d. Putar *Potersiometer* untuk mengatur *volume* suara pada *earphone.*

e. Jika *battery* lemah maka akan ditandai suara yang dihasilkan alat tidak akan keluar. Lakukan pengisian *battery* dengan menyambungkan soket *port usb* pada kesing alat ke *adaptor* 5 VDC.



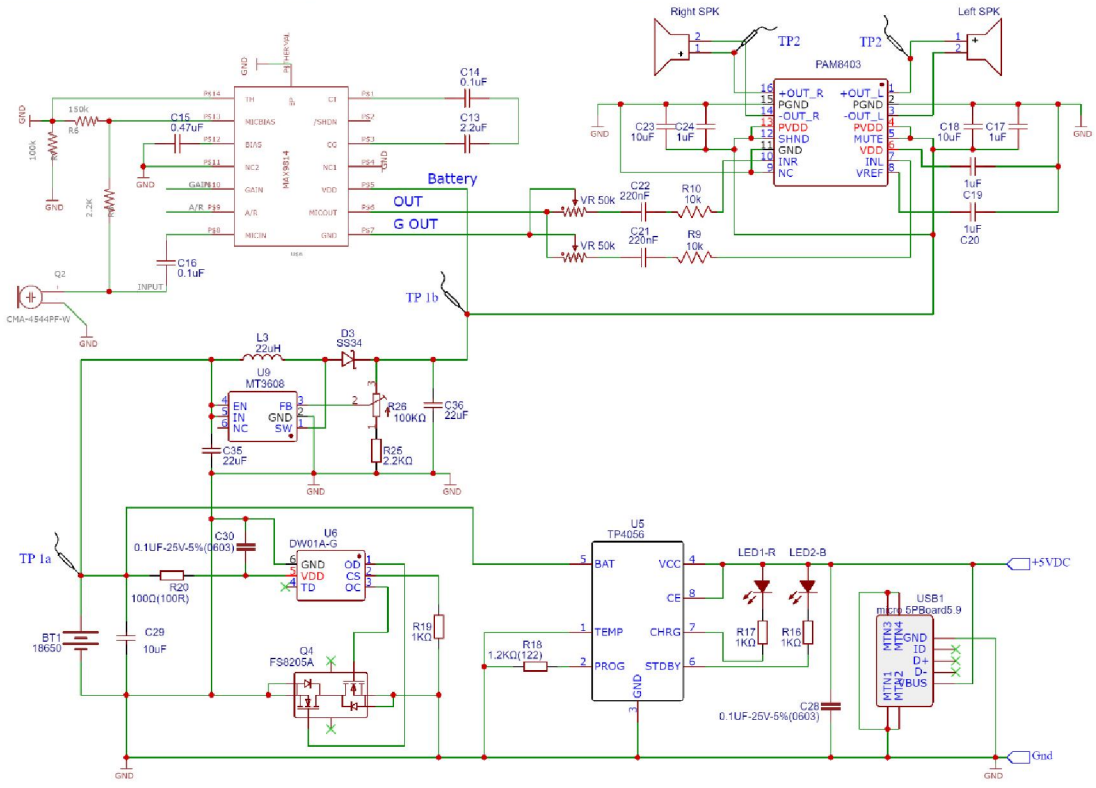
Gambar 22. Gambar alat jadi

3.10 Perencanaa Test Point Pengukuran

Perencanaan *test point* pengukuran bertujuan untuk menentukan posisi *test point* yang tepat untuk melakukan Analisa perbandingan data antara nilai terukur dengan teori.Titik-titik pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Titik Pengukuran 1 (TP1)
   a) Keluaran *Battery* 18650 Volt
   b) Keluaran Rangkaian Step Up
2. Titik Pengukuran 2 (TP2)

   Titik pengukuran 2 merupakan Tegangan keluaran dari *Penguat Amplifier*



Gambar 23. Wiring diagram Test Point pengukuran

BAB IV
PENGUKURAN DAN PENDATAAN

4.1 Pengertian Pengukuran

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara perkiraan nilai menurut teori dan hasil pengukuran langsung pada titik-titik pengukuran.

Setelah dilakukan pengukuran maka akan dilakukan pendataan dari data hasil pengukuran. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel untuk mempermudah analisa data.

4.2 Persiapan Pengukuran

Dalam proses pengukuran ini, alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Multimeter Digital

Merek : Sanwa

Model : CD800a

Buatan : CHINA

b. Osciloscope

Merk : GW-INST

Model : GDS-1052-U

Buatan : Tiongkok

c. Funtion Generator

Merk : GW-INST

Model : GFG-8015G

Buatan : Tiongkok

4.3 Metode Pengukuran

Penulis melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Multimeter Digital* dan *osciloscope* pada setiap titik pengukuran terhadap *ground*. Titik pengukuran tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk memudahkan data, menganalisa data. Titk-titik pengukuran yang penulis dapatkan sebagai berikut yang dilakukan pada tiap titik pengukuran dengan hasil sebagai berikut:

1. Titik Pengukuran 1 (TP1)

   Yaitu pengukuran pada *output* baterai.

2. Titik Pengukuran 2 (TP2)

   Yaitu pengukuran pada *output Step Up*.

3. Titik Pengukuran 3 (TP3)

   Yaitu pengukuran input dan output pada rangkaian *pre amplifier* (mengubah *mic* dengan *Function Generator*) untuk mengetahui panjang gelombang. Input (TP3a), output (TP3b).

4. Titik Pengukuran 4 (TP4)

   Yaitu pengukuran pada *input* L dan R rangkaian *power amplifier* Pengukuran kondisi amplitudo ; minimal (TP4a), tengah (TP4b), dan maksimal (TP4c).

5. Titik Pengukuran 5 (TP5)

   Yaitu pengukuran pada *output* L dan R rangkaian *power amplifier* Pengukuran kondisi amplitudo ; minimal(TP5a), tengah (TP5b), dan maksimal (TP5c).

4.4 Hasil Pengukuran

Penulis melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Multimeter Digital* dan *osciloscope* pada setiap titik pengukuran terhadap *ground*. Titik pengukuran tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk memudahkan data, menganalisa data. Titk-titik pengukuran yang penulis dapatkan sebagai berikut yang dilakukan pada tiap titik pengukuran dengan hasil sebagai berikut:

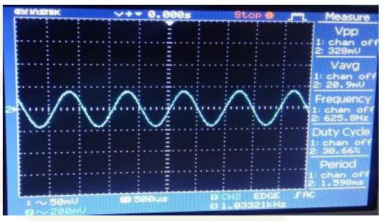
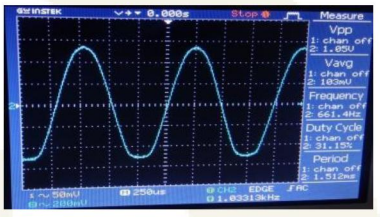
1. Hasil Pengukuran 1 dan 2 (*O*

Table 1 Titik Pengukuran 1 & 2

No	TP	Hasil pengukuran	Gambar
1.	TP 1	4,15 V	
2.	TP 2	5,08 V	

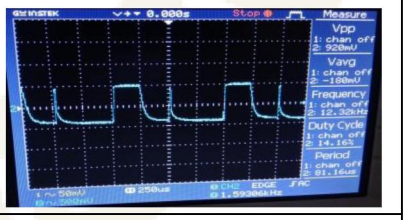
2. Hasil Pengukuran 3

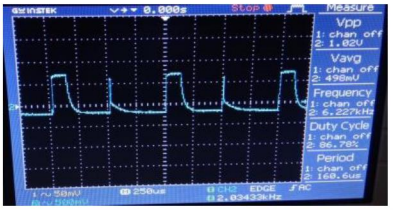
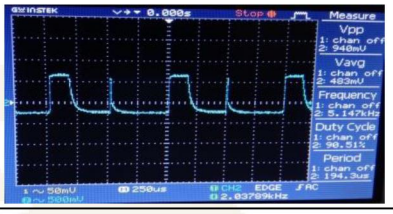
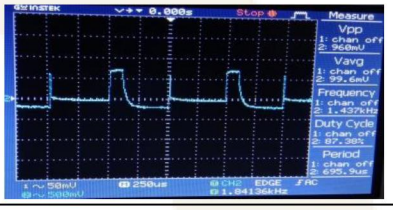
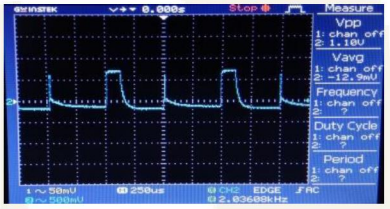
Table 2. Titik Pengukuran 3

No	TP	Kondisi	Hasil pengukuran	Gambar
1.	TP 3a	*Input* In= 102mV T=250 us	102 mVp-p	
	TP 3b	*Output* In= 102 mV T =250us	1 Vp-p	

2 Hasil Pengukuran 4 (*input* L dan R pada rangkaia *power amplifier*)

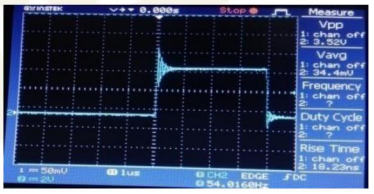
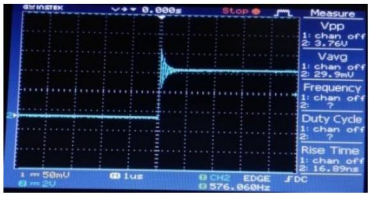
Table 3. Tabel pengukuran 4

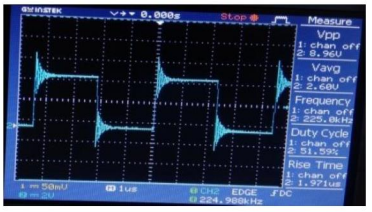
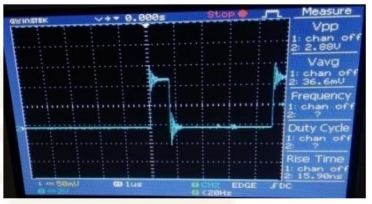
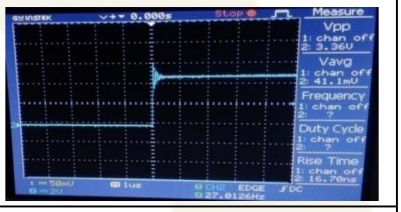
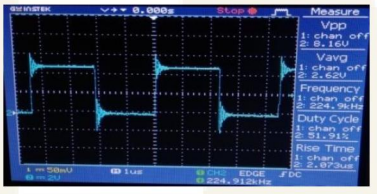
No	TP	Kondisi	Hasil pengukuran	Gambar
1.	4a L	Minimal T= 250us In= 500mV	920 mVp-p	
2.	4b L	Tengah T= 250us In= 500mV	9,60 mVp-p	

3.	4c L	Maksimal T= 250us In= 500mV	1,02 Vp-p	
4.	4a R	Minimal T= 250us In= 500mV	9,40 mVp-p	
5	4b R	Tengah T= 250us In= 500V	960 mVp-p	
6	4c R	Maksimal T= 250us In= 500V	1,10 Vp-p	

3 Hasil Pengukuran 5 (*output* L dan R pada rangkaia *power amplifier*)

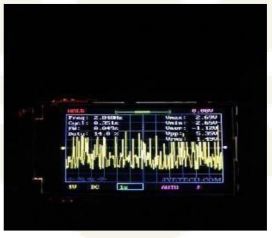
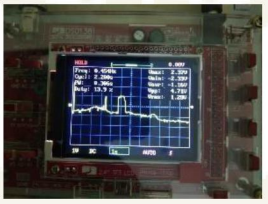
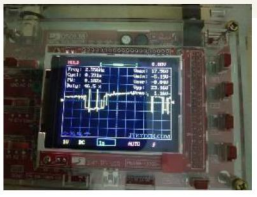
Table 4. Tabel pengukuran 5

No	TP	Kondisi	Hasil pengukuran	Gambar
1.	TP 5a L	Minimal In= 2V T= 1us	3,52 Vp-p	
2.	5b L	Tengah In= 2V T= 1us	3,76 Vp-p	

3.	5c L	Maksimal In= 2V T= 2V	4 Vp-p	
4.	5a R	Minimal In = 2V T= 1us	2,88 Vp-p	
5	5b R	Tengah In = 2V T= 1us	3,36 Vp-p	
6	5c R	Maksimal In= 2V T= 1us	Vpp= 4,1 V	

Hasil Perbandingan

Pada Perjanjian nilai frekuensi disini penulis menggunakan oschiloscope mini DSO 138 yang dapat mengukur frekuensi antara alat bantu pendengaran dari penulis dengan alat bantu pendengaran dari produk produk Bion Hearing Aid B – 136.

No	Alat	Pengukuran	Hasil Freq	Keterangan
1		a.	2.180 Hz	Pengukuran pada nilai volume rendah
		b. 	2.848 Hz (-36 db)	Pengukuran pada nilai volume sedang
2		a. 	0.454 Hz	Pengukuran pada nilai volume rendah
		b. 	2.556 Hz (30 db)	Pengukuran pada nilai volume sedang

Uji Coba Suara Alat

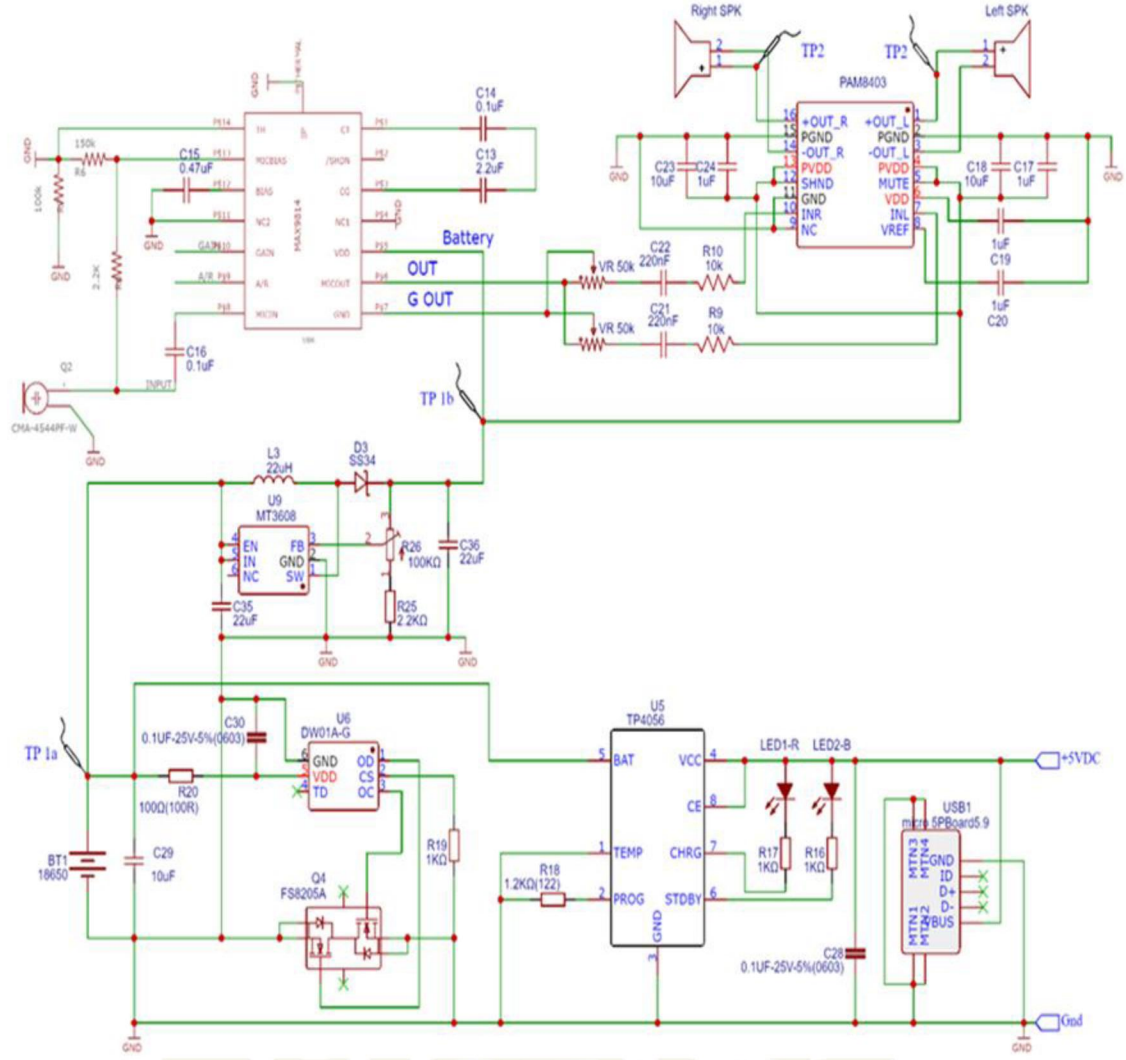
Pengujian alat bantu pendengaran inidilakukan oleh penulis dengan target percobaan seorang laki – laki berusia 38 tahun yang menderita gangguan pendengaran konduktif telinga sebelah kiri saja dan telinga kanan masih normal. Tanda V artinya terdengar dan tanda X tidak terdengar. Baris warna abu – abu menunjukkan baris telinga kanan da warna biru baris telinga kiri.

Pada proses uji coba perbandingan alat bantu pendengaran ini dimana sumber bunyi merupakan ucapan kata – kata vokal atau kata – kata dari mulut penulis dalam hal ini baik level bunyi, tempat, maupun jarak memiliki pengaruh sensitifitas terhadap telinga ataupun saat penerimaan sumber bunyi tertangkap oleh objek terdengar berubah – ubah atau berbeda dengan harapan dalam metode pengujian ini dapat memberikan gambaran apakah subjek dapat mendengar suara yang diucapkan oleh penulis dengan baik atau tidak. Jarak penulis dan subjek melakukan uji coba menggunakan jarak pembicaraan normal yaitu sekitar 1 meter sampai sejauh 12 meter.

Alat Objek dengan angguan Pendengaran konduktif	Metode	Jarak dalam meter											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Pengucapan	v	v	V	v	v	v	V	v	v	v	v	V
	Huruf vokal (A,I,U,E,O)	v	v	V	v	v	v	V	v	x	x	x	X
	Pengucapan	v	v	V	v	v	v	V	v	v	v	v	V
	Kata sederhana (Aku, Kamu, Mereka	v	v	V	v	v	v	V	v	x	x	x	X
	Pengucapan Huruf vokal (A,I,U,E,O)	v	v	V	v	v	v	V	v	v	v	x	X
		v	v	V	v	v	v	X	x	x	x	x	X
	Pengucapan Kata Sederhana (Aku, Kamu, Mereka)	v	v	V	v	v	v	V	v	v	v	x	X
		v	v	V	v	v	v	X	x	x	x	x	x

BAB V
PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA

5.1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat



Gambar 24. Wiring diangram keselurukam alat

5.2 Cara Kerja Alat Keseluruhan

Alat bantu dengar untuk pengguna lanjut usia ini menggunakan mic condenser sebagai sensor penangkap gelombang suara. Dimana didalam mic condenser terdapat 2 plat besi yang akan bergetar jika menangkap suara.

Keluaran sinyal dari mic condenser berupa sinyal listrik yang masih sangat lemah. Sinyal ini akan di proses oleh rangkaian penguat awal (preamp) MAX 9814 untuk difilter frekuensi serta amplitudonya. Didalam rangkaian preamp terjadi penguatan sinyal dari mic condenser sehingga sinyal yang didapat lebih stabil. Sinyal keluara dari preamp dapat diatur besar keluarannya oleh potensiometer. Potensiometer difungsikan sebagai pengatur volume pada masukan power amp. Sinyal yang telah dibatasi oleh potensiometer akan dikuatkan Kembali oleh rangkaian power amp PAM 8403. Didalam rangkaian penguat ini menggunakan ic dengan type PAM 8403 sebagai penguat amplifier class d dengan efisiensi penguatan yang cukup tinggi sehingga sinyal yang dihasilkan dari power amp akan lebih halus dan dengan noise yang rendah. Sinyal hasil penguatan dari power amp akan diubah menjadi sinyal suara oleh earphone. Pada earphone terdapat dua kanal yaitu : kanal Left (kiri) dan kanal Righ (kanan) dimana pada masing-masing kanal terdapat satu buah speaker loudness kecil sebagai pengubah sinyal listrik menjdai sinyal suara. sinyal suara ini dapat diatur tingkat keras dan lemahnya dengan memutar potensiometer sehingga pengguna dapat menyesuaikan volume suara pada keluaran earphone.

Pada alat bantu dengar ini menggunakan satu buah battery berjenis Lithium Ion dengan type 18650 dan dengan tegangan keluaran sebesar 3,7 hingga 4,2 VDC. Saat tegangan battery kosong atau lemah maka earphone tidak akan menghasilkan suara, jadi diharapkan melakukan pengisian daya pada battery dengan menyambungkan alat pada adaptor 5 VDC. Saat proses

pengisian terjadi maka modul charger akan menyalurkan tegangan 5 VDC dari adaptor pada battery sehingga daya battery dapat terisi Kembali. Jika daya battery telah mencapai level maksimal maka modul charger akan memutuskan tegangan dari adaptor sehingga battery tidak akan terjadi overload. Tegangan keluaran battery ini akan dikuatkan oleh rangkaian step up yang semula 4,2 VDC menjadi 5 VDC sebagai supply dari masing-masing rangkaian pada alat.

5.3 Analisa Data Hasil Pengukuran

Analisis data hasil pengukuran ini bertujuan untuk :

1. Membandingkan antara hasil menurut teori dan hasil ukur pada tiap-tiap titik pengukuran.
2. Mengetahui besarnya presentase kesalahan (PK) pada tiap titik pengukuran.
3. Mengetahui kemungkinan penyebab perbedaan antara hasil teori dan hasil ukur.

Presentase kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PK = \left|\frac{(Hasil\ Teori - Hasil\ Ukur)}{Hasil\ Teori}\right| \times 100$$

Analisa data untuk masing-masing titik pengukuran adalah sebagai berikut :

5.3.1 Analisis TP 1

a. Merupakan tegangan keluaran battery Lithium 18650. Battery jenis ini memiliki tegangan kerja sebesar 3,7 V sampai 4,2 V. Secara teori tegangan keluaran *battery* saat terisi penuh adalah 4,2 V dan hasil pengukuran menggunakan multimeter tegangan *battery* adalah 4,15 V. berikut merupakan perbandingan antara teori dan pengukuran.

$$PK = \left|\frac{(Hasil\ Teori - Hasil\ Ukur)}{Hasil\ Teori}\right| \times 100$$

$$= \left|\frac{(9-8{,}72)}{9}\right| \times 100$$

$$= 3{,}1\%$$

Dari perhitungan di atas menandakan *battery* masih dalam kondisi baik dan masih dalam nilai toleransi.

5.3.2 Analisa TP 2

Merupakan tegangan keluaran dari rangkaian step up. Rangkaian step up ini diatur untuk dapat menguatkan tegangan keluaran dari battery yang semula 4,2 V menjadi 5 V. Tegangan keluaran dari rangkaian step up digunakan sebagai tegangan supply untuk semua rangkaian didalam alat. Secara teori tegangan keluaran rangkaian *step up* adalah 5 V dan hasil pengukuran menggunakan multimeter tegangan *battery* adalah 5,08 V. berikut merupakan perbandingan antara teori dan pengukuran.

$$PK = \left|\frac{(Hasil\ Teori - Hasil\ Ukur)}{Hasil\ Teori}\right| \times 100$$

$$= \left|\frac{(5-5{,}08)}{5}\right| \times 100$$

$$= 1{,}6\%$$

5.3.3 Analisa TP 3

Analisa pada TP4 ini yaitu untuk mengetahui penguatan dari rangkaian *pre amplifier*. Berdasarkan hasil pengukuran penguatan dapat diukur sebagai berikut ;

Gain = Vout / Vin

= 1V / 102mV= 0,102V

= 1 / 0,102

Gain = 9,8

Sedangkan berdasarkan hasil rumus pada rangkaian vout dan gain dapat diukur sebagai berikut ;

Vout = $^{Rf}/_{Rin}$ x Vin

= $^{10.000}/_{1000}$ x 0,102

= 1,02

Gain = Vout / Vin

= 1,02 / 0,102

= 10

Maka presentase kesalahan dapat dikur sebagai berikut ;

Hasil Teori = 10 dB

Hasil Ukur = 9,8 dB

$$PK = \left|\frac{V(HT) - V(HU)}{V(HT)}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{10 - 9{,}8}{10}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{0{,}2}{10}\right| X100\%$$

$$PK = |0{,}02| X100\%$$

$$PK = 2\%$$

5.3.4 Analisa TP 4

Merupakan besaran tegangan analog keluaran dari rangkaian *Power Amplifier.* Dengan membandingkan antara tegangan input dengan tegangan output dari rangkaian power amplifier maka dapat dilakukan

perhitungan besar penguatan tegangan yang dihasilkan oleh power amplifier.

Berikut merupakan perhitungan besar penguatan dari power amplifier:

Hasil Teori = 8 V

Hasil Ukur =8,31 V

$$PK = \left|\frac{V(HT) - V(HU)}{V(HT)}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{8 - 7{,}91}{8}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{0{,}09}{8}\right| X100\%$$

$$PK = |0{,}01125| X100\%$$

$$PK = 1{,}125\%$$

5.3.5 Analisa TP 5

Analisa pada TP ini yaitu untuk mengetahui *input* L dan R dari PAM8403 pada power amplifier pada saat kondisi amplitudo minimal, tengah, dan maksimal. Kemudian dibandingkan dengan Hasil output L dan R dari PAM8403 pada power amplifier pada kondisi yang sama. Hasil yang didapatkan yaitu :

Berdasarkan teori yang ada penulis melakukan pengukuran pada tiga kondisi yaitu kondisi pada saat kondisi amplitudo dalam keadaan minimal, tengah, dan maksimal. Adanya sedikit perbedaan dengan hasil ukur yang didapat, kemungkinan disebabkan oleh faktor keakuratan alat

ukur dan komponen yang dipergunakan. Persentase kesalahan dapat dihitung sebagai berikut:

a. Perbandingan TP4a (in min L) dengan TP5a (out min L)

Hasil Input = 920Mv = 0,92 V

Hasil Output = 3,52 V

(dB) = 20 $\log_{10}$ (Vout/Vin)

(Vout/Vin) = (3,52/0,92) = 3,8

Log_{10} 3,8 = 0,57

(dB) = 20 x 0,57

= 11,4 dB

b. Perbandingan TP4b (in tengah L) dengan TP5b (out tengah L)

Hasil Input = 960 mV = 0,96V

Hasil Output = 3,76 V

(dB) = 20 $\log_{10}$ (Vout/Vin)

(Vout/Vin) = (3,76/0,96) = 3,9

Log_{10} 3,9 = 0,59

(dB) = 20 x 0,59

= 11,8 dB

c. Perbandingan TP4c (in max L) dengan TP5c (out max L)

Hasil Input = 1,02 V

Hasil Output = 4 V

(dB) = 20 $\log_{10}$ (Vout/Vin)

(Vout/Vin) = (4/1,02) = 3,92

Log_{10} 3,92 = 0,59

(dB) = 20 x 0,59

= 11,8 dB

d. Perbandingan TP4a (in min R) dengan TP5a (out min R)

Hasil Input = 940 mV = 0,94

Hasil Output = 2,88 V

(dB) = 20 log_{10} (Vout/Vin)

(Vout/Vin) = (2,88/0,94) = 3,0

Log_{10} 3,0 = 0,47

(dB) = 20 x 0,47

= 9,4 dB

e. Perbandingan TP4b (in tengah R) dengan TP5b (out tengah R)

Hasil Input = 960 mV = 0,96 V

Hasil Output = 3,36 V

(dB) = 20 log_{10} (Vout/Vin)

(Vout/Vin) = (3,36/0,96) = 3,5

Log_{10} 3,5 = 0,54

(dB) = 20 x 0,54

= 10,8 dB

f. Perbandingan TP4c (in max R) dengan TP5c (out max R)

Hasil Input = 1,10 V

Hasil Output = 4,16 V

(dB) = 20 log_{10} (Vout/Vin)

(Vout/Vin) = (4,16/1,10) = 3,7

Log_{10} 3,7 = 0,56

(dB) = 20 x 0,56

= 11,2 dB

Berdasarkan teori yang didapatkan dari *datasheet*, penguatan maksimal pada amplifier dapat diketahui dengan rumus berikut :

Diketahui R1 = 21K

R2 = 10K

A_{VD} = 20*log [2*(R1/R2)]

= 20*log [(2*21.000/10.000)]

= 20*log[(2*2,1)]

= 20*log 4,2

= 20*0,62

= 12 dB

Max = 12 dB

Maka presentase kesalahan dapat dikur sebagai berikut ;

a. Persentase kesalahan pada penguatan L kondisi maksimal

Hasil Teori = 12 dB

Hasil Ukur = 11,8 dB

$$PK = \left|\frac{V(HT) - V(HU)}{V(HT)}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{12 - 11,8}{12}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{0,2}{12}\right| X100\%$$

$$PK = |0{,}016|X100\%$$

$$PK = 1{,}6\%$$

b. Persentase kesalahan pada penguatan R kondisi maksimal

Hasil Teori = 12 dB

Hasil Ukur = 11,2 dB

$$PK = \left|\frac{V(HT) - V(HU)}{V(HT)}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{12 - 11{,}2}{12}\right| X100\%$$

$$PK = \left|\frac{0{,}8}{12}\right| X100\%$$

$$PK = |0{,}06|X100\%$$

$$PK = 6\%$$

BAB VI
PENUTUP

Setelah melakukan proses rancangan dan pembuatan alat, melakukan pengukuran dan pendataan, serta melakukan perbandingan antara hasil yang dicapai pada praktek dengan hasil perhitungan teori, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan dan saran, antara lain :

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan seluruh tahap mulai dari pembuatan modul hingga pengukuran dan analisis pada alat bantu dengar untuk penderita gangguan pendengaran konduktif yang telah dibuat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat bantu dengar untuk penderita gangguan pendengaran konduktif dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.
2. Alat bantu dengar untuk penderita gangguan pendengaran konduktif telah di uji dan di analisa dengan tingkat Presentase kesalahan paling besar sebesar 6 %. Sensiitivitas alat sangat baik saat menangkap gelombang suara dan dikuatkan menjadi keluaran suara oleh earphone untuk dapat membantu penderita gangguan pendengaran konduktif untuk dapat mendengar dengan normal.

6.2 Saran

Penulis memiliki saran untuk pengembangan dalam pembuatan alat ini agar dapat dikembangkan dengan membuat alat yang lebih minimalis agar dapat ditempelkan pada daun telinga pengguna sehingga dapat memudahkan pengguna dalam menggunakan alat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Nordin, Fundamentals of Biomechanics Equilibrium, Motion, and Deformation, 2nd Edition, Springer, 1991.

[2] "https://www.docdoc.com/id/info/condition/prostesis/," [Online].

[3] "https://apa-itu.net/anatomi-kaki-manusia.html," [Online].

[4] "https://teachmeanatomy.info/lower-limb/joints/ankle-joint/," [Online].

[5] Konrad.P, The ABC of EMG, April 2005.

[6] N. Nurfadillah, ELECTROMYOGRAPH, Electron.kedokteran, 2014.

[7] N. Kholis, "Generator sinyal Electromyographic dengan menggunakan Metode FFT," *ilmu semesta teknologi,* vol. 6, pp. 146-141, 2006.

[8] "https://www.healthline.com/human-body-maps/tibialis-anterior-muscle," [Online].

[9] "http://www.advancertechnologies.com/p/muscle-sensor-v3.html," [Online].

[10] g. fokupo, "Perancangan EMG pada alat bantu tangan," *Electron Tek,* pp. 1-4, 2004.

[11] M. Z. Jamal, Signal Acuitition using surface EMG and circuit design consideration for robotic prosthetic, 2012.

[12] https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328. [Online].

[13] "“Micron123,” [Online]. Available: http://www.mikron123.com/index.php/vmchk/AVR/DT-AVR-ATMEGA328-CPU-Module/Detailed-product-flyer.html. [Diakses 14 Desember 2019].," [Online].

[14] "A. Kdir, Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Microkontroler dan Programnya menggunakan Arduino, yogyakarta: Andi, 2012.," [Online].

[15] J. E. Istiyanto, Pengantar Elektronika dan Instrumentasi Pendekatan Project Arduino dan Android, Yogyakarta: Andi, 2017.

[16] "http://www.belajarduino.com/2016/08/lcd-oled-display-091-inch-to-arduino.html," 2016. [Online].

[17] B. Tyo, "Pelajari tentang LCD 2X16 Character," Indonesia, 28 04 2015. [Online]. Available: http://kl801.ilearning.me/2015/04/28/pelajari-tentang-lcd-2x16-character-3/.

[18] "https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_battery," [Online].

[19] Academia. [Online]. Available: http://www.academia.edu/5548910/Jurnal .

[20] Elektronika Dasar, "Teori Elektronika," 31 Jully 2019. [Online]. Available: http://elektronika-dasar.web.id/definisi-konstruksi-dan-prinsip-kerja-transformator/. [Accessed 29 December 2019].

[21] "http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html," [Online].

[22] "https://teknikelektronika.com/pengertian-fungsi-potensiometer/," [Online].

[23] "https://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/," [Online].

[24] teknikelektronika. [Online]. Available: https://teknikelektronika.com/pengertian-baterai-jenis-jenis-baterai/.

LAMPIRAN