

BAB II

LANDASAN TEORI

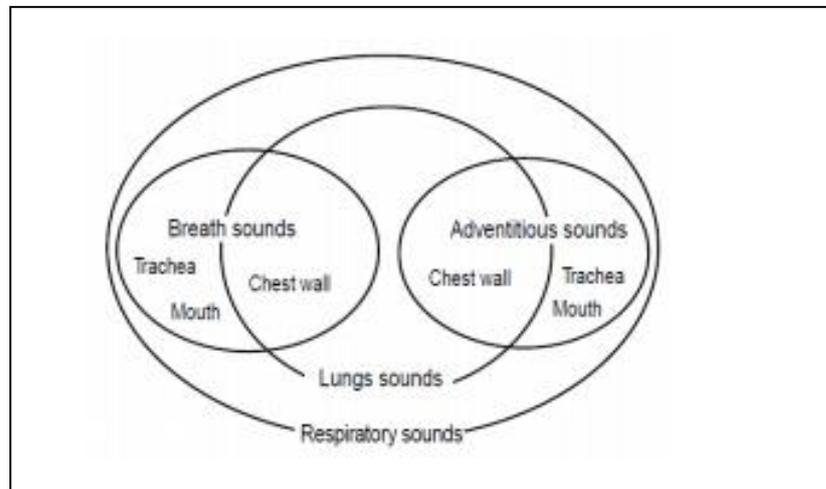
2.1 Defenisi Paru-paru

Suara paru-paru merupakan bagian dari suara pernafasan atau yang biasa disebut *respiratory sound*. Dalam suara pernafasan meliputi suara yang terdapat pada mulut dan trakea, sedangkan suara paru-paru terjadi pada bagian sekitar dada (*chest wall*). Respirasi dapat didefinisikan sebagai kegiatan dalam bernafas. Didalamnya termasuk seluruh proses yang berkontribusi dalam hal menghirup oksigen (*inhaling*) dan mengeluarkan karbon dioksida (*exhaling*) (Baydar et al. 2003).Suara pernafasan didefinisikan sebagai keseluruhan suara yang berhubungan dengan respirasi termasuk suara nafas (*breath sounds*), suara adventif (*abnormal sounds*), suara batuk (*cough sounds*), dengkuran(*snoring sounds*), dan suara bersin (*sneezing sounds*) (Sovijarvi et al.2000).

Adanya suara di dalam paru-paru manusia dikarenakan terjadi turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan terjadi. Turbulensi yang terjadi di dalam paru-paru manusia terjadi karena adanya perbedaan saluran udara pada sistem pernafasan sehingga menyebabkan udara mengalir dari saluran yang lebar ke saluran yang lebih sempit ataupun sebaliknya. Dalam proses pernafasan terdapat dua proses utama yaitu proses inspirasi dan proses ekspirasi. Proses inspirasi yaitu proses yang terjadi saat kita menghirup udara ke dalam paru-paru, dalam proses ini oksigen masuk ke dalam tubuh. Ekspirasi yaitu proses yang terjadi saat kita mengeluarkan udara dari paru-paru, dan dalam proses ini karbondioksida dikerluarkan dari dalam tubuh. Pada saat inspirasi, suara paru-paru yang terdengar akan lebih kuat dari pada saat ekspirasi. Hal ini terjadi dikarenakan turbulensi udara pada saat proses inspirasi berlangsung lebih kuat dibandingkan pada saat proses ekspirasi.

Namun, durasi antara ekspirasi lebih panjang dari inspirasi. Saat inspirasi, udara mengalir dari saluran udara yang lebih luas ke saluran udara yang lebih sempit sehingga turbulensi udara yang terjadi lebih kuat, sedangkan pada saat

ekspirasi terjadi hal yang sebaliknya dari inspirasi. Akibat dari proses ini lah maka pada saat inspirasi suara yang terdengar lebih keras.



Gambar 2.1 Hubungan antara suara pernafasan, suara paru-paru, suara nafas dan suara tambahan (Sovijarvi, A.RA., et al,2999)

Secara umum suara paru-paru dikategorikan berdasarkan intensitas, pitch, lokasi, dan rasio inspirasi dan ekspirasi. Suara Paru-paru terbentuk dari turbulensi aliran udara. Pada inspirasi, udara bergerak ke saluran udara yang lebih sempit dengan alveoli sebagai akhirnya. Saat udara menabrak dinding saluran pernafasan, terbentuk turbulen dan menghasilkan suara. Pada saat ekspirasi, udara mengalir ke arah yang berlawanan menuju saluran pernafasan yang lebih lebar. Turbulen yang terjadi lebih sedikit, sehingga pada ekspirasi normal terbentuk suara yang lebih kecil dibanding inspirasi. Suara pernafasan dapat dibagi-bagi dalam beberapa kategori seperti tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis suara paru-paru

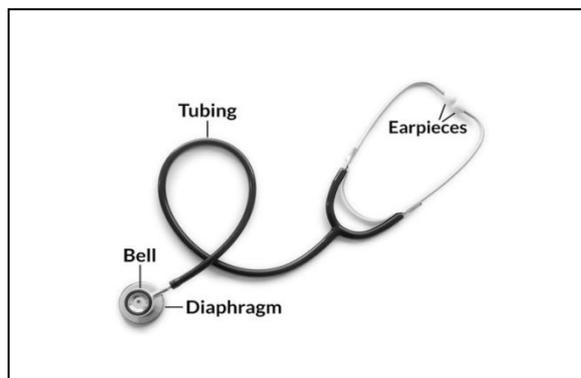
Suara Paru-paru		
Normal	Abnormal	Adventitious
Tracheal	Absent/Decreased	Crackles
Vesicular	Harsh vesicular	Wheeze
Bronchial		Stridor
Bronchovesicular		Rhonci
		Pleural Rub

2.2 Perangkat Keras

Sinyal analog suara paru-paru akan diakuisisi dalam bentuk digital. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi stetoskop, *electrets condenser microphone*, *pre amplifier*, DSP TMS320C6416T dan *soundcard* komputer.

2.2.1 Stetoskop

Stetoskop (bahasa Yunani: *stethos*, dada dan *skopeein*, memeriksa) adalah sebuah alat medis akustik untuk memeriksa suara dalam tubuh. Stetoskop banyak digunakan untuk mendengar suara jantung dan pernapasan, meskipun dapat juga digunakan untuk mendengar intestine dan aliran darah dalam arteri dan vena.



Gambar 2.2 Stetoskop
(dr. Allert Benedicto Ieuan Noya, 2017)

René-Théophile-Marie-Hyacinthe Laennec adalah seorang dokter Perancis, penemu stetoskop. Kakeknya adalah wali kota Quimper antara tahun 1763-1765. Lahir di Quimper, 17 Februari 1781 dan meninggal di Ploaré, 13 Agustus 1826 pada umur 45 tahun. Ia menemukan stetoskop pada tahun 1816 saat bekerja di Rumah sakit Necker dan memelopori penggunaannya dalam mendiagnosis berbagai kondisi dada.

Stetoskop merupakan salah satu simbol yang paling dikenal dari profesi kesehatan, seperti perawat, dokter, maupun bidan. Stetoskop merupakan sebuah alat medis akustik untuk memeriksa suara dalam tubuh. Dia banyak digunakan untuk mendengar suara jantung dan pernapasan, meskipun dia juga digunakan untuk mendengar intestine dan aliran darah dalam arteri dan “vein”.

Ia belajar kedokteran dengan sejumlah dokter terkenal, seperti Guillaume

Dupuytren dan Jean-Nicolas Corvisart di Paris. De l’auscultation médiate (1819) mengusulkan suatu cara baru dalam diagnosis, menggunakan stetoskop untuk mendengarkan suara organ tubuh. Mendirikan anatomi klinik kedokteran, ia membandingkan gejala penyakit dengan lesi yang terdapat pada suatu penyakit. Ia mengklarifikasi dan mendiskusikan sejumlah penyakit, seperti *rales*, *ronki*, *krepitans*, *egofoni*, *peritonitis*, *melanoma*. Istilah *sirosis Laennec* berasal dari namanya.

Beberapa tahun sebelum kematiannya ia mewariskan stetoskop kepada keponakannya. Stetoskop binaural Modern (*modern binaural stethoscope*) dengan

dua ujung yang ditempatkan di telinga diciptakan pada tahun 1851 oleh Arthur leared. George Cammann menyempurnakan desain instrumen untuk produksi komersial pada tahun 1852, yang telah menjadi standar sejak itu.

2.2.1.1 Bagian-bagian stetoskop

1. *Eartips*

Bagian ini merupakan bagian yang diletakkan atau dimasukkan ke dalam telinga. *Eartips* menjadi pintu keluar suara yang didengar dari organ dalam tubuh, termasuk dada. *Eartips* umumnya terbuat dari karet atau bahan silikon yang dirancang dengan bentuk yang pas dipakai di dalam telinga sehingga suara lain yang tidak diinginkan tidak masuk tercampur.

Selain itu, *eartips* dibuat dengan bahan karet bertujuan agar lebih nyaman dipakai di telinga dan tidak menimbulkan rasa sakit. Oleh karena ukurannya yang kecil dan harganya murah, *eartips* adalah salah satu komponen stetoskop yang mudah diganti.

2. *Tubing*

Tubing adalah bagian dari alat yang berfungsi untuk menjaga dan mentransfer frekuensi suara yang ditangkap oleh diafragma stetoskop dan mengirimkannya kembali ke *eartip*. Dengan begitu suara dapat didengar oleh telinga pengguna.

3. *Bell*

Bell biasanya terdapat dalam stetoskop berkepala ganda. Biasanya bagian ini berada di ujung alat dan berbentuk melingkar, menempel pada bagian lain yang lebih pipih (diafragma). *Bell* memiliki bentuk lingkaran yang lebih kecil. Bagian ini berfungsi mendengarkan suara berfrekuensi rendah yang mungkin tidak mudah dideteksi oleh bagian lain alat ini, yaitu diafragma. *Bell* juga membantu untuk mendengarkan suara pada lokasi yang tidak datar, yang biasanya tidak dapat dijangkau secara optimal dengan menggunakan diafragma.

4. Diaphragm

Diafragma atau *diaphragm* stetoskop adalah bagian datar di ujung kepala alat ini. Fungsinya untuk mendengarkan nada tinggi, contohnya suara paru-paru. Beberapa jenis alat ini ada yang memiliki diafragma tetapi tidak punya *bell* untuk mendeteksi suara rendah.

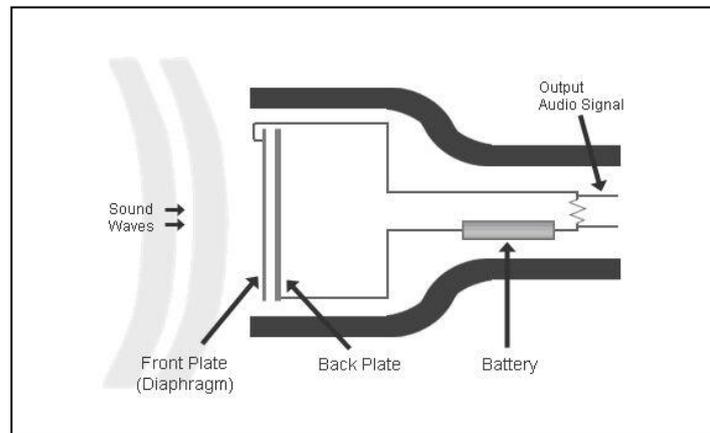
2.2.2 Condenser Microphone (Mikrofon Kondensor)



Gambar 2.3 *Electret Condenser Microphone CAD CM100*
(Goshen Swara Indonesia, 2016)

Condenser mic merupakan komponen elektronik yang bersifat sebagai sensor suara, mic condenser sendiri terdiri dari lempengan kapasitif yang disekat pada kerapatan beberapa micron. Sementara itu prinsip kerja dari mic condenser merupakan proses pengisian dan pembuangan kapasitansi yang diakibatkan oleh lempengan condenser yang bergeser akibat frekwensi suara yang diterimanyam sehingga mengakibatkan frekuensi kapasitansi yang berubah-ubah pula pada saat ada suara yang diterima. Microphone (disingkat mic) merupakan tranduser yang mendeteksi sinyal suara dan menghasilkan sinyal elektrik berupa tegangan atau arus yang proporsional terhadap sinyal suara. Microphone memberikan output sinyal analog yang sebanding dengan perubahan tekanan akustik bergantung pada fleksibilitas diaphragm. Sinyal listrik kemudian digunakan untuk pengiriman, perekaman atau pengukuran pada karakteristik sinyal akustik. Penggunaan yang paling umum adalah pada audio broadcasting, perekaman, dan reproduksi, dimana frekuensinya berada pada range pendengaran manusia yaitu 20Hz-20KHz. Salah

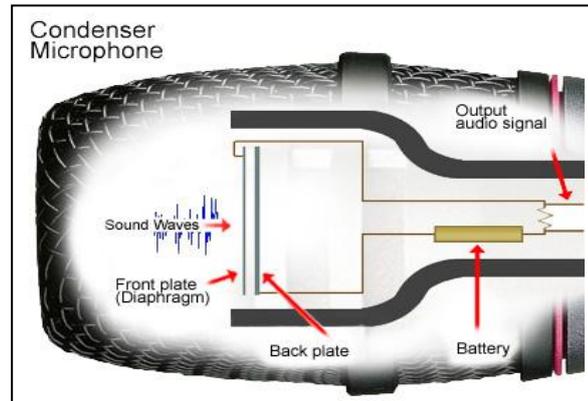
satu tipe microphone yang biasa digunakan untuk kepentingan musikal adalah tipe condenser. Adapun symbol dan diagram mic condenser ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Konstruksi dan bagian Mic condenser (Mediacollege, 2016)

Kondensor berarti kapasitor, yaitu sebuah komponen elektronik yang menyimpan energi dalam bentuk medan elektrostatik. Sebetulnya istilah kondensor sendiri sudah jarang digunakan tapi sudah terlanjur melekat sebagai nama untuk mikrofon jenis ini, yang menggunakan kapasitor untuk mengubah energi akustik menjadi arus listrik.

Mikrofon kondensor membutuhkan daya dari baterai ataupun sumber eksternal lain. Sinyal audio yang dihasilkan lebih kuat dibandingkan mikrofon dinamis. Karena cenderung lebih sensitif dan responsif dibanding mikrofon dinamis, maka mikrofon kondensor lebih cocok untuk menangkap detail-detail kecil pada suara. Sebaliknya mikrofon ini tidak ideal bekerja pada volume tinggi karena tingkat sensitifitasnya rentan terhadap distorsi



Gambar 2.5 Cara kerja *microphone condenser*
(Amos henry ronald, 2011)

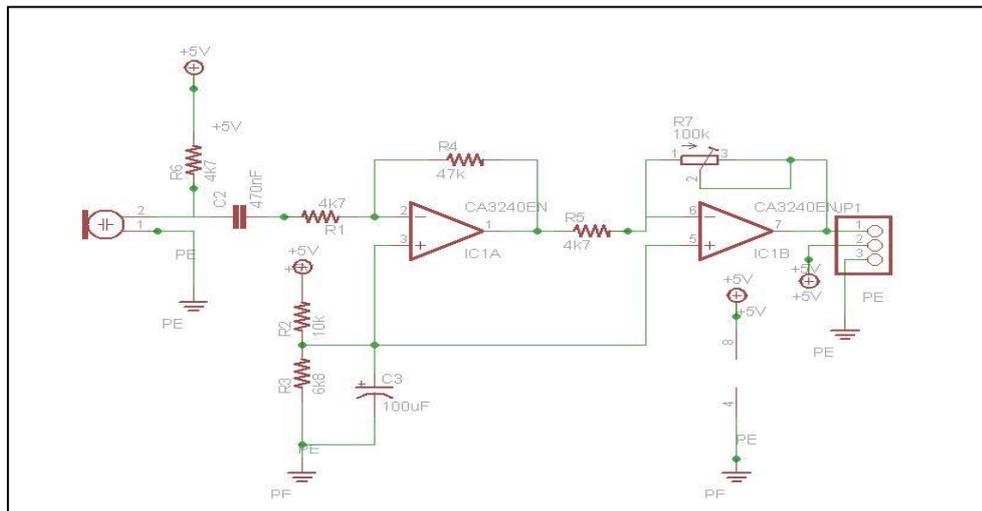
Sebuah kapasitor terdiri dari dua buah plat dengan tegangan listrik diantara keduanya. Pada mic kondensor, salah satu plat terbuat dari material yang sangat ringan dan berfungsi sebagai diafragma. Ketika terkena gelombang suara, plat diafragma ini akan bergetar menyebabkan terjadinya perubahan jarak antar kedua plat sehingga menyebabkan terjadinya perubahan kapasitansi. Lebih jelas, ketika kedua plat saling merapat, kapasitansi akan meningkat dan terjadi penambahan arus. Ketika kedua plat saling menjauh, kapasitansi akan berkurang dan terjadi pelepasan arus.

Ketika kedua lempengan saling berdekatan, nilai kapasitansi naik dan terjadi pengisian arus. Ketika kedua lempengan saling berjauhan, nilai kapasitansi turun dan terjadi pengosongan arus. Agar *condenser microphone* dapat bekerja maka diperlukan tegangan yang melewati kapasitor. Tegangan ini dapat disuplai oleh batere maupun oleh phantom power eksternal.

Phantom power merupakan metode untuk mengirimkan tegangan DC melalui kabel mikrofon. Salah satu desain alternatif untuk mikrofon condenser adalah *electret condenser microphone*, menggunakan kapasitor jenis khusus yang memiliki tegangan permanen yang dibuat *built in*. Sehingga mikrofon ini tidak memerlukan tegangan atau *phantom power* eksternal. Perbedaannya dengan *condenser microphone* hanya terletak pada suplai power, namun secara keseluruhan cara kerja kedua mikrofon ini sama.

2.2.3 Pre Amplifier

Pre amplifier merupakan sebuah alat elektronik yang mengolah atau memproses sinyal elektronik sebelum masuk ke dalam *amplifier*. Rangkaian dari *pre amplifier*. Dapat menjadi satu dengan transducer sebelum amplifier ataupun dalam rangkaian yang terpisah. Jadi *pre amplifier* merupakan bagian yang berfungsi menguatkan daya sinyal yang dikeluarkan oleh *input* sinyal. Atau dengan kata lain, penguat awal berfungsi sebagai penguat sinyal audio yang masih lemah. Adapun sinyal yang dikuatkan oleh penguat awal adalah amplitudo tegangan sinyal, sehingga dihasilkan intensitas tegangan sinyal audio yang akan dikuatkan lagi oleh *power amplifier*.



Gambar 2.6 rangkaian dasar dari pre amplifier untuk *microphone condenser* (Muhamad Munirul Huda, 2018)

Gambar 2.6 merupakan rangkaian dasar dari *pre amplifier* untuk *microphone condenser* sehingga input *pre amplifier* ini yaitu *microphone condenser*. *pre amplifier* perlu menyediakan arus DC untuk memberikan supply arus bias *input amplifier*. Rangkaian ini juga menyediakan *phantom power* yang digunakan untuk mengirimkan tegangan DC 48 Volt agar *microphone condenser* dapat digunakan. C1 dan C2 digunakan untuk memblokir tegangan 48 V yang berasal dari *amplifier input*. Resistor 6,81K Ω merupakan resistor spesifik yang digunakan dalam standar *phantom power* 48V. Input pad digunakan untuk mengatur sinyal attenuator sebelum dihubungkan ke *power amplifier* atau

device lainnya. *Input* ini tidak digunakan untuk mengatur atenuasi *common mode signal*. Besarnya pengertian *amplifier* sering di sebut dengan istilah *Gain*. Nilai dari *gain* yang dinyatakan sebagai fungsi penguat frekuensi audio, *Gain power amplifier* antara 200 kali sampai 100 kali dari *signal output*. Jadi *gain* merupakan hasil bagi dari daya di bagian output dengan daya di bagian input dalam bentuk fungsi frekuensi. Ukuran *gain* biasanya memakai *decible* (dB).

Dalam bagian pengertian *amplifier* pada proses penguatannya audio ini terbagi menjadi dua kelompok bagian penting, yaitu bagian penguat signal tegangan (V) yang kebanyakan menggunakan susunan transistor darlington, dan bagian penguat arus susunannya transistor paralel. Masing masing transistor derdaya besar dan menggunakan sirip pendingin untuk membuang panas ke udara, sehingga pada saat ini banyak yang menggunakan transistor simetris komplementer. *Power amplifier* rakitan berfungsi sebagai penguat akhir dan preamplifier menuju ke drive speaker. Pengertian *amplifier* pada umumnya terbagi menjadi 2, yaitu *power amplifier* dan *integrated amplifier*. *Power Amplifier* adalah penguat akhir yang tidak disertai dengan tone control (volume, bass, treble), sebaliknya *integrated amplifier* adalah penguat akhir yang telah disertai dengan *tone control*.

Jenis-Jenis *Amplifier* telah bervariasi seperti OTL, BTL dan OCL yang sudah sering di gunakan di pasaran. Dan setiap jenis komponen dan pengertian *amplifier* tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berikut kami jelaskan satu persatu :

- **OTL** (*Output Transformer Less* = keluaran tanpa trafo), yaitu rangkaian *amplifier* yang menggunakan elco sebagai ganti transformer, misalkan nilai 2200uf untuk *amplifier* yang memiliki watt besar. Umumnya tegangan rangkaian *amplifier* ini hanya + (positif) dan – (negatif / *ground*).
- **BTL** (*Bridge Transformator Less*) , yaitu rangkaian *Amplifier* OCL yang digabung dengan metode *Bridge* (jembatan). Sehingga *power output*nya menjadi 2 kali lipat dari *power* Rangkaian *Amplifier* OCL.
- **OCL** (*Output Capacitor Less* = keluaran tanpa kapasitor), yaitu rangkaian *amplifier* yang memiliki skema rangkaian dari transistor/IC penguat final

langsung ke speaker output (tanpa pelantara apapun). Umumnya tegangan amplifier ini simetris yaitu + (positif), 0 (nol), – (negatif).



Gambar 2.7 *Pre amplifier*
(Sandi SB, 2014)

Secara umum fungsi dari *pre amplifier* adalah untuk menguatkan sinyal dari *low level* ke *line level*. *Line level* merupakan kekuatan tertentu dari sinyal audio yang digunakan untuk mengirimkan suara analog antara komponen audio seperti CD dan DVD *player*, TV, amplifier audio, dan konsol *mixing*. Jadi sinyal yang keluar dari transduser masuk ke dalam rangkaian *pre amplifier* dalam rangkaian tersebut memproses sinyal elektronik yang masuk, di olah ke level-level tertentu yang kemudian diteruskan ke dalam amplifier atau peralatan elektronik lainnya. Dalam penelitian ini sinyal keluaran dari *pre amplifier* akan dihubungkan ke *line in* DSK untuk dilakukan *filtering low pass* sebelum direkam dalam personal computer (*sound card*).

Bagian-bagian Audio Amplifier :

1. Input Sinyal

Input sinyal dapat berasal dari beberapa sumber, antara lain dari *CD/DVD Player*, Tape, Radio AM/FM, *Microphone*, *MP3 Player*, Ipod, dll. Masing-masing sumber sinyal tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Bagian Input sinyal harus mampu mengadaptasi sinyal sinyal tersebut sehingga sama pada saat dimasukkan ke penguat awal/ penguat depan (*pre-amp*).

2. Penguat Awal/Penguat Depan (*Pre-amp*)

Penguat depan berfungsi sebagai penyangga dan penyesuai level dari masing-masing sinyal input sebelum dimasukkan ke pengatur nada. Hal ini bertujuan agar saat proses pengaturan nada tidak terjadi kesalahan karena pembebanan (*loading*). Penguat depan harus mempunyai karakteristik penyangga (*buffer*) dan berdesah rendah.

3. Pengatur Nada (*Tone Control*)

Pengatur nada bertujuan menyamakan (*equalize*) suara yang dihasilkan pada speaker agar sesuai dengan aslinya (*Hi-Fi*). Pengatur nada minimal mempunyai pengaturan untuk nada rendah dan nada tinggi. Selain itu ada juga jenis pengatur nada yang mempunyai banyak kanal pengaturan pada frekuensi tertentu yang biasa disebut dengan Rangkaian *Equalizer*. Prinsip dasar pengaturan nada diperoleh dengan mengatur nilai R/C resonator pada rangkaian filter.

4. Penguat Akhir (*Power Amplifier*)

Penguat Akhir adalah rangkaian penguat daya yang bertujuan memperkuat sinyal dari pengatur nada agar bisa menggetarkan membran speaker. Penguat akhir biasanya menggunakan konfigurasi penguat kelas B atau kelas AB. Syarat utama sebuah penguat akhir adalah impedansi *output* yang rendah antara 4-16 ohm) dan efisiensi yang tinggi.

Karena kerja dari penguat akhir sangat berat maka biasanya akan timbul panas dan dibutuhkan sebuah plat pendingin untuk mencegah kerusakan komponen transistor penguat akhir karena terlalu panas.

5. Speaker

Speaker berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Semakin besar daya sebuah speaker biasanya semakin besar pula bentuk fisiknya. Secara umum speaker terbagi menjadi tiga, yaitu Woofer (*bass*), Squaker (*middle*), dan tweeter (*high*). Impedansi speaker antara 4 ohm, 8 ohm dan 16 ohm.

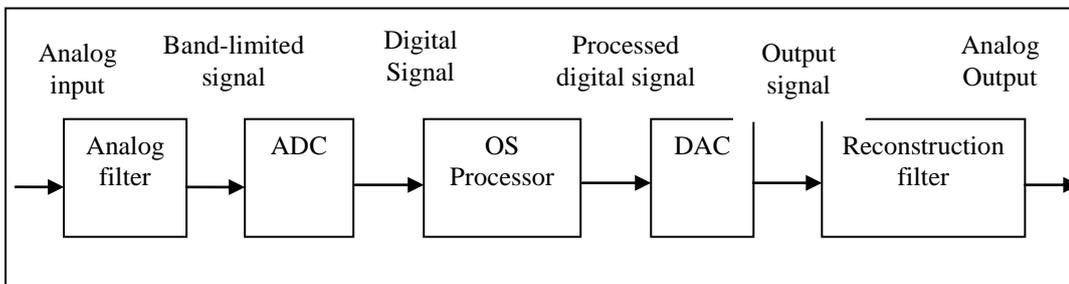
Saat ini ada juga speaker yang disebut dengan subwoofer, yaitu speaker yang mampu mereproduksi sinyal audio dengan frekuensi yang sangat rendah dibawah woofer.

6. Power Supply

Power Supply merupakan rangkaian pencatu daya untuk semua rangkaian. Secara umum *power supply* mengeluarkan dua jenis *output*, yaitu *output* teregulasi dan tidak teregulasi. *Output* teregulasi dipakai untuk rangkaian pengatur nada dan penguat awal, sementara rangkaian *power supply* tidak teregulasi dipakai untuk rangkaian *power amplifier*.

2.2.4 DSP TMS320C6416T

DSP merupakan singkatan dari *Digital Signal Processing* yang dapat diartikan sebagai device pemrosesan sinyal digital. DSP merupakan suatu rangkaian terintegrasi sejenis *microprocessor* yang dirancang khusus untuk melakukan pemrosesan data diskrit dengan kecepatan tinggi seperti *filtering*.



Gambar 2.8 Skema *digital signal processing* (ridhobustami, 2016)

Seperti blok diagram diatas, sinyal input analog yang berkesinambungan dalam waktu dan amplitudo yang pada umumnya sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh sinyal analog seperti tegangan, arus, tekanan, intensitas cahaya dan lain-lain. Sebuah transducer digunakan untuk mengubah suatu sinyal non listrik ke sinyal listrik analog (tegangan).sinyal analog tersebut akan diumpankan ke filter analog untuk membatasi rentang frekuensi sebelum melakukan pengambilan proses sampel. Tujuan proses *filtering* atau penyaringan

yaitu untuk secara signifikan melemahkan distorsi aliasing. Sinyal *band* terbatas pada *output* filter analog kemudian akan disampel dan diubah melalui unit ADC ke dalam sinyal digital, baik dalam diskrit waktu dan amplitudo.

Prosesor DS kemudian menerima sinyal digital dan memproses data digital menurut aturan DSP seperti *filtering digital low pass, high pass* dan *band pass*, atau algoritma lain untuk aplikasi yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa unit prosesor DS merupakan jenis khusus dari komputer digital dan dapat digunakan untuk tujuan umum digital komputer, mikroprosesor, atau mikrokontroler. lebih jauh lagi, DSP dapat diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak secara umum. Dengan menggunakan DSP dan perangkat lunak yang sesuai, diproses sinyal output digital yang dihasilkan. Sinyal ini akan berperilaku sesuai dengan algoritma khusus yang digunakan. Pada unit DAC berfungsi untuk mengubah sinyal digital olahan ke sinyal keluaran analog. Seperti terlihat, sinyal kontinu dalam waktu dan dalam diskrit amplitudo (biasanya sinyal *sample and Hold*). Blok terakhir dalam Gambar 2.8 ditetapkan sebagai fungsi untuk memperlancar tingkat *output* DAC tegangan kembali ke sinyal analog melalui rekonstruksi filter untuk aplikasi dunia nyata. Secara umum, proses sinyal analog tidak memerlukan perangkat lunak, algoritma, ADC, dan DAC. Pengolahan ini bergantung sepenuhnya pada listrik dan elektronik perangkat seperti resistor, kapasitor, transistor, penguat operasional, dan sirkuit terpadu (*IC*). Sistem DSP di sisi lain, menggunakan perangkat lunak, pengolahan digital, dan algoritma sehingga mereka memiliki banyak fleksibilitas, gangguan kebisingan kurang, dan tidak ada sinyal distorsi dalam berbagai aplikasi. Namun, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 sistem DSP masih memerlukan pengolahan analog minimum seperti anti-aliasing dan rekonstruksi filter, yang merupakan suatu keharusan untuk mengubah informasi analog ke dalam bentuk digital dan kembali dari bentuk digital ke informasi analog.

Program untuk DSK hanya akan berjalan untuk DSK, biasanya program ini berisi program kontrol DSP dan program aplikasi pemrosesan sinyal digital seperti filter, FFT konvolusi dan lain-lain. Program untuk *PC Host* bersifat

optional tidak harus dibuat, sebab program DSP dapat berjalan sendiri tanpa bantuan program PC, program PC hanya berfungsi sebagai program pembantu terhadap program DSP.

Pada perancangan sistem instrumentasi dalam penelitian suara paru-paru ini penulis menggunakan DSP sebagai filter *low pass*. Filter yang digunakan yaitu filter *low pass* dengan frekuensi *cut off* sebesar 2000 Hz. Pemilihan frekuensi *cut off* 2000 Hz ini atas dasar penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa suara paru-paru terletak pada frekuensi dibawah 2000 Hz.

Ciri khas dari DSP meliputi:

- dipakai untuk pemrosesan *real-time*
- mempunyai ADC (*Analog to Digital Converter*) pada bagian *input* dan DAC pada bagian *output*
- mempunyai kinerja (*performance*) yang optimal untuk streaming-data
- menggunakan arsitektur *Harvard* (memori program dan data terpisah)
- memiliki instruksi khusus untuk pemrosesan SIMD (*Single Instruction, Multiple Data*)
- tidak memerlukan *hardware* khusus untuk operasi multitasking
- mempunyai kemampuan DMA (*Direct Memory Access*) jika dipakai sebagai *host system*.

Semua operasi DSP sebetulnya bisa dilakukan pada mikroprosesor umum (general-purpose microprocessor). Akan tetapi, DSP memiliki sistem arsitektur yang telah di-optimasikan untuk lebih dapat mempercepat pemrosesan signal (isyarat). Optimasi ini juga penting sekali artinya dalam kaitannya untuk menekan biaya, penghantaran panas (*heat emission*), dan penggunaan daya (*power consumption*).

2.3 Audacity

Audacity adalah program yang memanipulasi bentuk gelombang audio digital. Selain rekaman suara langsung dari dalam program, banyak format file suara lain, termasuk WAV, AIFF, MP3, dan Ogg Vorbis. Format PCM dari 8,16,24 dan 32-bit dapat diimpor dan diekspor.

1. Potong, Salin, Tempel, Hapus, Diam, Duplikat, Split.
2. berlaku plug-in efek untuk bagian suara.
3. built-in editor amplop volume.
4. spektrogram disesuaikan trek modus tampilan.
5. analisis frekuensi window untuk aplikasi audio analisis.
6. Tingkat pemutaran kustom untuk melacak setiap, yang hidup-resampled dengan tingkat sampel proyek.
7. Mudah untuk operasi menyelaraskan kompleks untuk trek dan kelompok trek.

Meskipun Audacity adalah audio editor yang sangat kuat yang bekerja dengan trek yang tidak terbatas, namun audacity memiliki kekurangan, yaitu:

1. Audacity tidak dapat merekam lebih dari dua saluran.
2. Audacity dapat membuka file MIDI, tetapi bukan untuk edit MIDI.