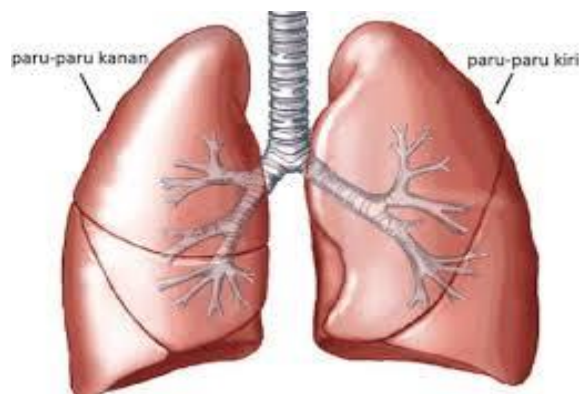

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Paru-paru

Paru-paru dalam istilah anatomi dikenal sebagai *pulmo*, *pulmo* adalah organ khusus yang bertanggung jawab dalam proses respirasi (sistem pernapasan pada manusia) serta terdiri atas dua bagian *pulmo dextra* (paru-paru kanan) dan *pulmo sinistra* (paru-paru kiri). Selain itu, paru-paru juga berhubungan dengan sistem peredaran darah (sirkulasi) serta sistem ekskresi (pengeluaran zat sisa). Fungsi organ paru-paru manusia yang utama sebagai alat respirasi yaitu untuk tempat bertukarnya gas oksigen dengan karbon dioksida. Manusia bernafas dengan menghirup udara yakni oksigen dan dibuang dari nafas tersebut bernama karbon dioksida. Adapun fungsi lainnya yaitu sebagai pengendali PH darah, sebagai siliaris escalator, sebagai reservoir, sebagai lapisan pelindung dan sebagai pencegah polutan masuk [6].



Gambar 2.1 Paru-paru

Adapun macam-macam penyakit paru-paru yang perlu anda ketahui. Berikut ini adalah macam-macam penyakit yang dapat menyerang paru-paru :



2.1.1 *Pneumonia* (Radang Paru-paru)

Pneumonia adalah infeksi yang menyebabkan kantung-kantung udara di dalam paru menjadi meradang dan membengkak. *Pneumonia* sering kali disebut dengan paru-paru basah, sebab pada kondisi ini, paru-paru bisa dipenuhi oleh cairan atau nanah. Penyebab *pneumonia* adalah infeksi bakteri, virus, atau jamur. Penularan infeksi ini terjadi melalui udara yang terkontaminasi kuman dari penderita yang bersin atau batuk.

2.1.2 *Tuberkulosis* (TBC)

Tuberkulosis adalah penyakit paru-paru yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini tidak hanya menyerang paru-paru, tapi juga bisa menyebar ke bagian tubuh lain, seperti tulang, kelenjar getah bening, sistem saraf pusat, dan ginjal. Bakteri TBC menyebar di udara melalui percikan dahak atau cairan dari saluran pernapasan penderitanya, misalnya saat batuk atau bersin.

2.1.3 Bronkitis

Bronkitis adalah peradangan yang terjadi pada percabangan saluran udara yang menuju ke paru-paru atau bronkus. Salah satu penyebab yang paling sering adalah infeksi virus. Virus penyebab bronkitis biasanya ditularkan dari penderita melalui percikan dahak yang dikeluarkannya. Jika percikan dahak terhirup atau tertelan oleh orang lain, maka virus akan menginfeksi saluran bronkus orang tersebut.

2.1.4 Penyakit Paru Obstruktif Kronis

Penyakit paru-paru obstruktif kronis (PPOK) adalah peradangan paru kronis yang menyebabkan terjadinya gangguan aliran udara baik menuju dan dari paru-paru. Ada dua jenis gangguan yang terjadi pada PPOK, yaitu bronkitis kronis dan emfisema. Pada bronkitis kronis, peradangan terjadi pada dinding bronkus (saluran yang membawa udara dari dan menuju ke paru-paru). Sedangkan pada emfisema, peradangan atau kerusakan terjadi pada aveoli (kantung kecil pada paru-paru).



Faktor utama yang meningkatkan risiko terjadinya PPOK adalah paparan asap rokok dalam jangka panjang, baik secara aktif maupun pasif. Sedangkan faktor risiko lainnya adalah paparan debu, asap bahan bakar, dan uap bahan kimia.

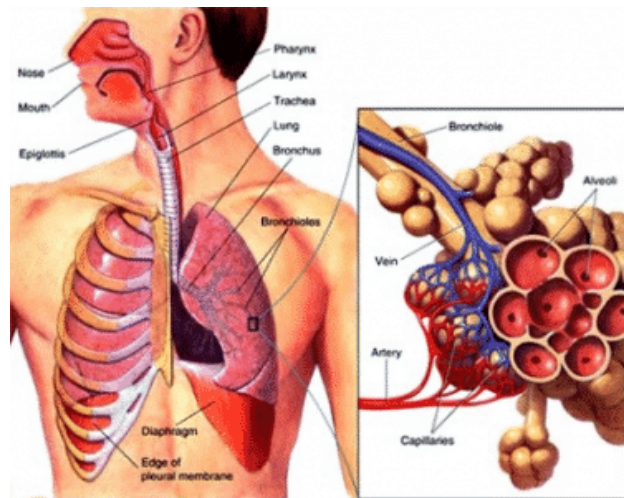
2.1.5 Asma

Asma adalah penyakit kronis yang ditandai dengan peradangan dan penyempitan saluran pernapasan, sehingga menyebabkan sesak napas. Penderita asma umumnya memiliki saluran pernapasan yang lebih sensitif. Saat penderita asma terpapar alergen atau pemicu, saluran pernapasannya akan meradang, membengkak, dan menyempit. Hal ini akan membuat aliran udara menjadi terhambat. Selain itu, akan terjadi peningkatan produksi dahak yang membuat penderitanya semakin sulit bernapas.

Ada beberapa hal yang bisa memicu munculnya serangan asma, seperti paparan debu, asap rokok, bulu binatang, udara dingin, virus, dan zat kimia.

2.2 Definisi Suara Paru-paru

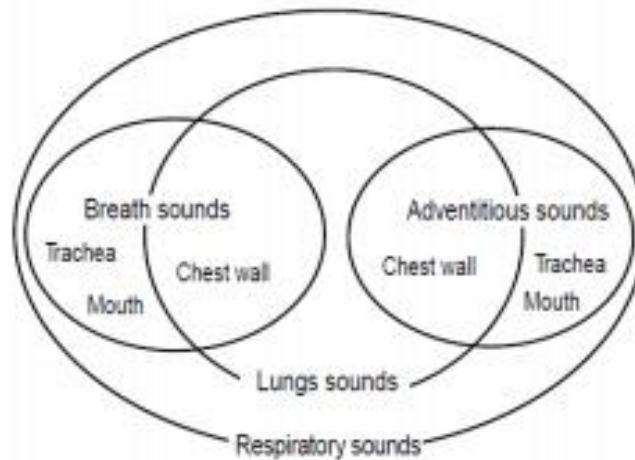
Suara paru-paru merupakan bagian dari suara pernafasan (*respiratory sound*). Suara pernafasan meliputi suara yang terdapat pada mulut dan trakea, sedangkan suara paru-paru terjadi pada bagian sekitar dada (*chest wall*). Di dalam paru-paru manusia terdapat suara yang terjadi karena adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan. Adanya perbedaan lebar saluran udara pada system pernafasan menyebabkan udara mengalir dari saluran udara yang lebar ke saluran yang lebih sempit atau sebaliknya sehingga mengakibatkan terjadinya turbulensi.



Gambar 2.2 Sistem pernafasan pada manusia

Pada proses pernafasan dibagi dua bagian yaitu proses inspirasi dan proses ekspirasi. Proses inspirasi yaitu proses pada saat kita menghirup udara ke dalam paru-paru dan proses ekspirasi yaitu proses pada saat kita mengeluarkan udara dari paru-paru. Pada proses inspirasi suara paru-paru yang terdengar akan lebih kuat dari pada proses ekspirasi. Hal ini diakibatkan karena turbulensi udara saat proses inspirasi lebih kuat dibandingkan dengan proses ekspirasi. Tetapi durasi waktu untuk ekspirasi lebih panjang dari proses inspirasi. Pada saat inspirasi, udara mengalir dari saluran udara yang lebih luas ke saluran udara yang lebih sempit sehingga turbulensi yang terjadi lebih kuat sedangkan pada saat ekspirasi terjadi sebaliknya. Ini menyebabkan pada saat inspirasi suara yang terdengar lebih keras.

Respirasi dapat didefinisikan sebagai kegiatan dalam bernafas. Di dalamnya termasuk seluruh proses yang berkontribusi dalam hal menghirup oksigen (*inhaling*) dan mengeluarkan karbon dioksida (*exhaling*). 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*).



Gambar 2.3 Hubungan antara suara pernafasan, suara paru-paru, suara nafas dan suara tambahan

Secara umum suara paru-paru dibagi ke dalam tiga kategori, yaitu suara paru-paru normal, suara paru-paru abnormal, dan suara tambahan (*adventitious sound*). Suara paru-paru yang dibagi dalam beberapa kategori didasarkan pada *pitch*, intensitas, lokasi, dan rasio antara inspirasi dan ekspirasi.

Dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini, tabel tersebut merupakan jenis-jenis suara paru-paru.

Tabel 2.1 Jenis suara paru-paru

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



Pada Tabel 2.2 merupakan range frekuensi dari suara paru-paru. Frekuensi suara paru-paru adventitious mempunyai range frekuensi 100-2000Hz dan suara paru-paru abnormal mempunyai range frekuensi 600-1000Hz.

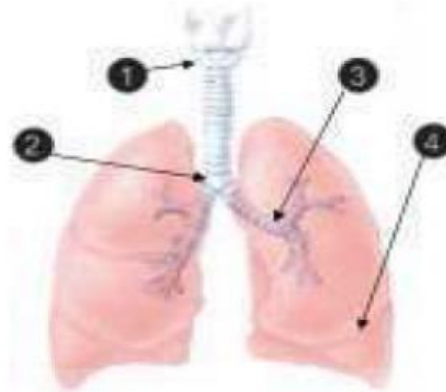
Tabel 2.2 Frekuensi Suara Paru-paru

Frequency	0	500	1000	1500	2000
Normal Sound		300 - 800 Hz			
Abnormal Sound		600 - 1000 Hz			
Crackle		100 - 2000 Hz			
Wheeze		80 - 1600 Hz			
Heart Sound	50-200 Hz				
Speak Sound		> 300 Hz			

2.2.1 Suara Paru-Paru Normal

Pada suara paru-paru normal dibagi lagi menjadi 4 bagian, pembagian yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. *Tracheal Sound*, yaitu suara yang terdengar pada bagian tracheal, yaitu pada bagian larik dan pangkal leher.
2. *Bronchial Sound*, yaitu suara yang terdengar pada bagian bronchial, yaitu suara pada bagian percabangan antara paru-paru kanan dan paru-paru kiri.
3. *Bronchovesicular Sound*, suara ini didengar pada bagian ronchus, yaitu tepat pada bagian dada sebelah kanan atau kiri.
4. *Vesicular Sound*, suara yang dapat didengar pada bagian vesicular, yaitu bagian dada samping dan dada dekat perut.



Gambar 2.4 Suara Paru-paru Berdasarkan Lokasi Auskultasi

Adapun kategori dari suara paru-paru normal dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Kategori Suara Paru-paru Normal

Kategori	Intensitas	Lokasi	Pitch
Vesicular	Lembut (<i>soft</i>)	Pada sisi dada dan perbatasan perut dan dada	Rendah (<i>low</i>)
Bronchovesicular	Cukup kedengaran (<i>intermediate</i>)	Antara dada kiri dan kanan	Sedang (<i>intermediate</i>)
Bronchial	Keras (<i>loud</i>)	Pada keseluruhan bagian tengah dada	Relatif tinggi (<i>high</i>)
Tracheal	Sangat keras (<i>very loud</i>)	Pada daerah trakea	Tinggi (<i>high</i>)

2.2.2 Suara Paru-Paru Abnormal

Pada saat dilakukan auskultasi, tidak jarang dapat didengar suara paru-paru yang normal (normal sound) namun terdengar di tempat yang tidak seharusnya pada bagian interior dan posterior. Hal ini menyebabkan suara paru-paru yang didengar digolongkan pada suara abnormal. Beberapa bagian dari suara abnormal seperti berikut :



1. *Absent*, yaitu tidak terdengar suara paru-paru pada bagian dada atau suara menghilang. Hal ini disebabkan penyakit berupa daging yang tumbuh hingga paru-paru mengecil.
2. *Harsh Vesicular*, yaitu *vesicular* normal merupakan suara paru-paru dengan intensitas soft dan pitch rendah atau *low*. Apabila suara terdengar lebih kuat dari biasanya bisa berarti abnormal sound dan dapat digolongkan sebagai *harsh vesicular*.
3. *Bronchial*, yaitu ciri utamanya adanya suara bergema, ada celah antara fase inspirasi dan ekspirasi.

2.2.3 Suara Paru-paru Tambahan (*Adventitious Sound*)

Kategori terakhir dari suara paru-paru yaitu suara tambahan (*adventitious sound*). Suara paru-paru tambahan ini muncul karena adanya kelainan pada paru-paru yang disebabkan oleh penyakit, yaitu :

2.2.3.1 *Crackles*

Crackles adalah jenis suara yang bersifat discontinuous (terputus-putus), pendek, dan kasar. Suara ini umumnya terdengar pada proses inspirasi. Suara crackles ini juga sering disebut dengan *namarales* atau *crepitation*. Suara ini dapat diklasifikasikan sebagai *fine*, yaitu memiliki pitch tinggi, lembut, sangat singkat. Atau sebagai *coarse*, yaitu pitch rendah, lebih keras, tidak terlalu singkat. Spectrum frekuensi suara crackles antara 100-2000Hz (Sovijarvi, et al. 2000).

Suara crackles dihasilkan akibat dua proses yang terjadi. Proses pertama yaitu ketika terdapat saluran udara yang sempit tiba-tiba terbuka hingga menimbulkan suara mirip seperti suara “plop” yang terdengar saat bibir yang dibasahi tiba-tiba dibuka. Apabila terjadi di daerah bronchioles maka akan tercipta fine crackles. Proses kedua, ketika gelembung udara keluar pada pulmonary edema. Kondisi yang berhubungan dengan terjadinya crackle yaitu Asma, *Bronchiectasis*, *Chronic bronchitis*, ARDS, *Consolidation*.

2.2.3.2 *Wheeze*



Suara ini dihasilkan oleh pergerakan udara turbulen melalui lumen jalan nafas yang sempit. *Wheeze* merupakan jenis suara yang bersifat kontiniu, memiliki pitch tinggi, lebih sering terdengar pada proses ekspirasi. Suara ini terjadi saat aliran udara melalui saluran udara yang menyempit karena sekresi, benda asing ataupun luka yang menghalangi. Jika *Wheeze* terjadi, terdapat perubahan setelah bernafas dalam atau batuk. *Wheeze* yang terdengar akan menandakan peak ekspirasi yang 50% lebih rendah dibandingkan dengan pernafasan normal. Terdapat 5 macam suara *Wheeze*, yaitu :

1. Suara *monophonic* yaitu suara yang terjadi karena adanya blok pada satu saluran napas, biasanya sering terjadi saat tumor menekan dinding *bronchioles*.
2. Suara *polyphonic* yaitu suara yang terjadi karena adanya halangan pada semua saluran nafas pada saat proses ekspirasi.

Kondisi yang menyebabkan *wheezing* yaitu Asma, CHF, *Chronic bronchitis*, COPD, *Pulmonary edema*.

2.2.3.3 *Ronchi*

Ronchi merupakan jenis suara yang bersifat kontiniu, pitch rendah, mirip seperti *Wheeze*. Tetapi dalam ronchi jalan udara lebih besar, atau sering disebut coarse rattle sound. Suara ini menunjukkan halangan pada saluran udara yang lebih besar oleh sekresi. Kondisi yang berhubungan dengan terjadinya ronchi yaitu *Pneumonia*, Asma, *Bronchitis*, dan *Bronkospasme*.

2.2.3.4 *Stridor*

Stridor merupakan suara *Wheeze* pada saat inspirasi yang terdengar keras pada *trachea*. *Stridor* menunjukkan indikasi luka pada trachea atau pada larynx sehingga sangat dianjurkan pertolongan medis.

2.2.3.5 *Pleural rub*

Pleural rub merupakan suara yang menggesek atau menggeretak yang terjadi saat permukaan *pleural* membengkak atau menjadi kasar dan menggesek satu dan lainnya. Suaranya dapat bersifat kontiniu atau diskontiniu. Biasanya terlokasi pada suatu tempat di dinding dada dan terdengar selama fase inspirasi



atau ekspirasi. Beberapa kondisi yang menyebabkan *pleural rub* yaitu *pleural effusion* dan *pneumothorax* [7].

Berdasarkan referensi [11] Pada Tabel 2.4 dibawah merupakan frekuensi dari suara paru-paru normal dan suara paru-paru adventitious.

Tabel 2.4 Frekuensi Suara Paru-paru Normal dan *Adventitious Sound*

No.	Kategori Suara Paru-paru	Frekuensi Dominan (Hz)	Frekuensi Minimum (Hz)	Frekuensi Maximum (Hz)
1.	Normal Tracheal	150	300	1250
2.	Normal Bronchial	250	150	400
3.	Normal Bronchovesicular	200	100	600
4.	Normal Vesicular	200	100	800
5.	<i>Adventitious Wheeze</i>	200	150	450
6.	<i>Adventitious Ronchi</i>	300	150	500
7.	<i>Adventitious Stidor</i>	300	150	100
8.	<i>Adventitious Pleural Rub</i>	200	100	400
9.	<i>Adventitious Coarse Crakcles</i>	200	100	300
10.	<i>Adventitious Fine Crakcles</i>	800	200	2000

2.3 Proses Auskultasi

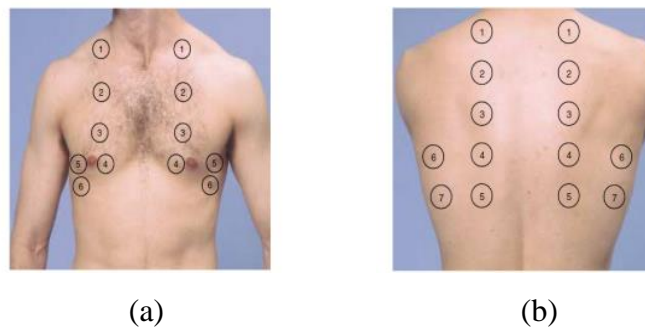
Auskultasi merupakan teknik untuk mendengarkan suara dari dalam tubuh. Proses auskultasi merupakan suatu hal yang penting karena membutuhkan teknik yang efektif dan klinis yang akan dipelajari untuk mengevaluasi fungsi pernafasan seorang pasien dengan menggunakan alat bantu yaitu stetoskop. Auskultasi paru dilakukan untuk mendeteksi suara nafas dasar dan suara nafas tambahan.

Auskultasi harus dilakukan di seluruh dada dan punggung, termasuk daerah aksila. Biasanya auskultasi dimulai dari atas ke bawah, dan dibandingkan sisi kiri dan kanan dada. Masalah yang timbul dalam auskultasi yaitu suara dari dalam tubuh yang biasanya menempati frekuensi rendah sekitar 20-400 Hz,



amplitudo rendah, kebisingan lingkungan, kepekaan telinga dan pola suara yang mirip. Apabila prosedur auskultasi tidak dilakukan dengan benar dapat menyebabkan kesalahan dalam diagnosis pasien.

Pada saat auskultasi, pasien lebih baik tidak berbicara dan tidak bernafas menggunakan mulut, karena dibutuhkan satu nafas lengkap untuk tiap lokasi. Ada 12 lokasi auskultasi pada dada anterior dan ada 14 lokasi posterior. secara umum yang harus didengar paling tidak ada 6 lokasi pada anterior dan 6 lokasi pada posterior.

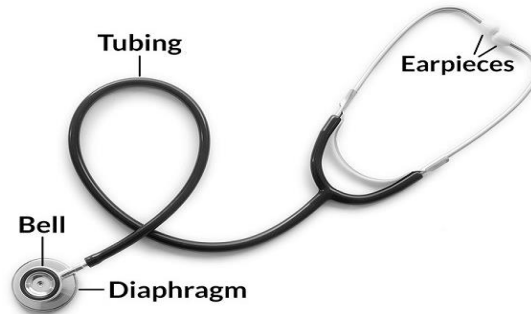


Gambar 2.5 Lokasi Proses Auskultasi (a) pada dada anterior dan (b) pada dada posterior

2.4 Stetoskop

Stetoskop merupakan alat bantu pemeriksaan yang umum digunakan oleh dokter. Alat ini berfungsi untuk mendengarkan suara dari dalam tubuh, salah satunya untuk mendengar suara detak jantung dan mendeteksi kelainannya. Selain mendengar suara detak jantung, stetoskop juga berfungsi untuk mendengar suara paru-paru. Pemeriksaan paru-paru dengan stetoskop dilakukan untuk menilai apakah bunyi napas normal atau tidak.

Jenis dan intensitas suara-suara ini dapat membantu dokter dalam menentukan diagnosis serta menilai kondisi pasien. Stetoskop bukanlah sekadar objek yang melengkapi penampilan dokter. Alat ini wajib dimiliki oleh dokter karena sangat berguna untuk membantu dokter dalam mendiagnosis penyakit pasien [8].



Gambar 2.6 Stetoskop beserta bagian-bagiannya

2.4.1 Bagian-bagian pada Stetoskop

2.4.1.1 *Earpieces*

Earpieces merupakan bagian dari stetoskop yang terpasang di telinga untuk mendengar suara dari organ dalam. Umumnya earpieces terbuat dari bahan karet yang lembut. Selain agar lebih nyaman dan tidak terasa sakit saat dipakai di telinga, bahan karet juga dapat membantu meredam suara dari luar.

2.4.1.2 *Tubing*

Tubing adalah bagian dari stetoskop yang berbentuk tabung tipis dan panjang menyerupai selang, yang berfungsi untuk menyalurkan suara dari diafragma atau bell menuju *earpieces*.

2.4.1.3 *Diaphragm*

Diaphragm atau diafragma merupakan bagian berupa membran tipis dan datar di ujung kepala stetoskop, yang terbuat dari piringan plastik berbentuk lingkaran. Diafragma ini memiliki fungsi khusus untuk mendengarkan bunyi atau suara berfrekuensi tinggi, seperti suara mengi di paru-paru. Sebagian jenis stetoskop hanya memiliki diafragma, sedangkan sebagian lainnya memiliki diafragma dan bell.

2.4.1.4 *Bell*

Bell adalah bagian terakhir dari stetoskop yang berbentuk melingkar dan menempel di belakang diafragma. Ukurannya lebih kecil dibandingkan



diafragma. Bell berfungsi untuk mendengarkan bunyi atau suara berfrekuensi rendah, seperti bunyi jantung.

2.4.2 Jenis-jenis Stetoskop

Pada dasarnya setiap jenis dari alat ini dirancang untuk melakukan fungsi yang sama, yakni mendengar suara di dalam tubuh. Berikut adalah berbagai jenis stetoskop yang perlu ketahui :

2.4.2.1 Stetoskop Kardiologi

Stetoskop kardiologi Alat umumnya terlihat sama layaknya stetoskop biasa. Bedanya, kemampuan alat kardiologi ini dapat mendengarkan suara detak jantung dengan lebih jelas. Alat ini dapat mendengar suara dari frekuensi rendah ke tinggi dari diafragma tanpa perlu menggunakan *bell* yang biasanya ditemukan dalam stetoskop berkepala ganda.

2.4.2.2 Stetoskop Bayi

Stetoskop bayi adalah jenis alat medis yang digunakan untuk memeriksa bayi yang sudah berusia sekitar tiga bulan lebih. Alat ini digunakan oleh praktisi medis dan juga mahasiswa kedokteran untuk mendengarkan dan mempelajari jantung serta suara lain untuk mendiagnosis dan menilai masalah yang mungkin muncul pada pasien bayi.

2.4.2.3 Stetoskop Elektronik

Stetoskop elektronik yaitu untuk mengatasi tingkatan suara yang rendah dengan cara memperkuat suara dalam tubuh. Sekarang stetoskop elektronik menjadi lebih umum dari stetoskop akustik karena penggunaannya cukup mudah dan suara yang di hasilkan juga lebih jelas. Penggunaan stetoskop elektronik pada saat pemeriksaan untuk menentukan diagnosa tidak begitu kesulitan. Jenis stetoskop elektronik ini menggunakan daya baterai sehingga membuat gelombang suara menjadi lebih jelas

2.4.2.4 Stetoskop Akustik

Stetoskop Akustik yaitu jenis stetoskop yang paling umum digunakan untuk menyalurkan suara dari bagian dada atau tubuh yang ingin di dengar ke telinga. Bila sungkup stetoskop diletakkan pada tubuh pasien suara tubuh akan menggetarkan diaphragm. Suara ini nantinya akan menciptakan tekanan



gelombang akustik yang berjalan sampai ke gendang telinga. Permasalahan yang sering terjadi pada penggunaan stetoskop akustik ini adalah tingkatan suara yang di dengarkan sangat rendah sehingga membuat diagnosis sulit diketahui.

2.5 *Microphone*

Microphone adalah suatu alat atau komponen Elektronika yang dapat mengubah atau mengkonversikan energi akustik (gelombang suara) ke energi listrik (Sinyal Audio). *Microphone* (Mikrofon) merupakan transduser yang berfungsi sebagai komponen atau alat pengubah satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Setiap jenis Mikrofon memiliki cara yang berbeda dalam mengubah (konversi) bentuk energinya, tetapi mereka semua memiliki persamaan yaitu semua jenis Mikrofon memiliki suatu bagian utama yang disebut dengan Diafragma.



Gambar 2.7 *Electret Condenser Microphone*

Condenser mic menggunakan diafragma berlapis logam yang dialiri arus listrik. Diafragma ini bergerak maju mundur (bergerak) di dekat piringan logam (*backplate*) yang juga dialiri arus listrik. Hal ini menyebabkan perubahan kapasitansi yang nantinya akan diubah menjadi sinyal audio. Condenser mic memerlukan sebuah sirkuit elektronik untuk mengubah kapasitansi menjadi arus listrik. Oleh karenanya membutuhkan energi listrik untuk dapat menyala, biasanya disebut dengan istilah *phantom power* [9].

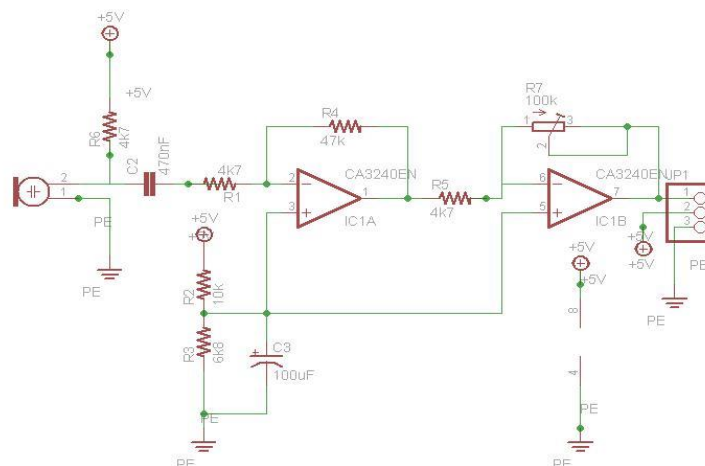
Dengan referensi beberapa riset sebelumnya bahwa suara paru-paru terutama focus pada suara paru-paru adventitious terletak pada range frekuensi



100-2000Hz dan abnormal terletak pada frekuensi range 600-1000Hz dibagian posterior, maka diperlukan *microphone* yang sesuai dengan range frekuensi dari suara paru-paru tersebut. Salah satu jenis *microphone* yang biasa digunakan untuk kepentingan musical adalah *condenser*. *Condenser* juga lebih sensitif dan responsif sehingga tepat digunakan untuk mengambil perbedaan pada suara sehingga terbilang cocok untuk mendeteksi suara paru-paru.

2.6 *Pre-Amplifier*

Pre-amplifier yang sering disebut sebagai kontrol amplifier adalah sebuah alat elektronik yang mengelola atau memproses sinyal elektronik sebelum masuk kedalam amplifier. Karena suara paru-paru berada pada frekuensi yang rendah. Maka suara yang ditangkap *stetoskop mic-condenser* dikuatkan dengan rangkaian *pre-amplifier* agar frekuensi sinyal suara paru-paru menjadi besar. Biasanya pada amplifier tersebut memiliki volume kontrol yang dapat diputar sehingga level dapat dinaikan atau diturunkan sesuai dengan keinginan kita. Gambar 2.8 merupakan skematik rangkaian *pre-ampmic condenser*.



Gambar 2.8 Rangkaian *Pre-amplifier mic condenser*

Gambar 2.8 diatas merupakan rangkaian dari *pre-amplifier* untuk *microphone condenser* sehingga input dari *pre-amplifier* ini yaitu *microphone condenser* . Rangkaian *pre-amplifier* juga menyediakan *phantom power* yang



digunakan untuk mengirimkan tegangan dc 48 v agar *microphone condenser* dapat digunakan.

Rangkaian dari *pre-amplifier* dapat menjadi satu dengan transduser 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 yang berfungsi sebagai penguat sinyal audio yang masih lemah. Adapun sinyal yang dikuatkan oleh penguat awal adalah amplitude tegangan sinyal, sehingga dihasilkan intensitas tegangan sinyal audio yang akan dikuatkan lagi oleh *power amplifier*.



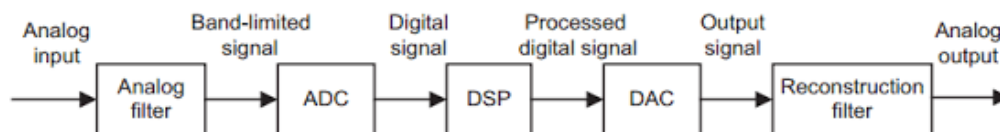
Gambar 2.9 *Pre amplifier*

Secara umum fungsi dari *pre amplifier* adalah untuk menguatkan sinyal dari low ke 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 tertentu yang kemudian diteruskan ke dalam amplifier atau peralatan elektronik lainnya. Dalam penelitian ini sinyal keluaran dari *pre amplifier* akan dihubungkan ke line in DSP untuk dilakukan filtering lowpass sebelum direkam dalam personal computer (sound card).



2.7 DSP (*Digital Signal Processing*) 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, *fast fourier transform* dan *filtering*.



Gambar 2.10 Skema *digital signal processing*

Sinyal input analog yang berkesinambungan dalam waktu dan amplitude yang pada umumnya sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh sinyal analog seperti tegangan, arus, tekanan, dan intensitas cahaya. Sebuah transducer digunakan untuk mengubah suatu sinyal non listrik ke sinyal listrik analog (tegangan). Sinyal analog tersebut 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 amplitude.

Prosesor DSP kemudian menerima sinyal digital dan memproses data digital menurut aturan DSP seperti filtering digital *lowpass*, *highpass* dan *bandpass* atau algoritma lain untuk aplikasi yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa unit prosesor DS merupakan jenis khusus dari computer digital dan dapat digunakan untuk tujuan umum digital komputer, mikroprosesor atau mikrokontroler. Lebih jauh lagi DSP dapat diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang sesuai dan 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 dari sinyal yang dikeluarkan oleh sinyal analog.



2.8 Pengolahan Sinyal Digital

Setelah diperoleh data digital dengan akuisisi data, selanjutnya dibutuhkan pengolahan data tersebut untuk keperluan analisa suatu grafik yang diperoleh, respon frekuensi atau analisa yang lainnya. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan tiga metode untuk membantu dalam menganalisa suara paru-paru. Tiga metode yang digunakan yaitu *Fast Fourier Transform* (FFT), *Short Time Fourier Transform* (STFT) dan *Wavelet Transform* (WF).

2.8.1 Transformasi Fourier

Transformasi Fourier diawali pada abad ke 19 oleh seorang matematikawan Prancis yang bernama Jean Baptiste Fourier. Dalam penelitiannya Fourier berhasil menunjukkan bahwa semua fungsi yang bersifat periodik (sinyal) dalam waktu dapat diekspresikan sebagai fungsi penjumlahan trigonometri sinus dari berbagai frekuensi. Transformasi Fourier merupakan salah satu dari beberapa metode matematika yang berguna dalam analisa sinyal. Penyajian sinyal ini pada dasarnya meliputi dekomposisi sinyal dari segi komponen sinusoidal. Dengan dekomposisi seperti itu, suatu sinyal dikatakan akan disajikan dalam domain frekuensi.

Fourier mendefinisikan transformasi sinyal dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi dengan rumus :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j\omega t} df \dots\dots\dots 2.1$$

Sebaliknya untuk mengubah sinyal dari kawasan frekuensi menjadi kawasan waktu (melakukan invers) dengan menggunakan rumus :

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \cdot e^{j\omega t} df \dots\dots\dots 2.2$$

$X(f)$ merupakan spectrum, dimana f mewakili frekuensi dan $x(t)$ merupakan sinyal asli dalam kawasan waktu. Bilangan j yang muncul merupakan bilangan kompleks (akar -1). Batas atas dan batas bawah dari integral adalah plus minus tak terhingga yang menyatakan bahwa sinyal tersebut merupakan sinyal kontiniu (periodic) dari rentang minus tak terhingga sampai plus tak berhingga.



2.8.2 Short Time Fourier Transform (STFT)

Short Time Fourier Transforms sinyal dibagi-bagi atas segmen yang cukup kecil. Pada STFT, window ada dalam finite area, sehingga kita tidak akan mendapatkan resolusi frekuensi yang tepat dengan waktu yang pendek atau short time.

Fungsi dari window ini menggunakan fungsi simple dari Gaussian dengan bentuk :

$$w(t) = \frac{t^2}{e^{2\theta^2}} \dots \dots \dots 2.3$$

Dimana a merupakan panjang dari window dan t merupakan waktu.

2.8.3 Wavelet Transforms (WT)

Wavelet merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menganalisa sinyal stasioner. Metode *wavelet* sendiri dapat digunakan untuk menapis data dan meningkatkan mutu kualitas data. *Wavelet* juga dapat mengkompres data dan mendeteksi kejadian-kejadian tertentu pada data *non-stasioner*. Berkaitan dengan kemampuan *wavelet* untuk memisahkan berbagai macam karakteristik pada berbagai skala. Sifat terpenting dari wavelet adalah lokalisasi waktu-frekuensi, sehingga analisis dengan metode *wavelet* dapat menyajikan sinyal secara detil, local sesuai dengan skalanya. Jadi penyajian data dengan *wavelet* dilakukan dengan cara ekspans sampai tak berhingga. Seperti yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$CWt_x^\varphi(\tau,s) = \varphi_x^\varphi(t,s) = \int x(t) \cdot \varphi_{t,s} * (t) dt \dots \dots \dots 2.4$$

Pada awalnya wavelet akan dimulai pada s=1 pada time=0, maka sinyal akan dikalikan dan diintegrasikan pada sepanjang waktu. Hasil dari integrasi akan dikalikan dengan angka konstan \sqrt{s} . Perkalian ini untuk normalisasi energy, sehingga enegeri akan sama pada setiap skala. Hasil akhir dari tansformasi akan bergantung pada titik t= τ , s=1 pada plane time frekuensi. Prosedur ini akan terus



menerus diulang hingga wavelet mencapai akhir dari sinyal sehingga satu baris dari point pada skala waktu $s=1$.

Wavelet adalah fungsi matematik yang membagi-bagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda, kemudian dilakukan analisis untuk masing-masing komponen menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Kepentingan penggunaan wavelet ini berdasarkan fakta dengan transformasi wavelet akan diperoleh solusi waktu yang lebih baik dari pada metode-metode lainnya seperti Fourier Transform (FT) dan Short Time Fourier Transform (STFT). Pada transformasi fourier akan didapat informasi frekuensi namun tidak terdapat mengenai waktu. Sedangkan dengan menggunakan metode STFT akan memberikan representasi waktu dan frekuensi. Representasi waktu dan frekuensi ini digunakan untuk analisis sinyal non-stasioner.

2.9 Software LabView

LabView (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) Merupakan bahasa pemrograman secara grafis dengan menggunakan icon yang dihubungkan oleh suatu garis (Wire) untuk menciptakan suatu aplikasi Labview.

LabView adalah sebuah software pemograman yang diproduksi oleh National instruments dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemograman lainnya yaitu C++, matlab atau Visual basic , LabView juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa labView menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program labView dikenal dengan sebutan VI atau *Virtual instruments* karena penampilannya dan operasinya dapat meniru sebuah instrument. Setiap VI menggunakan fungsi-fungsi yang memanipulasi input dari user interface atau sumber lain dan menampilkan informasi tersebut atau memindahkan informasi tersebut ke file lain atau computer lain [10].

LabView terdiri dari tiga komponen yaitu :

1. Fornt Panel merupakan user interface



2. Block Diagram terdiri dari sumber-sumber grafik yang mendefinisikan fungsi-fungsi dari VI.
3. Icon dan Connector Pane, mengidentifikasi suatu VI sehingga bisa digunakan pada VI yang lain. VI yang terdapat pada VI lain disebut subVI.

Toolkit *Advance Signal Processing* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan LabView 8.6 yang merupakan tools untuk pengolahan sinyal tingkat lanjut. Pada LabView ini terdapat tiga fitur tambahan dalam toolkit LabView, yaitu :

1. Time Frequency Analysis
2. Time Series Analysis
3. Wavelet Analysis

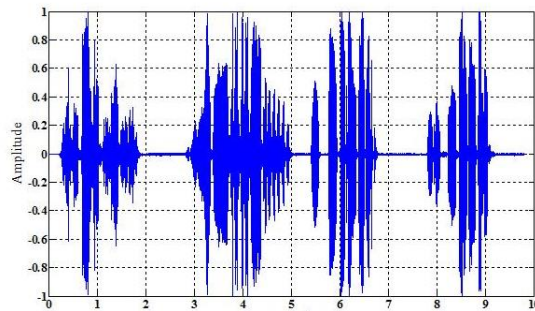
Dalam pengolahan sinyal suara paru-paru dikhususkan pada analisis, peneliti menggunakan FFT, STFT dan Wavelet untuk menyediakan spectral warna pada pengamatan analisis suara paru-paru.



Gambar 2.11 Analisis Dalam Advance Signal Processing Toolkit LabView

2.9.1 Time Domain Waveform

Sinyal merupakan bentuk dimensi waktu (time domain), contoh beragam bentuk sinyal dalam waktu tertentu. Representasi sinyal time domain sering juga dinamakan representasi sinyal Time-Amplitude. Contoh sinyal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12 dibawah ini :

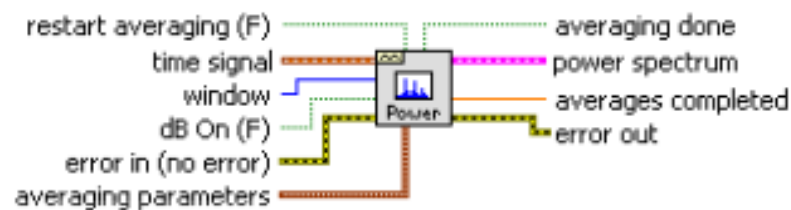


Gambar 2.12 Time Domain Signal

2.9.2 FFT RMS dan Power Spectrum

Pengolahan data domain waktu menjadi data pada domain frekuensi dilakukan dengan sistem *transformasi fourier* (FFT). Pada program LabView disediakan bagaimana sinyal domain untuk dapat ditransformasikan menjadi sinyal dalam domain frekuensi dengan menggunakan FFT Power Spectrum.

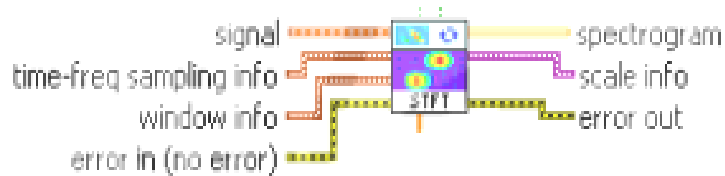
Proses *window* merupakan proses pemotongan hasil sampling sinyal domain waktu dengan fungsi gelombang domain waktu yang lain. Amplitudo dari fungsi *window* ini menuju nol secara perlahan pada ujung-ujung batas *sampling*, sehingga terlihat hanya seperti sinyal spectrum garis tegak dalam domain frekuensi.



Gambar 2.13 FFT Power Spectrum pada LabView

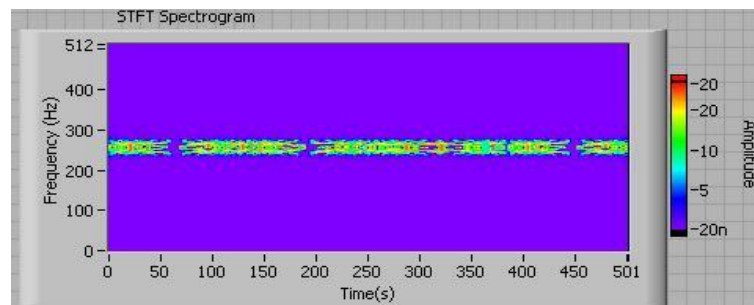
2.9.3 STFT Spectrogram

Pada STFT Spectrogram sinyal domain waktu akan diubah dengan spectral warna yang berbeda dengan nilai amplitudo sinyal. Dengan metode scanning window ini waktu yang pendek akan mendapatkan resolusi warna yang baik.



Gambar 2.14 STFT Spectrum pada LabView

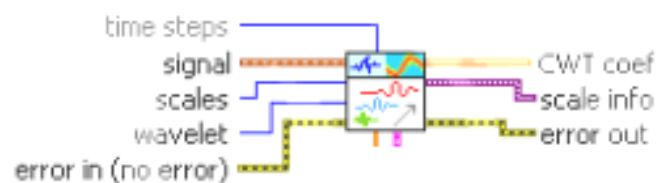
Untuk menganalisa sinyal suara paru-paru dapat menggunakan fungsi window yang ada dalam toolkit LabView. Pada Gambar 2.15 contoh hasil simulasi sinyal frekuensi oleh STFT Spectrum dengan 300 Hz.



Gambar 2.15 Simulasi Sinyal Frekuensi STFT Spectrum pada LabView

2.9.4 Wavelet Scalogram

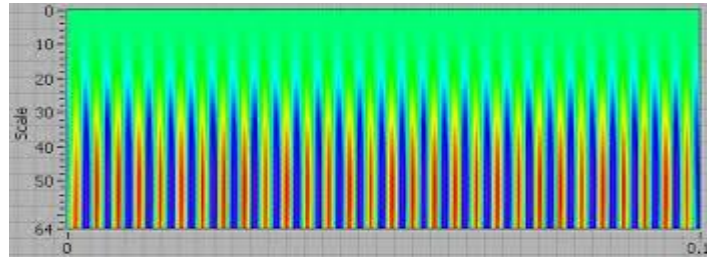
Dalam representasi sinyal pada wavelet warna sinyal yang dihasilkan adalah spectral warna (scalogram). Scalogram merupakan fungsi dalam wavelet yang dinyatakan dengan skala. Sinyal dalam domain waktu akan diubah menjadi koefisien wavelet. Koefisien ini merupakan lokasi waktu-frekuensi (time frequency localization), sehingga dengan metode wavelet dapat menyajikan sinyal secara detail dan sesuai dengan skalanya.



Gambar 2.16 Wavelet Scalogram pada LabView



Untuk menganalisa sinyal suara paru-paru dapat menggunakan fungsi *window* yang ada dalam toolkit LabView. Pada Gambar 2.17 contoh hasil simulasi sinyal frekuensi oleh Wavelet Scalogram dengan 300 Hz.



Gambar 2.17 Simulasi Sinyal Frekuensi Wavelet Scalogram pada LabView

2.10 File .Wav

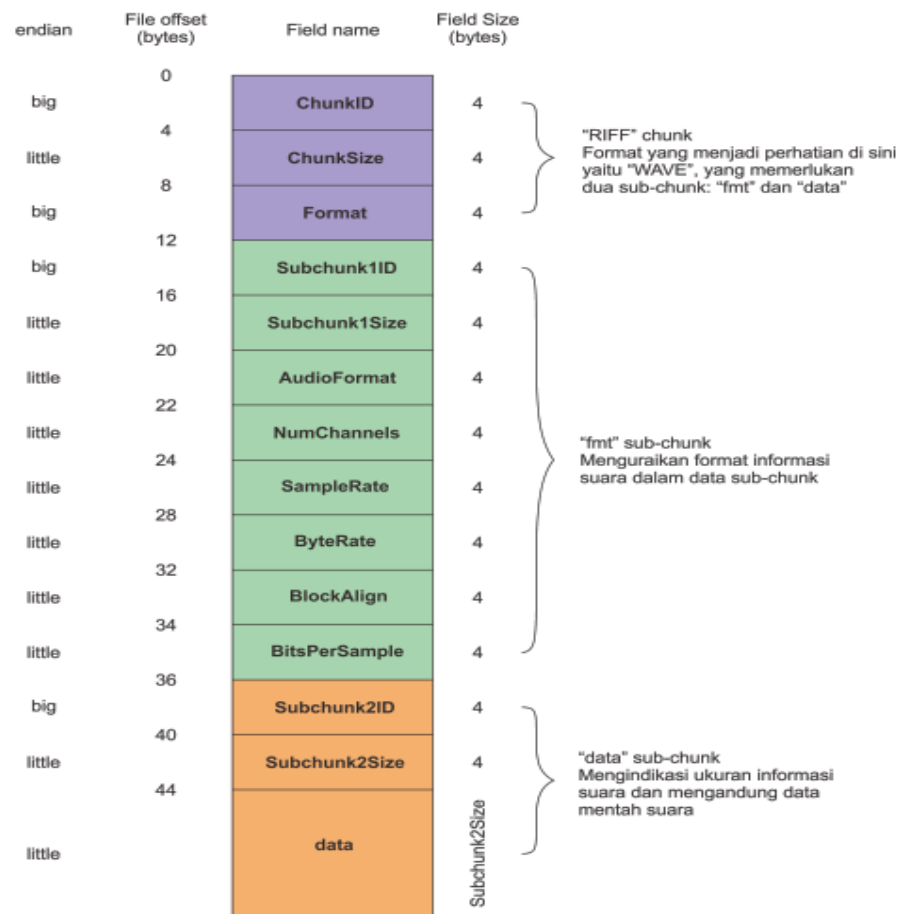
.*Wav Audio* merupakan kreasi perusahaan raksasa perangkat lunak Microsoft yang berasal dari standar RIFF (*Resource Interchange File Format*). *Wav audio* ini telah menjadi standar format *file audio* komputer dari suara sistem dan *games* sampai *CD Audio*. File .Wav diidentifikasi dengan nama yang berekstensi .Wav. Format asli dari tipe file tersebut sebenarnya berasal dari bahasa C. Pada saat ini, file .Wav merupakan satu-satunya jenis file RIFF yang telah secara penuh diimplementasikan menggunakan spesifikasi RIFF. Meskipun file.Wav juga menggunakan spesifikasi RIFF, karena struktur file .Wav ini begitu sederhana maka banyak perusahaan lain yang mengembangkan spesifikasi dan standar mereka masing-masing.

Format file .Wav seperti yang diketahui, merupakan bagian dari spesifikasi RIFF Microsoft yang digunakan sebagai penyimpan *data digital audio*. Format file ini merupakan salah satu format *file audio* pada PC. format data dari file .Wav disimpan dalam format urutan *little-endian* (*least significant byte*) dan sebagian dalam urutan *big-endian*.

File .Wav menggunakan struktur standar RIFF yang mengelompokkan isi file (sampel format, sampel *digital audio*, dan lain sebagainya) menjadi “*chunk*” yang terpisah, setiap bagian mempunyai *header* dan *byte data* masing-masing. *Header chunk* menetapkan jenis dan ukuran dari *byte data chunk*. Dengan



metoda pengaturan seperti ini maka program yang tidak mengenali jenis *chunk* yang khusus dapat dengan mudah melewati bagian *chunk* ini dan melanjutkan langkah memproses *chunk* yang dikenalnya. Jenis *chunk* tertentu mungkin terdiri atas *sub-chunk*. Struktur dari file wav dapat dilihat pada gambar 2.18



Gambar 2.18 Format File .Wav

Penjelasan dari gambar 2.18 dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penjelasan struktur file .Wav

Offset	Size	Nama Field	Deskripsi
0	4	ChunkID	Terdiri atas kata "RIFF" dalam bentuk ASCII (0x52494646 dalam bentuk <i>big-endian</i>).



4	4	Chunksize	36 + SubChunk2Size atau lebih tepatnya: 4 + (8 + SubChunk1Size) + (8 + SubChunk2Size). Ini adalah besar seluruh <i>file</i> dalam <i>byte</i> dikurangi 8 <i>byte</i> untuk 2 <i>field</i> yang tidak termasuk dalam hitungan: ChunkID dan ChunkSize
8	4	Format	Terdiri atas kata "WAV" (0x57415645 dalam bentuk <i>big-endian</i>).
12	4	SubChunkID	Terdiri atas kata "fmt " (0x666d7420 dalam bentuk <i>big-endian</i>)
16	4	SubChunkSize	16 untuk jenis PCM.
20	2	AudioFormat	PCM = 1 (<i>Linear quantization</i>). Nilai lebih dari 1 mengindikasikan <i>file Wav</i> kompresi
22	2	NumChannels	Mono = 1, Stereo = 2 dan seterusnya
24	4	SampleRate	8000, 44100, dan seterusnya dalam satuan Hz
28	4	ByteRate	= SampleRate * NumChannels * BitsPerSample / 8
32	2	BlockAlign	= NumChannels * BitsPerSample / 8 Jumlah <i>byte</i> untuk satu sampel termasuk semua <i>channel</i> .
34	2	BitsPerSample	8 bits = 8, 16 bits = 16, dan seterusnya.
36	4	SubChunk2ID	Terdiri atas kata "data" (0x64617461 dalam bentuk <i>big-endian</i>).
40	4	SubChun2Size	= NumSamples * NumChannels * BitsPerSample / 8
44	*	Data	Data Sound <i>sebenarnya</i> .

Keterangan: Format "WAV" terdiri atas 2 buah SubChunk2: "fmt " dan "data".
SubChunk "fmt " menggambarkan format *data sound*.
SubChunk "data" terdiri atas ukuran besar data dan *data sound* sebenarnya.



File .Wav menggunakan struktur standar dengan mengelompokan isi file ke dalam bagian-bagian seperti format .Wav dan data digital audio. Setiap bagian memiliki headernya sendiri-sendiri beserta dengan ukurannya. Struktur RIFF (Resource Interchange File Format) ini merupakan struktur yang biasa digunakan untuk data multimedia dalam Windows. Struktur ini mengatur data dalam file ke dalam bagian-bagian yang masing-masing memiliki header dan ukurannya sendiri dan disebut sebagai *chunk*. Struktur ini memungkinkan bagi program bila tidak mengenali bagian tertentu untuk melompati bagian tersebut dan terus memproses bagian yang dikenal. Data dari suatu bagian bisa memiliki subbagian dan seluruh data dalam file berstruktur RIFF selalu merupakan subbagian dari suatu bagian yang memiliki header “RIFF”.

Sesuai dengan struktur file RIFF, file .Wav diawali dengan 4 byte yang berisi RIFF’ lalu diikuti oleh 4 byte yang menyatakan ukuran dari file tersebut dan 4 byte lagi yang berisi ‘WAVE’ yang menyatakan bahwa file tersebut adalah file .Wav. Isi dari 4 byte pertama adalah ‘RIFF’, 4 byte berikutnya adalah ukuran dari bagian RIFF yang nilainya sama dengan ukuran dari file dikurangi 8. ‘WAVE’ menempati 4 byte berikutnya dan digunakan sebagai penentu jenis dari file tersebut, dalam hal ini adalah file .Wav. Setelah itu barulah informasi format dan data dari file .Wav disimpan. Bagian format sample berisi informasi-informasi mengenai bagaimana data disimpan dan memainkannya. Bagian ini dimulai dengan ID ‘fmt ‘, lalu diikuti dengan 4 byte yang merupakan panjang dari informasi dan bernilai 16 untuk PCM. Kompresi kode menempati 2 byte berikutnya dengan nilai 1 untuk PCM.

Dua byte berikutnya menyatakan jumlah channel dari file .Wav, lalu 4 byte menyatakan sample rate dan 4 byte lagi menyatakan rata-rata byte tiap detiknya. Dua byte setelahnya merupakan *Block Align* yang menyatakan ukuran data untuk satu sample penuh dalam byte. Yang dimaksud dengan satu sample penuh adalah satu sample yang mewakili nilai dari sample pada semua channel pada suatu waktu. Dua byte terakhir dari bagian sample format ini menyatakan



bitrate dari data yang disimpan, bernilai 8, 16, 24 atau 32. Bagian berikutnya adalah bagian data audio. Dibagian inilah sample digital audio disimpan. Bagian ini dimulai dengan ID 'data' dan diikuti dengan 4 byte yang menyatakan besarnya data dalam byte, lalu selebihnya adalah data digital audio-nya.

2.11 NodeMCU ESP8266

Mikrokontroler adalah suatu chip yang berfungsi untuk mengontrol rangkaian elektronik dan dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler terdiri dari CPU, memori dan Input/Output. Beberapa mikrokontroler juga dilengkapi dengan ADC (analog to digital converter) yang sudah terintegrasi didalamnya. Umumnya mikrokontroler digunakan untuk memproses raw data dari sensor yang diterima melalui I/O ke bentuk data yang diinginkan [11].

NodeMCU merupakan sebuah open source platform IoT dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat prototype produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan arduino IDE. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), IIC, 1-Wire dan ADC (Analog to Digital Converter) semua dalam satu board. *NodeMCU* berukuran panjang 4.83cm, lebar 2.54cm, dan berat 7 gram. Board ini sudah dilengkapi dengan fitur WiFi dan Firmwarena yang bersifat opensource. Penggunaan *NodeMCU* lebih menguntungkan dari segi biaya maupun efisiensi tempat, karena *NodeMCU* yang ukurannya kecil, lebih praktis dan harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan Arduino Uno. Arduino Uno sendiri merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang banyak diminati dan memiliki bahasa pemrograman C++ sama seperti *NodeMCU*, namun Arduino Uno belum memiliki modul wifi dan belum berbasis IoT. Untuk dapat menggunakan wifi Arduino Uno memerlukan perangkat tambahan berupa wifi *shield*. *NodeMCU* merupakan salah satu produk yang mendapatkan hak khusus dari Arduino untuk dapat menggunakan aplikasi Arduino sehingga bahasa pemrograman yang digunakan sama dengan board Arduino pada umumnya.



Berikut pada Gambar 2.19 dibawah merupakan bentuk fisik *NodeMCU* ESP8266.



Gambar 2.19 *NodeMCU* ESP8266

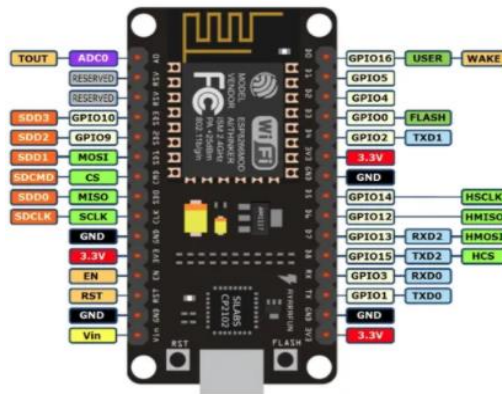
Pada Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang kita gunakan. Sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler.

Adapun Spesifikasi yang dimiliki oleh *NodeMCU* ESP8266 sebagai berikut :

1. Board ini berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (Single on Chip) dengan on board USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11b/g/n.
2. 2 tantalum capacitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
3. 3.3v LDO regulator.
4. Blue led sebagai indikator.
5. CP2102 usb to UART bridge.
6. Tombol reset, port usb, dan tombol flash.
7. Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX
8. 3 pin ground.
9. S3 dan S2 sebagai pin GPIO 4



10. S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc.
11. S0 MISO (Master Input Slave Input) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
12. SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.
13. Pin Vin sebagai masukan tegangan.
14. Built in 32-bit MCU.



Gambar 2.20 GPIO NodeMCU ESP8266

Berdasarkan Gambar 2.20 diatas memiliki keterangan sebagai berikut :

1. RST : berfungsi mereset modul
2. ADC: Analog Digital Converter.
3. EN: Chip Enable, Active High
4. IO16 :GPIO16, berguna membangunkan chipset dari mode deep sleep
5. IO14 : GPIO14; HSPI_CLK
6. IO12 : GPIO12: HSPI_MISO
7. IO13: GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS 5
8. VCC: Catu daya 3.3V (VDD)
9. CS0 :Chip selection
10. MISO : Slave output, Main input
11. IO9 : GPIO9
12. IO10 GBIO10



13. MOSI: Main output slave input
14. SCLK: Clock
15. GND: Ground
16. IO15: GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17. IO2 : GPIO2;UART1_TXD
18. IO0 : GPIO0
19. IO4 : GPIO4
20. IO5 : GPIO5
21. RXD : UART0_RXD; GPIO3
22. TXD : UART0_TXD; GPIO1

2.12 Android

Android merupakan sistem operasi berbasis Linux untuk telepon seluler (*mobile*) yang menyediakan platform terbuka (*open source*) sehingga para pengembang dapat menciptakan aplikasi sendiri. Android bersifat unik karena google secara aktif mengembangkan platform tetapi juga membahasa produsen perangkat keras dan operator telepon yang ingin menggunakan android pada perangkat keras mereka. Google hanya mengenakan biaya produksi apabila produsen juga memasang google apps sebagai bagian dari sistem operasi mereka. Banyak tetapi tidak semua perangkat yang menggunakan android juga memilih untuk menggunakan google apps sebagai bagian dari sistem operasi mereka. Adapun ikon dari sistem operasi android ini sering disebut juga dengan sebutan robot hijau seperti yang terlihat pada gambar 2.21 dibawah ini.



Gambar 2.21 Ikon Sistem Operasi Android



Berdasarkan informasi dari situs resmi (www.android.com), setiap hari terdapat lebih dari satu juta perangkat Android diaktifkan dan diperkirakan akan terus meningkat. Dengan demikian, terbuka peluang yang sangat besar bagi programmer untuk terlibat mengembangkan aplikasi Android. Sebagian besar aplikasi yang terdapat pada Play Store bersifat gratis dan ada juga aplikasi berbayar sebagai cara untuk *me-monetize* aplikasi Android [12].

Android banyak diminati oleh para programmer karena adanya Software Development Kits (SDK), dilengkapi dengan emulator yang membantu untuk menguji coba aplikasi yang dibuat serta dokumentasi yang lengkap. Selain itu, tidak ada biaya lisensi untuk memperoleh SDK ini. Android juga telah menyediakan Android Market bagi para pengembang untuk menempatkan dan menjual aplikasi yang dibuatnya.