BAB II
DASAR TEORI

2.1 Teori Suara

Suara atau *sound* diproduksi oleh sebuah obyek yang bergetar, contohnya *loudspeaker, musical instrument*, ataupun pita suara manusia. Getaran mekanik dari sebuah *loudspeaker* membuat pergerakan udara terdorong dan tertarik dari kondisi stabil, adanya gerakan mendorong dan menarik yang terus menerus dari sebuah speaker membuat tekanan udara berubah yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya sebuah gelombang suara. Sebuah gelombang suara dapat dideskripsikan oleh frekuensi dan amplitudo. Frekuensi 1 Hz berarti 1 *cycle* gelombang lengkap setiap satu detik. Satuan sebuah frekuensi adalah Hertz (Hz). Frekuensi *audible* (human *hearing rang)* adalah 20 Hz sampai 20000 Hz. Dalam kenyataan praktis sebuah sumber suara selalu diproduksi pada banyak frekuensi secara simultan. Amplitudo sebuah gelombang mengacu pada besarnya perubahan tekanan dan tingkat kerasnya (*loudness*) gelombang suara.

Sebuah sinyal suara diproduksi dan ditransmisikan melalui udara, akhirnya diterima pada telinga manusia. Telinga manusia memiliki gendang pendengaran (*eardrum*) yang dapat bergetar pada saat menerima gerakan gelombang udara (*push and pull).* Penggelompokan *sound* dapat dilakukan berdasarkan *acoustic behaviornya.* Berdasarkan *acoustic behavior*-nya sound dibedakan menjadi dua jenis yaitu *direct sound* dan *indirect sound* (*ambient*).

Dikatakan *direct sound* apabila sumber suara berjalan dari sumber suara langsung menuju ke pendengar dalam aliran garis lurus. *Indirect sound* bila sumber suara dipantulkan terlebih dahulu pada satu atau lebih permukaan bidang sebelum sampai pada pendengar, karena adanya proses pemantulan sinyal suara pada *indirect sound* maka ditemukan adanya *delay time* untuk tiba kepada pendengar.

Terdapat beberapa macam *indirect sound*, tergantung pada *room acoustic*, sebagai contoh pengaturan pada *car audio* lebih susah apabila dibandingkan *room audio* karena bentuk ruang dan *material* yang sangat memungkinkan terjadinya banyak pantulan sumber suara sebelum sampai ke pendengar. Hal ini sangat menyulitkan penempatan sumber suara dalam mobil. *Echo* atau gema terjadi ketika sebuah *indirect sound* tertunda dalam waktu yang cukup lama untuk dapat didengar pendengar sebagai perulangan sinyal suara sebuah *direct sound*.

2.2 Teori *Mixer*

Mixer audio adalah salah satu bagian penting di dalam sistem reproduksi sinyal audio. *Mixer* berfungsi untuk mencampurkan dua atau lebih sinyal audio menjadi satu sinyal audio yang mengandung semua sinyal yang dicampurkan tersebut.Pada audio *mixer* analog proses pencampuran sinyal suara dilakukan secara konvensional yaitu dengan menggunakan *potensiometer* yang bertindak sebagai peredam atau *attenuator* pada setiap jalur sinyal yang akan dicampurkan dan diikuti oleh rangkaian penjumlah (*summing Circuit*).

Kekurangan pada audio *mixer* analog adalah apabila semua sinyal input pada saat yang sama sedang maksimum, maka sinyal pencampuran nya akan menjadi besar sehingga terjadi distorsi akibat *clipping, clipping* adalah kondisi sinyal yang terpotong akibat amplitudo yang terlalu besar.

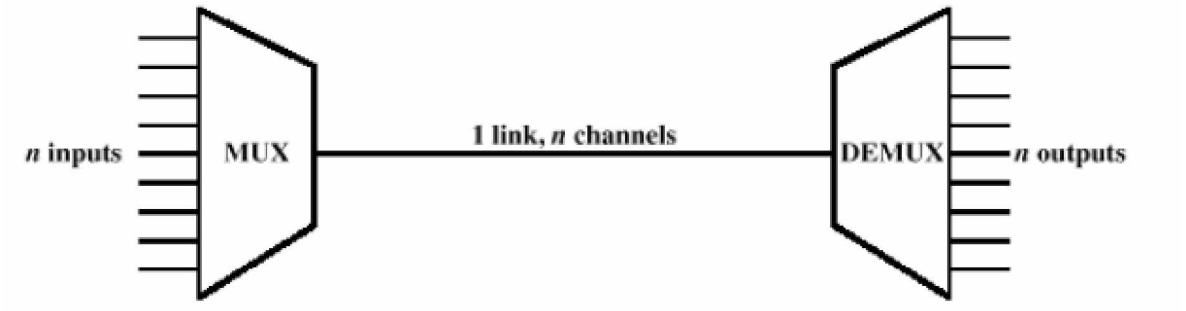
Berbeda halnya dengan metoda pencampuran sinyal suara yang dilakukan oleh audio *mixer digital*, sinyal yang digabungkan merupakan hasil *sampling.* Sinyal *sampling* digabungkan menggunakan metoda *multiplexing*. " *Sampling* adalah suatu proses untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal diskrit agar kompatibel dengan format digital yang diperlukan oleh komputer atau mikroprosesor " (McGillem, Cooper, 1991). Dalam pengambilan *sampel* diperlukan saklar yang dikendalikan oleh pengatur waktu (*timing circuit*) yang terdiri atas komponen-komponen digital. Untuk dapat mengamati setiap perubahan yang terjadi pada sebuah sinyal analog (dalam hal ini perubahan level amplitudo), dapat diamati dengan dua cara yaitu secara kontinu atau pada waktu-waktu tertentu saja. Proses ini dikenal sebagai metode *sampling* dan hasilnya disebut sinyal *sample*.

Ada dua macam sinyal *sample* yaitu sinyal sample yang terkuantisasi dan *sinyal sample* yang tidak terkuantisasi. Sinyal sample yang ter -kuantisasi merupakan sinyal *sample* yang telah didigitalkan. Level amplitudo dari sinyal sample akan dibulatkan mendekati nilai tertentu, proses kuantisasi biasanya menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC). Sinyal *sample* yang tidak terkuantisasi memiliki amplitudo yang sama persis dengan sinyal aslinya.

Dalam mendesain *digital audio mixer* ini digunakan sinyal sample yang tidak terkuantisasi. Setelah sinyal input diubah menjadi sinyal *sample*, semua sinyal akan digabungkan menggunakan proses *Time Division Multiple*xing (TDM).

2.3 *Multiplexing*

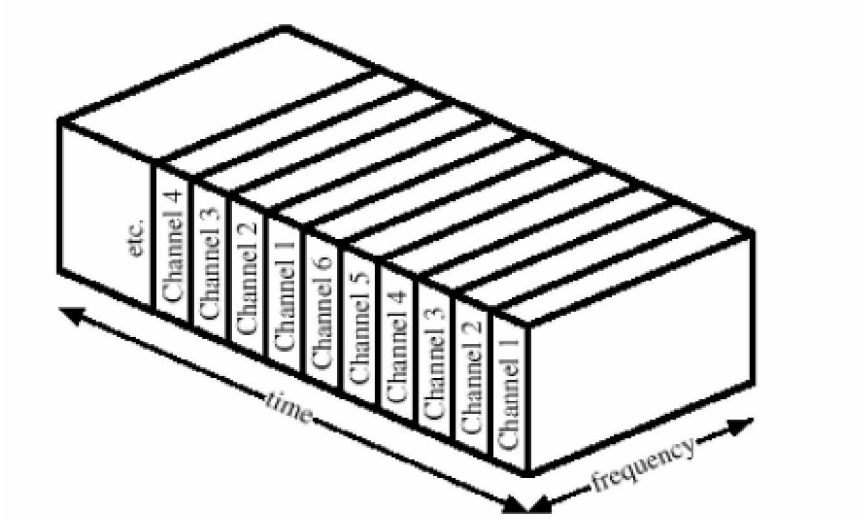
Transmisi sinyal dapat dillakukan dengan 2 cara yaitu secara *point to point* dan secara *multiplexing*, *transmisi point to point* memerlukan satu buah jalur transmisi untuk masing-masing sinyal sehingga kurang efisien. *Multiplexing* adalah tehnik transmisi dua atau lebih sinyal pada satu buah jalur transmisi. *Multiplexing* mulai digunakan karena kesederhanaannya dan efektifitas transmisi sinyal yang tinggi. *Transmisi* Berikut ini adalah gambar dari *multiplexing* :



Gambar 2.1 Multiplexing

Demultiplexer menerima aliran data yang *di-multiplex* dan mengirimnya ke *line output* yang diminta.

Multiplexing dapat dibagi menjadi dua kategori dasar yaitu *Frequency Division Multiplexing* (FDM) dan *T*ime *D*ivision *M*ultiplexing (TDM), pada *Frequency Division Multiplexing* (FDM) spectrum frekuensi dibagi antara beberapa kanal, tiap kanal memiliki bagian tersendiri secara eksklusif beberapa bagian dari frekuensi tersebut. Pada *T*ime *D*ivision *M*ultiplexing (TDM), masing-masing kanal secara bergantian menggunakan jalur *transmisi*, pada setiap satu periode pada waktu tertentu masing-masing kanal memiliki seluruh *bandwidth*. *T*ime *D*ivision *M*ultiplexing (TDM) menjadi kurang efisien ketika lalu lintas sinyal dalam kondisi lenggang, karena slot waktu tetap disediakan untuk masing-masing kanal meskipun tidak ada sinyal yang *ditransmisikan*. Berikut ini adalah contoh *T*ime *D*ivision *M*ultiplexing (TDM).



Gambar 2.2 Time Division Multiplexing

Setelah melalui proses *multiplexing* sinyal *output* pada masing-masing kanal akan dijumlahkan menggunakan *summing circuit* sehingga sinyal *output* akan menjadi gabungan dari beberapa sinyal input dari masing-masing kanal.

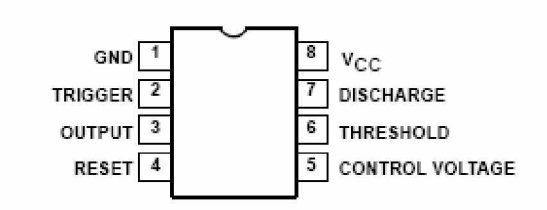
2.4 *Clock Generator* (Inverter Schmitt Trigger)

Inverter Schmitt trigger sebagai *astable multivibrator* digunakan sebagai penghasil sinyal *clock* pada rangkaian *timer* (timer circuit), dengan hanya menggunakan satu buah resistor dan satu buah kapasitor dapat menghasilkan satu buah rangkaian *osilator* yang mampu menghasilkan sinyal pulsa kotak dengan *duty cycle* ± 50 %. Ada beberapa aplikasi lain yang dapat dihasilkan menggunakan *Inverter Schmitt Trigger* yaitu antara lain :

- *Wave and Pulse Shapers*
- *High Noise Environment Systems*
- *Monostable Multivibrators*
- *Astable Multivibrators*

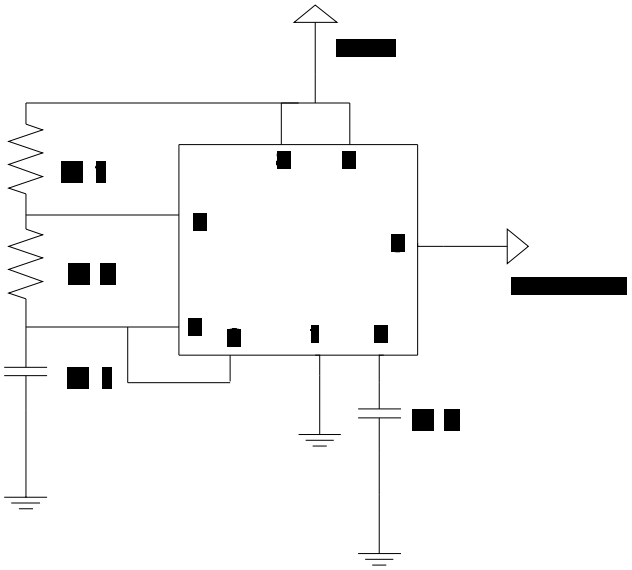
Inverter Schmitt trigger berbeda dengan *inverter* biasa, *Inverter Schmitt trigger* adalah sebuah *inverter* yang dilengkapi dengan *logic hysterisis* (tegangan input yang berubah menjadi tegangan *output logic* " high " dijamin akan memiliki level tegangan yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan tegangan *input* yang berubah menjadi tegangan *output logic* " low "). Pada saat transisi naik maupun turun yang lambat pada tegangan input, *inverter Schmitt trigger* dapat membuat tegangan *output* memiliki transisi baik. Pada sebuah *inverter* biasa ketika tegangan *input* mendekati titik transisi maka kemungkinan tegangan *output* akan menyala dan mati beberapa kali apabila adanya gangguan dirangkaian, sebagai contoh adanya gangguan dari motor ataupun komponen lainnya.

Hal semacam ini tidak akan terjadi pada *inverter Schmitt trigger*, karena apabila *inverter Schmitt trigger* sudah bekerja maka tidak akan berubah sampai dengan adanya drop tegangan yang signifikan.



Gambar 2.3 Pin konfigurasi pada IC NE 555

Berikut ini adalah gambar rangkaian *Clock Generator* (*Inverter Schmitt Trigger*) sebagai *astable multivibrator* :



Gambar 2.4 *Inverter Schmitt Trigger* sebagai *Astable Multivibrator*

astable multivibrator dapat dihitung menggunakan perumusan berikut :

untuk menentukan Output High dan Output Low :

$t_{LO} = 0{,}693 \cdot R^1 \cdot C$ (2.1)

$t_{Ho} = 0{,}693 \cdot (R^1 + R^2)\, C$ (2.2)

sedangkan untuk menentukan *Duty Cycle* dan Frekuensi :

$D = t_{HI} / t_{HI} + t_{LO}$ (2.3)

$f = 1 / T = 1{,}44 / (2R^1 + R^2)\, C$ (2.4)

Dimana :

t_{LO} = Output Low (time)

t_{HI} = Output High (time)

D = *Duty Cycle*

F = Frekuensi

Menurut teori *Nyquist* frekuensi *sampling* sinyal paling sedikit adalah 2 kali frekuensi sinyal yang akan disampling, frekuensi yang akan dihasilkan adalah frekuensi *audible* (human hearing range) adalah 20 Hz sampai 20000 Hz, sehingga minimum frekuensi yang harus dihasilkan adalah 40000 Hz tiap kanal. Semakin besar frekuensi sampling maka kualitas sinyal *output* yang dihasilkan juga akan semakin baik.

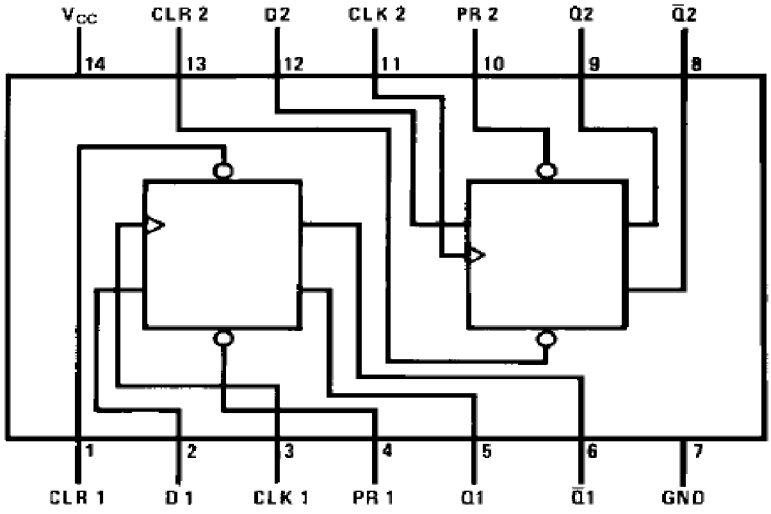
2.5 *Counter* (Flip-Flop)

Terdapat dua buah sinyal input yang akan di sampling secara bergantian, oleh karena itu diperlukan 2 buah sinyal pulsa (*clock*).

Diperlukan suatu rangkaian yang akan membagi 1 buah sinyal pulsa (*clock*) menjadi 2 buah sinyal pulsa (*clock*), rangkaian tersebut antara lain *Counter* dan *decoder / demultiplexer*. *Counter* berfungsi untuk mengubah satu sumber sinyal *clock* yang berupa gelombang kotak menjadi dua buah *counter* 2 bit. Pada rangkaian *Counter*, multiplexer 1 ke 2 menggunakan IC tipe 74LS74, berikut ini adalah tabel fungsi dari *Multiplexer* :

Tabel 2.1 Fungsi *Counter* 74LS74

Inputs				Outputs	
PR	**CLR**	**CLK**	**D**	**Q**	**$\overline{Q}$**
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H (Note 1)	H (Note 1)
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	$\overline{Q}_0$



Gambar 2.5 Konfigurasi Pin IC 74LS74

Multiplexer 1 to 2 pada *timer circuit* berfungsi untuk mengaktifkan terbuka dan tertutup nya pada *saklar elektronik* setiap periode tertentu secara berkelanjutan. Sinyal input *decoder / demultiplexer* didapatkan dari sinyal output dari *Counter*, sinyal *output* dari *decoder / demultiplexer* setelah *diinvert* nantinya akan dihubungkan dengan *saklar elektronis*, sehingga apabila ada sinyal dari *decoder / demultiplexer* akan mengaktifkan *saklar elektronis* tersebut. Selector dari *decoder / demultiplexer* adalah *active low* sehingga diperlukan suatu *inverter* untuk membalik *logic* dari sinyal output *decoder / demultiplexer* sehingga sinyal output ini nantinya dapat digunakan sebagai terbuka dan tertutupnya pada *saklar elektronis* secara otomatis .

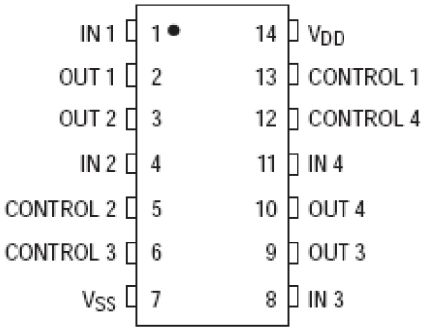
2.6 *Quad Bilateral Switch*

Quad bilateral switch atau *saklar elektronis* digunakan sebagai *multiplexer* baik sinyal analog maupun sinyal digital. *Saklar elektronis* ini sama dengan *saklar analog* biasa namun yang membedakan adalah *trigger* yang digunakan berupa pulsa clock.. Tipe *saklar elektronis* yang digunakan adalah 4066, *saklar elektronis* ini memilki respon frekuensi sampai dengan 40 MHz, sehingga cocok sekali digunakan untuk mengambil sinyal sampel dengan frekuensi yang tinggi. Berikut ini adalah *fitur* yang dimiliki *IC quad bilateral switch tipe 4066* :

- Mempunyai *range supply* anatara 3V sampai dengan 15 V
- Memiliki kekebalan terhadap *noise* sebesar 0.45 VDD
- Memiliki resistansi “ ON “ pada saat beroperasi sebesar 80O

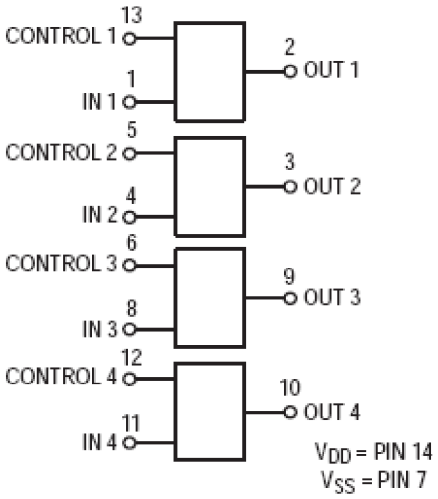
- Memiliki respon frekuensi sebesar 40 MHz pada saat kondisi *switch* dalam keadaan " ON ".

Berikut ini adalah konfigurasi pin dari IC 4066 :



Gambar 2.6 Konfigurasi Pin IC MC14066B

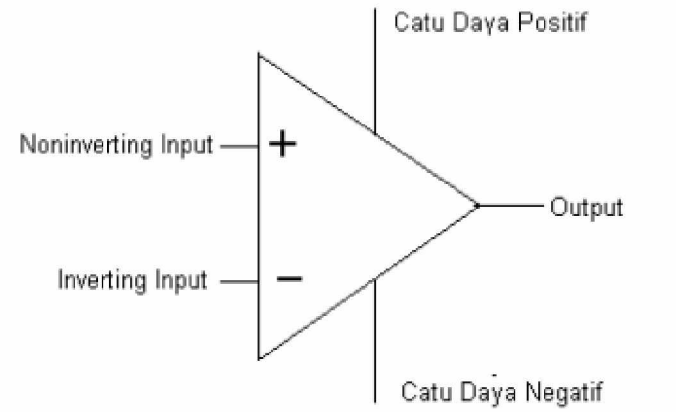
Berikut ini adalah Blok Diagram dari MC14066B sebagai *saklar elektronis* :



Gambar 2.7 Blok Diagram MC14066B sebagai *saklar elektronis*

2.7 *Opearational Amplifier* (Op-Amp)

Op-Amp merupakan rangkaian penguat tegangan dengan elemen tahanan, kapasitor, dan transistor yang dibuat secara *integrated circuit* (IC). *OpAmp* mempunyai lima terminal dasar yaitu, dua terminal untuk mensuplai daya, dua teminal untuk masukan (masukan pembalik/ *inverting input* dan masukan tak membalik/ *non-inverting input*), dan satu terminal untuk keluaran (output).



Gambar 2.8 *Operational Amplifier* (*Op-Amp*) Digambarkan Secara Skematik

Op-Amp mempunyai beberapa fungsi, diantara nya sebagai *amplifier* (*inverting amplifier dan non-inverting amplifier*) dan sebagai *buffer*.

2.7.1 *Amplifier*

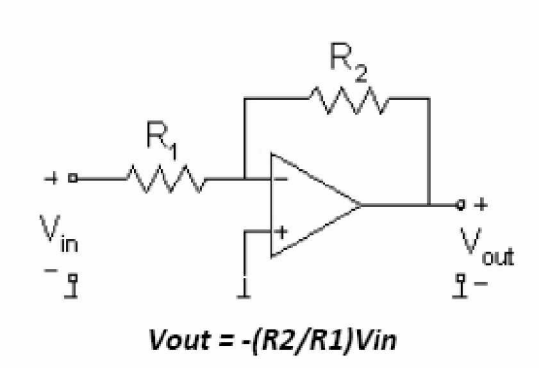
Karakteristik-karakteristik yang dimiliki oleh *Op-Amp* sebagai *amplifier* ideal, yaitu:

- Impedansi *input* yang tinggi (Vi)
- Impedansi *output* yang rendah (Vo)

- Mempunyai penguatan tegangan yang tinggi
- Tegangan output = 0, jika input = 0

2.7.2 *Inverting Amplifer*

Salah satu penggunaan *op-amp* yang terpenting adalah sebagai *amplifier*. *Amplifier* adalah suatu rangkaian yang menerima sinyal dengan tegangan kecil dan menghasilkan sinyal dengan tegangan yang lebih besar pada *outputnya.* Rangkaian *inverting amplifier* dapat dilihat pada berikut ini :



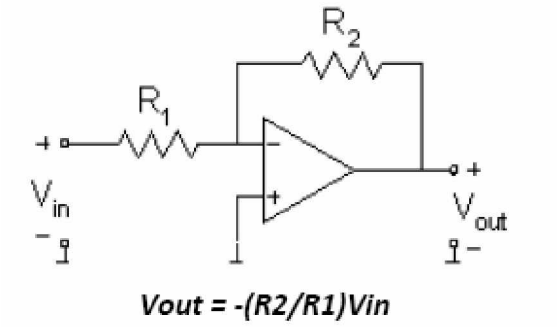
Gambar 2.9 Inverting Amplifier

Pada gambar terlihat bahwa sebuah resistor *feedback R2* dihubungkan antara terminal output dan terminal input *inverting*. Konfigurasi seperti ini dinamakan *negative feedback*. Keuntungan dari penggunaan *negative feedback* ini adalah bahwa penguatan *amplifier* tidak lagi tergantung pada *open loop gain* dari op-amp tetapi bergantung pada *closed loop gain*. Penguatan dari rangkaian ini hanya ditentukan oleh resistor-resistor eksternal, yaitu *resistor feedback R2* dan *resistor input R1,* dan dinamakan *closed loop gain*.

Antara terminal *input inverting* (-) dan terminal input *non inverting* (+) pada *op- amp* tidak terdapat beda tegangan (Ed = 0), sehingga tidak ada arus yang masuk melalui terminal input op-amp. Arus akan mengalir melalui R1, R2 kemudian terhubung dengan terminal *output* dari *op-amp*. Karena arus mengalir dari tegangan yang lebih positif menuju negatif, tegangan pada terminal *output* dari *op-amp* besarnya negatif.

2.7.3 *Non-Inverting Amplifier*

Tegangan output *op-amp* (Vo) dari rangkaian ini mempunyai *polaritas* yang sama dengan tegangan input *op-amp* (Vi). Antara terminal *input inverting* (-) dan terminal input *non inverting* (+) pada *op-amp* tidak terdapat beda tegangan (Ed = 0), sehingga tidak ada arus yang masuk melalui terminal *input op-amp*.



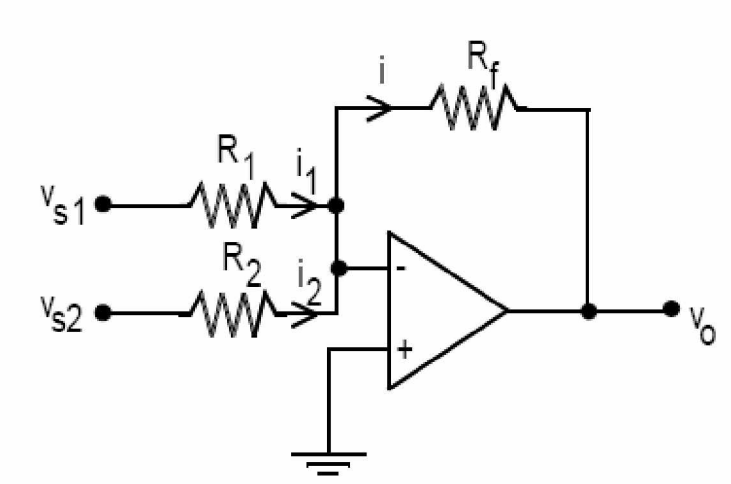
Gambar 2.10 *Non Inverting Amplifier*

Arus akan mengalir melalui terminal *output* dari *op-amp* R2, R1 kemudian terhubung dengan terminal input dari *op-amp*. Karena arus mengalir dari tegangan yang lebih positif menuju negatif, tegangan pada terminal output dari op-amp besarnya positif.

2.7.4 *Summing Amplifier*

Summing *amplifier* digunakan untuk menjumlahkan beberapa sinyal *input* sehingga dihasilkan sebuah sinyal *output.* Sinyal *output* tersebut bisa berupa hasil penjumlahan matematis langsung dari sinyal-sinyal *input*, atau bisa juga mengandung penguatan (*gain*) tertentu. Dalam kasus dimana sinyal *output* merupakan hasil penjumlahan matematis langsung, semua resistor *input* dan *resistor feedback* dibuat sama nilainya yaitu berkisar antara 10-100kO.

Dalam kasus lain, yaitu apabila diinginkan adanya *gain* tertentu, maka *resistor feedback* dibuat lebih besar nilainya. *Summing amplifier* bisa juga berupa penjumlahan berskala (*scaling adder*), di mana resistor-resistor input nilainya ditentukan sedemikian rupa sehingga menghasilkan gain yang berbeda-beda untuk setiap *input.* Sesuai dengan kebutuhan, *summing amplifier* ini bisa dibuat dalam *konfigurasi inverting* maupun *non-inverting.*



Gambar 2.11 Rangkaian *Summing Amplifier*

Persamaan rangkaian *inverting summing amplifier* dapat diturunkan sebagai berikut :

$$-v_0 = \frac{R_f}{R_1} v_{s_1} + \frac{R_f}{R_2} v_{s_2}$$

$$-v_0 = \frac{R_f}{R_1} v_{s_1} + \frac{R_f}{R_2} v_{s_2} + \ldots\ldots\ldots + \frac{R_f}{R_{n-1}} v_{s_{n-1}} + \frac{R_f}{R_n} v_{s_n}$$

$$R_f = R_1 = R_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots = R_n$$

Maka :

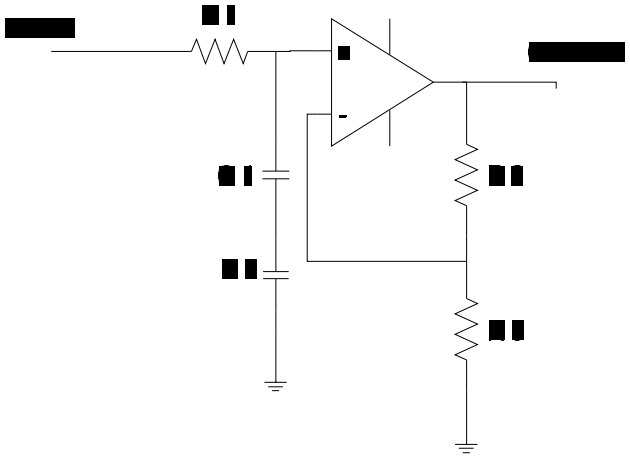
$$-v_0 = v_{s_1} + v_{s_2} + v_{s_3} + \ldots\ldots\ldots + v_{s_{n-1}} + v_{s_n} \qquad (2.5)$$

2.8 *Low Pass Filter*

Filter adalah suatu rangkaian yang dirancang agar dapat melewatkan suatu *sinyal input* pada *range* frekuensi tertentu, dan melemahkan *sinyal input* yang mempunyai frekuensi diluar range frekuensi yang telah ditentukan. *Filter* terdapat dua macam yaitu *filter aktif* atau *filter pasif,* pada *filter pasif* rangkaian hanya terdiri atas komponen-komponen *pasif* yaitu berupa tahanan, *inductor* dan *kapasitor* saja. *Filter aktif* dapat dirangkai dengan menggunakan transistor ataupun *op-amp,* tetapi secara umum yang banyak dipakai adalah *op-amp*.

Ada empat jenis buah *filter* yaitu *low pass filter, high pass filter, band pass filter, dan band elimination atau band reject*.

Filter low pass adalah sebuah rangkaian yang tegangan outputnya tetap sampai dengan tegangan *inputnya* melewati *frekuensi cutoff* (fc), ketika tegangan input telah melewati batas *frekuensi cutoff* (fc) maka *amplitudo* dari tegangan *output* akan melemah secara berkala.



Gambar 2.12 Rangkaian *Low Pass Filter*

- Nilai komponen *filter* ditentukan dari persamaan :

  $fc = 1 / 2\pi . C^1 . R^1$

  (2.6)

- Persamaan mencari hambatan :

  $R = 0{,}707 / 2\pi . C\ 1$ (2.7)

  $R\ 3 = 2 . R$ (2.8)

- *Oktaf*, Yang disebut dengan satu *oktaf* adalah kenaikan frekuensi sebesar dua kali frekuensi mula-mula. Misalnya 50 Hz sampai 100 Hz disebut satu *oktaf*.

- *Decade*, Yang disebut dengan satu *decade* adalah kenaikan frekuensi sebesar sepuluh kali frekuensi mula-mula. Misalnya 50 Hz sampai 500 Hz disebut satu *decade.*
- *Decibel* (dB), Decibel (dB) pada umumnya digunakan untuk menyatakan derajat penguatan atau pelemahan. Bisa juga digunakan untuk menyatakan tegangan, arus, daya output dan banyak lainnya, misalnya: 33 - dB = 20 log (V2 V1), persamaan ini digunakan untuk menyatakan derajat penguatan atau pelemahan dari tegangan output. - dB = 10 log (P2 P1), persamaan ini digunakan untuk menyatakan derajat penguatan atau pelemahan dari daya output.

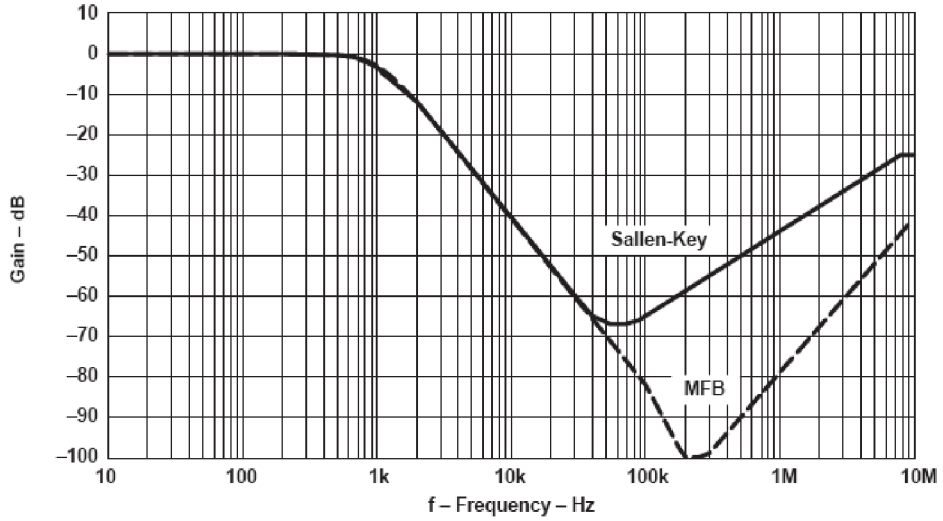
2.8.1 Tiga Karakteristik Dari *Active Low Pass Filter*

Active low pass filter ini mempunyai 3 macam karakteristik yaitu *Butterworth, Chebyshev dan Bessel.* Tiap-tiap *karakteristik active low pass filter* ini mempunyai respon frekuensi yang berbeda antara yang satu dengan yang lain.

Active filter yang menggunakan karakteristik *Butterworth, Chebyshev dan Bessel* mempunyai suatu parameter yaitu *Damping Factor* (DF). Damping *Factor* dari suatu rangkaian *active filter* menentukan karakteristik respon mana yang ditunjukkan oleh *filter*. Damping *Factor* ini akan mempengaruhi respon *filter* melalui reaksi *negative feedback.*

2.8.2 Karakteristik *Butterworth*

Karakteristik *Butterworth* ini memiliki respon *amplitudo* yang sangat datar pada *pass band* dan menghasilkan penurunan gain sebesar –20 dB/ decade/pole dan terjadi pergeseran fasa sebesar 45° pada tiap ordenya.



Gambar 2.13 Respon Frekuensi *Butterworth*

Respon fasanya tidak *linier* dan perpindahan fasa *(time delay)* dari sinyal yang melewati *filter* ini bermacam-macam terhadap frekuensinya. *Filter* yang menggunakan respon *Butterworth* ini pada umumnya digunakan jika semua frekuensi pada *pass band* harus memiliki gain yang sama. Respon dari *Butterworth* ini pada umumnya disebut sebagai *maximally flat response.*

Tabel 2.2 Tabel *Respon Butterworth*

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.000	0.7071								
3	1.000	1.0000	1.000							
4	1.000	0.5412	1.000	1.3065						
5	1.000	0.6180	1.000	1.6181	1.000					
6	1.000	0.5177	1.000	0.7071	1.000	1.9320				
7	1.000	0.5549	1.000	0.8019	1.000	2.2472	1.000			
8	1.000	0.5098	1.000	0.6013	1.000	0.8999	1.000	2.5628		
9	1.000	0.5321	1.000	0.6527	1.000	1.0000	1.000	2.8802	1.000	
10	1.000	0.5062	1.000	0.5612	1.000	0.7071	1.000	1.1013	1.000	3.1969

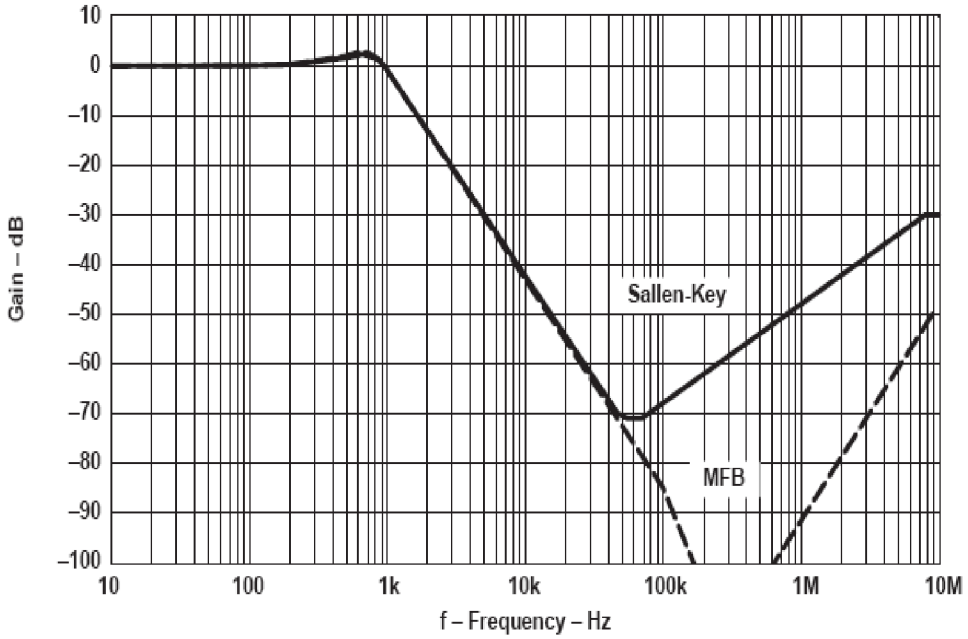
2.8.3 Karakteristik *Chebyshev*

Filter yang menggunakan respon karakteristik *Chebyshev* ini berfungsi ketika dibutuhkan penurunan gain yang cepat dan berulang-ulang karena rata-rata penurunan gainnya lebih besar daripada 20 dB/decade/pole. Karena rata-rata penurunan gainnya lebih besar daripada *Butterworth*, maka filter dapat diimplementasikan dengan menggunakan respon karakteristik *Chebyshev* dengan ketentuan yaitu jumlah pole yang tidak terlalu banyak dan rangkaian yang tidak terlalu kompleks.

Filter yang menggunakan respon *Chebyshev* ini memiliki karakteristik pada *overshoot atau ripples* pada bagian *pass band* dan respon fasanya kurang linier apabila dibandingkan dengan *Butterworth.*

Tabel 2.3 Tabel Karakteristik *Chebyshev*

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.0500	0.9565								
3	0.9971	2.0176	0.4942							
4	0.9932	0.7845	0.5286	3.5600						
5	0.9941	1.3988	0.6552	5.5538	0.2895					
6	0.9953	0.7608	0.7468	2.1977	0.3532	8.0012				
7	0.9963	1.2967	0.8084	3.1554	0.4800	10.9010	0.2054			
8	0.9971	0.7530	0.5538	1.9564	0.5838	2.7776	0.2651	14.2445		
9	0.9976	1.1964	0.8805	2.7119	0.6623	5.5239	0.3812	18.0069	0.1593	
10	0.9981	0.7495	0.7214	1.8639	0.9024	3.5609	0.4760	6.9419	0.2121	22.2779



Gambar 2.14 Respon Frekuensi dari *Filter Tipe Chebyshev*

2.8.4 Karakteristik *Bessel*

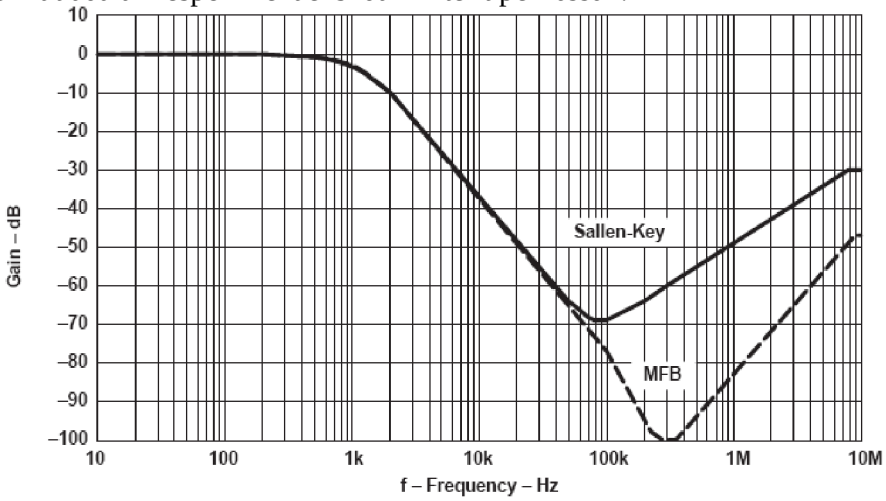
Respon *Bessel* ini menunjukkan karakteristik fasa yang *linier*. Hal ini berarti bahwa pergeseran fasa meningkat secara *linier* terhadap frekuensi. Pada hasil akhirnya hampir tidak ada *overshoot* pada output.

Karena hal ini maka *filter* yang menggunakan *respon Bessel* pada umumnya digunakan untuk *memfilter* gelombang pulsa tanpa merubah bentuk pulsa gelombang itu.

Tabel 2.4 Tabel Karakteristik *Bessel*

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.2736	0.5773								
3	1.4524	0.6910	1.3270							
4	1.4192	0.5219	1.5912	0.8055						
5	1.5611	0.5635	1.7607	0.9165	1.5069					
6	1.6060	0.5103	1.6913	0.6112	1.9071	1.0234				
7	1.7174	0.5324	1.8235	0.6608	2.0507	1.1262	1.6853			
8	1.7837	0.5060	2.1953	1.2258	1.9591	0.7109	1.8376	0.5596		
9	1.8794	0.5197	1.9488	0.5894	2.0815	0.7606	2.3235	1.3220	1.8575	
10	1.9490	0.5040	1.9870	0.5380	2.0680	0.6200	2.2110	0.8100	2.4850	1.4150

Berikut adalah respon frekuensi dari filter tipe *Bessel* :



Gambar 2.15 Respon Frekuensi *Low Pass Filter tipe Bessel*

Untuk menghasilkan sebuah *low pass filter* orde dua yang baik, maka design prosedur yang perlu diikuti adalah :

1. Menentukan frekuensi cut off yang hendak digunakan.
2. Memilih nilai resistor (R,Rf) untuk perancangan diatas dengan mempertimbangkan hal praktis diantara 10 KO sampai dengan 100 KO.
3. Menghitung nilai kapasitor dari filter tersebut dengan menggunakan Persamaan :

- Nilai komponen *filter* ditentukan dari persamaan :

  $fc = 1 / 2\pi . C^1 . R^1$ (2.9)

- Persamaan mencari kapasitor :

  $C 2 = 2. C 1$ (2.10)

- Persamaan mencari hambatan :

  $R = 0,707 / 2\pi. C 1$ (2.11)

  $R 3 = 2. R$ (2.12)

4. Mengambil nilai terdekat untuk kapasitor dan hitung kembali nilai resistor nya.

2.9 *Microphone*

Microphone adalah sejenis *transducer, transducer* adalah *device* yang mengubah energi dari satu bentuk menuju bentuk yang lainnya, dalam kasus ini mengubah bentuk *acoustic energy* (gelombang suara) menjadi energi listrik (sinyal audio).

Ada bermacam jenis *microphone* mempunyai berbagai macam cara dalam mengubah energi, tetapi semua jenis *microphone* mempunyai satu persamaan yaitu *diaphragm.*

Diaphragm adalah sejenis material tipis seperti kertas, plastik, atau aliminium yang bergetar ketika terkena gelombang suara.

2.9.1 Jenis *Microphone*

Ada beberapa jenis *microphone* yang sering digunakan, jenis *microphone* dapat dibedakan menjadi dua area yaitu :

- Jenis konversi teknologi yang digunakan
- Jenis aplikasi *microphone* berdasarkan desain

Menurut jenis konversi teknologi yang digunakan, hal yang paling umum adalah *dynamic, condenser, ribbon dan crystal*. Masing – masing memiliki keuntungan dan kekurangan, dan masing – masing juga sesuai untuk jenis aplikasi tertentu. Menurut jenis aplikasi *microphone* berdasarkan desain, beberapa *microphone* memang didesain untuk tujuan yang umum dan dapat digunaka secara efektif pada segala macam situasi. Sedangkan untuk jenis microphone yang lain memang didesain spesial untuk tujuan tertentu saja.

2.9.2 Level *Microphone*

Arus listrik yang dihasilkan oleh *microphone* sangatlah kecil sering disebut *mic level*, sinyal jenis ini biasanya diukur dalam *orde milivolt.*

Sebelum dapat diaplikasikan sinyal dari *microphone* terlebih dulu harus dikuatkan. Penguatan biasanya sampai dengan line level yaitu berkisar antara 0,5 Vac sampai dengan 2 Vac, line level adalah tegangan standar yang digunakan di dalam alat – alat audio seperti VCD player, DVD player, dll.

2.9.3 *Dynamic Microphone*

Dynamic microphone adalah *microphone* yang bagus dan ideal untuk tujuan umum, *dynamic microphone* mempunyai desain yang sederhana dengan beberapa bagian yang dapat dipindahkan. Dynamic microphone sangat handal untuk penanganan secara kasar dan juga penaganan pada level volume tinggi, seperti pada instrument musik tertentu. *Dynamic microphone* tidak memiliki *internal amplifier* dan tidak memerlukan baterai ataupun external power.

Dynamic microphone menggunakan gulungan kawat dan magnet untuk menghasilkan sinyal audio, ketika magnet digerakkan di dekat gulungan kawat maka akan timbul arus *elektromagnet.* Diaphragm terikat dengan gulungan kawat, jadi ketika *diaphragm* bergetar akibat gelombang suara sehingga gulungan kawat bergerak maju mundur melewati magnet.

2.9.4 *Condenser Microphone*

Condenser berarti kapasitor, sebuah komponen elektronik yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan energi di dalam bentuk *medan elekrostatik*. *Condenser microphone* menggunakan kapasitor untuk mengkonversi *acoustical energy* menjadi *electrical energy*.

Condenser microphone memerlukan tenaga dari baterai atau sumber dari eksternal, jenis ini menghasilkan sinyal audio yang lebih kuat apabila dibandingkan dengan *dynamic microphone*. *Condenser microphone* cocok untuk menangkap efek suara tertentu dalam suara audio, tidak cocok untuk dipakai pada volume tinggi dan sensitivitasnya memebuat peka terhadap distorsi.

Cara kerja dari condenser microphone menggunakan dua lempengan pada kapasitor yang mempunyai beda tegangan. Pada *condenser microphone* salah satu lempengan dari kapasitor dibuat dari bahan yang ringan yang berfungsi sebagai *diaphragm. Diphragm* bergetar ketika terkena gelombang suara, sehingga jarak antara dua lempengan kapasitor berubah dan merubah nilai kapasitansinya. Ketika jarak antar dua lempengan berdekatan nilai kapasitansi akan meningkat dan merubah arus yang dihasilkan, demikian pula ketika kedua lempengan berjauhan nilai kapasitansi juga akan berkurang. Sebuah tegangan diperlukan agar kapasitor dapat berkerja, tegangan ini berasal dari baterai atau dari sumber tegangan eksternal lainnya.

2.9.5 *Directional Properties*

Setiap *microphone* mempunyai sifat yang dinamakan *directionality*, hal ini menggambarkan *sensitivitas dari microphone* terhadap suara dari berbagai macam arah. Beberapa *microphone sensitif* terhadap suara dari arah manapun dan ada juga yang *sensitif* pada arah tertentu saja, tipe arah dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu :

- *Omnodirectional* (Sensitif terhadap suara dari segala arah)
- *Unidirectionally / Cardioid* (Sensitif terhadap suara pada satu arah saja)
- *Bidirectionally* (Sensitif terhadap suara pada dua arah yang berlawanan)

1. *Omnodirectional* berguna untuk menangkap *ambient noise*, yaitu situasi dimana suara berasal dari segala arah atau situasi dimana posisi *microphone* harus tetap diam akan tetapi sumber suara selalu bergerak.

Walaupun *Omnodirectional microphone* sangat berguna di situasi yang tepat, tetapi *microphone* jenis ini mempunyai kekurangan dalam menangkap sumber suara dari titik tertentu dan banyak suara yang tidak diinginkan *(noise*) masuk ke dalam microphone.

2. *Unidirectionally / Cardioid* berarti berbentuk hati, *microphone* jenis ini *sensitif* dalam menangkap sumber suara yang berasal dari depan dan kurang sensitif apabila sumber suara berasal dari sisi samping. *Cardioid microphone* berguna untuk menangkap sumber suara yang berasal tepat didepannya dan mengurangi suara *noise* pada sisi yang lain. *Cardioid microphone* adalah microphone yang *multiguna, hand held microphone* biasanya menggunakan *tipe cardioid*. Ada banyak variasi di dalam *tipe cardioid* antara lain *hypercardioid*
3. *Hypercardioid* adalah versi pengembangan dari pola *cardioid*, tipe ini sangat terfokus pada arah tertentu dan mampu mengeliminasi sura yang berasal dari arah samping dan belakang, karena bentuk *hypercardioid* yang panjang dan ramping tipe ini sering disebut juga *shotgun microphones.*
4. *Bidirectional* menggunakan figur angka 8 dan mampu menangkap sinyal suara dari dua arah yang berlawanan, biasa digunakan untuk wawancara dengan dua orang yang saling berhadapan sehingga kedua sumber suara dapat dikenali.

2.9.6 *Impedansi Microphone*

Impedansi adalah *ekspresi elektronik* yang mengukur jumlah resistansi sebuah *device* terhadap arus AC seperti sinyal audio, impedansi menggabungkan *efek kapasitansi, induktansi dan resistansi* dari sebuah sinyal. *Impedansi* diukur dalam ohm, dan dilambangkan dengan O atau huruf Z. Setiap *microphone* mempunyai spesifikasi tersendiri mengenai impedansinya masing-masing. Ada tiga klasifikasi umum untuk impedansi pada *microphone* yaitu :

- *Low Impedance* (kurang dari 600O)
- *Medium Impedance* (600O - 10,000O)
- *High Impedance* (lebih dari 10,000O)

Microphone dengan impedansi yang tinggi pada umumnya harganya murah, kekurangan dari jenis *microphone* ini adalah pada jarak yang jauh dengan menggunakan kabel sekitar 5 sampai 10 meter produksi suara akan terganggu antara lain hilangnya suara pada frekuensi tinggi. *Microphone* dengan impedansi yang rendah biasanya lebih banyak dipakai dan lebih baik.

Dalam mengghubungkan *microphone* dengan peralatan audio lainnya perlu juga diperhatikan impedansi dari peralatan tersebut, *microphone* dengan *impedansi* yang rendah harusnya dihubungkan dengan peralatan audio yang memiliki impedansi yang lebih tinggi atau sama, karena bila tidak akan terjadi penurunan level kekuatan sinyal.

2.9.7 Respon *Frekuensi Microphone*

Respon frekuensi microphone adalah kemampuan sebuah *microphone* untuk dapat beroperasi pada frekuensi terendah sampai dengan pada frekuensi tertinggi. *Respon frekuensi microphone* adalah karakteristik dari semua jenis microphone dimana beberapa frekuensi mengalami penguatan dan frekuensi lainnya mengalami peredaman. Pola dari frekuensi respon ada bermacam macam antara lain flat *frequency response* dan *shaped frequency response.*

2.10 *Total Harmonic Distortion*

Sebuah sinyal *sinusoidal* yang murni mempunyai suatu frekuensi di mana tegangannya berubah-ubah antara positif dan negatif. Banyak sinyal-sinyal yang bervariasi melebihi 360° *cycle* ternyata mempunyai distorsi. Suatu *amplifier* yang ideal harus dapat menguatkan suatu sinyal *sinusoidal* yang murni sehingga menghasilkan sinyal yang bentuknya sama dengan input tetapi telah mengalami penguatan. Ketika pada sinyal output terjadi *distorsi* maka sinyal itu tidak akan sama lagi bentuknya dengan sinyal input.

Distorsi dapat terjadi karena karakteristik dari rangkaian yang tidak *linear*. Ini dapat terjadi pada semua kelas *amplifier*. *Distorsi* juga dapat terjadi karena komponen dan respon rangkaian kepada sinyal input berbeda pada frekuensi yang berbeda, maka hal ini menjadi *distorsi* frekuensi. Suatu sinyal dinyatakan memiliki *harmonic distortion* ketika terdapat komponen *frekuensi harmonic.*