



**APLIKASI SISTEM EFEK SUARA PUTAR TERINTEGRASI  
(SURROUND SYSTEM)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**Imsyar Lubis Tandika A**

**NIM : 0710632006**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

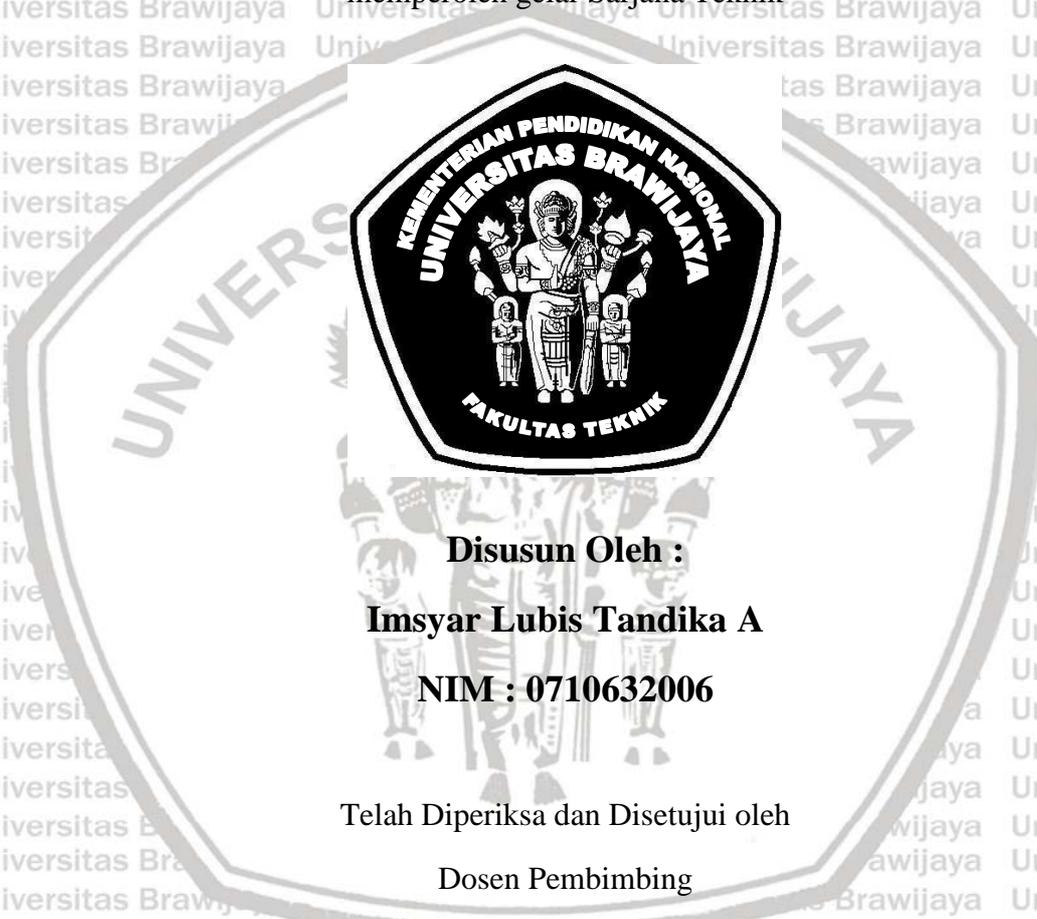
**2011**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**APLIKASI SISTEM EFEK SUARA PUTAR TERINTEGRASI  
(SURROUND SYSTEM)  
SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**  
**Imsyar Lubis Tandika A**  
**NIM : 0710632006**

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh  
Dosen Pembimbing

Dr. Agung Darmawansyah.,ST.,MT.

NIP. 19721218 199903 1 002

Mochammad Rif'an, ST., MT

NIP. 19710301 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**APLIKASI SISTEM EFEK SUARA PUTAR TERINTEGRASI  
(SURROUND SYSTEM)**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**Imsyar Lubis Tandika A**

**NIM : 0710632006**

Sripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 12 Agustus 2011

**Dosen Penguji**

**Panca Mudjirahardjo, ST., MT.**

**NIP. 19540720 198203 1 002**

**Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.**

**NIP. 19590304 198903 1 001**

**Ir. M. Julius ST., MS.**

**NIP. 19540720 198203 1 002**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Rudy Yuwono ST., M.Sc.**

**NIP. 19710615 199802 1 003**

## ABSTRAK

Imsyar Lubis Tandika Ahmad 0710632006-63. 2011. Aplikasi Sistem Efek Suara Putar Terintegrasi (*Surround System*). Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pembimbing: Dr. Agung Darmawansyah.,ST.,MT. dan Mochammad Rif'an, ST., MT

Rangkaian sistem efek suara putar terintegrasi merupakan sistem pendukung audio yang digunakan untuk melengkapi peralatan audio elektronik yang tidak memiliki fasilitas efek surround sehingga dapat memberikan kesan pendengaran yang lebih lengkap dalam suatu ruangan.dengan peralatan ini,pendengar memperoleh kesan dengar seakan-akan mendengarkan musik dalam suatu ruangan gedung konser yang di sekitarnya dikelilingi oleh banyak speaker. Sistem ini mengolah sinyal masukan *stereo*

Sinyal masukan *stereo* diolah oleh rangkaian masuk ke dalam rangkaian penjumlah yang akan di gunakan oleh kanal tengah , *sub woofer* dan yang utama sistem efek suara putar (*surround sistem*).sistem efek suara putar (*surround sistem*) ini memanfaatkan waktu tunda yang di dihasilkan oleh saluran tunda elektronik dengan menggunakan *IC register analog Bucket Brigade delay (MN3008)* dengan menggunakan waktu tunda yang diatur .Kanal tenga tersusun atas filter *band pass* dan *sub woofer* tersusun atas *low pass* yang meloloskan frekwensi rendah (*bass*)

Sistem efek suara putar (*surround sistem*) memiliki spesifikasi sebagai berikut: kanal depan memiliki frekwensi respon 20 Hz – 15 Khz; kanal suara putar (*surround*) memiliki respon frekwensi 20Hz - 12Khz ; kanal tenga meliki respon frekwensi 500Hz - 2500Hz; kanal *sub woofer* memilik respon frekwensi 80 Hz.Sistem ini bekerja dengan catu daya  $\pm 18$  Vdc. Dalam pengoperasioannya sistem ini di bantu oleh penguat daya.

Kata kunci : *stereo,sub woofer, surround sistem, IC register analog Bucket Brigade delay (MN3008)*

## PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul " **Aplikasi Sistem Efek Suara Putar Terintegrasi (Surround System)**".

Pengajuan skripsi ini merupakan persyaratan yang wajib ditempuh untuk meraih gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis berharap semoga ada pengembangan untuk dapat menyempurnakan skripsi ini, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukannya.

Sangat sulit rasanya menyatakan, bahwa penulis telah berhasil menyelesaikan skripsi ini, tanpa bantuan, bimbingan, dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Agung Darmawansyah.,ST.,MT., Pembimbing I,
  2. Bapak Mochammad Rif'an, ST., MT., Pembimbing II.
- yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Brawijaya, kepada:

1. Bapak Rudy Yuwono, ST, MSc., Ketua Jurusan Teknik Elektro,
2. Bapak M. Azis Muslim, ST., MT., Ph.D, Sekretaris Jurusan Teknik Elektro,
3. Bapak Ir. M. Julius St, MS, Ketua Kelompok Dosen Keahlian Bidang Elektronika,
4. Dosen penguji yang telah memberi masukan, kritik dan saran membangun bagi penulis,
5. Seluruh Dosen, Laboran, dan Staf pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
6. Seluruh mahasiswa Teknik Elektro terutama rekan-rekan Alih Program 2008, yang telah membantu hingga Skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya,
7. Terima kasih yang tak terhingga untuk keluarga saya yang senantiasa memberikan pengertian, perhatian, kasih sayang, dan doa selama studi hingga terselesaikannya skripsi ini.

Sebagai penutup, penulis berharap laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Malang, Agustus 2011

Penulis,

## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI .....	iii
ABSTRAK .....	iv
PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Tujuan .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Akustik .....	4
2.1.1. Akustik Ruang .....	4
2.1.2. Jenis Suara Didalam ruang .....	4
2.1.3. Rentang Frekuensi yang Diperlukan untuk Musik .....	4
2.1.4. Kriteria Akustik Ruangan .....	5
2.1.5. Akustik <i>Concert Hall</i> .....	6
2.1.6. Akustik Ruangan kecil .....	6
2.1.7. Perbaikan Akustik Ruangan .....	6
2.1.8. Teknik <i>Surround</i> dalam Sistem Audio .....	8
2.1.9. Mode-mode Pembuatan Kanal <i>Surround</i> .....	9
2.1.9. <i>Sub-Woofe</i> , dan Kanal Tengah Sistem .....	12
2.2. Rangkaian Penguat Operasional .....	13



2.2.1.	Pengikut Tegangan .....	13
2.2.2.	Penguat pengurang .....	14
2.2.3.	Rangkaian Penjumlah .....	16
2.3	Filter Aktif .....	17
2.3.1.	<i>Low Pass Filter</i> (LPF) .....	17
2.3.1.	<i>Band Pass Filter</i> (BPF) .....	21
2.4	Saluran Tunda .....	25
2.4.1.	Saluran Tunda Audio dengan <i>Bucket Brigade (BBD)</i> .....	25
2.4.2.	Filter Anti Aliasing dan Filter Rekonstruksi .....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1.	Perencanaan dan Pembuatan Alat .....	27
3.2.	Pengujian Rangkaian .....	27
<b>BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>		
4.1.	Penentuan Spesifikasi Alat .....	29
4.2.	Diagram blok .....	27
4.3.	Perencanaan Alat .....	30
4.3.1.	Perancangan Perangkat Keras .....	30
4.3.1.1.	Perancangan input sistem .....	30
4.3.1.2.	Perancangan Rangkaian <i>suf woofer</i> .....	30
4.3.1.2.	Perancangan Rangkaian Rangkaian Kanal Tengah ( <i>Center</i> ) .....	30
4.4.	Simulator Rangkaian dengan MULTISIM .....	34
4.5.	Simulasi .....	34
4.5.1.	Simulasi filter <i>band-Pass</i> sebagai <i>center</i> .....	34
4.5.2.	Simulasi filter <i>low-Pass</i> .....	35
4.6.	Kanal Suara Putar ( <i>Surround</i> ) .....	38
4.6.1.	Saluran Tunda <i>Bucket Brigade Delay (BBD)</i> .....	38
4.6.2.	Rangkaian Pembangkit Sinyal Pulsa .....	39

4.6.2.	Filter Anti Alasing dan Filter Rekonstruksi.....	40
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT</b>		
5.1.	Pengukuran dan analisis perubahan frekuensi pada Rangkaian <i>sub woofer</i> .....	43
5.2.	Pengujian pada Rangkaian Kanal Tengah ( <i>Center</i> ) .....	44
5.3.	Pengujian pada Rangkaian <i>Sub Woofer</i> .....	47
5.4.	Pengujian pada Rangkaian Kanal Suara Putar ( <i>Surround</i> ) .....	50
5.4.1.	Pengujian terhadap Rangkaian Saluran Tunda.....	40
5.5.	Pengujian terhadap Rangkaian Filter Antialiasing dan Filter Rekonstruksi .....	52
<b>BAB VI PENUTUP</b>		
6.1.	Kesimpulan .....	57
6.2.	Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>58</b>
<b>LAMPIRAN A</b>		
A-1	Gambar Rangkaian Keseluruhan .....	59
A-2	Gambar Sinyal Input & Output Keseluruhan.....	60
A-3	Gambar Layout PCB Dan Komponen .....	61
<b>LAMPIRAN B <i>Datasheet Komponen</i></b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Persyaratan-Persyaratan Rentang Frekuensi Untuk Bernacam-Macam Jenis Sinyal Audio.....	5
Gambar 2.2. Blok diagram proses mode <i>Dolby Surround</i> .....	10
Gambar 2.3. Blok diagram proses Mode <i>Natural Surround</i> .....	11
Gambar 2.4. Blok diagram proses Mode <i>Hall Surround</i> .....	11
Gambar 2.5. Blok diagram proses mode <i>Live Surround</i> .....	12
Gambar 2.6. Diagram blok sistem kanal tengah dan <i>sub woofer</i> .....	13
Gambar 2.7. Rangkaian Pengikut Tegangan.....	13
Gambar 2.8. Rangkaian penguat pengurang.....	15
Gambar 2.9. Rangkaian penguat penjumlah.....	16
Gambar 2.10 Perbandingan Respon Penguat <i>Low Pass Filter</i> .....	17
<b>Gambar 2.11</b> <i>Low Pass Filter Amplifier</i> .....	19
Gambar 2.12. Kurva reSDOn frekuensi <i>Band Pass Filter</i> .....	21
Gambar 2.13. Rangkaian <i>filter Delyiannis-Friend</i> .....	22
Gambar 2.14. Rangkaian dasar deretan pencuplik dan penahan dalam sistem penunda <i>Bucket Brigade</i> .....	25
Gambar 2.15 Rangkaian filter antialiasing dan filter rekonsruksi.....	26
Gambar 4.1. Blok Diagram rangkaian Penguat Akhir.....	29
Gambar 4.2 Rangkaian Filter <i>Low Pass</i> 40 dB/dekade.....	32
Gambar 4.3 Rangkaian kanal tengah.....	34
Gambar 4.4 Rangkaian simulasi <i>filter band-pass</i> sebagai <i>center</i> .....	35

Gambar 4.6 Rangkaian simulasi filter low-pass .....	36
Gambar 4.7 Grafik simulasi rangkaian filter <i>low-pass</i> .....	36
Gambar 4.8 Rangkaian simulasi filter <i>low-pass</i> sebagai <i>sub woofer</i> .....	37
Gambar 4.9 Grafik simulasi rangkaian filter <i>low-pass</i> sebagai <i>sub woofer</i> .....	37
Gambar 4.10. Diagram blok rangkaian kanal suara putar.....	38
Gambar 4.11. Rangkaian Saluran Tunda BBD.....	39
Gambar 4.12. Rangkaian Pembangkit Sinyal Pulsa.....	40
Gambar 4.13 Rangkaian filter <i>antialiasing</i> dan filter <i>rekonstruksi</i> .....	42
Gambar 4.14 Grafik simulasi rangkaian filter <i>low-pass</i> sebagai <i>sub woofer</i> .....	42
Gambar 5.1 Rangkaian filter Low-pass setelah dilakukan perancangan .....	45
Gambar 5.3 Grafik penguatan terhadap frekwensi yang dihasilkan oleh rangkaian <i>Sub Woofer</i> .....	49
Gambar 5.4 Sinyal yang dihasilkan oleh saluran tunda.....	53
Gambar 5.5 Grafik penguatan terhadap frekwensi pada rangkaian Filter <i>antialiasing</i> dan Filter <i>rekonstruksi</i> .....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Tabel karakteristik akustik *Concert Hall*.....6

Tabel 5.1 Hasil Pengujian rangkaian kanal tengah.....46

Tabel 5.2 Hasil Pengujian rangkaian kanal tengah.....47

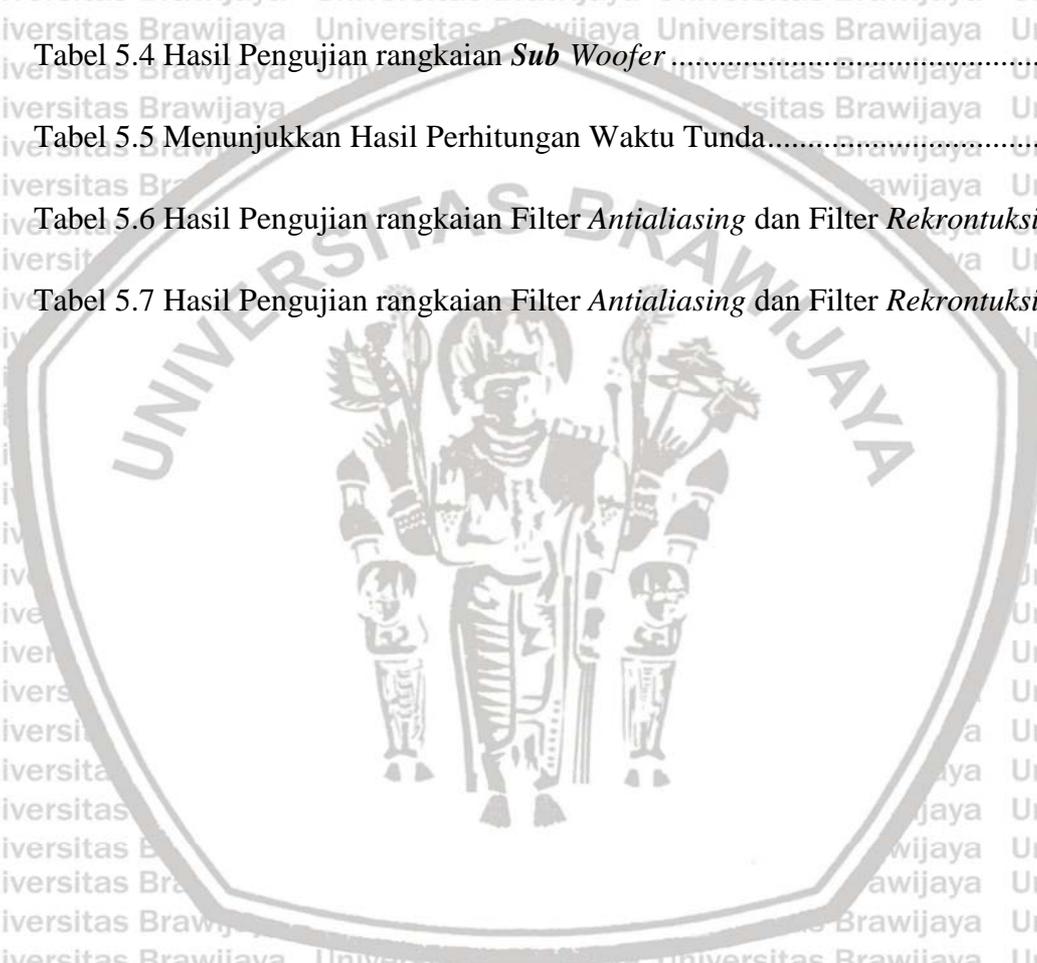
Tabel 5.3 Hasil Pengujian rangkaian *Sub Woofer* .....49

Tabel 5.4 Hasil Pengujian rangkaian *Sub Woofer* .....50

Tabel 5.5 Menunjukkan Hasil Perhitungan Waktu Tunda.....52

Tabel 5.6 Hasil Pengujian rangkaian Filter *Antialiasing* dan Filter *Rekrontuksi*...54

Tabel 5.7 Hasil Pengujian rangkaian Filter *Antialiasing* dan Filter *Rekrontuksi*...55



## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Mendapatkan kualitas sinyal keluaran yang bagus merupakan tujuan utama semua sistem pengolahan sinyal (*signal processing*). Demikian juga dalam pengolahan sinyal audio. Dalam pengolahan sinyal audio, dilakukan operasi-operasi tertentu untuk mendapatkan suatu respon serta sinyal keluaran sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Proses yang dominan dilakukan adalah dalam hal yang berkaitan dengan respon amplitudo dan respon frekuensi. Sedangkan kriteria yang diinginkan lebih mengarah kepada kualitas pengolah sinyal yang dipergunakan dalam mereproduksi sinyal audio dan kualitas akhir suara yang dihasilkan.

Kualitas pengolahan sinyal dapat diketahui dengan jalan melihat respon frekuensi, respon amplitudo, dan perbandingan sinyal terhadap *noise* yang terjadi. Kualitas suara lebih mengarah pada pengaruh yang ditimbulkan oleh efek-efek suara perasaan manusia. Untuk mengamati kualitas suara yang dihasilkan, memerlukan cara yang lebih rumit. Karena unsur-unsur yang berpengaruh dalam menghasilkan suara yang berkualitas sangatlah kompleks. Misalnya kualitas pengolah sinyal yang dipergunakan, transduser yang dipakai untuk mengubah sinyal dari domain listrik ke sinyal dalam domain akustik, atau sebaliknya, serta karakteristik akustik dari ruang dengar. Kesulitan pengamatan kualitas suara itu juga disebabkan oleh adanya unsur subyektifitas perasaan manusia sebagai pendengar. Setiap manusia mempunyai respon berbeda terhadap suara yang sama yang mereka dengar.

Seiring dengan berkembangnya teknologi dalam pengolahan sinyal serta meningkatnya kebutuhan untuk menikmati kualitas suara yang lebih baik, maka telah banyak dilakukan usaha perancangan dalam rangka meningkatkan kualitas suara. Usaha-usaha itu meliputi pengamatan secara statistik pengaruh efek-efek suara terhadap perasaan manusia, yang kemudian hasilnya digunakan sebagai acuan perancangan pengolah sinyal elektronik maupun perancangan ruang-ruang dengar yang juga merupakan pengolah sinyal dalam domain akustik.

Pada pengolahan sinyal audio oleh rangkaian elektronika telah dilakukan upaya untuk meningkatkan kualitas suara dengan jalan perancangan pada proses

perekaman, pemrosesan sinyal dalam domain frekuensi, pembuatan alat reproduksi suara dengan kualitas tinggi, pembuatan suara stereo dan kemudian ditingkatkan lagi dengan pembuatan mode suara putar (*surround*).

Di masa sekarang ini, banyak perangkat elektronika (audio) yang menawarkan kepuasan dalam menikmati suara keluaran audionya, yaitu dengan adanya fasilitas *surround*. Akan tetapi harganya lumayan mahal. Dengan kondisi perekonomian yang cukup sulit sekarang ini, hanya masyarakat kalangan menengah ke atas yang mampu memiliki perangkat seperti itu. Sedangkan kalangan menengah ke bawah lebih cenderung memilih produk yang murah meski merk tidak terkenal, asalkan produk itu berfungsi. Memang kepuasan tidak dapat diperoleh dari perangkat elektronik semacam ini, karena tidak dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas yang mampu meningkatkan kualitas audio, misalnya efek suara putar (*surround effect*).

Maka dari itu, diperlukan sebuah rangkaian elektronik mampu menghasilkan efek suara putar (*surround effect*) yang mampu meningkatkan kualitas audio dengan kualitas yang baik. Peralatan ini menggunakan 4 pengeras suara (*loud speaker*), yaitu sepasang *speaker* depan (L dan R), dan sepasang *speaker surround* (LS dan RS). Kesemuanya ini diintegrasikan dengan satu *speaker* kanal tengah (*center*) dan satu *speaker subwoofer*. Maka dari itu sistem ini dinamakan sistem suara putar terintegrasi (*synthesizer surround system*)

## I.2 Tujuan

Pada perancangan yang akan dilakukan ini, yang menjadi tujuan utama adalah mendapatkan sebuah rangkaian elektronika yang mampu meningkatkan kualitas keluaran audio pada perangkat elektronika yang berkaitan dengan audio. Untuk tujuan tersebut, dirancang sebuah sistem pengolah sinyal audio dengan keluaran 6 kanal dengan harapan akan menghasilkan efek suara putar (*surround*).

## I.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara untuk memberikan fasilitas yang mampu meningkatkan kualitas audio pada perangkat audio elektronik yang tidak dilengkapi dengan fasilitas efek suara putar (*surround effect*)

2. Merancang rangkaian sistem efek suara putar (*surround sistem*)
3. Merancang rangkaian filter yang mampu mendukung sistem yang akan dibuat
4. Bagaimana merancang penempatan komponen dalam PCB menggunakan program Protel DXP, dimana seluruh komponen dibangun di atas PCB.

#### I.4 Batasan Masalah

Mengacu permasalahan yang telah dirumuskan, maka batasan masalah dibatasi dalam hal-hal sebagai berikut:

- 1) Tidak membahas perancangan dan pengawatan catu daya
- 2) Dalam skripsi ini hanya dirancang bagian pemroses sinyal yang akan menghasilkan sinyal keluaran 4 kanal.
- 3) Pembahasan rangkaian akan fokus pada rangkaian *surround system*
- 4) Tidak dilakukan pengukuran distribusi medan bunyi yang dihasilkan dalam ruang dengar. Karena sifat efek suara putar yang subyektif dan kualitatif, maka pengujian kualitas suara dengan jalan uji dengar secara langsung, sehingga hasilnya tidak dinyatakan secara kuantitatif

## I. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Akustik

#### 2.1.1 Akustik Ruangan

Akustik adalah gejala pembangkitan, penjalaran, dan penerimaan energi gelombang yang bergetar pada suatu medium. Umumnya akustik dikaitkan dengan gelombang suara. Sedangkan yang dimaksud dengan akustik ruangan yaitu gejala pembangkitan, penjalaran, dan penerimaan energi gelombang suara pada medium udara di dalam suatu ruangan. Teknik suara *surround* mempunyai kemampuan untuk mengubah kesan dengar ruangan kecil seakan-akan menjadi ruangan besar. Dalam hal ini, ruangan besar yang dipakai acuan adalah jenis gedung konser (*Concert Hall*). *Concert Hall* merupakan ruangan besar yang khusus di rancang untuk pertunjukkan konser

#### 2.1.2 Jenis Suara di dalam Ruangan

Di dalam ruangan, gelombang suara akan merambat dalam berbagai arah dengan lintasan yang berbeda. Secara sederhana, suara dapat dibedakan dalam beberapa jenis

- a. Suara langsung yaitu suara yang mencapai pendengar tanpa mengalami pantulan.
- b. Suara pantulan, yaitu suara yang mengalami pantulan sebelum sampai ke pendengar.

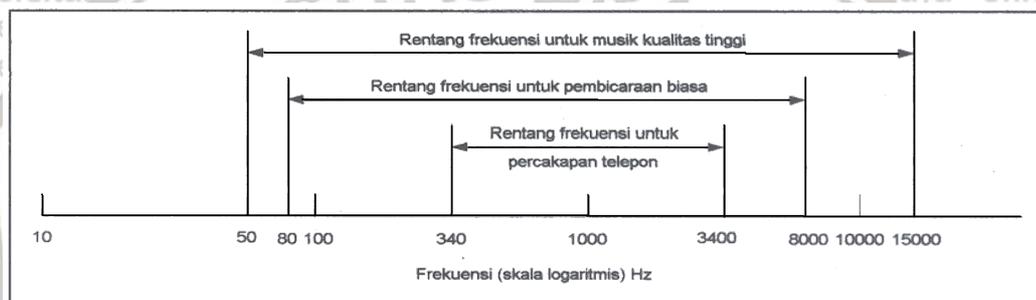
#### 2.1.3 Rentang Frekuensi yang Diperlukan untuk Musik

Analisis frekuensi langsung keluaran suatu orkestra yang besar menunjukkan bahwa energi suara meliputi daerah frekuensi antara 15 sampai 20.000 Hz. Tetapi uji pendengaran dengan suatu *audiensi* yang besar menunjukkan bahwa suatu rentang frekuensi yang jauh lebih sempit, yaitu dari 160-8.000 Hz, lebih disukai untuk reproduksi mono.

Sistem-sistem mono tidak memberikan kesan sifat menyebar (*diffuse*) dari sebuah orkestra dan cenderung untuk membuat pertunjukan tidak alamiah. Karena itu, kriteria "reproduksi yang alamiah" (*naturalness of reproduction*) atau "*fidelity*

yang sesungguhnya" mempunyai arti tidak terlalu penting untuk sistem mono.

Setiap sistem dapat disebut "*highfidelity*" jika sistem itu memenuhi persyaratan-persyaratan minimum tertentu, misalnya *bandwidth* minimum, distorsi amplitudo versus frekuensi yang minimum, distorsi harmonisa yang minimum, ataupun daerah dinamis yang minimum. Uji-uji terpisah lain, di mana suara disampaikan secara langsung dari sebuah orkestra ke suatu *audiensi* melalui sebuah "filter frekuensi akustis" (*acoustical frequency filter*), menunjukkan bahwa pendengar-pendengar jelas lebih menyukai daerah frekuensi yang penuh. Melihat bukti-bukti yang saling bertentangan ini dan dengan diperkenalkannya sistem stereo (*stereophonic sistem*), rentang frekuensi dari 50-15000 Hz umumnya sudah diterima sebagai cukup memuaskan untuk reproduksi music.



Gambar 2.1. Persyaratan-Persyaratan Rentang Frekuensi Untuk Bernacam-Macam Jenis Sinyal Audio

Sumber : Roddy, 1996

Bemacam-macam persyaratan daerah frekuensi diberikan ringkasannya dalam Gambar 2.1.

#### 2.1.4 Kriteria Akustik Ruangan

Kualitas akustik ruangan dapat dinilai dari faktor *intimacy* dan *clarity*. *Intimacy* adalah kriteria yang menggambarkan hasil perpaduan suara langsung dengan suara pantulan. *Intimacy* yang baik diperoleh jika waktu tunda antara suara langsung dengan suara pantulan pertama antara 10-50 ms. Pada interval waktu tersebut, suara pantulan terdengar sebagai kelanjutan suara langsung. Waktu tunda yang besar akan memberikan kesan terhadap suara pantulan sebagai sumber suara baru. Sedangkan *clarity* adalah kriteria yang menggambarkan

kejelasan arti suara. Suatu ruangan dikatakan mempunyai *clarity* yang baik jika level suara langsung lebih besar dari level suara pantulan.

### 2.1.5 Akustik Concert Hall

Waktu tunda yang panjang pada umumnya ditemui dalam ruangan yang besar. Hal ini dapat mengurangi kejelasan suara (*clarity*). Batasan ruangan besar dalam skripsi ini adalah ruangan tertutup dengan volume lebih besar dari 3000 m<sup>3</sup>. Karakteristik akustik beberapa gedung konser tertera dalam Tabel 1

Tabel 1 Tabel karakteristik akustik *Concert Hall*

NO	Gedung	Volume (m <sup>3</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )	Waktu tunda(ms)	
				Lantai	Balkon
1	Symphony Hall,Boston	18740	1550	15	7
2	Ochestra Hall,Chicago	15170	1855	40	24
3	Severen Hall,Cleveland	15700	1395	20	13
4	Carnegie Hall,New York	24250	1985	23	16
5	Arie Crow Theater,Chicago	36500	3265	36	14
6	Royal festifal Hall,London	22000	2145	34	14
7	Convert ge Bouw,Amterdam	18700	1285	21	9

Sumber : Roddy, 1996

### 2.1.6 Akustik Ruangan kecil

Batasan ruangan kecil di sini adalah ruangan yang volumenya kurang dari 3000 m<sup>3</sup>. Ruangan kecil seperti ruang tamu/ruang keluarga yang ada di rumah umumnya memiliki waktu tunda yang pendek. Permasalahan ini menyebabkan sulitnya mendengarkan musik di dalam ruangan kecil yang terasa seperti pertunjukan musik sebenarnya di ruangan musik.

### 2.1.7 Perbaikan Akustik Ruangan

Perbaikan akustik ruangan adalah pengaturan akustik ruangan sehingga diperoleh parameter akustik sesuai dengan kriteria ruangan yang dikehendaki. Permasalahan akustik, baik pada ruangan besar maupun kecil, menyebabkan

pentingnya perbaikan akustik ruangan. Cara yang sering diterapkan dalam perbaikan akustik *conser hall* antara lain sebagai berikut:

- Membuat panel-panel dinding yang dapat diputar. Salah satu sisi dinding memiliki koefisien penyerapan yang rendah dan sisi yang lain koefisiennya tinggi
- Membuat panel-panel penyerapan suara yang dapat diperluas dan dilipat.

Perbaikan akustik seperti di atas memerlukan biaya yang cukup mahal sehingga tidak efisien untuk diterapkan. Dalam ruangan kecil seperti di dalam rumah, perbaikan akustik ruangan kecil umumnya bertujuan untuk mengatur waktu tunda ruangan menjadi lebih panjang dan dapat dilakukan secara elektronik.

Pengaturan waktu tunda secara elektronik dapat dilakukan dengan cara antara lain:

- Loop pita kaset magnetik
- Mikrofon dan *speaker* yang di tempatkan pada ujung-ujung yang berlawanan pada sebuah pipa,
- rangkaian tunda elektronik dengan komponen utama berupa IC register geser analog.
- rangkaian tunda elektronik yang memproses suara secara digital.

Kualitas suatu sistem reproduksi suara dapat dinilai dari kemampuan sistem tersebut dalam menghasilkan suara sama seperti suara asli sumbernya. reproduksi suara yang mampu menghasilkan suara realistik seperti suara aslinya dikategorikan sebagai sistem *hifi*.

Berbagai jenis reproduksi suara masih terus dikembangkan mulai dari tata suara *monophonic* hingga *quadraphonic* sebagai upaya untuk mewujudkan kesan keaslian suara. Tata suara *surround* merupakan salah satu alternatif dalam mewujudkan reproduksi suara yang realistik

Secara ideal, suatu sistem reproduksi suara dikategorikan sebagai sistem *hi-fi* jika memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Rentang frekuensi suara reproduksi harus mampu melingkupi semua komponen suara sumber yang tersebar pada rentang frekuensi suara yang terdengar (*audible*), yaitu antara frekuensi 20 Hz -20 kHz. Spektrum suara reproduksi harus sama dengan spektrum suara sumber
- Suara reproduksi harus bebas dari distorsi.
- Pola suara ruangan yang merupakan komposisi suara langsung dan suara pantulan yang terdapat pada suara asli, harus mampu ditampilkan pada suara reproduksi

### 2.1.8 Teknik *Surround* dalam Sistem Audio

Sistem suara ada beberapa macam, yaitu antara lain *monophonic* (mono), *stereophonic* (stereo), dan *surround* (suara putar). Sistem mono merupakan sistem reproduksi suara satu kanal yang menyalurkan hanya satu jenis informasi dari sumber suara ke *speaker*, sumber suara ke *speaker*. Sistem stereo merupakan sistem reproduksi suara dua kanal yang mampu menyalurkan dua jenis informasi yang berbeda dari sumber suara ke *speaker*. Sistem suara putar (*surround*) merupakan sistem reproduksi suara dengan menggunakan dua pasang *speaker* (depan dan belakang) dengan memanfaatkan nada selisih dan penjumlahan masing-masing kanal keluaran, juga memanfaatkan waktu tunda 10- 50 ms.

Sistem suara putar merupakan peningkatan lebih lanjut sistem stereo yang telah ada. Tujuan utama bunyi *surround* adalah menciptakan suasana yang menyebabkan pendengar merasa bahwa bunyi yang didengarnya mempunyai suatu dimensi ruang yang melingkupinya. Teknik yang digunakan pada umumnya adalah dengan menambahkan sistem *speaker* tambahan pada perangkat stereo yang telah ada. Sistem *speaker* tambahan ini dipergunakan untuk melewatkan sinyal tundaan yang berupa selisih Kedua sinyal *stereo* (*L-R*)

Terdapat kelebihan-kelebihan dalam hal kualitas bunyi yang tidak diperoleh dari teknik *stereo* biasa, ternyata dapat dihasilkan pada teknik *surround*. Di dalam praktek, teknik *surround* mempunyai dua fungsi utama yaitu:

a. Sebagai Penambah Dimensi

Jika dalam *stereo* biasa menghasilkan efek dua dimensi riil yang frontal, maka pada sistem *surround* menampilkan dimensi yang lebih dari itu. Sistem ini menyajikan tiga dimensi riil yang mempunyai kedalaman, sehingga reproduksi sebuah rekaman musik akan terasa lebih hidup dan berdimensi.

b. Sebagai Media Efek Suara

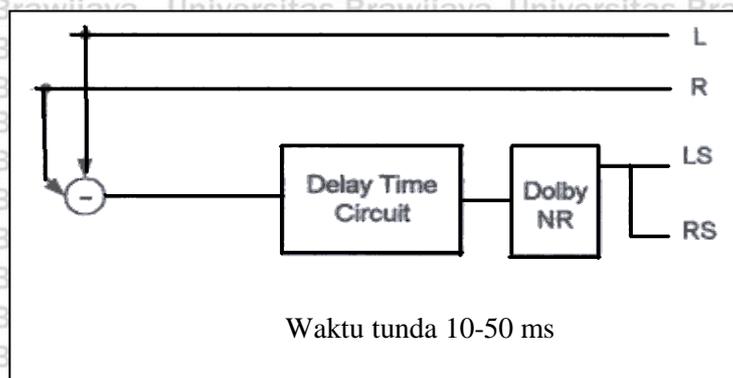
Efek suara *surround* yang dikodekan pada proses perekaman akan menambah bobot dan kualitas suara hasil rekaman itu. Efek suara yang telah dikodekan tersebut, pada proses reproduksi dikodekan lagi dan dikeluarkan melalui *speaker* kanal belakang.

### 2.1.9 Mode-mode Pembuatan Kanal Surround

Untuk memperoleh kanal *surround* dalam sistem audio, harus tersedia sebuah sumber yang mengeluarkan sinyal audio *stereo*. Sedangkan bagian utamanya adalah saluran tunda (*delay line*). Dalam pembuatan kanal *surround* tersebut terdapat beberapa model yang biasa digunakan, antara lain:

➤ **Dolby Surround**

Pada mode ini sinyal *surround* dikodekan ke dalam sinyal kiri (*L*) dan kanan (*R*). Pada proses reproduksi, informasi *surround* yang dikodekan lagi. Reproduksi suara *Dolby Surround* diperlihatkan cara kerjanya dalam Gambar 6.10. Sinyal *surround* dikodekan dengan cara mengurangi sinyal kiri dengan sinyal kanan (*L-R*). Hasil pengurangan tersebut akan diumpungkan ke *speaker* belakang (*surround speaker*, *LS* dan *RS*), setelah terlebih dulu dikuatkan pada rangkaian saluran tunda dan pereduksi *noise Dolby (Dolby NR)*.



Gambar 2.2. Blok diagram proses mode *Dolby Surround*

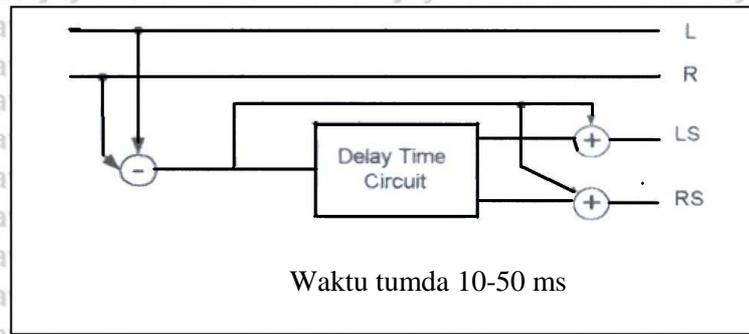
Sumber: Rossing, 1983

### ➤ *Natural Surround*

Mode ini diajukan sebagai mode yang lebih luwes dari *Dolby Surround*. Jika dalam *Dolby Surround* memerlukan proses perekaman tertentu dengan sinyal *surround* telah dikodekan dalam perekaman itu, maka dalam *Natural Surround* ini tidak diperlukan proses perekaman yang khusus, karena itulah dinamakan *Natural Surround*.

Setiap audio stereo dapat diberikan efek suara putar dengan metode ini. Dengan adanya pengurangan sinyal (L-R), yang dalam hal ini juga merupakan sinyal kanal depan (R dan L), maka mode *Natural Surround* juga dapat digunakan untuk mendekodekan informasi *surround* dari *Dolby*. Mode *Natural Surround* ini ditunjukkan dalam Gambar 6.11. Pada bagian akhir tidak terdapat pereduksi *noise* seperti pada *Dolby Surround*.

Sinyal keluaran dari rangkaian saluran tunda dijumlahkan dengan sinyal hasil pengurangan dua buah sinyal masukan, kemudian sinyal hasil penjumlahan tersebut diumpankan ke *speaker surround* (RS dan LS).



Gambar 2.3. Blok diagram proses Mode *Natural Surround*

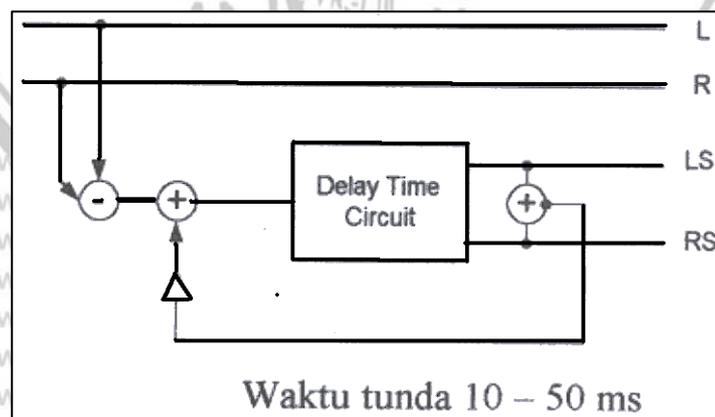
Sumber: Rossinll- 1983

➤ **Hall Surround**

Pada mode ini, sinyal masukan kanan dikurangkan sinyal masukan kiri. Hasil pengurangan ini dijumlahkan dengan sinyal keluaran saluran tunda yang di umpan balikkan lagi.

Sinyal keluaran dari saluran tunda, kanal belakang kiri (LS) dan kanal belakang kanan (RS), keduanya dijumlahkan kemudian diumpan balikkan lagi ke bagian masukannya. Sedangkan kanal depan kiri (L) dan kanal depan kanan (R) diambil dari kedua sinyal masukannya (stereo, R dan L).

Mode ini dimaksudkan untuk menirukan efek suara seperti pada pertunjukkan musik dalam sebuah gedung konser, sehingga dinamakan *Hall Surround*. Mode ini ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



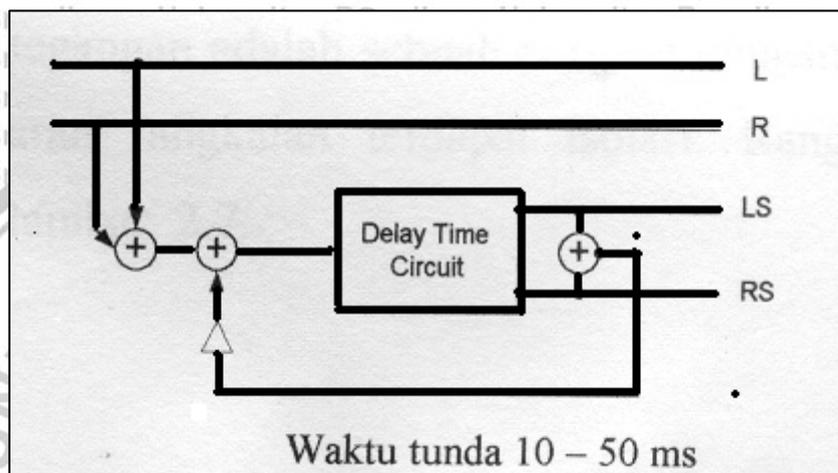
Gambar 2.4. Blok diagram proses Mode *Hall Surround*

Sumber: Rossing, 1983

### ➤ *Live Surround*

Jika pada mode-mode yang lain sinyal kiri dan sinyal kanan saling dikurangkan, maka dalam mode ini yang terjadi adalah sebaliknya. Sinyal kiri dan kanan dijumlahkan. Untuk hal yang lain sama dengan mode *Hall Surround*. Mode ini dipergunakan untuk menirukan efek suara seperti pada pertunjukkan musik di ruang terbuka, sehingga dinamakan mode *Live Surround*, yang ditunjukkan dalam

Gambar 2.5



Gambar 2.5. Blok diagram proses mode *Live Surround*

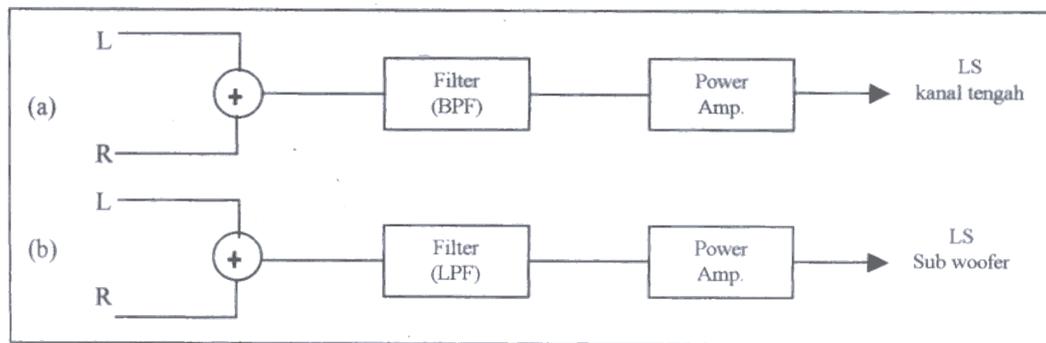
Sumber: Rossing, 1983

Pada mode-mode di atas, mode *Dolby Surround* dan *Natural Surround* digunakan pada sistem audio sajian visual (*video/film*), sedangkan mode *Hall Surround* dan *Live Surround* dipergunakan pada sajian musik. Secara umum pembuatan kanal *surround* dikelompokkan menjadi dua yaitu penundaan sinyal jumlahan (L+R) dan penundaan sinyal selisih (L-R).

#### 2.1.10 *Sub-Woofe*, dan Kanal Tengah Sistem

Audio *surround* pada umumnya dilengkapi dengan kanal *sub woofer* yang berfungsi untuk mengatur level frekuensi rendah (*bass*) secara khusus (terpisah), serta kanal tengah untuk pengaturan frekuensi tengah (frekuensi suara manusia). Sinyal keluaran perangkat audio dilewatkan rangkaian pelolos frekuensi rendah (LPF) dengan frekuensi *cut off* pada umumnya sekitar 100 Hz untuk *sub woofer*

(berdasarkan standar *Audio Engineering Society*), dan sebuah pelolos frekuensi *band* (BPF) untuk kanal tengah. Dari filter tersebut, sinyal barn dikuatkan oleh sebuah penguat (*amplifier*).Bagian ini ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Diagram blok sistem kanal tengah dan *sub woofer*.

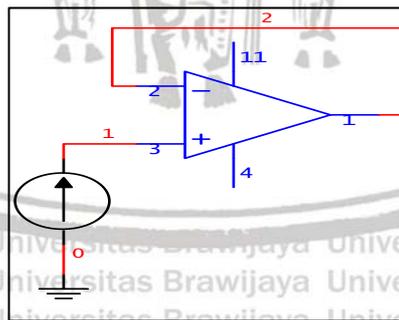
Sumber: Rossing. 1983

## 2.2 Rangkaian Penguat Operasional

### 2.2.1 Pengikut Tegangan

Pengikut tegangan disebut juga rangkaian *buffer* atau penyangga atau *unity gani amplifier*. Pengikut tegangan adalah sebuah penguat dengan penguatan satu.

Di antara masukan dan keluaran rangkaian terdapat isolasi. Rangkaian pengikut tegangan ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Rangkaian Pengikut Tegangan

Sumber: Coughlin dan DriscoII, 1992

Dengan rangkaian pengikut tegangan dasar, keluaran langsung terhubung pada 1 masukan membalik dan tegangan masukan dikenakan pada masukan tak

membalik. Resistansi umpan balik sama dengan 0, karena itu sesuai dengan penguatan tahapan untuk penguat tak membalik.

Karena pada pengikut tegangan ini  $R_2$  dan  $R_1$  tidak dipasang ( $R_2 = R_1 = 0$ ), maka penguatan  $A_{cl} = 1$ . Dengan kata lain, bila diberikan umpan balik 100%, maka akan selalu mengikuti masukannya. Tegangan masukan membalik akan selalu menyamai tegangan masukan tak membalik. Jadi selisih antara kedua masukan tersebut akan selalu cenderung nol.

Pengikut tegangan digunakan karena impedansi masukannya sangat tinggi ( $\geq 1M\Omega$ ) sehingga arus yang dialirkan sebuah sumber sinyal dapat diabaikan. Selain itu juga mempunyai impedansi keluaran yang rendah sehingga tidak mempengaruhi pembebanan pada tahap selanjutnya. Keuntungan ini menjadikannya amat ideal untuk menyangga rangkaian selanjutnya.

### 2.2.2 Penguat pengurang

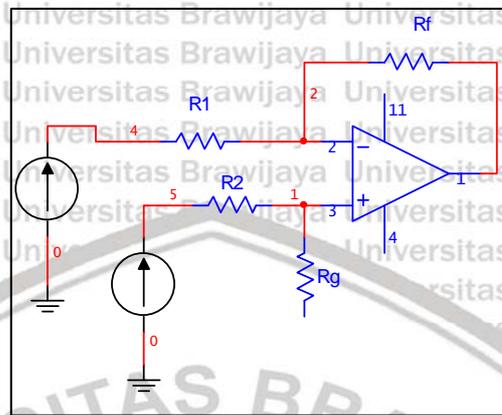
Penguat pengurang bisa mengukur maupun memperkuat isyarat-isyarat kecil yang terbenam dalam isyarat-isyarat yang jauh lebih besar. Empat tahanan presisi ( 1% ) dan sebuah *op-amp* membentuk sebuah penguat pengurang, seperti terlihat dalam Gambar 2.8. Dua terminal masukan, positif ( + ) dan negatif ( - ), dihubungkan dengan terminal *op-amp* yang terdekat. Jika  $V_2$  diganti oleh sebuah hubungan singkat,  $V_1$  menghadapi penguat pembalik dengan gain sebesar  $-m$ .

Karena itu, tegangan keluaran akibat  $V_1$  adalah  $-mV_1$ . Sekarang misalkan  $V_1$  dihubungkan-singkatkan  $V_2$  akan terbagi diantara  $R$  dan  $mR$  untuk menerapkan tegangan sebesar  $V_2m/(I+m)$  pada masukan (+) *op amp* tersebut. Tegangan yang terbagi ini menghadapi penguat tak membalik dengan *gain* sebesar  $(m+I)$ .

Tegangan keluaran akibat  $V_2$  adalah tegangan yang terbagi,  $V_2 m(I + m)$ , dikali *gain* penguat tak membalik itu,  $(I + m)$ , yang memberikan  $m V_2$ . Bila  $V_2$  dan  $V_1$  masing-masing ada di masukan (+) dan masukan (-), maka besamya  $V_o$  ditunjukkan oleh Persamaan 2.1.

$$V_o = mV_2 - mV_1 = m(V_2 - V_1) \quad (2.1)$$

Persamaan 2.1 memperlihatkan bahwa tegangan keluaran penguat pengurang,  $V_o$  sebanding dengan perbedaan tegangan yang diterapkan ke masukan (+) dan masukan (-). Pengali  $m$  disebut *gain* pengurang dan ditentukan oleh perbandingan tahanannya.



Gambar 2.8. Rangkaian penguat pengurang

Sumber: Coughlin dan Drisco11, 1992

Persamaan rangkaian penguat pengurang diperoleh dari:

Simpul b:

$$\frac{V_2 - V_b}{R_2} = \frac{V_b - 0}{R_g} \tag{2.2}$$

$$V_b = \left[ \frac{R_g}{R_2 + R_g} \right] \cdot V_2 \tag{2.3}$$

Simpul a:

$$\frac{V_1 - V_o}{R_1} = \frac{V_2 - V_o}{R_f} \tag{2.4}$$

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_1 + \left[ \frac{R_g}{R_1} \right] \cdot \left[ \frac{R_1 + R_f}{R_2 + R_g} \right] V_2 \tag{2.5}$$

Jika  $R_f = R_g$  dan  $R_1 = R_2$ ,  $V_1 =$ kanal R serta  $V_2 =$  kanal L, maka tegangan keluaran rangkaian:

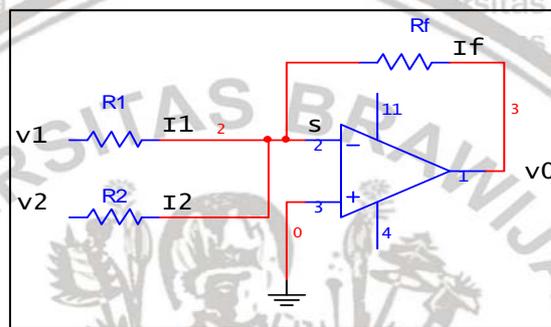


$$V_o = \frac{R_f}{R_1} (L - R) \tag{2.6}$$

### 2.2.3 Rangkaian Penjumlah

Rangkaian penjumlah pembalik yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9, menyamai jumlah tegangan masukan dengan polaritas terbalik. Dinyatakan secara matematis dalam Persamaan 2.7.

$$V_o = - (V_1 + V_2) \tag{2.7}$$



Gambar 2.9. Rangkaian penguat penjumlah

Sumber: Coughlin dan Drisco11, 1992

Cara kerja rangkaian dijelaskan dengan mengingat bahwa titik penjumlahan S dan masukan (-) nya berada pada potensial *ground*. Arus  $I_1$  ditentukan oleh  $V_1$  dan  $R_1$ , dan arus  $I_2$  ditentukan oleh  $V_2$  dan  $R_2$ . Dinyatakan secara matematis ditunjukkan dalam Persamaan 2.8 dan 2.9.

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \tag{2.8}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \tag{2.9}$$

Karena masukan (-) nya mengalirkan arus yang dapat diabaikan, maka  $I_1$  dan  $I_2$  semua mengalir melalui  $R_f$  Yaitu, jumlah arus masukannya mengalir melalui  $R_f$  dan menghasilkan penurunan tegangan sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.10.

$$V_o = - (I_1 + I_2) R_f$$



$$V_o = -\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}\right) R_f \quad (2.10)$$

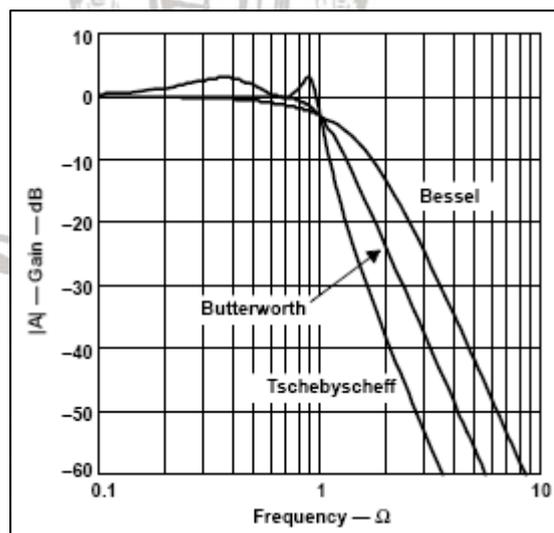
### 2.3 Filter Aktif

Filter adalah suatu rangkaian yang dirancang agar melewatkan suatu pita frekuensi tertentu dan memperlemah semua sinyal di luar pita frekuensi tersebut.

Filter aktif adalah rangkaian filter yang disusun dengan komponen-komponen aktif sebagai unsur utamanya. Komponen aktif yang biasa digunakan adalah penguat kerja (*op-amp*).

#### 2.3.1 Low Pass Filter (LPF)

Filter *low pass* dapat dirancang dengan karakteristik respon frekuensi yang berbeda-beda, sehingga terdapat bermacam-macam kemiringan. Filter aktif pada umumnya dapat disusun dengan beberapa komponen IC *op amp*. Berdasarkan jenis penguatannya, filter aktif *low pass* terdiri dari tipe Butterworth, Bessel dan Tschebyscheff. Filter Butterworth menyediakan permukaan pita yang datar. Oleh karena itu filter ini sering digunakan sebagai anti-aliasing di dalam converter aplikasi data yang memerlukan level sinyal yang presisi pada keseluruhan lebar pita. Kurva perbandingan Respon penguat *low pass filter* ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Perbandingan Respon Penguat *Low Pass Filter*

Sumber: Mancini, 2002:9

Dengan menggunakan persamaan topologi Sallen-Key maka dapat diperoleh persamaan tegangan ouput terhadap tegangan input untuk rangkaian filter yang ditunjukkan dalam Gambar 2.11 :

$$\frac{V_{in} - V_x}{Z_1} = \frac{V_x - V_{out}}{Z_2} + \frac{V_x - V_y}{Z_3} \quad (2.11)$$

Berdasarkan Hukum Kirchoff dapat diketahui persamaan arus di titik  $V_y$  sebagai berikut :

$$\frac{V_y}{R_3} = \frac{V_{out} - V_y}{R_4} \quad (2.12)$$

$$V_y R_4 = R_3 (V_{out} - V_y) \quad (2.13)$$

Apabila diketahui  $A_0 = 1 + \frac{R_4}{R_3}$  maka diperoleh persamaan :

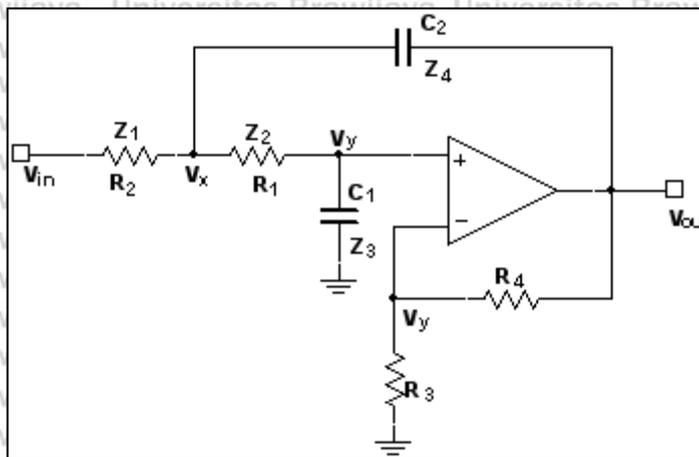
$$V_y = \frac{V_{out}}{A_0} \quad (2.14)$$

Sedangkan persamaan arus di titik  $V_x$  adalah sebagai berikut :

$$\frac{V_x - V_y}{Z_2} = \frac{V_y}{Z_3} \quad (2.15)$$

$$\frac{V_x - \frac{V_{out}}{A_0}}{Z_2} = \frac{\frac{V_{out}}{A_0}}{Z_3} \quad (2.16)$$

$$V_x = \frac{V_{out}}{A_0} \left( 1 + \frac{Z_2}{Z_3} \right) \quad (2.17)$$



Gambar 2.11 Low Pass Filter Amplifier

Sumber: Mancini, 2002:15

Sehingga diperoleh persamaan fungsi transfer sebagai berikut :

$$\frac{V_{in}}{Z_1} = \frac{V_{out}}{A_0} \left( \frac{Z_2 + Z_3}{Z_3 Z_1} \right) + \frac{V_{out}}{A_0} \left( \frac{Z_2 + Z_3(1 - A_0)}{Z_3 Z_4} \right) + \frac{V_{out}}{A_0} \frac{1}{Z_3} \quad (2.18)$$

$$\frac{V_{in}}{Z_1} = \frac{V_{out}}{A_0} \left( \frac{Z_4 Z_2 + Z_4 Z_3 + Z_1 Z_2 + Z_3 Z_1(1 - A_0) + Z_1 Z_4}{Z_3 Z_1 Z_4} \right) \quad (2.19)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left( \frac{A_0 Z_3 Z_4}{Z_4 Z_2 + Z_4 Z_3 + Z_1 Z_2 + Z_3 Z_1(1 - A_0) + Z_1 Z_4} \right) \quad (2.20)$$

Dengan mensubstitusikan  $Z_1=R_2$ ,  $Z_2=R_1$ ,  $Z_3 = \frac{1}{C_1 s}$ ,  $Z_4 = \frac{1}{C_2 s}$  ke dalam persamaan (2.20), sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0 \frac{1}{C_1 s} \frac{1}{C_2 s}}{R_1 \frac{1}{C_2 s} + \frac{1}{C_1 s} \frac{1}{C_2 s} + R_1 R_2 + R_2 \frac{1}{C_1 s} (1 - A_0) + R_2 \frac{1}{C_2 s}} \quad (2.21)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0}{R_1 C_1 s + 1 + R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + R_2 C_2 s(1 - A_0) + R_2 C_1 s} \quad (2.22)$$



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0}{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + [R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_2 (1 - A_0)]s + 1} \quad (2.23)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0 / R_1 R_2 C_1 C_2}{s^2 + \left[ \frac{R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_2 (1 - A_0)}{R_1 R_2 C_1 C_2} \right] s + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (2.24)$$

Nilai frekuensi cut off ( $f_c$ ) dan koefisien peredaman dapat diperoleh dengan persamaan umum fungsi alih rangkaian filter order kedua yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0 \omega_c^2}{s^2 + \alpha \omega_c s + \omega_c^2} \quad (2.25)$$

Perbandingan antara persamaan (2.24) dan persamaan (2.25) dapat diperoleh nilai frekuensi *cut off* sebagai berikut :

$$\omega_c^2 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \quad (2.26)$$

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (2.27)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (2.28)$$

Apabila  $A_0=1$  maka persamaan (2.23) dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\omega_c^2 R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + \omega_c C_1 (R_1 + R_2) s + 1} \quad (2.29)$$

Sehingga nilai koefisien peredaman adalah sebagai berikut :

$$a_1 = \omega_c C_1 (R_1 + R_2) \quad (2.30)$$

$$b_1 = \omega_c^2 R_1 R_2 C_1 C_2 \quad (2.31)$$

Apabila nilai  $C_1$  dan  $C_2$  sudah diketahui maka nilai  $R_1$  dan  $R_2$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut :



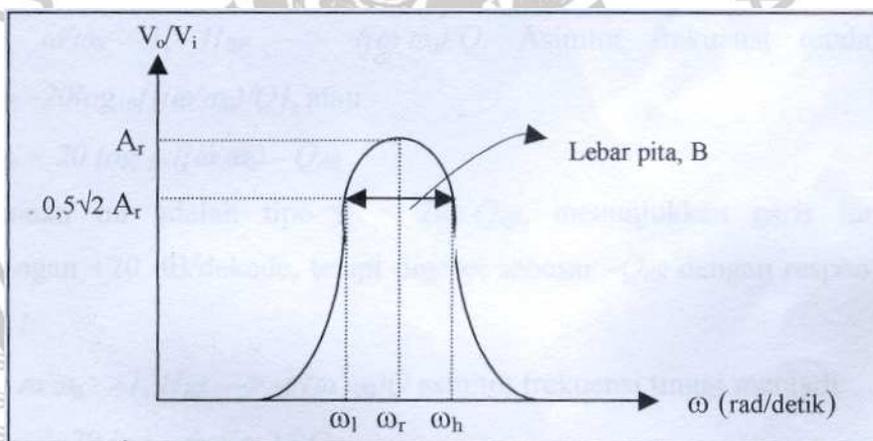
$$R_{1,2} = \frac{a_1 C_2 \mp \sqrt{a_1^2 C_2^2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2} \quad (2.32)$$

Agar persamaan akar kuadrat tidak bernilai negatif maka nilai  $C_2$  harus dicari dengan persamaan berikut :

$$C_2 \geq C_1 \frac{4b_1}{a_1} \quad (2.33)$$

### 2.3.2 Band Pass Filter (BPF)

Filter ini akan meloloskan frekuensi dalam range tertentu dan melakukan peredaman terhadap sinyal dengan frekuensi di luar jalur tersebut. Kurva respon frekuensi untuk filter ini ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



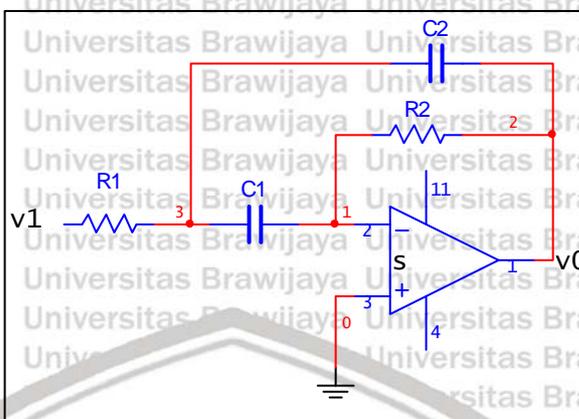
Gambar 2.12. Kurva reSDOn frekuensi *Band Pass Filter*

Sumber: Coughlin dan DriscoII, 1992

Puncak tegangan keluaran untuk filter tipe ini terdapat pada suatu frekuensi yang dikenal sebagai frekuensi resonansi,  $f_r$ . Di sekitar frekuensi resonansi ini, tegangan keluaran menurun

Frekuensi-frekuensi di atas dan di bawah  $f_r$  yang memiliki tingkat peredaman sebesar 3 dB disebut frekuensi *cut-off* atas ( $f_H$ ) dan frekuensi *cut-off*

bawah ( $f_l$ ). Rangkaian *band pass filter* (filter Delyiannis-Friend) ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Rangkaian filter Delyiannis-Friend

Sumber: Coughlin dan Driscoll, 1992

Besarnya selang frekuensi antara frekuensi *cut-off* atas dengan *cut-off* bawah disebut dengan lebar pita (*bandwidth*). Bila besarnya lebar pita kurang dari 10%  $f_r$ , maka dikatakan sebagai *band pass filter* pita sempit. Sedangkan jika lebih dari 10%  $f_r$ , maka disebut *band pass filter* pita lebar.

Dengan menggunakan persamaan topologi Sallen-Key maka dapat diperoleh persamaan tegangan output terhadap tegangan input untuk rangkaian filter yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13 :

Misal  $Z_1=R_1, Z_2=R_2, Z_3=R_3, Z_4=C$ ,

Maka diperoleh

$$\frac{V_{in} - V_x}{Z_1} = \frac{V_x - V_{out}}{Z_4} + \frac{V_x - V_x}{Z_4} + \frac{V_x - V_{OUT}}{Z_2} + \frac{V_x - 0}{Z_3} \quad (2.34)$$

Karena  $V_+ = V_- = 0$  maka diperoleh

$$\frac{V_{in} - V_x}{Z_1} = \frac{V_x - V_{out}}{Z_4} + \frac{V_x - 0}{Z_4} + \frac{0 - V_{OUT}}{Z_2} + \frac{V_x - 0}{Z_3} \quad (2.35)$$

$$\frac{V_{in} - V_x}{Z_1} = \frac{V_x - V_{out}}{Z_4} + \frac{V_x}{Z_4} - \frac{V_{OUT}}{Z_2} + \frac{V_x}{Z_3} \quad (2.36)$$



Berdasarkan Hukum Kirchoff dapat diketahui persamaan arus di titik  $V_x$  sebagai berikut :

$$\frac{V_x - V_-}{Z_4} = V_- \frac{-V_{out}}{Z_2} \tag{2.38}$$

$$\frac{V_x}{Z_4} = \frac{0 - V_{out}}{Z_2} \tag{2.39}$$

$$V_x = \frac{-V_{out} Z_4}{Z_2} \tag{2.40}$$

Perbandingan antara persamaan (2.36) dan persamaan (2.40) maka dihasilkan

$$\frac{V_{in} - \frac{-V_{out} Z_4}{Z_2}}{Z_1} = \frac{\frac{-V_{out} Z_4}{Z_2} - V_{out}}{Z_4} + \frac{\frac{-V_{out} Z_4}{Z_2}}{Z_4} - \frac{V_{OUT}}{Z_2} + \frac{-V_{out} Z_4}{Z_3} \tag{2.41}$$

setelah disederhanakan diperoleh

$$\frac{V_{in}}{Z_1} = \frac{V_{out} Z_4}{Z_1 Z_2} + \frac{2V_{OUT} Z_4}{Z_4 Z_1} - \frac{V_{OUT}}{Z_4} + \frac{V_{out} Z_4}{Z_2 Z_4} \tag{2.42}$$

$$\frac{V_{in}}{Z_1} = V_{OUT} \left( \frac{Z_4}{Z_1 Z_2} + \frac{2Z_4}{Z_4 Z_1} - \frac{1}{Z_4} + \frac{Z_4}{Z_2 Z_4} \right) \tag{2.43}$$

$$\frac{V_{in}}{Z_1} = V_{OUT} \left( \frac{Z_2 Z_4^2 = 2Z_3 Z_2 Z_4 - Z_1 Z_2 Z_3 - Z_1 Z_4^2}{Z_1 Z_2 Z_3 Z_4} \right) \tag{2.44}$$

$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = \left( \frac{Z_1 Z_3 Z_4}{Z_2 Z_4^2 = 2Z_3 Z_2 Z_4 - Z_1 Z_2 Z_3 - Z_1 Z_4^2} \right) Z_1 \tag{2.45}$$

$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = \left( \frac{Z_1 + Z_3}{Z_1 Z_2 Z_3 Z_4^2} \right) \tag{2.46}$$



karena  $Z_1=R_1, Z_2=R_2, Z_3=R_3, Z_4=C$ ,

Maka diperoleh

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{R_3 + R_{1s}}{R_2 R_3 R_1 C^2 s^2}}{-R_3 \left(\frac{1}{C_s}\right)^2 - 2\left(\frac{1}{C_s}\right)^2 R_2 R_3 - R_1 R_2 R_3 - R_1 \left(\frac{1}{C_s}\right)^2} \quad (2.47)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left( \frac{\frac{R_3 + R_{1s}}{R_2 R_3 R_1 C^2 s^2}}{-R_3 \left(\frac{1}{C_s}\right)^2 - 2\left(\frac{1}{C_s}\right)^2 R_2 R_3 - R_1 R_2 R_3 - R_1 \left(\frac{1}{C_s}\right)^2} \right)^x \quad (2.48)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{R_3 + R_{1s}}{R_2 R_3 R_1 C^2 s^2}}{-R_3 \left(\frac{1}{C_s}\right)^2 - 2\left(\frac{1}{C_s}\right)^2 R_2 R_3 - R_1 R_2 R_3 - R_1 \left(\frac{1}{C_s}\right)^2} \quad (2.49)$$

Nilai frekuensi cut off ( $f_c$ ) dan koefisien peredaman dapat diperoleh dengan persamaan umum fungsi alih rangkaian filter order kedua yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0 \omega_c^2}{s^2 + \alpha \omega_c s + \omega_c^2} \quad (2.50)$$

Perbandingan antara persamaan (2.49) dan persamaan (2.50) dapat diperoleh nilai frekuensi *cut off* sebagai berikut :

$$\omega_c^2 = \frac{R_3 + R_{1s}}{R_2 R_3 R_1 C^2 s^2} \quad (2.51)$$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{R_3 + R_{1s}}{R_2 R_3 R_1 C^2 s^2}} \quad (2.52)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_3 + R_{1s}}{R_2 R_3 R_1}} \quad (2.53)$$



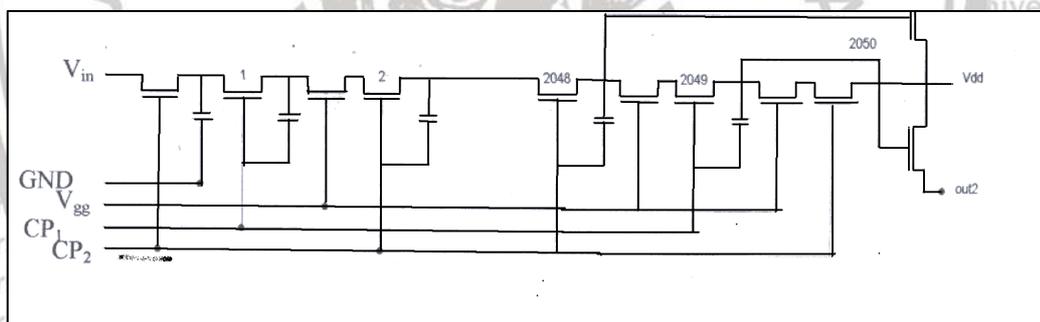
## 2.4. Saluran Tunda

### 2.4.1 Saluran Tunda Audio dengan *Bucket Brigade (BBD)*

Saluran tunda audio secara luas digunakan dalam sistem audio menimbulkan efek-efek suara seperti reverberasi, efek *echo*, efek *chorus*, dan *phasing*. Saluran tunda juga dapat digunakan untuk mensintesisakan efek suara putar (*surround*) serta efekperluasan ruangan semu.

*Integrated circuit (IC)* saluran tunda analog dikenal dengan BBD (*Bucket Brigade Delay*) atau CCD (*Charge Couple Device*) (Benson dan Fink, 1992).

Pada dasarnya masing-masing IC ini berisi ratusan sel memori analog (*sample and hold*), yang terhitung secara seri. Deretan rangkaian *sample and hold* ini diberi masukan pulsa *clock* eksternal, sehingga berlaku seperti register geser analog. Sinyal yang masuk digeser sesuai dengan besarnya frekuensi *clock* keluaran, sehingga dihasilkan sinyal yang tertunda waktunya. Gambar 2.14 menunjukkan rangkaian dasar IC BBD.



Gambar 2.14. Rangkaian dasar deretan pencuplik dan penahan dalam sistem penunda *Bucket Brigade*.

Sumber : Matsusita, 1990

### 2.4.2 Filter Anti Aliasing dan Filter Rekonstruksi

Pada proses *sampling*, perbandingan antara frekuensi pencuplik dengan frekuensi sinyal yang dicuplik haruslah memenuhi kriteria pencuplik Nyquist.

Sebab, jika terjadi ketidaktepatan frekuensi *sampling*, akan terjadi cacat dalam pembentukan kembali pada tahap akhir. Fenomena ini biasa disebut dengan *aliasing*.

Demikian pula pada proses pencuplikan sinyal audio oleh IC BBD ini.

Untuk menghindari terjadinya peristiwa aliasing tersebut, langkah yang harus dilakukan adalah melakukan pembatasan frekuensi sinyal audio yang akan *di-sampling*, sehingga akan lenuhi kriteria *sampling* Nyquist, yaitu sebagai berikut:

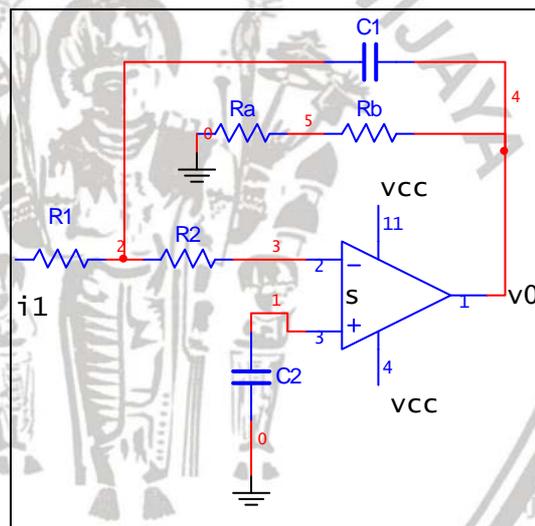
$$F_s \geq 2f$$

Dengan,  $f_s$  = frekwensi sampling

$f$  = frekwensi sinyal yang akan di sampling

Filter yang demikian dinamakan filter anti aliasing. Filter ini menggunakan rangkaian *low pass filter*, yang pada kali ini menggunakan filter orde 2.

Rangkaian filter ini ditunjukkan dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Rangkaian filter antialiasing dan filter rekonsruksi

Sumber: Coughlin dan Driscoll, 1992

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang terdiri atas beberapa blok sub sistem. Sistem ini dirancang menggunakan teknik modular yang masing-masing bagian dibuat secara terpisah dan bekerja saling mendukung satu sama lainnya. Perancangan sistem ini dibuat menjadi 4 buah modul fungsional, yaitu rangkaian penguat, rangkaian kanal tengah (*center*), rangkaian *sub woofer*, rangkaian kanal suara putar (*surround*).

Sinyal keluaran rangkaian penguat akan diolah kembali oleh 3 modul rangkaian lainnya

Proses pembuatan diawali dengan perancangan skema lengkap rangkaian *surround* sehingga dapat dilakukan proses pencetakan layout PCB. Pemasangan komponen dilakukan secara bertahap berdasarkan blok-blok rangkaian. Setiap komponen pada blok rangkaian yang telah terpasang dalam PCB harus dilakukan pengujian terlebih dahulu apakah blok rangkaian tersebut sudah dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Hal ini dilakukan agar kesalahan dapat diketahui lebih awal.

#### 3.2 Pengujian dan Analisis

Setelah dilakukan proses pembuatan alat maka selanjutnya adalah proses pengujian. Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui dan menganalisis apakah alat yang telah dibuat memiliki spesifikasi yang sesuai dengan perancangan. Pengujian ini yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian rangkaian tiap-tiap blok rangkaian
2. Menggabungkan rangkaian tiap-tiap blok menjadi sebuah sistem
3. Melakukan pengujian rangkaian secara keseluruhan
4. Mengevaluasi hasil pengujian keseluruhan sistem

Semua pengujian dilakukan dengan pengukuran dan perhitungan terhadap parameter tertentu pada tiap blok rangkaian terlebih dahulu kemudian dilakukan

pengujian alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan untuk mengamati respon keluaran terhadap perubahan masukan dan kemudian diambil datanya untuk dianalisis dan dibandingkan dengan hasil perancangan. Kesimpulan diambil berdasarkan data hasil pengujian dari alat yang telah dirancang secara per blok rangkaian maupun fungsi secara keseluruhan.



#### IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Penyusunan dan penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini didasarkan pada metode studi literatur, penentuan spesifikasi alat, perancangan serta pembuatan alat, dan pengujian alat serta analisis. Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk merealisasikan alat ini antara lain adalah:

##### 4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

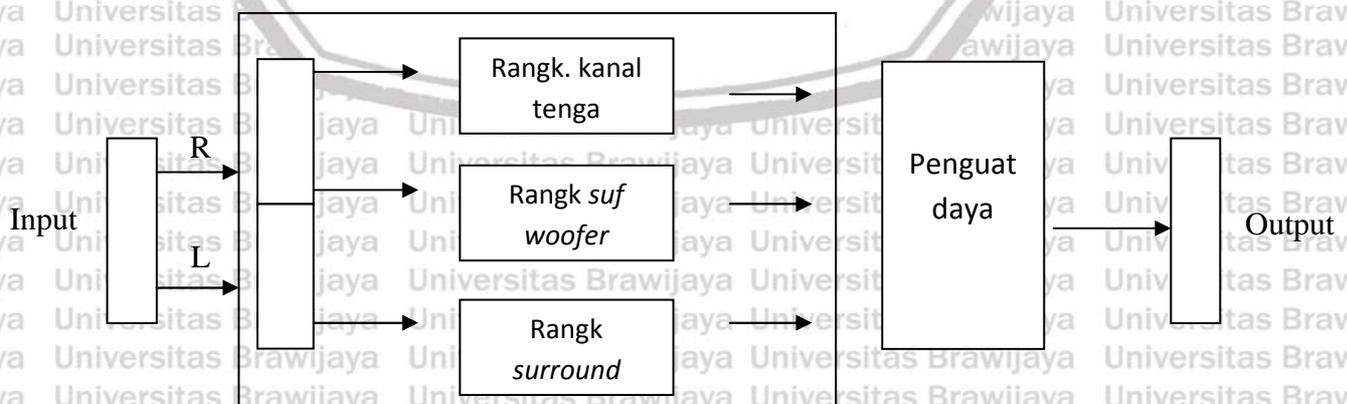
Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. frekuensi yang digunakan dalam modul rangkaian kanal tengah (*center*) ialah 300 Hz—3 kHz,
2. frekuensi yang digunakan dalam modul rangkaian *sub woofer* ialah 100 Hz,
3. waktu tunda yang digunakan dalam modul rangkaian kanal *surround* ialah 15, 20, 40 ms yang mewakili waktu tunda beberapa gedung konser.

##### 4.2 Diagram Blok

Agar perancangan dan perealisasiian alat berjalan secara sistematis maka perlu dirancang diagram blok yang menjelaskan sistem yang dirancang dibuat secara garis besar.

Blok diagram sistem yang direncanakan dapat dilihat dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok Diagram rangkaian Penguat Akhir

Fungsi masing-masing blok adalah sebagai berikut:

- 1) Input, berupa sinyal music stereo yang berasal dari *Tape* atau *Mp3*.
- 2) Rangkaian kanal tengah (*center*) untuk menghasilkan sinyal audio dengan frekwensi audio manusia (300 Hz – 3 kHz).
- 3) Rangkaian *sub woofer* untuk menghasilkan sinyal audio *bass* dengan frekwensi 100 Hz (berdasarkan standar *Audio Engineering Society*),
- 4) Rangkaian kanal *surround* untuk menghasilkan efek suara putar dalam gedung konser (*hall surround*).
- 5) Output, sinyal akhir yang dihasilkan oleh rangkaian yang nantinya akan dilanjutkan ke audio power amplifier kemudian ke sound sistem.

#### 4.3 Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat memberikan hasil sesuai dengan yang telah direncanakan. Bentuk Perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

##### 4.3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat dilakukan pada masing-masing bagian sesuai blok diagram alat yang dapat dilihat dalam Gambar 4.1. Perancangan ini bertujuan untuk mengetahui apakah tiap-tiap blok sistem telah sesuai dengan seluruh sistem yang direncanakan. Perancangan yang dilakukan meliputi :

###### 4.3.1.1 Perancangan input sistem

Perancangan ini dilakukan untuk mengetahui sinyal input yang nantinya akan masuk dalam rangkaian *surround*. Input, berupa sinyal music stereo yang berasal dari *Tape* atau *Mp3*.

###### 4.3.1.2 Perancangan Rangkaian *sub woofer*

Rangkaian filter low pass ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Berdasarkan tabel koefisien butterworth order kedua diketahui bahwa  $a_1=1,4142$  dan  $b_1=1,0000$ .

Apabila nilai  $C_1$  dipilih sebesar 2 nF maka nilai  $C_2$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut,

$$C_2 \geq C_1 \frac{4b_1}{a_1^2}$$

$$C_2 \geq 2 \cdot 10^{-9} \frac{4 \cdot 1}{(1,4142)^2}$$

$$C_2 \geq 4nF$$

Apabila diketahui  $C_1=2$  nF,  $C_2=4,7$  nF,  $f_c=12$  kHz,  $a_1=1,4142$  dan  $b_1=1,000$  maka dengan persamaan (2.32), nilai  $R_1$  dan  $R_2$  adalah sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{a_1 C_2 - \sqrt{a_1^2 C_2^2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2}$$

$$R_1 = \frac{1,4142 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} - \sqrt{1,4142^2 \cdot (4,7 \cdot 10^{-9})^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}}{4 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}$$

$$R_1 = 2915,08 \cong 2,9 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{a_1 C_2 + \sqrt{a_1^2 C_2^2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2}$$

$$R_2 = \frac{1,4142 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} + \sqrt{1,4142^2 \cdot (4,7 \cdot 10^{-9})^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}}{4 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}$$

$$R_2 = 6472,47 \cong 6,4 \text{ k}\Omega$$

Apabila diketahui  $C_1=2$  nF,  $C_2=4,7$  nF,  $f_c=80$ Hz,  $a_1=1,4142$  dan  $b_1=1,000$  maka dengan persamaan (2.32), nilai  $R_1$  dan  $R_2$  adalah sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{a_1 C_2 - \sqrt{a_1^2 C_2^2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2}$$

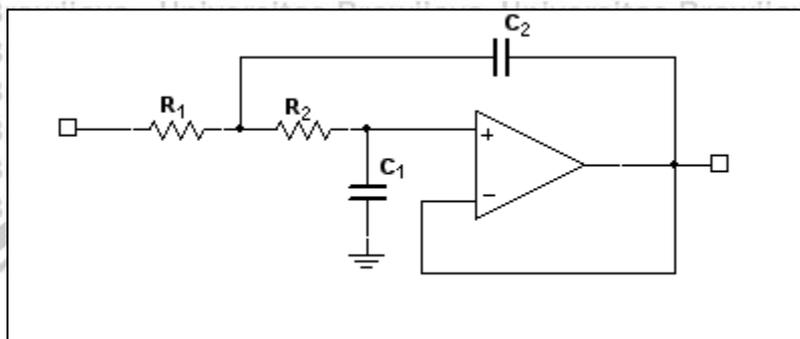
$$R_1 = \frac{1,4142 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} - \sqrt{1,4142^2 \cdot (4,7 \cdot 10^{-9})^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}}{4 \cdot 3,14 \cdot 80 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}$$

$$R_1 = 11428,57 \cong 11,4 \text{ k}\Omega = 12 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{a_1 C_2 + \sqrt{a_1^2 C_2^2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2}$$

$$R_2 = \frac{1,4142 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} + \sqrt{1,4142^2 \cdot (4,7 \cdot 10^{-9})^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}}{4 \cdot 3,14 \cdot 80 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}$$

$$R_2 = 22472,47 \cong 22,4 \text{ k}\Omega = 24 \text{ k}\Omega$$



Gambar 4.2 Rangkaian Filter *Low Pass* 40 dB/dekade

#### 4.4.1.3 Perancangan Rangkaian Rangkaian Kanal Tengah (*Center*)

Rangkaian kanal tengah dimaksudkan untuk melewatkan frekuensi suara secara khusus, juga untuk memperhalus perpindahan suara yang terjadi antara speaker kiri dan speaker kanan. Rangkaian ini tersusun oleh rangkaian *band pass filter*. Tujuannya Mengetahui respon frekuensi rangkaian kanal tengah dan penguatan rangkaian kanal tengah

Rangkaian kanal tengah khusus digunakan untuk melewatkan frekuensi tengah, yang dalam perancangan ini frekuensi yang digunakan ialah 300 Hz - 3 kHz. Metode perancangan *band pass filter* disesuaikan dengan kriteria :

- frekuensi bawah,  $f_b = 300 \text{ Hz}$
- frekuensi atas,  $f_a = 3000 \text{ Hz}$
- frekuensi tengah,  $f_m = (f_b - f_a) : 2$

$$= (3000 - 300) : 2$$

$$= 1350 \text{ Hz}$$

komponen rangkaian ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- menentukan besarnya Q (Quality factor) = 10
- jika  $C_1=C_2=C$ , maka C yang digunakan sebesar 100 nf

$$Q = \pi f_m R_2 C$$

$$R_2 = \frac{Q}{\pi f_m C}$$

$$= \frac{10}{\pi \cdot 1350 \text{ Hz} \cdot 100 \text{ nf}}$$

$$= \frac{10}{3.14 \cdot 1350 \cdot 100 \cdot 10^{-9}}$$

$$= \frac{2,359 \cdot 10^{-5}}{10^{-9}}$$

$$= 23590 \text{ ohm}$$

$$= 23 \text{ k}\Omega$$

$$A_m = -\frac{R_2}{2R_1}$$

$$R_1 = \frac{R_2}{-2A_m}$$

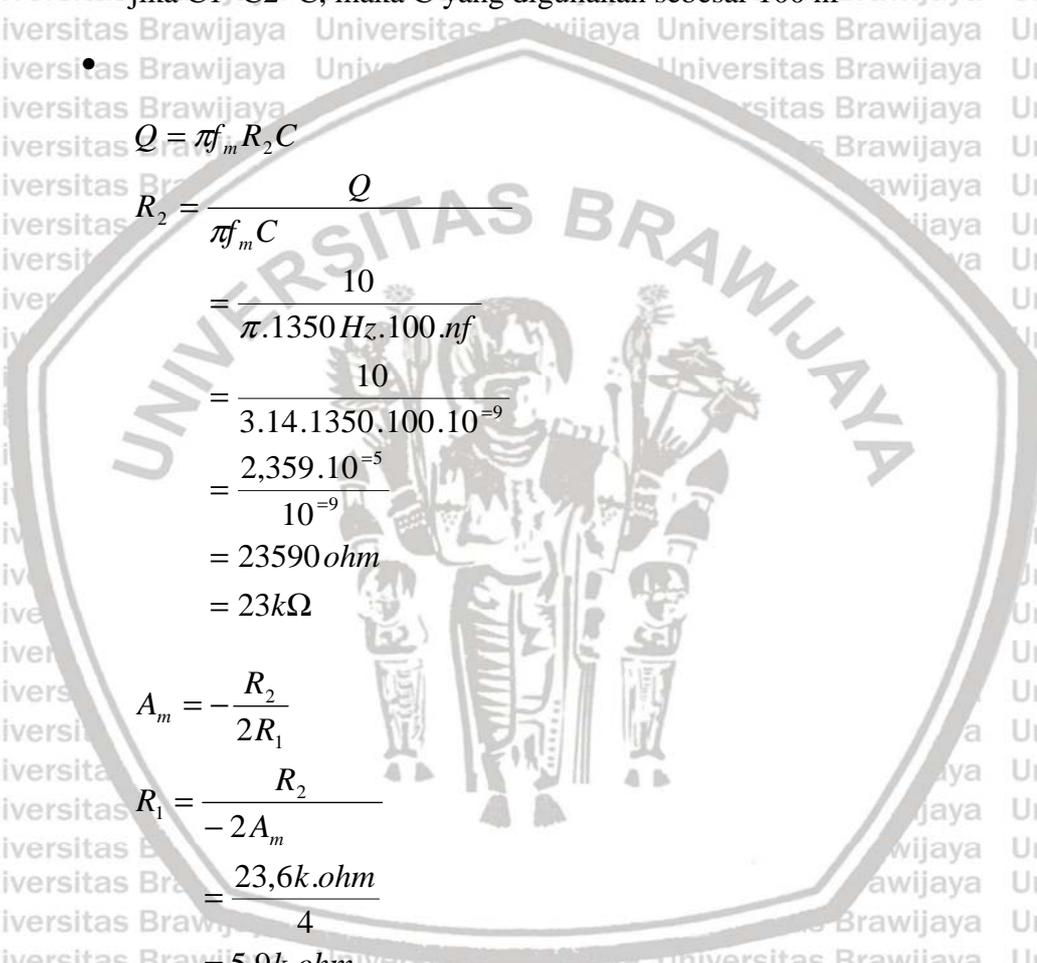
$$= \frac{23,6 \text{ k.ohm}}{4}$$

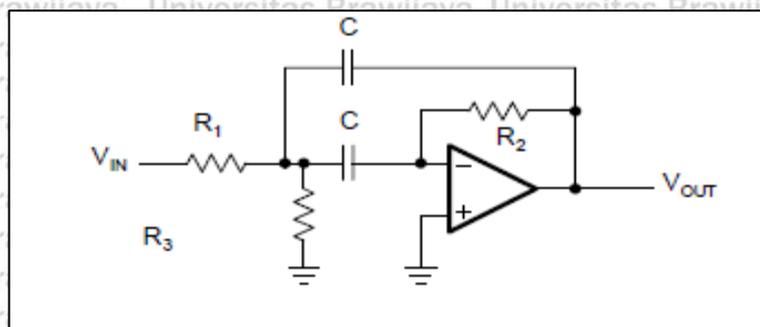
$$= 5,9 \text{ k.ohm}$$

$$R_3 = \frac{-A_m R_1}{2Q^2 - A_m}$$

$$= \frac{2,5,9}{4}$$

- $200 - 2$   
 $= 59,59 \Omega$





Gambar 4.3 Rangkaian kanal tengah

#### 4.4 Simulator Rangkaian dengan MULTISIM

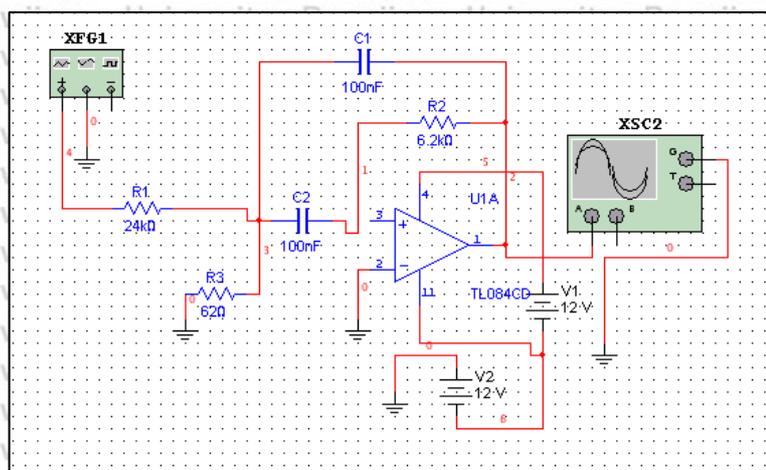
MULTISIM merupakan program simulator rangkaian elektronis yang luas digunakan. Masukan untuk MULTISIM adalah perincian semua unsur rangkaian (nilai komponen, jalur rangkaian dan pentanahan) termasuk parameter. Keluaran simulator yang diinginkan ditentukan oleh pengguna yang mungkin menggunakan tabel atau grafik yang menunjukkan bentuk sinyal, karakteristik respons frekuensi, fungsi alih, tegangan, arus pada suatu titik simpul, dan sebagainya.

Ketepatan numerik intern program simulator sangat tinggi, kesalahan jarang melebihi 1%. Ketepatan simulasi MULTISIM untuk meramalkan performa untuk kerja rangkaian sepenuhnya tergantung pada seberapa lengkap dan benar masukkan dalam menggambarkan rangkaian fisik yang sebenarnya

#### 4.5. Simulasi

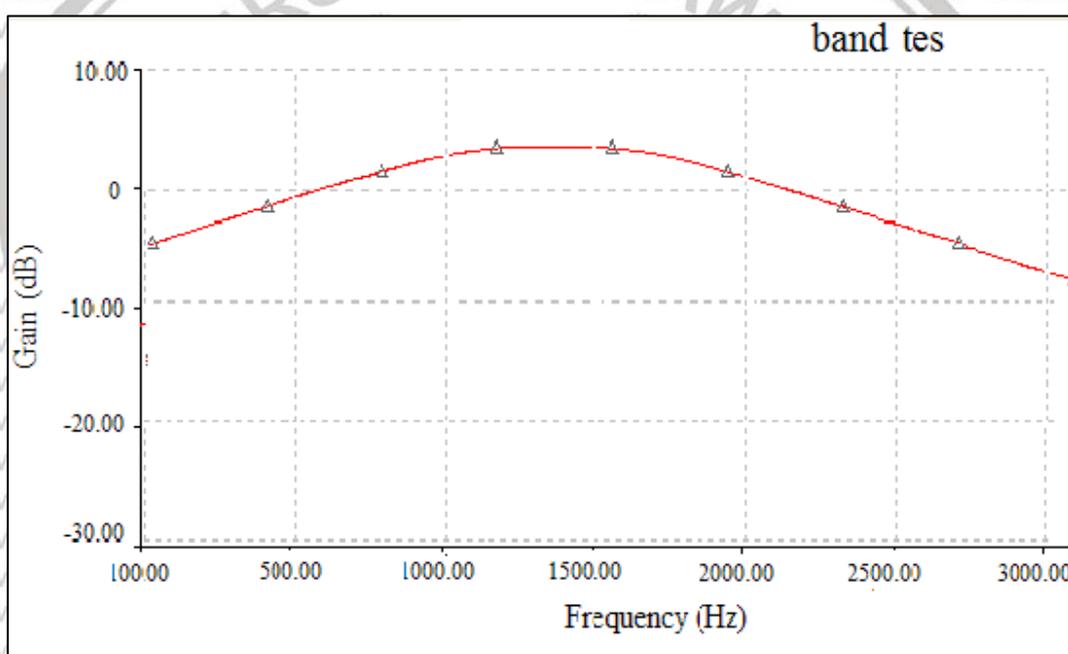
##### 4.5.1 Simulasi filter *band-Pass*

Simulasi yang dilakukan pada filter *band-pass* ini bertujuan untuk mengetahui grafik respons frekuensi, dan bentuk tanggapan keluaran apabila rangkaian *band-pass* diberi masukan berupa tegangan dengan besar amplitudo dan frekuensi tertentu.



Gambar 4.4 Rangkaian simulasi filter band-pass sebagai center.

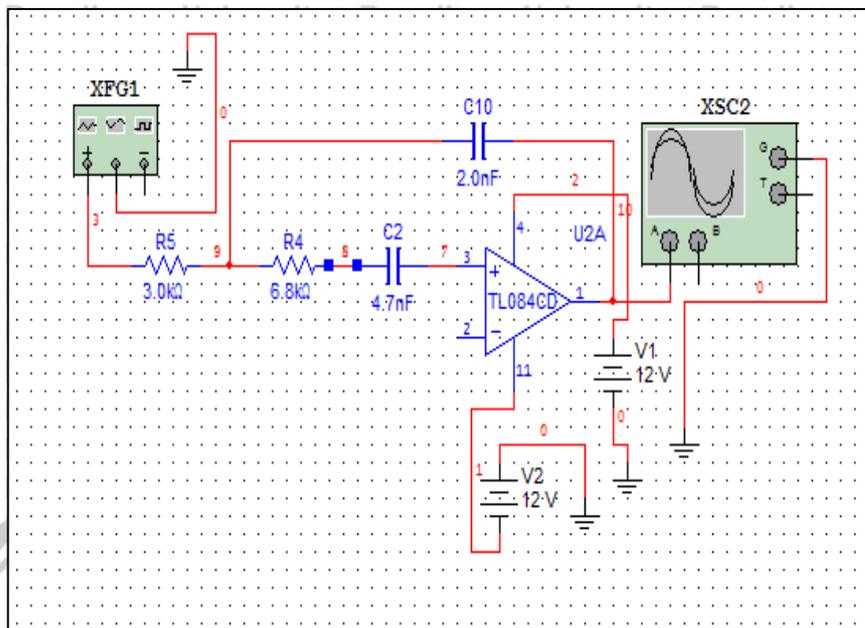
Gambar rangkaian filter band-pass yang disimulasi menggunakan program MULTISIM ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik simulasi rangkaian filter band-pass sebagai center

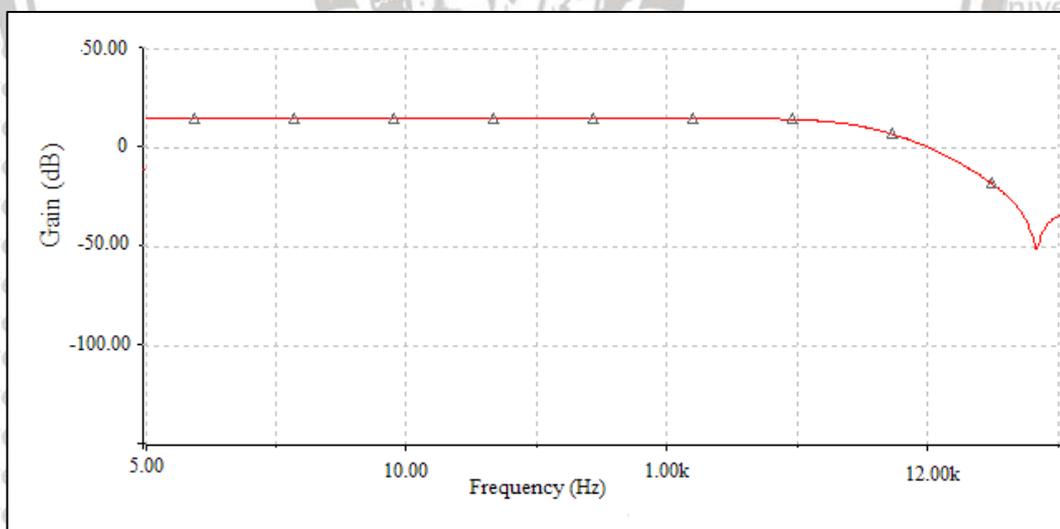
#### 4.5.2 Simulasi filter low-Pass

Simulasi yang dilakukan pada filter low-pass ini bertujuan untuk mengetahui grafik respon frekuensi, dan bentuk tanggapan keluaran apabila rangkaian low-pass diberi masukan berupa tegangan dengan besar amplitudo dan frekuensi tertentu.

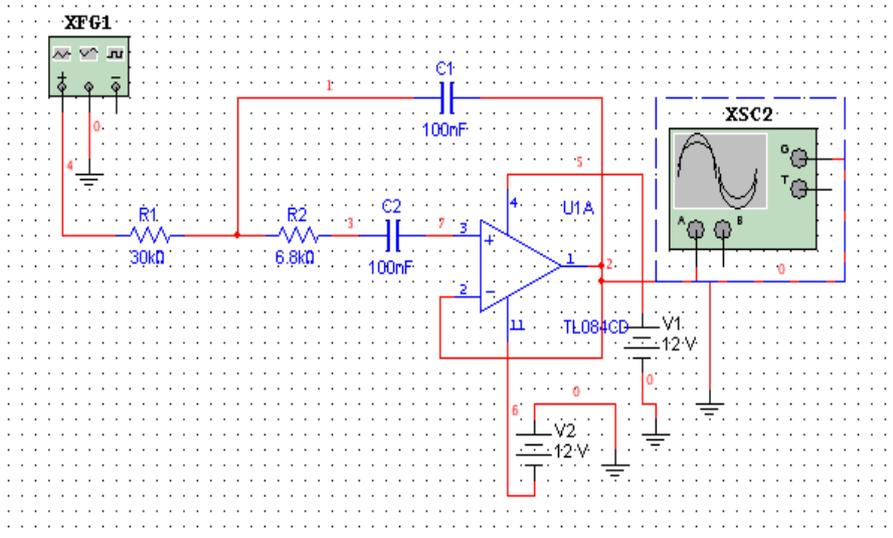


Gambar 4.6 Rangkaian simulasi filter low-pass

Gambar rangkaian filter *low-pass* yang disimulasi menggunakan program MULTISIM ditunjukkan dalam Gambar 4.7.

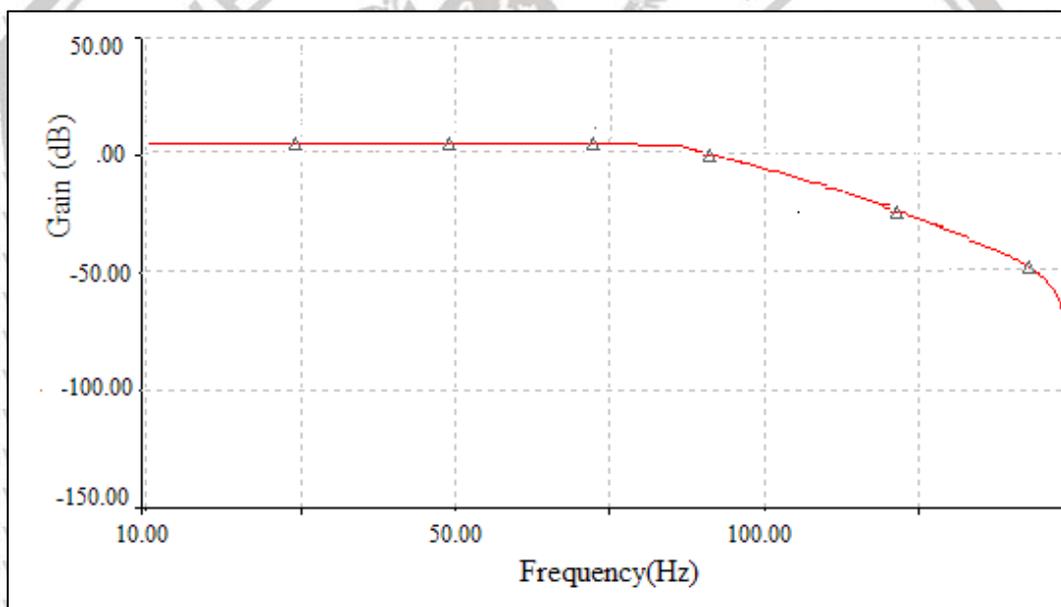


Gambar 4.7 Grafik simulasi rangkaian filter *low-pass*



Gambar 4.8 Rangkaian simulasi filter *low-pass* sebagai *sub woofer*.

Gambar rangkaian filter *low-pass* yang disimulasi menggunakan program MULTISIM ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



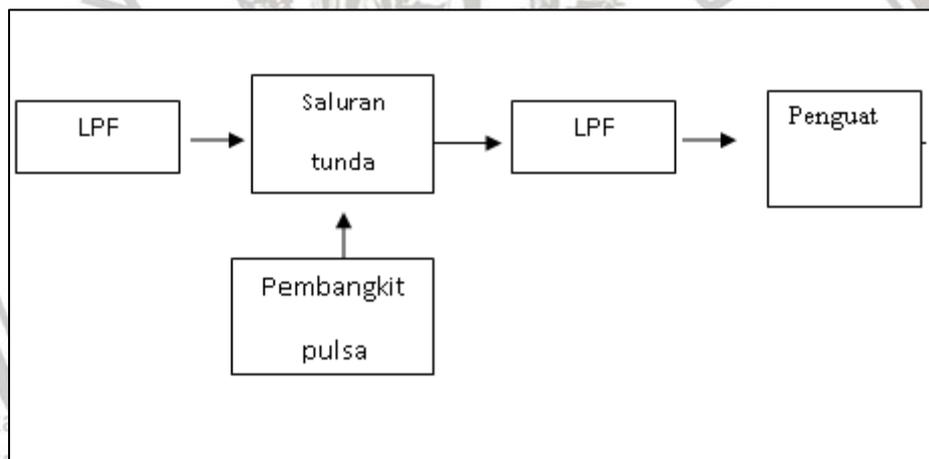
Gambar 4.9 Grafik simulasi rangkaian filter *low-pass* sebagai *sub woofer*

#### 4.6 Kanal Suara Putar (*Surround*)

Pada dasarnya efek *surround* ditimbulkan oleh adanya suara tertunda yang terdengar beberapa milidetik setelah terdengarnya suara asl. Untuk mensintesis efek *surround* tersebut, kanal *surround* dalam rangkaian

elektronika dibangun dengan menggunakan saluran tunda (*delay line*) sebagai bagian utamanya.

Dalam perancangan kanal *surround* ini akan dibuat sebuah saluran tunda, dengan waktu tunda yang dapat diatur. Dengan demikian, pada saat digunakan untuk pemrosesan sinyal audio, efek yang ditimbulkannya dapat diubah-ubah sesuai keinginan dengan Plan mengatur waktu tundanya. Sebagai acuan waktu tunda terbesar dipilih 50 ms karena pada umumnya suara tundaan yang datang melebihi waktu tersebut akan dikenali oleh otak manusia sebagai efek gema biasa, bukan efek *surround*. Diagram blok rangkaian kanal suara putar ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Diagram blok rangkaian kanal suara putar

#### 4.6.1. Saluran Tunda *Bucket Brigade Delay (BBD)*

Pada pembuatan saluran tunda ini digunakan IC BBD MN 3008.

Tahap pembentukan dan penundaan sinyal pada IC ini telah diperlihatkan dalam

Gambar 2.11. MN 3008 merupakan rangkaian MOS LSI gerbang silikon kanal -

p yang terdiri atas 2048 tingkat tundaan. Waktu tundaan yang dihasilkan

oleh IC BBD secara umum dinyatakan dengan persamaan:

$$T = \frac{s}{2f}$$

dengan:  $T$  = waktu tunda yang dihasilkan

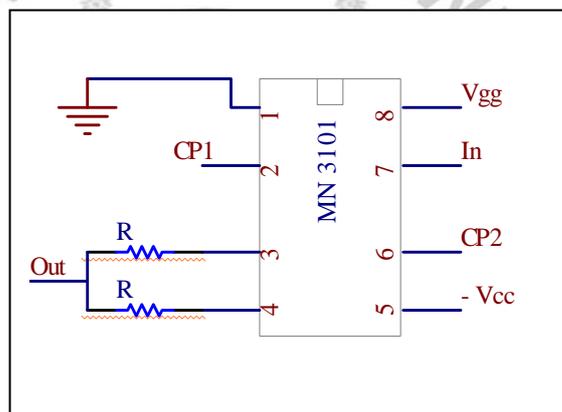
$s$  = jumlah tingkat tundaan yang dimiliki IC BBD

$f$  = frekuensi masukan *clock*

dengan  $T$  maksimum dipilih 50 ms, maka besarnya frekuensi minimum *clock* yang diperlukan:

$$f = \frac{2048}{2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 20480 \text{ Hz}$$

Konfigurasi rangkaian saluran tunda IC MN 3008 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11. Rangkaian Saluran Tunda BBD

#### 4.6.2. Rangkaian Pembangkit Sinyal Pulsa

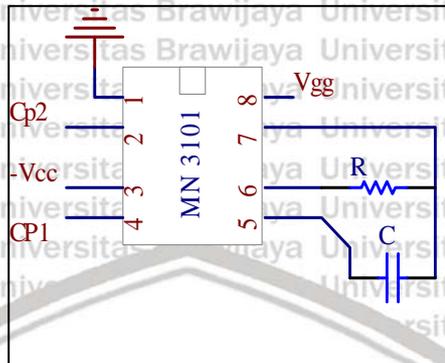
IC BBD melakukan penundaan terhadap suatu sinyal dengan jalan pencuplikan (*sampling*) dan kemudian menggeser sinyal *sampling* tersebut ke tingkat-tingkat tundaan yang dimilikinya. Proses pencuplikan ini diatur sesuai dengan masukan sinyal *clock* yang diberikan pada IC BBD. Saluran tunda

MN 3008 memerlukan masukan dua buah sinyal *clock* yang berlawanan fasa.

Untuk itu, pada pembuatan saluran tunda MN 3008 ini dipilih IC *clock* MN 3101

yang memiliki dua keluaran sinyal *clock* dengan fasa yang berlawanan. IC *clock*

MN 3101 mempunyai susunan rangkaian sebagai berikut:



Gambar 4.12. Rangkaian Pembangkit Sinyal Pulsa

Frekuensi *clock* yang dihasilkan ditentukan oleh besarnya nilai resistor  $R$  dan kapasitor  $C$  yang terpasang dalam rangkaian tersebut.

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Dengan,  $f$  = frekuensi sinyal *clock* yang diinginkan.

Dengan memilih nilai kapasitor yang tetap,  $C = 1$  nF, untuk waktu tundaan maksimum 50 ms, frekuensi *clock* yang diperlukan adalah 20480 Hz, sehingga nilai maksimum resistor  $R$  adalah 7775  $\Omega$ . Sedangkan untuk waktu tundaan minimum 10 ms, frekuensi *clock* yang diperlukan adalah 102400 Hz, sehingga nilai minimum resistor  $R$  adalah 1555  $\Omega$ . Agar frekuensi *clock* dapat diatur sesuai keinginan, dengan frekuensi 20480-102400 Hz, maka digunakan resistor variabel, resistor 1555  $\Omega$ , yang dirangkai serf dengan potensiometer 7775  $\Omega$ . (resistor 1555  $\Omega$ . menggunakan 1,5 k $\Omega$  dan resistor variabel 7775, menggunakan 10 k $\Omega$ )

#### 4.6.3. Filter Anti Alasing dan Filter Rekonstruksi

Pada proses *sampling*, perbandingan antara frekuensi pencuplik dengan frekuensi sinyal yang dicuplik haruslah memenuhi kriteria pencuplik Nyquist. Sebab, jika terjadi ketidaktepatan frekuensi *sampling*, akan terjadi cacat

dalam pembentukan kembali sinyal pada tahap akhir. Fenomena ini biasa disebut dengan aliasing.

Demikian pula pada proses pencuplikan sinyal audio oleh IC BBD ini.

Untuk menghindari terjadinya peristiwa aliasing tersebut, langkah yang harus dilakukan adalah melakukan pembatasan frekuensi sinyal audio yang akan *di-sampling*, sehingga akan memenuhi kriteria *sampling* Nyquist, yaitu sebagai berikut:

$$f_s \geq 2f$$

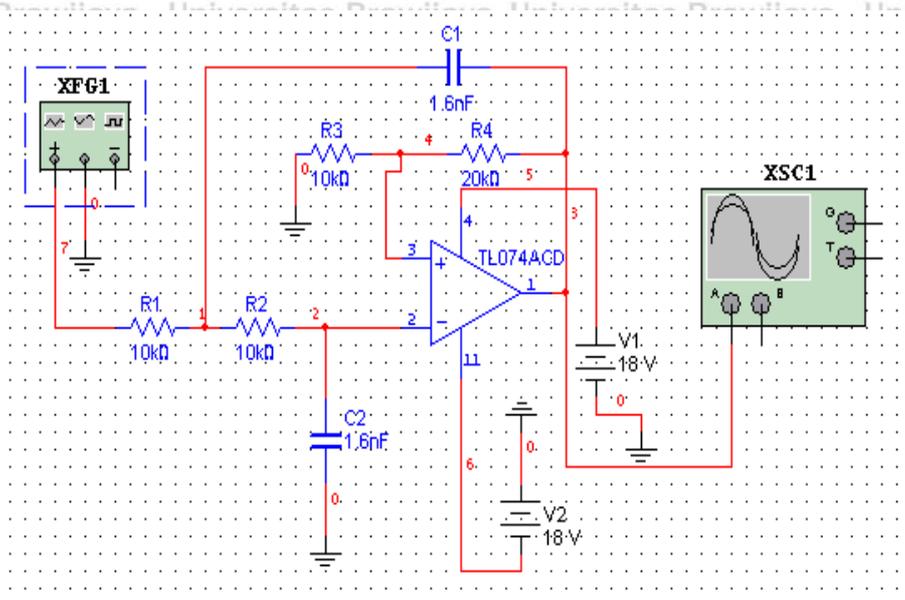
dengan,  $f_s$  = frekuensi *sampling*

$f$  = frekuensi sinyal yang akan *di-sampling*

dalam pembuatan rangkaian pembangkit pulsa, frekuensi *clock* minimum adalah 20480 Hz, sehingga untuk menghindari aliasing, frekuensi maksimal sinyal yang akan *di-sampling* adalah 10240 Hz. Pada pembuatan kanal *surround* tidak dipakai frekuensi di atas 10240 Hz. Frekuensi tersebut tidak akan menimbulkan masalah, karena dalam tata *surround*, frekuensi tinggi (< 10240 Hz) dilewatkan kanal depan dan tidak dikeluarkan melalui kanal *surround*.

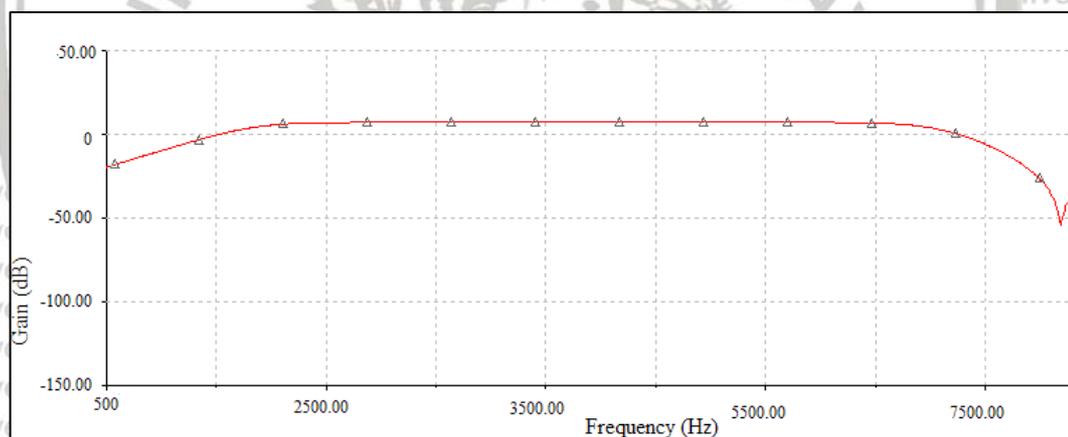
Pembatasan frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan LPF Butterworth yang memiliki kriteria sebagai berikut frekuensi dengan atenuasi 40 dB sebesar 10 kHz. Digunakan filter Butterworth di sini dengan pertimbangan bahwa respon di bawah frekuensi *cut-off-nya* relatif stabil (mempunyai respon penguatan yang cukup datar), sehingga diharapkan menyebabkan penguatan pada sinyal keluarannya menjadi stabil. Rangkaian *low pass filter* dapat dilihat pada

Gambar 4.13.



Gambar4.13 Rangkaian filter *antialiasing* dan filter *rekonstruksi*

Gambar rangkaian filter antialiasing dan filter rekonstruksi yang disimulasi menggunakan program MULTISIM ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik simulasi rangkaian filter *low-pass* sebagai *sub woofer*

Penentuan komponen rangkaian disesuaikan dengan perancangan, yaitu sebagai berikut:

- menentukan frekuensi *cut-off*,  $\omega_c$  sebesar 7400 Hz,
- kemudian menentukan  $R_1$  dan  $R_2$  besarnya sama. Resistor yang dipilih adalah  $R_1=R_2=R_A=R=10\text{ M}$ . ini dimaksudkan agar sinyal masukan yang akan diolah oleh *op-amp*, besarnya mendekati sinyal masukan aslinya.
- Menentukan  $R_B$  yang besarnya sama dengan  $2R = 20\text{ k}\Omega$ .

- Setelah itu,  $C_1$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_1 = \frac{1}{\omega_c R}$$

maka  $C_1$  didapat sebesar 1,6 nF.

dan  $C_1$  ditentukan sebesar  $C_2 = C_1 = 1,6$  nF.

- Pemilihan resistor dalam orde k $\Omega$  sesuai dengan  $Z_{in}$  yang dimiliki oleh *op-amp* TL074, sehingga sinyal keluaran yang diinginkan dapat dicapai (data sheet).



## BAB V

### PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS

Bab ini akan membahas tentang pengujian alat secara terpisah sesuai dengan blok-blok penyusun sistem ini, serta akan membahas hasil pengujian dari keseluruhan sistem. Tujuan akhir dari bab ini adalah untuk membandingkan hasil perancangan yang telah disimulasikan, dengan hasil uji alat secara nyata. Pengukuran dan pengujian tersebut adalah sebagai berikut,

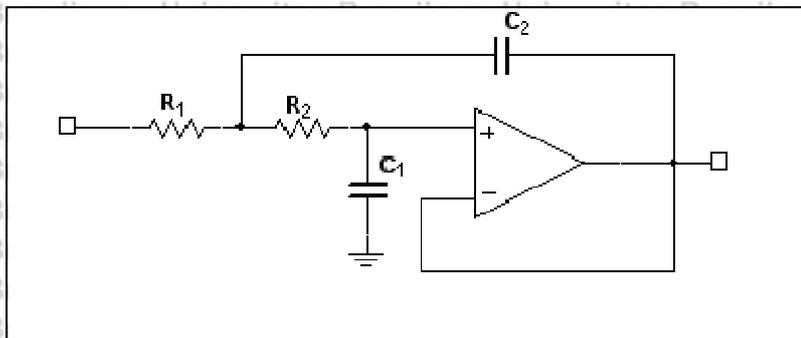
- 1) Rangkaian *sub woofer* untuk menghasilkan sinyal audio *bass* dengan frekwensi 100 Hz (berdasarkan standar *Audio Engineering Society*),
- 2) Rangkaian kanal tengah (*center*) untuk menghasilkan sinyal audio dengan frekwensi audio manusia (300 Hz – 3 kHz).
- 3) Rangkaian kanal *surround* untuk menghasilkan efek suara putar dalam gedung konser (*hall surround*).
- 4) Output, sinyal akhir yang dihasilkan oleh rangkaian yang yang nantinya akan dilanjutkan ke audio power amplifier kemudian ke sound sistem

#### 5.1 Pengukuran dan analisis perubahan frekuensi pada Rangkaian *sub woofer*.

Kinerja dari rangkaian *sub woofer* akan dapat diketahui bahwa telah bekerja dengan baik, dan telah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan ketika telah dilakukan pengujian dan perbandingan antara hasil nyata dengan perhitungannya. Pengujian ini adalah dengan memberikan input pada filter dengan nilai tegangan tetap akan tetapi nilai frekuensinya dibedakan, sehingga akan diketahui berapa frekuensi yang akan dilewatkan dan yang ditahan.

Langkah terakhir adalah mengetahui respon terakhir dari filter tersebut sehingga dari respon tersebut dapat dilakukan analisa berapa besar frekuensi cut

off-nya serta penguatan tegangannya. Gambar 5.1 adalah filter *low-pass* yang telah dirancang



Gambar 5.1 Rangkaian filter Low-pass setelah dilakukan perancangan

## 5.2 Pengujian pada Rangkaian Kanal Tengah (*Center*)

Rangkaian kanal tengah dimaksudkan untuk melewatkan frekuensi suara secara khusus, juga untuk memperhalus perpindahan suara yang terjadi antara speaker kiri dan speaker kanan. Rangkaian ini tersusun oleh rangkaian *band pass filter*.

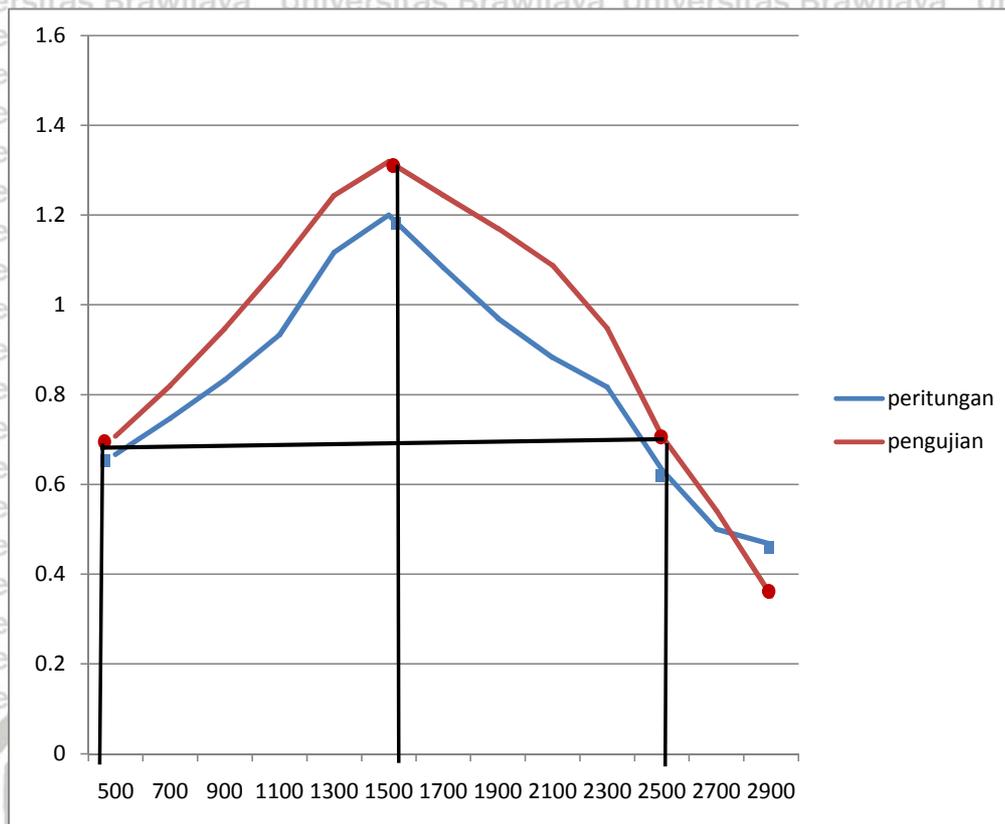
Tujuan :

- Mengetahui respon frekuensi rangkaian kanal tengah.
- Mengetahui penguatan rangkaian kanal tengah.

Alat-alat yang digunakan

- Catu daya 15 V dc
- Generator fungsi
- Osiloskope

Pengujian kali ini dilakukan dengan memberi masukan sinyal dengan frekuensi-frekuensi yang berlainan dan besar amplitudo yang sama sesuai dengan yang ditunjukkan dalam label 5.1. sehingga didapat karakteristik respon frekuensi sebagai berikut

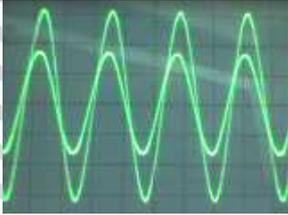
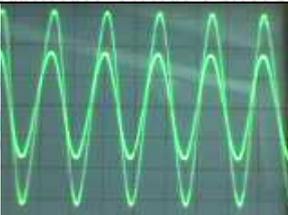
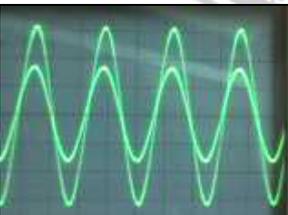
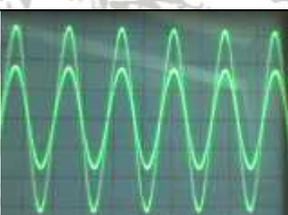


Gambar 5.2 Grafik penguatan terhadap frekwensi yang dihasilkan oleh rangkaian kanal tenga

Tabel 5.1 Hasil Pengujian rangkaian kanal tenga

Hasil pengujian rangkaian kanal tenga				
Frekwensi (Hz)	Vi (V)	Vo (V)	Vo/Vi	dB ( $20\log_{10} (V_0/V_1)$ )
500	6	4	0,667	-3.51
800	6	5	0,833	-1.58
1000	6	5,6	0,933	-0.60
1300	6	6,7	1,117	0.96
1500	6	7,2	1,200	1.58
1700	6	6,5	1,083	0.692
2000	6	5,3	0,883	-1.08
2200	6	4,9	0,817	-1.75
2500	6	3,8	0,633	-3.97
2700	6	3	0,500	-6.02
2900	6	2,8	0,467	-6.61

Tabel 5.2 Hasil Pengujian rangkaian kanal tengah

1	500 Hz	
2	1 kHz	
3	2,5 kHz	
4	2,9 kHz	

Dari pengujian rangkaian kanal tengah, dapat diketahui adanya penyimpangan yang terjadi pada Yana sebenarnya. Pada filter dengan frekuensi cut off 1500 Hz, terjadi penyimpangan batas bawah dan batas atas. Batas bawah filter menyimpang menjadi batas atas menyimpang menjadi 0,633. Penyimpangan-penyimpangan yang disebabkan terutama oleh nilai komponen yang tidak sesuai dengan perancangan. Keterbatasan nilai komponen yang tersedia di pasaran menyebabkan adanya pendekatan pendekatan nilai komponen yang digunakan pada alat ini.

### 5.3 Pengujian pada Rangkaian Sub Woofer

Pada pengujian dilakukan pengujian karakteristik respon frekuensi dari *low pass filter* sistem efek suara putar.

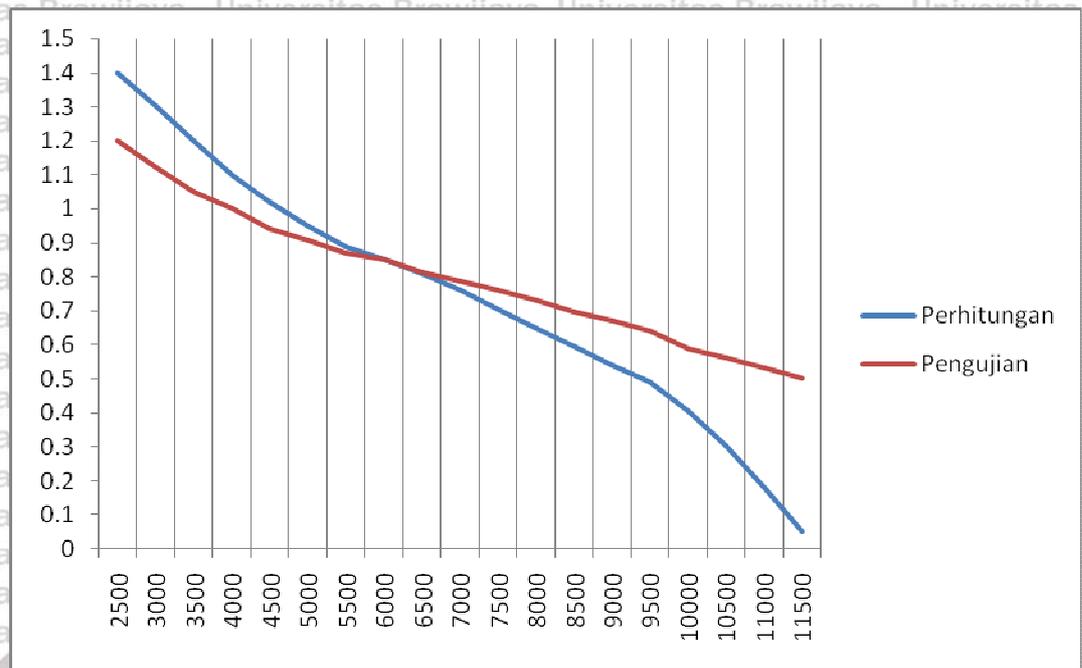
Tujuan :

- Mengetahui rest, rangkaian kanal tengah.
- Mengetahui rangkaian kanal tengah.

Alat-alat yang digunakan :

- Catu daya  $\pm 18V$  dc
- Generator fungsi
- Osiloskop

Pengujian kali ini dilakukan dengan memberi masukan sinyal dengan frekuensi-frekuensi yang berlainan dan besar amplitudo yang sama seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.3, sehingga didapat karakteristik respon frekuensi sebagai berikut:



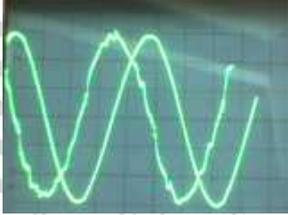
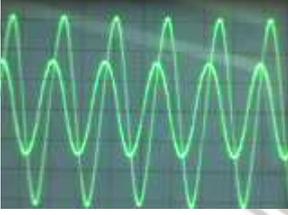
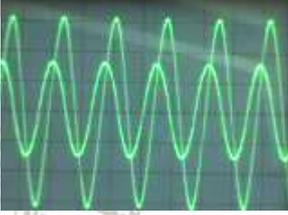
Gambar 5.3 Grafik penguatan terhadap frekwensi yang dihasilkan oleh rangkaian *Sub Woofer*

Tabel 5.3 Hasil Pengujian rangkaian *Sub Woofer*

Hasil pengujian rangkaian <i>Sub Woofer</i>				
Frekwensi (Hz)	$V_i$ (V)	$V_o$ (V)	$V_o/V_i$	dB ( $20\log_{10}(V_o/V_i)$ )
25	2	9.26	4.65	13.3
50	2	7.6	3.8	11.59
70	2	2.65	1.325	2.44
80	2	1.5	0.75	- 2.49
90	2	1.3	0.65	- 3.74
100	2	0.97	0.485	- 6.28
110	2	0.74	0.37	- 8.63
120	2	0.45	0.225	- 12.95
125	2	0.12	0.6	- 4.4



Tabel 5.4 Hasil Pengujian rangkaian *Sub Woofer*

No	Frekuensi	Sinyal Input & Output
1	25 Hz	
2	50 Hz	
3	80Hz	
4	100 Hz	

Hasil pengujian respon frekuensi LPF tersebut adalah sebagai berikut:

Dari pengujian rangkaian *Sub Woofer*, dapat di ambil kesimpulan bahwa.

Pada *Low Pass Filter* penguatannya akan konstan turun dari input 25 Hz sampai cut off. Pada cut off penguatannya menjadi 0.707 (secara perhitungan ) pada frekuensi 80 Hz, Tetapi secara pengujian 0,75 (secara pengujian) pada frekuensi *cut-off* berada diantara 80-90 Hz. Setelah melewati *cut off* maka akan menurun sampai konstan dengan penambahan frekuensi. Frekuensi naik 1 decade maka penguatan tegangan dibagi 20. Dengan kata lain, penguatan turun 40 dB ( $=20 \log 20$ ) setiap

kenaikan frekuensi dikali 20. Jadi rata-rata penguatan berulang turun 40dB/decade setelah *cut off* terlampaui. Pada frekuensi *cut off* turun sebesar 3 dB di dapat dari ( $=20 \log 0.707$ ). jadi semakin tinggi frekwensi maka semakin turun penguatannya seperti dapat dilihat pada table 5.2

Penyimpangan-penyimpangan yang terjadi disebabkan terutama oleh nilai komponen yang tidak sesuai dengan perancangan. Keterbatasan nilai komponen yang tersedia di pasaran menyebabkan adanya pendekatan-pendekatan nilai komponen yang digunakan pada alat ini

#### 5.4 Pengujian pada Rangkaian Kanal Suara Putar (*Surround*)

Pada pengujian ini, dilakukan beberapa tahap, yaitu pengujian terhadap rangkaian saluran tunda, rangkaian pembangkit sinyal pulsa, dan rangkaian filter antialiasing dan filter rekonstruksi.

##### 5.4.1. Pengujian terhadap Rangkaian Saluran Tunda

Pengujian saluran tunda MN 3008 ini dilakukan dengan cara memberi masukan sinyal dengan frekuensi tertentu dan mengamati respon keluaran yang dihasilkannya. Hal ini dimaksudkan rnengetahui karakteristik sinyal keluaran dari saluran tunda, dengan tujuan tidak mengalami cacat. Pada pengujian ini digunakan sinyal dengan frekwensi 1 kHz untuk mewakili frekuensi tengah.

Karena frekuensi tengah lebih diutamakan untuk dilewatkan pada kanal *surround*.

Waktu tundaan maksimum dan minimum dari saluran tunda dihitung berdasarkan frekuensi clock minimum dan maksimum yang dihasilkan

oleh MN3101. dari hasil pengujian frekuensi *clock* minimum sebesar 20.480 Hz dan frekuensi maksimum sebesar 102.4 kHz. Waktu tunda dihitung dengan

$$T = \frac{s}{2f}$$

dengan s merupakan tingkat tundaan yang ada pada MN3008 yaitu 2048, sehingga,

- untuk  $f = 20.480$  Hz 50 ms, diperoleh  $T = 50$  ms sedangkan
- untuk  $f = 102,4$  kHz diperoleh  $T = 10$  ms

Tujuan :

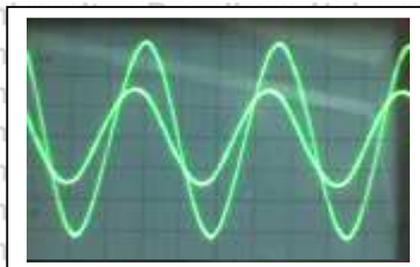
- Mengetahui respon frekwensi rangkaian saluran tunda
- Mengetahui penguatan rangkaian saluran tunda.

Alat-alat yang digunakan

- Catu daya = 18 V dc
- Frekwensi counter
- Osiloscope

Tabel 5.5 Menunjukkan Hasil Perhitungan Waktu Tunda

No	T(ms)	s	F(Hz)
1	50	2048	20.480
2	40	2048	25.600
3	30	2048	34.133.33
4	20	2048	51.200
5	10	2048	102.400



Gambar 5.4 Sinyal yang dihasilkan oleh saluran tunda

Pada pengujian rangkaian saluran tunda yang digunakan berupa osiloscope dan *function generator*. Rangkaian diberi tegangan masukan sebesar 3 V dengan periode 95 ms (  $1,9 \times 50$  ms ) kemudian dihasilkan tegangan keluaran sebesar 1,25 V dengan periode 95 ms (  $1,9 \times 50$  ms ) diketahui  $volt/div = 1$  V dan  $time/div = 50$  ms. Dalam Gambar 5.4 terlihat beda fasa, Tegangan masukan dengan tegangan keluaran sebesar 22,5 ms (  $0,45 \times 50$  ms ).

Menurut perhitungan frekuensi *sampling* yang dihasilkan oleh pembangkit sinyal pulsa didapatkan.

$$f_s = \frac{n}{2T} = \frac{2048}{2,225 \cdot 10^{-3}} = 45.511 \text{ Hz}$$

### 5.5 Pengujian terhadap Rangkaian Filter Antialiasing dan Filter Rekonstruksi

Pada pengujian rangkaian ini dilakukan pengujian karakteristik respon frekuensi dari *low pass filter* yang digunakan pada rangkaian Filter antialiasing dan Filter rekonstruksi.

Tujuan :

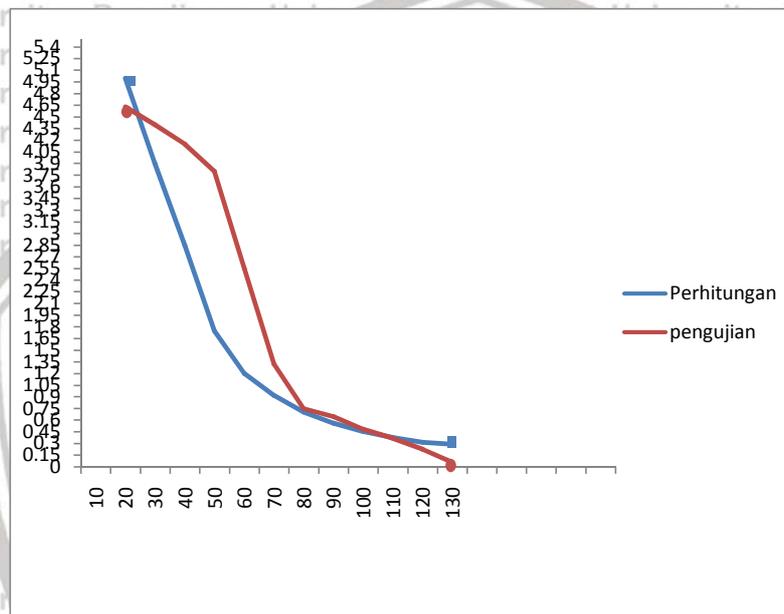
- Mengetahui respon frekuensi rangkaian saluran tunda.
- Mengetahui penguatan rangkaian saluran tunda.

Alat-alat yang digunakan :

- Catu daya = 18 V dc

- Frekwensi counter
- Osiloscope

Pengujian kali ini dengan memberi masukan sinyal dengan frekuensi-frekuensi yang berlainan dan besar amplitudo yang sama sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Tabel sehingga didapat karakteristik respon frekuensi sebagai berikut:



Gambar 5.5 Grafik penguatan terhadap frekwensi pada rangkaian Filter antialiasing dan Filter rekrontuksi

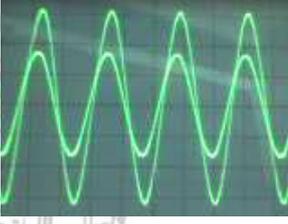
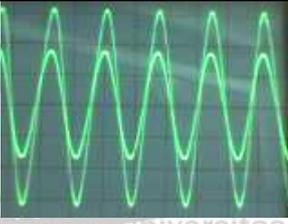
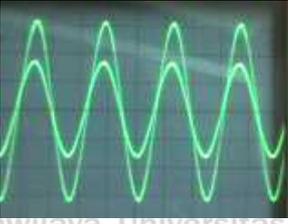
Tabel 5.6 Hasil Pengujian rangkaian Filter *Antialiasing* dan Filter *Rekrontuksi*

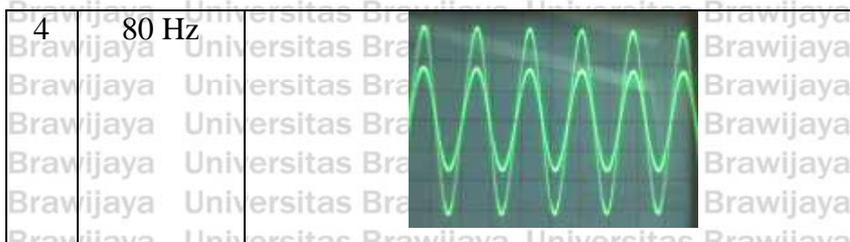
Hasil pengujian rangkaian Filter Antialiasing dan Filter Rekrontuksi				
Frekwensi (Hz)	$V_i$ (V)	$V_o$ (V)	$V_o/V_i$	dB ( $20\log_{10}(V_o/V_i)$ )



2400	3	3.6	1.2	1.58
3400	3	3.15	1.05	0.42
4400	3	2.83	0.942	-0.51
5400	3	2.61	0,87	-1.50
6400	3	2.44	0,813	-1.7
7400	3	2.28	0,76	-2.38
8400	3	2.09	0.697	-3.13
9400	3	1.92	0.64	-6.19
10000	3	1.77	0.59	-4.15
10400	3	1.68	0.56	-5.07
11400	3	1.5	0.5	-6.02

Tabel 5.7 Hasil Pengujian rangkaian Filter *Antialiasing* dan Filter *Rekrontuksi*

No	Frekuensi	Sinyal Input & Output
1	20 Hz	
2	30 Hz	
3	50 Hz	



Dari rangkaian filter antialiasing maupun rekonstruksi, dapat diketahui adanya penyimpangan yang terjadi pada rangkaian yang sebenarnya.

Filter antialiasing penguatannya akan konstan turun dari input 2400 Hz sampai cut off.

Pada saat frekwensi cut off penguatannya menjadi 0.707 (secara perhitungan ) pada

frekuensi 7400 Hz, Tetapi secara pengujian 0,76 (secara pengujian) pada

frekuensi *cut-off* dengan frekwensi berada di antara 7400-8400 Hz. Setelah

melewati *cut off* maka akan terus menurun dengan penambahan frekuensi. Secara

perhitungan Frekuensi naik 1 decade maka penguatan tegangan dibagi 20. Dengan kata

lain, penguatan turun 40 dB ( $=20 \log 20$ ) setiap kenaikan frekuensi dikali 20. Jadi rata-

rata penguatan berulang turun 40dB/decade setelah *cut off* terlampaui .Pada

frekuensi cut off turun sebesar 3 dB di dapat dari ( $=20 \log 0.707$  ). Jadi semakin tinggi

frekwensi maka semakin turun penguatannya. Tetapi pada pengujian setelah mencapai

Frekwensi *cut off* penguatan terus turun, walaupun nilai tidak sesuai yang diinginkan

, dapat dilihat pada table 5.4 dan juga pada grafik 5.5

Penyimpangan-penyimpangan yang terjadi disebabkan terutama oleh

nilai komponen yang tidak sesuai dengan perancangan. Keterbatasan nilai

komponen yang tersedia di pasaran menyebabkan adanya pendekatan-

pendekatan nilai komponen yang digunakan pada alat ini

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

1. Rangkaian system efek suara putar (*surround sistem*) yang dirancang mampu meningkatkan kualitas audio pada perangkat audio yang meliputi:

Rangkaian *sub woofer*, Rangkaian kanal tengah, Rangkaian filter *Antialiasing* dan filter *Rekrontuksi* serta tata ruang dan suara yang sangat berpengaruh. Dengan mengabungkan setiap rangkaian yang di rancang sesuai dengan blok diagram Gambar 4.1 serta tata ruang dan suara maka akan di hasilkan system efek suara putar (*surround sistem*) yang mampu meningkatkan kualitas audio.

2. Berhasil merancang rangkaian *surround* dengan spesifikasi

- Rangkaian kanal tengah (*center*) untuk menghasilkan sinyal audio dengan frekwensi audio manusia (300 Hz – 3 kHz). dengan frekwensi *cut off* bawah 500 hz dengan amplitudo -3.51 dB dan frekuensi *cut off* atas 2500 Hz dengan amplitudo -3.97 dB
- Rangkaian *suff woofer* memiliki frekwensi *cut off* 80Hz dengan nilai desible frekwensi *cut off* dengan amplitudo -2.49 dB
- Rangkaian Filter *Antialiasing* dan Filter *Rekrontuksi* memiliki frekwensi *cut off* 7400 Hz dengan amplitudo -2.38 dB .

3. Berhasil merancang rangkaian filter yang mampu mendukung sistem yang akan dibuat.

### 6.2 Saran

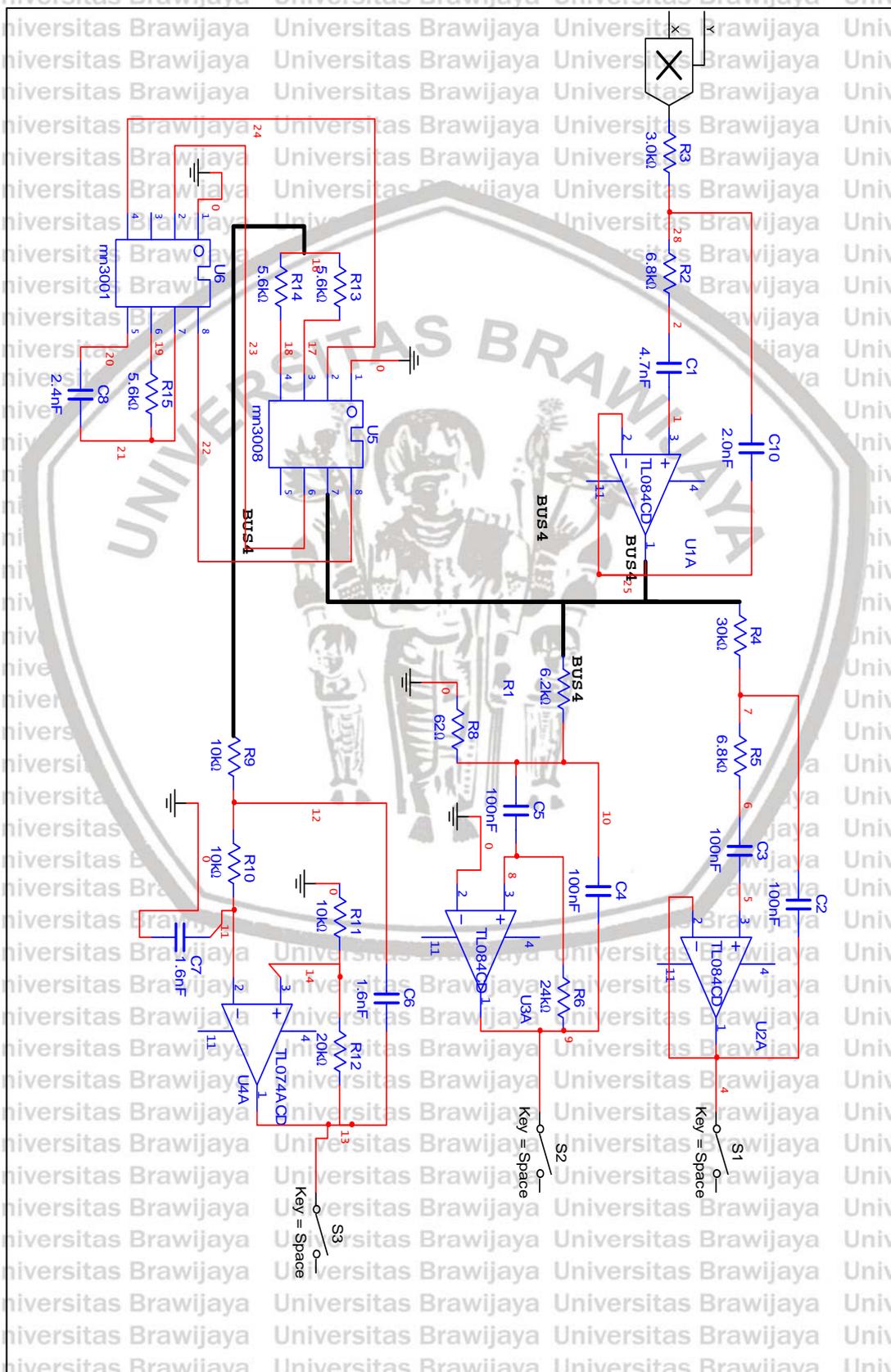
Dalam pembuatan alat ini masih dapat diperbaiki dengan memakai komponen yang lebih presisi. Jenis Ic *op-amp* yang memiliki *noise* rendah

**Daftar Pustaka**

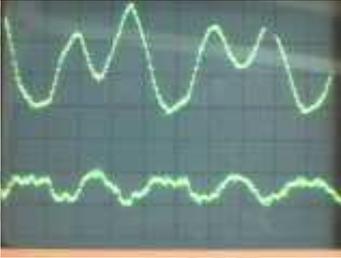
- Carter, Bruce. 2001. *Handbook of Operational Amplifier Applications*. Texas: Texas Instruments.
- Coughlin, Robert F. 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Jakarta: Erlangga.
- Malvino, Albert Paul. 1994. *Prinsip-Prinsip dan Penerapan Digital*, Edisi Ketiga, terjemahan Irwan Wijaya Jakarta: Erlangga.
- Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Jilid 2, Cetakan Ketiga, terjemahan M. Barmawi, M.O Tjia. Jakarta: Erlangga.
- Saphi, Soedjana dan Osamu Nishino.1986.*Pengukuran dan alat alat ukur listrik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- AES TC-MBAT.2000. *Multichanel Surround Sound System and Operation*. New York : Audio Engineering Society. [www.dolby.com/tech/](http://www.dolby.com/tech/) 19 Januari 2010
- Benson ,Blair.K. dan Fink,Donald .G. 1991. *HDTV Advance Television for The 1990s*.Singapore: Iterytext Publication Mc. Graw-Hill Publicating.
- Matsushita Elektrik Industrial. 1990. 2048,*STAGE LOW NOISE BBD*. Kyoto : Semiconductor company , Matsushita Elektrik Industrial. <http://Panasonic.co.jp/semicon/> 5 Januari 2010
- Franco, Sergio. 1998. *Desaign With Operasional and Itegrated Circuits*. Singapore: Mc Graw Hill Book.
- Roddy, D. Coolen, J. 1996. *Komunikasi Elektronika* . Jakarta: Erlangga.
- Rossing, Thomas. 1983.*The Science of Sound*. Philippines: Addison –wesley.

Lampiran A

LAMPIRAN RANGKAIAN KESELURUHAN



LAMPIRAN SINYAL INPUT & OUTPUT KESELURUHAN

No	Volume MP3	Sinyal Input & Output
1	Kecil	
2	Sedang	
3	Tinggi	

Keterangan : Sinyal Bagian bawah adalah Input dan bagian atas adalah Output

