

PENERAPAN FREKUENSI 20 HZ – 20 KHZ UNTUK EQUALIZER 10 KANAL**Bayu Firmanto, Eddy Suprihadi**

Abstrak: Sebuah pengatur nada adalah komponen yang cukup penting. Equalizer adalah kumpulan dari elektronik filter yang memiliki fungsi sebagai alat pengontrol respon frekuensi pada sebuah sound sistem. melalui sebuah equalizer karakter suara dapat diubah sepenuhnya atau sebagian saja. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka diperlukan sebuah penguat yang menghasilkan keluaran yang stabil pada masukannya dalam sebuah pengatur nada (equalizer). Dalam penelitian ini pengatur nada ini disusun dalam 10 kanal frekuensi dengan jarak frekuensi antara kanal yang satu dengan kanal yang di atasnya sebesar satu oktaf dan diatur secara manual menggunakan variabel resistor sebagai attenuatornya. Dari hasil pengujian alat yang telah dirancang penguatan pada filter sebesar 19,913 dB dengan kesalahan rata – rata sebesar 1,17 %. Tegangan keluaran masih dapat distabilkan pada tegangan masukan 50 – 175 mV, *bandwidth* rangkaian antara 20 Hz – 20 KHz, frekuensi *cut-off* rata-rata bergeser sebesar 4,1 %.

Kata kunci: *Equalizer*, Filter, Frekuensi

Dalam sebuah sistem audio stereo sebuah pengatur nada adalah komponen yang cukup penting. Pengatur nada dalam sebuah sistem audio dinamakan *equalizer*. *Equalizer* adalah kumpulan dari elektronik filter yang memiliki fungsi sebagai alat pengontrol respon frekuensi pada sebuah sound sistem. melalui sebuah *equalizer* karakter suara dapat diubah sepenuhnya atau sebagian saja. Selain itu, dengan alat tersebut kualitas suara sebuah sound sistem dapat diperbaiki kualitas suaranya yang ditimbulkan oleh keterbatasan dari peralatan audio (Suryadinata, 2014).

Sebuah pengatur nada yang bagus juga tidak menjamin suara yang dihasilkan akan menjadi bagus. Pengatur nada dan penguat akhir harus saling terintegrasi sehingga menghasilkan keluaran dengan kualitas terbaik. Untuk menemukan sebuah penguat akhir dengan kualitas yang baik tidaklah sulit. Di pasaran banyak terdapat penguat dalam bentuk rangkaian terintegrasi dengan kualitas suara yang cukup bagus. Akan tetapi sangat sulit mendapatkan pengatur nada yang bagus. Penguat nada yang terdapat dipasaran menguatkan frekuensi tertentu sesuai dengan masukannya. Masukan yang terfilter akan dikuatkan sesuai dengan besarnya amplitudo masukan. Jika masukan kecil maka keluaran yang dihasilkan tidak terlalu besar. Masukan yang kecil memerlukan penguatan yang lebih besar yang bisa mengakibatkan panas berlebih pada penguat akhir. Jika masukan terlalu besar maka keluaran yang dihasilkan bisa cacat karena terpotong oleh tegangan kerja rangkaian. Masukan yang ideal adalah masukan yang maksimal dan tidak cacat pada keluarannya.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka diperlukan sebuah penguat yang menghasilkan keluaran yang stabil pada masukannya, untuk mengatur penguatan ini, dimana tidak sama untuk setiap masukan. Keluaran dari pengatur nada ini diharapkan sebuah sinyal yang maksimal tetapi tidak cacat pada keluaran akhir. Sinyal keluaran yang tetap tidak membutuhkan pengaturan lebih lanjut untuk masukkan dengan penguat sinyal yang berbeda.

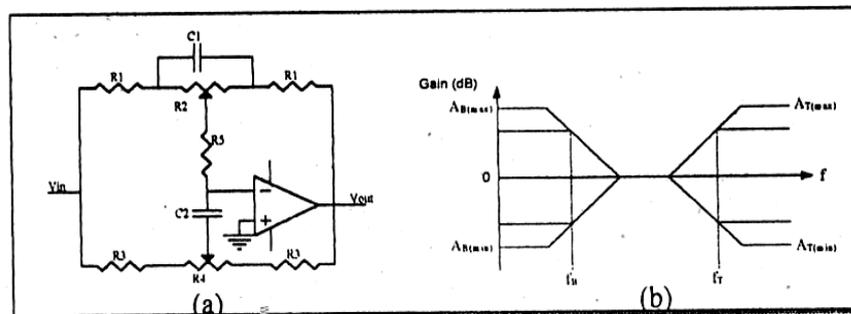
Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan sebuah equalizer 10 kanal yang mampu menghasilkan keluaran akhir berupa sinyal maksimal tanpa cacat dengan amplitudo seimbang dengan frekuensi.

Kajian Pustaka
Pengatur Nada

Pengolah sinyal audio memerlukan penggunaan filter aktif yang banyak. Fungsi umum yang dibutuhkan pada sistem audio kualitas tinggi adalah *pre-amplifier* yang disamakan, pengatur nada aktif dan equalizer grafik. *Pre-amplifier* yang disamakan digunakan untuk mengurangi kerugian akibat perbedaan level yang merupakan perbedaan spektrum yang direkam secara komersial. Pengatur nada dan *equalizer* grafik berfungsi sebagai pengatur respon frekuensi yang oleh pendengar dapat mengurangi kelemahan akibat respon *loudspeaker* yang tidak ideal, untuk mencocokkan akustik ruang, atau sesuai selera.

a) Pengatur Nada Aktif (Active Tone Control)

Bentuk paling umum pengatur nada adalah pengatur *bass* dan *treble*, yang mengatur penguatan pada frekuensi rendah (*bass*) dan tinggi (*treble*) pada frekuensi audio. Gambar 1 menunjukkan salah satu rangkaian yang paling banyak digunakan dan efek pengatur nada terhadap respon frekuensi.



Gambar 1. (a) Rangkaian umum pengatur nada, (b) Respon frekuensi

Sumber: Franco, 1998:124

Pada akhir jangka frekuensi audio bawah, atau $f < f_B$, kapasitor menjadi rangkaian terbuka, sehingga umpan balik efektif hanya terdiri dari R_1 dan R_2 . *Op-Amp* berfungsi sebagai sebuah penguat membalik yang memiliki penguatan A_B (penguatan *bass*) dalam jangka (Franco, 1998: 122) :

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \leq A_B \leq \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Batas atas menunjukkan penguatan maksimum dan batas bawah menunjukkan pelemahan maksimum. Pengaturan potensiometer pada posisi tengah berarti $A_B = 0$ dB atau respon *bass* datar. Ketika frekuensi meningkat, C_1 memotong efek R_2 sampai terhubung singkat dan tidak memiliki efek apapun terhadap respon. Frekuensi f_B pada penguatan atau pelemahan maksimum adalah:

$$f_B = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$$

Pada frekuensi audio tinggi atau $f > f_T$, kapasitor menjadi rangkaian hubung singkat sehingga penguatan diatur oleh potensiometer treble. Potensiometer bass tidak mempengaruhi penguatan karena dihubungkan singkat oleh C_1 . jangka pengaturan penguatan treble adalah:

$$\frac{R_3}{R_1 + R_3 + 2R_5} \leq A_T \leq \frac{R_1 + R_3 + 2R_5}{R_1}$$

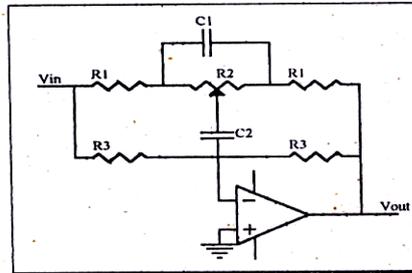
Dan frekuensi f_T pada penguatan dan pelemahan maksimum adalah:

$$f_B = \frac{1}{2\pi R_3 C_2}$$

Keterangan : f_B = frekuensi bawah (Hz)

b) Equalizer Grafik

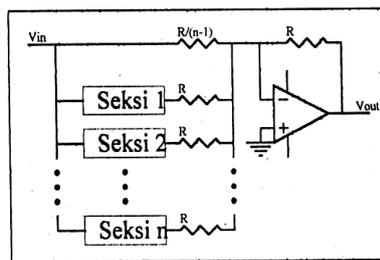
Fungsi *equalizer* grafik adalah menyediakan pengatur dan pemotongan tidak hanya pada *bass* dan *treble*, tetapi juga dalam jalur frekuensi tengah. *Equalizer* diimplementasikan dalam larik filter jalur lebar yang tiap filternya diatur oleh vertikal potensiometer yang disusun berjajar sehingga terlihat visualisasi grafik respon yang disamakan. Gambar 2 menunjukkan salah satu seksi *equalizer* yang umum. Rangkaian dirancang sehingga dalam jalur frekuensinya, C_1 menjadi rangkaian terbuka dan C_2 menjadi rangkaian tertutup maka bisa penguatan atau pemotongannya bisa diatur. Di luar frekuensi, rangkaian menjadi penguat gabungan tanpa melihat posisi potensiometer. Keadaan ini terjadi karena C_2 menjadi rangkaian terbuka pada frekuensi rendah dan C_1 menjadi rangkaian tertutup pada frekuensi tinggi. Hasilnya adalah respon datar, tetapi dengan penguatan atau pemotongan dalam jalur frekuensi.



Gambar 2. Satu seksi *equalizer* grafik

Sumber: Franco,1998:125

Sebuah n-kanal *equalizer* diimplementasikan dengan memparalel n seksi dan menjumlah keluaran masing-masing dan memasukan dengan rasio 1:(n-1). Hal ini bisa dilakukan dengan penguat penjumlah yang umum seperti Gambar 3 sebuah *equalizer* yang mempunyai satu seksi untuk tiap oktaf dalam *spectrum audio* disebut *equalizer* oktaf.

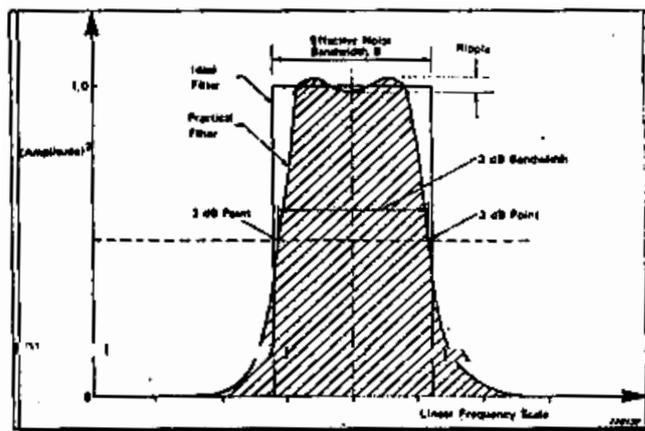


Gambar 3. *Equalizer* dengan n kanal

Sumber: Franco, 1998:126

Band Pass Filter

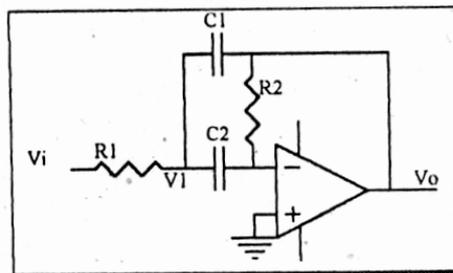
Filter ini melewatkan frekuensi-frekuensi dalam daerah tertentu dan menolak frekuensi-frekuensi diluar frekuensi antara yang telah ditentukan. f_0 merupakan frekuensi *cut-off* dari *band-pass filter*, yang memiliki V_{out} 70,7% tegangan keluaran maksimum merupakan batas-batas yang menentukan *bandwidth* filter. Untuk pengukuran dengan jalur frekuensi yang berbeda maka beberapa *band-pass filter* digunakan untuk meloloskan jalur-jalur frekuensi tertentu. Gambar 4. menunjukkan karakteristik *band-pass filter* secara praktis.



Gambar 4. Karakteristik *band-pass filter* secara praktis.

Sumber: Foreman, 1990:41

Berdasarkan standar ANSI (*American National Standards Institute*) ditentukan *ripple* pada daerah *pass band* sebesar ± 0.5 dB. Frekuensi *cut-off*, *bandwidth* dan frekuensi tengah menentukan batas-batas pemfilteran. *Band-pass filter* yang digunakan dalam rancangan ini adalah *band-pass filter* orde 2 seperti ditunjukkan gambar 5. Orde 2 cukup digunakan sebagai filter alat ini mengingat kemiringan filter orde 2 sebesar 40 dB/dekade cukup untuk digunakan sebagai pengatur nada atau *equalizer*. Untuk hasil yang lebih baik bisa digunakan filter dengan orde yang lebih tinggi akan tetapi kekurangan alat ini berupa perpotongan frekuensi kerja filter tidak dapat dihindari karena tidak ada filter yang ideal.



Gambar 5. Rangkaian *band-pass filter* orde 2

Sumber: Franco, 1998:141

Frekuensi-frekuensi kerja yang berpotongan antara filter yang satu dengan filter yang lain bisa dimanfaatkan untuk menambah penguatan frekuensi yang berpotongan tersebut yang dalam perancangan tidak mungkin menghilangkan adanya perpotongan sinyal. Distribusi untuk suara disusun menjadi 10 oktaf. Jalur oktaf adalah daerah frekuensi dengan rasio 2:1 antara batas frekuensi tinggi dan batas frekuensi rendah. Untuk sebuah filter oktaf (Foreman, 1990:41) :

$$f_u = 2 f_l$$

Sedangkan untuk oktaf terbagi

$$f_u = 2^n f_l$$

Dengan n adalah fraksi dari oktaf.

Tabel 1 menunjukkan batas-batas frekuensi standar yang digunakan untuk jalur 1 oktaf.

Tabel 1. batas-batas frekuensi standar jalur oktaf

Frekuensi (Hz)		
Batas Bawah	Tengah	Batas Atas
22	31.5	44
44	63	88
88	125	177
177	250	355
355	500	710
710	1000	1420
1420	2000	2840
2840	4000	5680
5680	8000	11360
11360	16000	22720

Sumber: Foreman, 1990:42

METODE

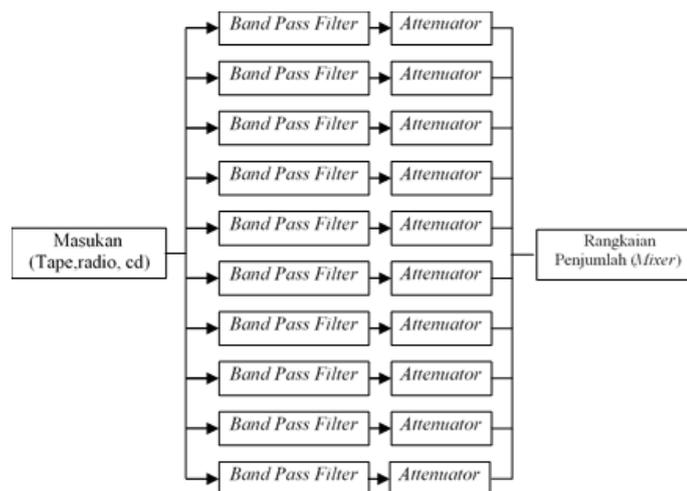
Dalam pengatur nada atau *equalizer* 10 kanal pada penelitian ini berfungsi untuk menstabilkan keluaran dari masukan yang akan dimasukkan ke penguat daya. penguat daya yang dimaksud adalah penguat akhir tanpa adanya pengolahan sinyal berdasarkan frekuensi lagi. pengolahan sinyal berdasarkan frekuensi, cukup dengan pengatur nada ini.

Spesifikasi alat yang dirancang dalam penelitian ini :

- Tegangan masukan minimal yang bisa distabilkan sebesar 50 mV.
- Tegangan masukan maksimal 150 mV.
- Penguatan yang diinginkan 10 kali atau 20 dB
- Tegangan keluaran maksimal adalah 25 V.
- Frekuensi kerja alat antara 20 – 20 kHz yang terbagi dalam 10 kanal frekuensi.
- Tiap kanal mewakili 1 oktaf.

Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan, perancangan rangkaian alat ini mengacu pada blok diagram seperti dalam Gambar 6.



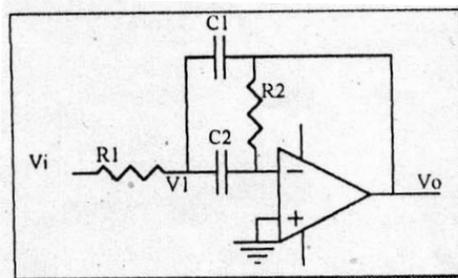
Gambar 6. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Masukan dari sumber akan langsung diproses untuk mendapatkan hasil pengolahan sinyal yang terbaik. Sumber yang berbeda biasanya mempunyai karakteristik yang berbeda baik pada besarnya level amplitude sinyal ataupun pada spektrum sinyal

frekuensi tersebut. Dengan adanya *band-pass filter*, sinyal masukan akan dipecah menjadi 10 kanal. Tiap-tiap kanal frekuensi mewakili satu oktaf. Tujuan pemecahan sinyal berdasarkan frekuensi ini adalah untuk menyamakan spektrum frekuensi-frekuensi antara masukan yang satu dengan masukan yang lain. Perbedaan spektrum ini diakibatkan oleh perbedaan kualitas suara masukan. Kualitas suara dari tape tidak akan sama dengan kualitas suara yang berasal dari CD, begitu juga dengan kualitas suara dari radio. Rangkaian penjumlah merupakan rangkaian yang mengumpankan ke penguat daya. Dengan rangkaian penjumlah, sinyal yang telah terpisah-pisah oleh filter akan disatukan kembali menjadi sinyal lengkap.

Rangkaian Band Pass Filter

Rangkaian *band-pass filter* yang digunakan adalah *multiple feedback band-pass filter* dalam perancangan ini terdiri dari 10 kanal yang membagi frekuensi 20 Hz – 20 kHz dengan perbedaan tiap filter sebesar satu oktaf.



Gambar 7. Rangkaian *band-pass filter* orde 2

Sumber: Franco, 1998:141

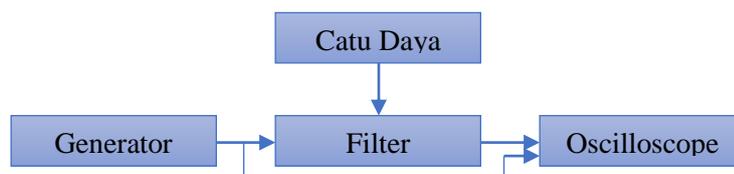
Frekuensi *cut-off* yang direncanakan pada penelitian ini dan komponen yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai-nilai komponen untuk *Band-pass Filter*

F (Hz)	R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)	C ₁ (F)	C ₂ (F)
31.5	27k	330k	27n	100n
63	27k	330k	12n	56n
125	27k	330k	6n8	27n
250	27k	330k	2n7	15n
500	22k	270k	2n2	8n2
1000	22k	270k	1n	3n9
2000	22k	270k	500p	2n2
4000	22k	270k	270p	1n
8000	12k	150k	220p	1n
16000	12k	150k	120p	390p

PEMBAHASAN

Pengujian Band Pass Filter memiliki tujuan untuk mengetahui respon frekuensi filter dapat bekerja dengan baik atau tidak selain itu untuk mengetahui batas penguatan dari filter yang telah dirancang. Blok diagram untuk pengujian *Band Pass Filter* dapat dilihat dalam Gambar 8.



Gambar 8. Blok Diagram Pengujian Band Pass Filter

Dalam melakukan pengujian ini frekuensi input yang masuk kedalam filter akan diubah – ubah sesuai yang telah direncanakan pada Tabel 2. Besarnya V_{in} yang digunakan yaitu 100 mV. Kemudian hasil output yang ditampilkan akan dilakukan analisa untuk mendapatkan nilai V_{out} dan penguatan maksimal yang dapat dilakukan oleh *band pass filter* yang telah dirancang. Hasil penguatan filter dapat dilihat dalam Tabel 3.

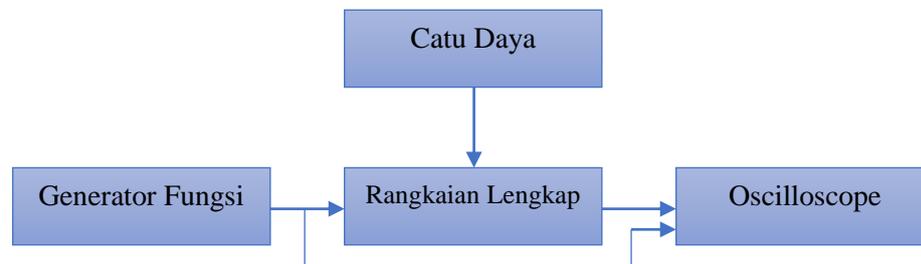
Tabel 3. Kesalahan Penguatan Filter

No	Frekuensi (Hz)	V_{out} maks (mV)	AVmaks (dB)	Kesalahan (%)
1	31.5	970	19.735	1.323
2	63	980	19.825	0.877
3	125	980	19.825	0.877
4	250	990	19.913	0.436
5	500	990	19.913	0.436
6	1000	960	19.645	1.773
7	2000	970	19.735	1.323
8	4000	970	19.735	1.323
9	8000	975	19.780	1.100
10	16000	950	19.554	2.228
Kesalahan rata-rata				1.170

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Tabel 3, penguatan filter tidak bisa mencapai penguatan yang diinginkan yaitu sebesar 10 kali atau 20 dB. Penguatan maksimal filter adalah 19,913 dB. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa kesalahan maksimal filter sebesar 2,228 % dengan kesalahan rata-rata sebesar 1,17 %.

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini memiliki tujuan untuk mengetahui respon frekuensi setelah digabungkan menjadi satu sistem. Blok diagram untuk pengujian keseluruhan sistem ini dapat dilihat dalam Gambar 9.



Gambar 9. Blok Diagram Pengujian Sistem

Hasil pengujian keseluruhan sistem dalam perancangan ini dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Alat Lengkap

Frekuensi (Hz)		Vin (mV)								
		10	25	50	75	100	125	150	175	200
31,5	Vout (mV)	770	1935	3850	5765	7500	9040	10265	11350	12280
	AV	77	77	77	77	75	72	68	65	61
63	Vout (mV)	725	1830	3650	5455	7100	8555	9715	10745	11630
	AV	73	73	73	73	71	68	65	61	58
125	Vout (mV)	730	1845	3670	5495	7150	8615	9785	10820	11710
	AV	73	74	73	73	72	69	65	62	59
250	Vout (mV)	745	1885	3750	5610	7300	8795	9990	11050	11955
	AV	75	75	75	75	73	70	67	63	60
500	Vout (mV)	720	1820	3620	5420	7050	8495	9650	10670	11545
	AV	72	73	72	72	71	68	64	61	58
1 K	Vout (mV)	755	1910	3800	5690	7400	8915	10130	11200	12120
	AV	76	76	76	76	74	71	68	64	61
2 K	Vout (mV)	655	1650	3290	4920	6400	7710	8760	9685	10480
	AV	66	66	66	66	64	62	58	55	52
4 K	Vout (mV)	725	1830	3650	5455	7100	8555	9715	10745	11630
	AV	73	73	73	73	71	68	65	61	58
8 K	Vout (mV)	675	1700	3390	5070	6600	7950	9030	9990	10810
	AV	68	68	68	68	66	64	60	57	54
16 K	Vout (mV)	685	1730	3440	5150	6700	8075	9170	10140	10970
	AV	69	69	69	69	67	65	61	58	55
AV rata-rata		72	73	73	58	57	56	51	46	54

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem dalam Tabel 4. menunjukkan adanya variasi amplitudo sinyal keluaran terhadap amplitudo sinyal masukan. Penguatan awal sebesar 73 kali pada amplitudo dengan sinyal masukan sampai dengan 50 mV. Penguatan mulai menurun sampai 46 kali pada tegangan masukan 175 mV. Dari hasil yang didapatkan yang tertera dalam Tabel 4. tegangan keluaran yang terukur tidak sesuai dengan hasil kali tegangan masukan dan penguatan total. Hal ini dikarenakan adanya penjumlahan antara sinyal dari satu kanal dengan kanal yang lain pada frekuensi yang sama.

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, pembuatan dan pengujian alat, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penguatan pada filter sebesar 19,913 dB dengan kesalahan rata – rata sebesar 1,17 %.

2. Tegangan keluaran masih dapat distabilkan pada tegangan masukan 50 – 175 mV *bandwidth* rangkaian antara 20 Hz – 20 KHz, frekuensi *cut-off* rata-rata bergeser 4,1 %.
3. Antara hasil perancangan dan pengujian terdapat perbedaan karena adanya toleransi nilai komponen dan terbatasnya nilai komponen yang terdapat di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ibrahim, F. K. (1996). *Teknik Digital*. Yogyakarta: Andi Offset
- Irwan, Agus. Drs. (2002). *Desain dan Konstruksi Amplifier*. Pekalongan: CV. Bahagia Batang
- Hardy, Syam. (1983). *Teknik Dasar-dasar Elektronika*. Jakarta: PT. Bina Aksara
- Horowitz, Paul. (1992). *Seni dan Disain Elektronika*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- Malvino. (1986). *Prinsip-prinsip Elektronika*. Jakarta: Erlangga
- Suryaditana, Adrian, H. Pranjoto. (2014). *Equalizer Digital dengan Pengontrol Menggunakan Komputer*. Jurnal Ilmiah Widya Teknik, vol. 13, no. 2, November 2014.