

# Rancang Bangun Sistem Audio (*Sound System*) Menggunakan Rangkaian Crossover Aktif Dengan Tiga Jalur Frekuensi

Agus Riyanto, Widda Arifa, & Sy. Agus Salim

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak  
Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124  
E-mail: ariyanto228@gmail.com

**Abstrak:** Sistem audio yang tersedia di pasaran umumnya terdiri atas sumber sinyal suara, pre amplifier, tone control / equalizer, power amplifier dan loudspeaker. Kelemahan utama sistem ini adalah sering terjadi loudspeaker yang memiliki kemampuan daya lebih kecil (tweeter) putus, terutama apabila digunakan dengan volume yang keras. Hal ini disebabkan antara lain karena daya yang masuk tidak sesuai dengan spesifikasi loudspeaker dan juga masih bercampurnya frekuensi yang tidak sesuai dengan spesifikasi loudspeaker yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem audio yang dapat berfungsi secara optimal baik dari penggunaan daya maupun pembagian frekuensi antar speaker. Prosesnya dilakukan dengan membagi frekuensi audio yang berasal dari penguat depan menggunakan rangkaian active crossover, kemudian menguatkan setiap frekuensi dengan rangkaian penguat yang berbeda dayanya disesuaikan dengan loudspeaker yang digunakan. Hasilnya adalah sebuah sistem audio yang berupa stereo active speaker dengan sebuah unit active subwoofer, yang bekerja sesuai dengan frekuensi dan daya yang disyaratkan, sehingga menghasilkan kualitas suara yang memuaskan.

**Kata Kunci:** active crossover, stereo active speaker, active subwoofer

Peralatan audio yang beredar di pasaran akhir-akhir ini sangat beragam baik dari segi merk, harga maupun kualitas. Bagi konsumen yang berkantong tebal dapat membeli peralatan audio dengan merk dan kualitas yang bagus, yang biasanya memiliki harga yang cukup tinggi. Salah satu perangkat audio yang biasanya menjadi standar pemilihan bagi konsumen adalah pengatur nada (*tone control*). Rangkaian *tone control* adalah sebuah rangkaian elektronika yang digunakan untuk memodifikasi sinyal audio sebelum diumpankan ke *speaker*, *headphone* atau dikuatkan oleh *amplifier*.<sup>1</sup>

Kebanyakan telinga para penikmat musik di Indonesia cenderung lebih menyukai suara musik dengan nada bass yang mantap, nada sedang yang agak ditekan dan nada tinggi

yang jernih. Untuk keperluan seperti ini dapat dipenuhi dengan menggunakan perangkat *tone control* yang bagus atau rangkaian *equalizer*. Sedangkan untuk lebih mendapatkan nada rendah yang lebih memuaskan dapat ditambah dengan *subwoofer filter*.<sup>2</sup>

Permasalahan yang sering timbul dari system audio yang ada yaitu sering terjadi putusnya loudspeaker frekuensi tinggi (tweeter) akibat dari masuknya sinyal audio yang frekuensi dan dayanya tidak sesuai dengan spesifikasi loudspeaker yang ada.

Kualitas suara yang dihasilkan oleh sebuah *sound system (active loudspeaker)* ditentukan oleh beberapa faktor yaitu jenis loudspeaker, rangkaian pembagi nada / frekuensi (*crossover network*), rangkaian pengatur nada (*tone control network*),

rangkaian penguat (*power amplifier*) serta kualitas bahan dan ukuran yang tepat dari kotak speaker (*box enclosure*).<sup>3</sup> Selain itu kualitas output suara yang dihasilkan oleh speaker (terutama *woofer*) optimal terjadi apabila ukuran box speaker yang digunakan optimum.<sup>4</sup>

Pada penelitian ini dilakukan perancangan rangkaian *active crossover* untuk menggantikan peran rangkaian *tone control*, sekaligus untuk memberikan efek pembagian frekuensi / nada pada sinyal audio, membuat rangkaian penguat audio dengan daya yang berbeda sesuai kebutuhan speaker dan membangun kotak speaker sesuai spesifikasi yang diperlukan oleh speaker (terutama speaker *woofer*).

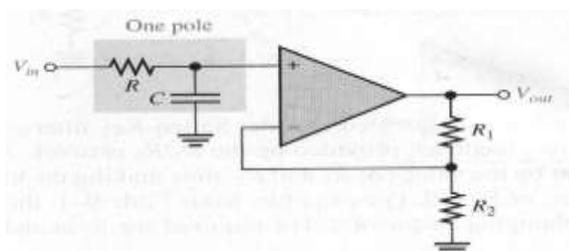
### Rangkaian Filter Aktif

Rangkaian filter aktif pada dasarnya adalah rangkaian filter RC dengan sebuah komponen aktif sebagai penguat. Sama dengan filter pasif, rangkaian ini terdiri atas *Low Pass Filter* (LPF) Aktif, *High Pass Filter* (HPF) Aktif, *Band Pass Filter* (BPF) Aktif dan *Band Stop Filter* (BSF) Aktif.<sup>5</sup> Gambar 1 menunjukkan rangkaian *Low Pass Filter* (LPF) aktif. Frekuensi kritis rangkaian ini ditentukan oleh persamaan

$$f_c = 1/2\pi RC \quad (1)$$

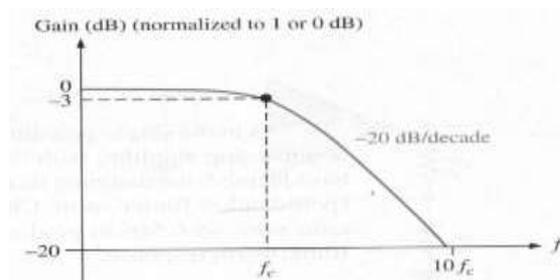
Sedangkan penguatan tegangan untuk rangkaian ini adalah

$$A_{CL} = \frac{R_1}{R_2} + 1 \quad (2)$$



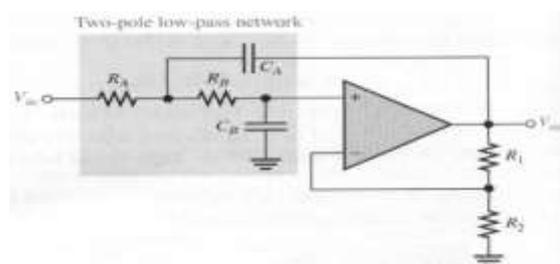
Gambar 1. Rangkaian LPF Aktif orde 1<sup>5</sup>

Respons frekuensi dari rangkaian LPF ini ditunjukkan pada gambar 2.



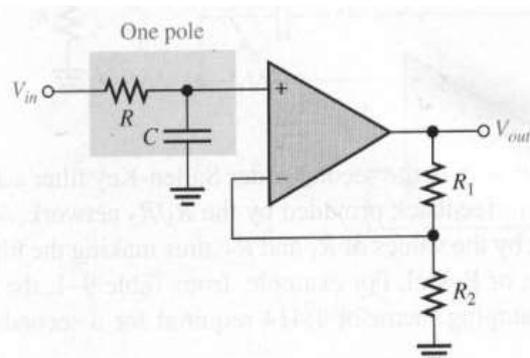
Gambar 2. Respons frekuensi LPF orde 1<sup>5</sup>

Untuk memperbaiki respons filter agar lebih selektif, maka rangkaian filter dapat disusun secara kaskade, sehingga memiliki orde yang lebih tinggi. Rangkaian LPF orde 2 yang paling sering digunakan adalah *Sallen Key LPF*, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Dua pasang rangkaian RC yang memiliki nilai identik disusun sehingga memiliki frekuensi kritis yang sama dan persamaan 1 tetap berlaku.<sup>5</sup>



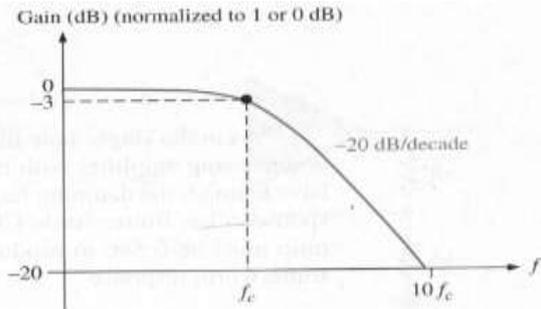
Gambar 3. Sallen Key LPF<sup>5</sup>

Rangkaian HPF orde 1 ditunjukkan pada gambar 4, sedangkan grafik respons frekuensinya ditunjukkan pada gambar 5.

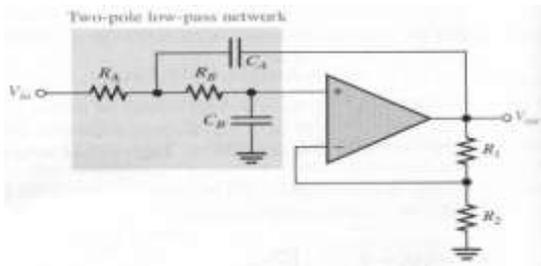


Gambar 4. Rangkaian HPF Aktif orde 1<sup>5</sup>

Untuk rangkaian HPF aktif dengan orde yang lebih tinggi, prinsip *Sallen Key* juga dapat digunakan. Gambar 6 menunjukkan rangkaian *Sallen Key* HPF orde 2.

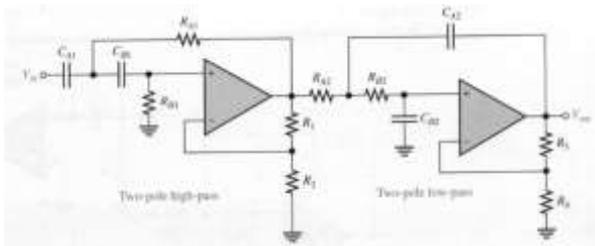


Gambar 5. Respons Frekuensi HPF orde 1<sup>5</sup>



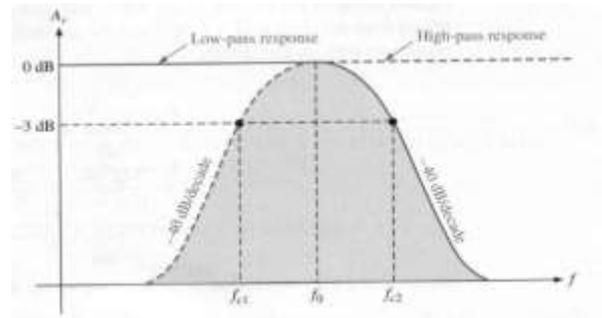
Gambar 6. *Sallen Key* HPF orde 2<sup>5</sup>

Rangkaian *Band Pass Filter* (BPF) Aktif dapat dibuat dengan cara meng-kaskade sebuah rangkaian HPF yang memiliki frekuensi kritis rendah dan LPF yang memiliki frekuensi kritis yang lebih tinggi, seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian BPF<sup>5</sup>

Sedangkan respons frekuensinya ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Respons frekuensi BPF<sup>5</sup>

**Loudspeaker**

Pada dasarnya loudspeaker mengubah bentuk energi listrik menjadi energi akustik (suara). Jika sinyal listrik diberikan ke terminal loudspeaker, maka kerucut (*cone*) loudspeaker akan bergerak maju dan mundur (bergetar) sebagai respons terhadap sinyal listrik. Udara di sekitar speaker bertambah dan berkurang tekanannya (bergetar juga), sehingga menghasilkan sinyal suara. Sinyal dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan *cone* bergetar cepat, sedangkan sinyal dengan frekuensi rendah akan menyebabkan *cone* bergetar lambat.

Jenis loudspeaker meliputi loudspeaker dinamik, elektrodinamik, condenser (*electrostatic*) dan kristal (*piezoelectric*). Sedangkan karakteristik loudspeaker yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan antara lain impedansi (resistansi ac), resistansi (dc), respons frekuensi, resonansi udara bebas, massa yang dipindahkan, *compliance*, sensitifitas, rating daya serta berat magnet.

Spektrum frekuensi audio dari 20 Hz sampai dengan 20 KHz dapat dibagi ke dalam 3 (tiga) kategori yaitu *low*, *medium* dan *high*, sehingga jenis speaker yang ada juga menyesuaikan dengan frekuensi yang akan ditanganinya.<sup>6</sup> Untuk frekuensi rendah digunakan speaker *woofer* (gambar 9), frekuensi menengah digunakan speaker *midrange* (gambar 10) dan untuk frekuensi tinggi digunakan speaker *tweeter* (gambar 11).



Gambar 9. Woofer Speaker <sup>6</sup>



Gambar 10. Midrange Speaker <sup>7</sup>



Gambar 11. Tweeter Speaker <sup>8</sup>

### Kotak Speaker (*Loudspeaker Box*)

Kotak speaker dibuat untuk menghasilkan nada rendah (bass) yang optimal, karena nada rendah yang dihasilkan tidak hanya tergantung pada jenis speaker *woofer* saja, tetapi diperlukan juga konstruksi kotak speaker yang kuat, rapat serta memiliki ukuran yang tepat. Tanpa kotak, speaker tidak dapat menghasilkan nada rendah yang penuh, karena suara yang berasal dari sisi belakang loudspeaker dapat mengeliminasi frekuensi rendah yang dikeluarkan oleh bagian depan loudspeaker.<sup>9</sup>

Terdapat beberapa jenis kotak loudspeaker yang bisa menghasilkan jenis nada rendah yang berbeda. Gambar 12

menunjukkan beberapa jenis kotak *loudspeaker* yang umum dibuat dengan karakteristik utama yang mengikutinya.

## PERANCANGAN SISTEM

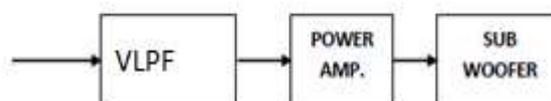
### *Subwoofer* Aktif

*Subwoofer* aktif dibuat agar system audio yang dibangun memiliki respons frekuensi sangat rendah yang mantap. Diagram blok *subwoofer* aktif

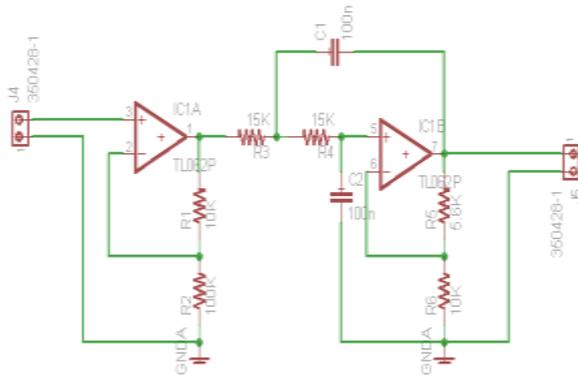


Gambar 12. Jenis Kotak Loudspeaker <sup>9</sup>

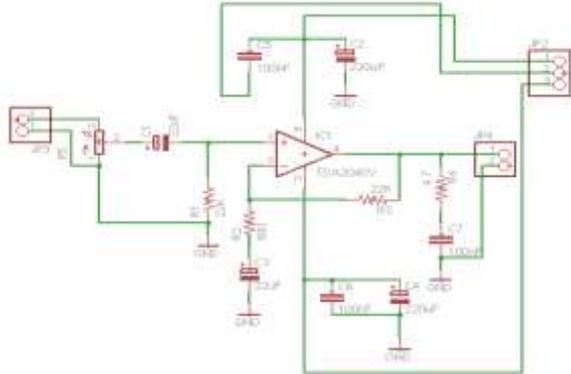
ditunjukkan pada gambar 13. Frekuensi kritis untuk rangkaian VLPF dirancang 100 Hz (*subwoofer* memiliki frekuensi 20 – 200 Hz)<sup>10</sup>. Dengan nilai-nilai komponen yang ditunjukkan pada gambar 14, maka didapat frekuensi kritis rangkaian adalah 106 Hz. Power Amplifier untuk *subwoofer* ini menggunakan komponen utama IC TDA 2050 yang memiliki daya maksimum sampai dengan 32 Watt, skematik rangkaian power amplifier TDA 2050 ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 13. Diagram blok *subwoofer* aktif



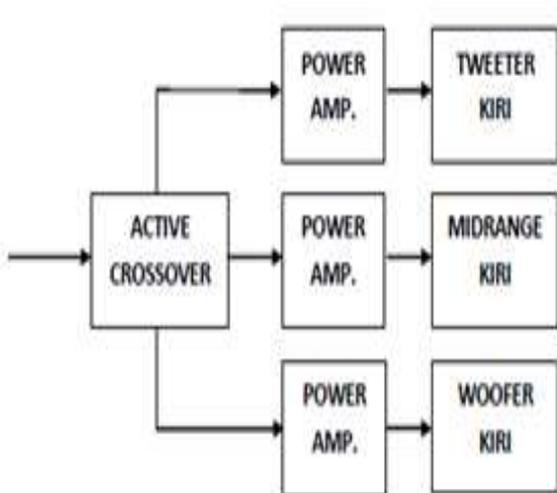
Gambar 14. Skema rangkaian VLPF 100 Hz



Gambar 15. Skema rangkaian Power Amplifier TDA2050

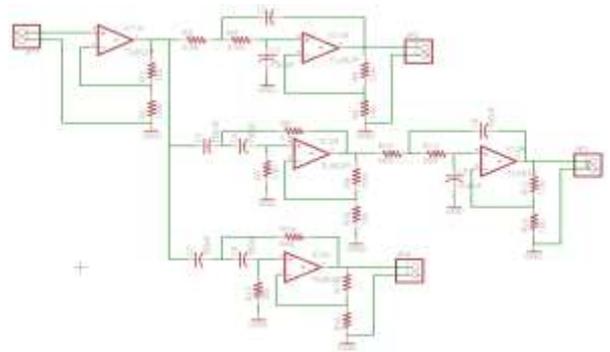
**Speaker Aktif**

Diagram blok sistem speaker aktif dibangun terdiri atas tiga buah filter aktif (LPF, BPF dan HPF) serta tiga buah power amplifier dengan daya yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Diagram blok speaker aktif

Rangkaian tiga buah filter aktif yang bekerja sekaligus ini berperan sebagai *active crossover* yang akan membagi frekuensi sinyal input ke dalam 3 jalur frekuensi yaitu 400 Hz untuk LPF, 400 – 3000 Hz untuk BPF dan 3000 Hz untuk HPF. Dengan nilai-nilai komponen pada gambar 17, maka diperoleh frekuensi untuk LPF 408 Hz, BPF 408 Hz – 2844 Hz dan HPF 2844 Hz.



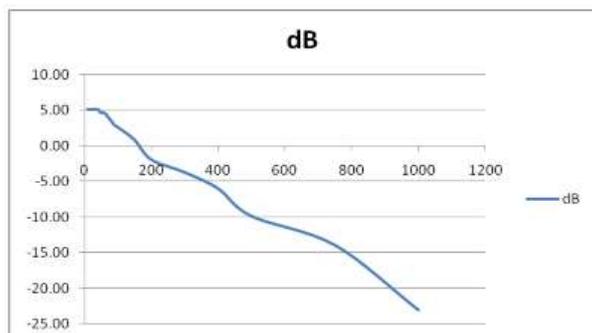
Gambar 17. Skema Rangkaian Crossover Aktif

Sebagai penguatnya untuk LPF dengan frekuensi 408 Hz dikuatkan dengan menggunakan IC TDA 2040 yang memiliki daya keluaran maksimum 25 Watt, untuk BPF dengan frekuensi 408 – 2844 Hz dikuatkan dengan menggunakan IC TDA 2030 dengan daya keluaran maksimum 14 Watt, serta HPF 2844 Hz dikuatkan dengan menggunakan IC TDA 2002 dengan daya keluaran maksimum 8 Watt.

**HASIL & PEMBAHASAN**

**Pengujian Filter *Subwoofer***

Rangkaian filter *subwoofer* diberikan masukan sinyal gelombang sinus dari Function Generator, dimulai dari frekuensi 10 Hz sampai dengan 1000 Hz dengan amplitudo 10 Volt p-p. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 1. Grafik respons frekuensi dari rangkaian filter subwoofer ditunjukkan pada gambar 18.



Gambar 18. Grafik Respons frekuensi rangkaian filter subwoofer

Tabel 1. Hasil pengujian filter subwoofer

No	Frek (Hz)	In (Vp-p)	Out (Vp-p)	Vout/Vin	dB
1	10	10	18	1.8	5.11
2	20	10	18	1.8	5.11
3	30	10	18	1.8	5.11
4	40	10	18	1.8	5.11
5	50	10	17	1.7	4.61
6	60	10	17	1.7	4.61
7	70	10	16	1.6	4.08
8	80	10	15	1.5	3.52
9	90	10	14	1.4	2.92
10	100	10	13.5	1.35	2.61
11	150	10	11	1.1	0.83
12	200	10	8	0.8	-1.94
13	300	10	6.5	0.65	-3.74
14	400	10	5	0.5	-6.02
15	500	10	3.2	0.32	-9.90
16	750	10	2	0.2	-13.98
17	1000	10	0.7	0.07	-23.10

Dari tabel data hasil pengujian serta grafik respons frekuensi dapat dilihat bahwa rangkaian filter subwoofer yang dibangun telah sesuai dengan perancangan awal. Frekuensi kritis yang diperoleh sekitar 80 Hz, yaitu pada 70% (dengan penguatan tegangan 3,52 dB) dari penguatan tegangan maksimum yang ada (5,11 dB).

### Pengujian Active Crossover

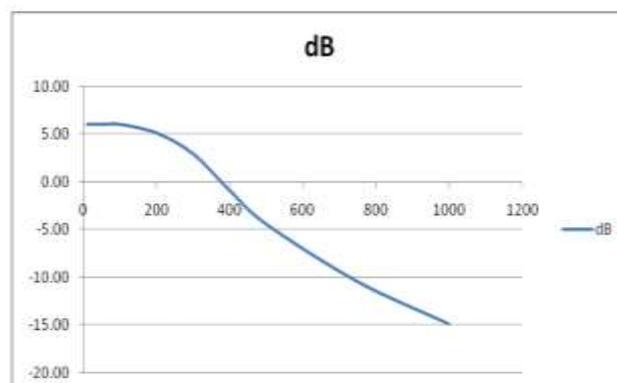
Pengujian rangkaian *active crossover* dilakukan dengan memberikan tegangan masukan gelombang sinus dengan amplitudo 10 Volt p-p dari *Function Generator*, mulai dari 10 Hz sampai dengan 1000 Hz. Hasil

pengujian untuk bagian LPF ditunjukkan pada tabel 2. Grafik respons frekuensi dari rangkaian *Low Pass Filter* ditunjukkan pada gambar 19.

Dari tabel 2 dan juga grafik respons frekuensi pada gambar 19 terlihat bahwa karakteristik LPF yang dibangun kurang sesuai dengan perancangan awal. Dalam perancangan frekuensi kritis adalah 408 Hz, akan tetapi kenyataannya frekuensi kritis terjadi kurang dari 300 Hz, yaitu pada penguatan tegangan 4,2 dB (70% dari penguatan tegangan maksimumnya (6,2 dB)). Keuntungannya adalah nada rendah yang dihasilkan akan lebih rendah sehingga nada bass yang dihasilkan lebih mantap.

Tabel 2. Hasil pengujian Low Pass Filter

No	Frek (Hz)	In (Vp-p)	Out (Vp-p)	Vout/Vin	dB
1	10	10	20	2.00	6.02
2	20	10	20	2.00	6.02
3	30	10	20	2.00	6.02
4	40	10	20	2.00	6.02
5	50	10	20	2.00	6.02
6	60	10	20	2.00	6.02
7	100	10	20	2.00	6.02
8	200	10	18	1.80	5.11
9	300	10	14	1.40	2.92
10	400	10	9	0.90	-0.92
11	500	10	6	0.60	-4.44
12	750	10	3	0.30	-10.46
13	1000	10	1.8	0.18	-14.89



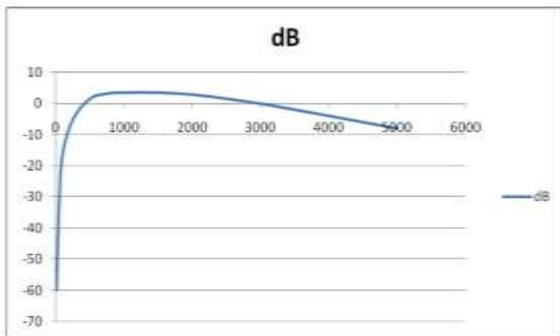
Gambar 19. Grafik respons frekuensi rangkaian *Low Pass Filter*

Pengujian berikutnya yaitu rangkaian *Band Pass Filter*. Dengan masukan dari *Function Generator* mulai dari 10 Hz sampai dengan 5000 Hz dan amplitudo 10 Volt p-p, hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 3. Grafik respons frekuensi dari rangkaian *Band Pass Filter* ditunjukkan pada gambar 20.

Dari tabel 3 dan juga grafik respons frekuensi pada gambar 20 terlihat bahwa karakteristik BPF yang dibangun ternyata memiliki respons frekuensi yang lebih sempit. Dalam perancangan filter ini memiliki jangkauan dari 408 Hz sampai dengan 2844 Hz. Setelah jadi ternyata filter ini memiliki jangkauan frekuensi dari 600 Hz sampai dengan 2400 Hz. Efeknya adalah filter akan lebih menonjolkan nada tengah yaitu kurang lebih pada frekuensi 1200 Hz.

**Tabel 3. Hasil pengujian rangkaian BPF**

No	Frek (Hz)	In (Vp-p)	Out (Vp-p)	Vout /Vin	dB
1	10	10	0.01	0.001	-60.00
2	50	10	0.3	0.03	-30.46
3	100	10	1.6	0.16	-15.92
4	250	10	5.6	0.56	-5.04
5	500	10	12	1.2	1.58
6	750	10	14.5	1.45	3.23
7	1000	10	15	1.5	3.52
8	1500	10	15	1.5	3.52
9	2000	10	14	1.4	2.92
10	2500	10	12	1.2	1.58
11	3000	10	10	1	0.00
12	3500	10	8	0.8	-1.94
13	5000	10	4	0.4	-7.96

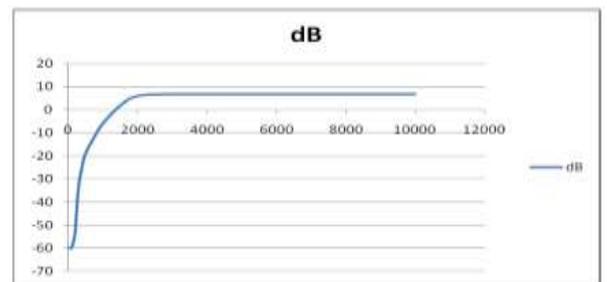


**Gambar 20. Grafik respons frekuensi rangkaian Band Pass Filter**

Selanjutnya adalah pengujian untuk rangkaian *High Pass Filter*. Dengan masukan dari *Function Generator* mulai dari 10 Hz sampai dengan 10000 Hz (10 KHz) dengan amplitudo 10 Volt p-p. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4, sedangkan grafik respons frekuensi dari rangkaian *High Pass Filter* ditunjukkan pada gambar 21.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Rangkaian HPF**

No	Frek (Hz)	In (Vp-p)	Out (Vp-p)	Vout /Vin	dB
1	10	10	0.01	0.001	-60
2	50	10	0.01	0.001	-60
3	100	10	0.01	0.001	-60
4	200	10	0.02	0.002	-53.98
5	300	10	0.2	0.02	-33.98
6	400	10	0.55	0.055	-25.19
7	500	10	1.1	0.11	-19.17
8	750	10	2.52	0.252	-11.97
9	1000	10	5	0.5	-6.02
10	1500	10	12.3	1.23	1.80
11	2000	10	20	2	6.02
12	3000	10	22	2.2	6.85
13	5000	10	22	2.2	6.85
14	10000	10	22	2.2	6.85



**Gambar 21. Grafik respons frekuensi rangkaian High Pass Filter**

Dari tabel 4 dan grafik respons frekuensi pada gambar 21 terlihat bahwa respons frekuensi yang terjadi lebih rendah dibandingkan dengan awal perancangan. Jika awalnya dirancang frekuensinya 2844 Hz, maka setelah diuji frekuensi kritis yang dihasilkan adalah sekitar 1800 Hz yaitu pada penguatan tegangan 4,8 dB (70% dari penguatan tegangan maksimum 6,85 dB). Hal

ini berakibat pada bertambahnya beban kerja speaker tweeter, karena harus menangani frekuensi yang lebih rendah dari yang seharusnya.

## SIMPULAN

Dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut: (1) Rancangan filter *subwoofer* memiliki frekuensi kritis sekitar 80 Hz, sehingga menghasilkan suara-suara *subwoofer* yang lebih rendah; (2) Rancangan *Low Pass Filter* pada *crossover* aktif menghasilkan frekuensi yang lebih rendah dari perancangan, sehingga sistem ini menghasilkan nada bass yang lebih rendah dan mantap; (3) Rancangan *Band Pass Filter* menghasilkan frekuensi respons yang lebih sempit, sehingga menghasilkan suara-suara nada tengah yang sangat menonjol; (4) Rancangan *High Pass Filter* yang dibangun menghasilkan frekuensi respons yang lebih rendah, sehingga nada tinggi yang dihasilkan agak kurang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. <https://id.wikipedia.org/wiki>, 21 September 2016.
- [2]. Majalah Audio Video, Edisi September 2007.
- [3]. Saufi b. Mohd. Isa, Arham, .....*Active Loudspeaker System*, University of Malaysia, Pahang.
- [4]. K. Elias, Inguru. (2015). *Design of Speaker Cabinets to Give Optimum (Best) Response for 100W, 250W Woofers*, Department of Electrical and Information Engineering, School of Engineering, University of Nairobi.
- [5]. L. Floyd, Thomas; Buchla, David. (2006). *Fundamentals of Analog Circuits, 2<sup>nd</sup> Edition*, Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- [6]. <https://id.wikipedia.org/wiki>, 13 Mei 2017.
- [7]. <https://www.amazon.com>, 13 Mei 2017.
- [8]. <https://www.jbl.com>, 13 Mei 2017.
- [9]. <https://www.crutchfield.com>, 5 November 2017.
- [10]. <https://www.techwalla.com>, 5 November 2017.