

Analisa Rangkaian *Active High Pass Filter* Orde 1 dan Orde 2 Topology *Sallenkey*

Ahmad Taking¹, Mulyadi²

¹²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Borneo Tarakan

Received: May 2026; Accepted: May 2026; Published: May 2026
DOI: 10.30649/je.v7i2.161

Abstrak

Penyaring atau tapis (filter) didefinisikan sebagai rangkaian atau jaringan listrik yang dirancang untuk melewatkan atau membelokkan arus bolak-balik yang dibangkitkan pada frekuensi tertentu serta memblokir atau memperlemah semua arus bolak-balik yang dibangkitkan dengan frekuensi-frekuensi yang lain. Filter dapat diklasifikasikan dengan arah analog atau digital, pasif atau aktif, audio (AF) atau radio frekuensi (RF). Filter analog dirancang untuk memproses sinyal analog, sedang filter digital memproses sinyal analog dengan menggunakan teknik digital. Filter tergantung dari tipe elemen yang digunakan pada rangkaianannya, filter akan dibedakan pada filter aktif dan filter pasif. Elemen pasif adalah tahanan, kapasitor dan induktor. Filter aktif dilengkapi dengan transistor atau op-amp selain tahanan dan kapasitor. Tipe elemen ditentukan oleh pengoperasian range frekuensi kerja rangkaian. Misal RC filter umumnya digunakan untuk audio atau operasi frekuensi rendah. Pada system perancangan high pass filter dilakukan dengan menggunakan topologi sellen-key yaitu orde 1 dan orde 2 yang berfungsi sebagai blok bangunan untuk menerapkan filter aktif tingkat tinggi.

Kata kunci: Rangkain RC, High Pass Filter Orde 1, High Pass Filter Orde 2, Topologi Sallen-key.

Abstract

A filter is defined as an electrical circuit or network designed to pass or direct alternating current signals generated at certain frequencies while blocking or attenuating all alternating current signals generated at other frequencies. Filters can be classified as analog or digital, passive or active, and audio frequency (AF) or radio frequency (RF) filters. Analog filters are designed to process analog signals, whereas digital filters process analog signals using digital techniques. Depending on the type of elements used in the circuit, filters are categorized into active filters and passive filters. Passive elements include resistors, capacitors, and inductors. Active filters are equipped with transistors or operational amplifiers (op-amps) in addition to resistors and capacitors. The type of element used is determined by the operating frequency range of the circuit. For example, RC filters are generally used for audio or low-frequency operations. In the design of a high-pass filter system, the Sallen-Key topology of first-order and second-order configurations is used, which functions as a building block for implementing higher-order active filters.

Keywords: RC Circuit, First-Order High-Pass Filter, Second-Order High-Pass Filter, Sallen-Key Topology

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronika analog dan sistem pengolahan sinyal telah meningkatkan kebutuhan terhadap rangkaian filter yang memiliki respon frekuensi stabil, akurat, dan efisien. Filter merupakan suatu rangkaian elektronika yang digunakan untuk melewatkan sinyal pada rentang frekuensi tertentu dan meredam sinyal di luar rentang frekuensi tersebut. Dalam sistem komunikasi, instrumentasi, audio, biomedis, dan pengolahan sinyal, filter memiliki peranan penting dalam meningkatkan kualitas sinyal dengan mengurangi noise atau gangguan yang tidak diinginkan. Salah satu jenis filter yang banyak digunakan adalah *High Pass Filter* (HPF), yaitu filter yang dirancang untuk melewatkan sinyal dengan frekuensi di atas frekuensi *cutoff* dan meredam sinyal dengan frekuensi di bawahnya [1].

Berdasarkan komponen penyusunnya, filter dibedakan menjadi filter pasif dan filter aktif. Filter pasif menggunakan komponen resistor, kapasitor, dan induktor, sedangkan filter aktif menggunakan komponen aktif seperti transistor atau *operational amplifier* (op-amp) yang dikombinasikan dengan resistor dan kapasitor. Filter aktif memiliki beberapa keunggulan dibandingkan filter pasif, antara lain memiliki impedansi input tinggi, impedansi output rendah, mampu memberikan penguatan sinyal, serta tidak memerlukan penggunaan induktor yang umumnya berukuran besar dan sulit diimplementasikan pada frekuensi rendah [2]. Oleh karena itu, filter aktif lebih banyak digunakan dalam perancangan sistem elektronika modern.

Salah satu topologi filter aktif yang paling banyak digunakan adalah topologi Sallen-Key. Topologi ini diperkenalkan oleh R. P. Sallen dan E. L. Key pada tahun 1955 sebagai konfigurasi filter aktif yang sederhana namun memiliki performa frekuensi yang baik [3]. Topologi Sallen-Key banyak diterapkan pada perancangan

filter orde rendah maupun orde tinggi karena memiliki struktur rangkaian sederhana, mudah dianalisis, dan memiliki kestabilan yang baik terhadap perubahan parameter komponen. Selain itu, topologi ini mampu menghasilkan respon frekuensi yang presisi dengan jumlah komponen yang relatif sedikit [4].

Penelitian mengenai implementasi filter aktif berbasis topologi Sallen-Key telah banyak dilakukan. Karki menjelaskan bahwa filter aktif Sallen-Key memiliki sensitivitas rendah terhadap variasi komponen sehingga sangat sesuai digunakan pada aplikasi audio dan sistem instrumentasi presisi [5]. Penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan op-amp pada topologi Sallen-Key mampu meningkatkan penguatan sinyal dan menghasilkan respon frekuensi yang lebih stabil dibandingkan filter pasif konvensional [6]. Selain itu, filter orde dua memiliki kemampuan atenuasi yang lebih tajam dibandingkan filter orde satu sehingga lebih efektif dalam meredam sinyal frekuensi rendah yang tidak diinginkan [7].

Pada implementasinya, filter orde satu memiliki karakteristik penurunan respon sebesar 20 dB/dekade, sedangkan filter orde dua memiliki karakteristik sebesar 40 dB/dekade [8]. Semakin tinggi orde filter maka selektivitas filter terhadap frekuensi tertentu akan semakin baik. Peningkatan orde filter juga meningkatkan ketajaman transisi antara daerah *passband* dan *stopband* sehingga filter lebih efektif dalam proses pemisahan sinyal [9]. Oleh sebab itu, analisa terhadap karakteristik rangkaian High Pass Filter orde satu dan orde dua menjadi penting untuk mengetahui perbedaan performa masing-masing filter dalam aplikasi elektronika.

Selain karakteristik orde filter, nilai resistor dan kapasitor juga sangat mempengaruhi frekuensi *cutoff* dan respon amplitudo keluaran. Perubahan kecil pada nilai komponen RC dapat menyebabkan pergeseran frekuensi *cutoff* dan mempengaruhi kestabilan respon filter [10]. Oleh

karena itu, analisa terhadap pengaruh parameter komponen dalam rangkaian active high pass filter perlu dilakukan untuk memperoleh desain filter yang optimal.

Dalam penelitian ini dilakukan analisa terhadap rangkaian *Active High Pass Filter* orde satu dan orde dua menggunakan topologi Sallen-Key. Analisa dilakukan untuk mengetahui karakteristik respon frekuensi, penguatan sinyal, frekuensi cutoff, serta perbedaan performa antara filter orde satu dan orde dua. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai implementasi filter aktif berbasis topologi Sallen-Key dan dapat dijadikan referensi dalam pengembangan sistem elektronika analog serta pengolahan sinyal.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan selama 6 bulan di Laboatorium Dasar Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan. Metode eksperimen dipilih karena mampu memberikan gambaran secara langsung mengenai respon frekuensi, penguatan sinyal, dan karakteristik kerja filter aktif berdasarkan parameter rangkaian yang digunakan. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, perancangan rangkaian, simulasi, pengambilan data, analisis hasil, dan penarikan kesimpulan.

Tahap pertama adalah studi literatur yang dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi dari buku, jurnal ilmiah, artikel penelitian, dan datasheet komponen elektronika yang berkaitan dengan filter aktif, *High Pass Filter* (HPF), operational amplifier (*op-amp*), serta topologi Sallen-Key. Studi literatur bertujuan untuk memahami konsep dasar filter aktif, prinsip kerja rangkaian RC, karakteristik respon frekuensi, serta parameter-parameter yang mempengaruhi performa filter seperti

frekuensi cutoff, gain, dan faktor kualitas (*quality factor/Q factor*). Selain itu, studi literatur juga digunakan sebagai dasar dalam menentukan spesifikasi dan parameter rangkaian yang akan dirancang pada penelitian ini.

Tahap selanjutnya adalah perancangan rangkaian *Active High Pass Filter* orde satu dan orde dua. Pada penelitian ini digunakan dua model rangkaian untuk membandingkan karakteristik performa masing-masing filter. Rangkaian orde satu dirancang menggunakan konfigurasi RC aktif sederhana yang dikombinasikan dengan operational amplifier, sedangkan rangkaian orde dua menggunakan topologi Sallen-Key. Topologi Sallen-Key dipilih karena memiliki struktur rangkaian yang sederhana, mudah dianalisis, serta mampu menghasilkan respon frekuensi yang stabil dengan penggunaan komponen yang relatif sedikit.

Perancangan nilai resistor dan kapasitor dilakukan berdasarkan frekuensi cutoff yang telah ditentukan sebelumnya. Frekuensi cutoff merupakan batas frekuensi kerja filter dalam melewatkan sinyal frekuensi tinggi dan meredam sinyal frekuensi rendah. Persamaan frekuensi cutoff untuk filter orde satu dinyatakan sebagai berikut:

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

Sedangkan frekuensi cutoff pada filter orde dua topologi Sallen-Key dinyatakan dengan persamaan:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Nilai komponen resistor dan kapasitor dipilih dengan mempertimbangkan kemudahan implementasi, kestabilan respon filter, serta kesesuaian terhadap frekuensi kerja yang diinginkan. Operational amplifier yang digunakan dalam simulasi disesuaikan dengan karakteristik

umum filter aktif sehingga mampu memberikan penguatan sinyal dan respon frekuensi yang optimal.

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan simulasi rangkaian menggunakan perangkat lunak simulasi elektronika, seperti Proteus, Multisim, atau LTspice. Simulasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik respon frekuensi dari masing-masing rangkaian filter sebelum diimplementasikan secara nyata. Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal masukan AC berupa gelombang sinusoidal dengan variasi frekuensi tertentu mulai dari frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi. Pada setiap perubahan frekuensi dilakukan pengamatan terhadap tegangan keluaran, penguatan sinyal (*gain*), dan perubahan respon amplitudo.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi frekuensi cutoff (*cutoff frequency*), tegangan output, penguatan sinyal (*voltage gain*), kemiringan atenuasi (*roll-off*), serta karakteristik daerah *passband* dan *stopband*. Filter orde satu secara teoritis memiliki kemiringan respon sebesar 20 dB/dekade, sedangkan filter orde dua memiliki kemiringan respon sebesar 40 dB/dekade. Oleh karena itu, analisis dilakukan untuk mengetahui perbedaan tingkat selektivitas dan kemampuan atenuasi antara kedua filter tersebut.

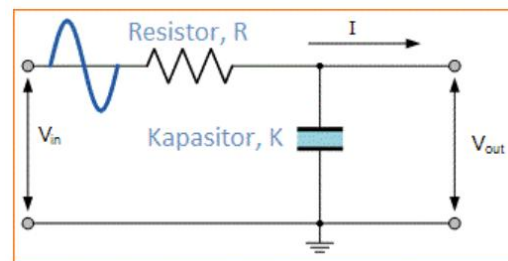
1. Low pass Filter orde 1

Filter pasif orde-pertama sederhana (orde-1) dapat dibuat dengan menghubungkan bersama satu resistor dan kapasitor tunggal secara seri pada sinyal input, (V_{in}) dengan output filter, (V_{out}) diambil dari persimpangan/junction dua komponen ini. Bergantung pada arah mana kita menghubungkan resistor dan kapasitor sehubungan dengan sinyal output menentukan jenis konstruksi filter yang menghasilkan *Low Pass Filter* atau *High Pass Filter*. Karena fungsi dari filter apapun adalah untuk memungkinkan sinyal dari pita frekuensi tertentu untuk

lewat tanpa diubah saat melemahkan atau atenuasi semua yang tidak diinginkan. Kita dapat menentukan karakteristik respon amplitudo dari filter ideal dengan menggunakan kurva respons frekuensi ideal dari empat tipe filter dasar seperti yang ditunjukkan.

Low Pass Filter dapat berupa kombinasi kapasitansi, induktansi atau resistansi yang dimaksudkan untuk menghasilkan atenuasi tinggi di atas frekuensi yang ditentukan dan sedikit atau tidak ada atenuasi di bawah frekuensi tersebut. Frekuensi transisi terjadi disebut frekuensi “cut-off” atau “sudut”.

Low Pass Filter paling sederhana terdiri dari resistor dan kapasitor tetapi *Low Pass Filter* yang lebih canggih memiliki kombinasi induktor seri dan kapasitor paralel. Dalam tutorial ini kita akan melihat jenis yang paling sederhana, dua komponen RC *Low Pass Filter* pasif. *Low Pass Filter* pasif RC sederhana, dapat dengan mudah dibuat dengan menghubungkan bersama-sama dalam rangkaian resistor tunggal dengan kapasitor tunggal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

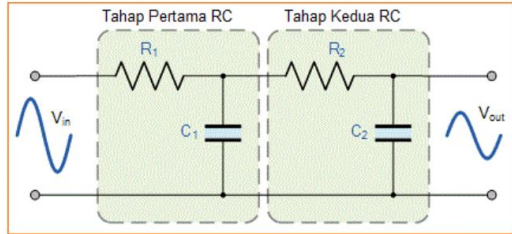


Gambar 1. Rangkaian *Low Pass Filter* (LPF) orde 1 (pertama)

2. Low Pass Filter Orde-2 (kedua)

Sejauh ini kita telah melihat bahwa low pass filter-RC orde-1 (pertama) sederhana dapat dibuat dengan menghubungkan satu resistor secara seri dengan kapasitor tunggal. Pengaturan single-pole ini memberi kita kemiringan roll-off atenuasi 20dB / dekade frekuensi di atas titik cut-off di $f -3$ dB. Namun, kadang-kadang di rangkaian filter ini -20

dB/dekade (-6 dB/oktaf) sudut kemiringan mungkin tidak cukup untuk menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan maka dua tahap penyaringan dapat digunakan seperti yang ditunjukkan.

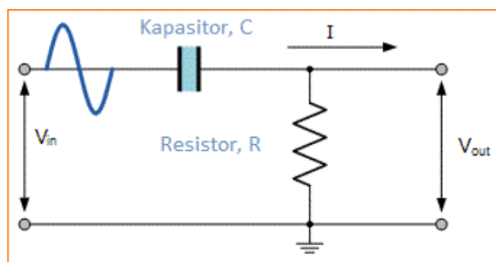


Gambar 2. Rangkaian Low Pass Filter Orde-2 (kedua)

3. High Pass Filter Orde 1

High Pass Filter orde pertama adalah kebalikan dari rangkaian Low Pass Filter (LPF) yang sudah kita bahas sebelumnya, karena kedua komponen telah dipertukarkan dengan sinyal output filter yang sekarang diambil dari resistor.

Ketika low pass filter hanya mengizinkan sinyal untuk melewati di bawah titik frekuensi cut-off-nya, f_c , rangkaian high pass filter pasif seperti namanya, hanya melewati sinyal di atas titik cut-off yang dipilih, f_c menghilangkan sinyal frekuensi rendah dari bentuk gelombang. Pertimbangkan rangkaian di bawah ini.



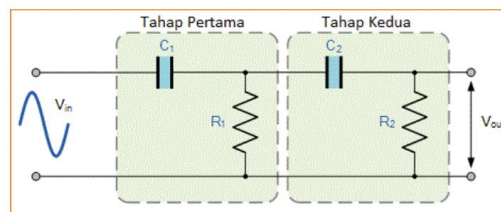
Gambar 3. Rangkaian High Pass Filter orde 1

Dalam pengaturan rangkaian ini, reaktansi kapasitor sangat tinggi pada frekuensi rendah sehingga kapasitor bertindak seperti rangkaian terbuka dan memblokir sinyal input apa pun pada V_{IN} sampai titik frekuensi cut-off (f_c) tercapai. Di atas titik frekuensi cut-off ini reaktansi

kapasitor telah berkurang cukup untuk sekarang bertindak lebih seperti korsleting yang memungkinkan semua sinyal input melewati langsung ke output seperti yang ditunjukkan di bawah ini dalam kurva respon filter.

4. High Filter Pass Orde-2 kedua

Seperti pada low pass filter, tahapan high pass filter dapat disusun bersama untuk membentuk filter orde-2 kedua (dua kutub) seperti yang ditunjukkan. Rangkaian High Pass Filter Orde-2 kedua.



Gambar 4. Rangkaian High Pass Filter Orde-2 kedua

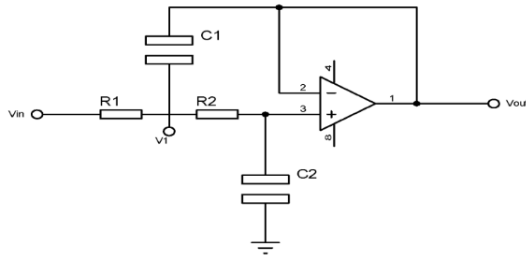
Rangkaian pada Gambar 4, menggunakan dua filter orde-1 (pertama) yang terhubung atau mengalir bersama untuk membentuk jaringan high-pass orde-2 (dua) atau dua kutub. Kemudian tahap filter orde-1 pertama bisa dikonversi menjadi tipe orde-2 kedua yaitu dengan cara memakai tambahan jaringan RC, sama seperti pada orde2 kedua low pass filter. Rangkaian high pass filter orde-2 kedua yang dihasilkan akan memiliki kemiringan/slope 40dB/dekad (12dB/oktaf).

5. Topologi Sallen-key

Topologi Sallen-Key merupakan topologi filter elektronik yang digunakan untuk mengimplementasikan filter aktif orde kedua yang sangat penting, karena cukup sederhana. Filter ini merupakan bentuk dari topologi filter sumber tegangan terkontrol (VCVS Voltage Controlled Voltage Source). Pada umumnya filter VCVS menggunakan super-gain amplifier dengan input impedansi tak terhingga dan output impedansi nol untuk mengimple-

mentasikan 2-pole (20 dB/dekade) lowpass, high-pass atau bandpass.

Super-gain amplifier memungkinkan factor Q yang sangat tinggi dan gain passband tanpa memerlukan induktor. Sebuah filter Sallen Key merupakan variasi dari VCVS filter yang menggunakan gain amplifier (yaitu buffer amplifier murni dengan gain 0 dB).



Gambar 5. Rangkaian Topologi Sallen-Key

6. Keunggulan High Pass Filter Orde 1 dan Orde 2

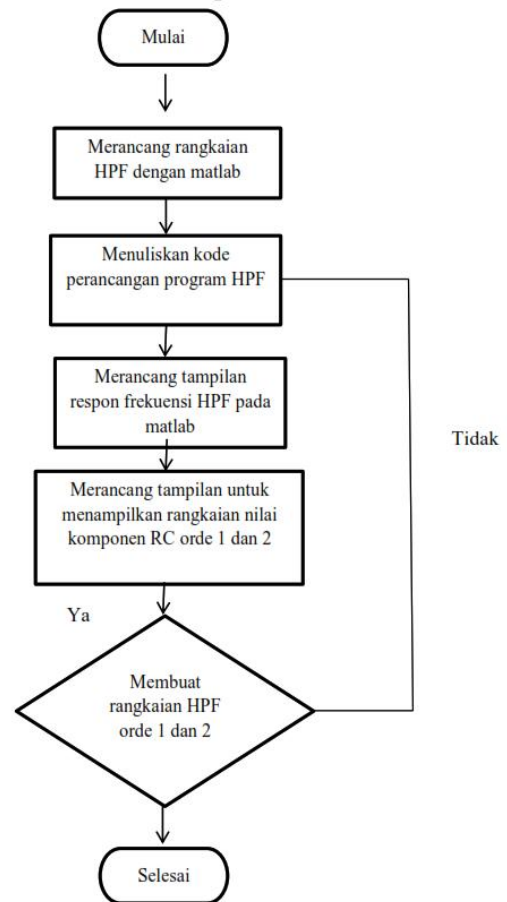
High-Pass Filter (HPF) orde 1 dan 2 memiliki keunggulan equalizer yang meloloskan frekuensi high (tinggi) frekuensi yang kita kehendaki, sehingga frekuensi low (rendah) dibawahnya disaring atau difilter dan dihilangkan. Sebagai contoh setting HPF di 10 kHz maka frekuensi 10 kHz keatas di loloskan dan frekuensi dibawah 10 kHz disaring (di-filter) atau ditiadakan. Suatu filter lolos atas orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor sedangkan orde 2 Dapat dibuat dari 2 tahanan dan 2 kapasitor.

7. Pengaruh Quality Factor Terhadap Respon Frekuensi

Penguatan tegangan dari sinyal input yang diberikan ke rangkaian filter aktif high pass ini memiliki perbedaan pada respon frekuensi rangkaian filter aktif high pass sebagai berikut.

1. Ada saat sinyal input dengan frekuensi (f) lebih tinggi dari frekuensi cutoff
2. Pada saat sinyal input dengan frekuensi (f) sama dengan dari frekuensi cutoff.
3. Pada saat sinyal input dengan frekuensi (f) lebih rendah dari frekuensi cutoff.

Dari pernyataan diatas maka pada filter high pass akan memberikan respon melemahkan sinyal input apabila frekuensi sinyal input yang diberikan ke rangkaian filter aktif high pass lebih rendah dari frekuensi cut-off rangkaian dan akan memberikan penguatan tegangan sebesar Av pada saat frekuensi sinyal tersebut lebih tinggi dari frekuensi cut-off kemudian akan terjadi pelemahan 0,707 dari Av pada saat frekuensi sinyal input sama dengan frekuensi cut-off rangkaian filter aktif high pass tersebut.



Gambar 6. Flowchart Pembuatan High Pass Filter

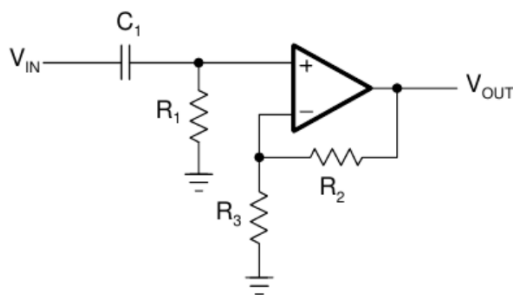
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis High Pass Filter Orde 1

High Pass Filter yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mengurangi noise pada sistem audio. Salah

satu bidang yang dikembangkan saat ini pada perkembangan teknologi komunikasi adalah audio. Salah satu hambatan yang dihadapi pada tranmisi suara adalah noise agar komunikasi yang terjadi lebih nyaman. Salah satu cara untuk mengetahui noise yang ditimbulkan pada komunikasi suara dapat diketahui melalui respon frekuensi yang dihasilkan oleh sistem tersebut.

Untuk mengurangi noise yang terjadi maka penelitian ini menggunakan filter High Pass untuk melihat respon frekuensi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh orde filter terhadap respon frekuensi yang dihasilkan. Tipe filter yang digunakan pada penelitian ini adalah Sallen Key. Jika diinginkan frekuensi cutoff pada perancangan HPF ini sebesar 1 kHz dengan nilai penguatan sebesar 5 kali maka desain filter orde 1, maka nilai komponen dapat dihitung melalui persamaan 1.



Gambar 7. Rangkaian HPF Sallen Key orde 1

Dengan nilai frekuensi Cutoff sebesar 1 kHz dan nilai C yang dipilih pada perancangan desain HPF adalah 10 nF maka dapat diperoleh nilai R.

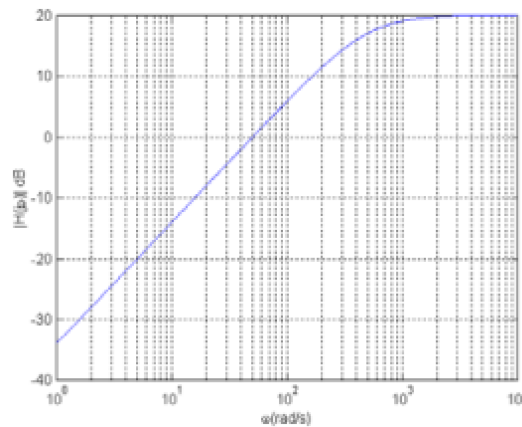
$$R = \frac{1}{2\pi f_c \cdot C} \tag{1}$$

Maka diperoleh nilai R adalah 15,92 kΩ. Nilai R yang terdekat untuk desain filter ini digunakan 16 kΩ. Dari persamaan 2 maka diperoleh nilai R2 dan R3 adalah sebagai berikut:

$$A = 1 + \frac{R2}{R3} \tag{2}$$

Karena penguatan HPF tersebut maka nilai R2 sebesar dua kali dari R3. Jika kita menggunakan R3 = 10 kΩ maka nilai R2 sebesar 20 kΩ. Fungsi alih dari High Pass Filter orde 1 adalah sebagai berikut:

$$\text{Tegangan Gain (Av)} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_f \left(\frac{f}{f_c}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$



Gambar 8. Respon frekuensi filter orde 1

Dari gambar 8 dapat dilihat respon frekuensi dari high pass filter orde pertama. Dapat dilihat bahwa pada frekuensi 1 kHz mulai terjadi penurunan sinyal respon frekuensi sebesar 20 db/dekade. Frekuensi yang dilewatkan adalah frekuensi yang berada diatas frekuensi cutoff. Dan frekuensi yang berada dibawah frekuensi cutoff akan difilter dan tidak akan dilewatkan pada sistem.

Jika range frekuensi berada diatas frekuensi cutoff maka gain tetap konstan sebesar 6.02 db/dekade. Jika nilai Resistansi filter bernilai sama dengan Reaktansi Kapasitif dari filter tersebut maka tegangan output yang dihasilkan akan sama. Pada kondisi ini tegangan output mencapai kenaikan sebesar -20 dB/dekade.

Jika frekuensi yang dilewatkan pada filter berada pada range yang sangat tinggi dari frekuensi cutoffnya maka tegangan output yang dihasilkan oleh filter akan memiliki nilai yang sama dengan tegangan input nya. Jika frekuensi rendah kapasitor akan menahan arus sehingga tidak terjadi pengisian arus ke kapasitor

2. Analisis High Pass Filter Orde 2

Nilai Q faktor pada sellen key high pass filter adalah 0,707 yang menyebabkan respon filter pada titik frekuensi cutoff tidak akan menghasilkan riak. Fungsi alih dari rangkaian high pass filter orde 2 adalah sebagai berikut:

$$\frac{V_{output}}{V_{input}} = \frac{k s^2}{s^2 + \frac{(3-k)s}{RC} + \frac{1}{R^2 C^2}}$$

$$\frac{V_{output}}{V_{input}} = \frac{k s^2}{s^2 + \omega_c(3 - k)s + \omega_c^2}$$

dimana nilai $Q = \frac{1}{3-k}$

Karena k umumnya ditulis dengan Ao maka nilai Q dapat dibuat dengan persamaan:

$$Q = \frac{1}{3-A_0}$$

Untuk mencari nilai frekuensi cutoff dapat ditentukan dari persamaan berikut:

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

Dimana nilai $R_1 = R_2 = R$ dan nilai $C_1 = C_2 = C$. Dan nilai penguatan A0 dapat ditentukan dengan persamaan:

$$A_0 = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

Sehingga jika ingin melihat respon frekuensi high pass filter orde 2 dengan frekuensi cutoff sebesar 1 kHz adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai R dan C dari frekuensi cutoff = 1 kHz yang telah ditentukan, misal nilai C yang digunakan adalah 0,1 μF.

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

$$1000 = \frac{1}{2\pi R \cdot 0,1 \cdot 10^{-4}}$$

$$R = 15,92 \text{ k}\Omega$$

2. Fungsi alih dari respon filter tersebut adalah:

$$\frac{V_{output}}{V_{input}} = \frac{k s^2}{s^2 + \omega_c(3 - k)s + \omega_c^2}$$

Dari persamaan $\omega_c = \frac{1}{2\pi RC}$

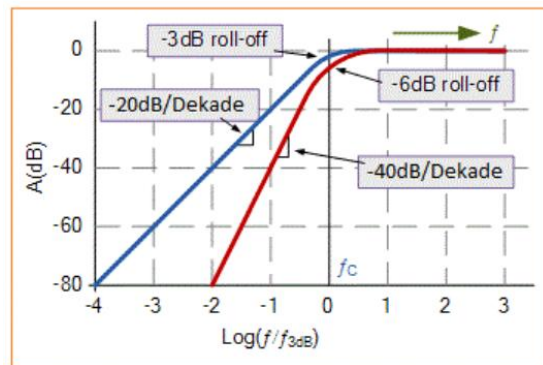
$$\omega_c = \frac{1}{2\pi \cdot 15,92 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}}$$

$$\omega_c = 62,81$$

$$\frac{V_{output}}{V_{input}} = \frac{k s^2}{s^2 + \omega_c(3 - k)s + \omega_c^2}$$

Nilai k atau Ao atau penguatan pada perancangan ini adalah 2. Maka fungsi alih dari persamaan tersebut dapat ditulis kembali menjadi:

$$\frac{V_{output}}{V_{input}} = \frac{k s^2}{s^2 + \omega_c \cdot s + \omega_c^2}$$



Gambar 9. Respon Frekuensi Orde 2

3. Analisis Data

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi adalah 40 db/dekade. Ini menunjukkan kecuraman slope yang dihasilkan oleh orde 2 lebih tajam dibandingkan dari filter orde pertama. Sehingga pemotongan frekuensi yang tidak diinginkan akan lebih cepat diperoleh dengan orde 2 daripada orde 1.

Penurunan sebesar 40 dB/dekade ini karena filter orde dua memiliki dua buah

kapasitor. Hasil dari output tingkat pertama sebesar 20 dB/dekade akan diumpankan kembali ke kapasitor kedua sehingga penurunan slope tegangan yang terjadi adalah 40 dB/dekade. Karena terdiri dari dua buah kapasitor maka frekuensi cutoff akan lebih efisien jika dibandingkan dengan high pass filter orde satu karena memiliki dua titik penyimpanan

Filter yang digunakan pada penelitian ini adalah filter aktif yaitu filter yang menggunakan op-amp pada desainnya. Kelebihan dari filter aktif adalah gain dapat diatur, parameter fungsi dapat diatur sehingga tidak mengganggu parameter yang lain, impedansi output sangat rendah sehingga lebih mudah untuk dibuat cascade dan op-amp membatasi pada frekuensi tinggi.

Pemilihan topologi *sallen key* karena topologi ini memiliki desain yang sederhana dan menghasilkan gain bernilai positif karena menggunakan metode noninverting amplifier. Topologi *sallen key* memiliki prinsip kerja pembagi tegangan. *High Pass Filter* akan melewatkan frekuensi yang berada di atas *frekuensi cutoff*. Frekuensi rendah akan diblokir oleh kapasitor sehingga terjadinya penurunan tegangan output.

Rangkaian *High Pass Filter* banyak digunakan untuk rangkaian penguat audio pada sistem equalizer, peredam noise dan memblokir sinyal yang tidak diinginkan. Pada kemajuan teknologi informasi dimana sinyal audio menjadi salah satu bidang yang sangat dikembangkan maka kebutuhan akan penggunaan *High Pass Filter* menjadi hal yang sangat penting. Salah satu adalah sebagai reduksi noise pada sinyal audio. Dan penggunaan sinyal HPF ini juga banyak digunakan untuk mereduksi noise.

IV. SIMPULAN

High Pass Filter merupakan teknik yang digunakan untuk melewatkan sinyal

frekuensi di atas frekuensi cutoff. Pada penelitian ini membandingkan keluaran yang dihasilkan oleh *High Pass Filter* orde satu dan orde dua. Filter orde 1 adalah filter rangkaian aktif yang menghasilkan kemiringan sinyal sebesar 20 dB/decade, sedangkan pada Filter orde dua menghasilkan kemiringan sinyal sebesar 40 dB/dekade.

High pass filter juga dapat digunakan untuk membuang noise pada sistem audio untuk menghasilkan sinyal yang jernih. Selain itu high pass filter juga sangat berperan dalam perkembangan teknologi informasi seperti bidang audio

Penggunaan topologi *sallen key* pada filter ini juga membuktikan bahwa topologi ini sederhana dan mudah untuk digunakan dimana topologi ini bekerja berdasarkan pembagi tegangan

V. RUJUKAN

- [1] S. Sedra and K. C. Smith, *Microelectronic Circuits*, 7th ed. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2015.
- [2] S. Franco, *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2014.
- [3] R. P. Sallen and E. L. Key, "A Practical Method of Designing RC Active Filters," *IRE Transactions on Circuit Theory*, vol. 2, no. 1, pp. 74–85, Mar. 1955.
- [4] L. P. Huelsman and P. E. Allen, *Introduction to the Theory and Design of Active Filters*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1980.
- [5] J. Karki, "Active Low-Pass Filter Design," Texas Instruments Application Report, 2000.
- [6] K. Chaitra and N. Rao, "Design and Analysis of Active High Pass Filter Using Operational Amplifier," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 6, no. 5, pp. 112–116, 2017.
- [7] R. Singh and V. Sharma, "Comparative Analysis of First Order and Second Order Active Filters," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 2150–2156, 2019.
- [8] A. Antoniou, *Digital Signal Processing: Signals, Systems, and Filters*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2006.

- [9] P. Horowitz and W. Hill, *The Art of Electronics*, 3rd ed. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2015.
- [10] P. Maheshwari and S. Anand, "Performance Analysis of Sallen-Key Active Filters Using Different RC Parameters," *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 45–51, 2021.