



## Cut-Off Frequency Analysis On Resistance Values Variation In Low-Pass Filter And High-Pass Filter Circuits

Dmitri Naufal Ghani, Ahmad Aminudin, Andi Suhandi

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi XI)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

16 Agustus 2025

### Abstract

Filter circuit was an electronic system used to filter signals at specific frequencies. In application, signal filtering is often imperfect due to shifts in the cut-off frequency caused by several components in the electronic circuit, one of which was the resistor component. Therefore, this research objective was to find the relationship between resistors and frequency changes to determine the cut-off frequency in low-pass and high-pass filter circuits. This research method used a series of LM741 op-amps by adding capacitor components and resistor variations as active low-pass filter and active high-pass filter circuits, each at the 1st and 2nd order, then connected to a function generator to provide frequency variations ranging from 100 Hz to 1 MHz. The results showed that for first-order low-pass filters, the optimal feedback resistance was 990  $\Omega$ , which yielded a cut-off frequency of 7546 Hz with a 3,16% error percentage. For the second-order configuration, a 9720  $\Omega$  resistance provided the best results, producing a cut-off frequency of 706.5 Hz with an error percentage of 35,4%. Similarly, for high-pass filters, the optimal resistance for the first-order configuration was 56,200  $\Omega$ , yielding a 275 Hz cut-off frequency and a 2,82% error percentage, while the second-order configuration performed best with an 82  $\Omega$  resistance, producing a cut-off frequency of 13.075,3 Hz with a 9,2% error percentage. These findings indicate that resistor values significantly influence the accuracy of cut-off frequency in active filter circuits.

**Keywords:** Cut-Off Frequency · Feedback Resistance · Input Resistance · Low-Pass Filter · High-Pass Filter

### PENDAHULUAN

Dalam ruang lingkup elektronika dan instrumentasi, filter sinyal menjadi komponen penting untuk mengolah dan memilah frekuensi dari sinyal yang memasuki suatu sistem seperti sistem telemetri aplikasi RF/gelombang mikro (Sahala & Sulaeman, 2020), komunikasi, dan kontrol baik untuk pengirim maupun penerima (S. & Nasution, 2021). Aplikasi penting yang melibatkan filter memberi dorongan untuk kemajuan filter RF/gelombang mikro sehingga sistem dapat lebih baik dari sebelumnya, memiliki performa yang tinggi, dimensi yang lebih kecil, lebih ringan, dan harga yang lebih terjangkau (T. Supriyanto & Triprijooetomo, 2015).

Salah satu parameter kunci dalam perancangan filter adalah frekuensi cut-off ( $f_c$ ) yaitu titik batas di mana sinyal mulai mengalami pelemahan atau penguatan secara signifikan (Higginson, 2024). Nilai frekuensi cut-off ini sangat dipengaruhi oleh komponen penyusun filter, terutama resistansi (R) dan kapasitansi (C) (Podder et al., 2014). Pada rangkaian LPF maupun HPF yang bersifat pasif maupun aktif, perubahan nilai resistansi secara langsung dapat mengubah posisi

---

✉ Dmitri Naufal Ghani    Andi Suhandi  
dmitri.naufal@upi.edu    andi\_sh@upi.edu  
  
Ahmad Aminudin  
aaminudin@upi.edu

Physics Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung, Indonesia.

**How to Cite:** Ghani, D. N., Aminudin, A., & Suhandi, A. (2025). *Cut-off frequency analysis on resistance values variation in low-pass filter and high-pass filter circuits*. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 284 - 301. <https://proceedings.fisikaupi.id/index.php/sinafi/>

frekuensi cut-off, yang pada akhirnya akan mempengaruhi performa sistem dalam merespons sinyal yang diterima (Floyd, 2018).

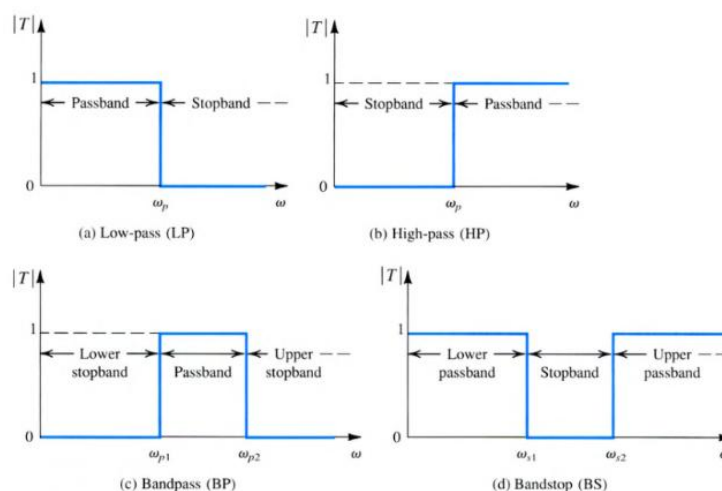
Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis terhadap kinerja rangkaian active high-pass filter (HPF) orde 1 dan orde 2 dengan menggunakan topologi Sallen-Key. Penelitian tersebut meninjau bagaimana kinerja rangkaian high-pass filter (HPF) orde 1 dan orde 2 untuk meredam noise audio menggunakan topologi Sallen-Key. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa topologi Sallen-Key pada high-pass filter terbukti sederhana dan mudah untuk digunakan di mana topologi ini bekerja berdasarkan pembagi tegangan (Taking, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara sistematis pengaruh variasi nilai resistor terhadap frekuensi cut-off pada dua jenis filter dasar yaitu Low-Pass Filter dan High-Pass Filter. Melalui pendekatan teoritis dan eksperimen, penelitian ini bertujuan memberikan pemahaman mendalam mengenai pengaruh hambatan feedback terhadap perubahan nilai frekuensi cut-off pada komponen aktif filter, serta dampaknya terhadap respon frekuensi sistem secara keseluruhan.

### Rangkaian Filter

Filter adalah rangkaian yang berfungsi sebagai penapis atau peredam frekuensi (Gazi, 2018) (Umbu, 2023). Desain filter telah menjadi salah satu bidang elektronik yang paling banyak dipelajari dalam rekayasa elektronika (Diaz-Sanchez et al., 2024). Teori rangkaian menyatakan bahwa filter merupakan jaringan listrik yang mengubah fase dan/atau amplitudo sinyal saat frekuensi berubah (Khan et al., 2016). Rentang frekuensi yang diredam disebut dengan Stop Band sedangkan range frekuensi yang dibiarkan lewat disebut Pass Band (E. Supriyanto & Ratri, 2019). Dari sudut pandang Pass Band dan Stop Band, filter dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis filter yaitu Low-Pass, High-Pass, Band-Pass, dan Band-Stop (Yongbin et al., 2019).

Rangkaian filter terbagi kepada filter aktif dan filter pasif (Gintings et al., 2019) (Pactitis, 2013). Filter aktif terdiri dari rangkaian RC beserta penguat operasional (Op-Amp) yaitu rangkaian elektronika (Khan et al., 2016) yang terdiri dari komponen resistor, dioda, dan transistor (Nuryanto, 2017) (Triyono, 2019). Rangkaian filter memiliki karakteristik ideal pada setiap jenisnya seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Karakteristik transmisi ideal pada empat tipe utama rangkaian filter (a) Low Pass Filter, (b) High Pass Filter, (c) Band Pass Filter, dan (d) Band Stop Filter. Sumber: (A. S. Sedra et al., 2019)

## Low-Pass Filter dan High-Pass Filter

Low Pass Filter adalah sebuah rangkaian yang dapat dirancang untuk memodifikasi, mengubah bentuk, atau menolak semua high frequency atau frekuensi tinggi yang tidak diinginkan dari sinyal listrik dan hanya menerima atau meneruskan sinyal yang diinginkan (A. S. Sedra et al., 2019) (Storr, 2014b). Rangkaian Low-Pass Filter banyak digunakan dalam peralatan elektronika sehari-hari seperti telepon, radio, dan televisi (Basuki et al., 2021). Besar frekuensi cut-off ( $f_c$ ) pada proses filterisasi ditentukan dengan catatan resistor ( $R$ ) bernilai sama dengan nilai reaktansi kapasitif pada kapasitor ( $C$ ), dengan kata lain  $R = X_c$  (Gintings et al., 2019). Sehingga dengan memasukkan nilai  $R = X_c = \frac{1}{2\pi fC}$  maka diperoleh persamaan untuk menentukan frekuensi cut-off ( $f_c$ ) sebagai berikut:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

High-Pass Filter (HPF) adalah rangkaian filter elektronik yang memungkinkan sinyal berfrekuensi lebih tinggi dari frekuensi cut-off untuk lewat beserta menahan sinyal frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (Storr, 2014a). High-Pass Filter memiliki berbagai macam terapan aplikasi, seperti mencegah arus DC masuk ke sirkuit atau perangkat RF yang sensitif terhadap tegangan rata-rata yang tidak nol (Obma et al., 2023). Rangkaian High-Pass Filter pasif bergantung pada banyaknya susunan resistor dan kapasitor atau induktor dan resistor (Fuada et al., 2023).

### Filter Orde Dua

Rangkaian filter rendah orde kedua memiliki dua rangkaian RC yaitu  $R_1 - C_1$  dan  $R_2 - C_2$  yang memberikan sifat respons frekuensi pada filter (Storr, 2014a). Perbedaan utama antara filter orde pertama dan kedua adalah bahwa penurunan atau kenaikan slope band stopnya akan dua kali lipat dari filter orde pertama pada 40dB/dekade (12dB/oktaf) saat frekuensi operasi meningkat di atas frekuensi potong  $f_c$  (Storr, 2014c). Persamaan untuk menentukan nilai frekuensi cut-off pada filter orde yaitu:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad (2)$$

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan simulasi komponen resistor pada rangkaian penguat Op-Amp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan hambatan feedback dengan frekuensi cut-off pada rangkaian jenis low-pass filter dan high-pass filter orde-1 dan orde-2. Karena pada rangkaian pasif maupun aktif, resistor adalah salah satu komponen yang membentuk rangkaian filter pada low-pass filter dan high-pass filter.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merancang rangkaian aktif low-pass filter (LPF) dan high-pass filter (HPF) berbasis op-amp LM741. Variasi resistor input (82  $\Omega$ , 990  $\Omega$ , 9,7k $\Omega$  -9,8 k $\Omega$ , dan 56,2 k $\Omega$ ) serta kapasitor (10 nF dan 22 nF) yang digunakan untuk menentukan pergeseran frekuensi cut-off pada konfigurasi orde 1 dan orde 2.

Alat utama yang digunakan adalah osiloskop untuk mengukur amplitudo output, function generator sebagai sumber sinyal, dan breadboard untuk perakitan rangkaian. Data hasil

pengukuran amplitudo output terhadap variasi frekuensi dicatat dan diolah menggunakan Microsoft Excel.

Tabel 1. Alat dan bahan untuk membuat rangkaian filter low-pass dan high-pass.

No	Alat dan bahan	Keterangan
1.	Osiloskop	Tempat mengamati sinyal output
2.	Rangkaian percobaan Penguat Operasional LM741	Sebagai media penyusun rangkaian filter low pass dan high pass.
3.	Function generator	Pengatur sinyal input berupa frekuensi
4.	Kapasitor	
5.	Resistor	
6.	Breadboard	Untuk variasi input dan feedback
7.	Kabel penghubung buaya	Untuk konfigurasi RC secara seri
8.	Multimeter	
9.	Kabel probe osiloskop	

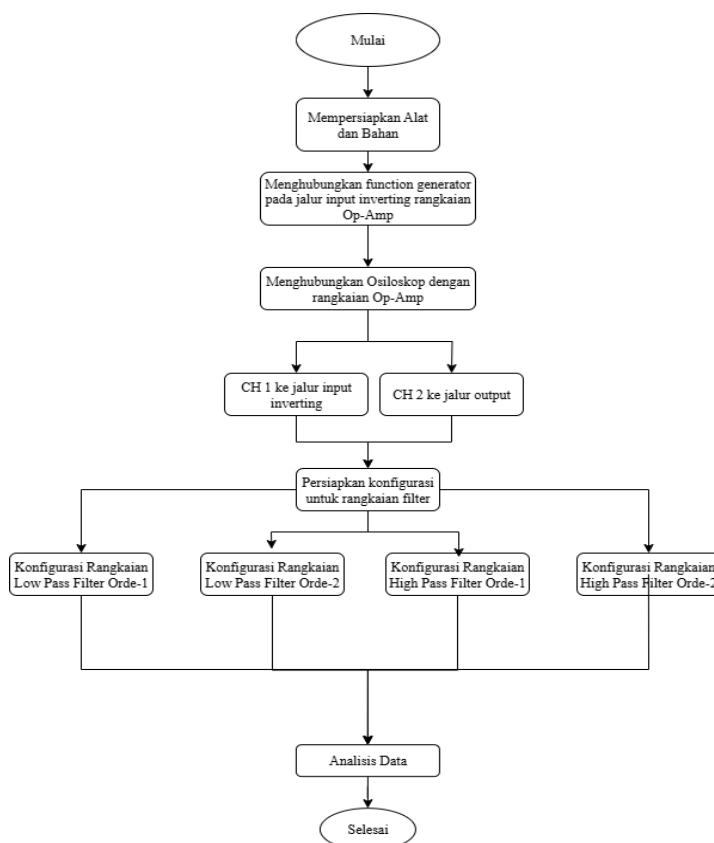
### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu Penelitian: 16 Juli – 25 Juli 2025

Tempat Penelitian: Laboratorium Elektronika, Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

### Prosedur Penelitian

Untuk memahami alur penelitian dimulai dari awal hingga akhir, maka dibuatlah diagram blok untuk memahami serangkaian tahapan penelitian secara runut pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2. Diagram Blok Alur Penelitian Rangkaian Filter

Prosedur penelitian dimulai dengan merakit rangkaian sesuai konfigurasi low-pass filter dan high-pass filter orde 1 dan orde 2, kemudian sinyal sinusoidal dari function generator diberikan dengan rentang frekuensi 100 Hz–1 MHz. Output diukur menggunakan osiloskop dan diplot dalam bentuk grafik Bode. Sebelum eksperimen dilakukan perhitungan frekuensi cut-off ( $f_c$ ) teoritis berdasarkan komponen RC penyusun filter dengan persamaan (1) untuk filter orde satu dan persamaan (2) untuk filter orde dua.

### Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

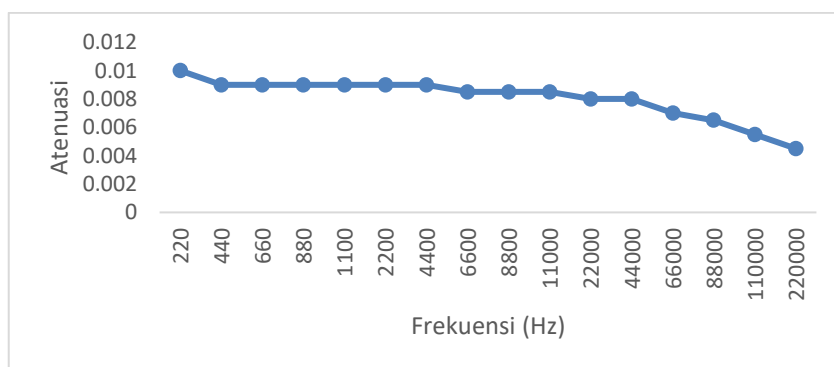
Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi sampai tahap analisis data. Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengamati langsung fenomena yang diteliti sehingga peneliti memperoleh data primer yang otentik (Sugiyono, 2013). Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui: (1) pengamatan langsung pada susunan rangkaian LPF dan HPF masing-masing pada orde 1 dan 2 untuk memverifikasi koneksi dan kondisi komponen; (2) pengukuran sistematis menggunakan function generator dan osiloskop untuk merekam nilai  $V_{in(pp)}$  dan  $V_{out(pp)}$  pada frekuensi yang terukur; (3) pencatatan data eksperimen dalam format tabel (frekuensi,  $V_{out}/Div$ ,  $V_{out(pp)}$ ,  $f_c$  dan atenuasi); dan (4) analisis data meliputi konversi ke dalam grafik Bode plot Atenuasi terhadap Frekuensi (Hz), penentuan  $f_c$  eksperimental menggunakan metode interpolasi linier dan polinomial orde dua (kriteria  $0,707 * A_{max}$ ), perbandingan dengan  $f_c$  teoritis, serta perhitungan persentase kesalahan eksperimen.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

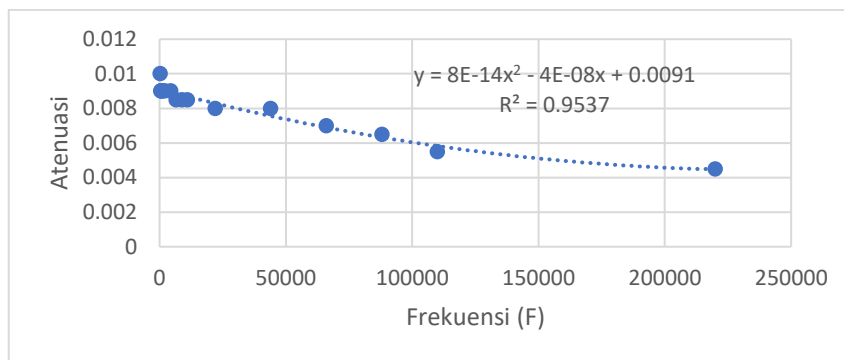
Pada bab ini dibahas mengenai hasil temuan, analisis, serta pembahasan dari pengujian variasi resistor pada rangkaian Op-Amp yang terdiri dari komponen kapasitor tetap dan resistor dengan berbagai variasi nilai resistansi dari rentang puluhan hingga kilo Ohm pada setiap rangkaian filter low pass dan high pass masing-masing pada orde-1 dan orde-2. Nilai  $V_{in}$  yang diperoleh dari osiloskop selalu bernilai konstan pada 2V sehingga persamaan atenuasinya selalu  $V_{out}/2$

### Rangkaian Aktif Low Pass Filter Orde-1

Pada rangkaian filter ini nilai resistor R1 yang terhubung langsung dari input inverting adalah 9,8k Ohm dan nilai kapasitor yang ditetapkan adalah 22 nF. Lalu untuk variasi R2 yang dipasang pada jalur feedback secara paralel dengan kapasitor adalah 82 Ohm, 9720 Ohm, dan 56200 Ohm.



(a)



(b)

Gambar 3. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu R2=82 Ohm (a) dan Metode Curve Fitting dengan polinomial (b)

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (82 \times 22 \times 10^{-9})} = 88223 \text{ Hz}$$

- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$A(F) = 8 \times 10^{-14} F^2 - 4 \times 10^{-8} F + 0,0091$$

$$8 \times 10^{-14} F^2 - 4 \times 10^{-8} F + 0,0091 = 0,0064$$

$$8 \times 10^{-14} F^2 - 4 \times 10^{-8} F + 0,0027 = 0$$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Selanjutnya menggunakan rumus persamaan kuadrat :

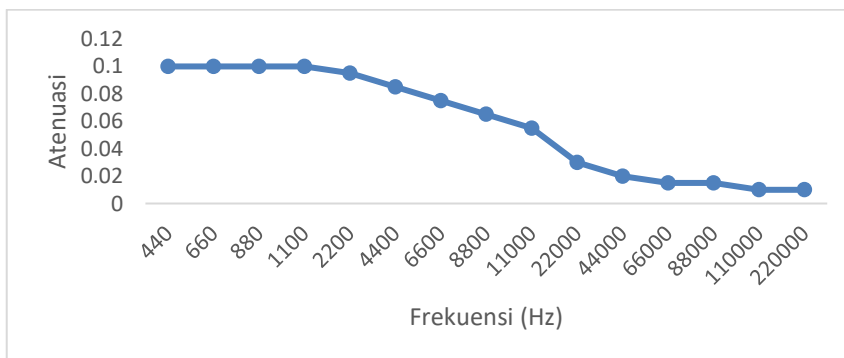
$$f_c = \frac{-(-4 \times 10^6) \pm \sqrt{(4 \times 10^6)^2 - 4 \times 8 \times 2,7 \times 10^{11}}}{2 \times 8}$$

$$f_{c_2} = \frac{4000000 - 2712930}{16} = 80441,875$$

Sebagai perbandingan nilai frekuensi cut-off teoritis dengan R2=82 Ohm adalah 88223 Hz, sehingga nilai frekuensi cut-off eksperimental yang paling mendekati adalah  $f_{c_2}$  dengan nilai 80441,875 Hz. Nilai error untuk pembuktian eksperimen ini adalah:

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{80441,875 - 88223}{88223} \right| \times 100\% = 8,81\%$$



Gambar 4. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu R2=990 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (990 \times 22 \times 10^{(-9)})} = 7307,38 \text{ Hz}$$

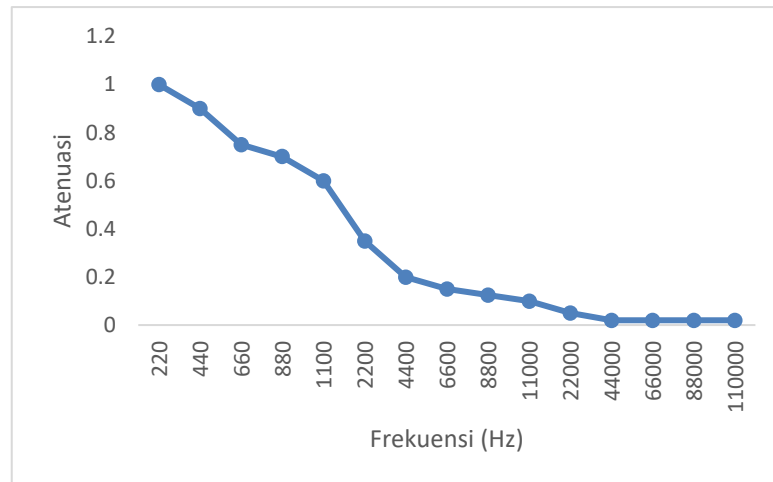
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 6600 + (8800 - 6600) \frac{(0,075 - 0,0707)}{(0,075 - 0,065)} = 7546 \text{ Hz}$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{7546 - 7307,38}{7307,38} \right| \times 100\% = 3,26\%$$



Gambar 5. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu  $R_2=9720 \text{ Ohm}$

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (9720 \times 22 \times 10^{(-9)})} = 744,27 \text{ Hz}$$

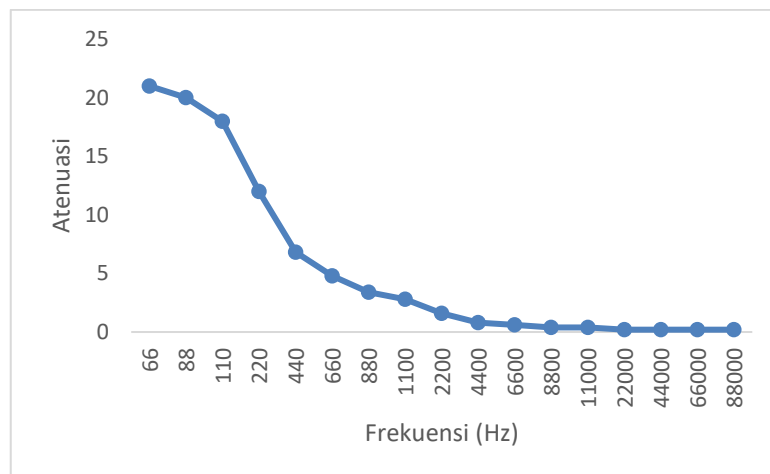
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 660 + (880 - 660) \frac{(0,75 - 0,707)}{(0,75 - 0,7)} = 849,5 \text{ Hz}$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{849,5 - 744,27}{744,27} \right| \times 100\% = 14,13\%$$



Gambar 6. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu R2=56200 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (56200 \times 22 \times 10^{-9})} = 128,7 \text{ Hz}$$

- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 110 + (220 - 110) \frac{(18 - 14,5)}{(18 - 12)} = 174,1 \text{ Hz}$$

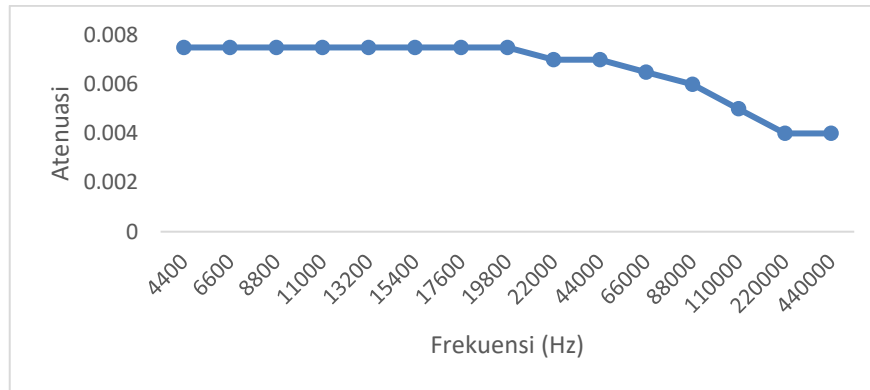
- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{174,1 - 128,72}{128,72} \right| \times 100\% = 35,2\%$$

Berdasarkan hasil eksperimen pada gambar 3.1 hingga gambar 3.4 ditemukan bahwa pada rangkaian LPF orde satu dengan hambatan input 9,8k Ohm dan 4 variasi hambatan feedback sebesar 82 Ohm, 990 Ohm, 9720 Ohm, dan 56200 Ohm memiliki nilai  $f_c$  eksperimental berturut-turut sebesar 80441 Hz, 7546 Hz, 849,5 Hz, dan 174,1 Hz. Sebagai perbandingan nilai  $f_c$  secara teoritis berdasarkan 4 variasi resistor berturut-turut adalah 88223 Hz, 7307,38 Hz, 744,27 Hz, dan 128,72 Hz. Hal ini memberikan nilai persentasi kesalahan pada masing-masing eksperimen pada LPF orde satu secara berurutan yaitu 8,81%, 3,26%, 14,13%, dan 35,2%

### Rangkaian Aktif Low Pass Filter Orde-2

Pada rangkaian filter ini ditambahkan satu kapasitor C1 yang dipasang secara seri dengan nilai resistor R1 sebesar 9880 Ohm yang terhubung langsung dari input inverting. Adapun nilai kapasitor C1 dan C2 yang ditetapkan berturut-turut adalah 10nF dan 22 nF. Lalu untuk variasi R2 yang dipasang pada jalur feedback secara paralel dengan kapasitor C2 adalah 990 Ohm, 9720 Ohm, dan 56200 Ohm.



Gambar 7. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua R2=82 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{9880 \times 82 \times (10 \times 10^{-9})(22 \times 10^{-9})}} = 11921,29 Hz$$

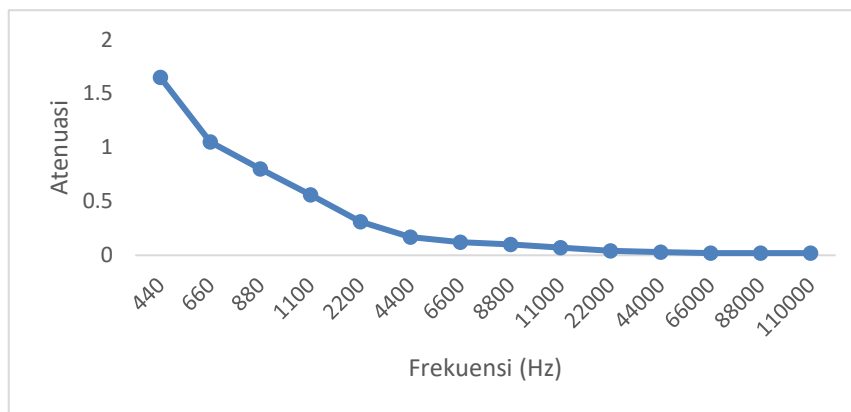
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 88000 + (110000 - 88000) \frac{(0,0053 - 0,005)}{(0,006 - 0,005)} = 94600 Hz$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{94600 - 11921,29}{94600} \right| \times 100\% = 693,53\%$$



Gambar 8. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua R2=990 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{9880 \times 990 \times (10 \times 10^{-9})(22 \times 10^{-9})}} = 2170,1 Hz$$

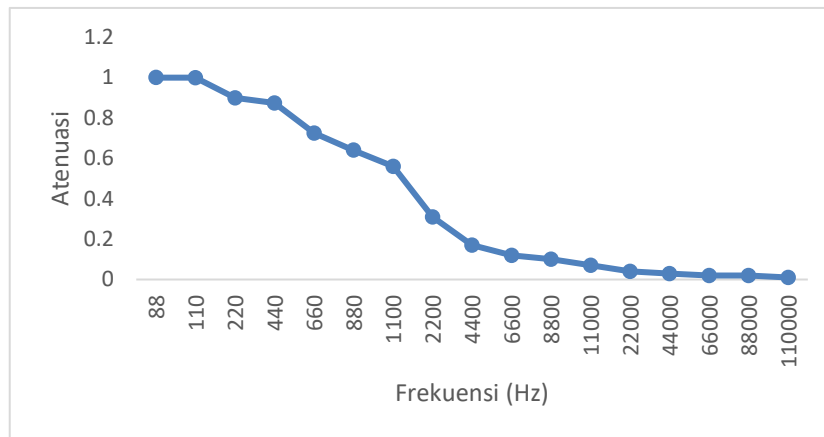
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 440 + (660 - 440) \frac{(1,65 - 1,16)}{(1,65 - 1,05)} = 619,6 \text{ Hz}$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{2170,1 - 619,6}{2170,1} \right| \times 100\% = 71,4\%$$



Gambar 9. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua R2=9720 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{9880 \times 9720 \times (10 \times 10^{-9}) (22 \times 10^{-9})}} = 1095 \text{ Hz}$$

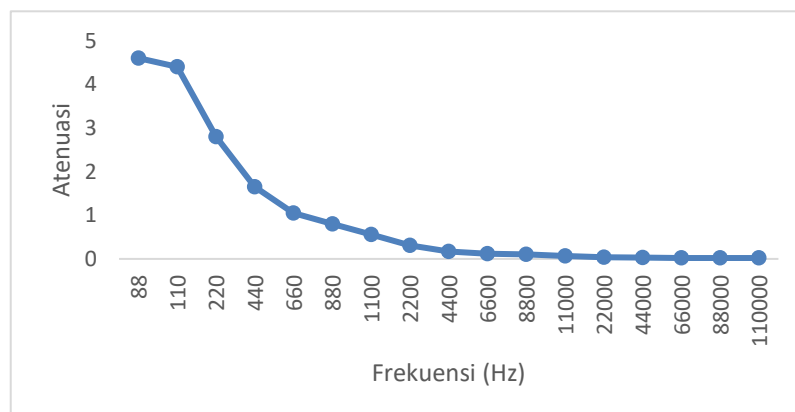
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 660 + (880 - 660) \frac{(0,725 - 0,707)}{(0,725 - 0,64)} = 706,5 \text{ Hz}$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{1095 - 706,5}{1095} \right| \times 100\% = 35,4\%$$



Gambar 10. Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua R2=56200 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{9880 \times 56200 \times (10 \times 10^{-9}) (22 \times 10^{-9})}} = 455,5 \text{ Hz}$$

- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A_2 - A)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 110 + (220 - 110) \frac{(4,4 - 3,2)}{(4,4 - 2,8)} = 192,5 \text{ Hz}$$

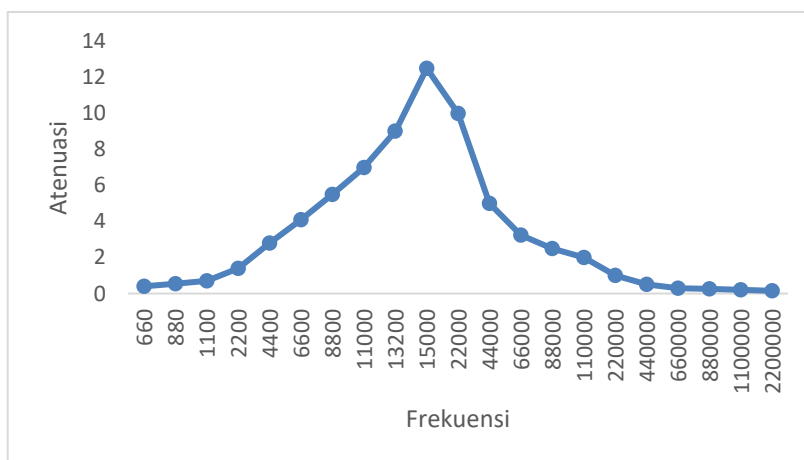
- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{455,5 - 192,5}{455,5} \right| \times 100\% = 57,7\%$$

Berdasarkan hasil eksperimen pada gambar 3.5 hingga gambar 3.8 ditemukan bahwa pada rangkaian LPF orde dua dengan hambatan input 9880 Ohm dan 4 variasi hambatan feedback sebesar 82 Ohm, 990 Ohm, 9720 Ohm, dan 56200 Ohm memiliki nilai  $f_c$  eksperimental berturut-turut sebesar 94600 Hz, 619,6 Hz, 706,5 Hz, dan 192,5 Hz. Sebagai perbandingan nilai  $f_c$  secara teoritis berdasarkan 4 variasi resistor berturut-turut adalah 11921,29 Hz, 2170,1 Hz, 1095 Hz, dan 455,5 Hz. Hal ini memberikan nilai persentasi kesalahan pada masing-masing eksperimen secara berurutan yaitu 87,4%, 71,4%, 35,4%, dan 57,7%.

### Rangkaian Aktif High Pass Filter Orde-1

Pada rangkaian filter ini kapasitor C dihubungkan secara seri dengan resistor R1 yang terhubung langsung dari input inverting. Input inverting dihubungkan kepada kapasitor sebagai input, lalu dihubungkan ke R1 sebagai output ke Op-Amp. Nilai kapasitor yang ditetapkan adalah 10 nF ( $10 \times 10^{-9}$  F). Untuk jalur feedback R2 nilai resistansinya diatur dengan nilai tetap yaitu 9,82k Ohm. Lalu untuk variasi R1 yang dipasang secara seri dengan kapasitor adalah 82 Ohm, 990 Ohm, 9860 Ohm, dan 56,200 Ohm.



Gambar 11. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu R1=82 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (82 \times 10 \times 10^{(-9)})} = 194091,4 Hz$$

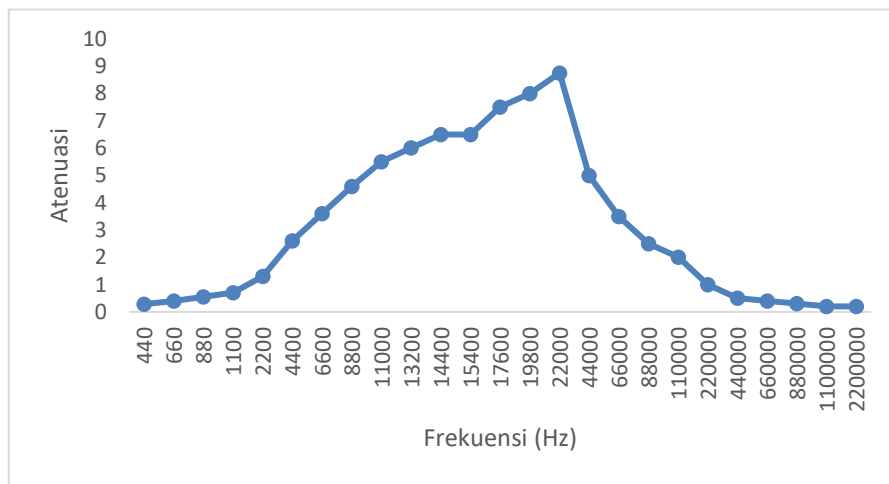
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 13200 + (13200 - 11000) \frac{(5,7 - 5,5)}{(6 - 5,5)} = 14080 Hz$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{194091,4 - 14080}{194091,4} \right| \times 100\% = 92,7\%$$



Gambar 12. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu R1=990 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (990 \times 10 \times 10^{(-9)})} = 16076,2 Hz$$

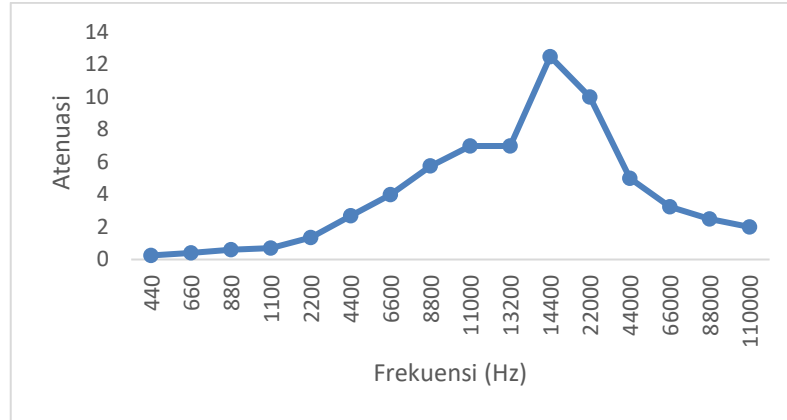
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 13200 + (13200 - 11000) \frac{(5,7 - 5,5)}{(6 - 5,5)} = 14080 Hz$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{16076,2 - 14080}{16076,2} \right| \times 100\% = 12,4\%$$



Gambar 13. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu R1=9860 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (9860 \times 10 \times 10^{-9})} = 1614,1 Hz$$

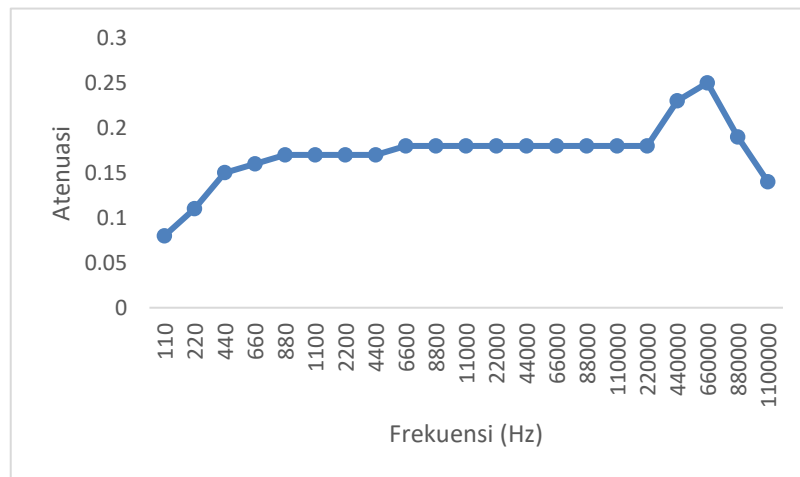
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 6600 + (8800 - 6600) \frac{(4,95 - 4)}{(5,75 - 4)} = 7794,2 Hz$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{7794,2 - 1614,1}{1614,1} \right| \times 100\% = 374,9\%$$



Gambar 14. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu R1=82 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (56200 \times 10 \times 10^{-9})} = 283 Hz$$

- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 220 + (440 - 220) \frac{(0,12 - 0,11)}{(0,15 - 0,11)} = 275 \text{ Hz}$$

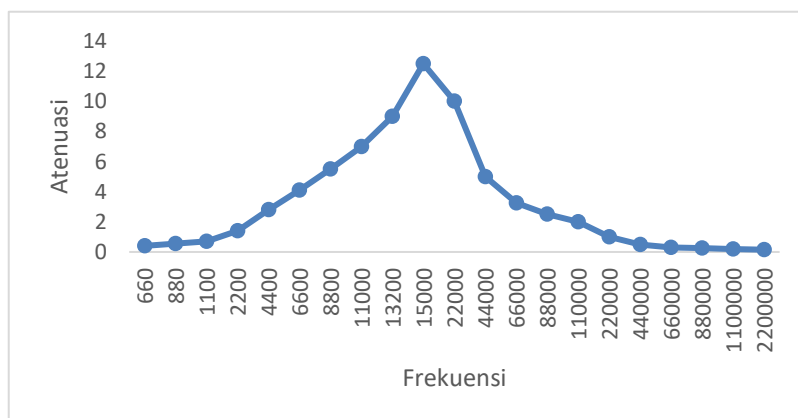
- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{283 - 275}{283} \right| \times 100\% = 2,82\%$$

Berdasarkan hasil eksperimen pada gambar 3.9 hingga gambar 3.12 ditemukan bahwa pada rangkaian HPF orde satu dengan hambatan feedback 9820 Ohm dan 4 variasi hambatan input untuk menentukan nilai frekuensi cut-off sebesar 82 Ohm, 990 Ohm, 9860 Ohm, dan 56200 Ohm memiliki nilai  $f_c$  eksperimental berturut-turut sebesar 14080 Hz, 14080 Hz, 7794,2 Hz, dan 275 Hz. Sebagai perbandingan nilai  $f_c$  secara teoritis berdasarkan 4 variasi resistor berturut-turut adalah 194091,4 Hz, 16076,2 Hz, 1614,1 Hz, dan 283 Hz. Hal ini memberikan nilai persentasi kesalahan pada masing-masing eksperimen secara berurutan yaitu 92,7%, 12,4%, 374,9%, dan 2,82%.

### Rangkaian Aktif High Pass Filter Orde-2

Pada rangkaian filter ini kapasitor C1 dan C2 dihubungkan secara seri dengan resistor R1 yang terhubung langsung dari input inverting. Input inverting dihubungkan kepada kapasitor C1 sebagai input, lalu dihubungkan ke C2 sebelum dihubungkan dengan R1 sebagai output ke Op-Amp. Nilai kapasitor C1 dan C2 yang ditetapkan adalah 10 nF ( $10 \times 10^{-9}$  F) dan 22 nF ( $22 \times 10^{-9}$  F). Untuk jalur feedback R2 nilai resistansinya diatur dengan nilai tetap yaitu 9,82k Ohm. Lalu untuk variasi R1 yang dipasang secara seri dengan kapasitor adalah 82 Ohm, 990 Ohm, 9860 Ohm, dan 56200 Ohm.



Gambar 15. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua R1=82 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{82 \times 9820 \times (10 \times 10^{-9}) (22 \times 10^{-9})}} = 11957,66 \text{ Hz}$$

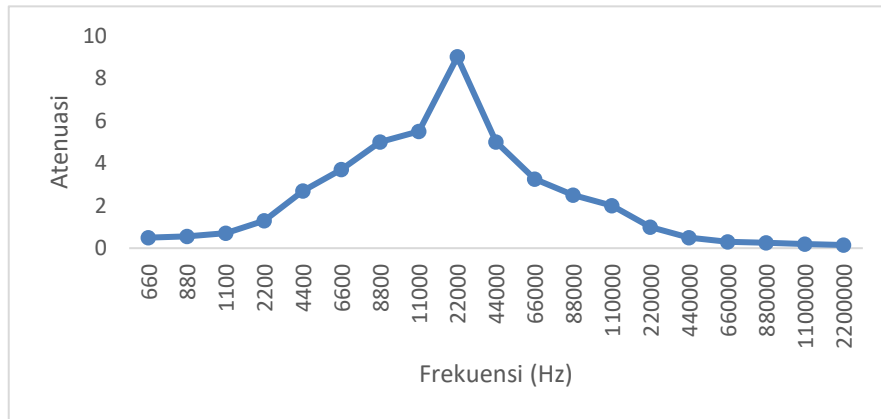
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 11000 + (13200 - 11000) \frac{(8,83 - 6)}{(9 - 6)} = 13075,3 Hz$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{11957,66 - 13075,3}{11957,66} \right| \times 100\% = 9,3\%$$



Gambar 16. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua R1=990 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{990 \times 9820 \times (10 \times 10^{-9})(22 \times 10^{-9})}} = 3441,4 Hz$$

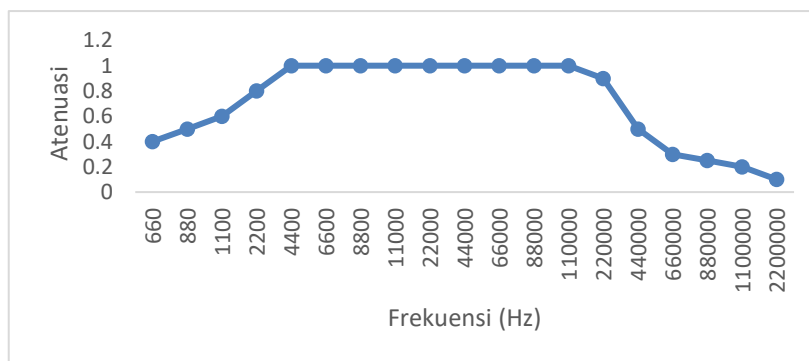
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 11000 + (22000 - 11000) \frac{(6,36 - 5,5)}{(9 - 5,5)} = 13702,8 Hz$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{13702,8 - 3441,4}{3441,4} \right| \times 100\% = 298,1\%$$



Gambar 17. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua R1=82 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{9860 \times 9820 \times (10 \times 10^{-9})(22 \times 10^{-9})}} = 1090,5 \text{ Hz}$$

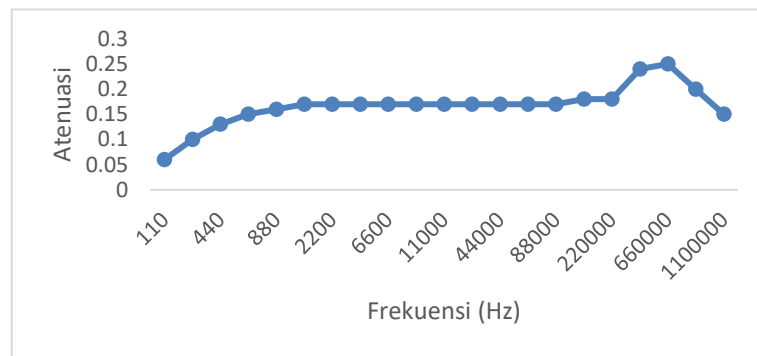
- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 1100 + (2200 - 1100) \frac{(0,707 - 0,6)}{(0,8 - 0,6)} = 1688,5 \text{ Hz}$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{1688,5 - 1090,5}{1090,5} \right| \times 100\% = 54,8\%$$



Gambar 18. Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua R1=9860 Ohm

- Nilai  $f_c$  teoritis:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{56200 \times 9860 \times (10 \times 10^{-9})(22 \times 10^{-9})}} = 455,8 \text{ Hz}$$

- Nilai  $f_c$  eksperimental:

$$f_c = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{(A - A_1)}{(A_2 - A_1)}$$

$$f_c = 220 + (440 - 220) \frac{(0,12 - 0,1)}{(0,13 - 0,1)} = 320 \text{ Hz}$$

- Persentase kesalahan:

$$\left| \frac{455,8 - 320}{455,8} \right| \times 100\% = 29,9\%$$

Berdasarkan hasil eksperimen pada gambar 3.13 hingga gambar 3.16 ditemukan bahwa pada rangkaian HPF orde dua dengan hambatan feedback 9820 Ohm dan 4 variasi hambatan input untuk menentukan nilai frekuensi cut-off sebesar 82 Ohm, 990 Ohm, 9860 Ohm, dan 56200 Ohm memiliki nilai  $f_c$  eksperimental berturut-turut sebesar 13075,3 Hz, 3441,4 Hz, 1688,5 Hz, dan 320 Hz. Sebagai perbandingan nilai  $f_c$  secara teoritis berdasarkan 4 variasi resistor berturut-turut adalah 11957,66 Hz, 3441,4 Hz, 1090,5 Hz, dan 455,8 Hz. Hal ini memberikan nilai persentasi kesalahan pada masing-masing eksperimen secara berurutan yaitu 9,3%, 298,1%, 54,8%, dan 29,9%.

## SIMPULAN

Pada LPF orde satu ditemukan bahwa nilai hambatan feedback terhadap frekuensi cut-off yang mendekati frekuensi cut-off teori adalah resistor dengan nilai 990 Ohm dan frekuensi cut-off yang dihasilkan sebesar 7546 Hz dengan nilai kesalahan terkecil sebesar 3,16%. Sedangkan untuk LPF orde dua ditemukan bahwa nilai hambatan feedback terhadap frekuensi cut-off yang mendekati frekuensi cut-off teori adalah resistor dengan nilai 9720 Ohm dan frekuensi cut-off yang dihasilkan sebesar 706,5 Hz dengan nilai kesalahan terkecil sebesar 35,4%. Nilai hambatan feedback yang digunakan menjadi semakin ideal jika besarnya mendekati atau sama dengan nilai hambatan input sebesar 9,8k Ohm.

Pada HPF orde satu ditemukan bahwa nilai hambatan input terhadap frekuensi cut-off yang mendekati frekuensi cut-off teori adalah resistor dengan nilai 56200 Ohm dan frekuensi cut-off yang dihasilkan sebesar 275 Hz dengan nilai kesalahan terkecil sebesar 2,82%. Sedangkan untuk HPF orde dua ditemukan bahwa nilai hambatan input terhadap frekuensi cut-off yang mendekati frekuensi cut-off teori adalah resistor dengan nilai 82 Ohm dan frekuensi cut-off yang dihasilkan sebesar 13075,3 Hz dengan nilai kesalahan terkecil sebesar 9,2%. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, pemilihan hambatan feedback dapat berpengaruh terhadap akurasi nilai frekuensi cut-off yang ditentukan oleh hambatan pada jalur input.

## ACKNOWLEDGMENT

Pada penelitian ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing saya bapak Yizal Fajri, A.Md selaku laboran di laboratorium elektronika yang telah memberikan akses peminjaman peralatan-peralatan yang dibutuhkan sebagai penunjang penelitian ini untuk tahap pengambilan data.

## REFERENCES

- A. S. Sedra, K. C. Smith, T. C. Carusone, & V. Gaudet. (2019). *Microelectronic Circuits*, 8th Edition. Oxford University Press.
- Basuki, A., Widyastuti, D. S., & Driyo, C. (2021). Implementasi Low Pass Filter Pada Pembatas Bidang Komunikasi Suara Untuk Meningkatkan Kapasitas Kanal Komunikasi. *Kurvatek*, 6(2). <https://doi.org/10.33579/krvtk.v6i2.2743>
- Diaz-Sanchez, A., Zamora-Mejia, G., Rocha-Perez, J. M., Vazquez-Gonzalez, J. L., & Zapata-Rodriguez, U. G. (2024). A Reconfigurable-Band Analog Filter Standard-Cell Based on Differential/Single Input Signaling. *IEEE Access*, 12. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3358212>
- Floyd, T. L. (2018). *Electronic Devices Conventional Current Version*.
- Fuada, S., Alisrobia, G., Hasanah, M., Yustina, M. C., & Rahmawati, D. (2023). Penggunaan Virtual lab. Circuit Wizard Untuk Simulasi Rangkaian High Pass Filter Pasif. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 9(2). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol9.iss2.2023.1010>
- Gazi, O. (2018). Analog and digital filter design. In *Springer Topics in Signal Processing* (Vol. 13). [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4962-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4962-0_4)
- Gintings, A., Yuniatoro, I., & Harlan, S. (2019). FILTER PASIF RC DAN FILTER AKTIF OP AMP LM741 SEBAGAI PENGATUR NADA DALAM SISTEM PENGUAT AUDIO, SEBUAH CATATAN. *ENSAINS*, 2(3).
- Higginson, D. (2024). Precision in Filtering: The Role of Cut-Off Frequency in Lowpass Filters. *Qmicrowave.Com*.

- Khan, N., Alam, M., Masud, A., & Amin, A. (2016). Importance of High Order High Pass and Low Pass Filters. *World Applied Sciences Journal*, 34(9).
- Nuryanto, L. E. (2017). Penerapan Dari Op-Amp (Operational Amplifier). *Orbith*, 13(1).
- Obma, J., Jantakun, A., Sa-Ngiamvibool, W., & Suksawad, A. (2023). A FULLY BALANCED FIRST ORDER HIGH-PASS FILTER. *EUREKA, Physics and Engineering*, 2023(4). <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002833>
- Pactitis, S. A. (2013). ACTIVE FILTERS Theory and Design. <https://activetheory.net/home>
- Podder, P., Mehedi Hasan, Md., Rafiqul Islam, Md., & Sayeed, M. (2014). Design and Implementation of Butterworth, Chebyshev-I and Elliptic Filter for Speech Signal Analysis. *International Journal of Computer Applications*, 98(7). <https://doi.org/10.5120/17195-7390>
- S., S. P., & Nasution, P. (2021). RANCANG BANGUN DAN ANALISIS KINERJA BAND PASS FILTER UNTUK PERANGKAT RADIO KOMUNIKASI 420 – 430 MHz. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 9(3).
- Sahala, F., & Sulaeman, E. (2020). Perancangan dan Simulasi Bandpass Filter untuk Aplikasi IF Radar Coastal pada Frekuensi 500 MHz - 700 MHz. *Prosiding The 12 Th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 26–27.
- Storr, W. (2014a). Active High Pass Filter. *Basic Electronics Tutorials Site*.
- Storr, W. (2014b). Low Pass Filter - Passive RC Filter Tutorial. In *Basic Electronics Tutorials Site*.
- Storr, W. (2014c). Second Order Filters. *Basic Electronics Tutorials Site*.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*.
- Supriyanto, E., & Ratri, A. (2019). Rancang Bangun 7-Band Graphic Equalizer Sebagai Penunjang Praktikum Dasar Sistem Komunikasi. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2). <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44746>
- Supriyanto, T., & Triprijooetomo. (2015). Perancangan Wideband Band Pass Filter ( BPF ) Dengan Metamaterial. *Sistem Kendali Tenaga Elektronika Telekomunikasi Komputer (SETRUM)*, 4(1).
- Taking, A. (2022). Analisa Rangkaian Active High Pass Filter Orde 1 Dan Orde 2 Topology Sallenkey. *Universitas Borneo Tarakan.*, 7–15. <https://repository.ubt.ac.id/repository/UBT24-03-2022-132754.pdf>
- Triyono. (2019). PERANCANGAN APLIKASI OP-AMP DENGAN SOFTWARE GUI MATLAB. *Jurnal Teknik*, 1(2). <https://doi.org/10.31000/jt.v1i2.1456>
- Umbu, A. B. S. (2023). DESAIN BAND PASS FILTER DENGAN FREKUENSI CUT-OFF 1 KHz DAN 100 KHz UNTUK SISTEM ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY (EIT). *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 9(1). <https://doi.org/10.31764/orbita.v9i1.13947>
- Yongbin, Y., Nijing, Y., Chenyu, Y., & Tashi, N. (2019). Memristor bridge-based low pass filter for image processing. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 30(3). <https://doi.org/10.21629/JSEE.2019.03.02>