

ANALISIS PENGARUH HAMBATAN FEEDBACK TERHADAP FREKUENSI CUT-OFF DAN SLOPE PADA RANGKAIAN *LOW-PASS FILTER* DAN *HIGH-PASS FILTER* ORDE SATU DAN ORDE DUA

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika

Kelompok Bidang Kajian Fisika Instrumentasi



Oleh:

Dmitri Naufal Ghani

1904383

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2025

ANALISIS PENGARUH HAMBATAN FEEDBACK TERHADAP FREKUENSI *CUT-OFF*
DAN SLOPE PADA RANGKAIAN *LOW-PASS FILTER* DAN *HIGH-PASS FILTER* ORDE
SATU DAN ORDE DUA

Oleh

Dmitri Naufal Ghani

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi
Fisika

Konsentrasi Fisika Instrumentasi FPMIPA UPI

© Dmitri Naufal Ghani

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2025

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi
atau cara lainnya tanpa izin penulis.

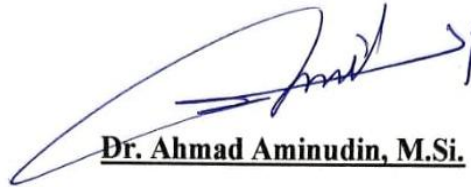
LEMBAR PENGESAHAN

DMITRI NAUFAL GHANI

**ANALISIS PENGARUH HAMBATAN FEEDBACK DAN SLOPE TERHADAP
FREKUENSI CUT-OFF DAN SLOPE PADA RANGKAIAN *LOW-PASS FILTER* DAN
HIGH-PASS FILTER ORDE SATU DAN ORDE DUA**

Disetujui dan disahkan oleh:

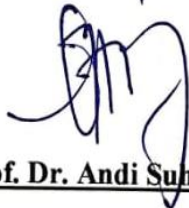
Pembimbing I,



Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.

NIP. 197211122008121001

Dosen Pembimbing II,



Prof. Dr. Andi Suhandi, M.Si.

NIP. 196908171994031003

Mengetahui

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si

NIP. 197905012003121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH HAMBATAN FEEDBACK TERHADAP FREKUENSI CUT-OFF DAN SLOPE PADA RANGKAIAN LOW-PASS FILTER DAN HIGH-PASS FILTER ORDE SATU DAN ORDE DUA”** ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 28 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Dmitri Naufal Ghani

NIM. 1904383

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Taala Yang Maha Kuasa, karena hanya dengan izin dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “ANALISIS PENGARUH HAMBATAN FEEDBACK DAN SLOPE TERHADAP FREKUENSI CUT-OFF DAN SLOPE PADA RANGKAIAN LOW-PASS FILTER DAN HIGH-PASS FILTER ORDE SATU DAN ORDE DUA”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sjana Sains program Sarjana-1 pada Jurusan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, dan masih banyak mengandung kesalahan di dalamnya. Akhir kata penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, serta menjadi sumbangan yang cukup berarti bagi dunia ilmu pengetahuan. Semoga semua pihak yang terlibat dalam penyusunan proposal skripsi ini mendapat balasan yang terbaik dari Allah Subhanahu Wa Taala. Aamiin.

Bandung, 28 Agustus 2025

Penulis,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan dukungan berupa moril maupun materil, membimbing dan mengarahkan, meluangkan waktu, berbagi pemikiran, serta tenaganya kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan terima kasih, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Dosen Wali yang telah memberikan waktu luang, kesabaran dalam bimbingan, arahan, fasilitas, motivasi, dan dedikasinya kepada penulis selama proses penyusunan skripsi dalam waktu hampir dua tahun penuh.
2. Bapak Prof. Dr. Andi Suhandi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan dukungan kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si., selaku ketua program studi fisika FPMIPA UPI.
4. Bapak Drs. Gatot Purwo Prabowo dan Ibu Yani Heryani S.E. selaku kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa untuk setiap langkah penulis baik itu motivasi untuk tetap melanjutkan skripsi ataupun bantuan materil.
5. Bapak Drs, Agus Danawan M.Si., selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberi saran, masukan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Dadi Rusdiana, M.Si., selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberi saran, masukan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Fernanda Aditya Audry Harnowoputra, Muhammad Atirussalam, dan Mochamad Rois Nabhan yang menjadi tempat berdiskusi bertukar pikiran, berkeluh kesah, dan berjuang bersama dalam proses penyelesaian penulisan skripsi ini secara langsung.

8. M. Furqon Iskandar Fatah sebagai kakak tingkat yang sering mengajak diskusi panjang lebar hingga deep talk selama menjalani perkuliahan.
9. Teman-teman dari Arsa Ananta Fisika C 2019, yang telah berjuang bersama, bertukar pikiran dan tidak gentar dalam menghadapi semua halangan dan rintangan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dan tugas akhir di perkuliahan ini.
10. Semua pihak yang membantu selesainya skripsi ini baik secara langsung ataupun secara tidak langsung, yang tidak bisa disebutkan satu-persatu oleh penulis.

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH HAMBATAN FEEDBACK TERHADAP FREKUENSI CUT-OFF DAN SLOPE PADA RANGKAIAN *LOW-PASS FILTER* DAN *HIGH-PASS FILTER* ORDE SATU DAN ORDE DUA

Oleh

DMITRI NAUFAL GHANI

NIM 1904383

(Program Studi Fisika)

Rangkaian filter adalah sistem elektronik yang digunakan untuk memfilter sinyal pada frekuensi tertentu. Dalam penerapannya, proses filter sinyal seringkali tidak sempurna akibat pergeseran pada frekuensi cut-offnya yang disebabkan oleh komponennya dalam sirkuit elektronik, salah satunya adalah komponen resistor. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan hubungan antara resistor dan perubahan frekuensi untuk menentukan frekuensi cut-off pada rangkaian low-pass filter dan high-pass filter beserta slope saat frekuensi terpotong. Metode penelitian ini menggunakan serangkaian Op-Amp LM741 dengan menambahkan komponen kapasitor dan variasi resistor sebagai media perancangan low-pass filter dan high-pass filter, masing-masing pada orde satu dan orde dua, kemudian dihubungkan ke *function generator* untuk memberikan variasi frekuensi dari rentang 100 Hz hingga 1 MHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada low-pass filter orde satu dan orde dua, frekuensi cut-off ideal terjadi pada resistor dengan nilai hambatan 990 Ohm dan 9720 Ohm yang menghasilkan frekuensi cut-offnya sebesar 7546 Hz dan 706,5 Hz, sedangkan pada high-pass filter orde satu dan orde dua dengan nilai hambatan *feedback* tetap 9820 Ohm, frekuensi cut-off terjadi pada resistor dengan nilai hambatan 56200 Ohm dan 82 Ohm yang menghasilkan frekuensi cut-offnya sebesar 275 Hz dan 13075,3 Hz. Nilai slope pada filter orde satu cenderung stabil dan mendekati slope idealnya sementara pada filter orde dua tidak mengalami perubahan yang signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa nilai resistor secara signifikan memengaruhi akurasi frekuensi cut-off pada rangkaian filter aktif.

Kata Kunci: Frekuensi Cut-Off, Hambatan Feedback, Low-Pass Filter, High-Pass Filter

ABSTRACT

ANALYSIS OF FEEDBACK RESISTANCE EFFECT ON CUT-OFF FREQUENCY AND SLOPE IN FIRST-ORDER AND SECOND-ORDER LOW-PASS FILTER AND HIGH-PASS FILTER CIRCUITS

By

DMITRI NAUFAL GHANI

NIM 1904383

(Physics Study Program)

The 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-amp 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 research results showed that in 1st and 2nd order low-pass filter, the ideal cut-off frequency occurred at resistance with value 990 Ohm 9720 Ohm which yielded a cut-off frequency of 7546 Hz and 706,5 Hz while in 1st and 2nd order high-pass filter with feedback resistance value was 9820 Ohm, the ideal cut-off frequency occurred at resistance with value 56200 Ohm and 82 Ohm which yielded a cut-off frequency of 275 Hz and 13075,3 Hz . The slope value in first-order filter tends to be stable and can approaches its ideal slope, whereas in a second-order filter, it does not undergo significant change. These findings indicate that resistor values significantly influence the accuracy of cut-off frequency in active filter circuits.

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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
KAJIAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penguat Operasional (<i>Operational Amplifier</i>)	4
2.1.1 Penguat Tegangan Pembalik (<i>Inverting Voltage Amplifier</i>)	6
2.1.2 Penguat Tegangan Tak Pembalik (<i>Non-Inverting Voltage Amplifier</i>).....	7
2.1.3 Rangkaian Pembanding (<i>Comparator</i>)	8
2.1.4 Rangkaian Integrator.....	8
2.1.5 Rangkaian Penguat Penjumlah (<i>Summing Amplifier</i>).....	9
2.1.6 Rangkaian Differensiator	10
2.2 Rangkaian Filter.....	10

2.3	<i>Low-Pass Filter</i>	13
2.4	<i>High-Pass Filter</i>	16
2.5	<i>Band-Pass Filter</i>	18
2.6	Diagram Bode	19
2.7	Rangkaian Filter Orde ke-2.....	21
1.	<i>Low-Pass Filter</i>	21
2.	<i>High-Pass Filter</i>	23
BAB III.....		25
METODE PENELITIAN		25
3.1	Desain Penelitian	25
3.2	Sampel Penelitian.....	25
3.3	Instrumen Penelitian	25
3.4	Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.5	Prosedur Penelitian	26
A.	Spesifikasi Alat	26
B.	Alur Penelitian	30
C.	Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.6	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	32
BAB IV.....		34
HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Rangkaian Aktif Low Pass Filter Orde Satu.....	34
4.1.1	R ₂ =82 Ohm.....	34
4.1.2	R ₂ =990 Ohm.....	38
4.1.3	R ₂ =9720 Ohm.....	41
4.1.4	R ₂ =56200 Ohm.....	44
4.1.5	Komparasi Konfigurasi Hambatan Feedback Low-Pass Filter Orde Satu.....	47
4.2	Rangkaian Aktif Low Pass Filter Orde Dua	48
4.2.1	R ₂ =82 Ohm.....	49
4.2.2	R ₂ =990 Ohm.....	51
4.2.3	R ₂ =9720 Ohm.....	54
4.2.4	R ₂ =56200 Ohm.....	56

4.2.5	Komparasi Konfigurasi Hambatan Feedback Low-Pass Filter Orde Dua	59
4.3	Rangkaian Aktif High Pass Filter Orde-1	61
4.3.1	R1=82 Ohm.....	61
4.3.2	R1=990 Ohm.....	64
4.3.3	R1=9860 Ohm.....	67
4.3.4	R1=56200 Ohm.....	70
4.3.5	Komparasi Konfigurasi Hambatan Input High-Pass Filter Orde Satu.....	74
4.4	Rangkaian Aktif High Pass Filter Orde-2	76
4.4.1	R1=82 Ohm.....	76
4.4.2	R1=990 Ohm.....	79
4.4.3	R1=9860 Ohm.....	82
4.4.4	R1=56200 Ohm.....	85
4.4.5	Komparasi Konfigurasi Hambatan Input High-Pass Filter Orde Dua	89
BAB V		91
5.1	Kesimpulan	91
5.2	Implikasi	92
5.3	Rekomendasi.....	92
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan parameter beberapa Op-Amp	5
Tabel 2.2 Relasi antara rasio dan dB yang dapat diingat.....	20
Tabel 3.1 Alat dan bahan untuk membuat rangkaian filter low-pass dan high-pass.	26
Tabel 4.1 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-1 dengan $R_2=82\text{ Ohm}$	34
Tabel 4.2 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-1 dengan $R_2=990\text{ Ohm}$	39
Tabel 4.3 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-1 dengan $R_2=9720\text{ Ohm}$	42
Tabel 4.4 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-1 dengan $R_2=56200\text{ Ohm}$	44
Tabel 4.5 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-2 dengan $R_2=82\text{ Ohm}$	49
Tabel 4.6 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-2 dengan $R_2=990\text{ Ohm}$	52
Tabel 4.7 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-2 dengan $R_2=9720\text{ Ohm}$	54
Tabel 4.8 Nilai A dan dB terhadap F pada LPF orde ke-2 dengan $R_2=56200\text{ Ohm}$	56
Tabel 4.9 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-1 dengan $R_1=82\text{ Ohm}$	61
Tabel 4.10 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-1 dengan $R_1=990\text{ Ohm}$	65
Tabel 4.11 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-1 dengan $R_1=9860\text{ Ohm}$	68
Tabel 4.12 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-1 dengan $R_1=56200\text{ Ohm}$	71
Tabel 4.13 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-2 dengan $R_1=82\text{ Ohm}$	76
Tabel 4.14 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-2 dengan $R_1=990\text{ Ohm}$	80
Tabel 4.15 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-2 dengan $R_1=9860\text{ Ohm}$	83
Tabel 4.16 Nilai A dan dB terhadap F pada HPF orde ke-2 dengan $R_1=56200\text{ Ohm}$	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol Op-Amp pada rangkaian elektronika.....	5
Gambar 2.2 Penguat Tegangan Inverting.	6
Gambar 2.3 Penguat Tegangan Non-Inverting.	7
Gambar 2.4 Rangkaian Komparator dengan Histerisis.....	8
Gambar 2.5 Rangkaian Integrator RC.	9
Gambar 2.6 Rangkaian Summing Amplifier.	9
Gambar 2.7 Rangkaian Differensiator.	10
Gambar 2.8 Respon Frekuensi dari rangkaian filter yang terdiri dari Stop band dan Pass band...11	
Gambar 2.9 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.	12
Gambar 2.10 Rangkaian LPF RC pasif sederhana yang terdiri dari Resistor dan Kapasitor secara seri.....	13
Gambar 2.11 Respon frekuensi lowpass filter (LPF).....	14
Gambar 2.12 Rangkaian LPF RC aktif sederhana pada orde pertama dengan Op-Amp.....	15
Gambar 2.13 Rangkaian HPF RC pasif sederhana yang terdiri dari Kapasitor dan Resistor secara seri.....	17
Gambar 2.14 Rangkaian HPF RC aktif sederhana orde pertama yang terdiri dari rangkaian pasif dan Op-Amp.....	18
Gambar 2.15 Rangkaian Band-Pass Filter pasif.	19
Gambar 2.16 Rangkaian Aktif Low-Pass Filter Orde Dua.	22
Gambar 2.17 Rangkaian Aktif High-Pass Filter Orde Dua.	23
Gambar 3.1 Rangkaian Percobaan Op-Amp.....	27
Gambar 3.2 Function Generator Kenwood FG-273	28

Gambar 3.3 Osiloskop Twintex TOS-2020CH.....	30
Gambar 3.4 Diagram blok alur penelitian rangkaian filter	31
Gambar 4.1 Konfigurasi Low-Pass Filter Orde Satu	34
Gambar 4.2 Metode Curve Fitting dengan polinomial	36
Gambar 4.3 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu dengan $R_2=82\ \Omega$	38
Gambar 4.4 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu dengan $R_2=990\ \Omega$	41
Gambar 4.5 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu dengan $R_2=9720\ \Omega$	43
Gambar 4.6 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu dengan $R_2=56200\ \Omega$	46
Gambar 4.7 Komparasi Grafik Bode Plot LPF Orde Satu dengan $R_2=82\ \Omega$ (a), $R_2=990\ \Omega$ (b), $R_2=9720\ \Omega$ (c), dan $R_2=56200\ \Omega$ (d)	47
Gambar 4.8 Konfigurasi Low-Pass Filter Orde Dua	49
Gambar 4.9 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua dengan $R_2=82\ \Omega$	51
Gambar 4.10 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua dengan $R_2=990\ \Omega$	53
Gambar 4.11 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Dua dengan $R_2=9720\ \Omega$	56
Gambar 4.12 Grafik Bode Plot pada konfigurasi LPF Orde Satu dengan $R_2=56200\ \Omega$	58
Gambar 4.13 Komparasi Grafik Bode Plot LPF Orde Dua dengan $R_2=82\ \Omega$ (a), $R_2=990\ \Omega$ (b), $R_2=9720\ \Omega$ (c), dan $R_2=56200\ \Omega$ (d)	59
Gambar 4.14 Konfigurasi High-Pass Filter Orde Satu	61
Gambar 4.15 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu dengan $R_1=82\ \Omega$	64
Gambar 4.16 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu dengan $R_1=990\ \Omega$	67
Gambar 4.17 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu dengan $R_1=9860\ \Omega$	70
Gambar 4.18 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Satu dengan $R_1=56200\ \Omega$	73

Gambar 4.19 Komparasi Grafik Bode Plot HPF Orde Satu dengan $R_1=82\text{ Ohm}$ (a), $R_1=990\text{ Ohm}$ (b), $R_1=9860\text{ Ohm}$ (c), dan $R_1=56200\text{ Ohm}$ (d)	74
Gambar 4.20 Konfigurasi High-Pass Filter Orde Dua.....	76
Gambar 4.21 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua dengan $R_1=82\text{ Ohm}$	79
Gambar 4.22 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua dengan $R_1=990\text{ Ohm}$	82
Gambar 4.23 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua dengan $R_1=9860\text{ Ohm}$	85
Gambar 4.24 Grafik Bode Plot pada konfigurasi HPF Orde Dua dengan $R_1=56200\text{ Ohm}$	88
Gambar 4.25 Komparasi Grafik Bode Plot HPF Orde Dua dengan $R_1=82\text{ Ohm}$ (a), $R_1=990\text{ Ohm}$ (b), $R_1=9860\text{ Ohm}$ (c), dan $R_1=56200\text{ Ohm}$ (d)	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Low-Pass Filter Orde Satu	97
Lampiran 2. Data Low-Pass Filter Orde Dua	113
Lampiran 3. Data High-Pass Filter Orde Satu	139
Lampiran 4. Data High-Pass Filter Orde Dua	167

DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Sedra, K. C. Smith, T. C. Carusone, & V. Gaudet. (2019). *Microelectronic Circuits*, 8th Edition. *Oxford University Press*.
- Agus Sudiatma Pratama, I. N., Rinas, I. W., & Ibi Weking, A. (2018). SIMULASI PEREDAMAN DISTORSI HARMONISA MENGGUNAKAN FILTER AKTIF DAN ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN DI HOTEL THE BENE KUTA. *Jurnal SPEKTRUM*, 4(2). <https://doi.org/10.24843/spektrum.2017.v04.i02.p15>
- Alisroba, G., Asri, H. N., A', M., Kautsar, R., Alisrobia, G., A'raaf Kautsar, M., Satrio, M., Utomo, D., Hasanah, M., & Fujiyanti, V. (2022). Analisis Rangkaian Komparator dengan Variasi IC Op-Amp yang Tersedia pada Circuit Wizard. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 6(2).
- 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>
- Bavafa-Toosi, Y. (2019). Introduction to Linear Control Systems - Bode diagram. In *Introduction to Linear Control Systems*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812748-3.00007-0>
- Components101. (2023). *Understanding High Pass Filters in Electronics: Types, Applications, and Circuit Designs*. Components101.Com.
- 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>
- Fiqhi Ibadillah, A., Erari, Y., Rahmawati, D., Saputro, A. K., Fahmi, M. F., Alfita, R., & Ulum, M. (2024). Rancang Bangun Modul Pemrosesan Sinyal Digital Low Pass Filter dan High Pass Filter. *Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 6(1), 81–88.
- 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
- Gintings, A., Yuniantoro, 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).
- M, R. P., Khairunnisa, H. S., Halizzah, V., Sugihartanti, R., Salsabila, N., Tazkiyyanisa, F., & Riani, D. W. (2022). ANALISIS RANGKAIAN OP-AMP SEBAGAI KOMPARATOR MENGGUNAKAN CIRCUIT SIMULATOR APPLLET. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 6(1). <https://doi.org/10.31289/jesce.v6i1.6421>
- Mira, T., Sutrisno, & Hanny Madiawati. (2023). Desain Band Pass Filter pada Frekuensi X-Band Menggunakan Metode Square Resonator untuk Aplikasi Radar Navigasi. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 21(2). <https://doi.org/10.55893/jt.vol21no2.456>
- Novira, A. (2019). Filtering Sinyal Menggunakan Band Pass Filter. *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 1(1). <https://doi.org/10.35746/jtim.v1i1.16>
- 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.
- Setiawan, A., Hariyadi, T., & Mulyanti, B. (2014). Rancang Bangun Band Pass Filter Mikrostrip Hairpin dengan Open Stub dan Defected Ground Structure (DGS) untuk Frekuensi UMTS 3G (1920-1980 MHz). *Electrans*, 13, no. 2(2).
- Storr, W. (2014a). *Active High Pass Filter*. Basic Electronics Tutorials Site.
- Storr, W. (2014b). *Active Low Pass Filter*. Basic Electronics Tutorials Site.
- Storr, W. (2014c). Low Pass Filter - Passive RC Filter Tutorial. In *Basic Electronics Tutorials Site*.
- Storr, W. (2014d). *Passive Band Pass Filter*. Basic Electronics Tutorials Site.
- Storr, W. (2014e). *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>
- Wilcher, D. (2025). *What Is a High Pass Filter? Understanding an Electronic Filter Circuit*. DigiKey.
- 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>