Analisis dan Simulasi Rangkaian Penguat Menggunakan Op-Amp IC LM741

Dwi Heri Kiswanto[1]*, Mokhammad Syafaat[2]
dst.
[1)] Kesatrian Arhanud Junrejo / Kesatrian Poltekad, Jalan Raya Anggrek, Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur, Kode Pos 65324
[2)] Kesatrian Arhanud Junrejo / Kesatrian Poltekad, Jalan Raya Anggrek, Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur, Kode Pos 65324
E - mail : herid1326@gmail.com1*,syafaatarh@poltekad.ac.id2

ARTICLE TITLE (TEMPLATE FOR MANUSCRIPT FOR JURNAL TEKNOLOGI INDONESIA)

Abstract: *Op-amps as fundamental analog electronic components have been widely used in various applications, ranging from simple signal amplifiers to complex control systems. Thi research aims to analyze and simulate various amplifier configurations using op-amps. Through simulation, the performance characteristics of each configuration, such as voltage gain, bandwidth, and distortion level, will be assessed. The simulation results will be compared with theory to verify the circuit performance.*
Keywords op-amp, amplifier, simulation, analysis, configuration, performance, voltage gain, bandwidth, distortion, analog electronics, integrated circuits.
Abstrak: *Op-amp sebagai komponen elektronika analog fundamental Agar bisa digunakan dalam aplikasi, mulai dari penguat sinyal sederhana hingga sistem kontrol yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan berbagai konfigurasi penguat menggunakan op-amp. Melalui simulasi, karakteristik kinerja dari setiap konfigurasi, seperti penguatan tegangan, bandwidth, dan tingkat distorsi, akan dikaji. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan teori untuk memverifikasi kinerja rangkaian dalam menggunakan simulasi prinsip kerja op-amp serta memberikan panduan dalam perancangan rangkaian penguat yang optimal.*
Kata kunci: op-amp, penguat, simulasi, analisis, konfigurasi, kinerja, penguatan tegangan, bandwidth, distorsi, elektronika analog, rangkaian terpadu.

PENDAHULUAN

Penguat Op-Amp elektronika yang paling banyak digunakan dalam rangkaian analog. Op-Amp memiliki berbagai aplikasi, termasuk penguat tegangan, integrator, filter aktif, dan pembanding[2]. Salah satu Op-Amp yang paling umum dan sering digunakan dalam penelitian serta praktik pendidikan adalah IC LM741.[3]

LM741 merupakan Op-Amp monolitik yang dirancang untuk memberikan performa stabil, tingkat kebisingan rendah, dan rentang penggunaan yang luas.[4] Karakteristiknya.[5] serta kemampuan penguatan yang besar, menjadikan LM741 pilihan yang ideal untuk berbagai aplikasi elektronik.[6]

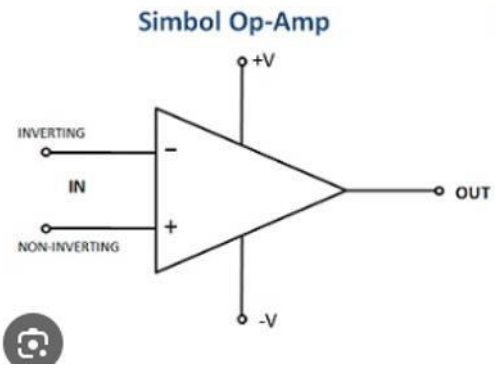
Namun, pemahaman mendalam tentang karakteristik dan performa LM741 sangat penting untuk mengoptimalkan penggunaannya.[7] Simulasi dan analisis rangkaian menggunakan perangkat lunak simulasi,[8] seperti Multisim atau LTSpice, dapat membantu mahasiswa, peneliti, maupun praktisi dalam mempelajari respons rangkaian tanpa risiko kerusakan pada perangkat keras[9].

Pada penelitian ini, dilakukan analisis dan simulasi berbagai jenis konfigurasi penguat berbasis Op-Amp IC LM741,[10] termasuk penguat non-inverting, penguat inverting, dan penguat diferensial. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja LM741 berdasarkan parameter-parameter seperti penguatan tegangan, bandwidth, dan distorsi sinyal.[11] selain itu sangat juga memengaruhi performa dalam LM741, seperti pengaruh sumber daya[12], frekuensi sinyal input, dan elemen pasif yang digunakan dalam rangkaian.[13],

Melalui simulasi dan analisis ini, diharapkan dapat memberikan panduan praktis[14] serta teori yang komprehensif bagi para pengguna Op-Amp sangat mengutamkan nilai dalam penggunanya. [1]

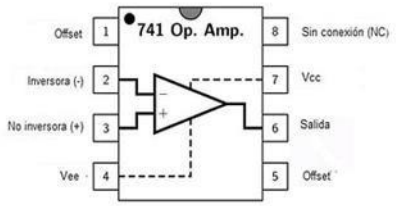
METODE PENELITIAN

Komponen ini agar bertujuan untuk menganalisis kinerja penguat Inverting dan Non-Inverting IC LM 741. Dalam penelitian ini, dilakukan serangkaian percobaan untuk mengukur parameter kinerja seperti penguatan (gain), linearitas, dan kestabilan dari kedua tersebut.[2]



Gambar 1. Simbol Penguat Op-Amp

Dalam Praktikkum ini ada persiapan alat dan bahan komponen utama yaitu LM741. Semua peralatan diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan kondisi operasional yang baik. IC op-amp LM 741 dipilih karena kemampuannya dalam menangani aplikasi penguatan dasar, dengan kestabilan yang tinggi pada berbagai tegangan suplai. Osiloskop untuk menganalisis bentuk sinyal gelombang input dan output pada penguat rangkaian. Berikut ini merupakan gambar Pin Out Diagram IC LM 741 Op-Amp



Gambar 2.

Pin Out Diagram IC LM 741 Op-Amp

Berikut adalah langkah-langkah metode yang digunakan dalam peneliti Sebagai Berikut:

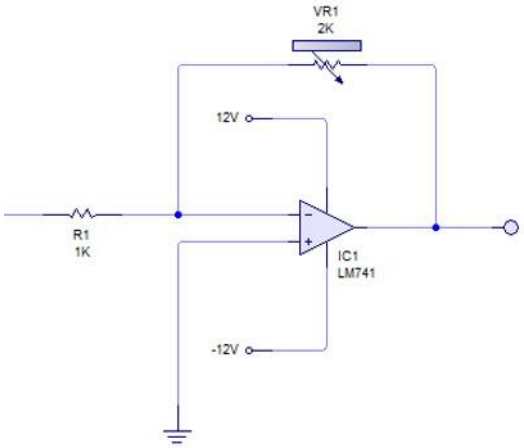
1. Persiapan Alat Praktikkum

a. IC Op-Amp LM 741
b. Resistor
c. Potensio
d. Sumber tegangan DC
e. Kabel Jemper
f. Project Board
g. Multimeter
h. Osciloskope

Hasil penelitian yang disajikan hanya hasil analisis dan hasil pengujian hipotesis saja yang perlu dilaporkan, bukan proses analisis data seperti perhitungan statistik dan proses pengujian hipotesis tidak perlu disajikan. Tabel dan grafik dapat digunakan untuk memperjelas penyajian hasil penelitian secara verbal, dan harus diberi komentar atau dibahas. Untuk penelitian kualitatif, bagian hasil memuat bagian-bagian rinci dalam bentuk sub topik-sub topik yang berkaitan langsung dengan fokus penelitian dan kategori-kategori. Diketik dalam 1,5 spasi, Arial 11pt.

HASIL PENELITIAN

Desain Rangkaian Penguat Op-Amp LM 741 yang melibatkan konfigurasi dasar di mana kedua rangkaian ini memanfaatkan Op-Amp untuk memperkuat sinyal input dengan cara yang berbeda. Berikut di bawah ini merupakan gambar Rangkaian Inverting.



Gambar 3. Rangkaian Inverting

Pada Rancangan Penguat Inverting, tegangan masukan diberikan ke masukkan Inverting (-) Op-Amp melalui resistor input, dan ground di berikan ke terminal Inverting (+) Op-Amp dengan hakeluaran Pada Op-Amp (-) dalam simulasi ini dapat kita hitung dengan menggunakan Rumus

$$\text{V Out} = -\frac{Rf}{\text{Rin}} \quad \text{V In}$$

Keterangan:

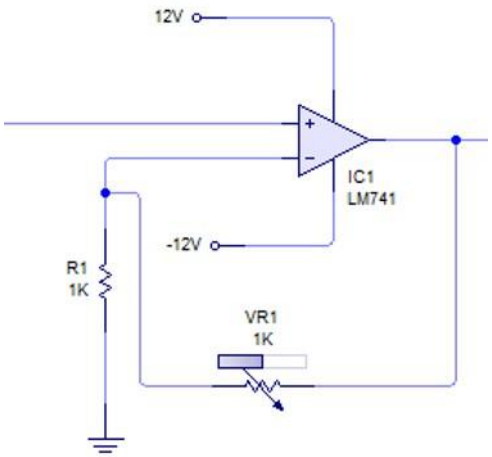
V In = Tegangan Masukkan

V Out = Tegangan keluar

Rf = Resistor umpan balik

Rin = Resistor Pada Masukan

Rangkaian Berikutnya adalah Rangkaian Non-Invering dimana Rangkaian non-inverting ini (+) di-ground-kan. Rangkaian ini menghasilkan sinyal output yang terbalik (inversi) terhadap sinyal input dengan penguatan yang bergantung pada rasio antara resistor umpan balik dan resistor input. Sehingga hasil dari output Non-Inverting adalah (+).



Gambar 4. Rangkaian Non-Inverting

Pada Rangkaian Non-Inverting ini ada Rumus Perhitungan nya berikut di bawah ini adalah Rumus Penguat Non-Inverting

$$\text{V Out} = \frac{Rf}{\text{Rin}} + 1 \quad \text{V In}$$

Keterangan:

V In = Tegangan Masukkan

V Out = Tegangan keluar

Rf = Resistor umpan balik

Rin = Resistor Pada Masukan

Pada Rancangan Non-Inverting ini, tegangan masukkan di berikan kepada masukkan Non-Inverting (+), sementara terminal inverting (-) terhubung dengan umpan balik dari output melalui resistor. Konfigurasi ini menghasilkan sinyal keluaran yang memiliki fase yang sama dengan masukan, dengan penguatan yang ditentukan oleh rasio resistor umpan balik dan resistor masukan, namun selalu lebih besar dari satu.

Eksperimen dan pengukuran

Dalam Eksperimen dan pengukuran Penguat Op-Amp menggunakan IC LM 714 kita melakukan 2 Eksperimen yaitu Penguat Op-Amp Inverting dan Non- Inverting dimana dalam Praktikkum tersebut kita dapat mengukur hasil keluaran dan perbandingan menggunakan Tabel dari Praktikkum tersebut. Berikut ini merupakan hasil dari eksperimen tersebut.

Rangkaian Inverting

Dalam Praktikkum rangkaian Inverting ini kita awali dengan merangkai rangkaian Inverting menggunakan simulasi di Aplikasi livewire, dihitung secara manual dengan rumus, dan Praktik langsung merangkai rangkaian, kemudian di buatkan table dan grafik dari hasil Pengukuran tersebut. Praktikkum Inverting ini ada beberapa percobaan yaitu sebagai berikut

V = 1 Volt

Rin = 1 K

Rf = 1. 1K

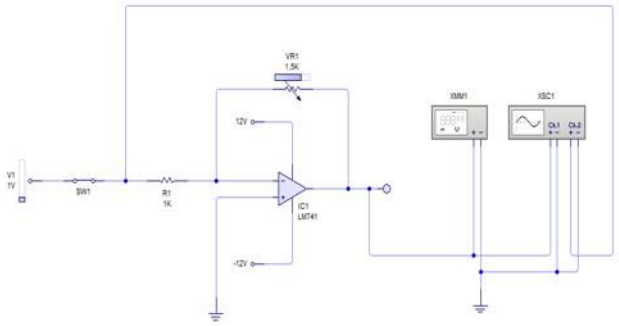
2. 1,5K

3. 2K

4. 2,5K

5. 3K

Berikut ini adalah gambar Rangkaian Inverting pada Aplikasi Livewire.



Gambar 5.
Rangkaian Inverting di Aplikasi livewire

Dari hasil Simulasi tersebut dapat kita masukkan pada table sebagai berikut

Tabel

No	Vin	Rin	Rf	Vout
1.	1 V	1 K	1 K	-0,917 V
2.	1 V	1 K	1,5 K	-1,50 V
3.	1 V	1 K	2 K	-2 V
4.	1 V	1 K	2,5 K	-2,50 V
5.	1 V	1 K	3 K	-3 V

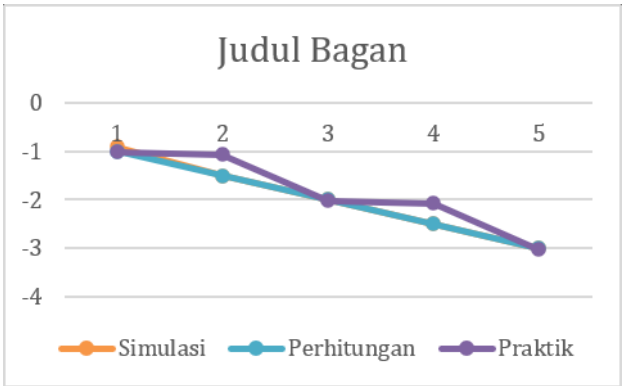
$$\text{Vout} = -\frac{Rf}{\text{Rin}} \quad \text{Vin}$$

1. $\frac{\text{Vout}}{\text{Vin}} = -\frac{1K}{1K}$ 1 Vin = - 1 Volt
2. $\frac{\text{Vout}}{\text{Vin}} = -\frac{1{,}5K}{1K}$ 1 Vin = - 1,5 Volt
3. $\frac{\text{Vout}}{\text{Vin}} = -\frac{2K}{1K}$ 1 Vin = - 2 Volt
4. $\frac{\text{Vout}}{\text{Vin}} = -\frac{2{,}5K}{1K}$ 1 Vin = - 2,5 Volt
5. $\text{Vout} = -\frac{3K}{1K}$ 1 Vin = - 3 Volt

Dari hasil Pengukuran Penguat Inverting kita dapat membuat Table dan Grafik seperti di bawah ini:

Tabel

Dengan hasil Grafik Hasil Pengukuran



Rangkaian Non-Inverting

Dalam Praktikkum rangkaian Inverting ini kita awali dengan merangkai rangkaian Inverting menggunakan simulasi di Aplikasi livewire, dihitung secara manual dengan rumus, dan Praktik langsung merangkai rangkaian, kemudian di buatkan table dan grafik dari hasil Pengukuran tersebut. Praktikkum Inverting ini ada beberapa percobaan yaitu sebagai berikut

V = 1 Volt

Rin = 1 K

Rf = 1. 1K

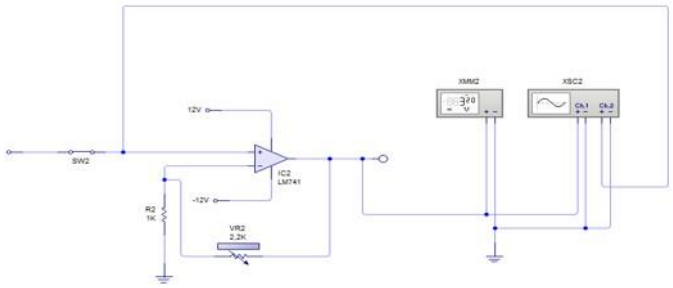
2. 1,5K

3. 2K

4. 2,5K

5. 3K

Berikut ini adalah gambar Rangkaian Non-Inverting pada Aplikasi Livewire.



Gambar 9.
Rangkaian Non-Inverting di Aplikasi livewire

Dari hasil Simulasi tersebut dapat kita masukkan pada

No	Vin	Rin	Rf	Vout		
				Simulasi	Hitung	Praktik
1.	1 V	1 K	1 K	-0,917 V	-1 V	-1,012 V
2.	1 V	1 K	1,5 K	-1,50 V	-1,5 V	-1,064 V
3.	1 V	1 K	2 K	-2 V	-2 V	-2,015 V
4.	1 V	1 K	2,5 K	-2,50 V	-2,5 V	-2,074 V
5.	1 V	1 K	3 K	-3 V	-3 V	-3,020 V

table sebagai berikut:

No	Vin	Rin	Rf	Vout
1	1 V	1 K	1 K	2 V
2	1 V	1 K	1,5 K	2,50 V
3	1 V	1 K	2 K	3 V
4	1 V	1 K	2,5 K	3,50 V
5	1 V	1 K	3 K	4 V

dari hasil Simulasi di atas lanjut ke perhitungan dimana perhitungan tersebut menggunakan Rumus sebagai berikut

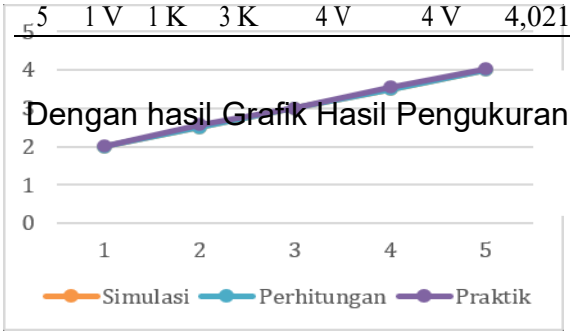
$$\text{Vout} = \frac{Rf}{\text{Vout}} + 1$$

1. $\text{Vout} = \frac{1K}{1K} + 1$ 1 Vout = 2 Volt
2. $\text{Vout} = \frac{1{,}5K}{1K} + 1$ 1 Vout = 2,5 Volt
3. $\text{Vout} = \frac{2K}{1K} + 1$ 1 Vout = 3 Volt
4. $\text{Vout} = \frac{2{,}5K}{1K} + 1$ 1 Vout = 3,5 Volt
5. $\text{Vout} = \frac{3K}{1K} + 1$ 1 Vout = 4 Volt

Dari hasil Pengukuran Penguat Non-Inverting kita dapat membuat table dan Grafik seperti di bawah ini:

Tabel

No	Vin	Rin	Rf	Vout		
				Simulasi	Hitung	Praktik
1	1 V	1 K	1 K	2 V	2 V	2,019 V
2	1 V	1 K	1,5 K	2,50 V	2,5 V	2,058 V
3	1 V	1 K	2 K	3 V	3 V	3,011 V
4	1 V	1 K	2,5 K	3,50 V	3,5 V	3,056 V
5	1 V	1 K	3 K	4 V	4 V	4,021V



Dengan hasil Grafik Hasil Pengukuran

Gambar 1. Dengan hasil Grafik Hasil Pengukuran gambar.

PEMBAHASAN

Pembahasan pada penelitian ini berfokus pada analisis kerja rangkaian penguat menggunakan Operational Amplifier (Op-Amp) IC LM741 melalui perhitungan teoritis dan simulasi. IC LM741 digunakan karena merupakan salah satu Op-Amp yang dapat digunakan untuk membangun rangkaian penguat dengan konfigurasi inverting maupun non-inverting. Analisis dilakukan

dengan memperhatikan hubungan antara tegangan input, tegangan output, nilai resistor umpan balik, dan besar penguatan tegangan.

Pada rangkaian penguat inverting, sinyal masukan diberikan melalui resistor input menuju terminal inverting (-) LM741, sedangkan terminal non-inverting (+) dihubungkan ke ground. Resistor umpan balik dipasang dari terminal output menuju terminal inverting. Berdasarkan konfigurasi tersebut, besar penguatan tegangan ditentukan oleh perbandingan antara resistor umpan balik dan resistor input. Persamaan penguatan yang digunakan adalah (A_v=-R_f/R_{in}). Tanda negatif menunjukkan bahwa tegangan output mengalami pembalikan fase sebesar 180° terhadap tegangan input.

Sebagai contoh, apabila digunakan resistor input sebesar 10 kΩ dan resistor umpan balik sebesar 100 kΩ, maka penguatan teoritis dapat dihitung sebagai (A_v=-100/10=-10). Dengan tegangan input sebesar 0,1 V, tegangan output secara teoritis adalah (V_{out}=-10(0,1)=-1 V). Hasil tersebut menunjukkan bahwa rangkaian mampu memperbesar amplitudo tegangan input sebanyak sepuluh kali dengan polaritas output yang berlawanan terhadap input.

Hasil simulasi digunakan untuk mengetahui karakteristik rangkaian ketika diberikan tegangan input tertentu. Berdasarkan hasil pengamatan, peningkatan tegangan input menyebabkan peningkatan tegangan output dengan perbandingan yang mendekati nilai penguatan yang telah dihitung secara teoritis. Bentuk gelombang output juga menunjukkan pembalikan fase terhadap sinyal input. Perbedaan antara hasil teoritis dan simulasi dapat terjadi karena model LM741 pada perangkat lunak simulasi memperhitungkan karakteristik komponen yang tidak sepenuhnya ideal, seperti batas tegangan output, gain internal, dan karakteristik frekuensi.

Selain konfigurasi inverting, LM741 dapat digunakan sebagai penguat non-inverting. Pada konfigurasi ini, sinyal input diberikan pada terminal non-inverting (+), sedangkan terminal inverting (-) memperoleh umpan balik melalui jaringan resistor. Besarnya penguatan ditentukan menggunakan persamaan (A_v=1+R_f/R_1). Berbeda dengan konfigurasi inverting, output pada rangkaian non-inverting memiliki fase yang sama dengan sinyal input. Konfigurasi ini dapat digunakan ketika diperlukan penguatan tegangan tanpa pembalikan polaritas sinyal.

Perbandingan antara hasil perhitungan dan simulasi diperlukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian rancangan. Selisih hasil dapat dihitung menggunakan persentase error antara nilai tegangan output teoritis dan hasil simulasi. Semakin kecil nilai error, semakin sesuai hasil simulasi dengan perhitungan teoritis. Dengan demikian, simulasi dapat digunakan sebagai tahap verifikasi sebelum rangkaian penguat direalisasikan dalam bentuk perangkat keras.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa pemilihan nilai resistor sangat berpengaruh terhadap besar penguatan rangkaian. Nilai resistor umpan balik yang semakin besar terhadap resistor input akan menghasilkan penguatan yang semakin besar pada konfigurasi inverting. Namun, penguatan tidak dapat ditingkatkan secara terus-menerus karena terdapat keterbatasan karakteristik LM741, terutama pada tegangan catu daya, kemampuan output, bandwidth, dan slew rate. Oleh karena itu, pemilihan nilai komponen harus disesuaikan dengan kebutuhan rangkaian agar output tidak mengalami distorsi atau clipping.

Berdasarkan analisis dan simulasi yang dilakukan, rangkaian penguat menggunakan IC LM741 dapat bekerja sesuai dengan prinsip dasar Op-Amp. Hasil simulasi menunjukkan hubungan antara tegangan input dan output yang sesuai dengan karakteristik masing-masing konfigurasi. Perbedaan antara hasil teoritis dan simulasi masih dapat terjadi akibat karakteristik nonideal komponen dan model simulasi. Dengan demikian, penggunaan simulasi dapat membantu memahami prinsip kerja LM741 sekaligus memvalidasi hasil perhitungan sebelum dilakukan pembuatan rangkaian secara langsung.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi rangkaian penguat menggunakan Operational Amplifier (Op-Amp) IC LM741, dapat disimpulkan bahwa IC LM741 mampu digunakan sebagai penguat tegangan dengan baik melalui konfigurasi inverting maupun non-inverting. Besarnya penguatan pada masing-masing konfigurasi dipengaruhi oleh perbandingan nilai resistor input dan resistor umpan balik yang digunakan dalam rangkaian.

Pada konfigurasi inverting, tegangan keluaran mengalami pembalikan fase sebesar 180° terhadap tegangan masukan, sedangkan pada konfigurasi non-inverting tegangan keluaran memiliki fase yang sama dengan tegangan masukan. Hasil perhitungan teoritis menunjukkan bahwa perubahan nilai resistor dapat memengaruhi besar penguatan dan tegangan keluaran rangkaian.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa karakteristik tegangan keluaran memiliki kesesuaian dengan hasil perhitungan teoritis. Meskipun demikian, terdapat kemungkinan perbedaan antara nilai teoritis dan hasil simulasi yang disebabkan oleh karakteristik nonideal IC LM741, keterbatasan tegangan keluaran, serta parameter model komponen yang digunakan pada perangkat lunak simulasi.

Dengan demikian, analisis dan simulasi rangkaian penguat menggunakan IC LM741 dapat digunakan untuk memahami prinsip kerja Op-Amp, mengetahui hubungan antara nilai komponen dengan besar penguatan, serta memverifikasi hasil perhitungan sebelum rangkaian direalisasikan secara langsung.

Saran

Untuk pengembangan percobaan selanjutnya, pengujian rangkaian dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi nilai resistor sehingga pengaruh perubahan nilai penguatan terhadap tegangan keluaran dapat diamati secara lebih jelas. Pengujian juga dapat dilakukan menggunakan beberapa variasi frekuensi input untuk mengetahui karakteristik respons frekuensi dan keterbatasan bandwidth IC LM741.

Selain simulasi, rangkaian sebaiknya direalisasikan secara langsung menggunakan breadboard atau PCB. Hasil pengukuran menggunakan multimeter dan osiloskop kemudian dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan dan simulasi. Perbandingan tersebut diharapkan dapat memberikan analisis yang lebih lengkap mengenai tingkat ketelitian dan kinerja rangkaian penguat menggunakan IC LM741.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. K. Nata, O. Hanggar, and D. Prastyo, “Validasi Pengukuran Suhu Billed Baja Menggunakan Pyrometer Di PT . Krakatau Baja Konstruksi,” vol. 14, no. 2, pp. 112–119, 2024.

[2] K. Kasiyanto, A. Apriharta, D. Widiatmoko, D. Irmanto, and M. Cahyo Bagaskoro, “Hostage Liberation Operations using Wheeled Robots Based on LIDAR (Light Detection and Ranging) Sensors,” MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput., vol. 23, no. 2, pp. 243–258, 2024, doi: 10.30812/matrik.v23i2.3493.

[3] G. Alisroba et al., “Analisis Rangkaian Komparator dengan Variasi IC Op-Amp yang Tersedia pada Circuit Wizard,” J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro, vol. 6, no. 2, pp. 116–125, 2022.

[4] S. Kumaresan, “Dual-Fuctionality Op-Amp Circuit for Half-Wave and Full-Wave Recti cation,” 2024.

[5] M. Sari, A. O. Putri, and L. P. Pratama, “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controling Otomatis Pada Hidroponik Hidayatullah Depok Berbasis Website,” vol. 14, no. 2, pp. 134–139, 2024.

[6] R. Pramudita and A. Suryana, “Rancang Bangun Trainer Terintegrasi Rangkaian Penyearah Gelombang Dan Penguat Op-Amp Berbasis Mikrokontroler Atmega 32,” J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap., vol. 6, no. 1, pp. 36–41, 2020, doi: 10.33197/jitter.vol6.iss1.2019.327.

[7] I. M. O. Dwipayana, J. Wahyudi, and M. Azka, “Analisis Perbaikan Tidak Terpancarnya Suara Air Traffic Controller (ATC) Ke Pesawat Pada Peralatan Sistem Komunikasi Penerbangan VHF Merek PAE T6T,” vol. 14, no. 2, pp. 161–167, 2024.

[8] Albert Wahyu Sianturi, Dekki Widiatmoko, Fajar Kholid, Jeki Saputra, and Kasiyanto, “Sistem monitoring pendeteksi kantuk pada prajurit menggunakan pulse sensor berbasis android untuk kesiapsiagaan prajurit dalam melaksanakan tugas,” INFOTECH J. Inform. Teknol., vol. 5, no. 1, pp. 112–120, 2024, doi: 10.37373/infotech.v5i1.1174.

[9] R. S. Akbar, F. Kholid, K. Kasiyanto, D. Widiatmoko, and A. Achmad, “Design of Fuel Monitoring Application for Reservoir Tanks in Army Fuel Supply Point on Military Logistics Corps Based on Internet of Things,” Int. J. Eng. Comput.