

Rancang Bangun Modul Pembelajaran Aplikasi Op-Amp Berbasis IC 741 dan IC TL 084 untuk Praktikum Perancangan Elektronika

Muhamad Nur Alvyangga Saputro¹, Kasiyanto², Mokhammad Syafaat³, Dekki Widiatmoko⁴,

¹²³⁴*Teknik Elkasista, Jurusan Elektronika Politeknik Angkatan Darat*

Jalan Anggrek No. 1 Pendem, Kec. Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur, 65324, Indonesia

Alvyangga21480@gmail.com¹, kasiyanto@poltekad.ac.id², syafaatarh96@poltekad.ac.id³,

dekkiwidiatmoko@poltekad.ac.id⁴

Abstrak. Dalam penelitian ini mengupayakan sebuah perancangan dan mengembangkan modul pembelajaran komprehensif yang ditujukan kepada mahasiswa tentang cara kerja dari aplikasi penguat operasional (Op-Amp), khususnya dengan memanfaatkan IC 741 dan IC TL 084. Modul ini dimaksudkan untuk memberikan pengalaman langsung melalui serangkaian eksperimen yang menggunakan Op-Amp dalam konfigurasi dasar, termasuk didalamnya terdapat konfigurasi rangkaian Op-Amp membalik, tidak membalik, penjumlahan, diferensial dan integrator. Proses desain ini meliputi pembuatan papan sirkuit cetak (PCB) yang kemudian digunakan untuk menempatkan sebuah komponen dan penghubungan beberapa komponen inti dengan komponen lainnya. Diharapkan bahwa penerapan modul ini dapat dijadikan media pembelajaran bagi mahasiswa tentang aplikasi dari Op-Amp dalam sistem elektronik analog. Pengujian ekstensif dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas dan kegunaan modul, dengan temuan yang menunjukkan bahwa hasil keluaran dari modul yang berbentuk signal tegangan telah sesuai dengan hasil keluaran dari rangkaian inverting, non inverting, summing, diferensial dan integrator secara teori yang ada sehingga hal ini dapat mendukung proses pembelajaran bagi mahasiswa dan peserta praktikum dalam mempelajari prinsip operasional dan aplikasi praktis Op-Amp. Lebih jauh lagi, modul ini diharapkan dapat menjadi sumber daya yang berharga bagi kemajuan kurikulum teknik elektro pada jenjang pendidikan tinggi.

Kata Kunci. Aplikasi Op-Amp, IC 741, IC TL 084, Penguatan, Modul Pembelajaran.

Abstract. *This research seeks to design and develop a comprehensive learning module aimed at students about how operational amplifier (Op-Amp) applications work, especially by utilizing IC 741 and IC TL 084. This module is intended to provide direct experience through experiments using Op-Amp in the basic configuration, including inverting, non-inverting, summing, differential, and integrator Op-Amp circuit configurations. This design process includes making a printed circuit board (PCB) which is then used to place a component and connect several core components to other components. It is hoped that this module can be used as a learning medium for students regarding the application of Op-Amps in analog electronic systems. Extensive testing was carried out to validate the functionality and usability of the module, with findings showing that the output results from the module in the form of voltage signals were by the output results from the theoretically existing inverting, non-inverting, summing, differential, and integrator circuits so that this could support the process learning for students and practicum participants in studying operational principles and practical applications of Op-Amp. Furthermore, it is hoped that this module can become a valuable resource for advancing the electrical engineering curriculum at the higher education level.*

Keywords. Op-Amp Applications, IC 741, IC TL 084, Gain, Learning Module.

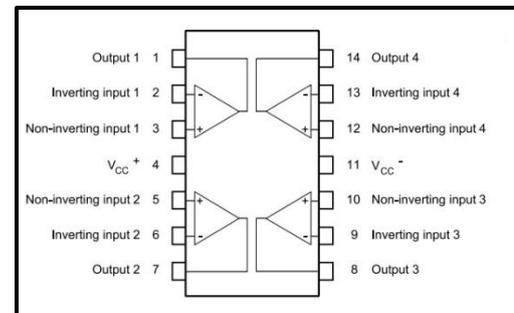
I. PENDAHULUAN

Penguat operasional telah digunakan selama beberapa dekade. Awalnya, perangkat ini dibuat menggunakan konfigurasi transistor diskrit. Namun, kemajuan pesat teknologi sirkuit terpadu telah memengaruhi evolusi dan transformasi desain sirkuit analog secara signifikan. Seperti yang dicatat oleh George Clayton dan Steve Winder dalam karya mereka "Penguat Operasional" (2004), istilah "penguat operasional" mengacu pada sirkuit penguat penting yang berfungsi sebagai fondasi untuk berbagai aplikasi, termasuk amplifikasi audio dan video, penyanggaan, penyanggaan, amplifikasi instrumentasi, perbandingan, osilasi, dan berbagai implementasi sirkuit analog lainnya (Nugraha et al., 2019), (Imam et al., 2024). Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini penulis akan membuat modul praktikum yang berisi aplikasi penguat operasional yang meliputi inverting, non inverting, summing, diferensial dan integrator agar dapat digunakan mahasiswa dalam pembelajaran tentang aplikasi penguat operasional secara nyata. Oleh karena itu, penulis mengambil judul penelitian ini yaitu "Rancang Bangun Modul Aplikasi Penguat Operasional Praktis Berbasis IC 741 dan IC TL 084".

1.1 IC TL 084

Rangkaian terpadu (IC) TL084 adalah jenis penguat operasional (op-amp) khusus yang digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi elektronik karena karakteristiknya yang menguntungkan, yang meliputi kinerja tinggi yang dipadukan dengan konsumsi daya yang rendah. IC khusus ini termasuk dalam kategori penguat operasional quad, yang menunjukkan bahwa ia menampung empat op-amp independen dalam satu paket (Sugiarta et al., 2024). Dengan menggunakan desain berdasarkan teknologi input Junction Field Effect Transistor (JFET), TL084 menyediakan impedansi input yang sangat tinggi dan arus bias input yang minimal. Atribut ini membuatnya sangat cocok untuk berbagai aplikasi yang menuntut presisi tinggi, seperti pemrosesan audio, manipulasi sinyal, dan teknologi sensor. Karakteristik penting dari rangkaian terpadu (IC) TL084 adalah kapasitasnya untuk berfungsi secara efektif di seluruh rentang tegangan suplai yang luas, biasanya dari $\pm 13V$ hingga $\pm 15V$, sehingga memberikan fleksibilitas untuk berbagai aplikasi desain rangkaian (Ramadhan, 2018), (Kasiyanto et al., 2024). Di bidang pendidikan, penguat operasional TL084 sering digunakan sebagai elemen fundamental dalam eksperimen laboratorium dan proyek pendidikan yang bertujuan untuk menjelaskan prinsip-prinsip operasional penguat operasional. Karakteristiknya yang mudah digunakan dan kompatibilitasnya dengan berbagai konfigurasi sirkuit dasar dan lanjutan meningkatkan penerapannya. Akibatnya, TL084 berfungsi tidak hanya sebagai komponen praktis tetapi juga sebagai instrumen pedagogis yang efektif bagi siswa dan peneliti yang ingin mendapatkan pemahaman dasar tentang desain sirkuit analog. Namun demikian, seperti halnya sirkuit terpadu lainnya, penguat operasional TL084 menunjukkan keterbatasan tertentu, termasuk kinerja suboptimal pada tegangan suplai

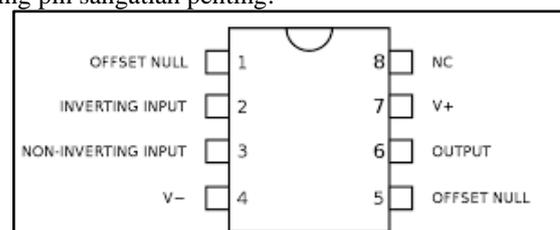
yang sangat rendah dan di lingkungan yang ditandai dengan tingkat interferensi elektromagnetik yang tinggi (Ramadhan, 2018), (Ad et al., 2024). Dengan demikian, pemahaman yang komprehensif tentang karakteristik TL084 dan konteks yang berlaku sangat penting untuk memanfaatkan kemampuannya sepenuhnya.



Gambar 1. 1. IC TL084

1.2 IC 741

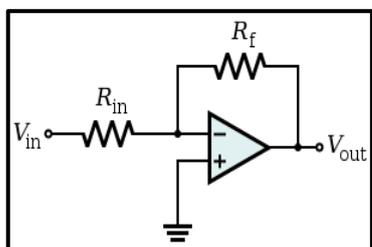
IC 741 adalah penguat operasional (op-amp) yang menggunakan konfigurasi dual in-line package (DIP) (Nugraha et al., 2019). IC 741 dicirikan oleh konfigurasi DIP-nya, yang terdiri dari total 8 pin, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Komponen ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik karena kapasitasnya yang dapat diandalkan untuk memperkuat sinyal listrik. Sebagai salah satu penguat operasional yang paling banyak digunakan, IC 741 memfasilitasi berbagai fungsi mendasar, termasuk penguatan sinyal, konfigurasi pengikut tegangan, dan implementasi dalam sirkuit filter aktif. Desain dual in-line package (DIP) yang praktis meningkatkan kompatibilitasnya untuk integrasi ke dalam berbagai sirkuit elektronik, yang berlaku dalam skenario pembuatan prototipe dan produksi massal. Keunggulan penting lain dari IC 741 adalah stabilitas dan kemampuan adaptasinya dalam berbagai kondisi pengoperasian (Lukman et al., 2024). Sirkuit terpadu ini menunjukkan kinerja yang andal dalam rentang tegangan yang luas, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi dalam pemrosesan sinyal analog. Lebih jauh, konfigurasi 8 pin dari paket dual in-line (DIP) memfasilitasi integrasi langsung dengan komponen lain, sehingga menghilangkan kebutuhan akan konfigurasi yang rumit (Nugraha et al., 2019), (Kurniawan et al., 2025). Untuk memfasilitasi pemanfaatan IC 741 yang efektif, pemahaman yang komprehensif tentang konfigurasi dan fungsi masing-masing pin sangatlah penting.



Gambar 1. 2. IC 741

1.3 Rangkaian Inverting.

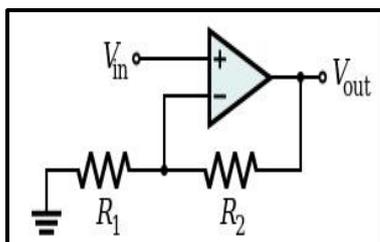
Rangkaian pembalik merupakan konfigurasi khusus penguat operasional (op-amp) yang menghasilkan sinyal keluaran yang menunjukkan polaritas yang berlawanan dengan sinyal masukan. Rangkaian ini memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi elektronik, termasuk pemrosesan sinyal analog, kontrol sistem, dan desain rangkaian penguat. Prinsip dasar yang mendasari rangkaian pembalik didasarkan pada konfigurasi penguat yang memanfaatkan umpan balik negatif (Nugraha et al., 2019), (Asmi et al., 2020). Dalam pengaturan ini, sinyal masukan diarahkan ke terminal pembalik penguat operasional, sedangkan terminal non-pembalik dimasukkan ke ground.



Gambar 1. 3. Rangkaian Inverting

1.4 Rangkaian Non Inverting.

Rangkaian non-inverting merupakan konfigurasi dasar penguat operasional (op-amp) yang digunakan untuk memperkuat sinyal input sambil mempertahankan fasenya. Dalam pengaturan ini, sinyal input diterapkan ke terminal non-inverting, dan penguatan ditentukan oleh nilai resistor dalam loop umpan balik. Kemudian untuk kaki inverting dimasukkan ke ground. Rangkaian Non Inverting biasanya banyak digunakan di berbagai bidang elektronik, termasuk amplifikasi audio, antarmuka sensor, dan sistem komunikasi, yang sangat membutuhkan amplifikasi sinyal yang linier dan efisien (Nugraha et al., 2019).

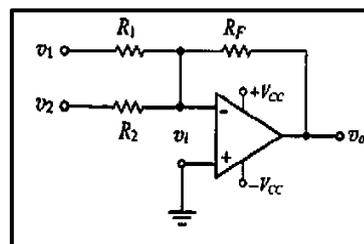


Gambar 1. 4. Rangkaian Non Inverting

1.5 Rangkaian Summing Inverting.

Rangkaian penjumlahan pembalik merupakan konfigurasi khusus penguat operasional (op-amp) yang digunakan untuk menggabungkan beberapa sinyal masukan, sehingga menghasilkan keluaran terbalik. Dalam pengaturan ini, sinyal masukan dikirimkan melalui serangkaian resistor yang terhubung ke terminal pembalik op-amp, sedangkan

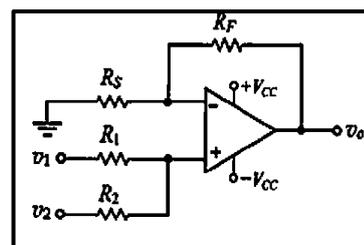
terminal non-pembalik biasanya dipertahankan pada potensial ground. Konfigurasi rangkaian ini sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan penjumlahan sinyal, seperti pencampuran audio dan berbagai tugas pemrosesan sinyal. Keuntungan utama dari rangkaian penjumlahan pembalik terletak pada kapasitasnya untuk menggabungkan beberapa sinyal sekaligus memungkinkan penguatan yang dapat disesuaikan secara linier, sehingga menjadikannya solusi yang efektif dalam sistem elektronik yang rumit (Nugraha et al., 2019).



Gambar 1. 5. Rangkaian Summing Inverting

1.6 Rangkaian Summing Non Inverting.

Rangkaian penjumlah non-inverting adalah konfigurasi penguat operasional (op-amp) yang dirancang untuk menggabungkan beberapa sinyal masukan sambil mempertahankan fase sinyal keluaran dalam arah yang sama (non-inverting). Berbeda dengan rangkaian penjumlahan inverting, konfigurasi ini menerima sinyal masukan melalui terminal non-inverting op-amp, yang kemudian digabungkan melalui berbagai resistor yang terhubung ke setiap masukan. Rangkaian ini banyak digunakan dalam skenario yang memerlukan kombinasi sinyal linear, termasuk sistem audio, pemrosesan sinyal analog, dan pencampuran sinyal (Ismindari et al., 2020).

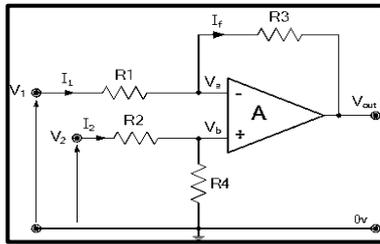


Gambar 1. 6. Rangkaian Summing Non Inverting

1.7 Rangkaian Diferensial.

Rangkaian diferensial merupakan konfigurasi khusus penguat operasional (op-amp) yang dirancang untuk memperkuat perbedaan antara dua sinyal masukan. Dalam pengaturan ini, sinyal masukan dimasukkan melalui dua terminal yang berbeda: terminal pembalik dan terminal non-pembalik. Keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian tersebut merupakan fungsi dari perbedaan yang diperkuat antara dua sinyal masukan ini. Rangkaian diferensial banyak digunakan dalam pemrosesan sinyal, khususnya dalam pengukuran

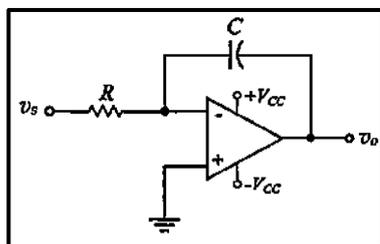
perbedaan tegangan di lingkungan yang dicirikan oleh derau atau gangguan sinyal.



Gambar 1. 7. Rangkaian Diferensial

1.8 Rangkaian Integrator.

Rangkaian integrator adalah konfigurasi khusus dari penguat operasional (op-amp) yang dirancang untuk mengubah sinyal masukan menjadi keluaran yang terintegrasi dengan waktu, sehingga menghasilkan keluaran yang proporsional dengan integral sinyal masukan. Rangkaian ini biasanya dibangun menggunakan komponen resistif dan kapasitif yang disusun dalam konfigurasi tertentu, dengan sinyal masukan diterapkan ke terminal pembalik op-amp; kapasitor berfungsi untuk memfasilitasi proses integrasi. Rangkaian integrator memiliki aplikasi yang luas di berbagai bidang, termasuk pemrosesan sinyal, sistem kontrol, dan analisis sinyal frekuensi rendah (Alisroba et al., 2022).



Gambar 1. 8. Rangkaian Integrator

II. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan Penelitian.

Pada penelitian rancang bangun modul pembelajaran aplikasi Op-Amp berbasis IC 741 dan IC TL 084 alat dan bahan yang digunakan guna menunjang keberhasilan dari penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

2.1.1. Alat Penelitian.

Daftar alat yang digunakan adalah sebagai berikut: Kabel Jumper, Shocked kabel, Solder, Function generator, Power Supply, Osiloskop, Multimeter dan Laptop maupun komputer.

2.1.2. Bahan Penelitian.

Daftar bahan yang digunakan adalah sebagai berikut: IC741, IC TL 084, Resistor, Kapasitor, Bok Kotak dari Acrilik, Tempat dudukan komponen (PCB) dan Potensiometer.

2.2. Langkah-langkah dan cara penelitian.

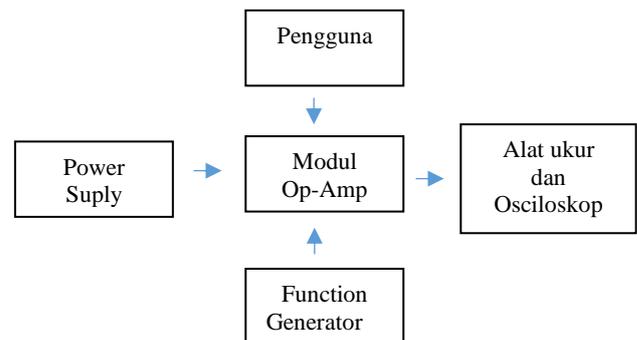
Perancangan modul praktikum penerapan penguat operasional berbasis IC 741 dan IC TL 084 dilakukan melalui beberapa tahap, dimulai dari perumusan masalah dan diakhiri dengan pelaksanaan percobaan, pengujian, serta pengumpulan data yang diperlukan. Secara garis besar cara dan langkah dalam pembuatan modul tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.2.1. Studi Kepustakaan.

Dalam tahap tinjauan pustaka, peneliti menyelidiki teori-teori yang ada yang berkaitan dengan desain alat yang ditujukan untuk pengembangan modul praktik aplikasi penguat operasional (op-amp) yang mencakup berbagai aplikasi yang umum digunakan (Imam et al., 2024), (Ansori, 2020). Tahap ini juga melibatkan pencarian komprehensif artikel ilmiah dan studi sebelumnya untuk mendukung temuan tesis ini (Nugraha et al., 2019).

2.2.2. Perancangan Alat.

Adapun konsep dalam perancangan modul Op-Amp berbasis IC 741 dan IC TL 084 adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 1. Diagram Perancangan Modul Op-Amp

Pada diagram diatas dapat dijelaskan bahwa modul tersebut digunakan untuk rangkaian Op Amp antara lain Inverting, Non Inverting, Summing, Diferensial dan Integrator.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian.

3.1.1 Bentuk Modul Pembelajaran Aplikasi Op-Amp berbasis IC 741 dan IC TL 084.

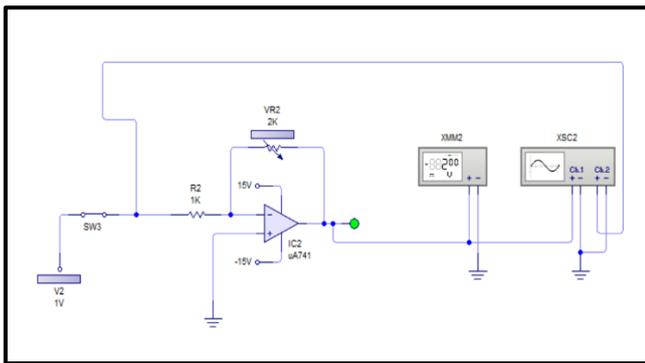


Gambar 3. 1. Modul Op-Amp

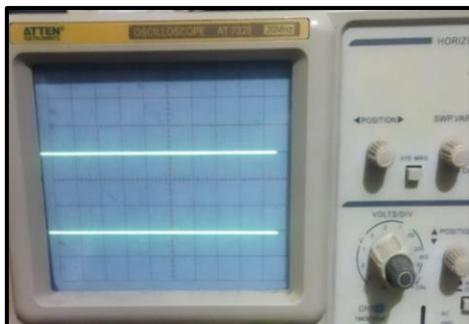
Modul diatas dibuat dengan menggunakan komponen yang ada seperti resistor, kapasitor, dioda, potensiometer dan komponen pendukung lainnya sehingga dapat difungsikan untuk membuat sebuah rangkaian Inverting, Non Inverting, Summing, Diferensial, Integrator.

3.1.2 Rangkaian Inverting

Dalam rangkaian ini diperlukan beberapa komponen dalam modul yang harus dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper sehingga akan menjadi sebuah kesatuan yang disebut sebagai rangkaian inverting (pembalik) antara lain, Power Suply, resistor 1K Ohm, Potensiometer 2K Ohm dan IC 741 dan tegangan ambang batas Op Amp sebesar +15V dan -15V sehingga Op Amp dapat bekerja sebagaimana mestinya.



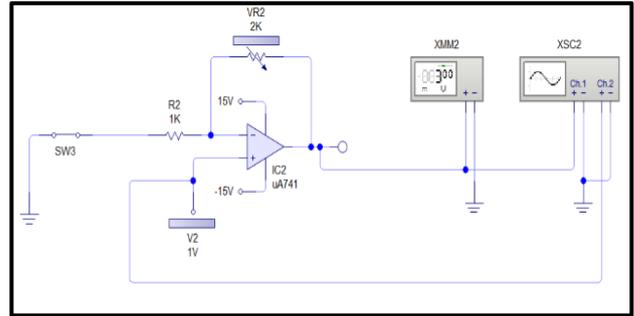
Gambar 3. 2. Hasil Simulasi Rangkaian Inverting



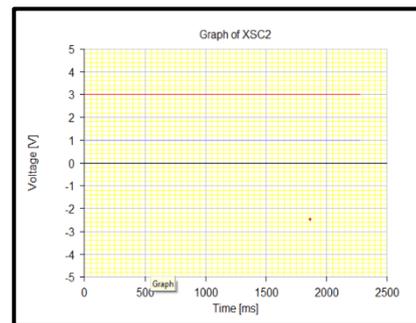
Gambar 3.3. Hasil Signal DC Rangkaian Inverting

3.1.3. Rangkaian Non Inverting

Dalam rangkaian ini juga sama, diperlukan beberapa komponen dalam modul yang harus dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper sehingga akan menjadi sebuah kesatuan yang disebut sebagai rangkaian non inverting (tidak membalik) antara lain, Power Suply, resistor 1K Ohm, Potensiometer 2K Ohm dan IC 741 dan tegangan ambang batas Op Amp sebesar +15V dan -15V sehingga Op Amp dapat bekerja sebagaimana mestinya.



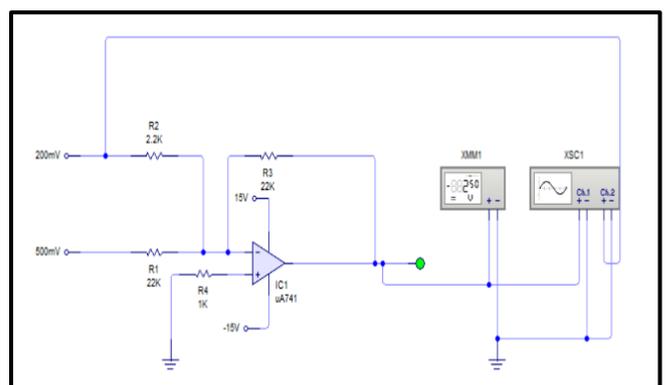
Gambar 3. 4. Hasil Simulasi Rangkaian Non Inverting



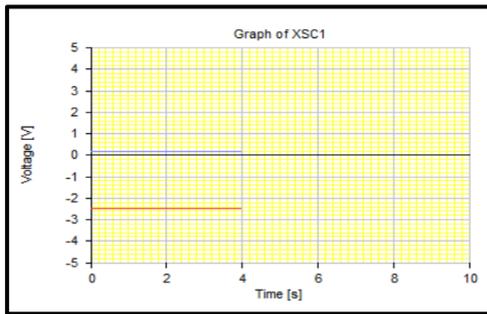
Gambar 3. 5. Hasil Signal DC Rangkaian Non Inverting

3.1.4. Rangkaian Summing Inverting.

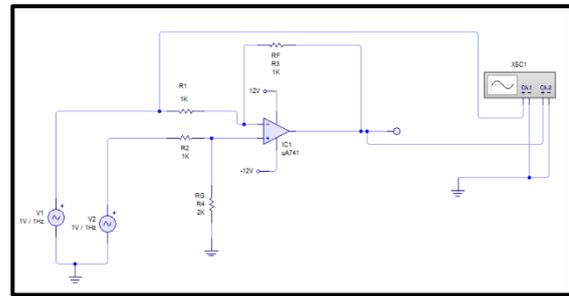
Dalam rangkaian ini diperlukan beberapa komponen dalam modul yang harus dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper sehingga akan menjadi sebuah kesatuan yang disebut sebagai rangkaian summing inverting antara lain, power suply, resistor (1K Ohm, 2.2K Ohm dan 22K Ohm) serta IC 741 dan tegangan ambang batas Op Amp sebesar +15V dan -15V sehingga Op Amp dapat bekerja sebagaimana mestinya.



Gambar 3. 6. Hasil Simulasi Rangkaian Summing Inverting



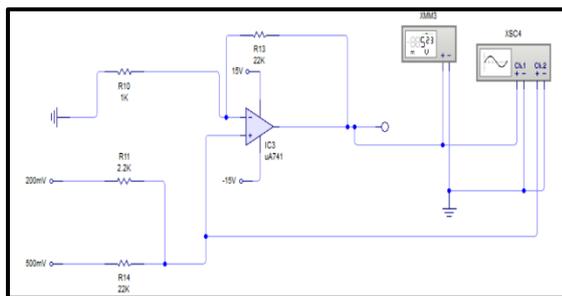
Gambar 3. 7. Hasil Signal DC Rangkaian Summing Inverting



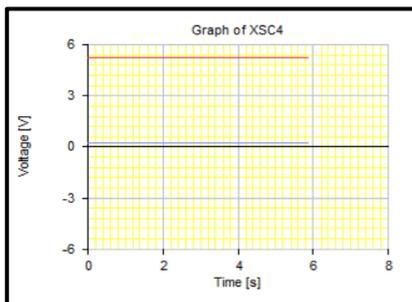
Gambar 3. 10. Hasil Simulasi Rangkaian Diferensial

3.1. Rangkaian Summing Non Inverting.

Dalam rangkaian ini diperlukan beberapa komponen dalam modul yang harus dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper sehingga akan menjadi sebuah kesatuan yang disebut sebagai rangkaian summing non inverting antara lain, power supply, resistor (1K Ohm, 2.2K Ohm dan 22K Ohm) serta IC 741 dan tegangan ambang batas Op Amp sebesar +15V dan -15V sehingga Op Amp dapat bekerja sebagaimana mestinya.



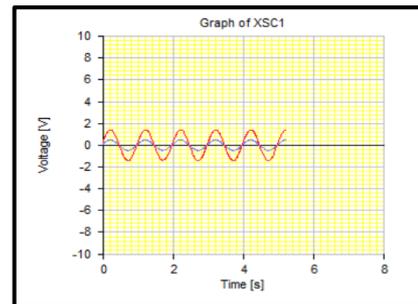
Gambar 3. 8. Hasil Simulasi Rangkaian Summing Non Inverting



Gambar 3. 9. Hasil Signal DC Rangkaian Summing Non Inverting

3.1.6. Rangkaian Diferensial.

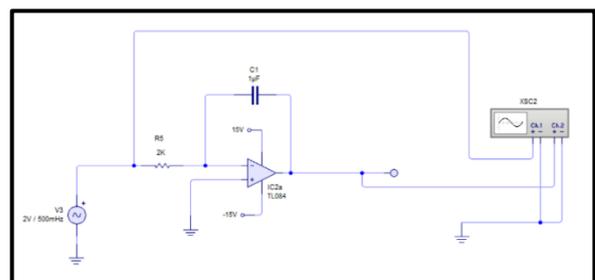
Dalam rangkaian ini diperlukan beberapa komponen dalam modul yang harus dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper sehingga akan menjadi sebuah kesatuan yang disebut sebagai rangkaian diferensial antara lain, function generator, resistor (1K Ohm dan 2K Ohm) serta IC 741 dan tegangan ambang batas Op Amp sebesar +15V dan -15V sehingga Op Amp dapat bekerja sebagaimana mestinya.



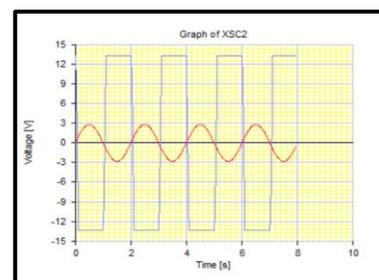
Gambar 3. 11. Hasil Signal AC Rangkaian Diferensial

3.1.7. Rangkaian Integrator.

Dalam rangkaian ini diperlukan beberapa komponen dalam modul yang harus dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper sehingga akan menjadi sebuah kesatuan yang disebut sebagai rangkaian diferensial antara lain, power supply, resistor 2K Ohm, kapasitor 1 Mikro Farad serta IC TL 084 dan tegangan ambang batas Op Amp sebesar +15V dan -15V sehingga Op Amp dapat bekerja sebagaimana mestinya.



Gambar 3. 12. Hasil Simulasi Rangkaian Integrator



Gambar 3. 13. Hasil Signal AC Rangkaian Integrator

3.2. Pembahasan.

3.2.1. Rangkaian Inverting.

Rangkaian pembalik (Inverting) dalam penguat operasional (op-amp) berfungsi untuk menghasilkan sinyal keluaran dengan fase-terbalik relatif terhadap sinyal masukan. Secara khusus, hal ini menyiratkan bahwa peningkatan sinyal masukan menghasilkan penurunan yang sesuai pada sinyal keluaran, dan sebaliknya. Dalam rangkaian ini, sinyal masukan dimasukkan ke terminal pembalik (-) dari Op-Amp melalui Rin, sedangkan terminal non-pembalik (+) dihubungkan dengan ground. Kemudian untuk Rf digunakan untuk membuat sambungan dari keluaran ke terminal pembalik. Pengaturan ini memanfaatkan prinsip operasi dasar op-amp, yang berusaha untuk mempertahankan diferensial tegangan nol antara terminal pembalik dan non-pembalik.

Pada gambar 3.3 menunjukkan adanya perbandingan signal tegangan DC masukan (atas) dan keluaran (bawah) dari rangkaian inverting, dimana diketahui berdasarkan gambar 3.2 bahwa Vin = 1V, Rf = 2KΩ dan Rin = 1 KΩ dengan hasil Vout = -2V. Dari konfigurasi tersebut sesuai dengan rumus inverting Op-Amp sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{out} &= -\left(\frac{R_f}{R_{in}}\right) \cdot V_{in} \\ &= -\left(\frac{2}{1}\right) \cdot 1 \\ &= -2 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3.2.2. Rangkaian Non Inverting.

Rangkaian tidak membalik merupakan susunan penguat operasional (op-amp) tertentu yang mana sinyal keluaran mempertahankan fase yang sama dengan sinyal masukan. Dalam konfigurasi ini, sinyal masukan diaplikasikan ke terminal non-pembalik (+), sedangkan terminal pembalik (-) dihubungkan ke keluaran melalui resistor umpan balik. Resistor sebagai Rf, menghubungkan keluaran penguat operasional ke terminal pembalik, sedangkan Rin, menghubungkan terminal pembalik ke ground.

Pada gambar 3.5 menunjukkan adanya perbandingan signal tegangan DC masukan (warna biru) dan keluaran (warna merah) dari rangkaian non inverting, dimana diketahui berdasarkan gambar 3.4 bahwa Vin = 1 V, Rf = 2 KΩ dan Rin = 1 KΩ dengan hasil Vout = 3 V. Dari konfigurasi tersebut sesuai dengan rumus non inverting Op-Amp sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{out} &= \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1\right) \cdot V_{in} \\ &= \left(\frac{2}{1} + 1\right) \cdot 1 \\ &= 3 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3.2.3. Rangkaian Summing.

Rangkaian penjumlahan merupakan penguatan yang khusus dari penguat operasional (op-amp) dengan dirancang untuk menggabungkan beberapa sinyal masukan menjadi satu

sinyal keluaran tunggal, dimana hal ini mencerminkan jumlah aritmatika dari masukan-masukan tersebut. Rangkaian ini merupakan bagian integral untuk menjalankan operasi penjumlahan pada sinyal-sinyal listrik. Dalam konfigurasi rangkaian penjumlahan, berbagai sumber sinyal masukan dihubungkan dengan terminal pembalik op-amp melalui resistor yang ditetapkan sebagai R1 dan R2, sedangkan terminal non-pembalik dihubungkan ke referensi ground. Selain itu, rangkaian ini menggabungkan umpan balik melalui resistor berlabel Rf.

Pada gambar 3.7 menunjukkan adanya perbandingan signal tegangan DC masukan (warna biru) dan keluaran (warna merah) dari rangkaian summing inverting, dimana diketahui berdasarkan gambar 3.6 bahwa V1 = 500 mV, V2 = 200 mV, Rf = 22 KΩ, R1 = 22 KΩ dan R2 = 2.2 KΩ dengan hasil Vout = -2,5V. Dari konfigurasi tersebut sesuai dengan rumus summing inverting Op-Amp sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{out} &= -\left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 + \frac{R_f}{R_2} \cdot V_2\right) \\ &= -\left(\frac{22}{22} \cdot 0.5 + \frac{22}{2.2} \cdot 0.2\right) \\ &= -2,5 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Pada gambar 3.9 menunjukkan adanya perbandingan signal tegangan DC masukan (warna biru) dan keluaran (warna merah) dari rangkaian summing non inverting, dimana diketahui berdasarkan gambar 3.8 bahwa V1 = 500 mV, V2 = 200 mV, Rf = 22 KΩ, Rin = 1 KΩ, R1 = 22 KΩ dan R2 = 2.2 KΩ dengan hasil Vout = 5,23V. Dari konfigurasi tersebut sesuai dengan rumus summing non inverting Op-Amp sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{out} &= \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_2\right) \\ &= \left(1 + \frac{22}{1}\right) \left(\frac{22}{22 + 2.2} \cdot 0.5 + \frac{2.2}{22 + 2.2} \cdot 0.2\right) \\ &= 5,23 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3.2.4. Rangkaian Diferensial.

Rangkaian diferensial adalah konfigurasi penguat operasional (op-amp) yang dirancang untuk menghitung perbedaan antara dua sinyal masukan. Keluaran rangkaian ini berbanding lurus dengan perbedaan antara dua sinyal masukan. Dalam rangkaian diferensial, dua sinyal masukan, yang dilambangkan sebagai V1 dan V2, masing-masing diaplikasikan ke terminal pembalik dan non-pembalik op-amp. Konfigurasi ini menggabungkan dua resistor masukan, R1 dan R2, bersama dengan resistor umpan balik Rf berguna untuk mengatur penguatan rangkaian.

Pada gambar 3.11 menunjukkan adanya perbandingan signal tegangan AC masukan (warna merah) dan keluaran (warna biru) dari rangkaian diferensial, dimana diketahui berdasarkan gambar 3.10 bahwa V1 = 1V/1Hz, V2 = 1V/1Hz, Rf = 1 KΩ, Rg = 2 KΩ, R1 = 1 KΩ dan R2 = 1 KΩ dengan hasil

$V_{out} = 0,33 \text{ V}$. Dari konfigurasi tersebut sesuai dengan rumus diferensial Op-Amp sebagai berikut :

$$v = \frac{(R_f + R_1) \cdot R_g}{(R_g + R_2) \cdot R_1} V_2 - \frac{R_f}{R_1} V_1$$
$$v = \frac{(1 + 1) \cdot 2}{(2 + 1) \cdot 1} 1 - \frac{1}{1} 1$$
$$v = 0,33 \text{ Volt}$$

3.2.5. Rangkaian Integrator.

Rangkaian integrator adalah rangkaian khusus penguat operasional (op-amp) yang digunakan untuk mengubah sinyal masukan menjadi representasi integralnya dari waktu ke waktu. Sehingga keluaran rangkaian ini sesuai dengan integral sinyal masukan, dengan konstanta integrasi ditentukan oleh nilai komponen rangkaian. Dalam rangkaian ini, sinyal masukan diterapkan ke terminal pembalik op-amp, sedangkan terminal non-pembalik dihubungkan dengan ground. Sebuah resistor (R) ditempatkan di antara sinyal masukan dan terminal pembalik, dan sebuah kapasitor (C) dihubungkan di antara keluaran dan terminal pembalik. Setelah penerapan sinyal masukan, kapasitor mengumpulkan muatan, yang menyebabkan variasi tegangan keluaran yang berbanding lurus dengan integral sinyal masukan dari waktu ke waktu.

Pada gambar 3.13 menunjukkan adanya perbandingan signal tegangan AC masukan (warna merah) dan keluaran (warna biru) dari rangkaian integrator, dimana diketahui berdasarkan gambar 3.12 bahwa $V_{in} = 2 \text{ Volt}$ (Tegangan input konstan), $R_{in} = 2 \text{ K}\Omega$ dan $C = 1 \text{ uF}$ dengan hasil $V_{out} = -1000t \text{ Volt}$ (tegangan output akan meningkat/dengan kemiringan -1000 volt per detik tergantung waktu t). Dari konfigurasi tersebut sesuai dengan rumus integrator Op-Amp apabila tegangan inputnya adalah konstan sebagai berikut :

$$V_{out} = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot V_{in} \cdot t$$
$$= -\frac{1}{2 \times 10^3 \Omega \cdot 1 \times 10^{-6} F} \cdot 2 \cdot t$$
$$= -1000t \text{ Volt}$$

IV. PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian dapat menyajikan desain dan konstruksi modul pembelajaran aplikasi penguat operasional (Op-Amp) yang berhasil dengan memanfaatkan IC 741 dan IC TL 084 khusus untuk praktikum elektronika. Tujuan utama adanya modul ini adalah sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa tentang karakteristik dan aplikasi rangkaian terpadu Op-Amp dalam sistem elektronika, sekaligus mengembangkan keterampilan praktis mahasiswa dalam desain dan analisis rangkaian yang menggabungkan komponen-komponen tersebut. Dengan menggunakan IC 741 dan TL 084, modul ini memfasilitasi berbagai rangkaian penguat Op-Amp seperti rangkaian inverting, non inverting, summing, diferensial dan integrator. Kemudian hasil dari uji coba

penelitian ini menunjukkan bahwa hasil keluaran dari modul yang berbentuk signal tegangan telah sesuai dengan hasil keluaran dari rangkaian inverting, non inverting, summing, diferensial dan integrator secara teori yang ada sehingga hal ini dapat mendukung proses pembelajaran bagi mahasiswa dan peserta praktikum dalam mempelajari prinsip operasional dan aplikasi praktis Op-Amp.

REFERENSI

- Ad, T. N. I., Plc, B., Elektronika, T., Senjata, S., Darat, P. A., Anggrek, J., No, R., Batu, K., & Timur-indonesia, J. (2024). *PROTOTYPE SISTEM TATA GUDANG OTOMATIS*. 12(3), 2043–2049.
- 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), 116–125.
- Ansori, M. (2020). RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU POSISI PERSONEL PATROLI KEAMANAN MENGGUNAKAN MODUL NODE MCU ESP 8266 MOD BERBASIS IoT. *Jurnal Elkasista*. <http://journal.poltekad.ac.id/index.php/elka/article/download/71/48>
- Asmi, J., Saputra, J., & Kholid, F. (2020). Rancang bangun pendeteksi suara tembakan menggunakan sensor ultrasonik dan frekuensi radio pada pos pos satuan tugas daerah rawan. *Jurnal Elkasista*, 1–6. <http://journal.poltekad.ac.id/index.php/elka/article/view/70>
- Imam, W., Wibisono, F., Syafaat, M., Widiatmoko, D., & Maulana, R. (2024). *Rancang Bangun Sistem Pengendali Lampu Jalan Otomatis Berbasis Sensor Cahaya dan Mikrokontroler Arduino*.
- Isminarti, I., Inna, N. F., Firdaus, W., & Wibowo, N. R. (2020). Rancang Bangun Media Pembelajaran Elektronika Analog Untuk Memahami Fungsi dan Karakteristik Op-Amp LM741. *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)*, 4(2), 108. <https://doi.org/10.30872/jurti.v4i2.4923>
- Kasiyanto, K., Aripriharta, A., Widiatmoko, D., Irmanto, D., & Cahyo Bagaskoro, M. (2024). Hostage Liberation Operations using Wheeled Robots Based on LIDAR (Light Detection and Ranging) Sensors. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 23(2), 243–258. <https://doi.org/10.30812/matrik.v23i2.3493>
- Kurniawan, J., Syafaat, M., Widiatmoko, D., & Maulana, R. (2025). *Omni wheel robot movement exploration using a control system for military surveillance with integrated sensor*. 12(1), 110–121. <https://doi.org/10.37373/teknov12i1.1233>
- Lukman, A., Rokhim, N., Syafaat, M., & Widiatmoko, D. (2024). *Web-Based Pistol Storage Security Monitoring System Optimization for Database Effectiveness*. 6(2),

- 177–182. <https://doi.org/10.30812/bite.v6i2.4570>
- Nugraha, W. R., Sollu, T. S., & Amir, A. (2019). Rancang Bangun Modul Praktikum Aplikasi Op-Amp Berbasis Ic 741 Dan Ic 301. *Foristek*, 9(1), 15–22. <https://doi.org/10.54757/fs.v9i1.65>
- Ramadhan, R. (2018). bab III. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Sugiarta, A., Kasiyanto, K., Widiatmoko, D., Syafaat, M., Achmad, A., & Asif, I. (2024). Technology Biomechanic-Based Design of Knee Protector Generator for Portable Electricity Generation to Support Military Operations in the Field. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, 5(2), 159–170. <https://doi.org/10.30812/bite.v5i2.3649>