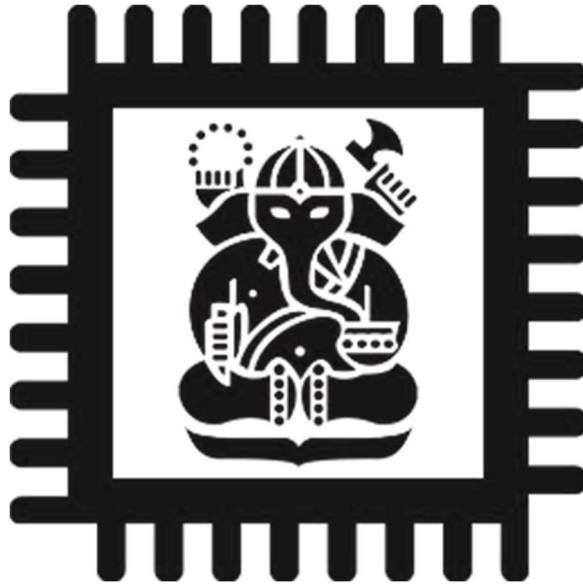


MODUL 07
PENGUAT OPERASIONAL
PRAKTIKUM ELEKTRONIKA TA 2021/2022



LABORATORIUM ELEKTRONIKA DAN INSTRUMENTASI
PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Riwayat Revisi	Rev.
26-08-2021 – Iqbal Aidina Arridho	0

1 TUJUAN

- Memahami prinsip kerja *Operational Amplifier*.
- Memahami aplikasi *Operational Amplifier* sebagai penguat tegangan.
- Memahami aplikasi *Operational Amplifier* sebagai *signal conditioning*.

2 PERSIAPAN

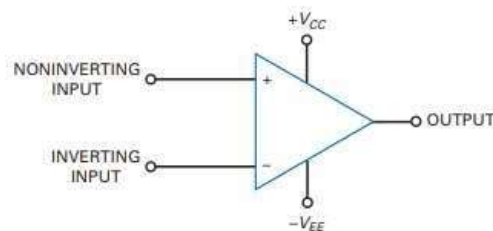
- Operational Amplifier “Golden Rules” (Daftar pustaka 1).
- The Inverting Amplifier (Albert P. Malvino, “Electronic Principles”, Chapter 18-1).
- The Differential Amplifier (Albert P. Malvino, “Electronic Principles”, Chapter 18-4).
- Comparator (Albert P. Malvino, “Electronic Principles”, Chapter 20-1).
- The Summing Amplifier (Albert P. Malvino, “Electronic Principles”, Chapter 18-5).

3 PERALATAN PRAKTIKUM

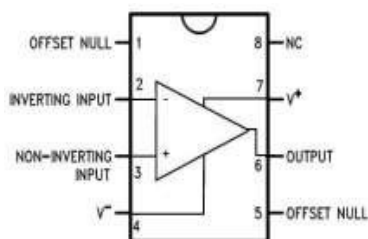
- Osiloskop 1 buah
- LM741 3 buah
- LM358 2 buah
- Potensiometer 2 buah
- Resistor secukupnya
- BC547 1 buah
- LED 1 buah
- Switch SPDT 4 buah
- LDR 1 buah

4 DASAR TEORI

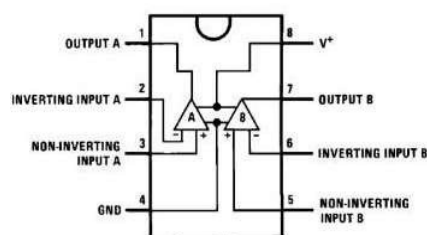
Operational amplifier (Op-Amp) adalah suatu IC yang tersusun dari komponen resistor, dioda, kapasitor dan transistor ^[1]. Op-Amp memiliki dua input tegangan (*inverting* dan *non-inverting*) serta satu output tegangan. Selain itu, Op-Amp juga memiliki dua terminal suplai daya yang nilai tegangan diberikan bergantung terhadap jenis Op-Amp. Untuk Op-Amp jenis LM358, terminal suplai daya yang diberikan adalah tegangan positif (+) dan ground (0) sedangkan untuk LM741, tegangan positif (+) dan tegangan negatif (-)



Gambar 1 Lambang Op-Amp



Gambar 2. Kaki LM741



Gambar 3 Kaki LM358

Op-Amp pada dasarnya digunakan sebagai penguat yang menggunakan *feedback* eksternal seperti resistor dan kapasitor diantara kaki output dan input. Komponen *feedback* ini menentukan fungsi dari penguatan dan dengan memvariasikan konfigurasi resistor, kapasitor, atau keduanya pada komponen *feedback* akan menghasilkan penguatan yang berbeda. Beberapa parameter penting yang menjelaskan karakteristik dari Op-Amp yaitu:

1. Impedansi masukan: Impedansi/resistansi masukan dari sebuah Op-Amp memiliki nilai yang tinggi agar tidak ada arus yang masuk ke dalam Op-Amp
2. Impedansi keluaran: Impedansi /resistansi keluaran dari sebuah Op-Amp memiliki nilai yang rendah, agar tidak ada penurunan tegangan akibat adanya resistansi dalam Op-Amp
3. Penguatan terbuka: Op amp memiliki penguatan terbuka yang tinggi yaitu sekitar 20000 hingga 200000
4. Bandwidth: lebar frekuensi yang dapat dikuatkan oleh op amp ditentukan dari nilai GBP
5. Tegangan offset : tegangan offset saat kedua input ditanahkan bernilai 0, akan tetapi pada dunia nyata terdapat tegangan offset berorde mV

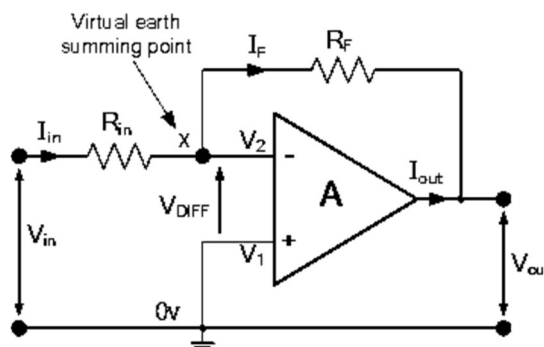
Prinsip kerja dari Op-Amp dapat dijelaskan dengan 2 aturan berikut yang dinamakan dengan “Golden Rule”.

1. Perbedaan tegangan antar pin input adalah nol
2. Tidak ada arus yang masuk ke dalam Op-Amp.

Berdasarkan aturan ini maka kita dapat dengan mudah menganalisis berbagai rangkaian yang menggunakan Op-Amp. Dalam praktikum ini kita akan mengeksplorasi jenis-jenis rangkaian yang menggunakan Op-Amp.

1. Penguat Inverting

Penguat ini menggunakan kaki inverting sebagai masukan dari rangkaian dan mengeluarkan sinyal yang fasanya berlawanan dengan masukannya. Rangkaian dan besar penguatan dari penguat ini dapat dilihat pada gambar berikut



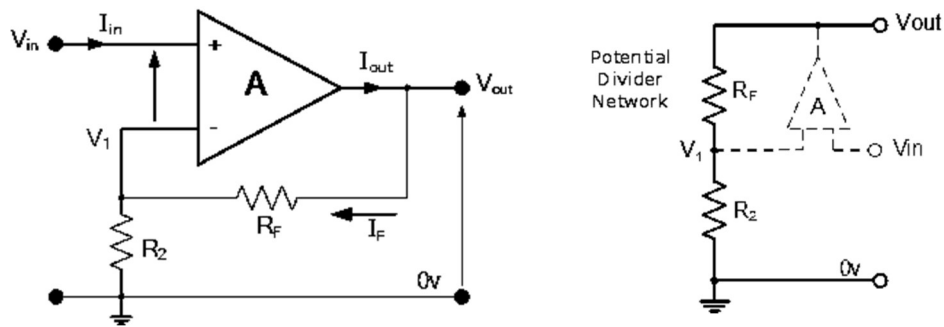
Gambar 4 Rangkaian penguat inverting

Cara kerja dari rangkaian ini yaitu, arus masuk melewati resistor Rin, berdasarkan aturan kedua dari golden rule op amp, arus bergerak ke resistor Rf, tegangan yang dikeluarkan oleh rangkaian ini yaitu:

$$V_{out} = -V_{in} \left(\frac{R_f}{R_{in}} \right)$$

2. Penguat non inverting

Penguat ini merupakan kebalikan dari penguat inverting. Kaki non inverting digunakan sebagai masukan sinyal dan rangkaian feedback tetap dimasukkan kedalam kaki inverting.



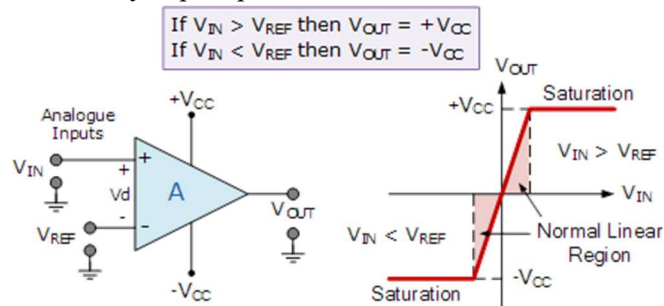
Gambar 5 Rangkaian penguat Non-inverting

Menurut aturan pertama tegangan antar kedua input bernilai 0, yang artinya tegangan V_{in} akan sama dengan tegangan V_1 kemudian untuk menghitung tegangan V_{out} kita dapat menggunakan rumus pembagi tegangan yaitu:

$$V_1 = \frac{R_2}{R_2 + R_f} \times V_{out}$$

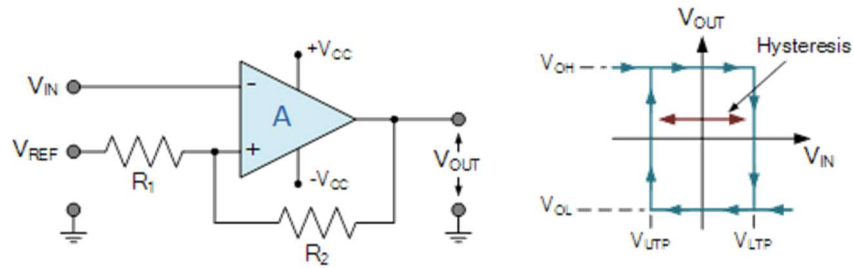
3. Komparator

Rangkaian ini merupakan rangkaian pembanding tegangan. Tegangan dari pin input negatif akan dibandingkan dengan tegangan di input positif. Tegangan yang lebih besar akan dikuatkan hingga mencapai tegangan catu daya op amp. Rangkaian ini tidak menggunakan feedback sehingga penguatannya sangat besar dan tegangan keluaran akan bergantung kepada catu daya op amp.



Gambar 6 Rangkaian komparator

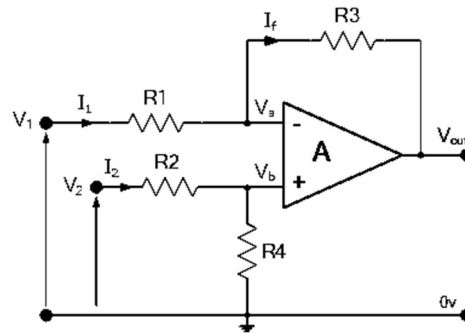
Jika kita menambahkan feedback positif ke rangkaian komparator, kita akan mendapatkan rangkaian komparator dengan histeresis. Dengan adanya feedback positif. Tegangan referensi pada kaki non inverting akan berubah ketika komparator berganti kondisi



Gambar 7 Rangkaian komparator dengan histeris

4. Penguat Diferensial

Rangkaian penguat diferensial menggunakan kedua pin input (inverting dan non inverting) sebagai input. Sesuai namanya, penguat ini akan menguatkan perbedaan tegangan antara kedua input.



Pada konfigurasi diatas terdapat 2 penguatan, yaitu penguatan inverting dan non inverting. Mari kita lihat dari sisi inverting terlebih dahulu dengan kondisi $V_2 = 0$. Besar tegangan keluaran yang dihasilkan yaitu sama seperti penguat inverting yang telah dijelaskan di atas yaitu $V_{out(-)} = V_1 \left(\frac{R_3}{R_1} \right)$. Sedangkan pada sisi non-inverting pada kondisi $V_1 = 0$. Analisis tegangan V_a dan V_b terlebih dahulu.

$$V_b = V_2 \left(\frac{R_4}{R_4 + R_2} \right)$$

$$V_a = V_{out(+)} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_3} \right)$$

Menurut aturan pertama tidak ada perbedaan tegangan antara kedua input sehingga dapat diasumsikan $V_a = V_b$. Dan diperoleh besar penguatan sisi non-inverting yaitu

$$V_{out(+)} = V_2 \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) \left(\frac{R_1 + R_3}{R_1} \right)$$

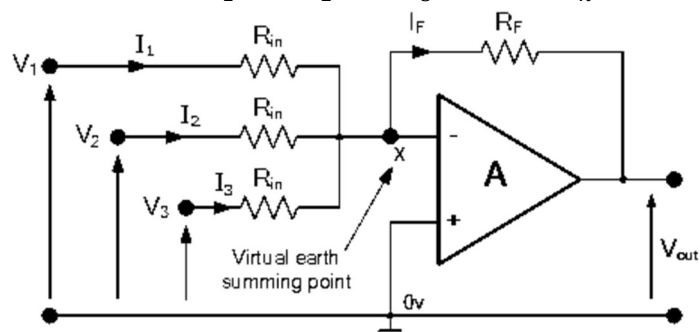
Kemudian gabungkan besar penguatan dari sisi inverting dan non inverting didapat besar penguatan oleh rangkaian penguat diferensial yaitu

$$V_{out} = -V_1 \left(\frac{R_3}{R_1} \right) + V_2 \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) \left(\frac{R_1 + R_3}{R_1} \right)$$

5. Penguat Penjumlah

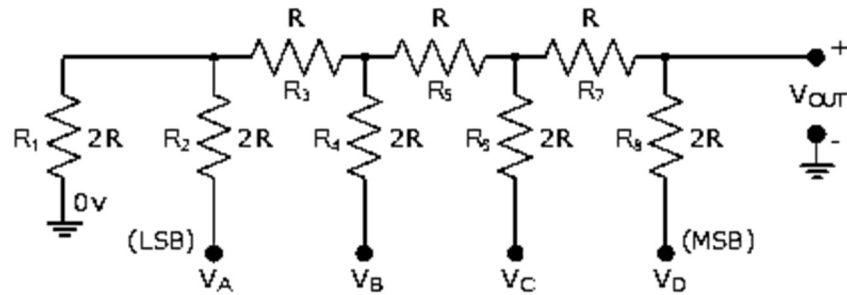
Berbeda dengan rangkaian sebelumnya, rangkaian ini menjumlah semua tegangan yang masuk ke Op Amp. Tegangan-tegangan tersebut dihubungkan ke dalam 1 pin input op-amp tegangan keluaran dari rangkaian ini yaitu

$$V_{out} = - \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 + \dots + \frac{R_f}{R_n} V_n \right)$$



5 TUGAS PENDAHULUAN

1. Buatlah rangkaian berikut :
 - a. Rangkaian *wheatstone bridge* menggunakan potensiometer untuk menghasilkan tegangan dalam rentang -1 V hingga 2V . (Tegangan input 3,3 V).
 - b. Rangkaian *signal conditioning* dengan menggunakan Op-Amp yang menghasilkan tegangan output dalam rentang 0 V hingga 5 V menggunakan sinyal tegangan input dari soal sebelumnya. (hint: gunakan rangkaian penguat differensial dan rangkaian penjumlah tegangan).
2. Turunkan rumus tegangan keluaran dari rangkaian berikut!



3. Apa yang dimaksud dengan histeresis?