

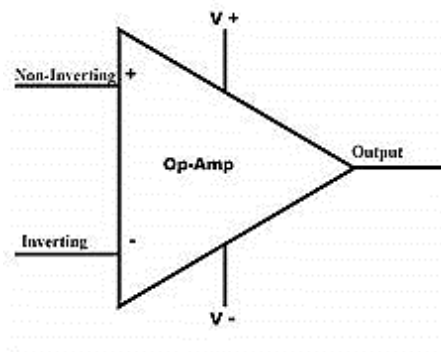
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Op-Amp (*Operational Amplifier*)

Op-Amp (Operational Amplifier) adalah suatu penguat beda (penguat diferensial) yang dapat memperkuat sinyal input. Op-Amp merupakan suatu jenis penguat elektronika dengan hambatan arus searah yang memiliki bati (faktor penguatan) sangat besar. Penguat operasional pada umumnya tersedia dalam bentuk sirkuit terpadu dan yang paling banyak digunakan adalah seri 741.^[1]

Op-Amp merupakan rangkaian terintegrasi yang dikemas dalam bentuk chip, sehingga sangat praktis penggunaannya. Penggunaan Op-Amp sangat luas, termasuk diantaranya sebagai osilator, filter, dan rangkaian instrumentasi. Op-Amp merupakan komponen elektronika analog yang berfungsi sebagai amplifier multiguna dalam bentuk IC dan memiliki simbol sebagai berikut :



Gambar 2.1 Simbol Op-Amp pada rangkaian

(Sumber : aisynthesis.com/op-amps/)

Prinsip kerja Operational Amplifier (Op-Amp) adalah dengan membandingkan nilai kedua input (input inverting dan input non-inverting). Intinya jika kedua input bernilai sama maka output Op-amp tidak ada atau sama dengan Nol dan apabila terdapat perbedaan nilai input keduanya maka output Op-amp akan memberikan tegangan output.^[1]

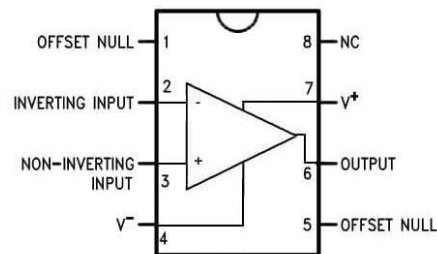
Berikut ini komponen penting pada rangkaian op-amp yaitu IC LM 741. Op-Amp LM-741 mempunyai 8 kaki yang mana masing-masing kaki mempunyai fungsi masing-masing.^[2]



Gambar 2.2 IC Op-Amp LM 741

(Sumber : [elektronika-dasar.web.id/ -amp-ic-lm741](http://elektronika-dasar.web.id/-amp-ic-lm741))

LM741 adalah salah satu IC (Integrated Circuit) Op-Amp (Operational Amplifier) yang memiliki 8 pin. LM 741 biasanya bekerja pada tegangan positif atau negatif 12 volt, dibawah itu IC tidak akan bekerja.^[2]



Gambar 2.3 Kaki-Kaki IC Op-Amp LM 741

(Sumber : learningaboutelectronics.com/LM741/op-amp/pinout/connections)

Keterangan pin LM 741 dapat dilihat pada gambar diatas. Penjelasan kaki Op-Amp LM 741, yaitu :

- a Kaki 1 : Offset Null. Kaki ini berfungsi untuk mengontrol offset tegangan untuk meminimalkan kebocoran.
- b Kaki 2 : Inverting Input. Kaki ini berfungsi sebagai masukan pada Op-Amp. Sifat keluaran dari masukan melalui kaki ini, yaitu fasa sinyal keluaran akan berlawanan dengan sinyal masukan.

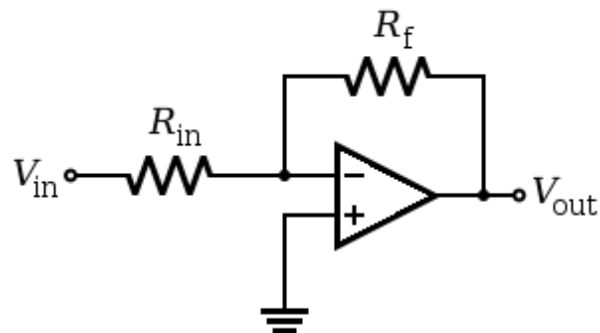
- c Kaki 3 : Non-Inverting Input. Kaki ini berfungsi sebagai masukan pada Op-Amp. Sifat keluaran dari masukan melalui kaki ini, yaitu fasa sinyal keluaran akan berfasa sama dengan sinyal masukan.
- d Kaki 4 : V negatif. Kaki ini berfungsi sebagai sumber daya tegangan negatif pada Op-Amp agar dapat bekerja.
- e Kaki 5 : Offset Null. Fungsi kaki ini sama dengan kaki 1.
- f Kaki 6 : Output. Kaki ini berfungsi sebagai keluaran dari Op-Amp.
- g Kaki 7 : V positif. Kaki ini berfungsi sebagai sumber daya tegangan positif.
- h Kaki 8 : Not Connected. Kaki ini berfungsi pelengkap kemasan standar komponen 8-pin. Kaki ini tidak terhubung ke manapun pada rangkaian.^[1]

Dalam pengaplikasiannya Op-Amp dibagi menjadi dua jenis yaitu penguat linier dan penguat tidak linier. Op-Amp linier merupakan Op-Amp yang tetap mempertahankan bentuk sinyal masukan, yang termasuk dalam penguat ini antara lain Op-Amp non inverting, Op-Amp inverting, penjumlah diferensial dan Op-Amp instrumentasi. Sedangkan Op-Amp tidak linier merupakan Op-Amp yang bentuk sinyal keluarannya tidak sama dengan bentuk sinyal masukannya, diantaranya komparator, integrator, diferensiator, pengubah bentuk gelombang dan pembangkit gelombang.^[1]

2.2 Macam-Macam Aplikasi Op-Amp

2.2.1 Op-Amp *Inverting* (Penguat Tegangan Pembalik)

Rangkain Op-Amp dasar yang menyediakan penguatan tegangan membalik ini adalah rangkaian yang sangat berguna yang juga menyediakan landasan untuk rangkaian-rangkaian Op-Amp lainnya.^[3]



Gambar 2.4 Rangkaian Op-Amp *Inverting*

(Sumber : [allaboutcircuits.com /a-practical-introduction-to-operational-amplifiers](http://allaboutcircuits.com/a-practical-introduction-to-operational-amplifiers))

Dari gambar rangkaian tersebut menunjukkan bahwa rangkaiannya adalah suatu rangkaian umpan balik karena resistor R_f menyediakan jalur umpan balik dari output ke input Op-Amp. Umpan balik tersebut adalah jenis umpan balik negatif karena sinyal umpan baliknya dihubungkan ke terminal pembalik. [3]

Sebuah penguat pembalik menggunakan umpan balik negatif untuk membalik dan menguatkan sebuah tegangan. Resistor R_f melewatkan sebagian sinyal keluaran kembali ke masukan. Karena keluaran tak-sefase sebesar 180° , maka nilai keluaran tersebut secara efektif mengurangi besar masukan. Ini mengurangi penguatan keseluruhan dari penguat dan disebut dengan umpan balik negatif. Sehingga dari rangkaian tersebut dapat diperoleh rumus penguat adalah sebagai berikut :

$$\frac{V_{out}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_{in}}$$

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}}V_{in}$$

dimana R_{in} = resistansi input

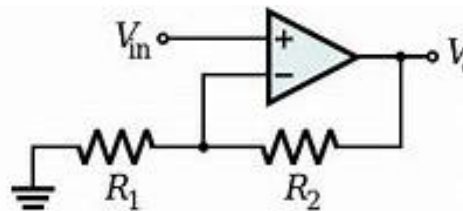
R_f = resistansi umpan balik (*feedback resistor*).

Tanda negatif menunjukkan bahwa keluaran adalah pembalikan dari masukan. Contohnya jika R_f adalah $100\text{K}\Omega$ dan R_{in} adalah $1\text{K}\Omega$, maka nilai penguatan adalah $-100\text{K}\Omega / 1\text{K}\Omega$, yaitu -100 . [4]

Pada prinsipnya sebuah penguat operasional (*operational amplifier*) ideal memiliki impedansi masukan yang sangat besar hingga dinyatakan sebagai impedansi masukan tak terhingga (*infinite input impedance*). Kondisi penguat operasional yang memiliki impedansi masukan tak terhingga tersebut menyebabkan tidak adanya arus yang melewati masukan membalik (*inverting input*) pada penguat operasional. keadaan tak berarus pada masukan membalik tersebut membuat tegangan jatuh diantara masukan membalik dan masukan tak membalik bernilai 0 Volt. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tegangan pada masukan membalik adalah bernilai 0 Volt karena kondisi masukan tak membalik (*non-inverting input*) yang di hubungkan ke rel netral/*ground*. Kondisi masukan membalik (*inverting input*) yang memiliki tegangan 0 Volt tersebut dinyatakan sebagai pentanahan semu (*Virtual Earth/ Ground*).^[1]

2.2.2 Op-Amp *Non-Inverting* (Penguat Tegangan Tak Pembalik)

Penguat *Non-Inverting* merupakan kebalikan dari penguat *inverting*, dimana input-nya dimasukkan pada *input non-inverting* sehingga polaritas output akan sama dengan polaritas input tetapi memiliki penguatan yang tergantung dari besarnya Rfeedback (R2) dan Rinput (R1) seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.5 Rangkaian Op-Amp *Non-Inverting*^[1]

(Sumber : jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/950)

Rumus penguatan penguat non-pembalik adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R1+R2}{R1} \right)$$

Atau dengan kata lain P :

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Sehingga penguatan tegangan untuk penguat *non-inverting* ini adalah :

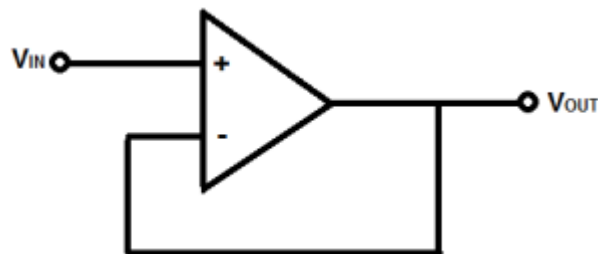
$$Av = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan demikian, penguat tak pembalik memiliki penguatan minimum bernilai 1. Karena tegangan sinyal masukan terhubung langsung dengan masukan pada penguat operasional maka impedansi input bernilai $Z_{in} = \infty$, dan impedansi output, $Z_o = 0 \Omega$.^[4]

Fungsi dari penguat non inverting kurang lebih sama dengan penguat inverting hanya saja polaritas output yang dihasilkan sama dengan sinyal inputnya. Keluaran sensor dan transduser pada umumnya mempunyai tegangan yang sangat kecil hingga mikro volt, sehingga diperlukan penguat dengan impedansi masukan rendah. Rangkaian penguat non inverting akan menerima arus atau tegangan dari transduser sangat kecil dan akan membangkitkan arus atau tegangan yang lebih besar.^[4]

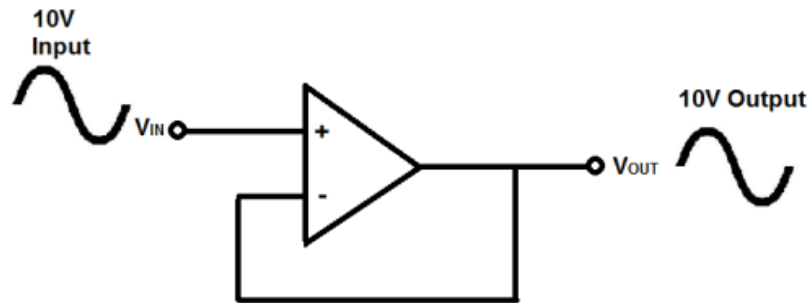
2.2.3 Op-Amp Sebagai *Voltage Follower*

Op-Amp sebagai *voltage follower* (atau dikenal juga sebagai *Buffer Amplifier*) adalah rangkaian Op-Amp yang memiliki penguatan atau gain (A) tegangan sebesar 1x. Dengan kata lain, Op-Amp tidak memberikan amplifikasi ataupun atenuasi terhadap sinyal inputnya. Yang artinya keluaran dari Op-Amp sama dengan masukannya.^[5]



Gambar 2.6 Rangkaian Op-Amp Voltage Follower

(Sumber : allaboutcircuits.com/op-amp-applications-voltage-follower)



Gambar 2.7 Cara Kerja Op-Amp Voltage Follower

(Sumber : allaboutcircuits.com/op-amp-applications-voltage-follower)

Pada artikel Op-Amp Basic dijelaskan bahwa impedansi pada pin-pin masukan (input) Op-Amp sangat besar bahkan pada Op-Amp ideal sampai dengan tak-hingga. Sehingga arus yang mengalir ke dan dari pin-pin masukan sangatlah kecil. Prinsip inilah yang menjadi dasar kegunaan dari Op-Amp *Voltage Follower*. Suatu Op-Amp *Voltage Follower* menarik sangat sedikit arus dengan memberikan sinyal tegangan yang sama. Op-Amp *Voltage Follower* berfungsi sebagai penyangga-isolasi (*isolation-buffer*), yaitu penyangga yang mengisolasi suatu rangkaian, sistem, atau perangkat sehingga sumber tegangan (*power supply*) dari rangkaian, sistem, atau perangkat tersebut hampir tidak terganggu. ^[5]

Sehingga rumus penguatan dari Op-Amp Voltage Follower adalah sebagai berikut :

$$Av = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Implementasi dari Op-Amp Voltage Follower umumnya untuk menyangga suatu sensor atau perangkat yang dibutuhkan sinyal keluarannya agar sinyal keluaran mereka dapat dibaca dengan baik tidak terganggu oleh hambatan-dalam dari pembacanya sendiri. ^[5]

2.2.4 Op-Amp Sebagai komparator

Op-amp sebagai komparator merupakan salah satu penerapan yang memanfaatkan penguatan terbuka (*open-loop gain*) penguat operasional yang sangat besar. Ada jenis penguat operasional khusus yang memang difungsikan semata-mata

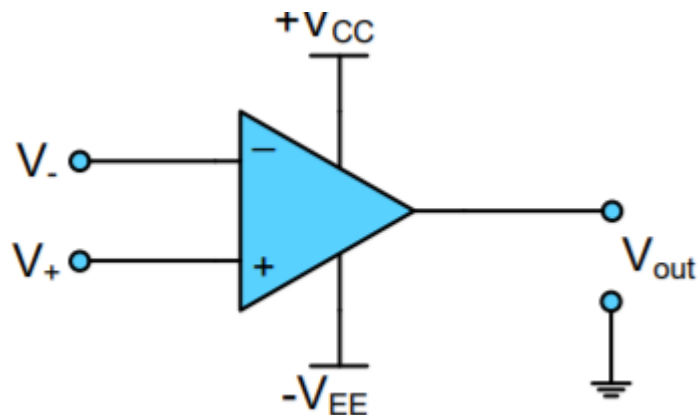
untuk penggunaan ini dan agak berbeda dari penguat operasional lainnya dan umum disebut juga dengan komparator.^[6]

Komparator membandingkan dua tegangan listrik dan mengubah keluarannya untuk menunjukkan tegangan mana yang lebih tinggi. Rangkaian komparator merupakan aplikasi Op-Amp yang mana rangkaian tersebut berada dalam keadaan loop terbuka dan tidak linear. Keluaran dari rangkaian ini tidak berbanding lurus dengan masukan. Keluaran berupa $+V_{CC}/-V_{CC}$ atau *High/Low*.^[7]

Adapun rumus penguatan dari Op-Amp sebagai komparator adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC} \text{ [4]}$$

Prinsip dasar rangkaian ini, yaitu membandingkan nilai masukan pada *inverting* dan *non-inverting*. Jika kaki *non-inverting* dianggap sebagai referensi, maka nilai keluaran bergantung pada masukan kaki *inverting*.^[4]



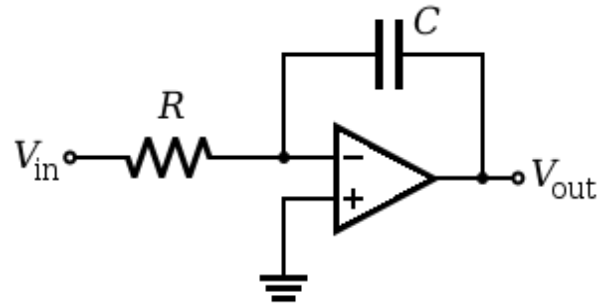
Gambar 2.8 Rangkaian Komparator

(Sumber : samrasyid.com/2019/08/op-amp-sebagai-komparator)

2.2.5 Op-Amp Sebagai Integrator

Integrator Op-amp menghasilkan tegangan output yang sebanding dengan amplitudo dan durasi sinyal input. Penguat operasional (Op-amp) dapat digunakan sebagai bagian dari penguat umpan balik positif atau negatif atau sebagai rangkaian

jenis. Penambah atau Pengurang menggunakan hanya resistansi murni di kedua input dan loop umpan balik.^[6]



Gambar 2.9 Rangkaian Op-Amp Sebagai Integrator

(Sumber : rfwireless-world.com/Operational-Amplifier-basics-and-applications)

Seperti namanya, Integrator Op-amp adalah sebuah rangkaian penguat operasional (Op-amp) yang menjalankan operasi matematika Integrasi, yaitu kita bisa membuat output merespon perubahan tegangan input dari waktu ke waktu karena dalam integrator Op-amp ini akan menghasilkan tegangan output yang sebanding dengan integral dari tegangan input.^[6]

Dengan kata lain besarnya sinyal output ditentukan oleh lamanya waktu tegangan hadir pada inputnya saat arus melalui loop umpan-balik mengisi atau melepaskan kapasitor karena umpan balik negatif yang diperlukan terjadi melalui kapasitor. Penguatan tegangan keseluruhan (A_v) adalah :

$$A_v = - \frac{1}{2\pi f C_f R_1} \quad [6]$$

2.3 Function Generator



Gambar 2.10 Function Generator

(Sumber : ackaday.com/function-generator-on-the-attiny85-complete-with-oled)

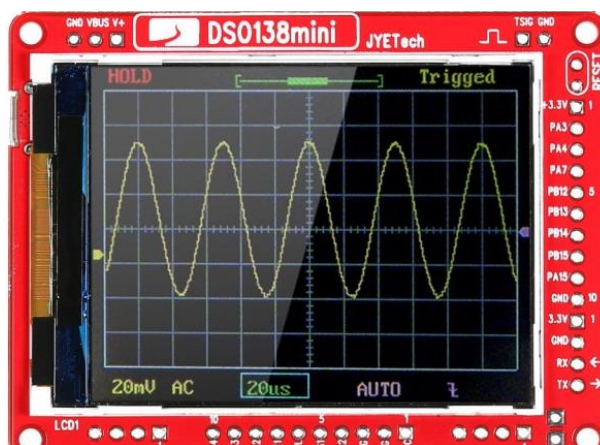
Function Generator adalah suatu alat uji elektronik yang mampu menghasilkan atau membangkitkan berbagai bentuk gelombang dimana frekuensi serta amplitudonya dapat diubah-ubah. Bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Function Generator diantaranya seperti bentuk gelombang Sinus (Sine Wave), gelombang Kotak (Square Wave), gelombang gigi gergaji (Saw tooth wave), gelombang segitiga (Triangular wave) dan gelombang pulsa (Pulse).^[8]

Pada umumnya, function generator dapat menghasilkan frekuensi berkisar 0,5 Hz hingga 20Hz atau tergantung pada rancangan produsennya. Frekuensi yang dihasilkan dapat diatur dengan cara memutar-mutar tombol batas ukur frekuensi sesuai dengan kebutuhan.^[8]

2.4 Osiloskop

Osiloskop merupakan sebuah alat ukur elektronik yang digunakan untuk menginterpretasi atau memproyeksikan sinyal serta frekuensi listrik menjadi bentuk gambar grafik sehingga dapat dinyatakan dalam satuan tertentu sebagai indikator kinerja.^[9]

Osiloskop mampu menampilkan hasil pengukuran berupa gambar grafik dua sumbu atau dimensi analogi sumbu X (Waktu) dan sumbu Y (Tegangan).^[9]



Gambar 2.12 Osiloskop Mini

(Sumber : kiwi-electronics.nl/en/osiloskop-mini)