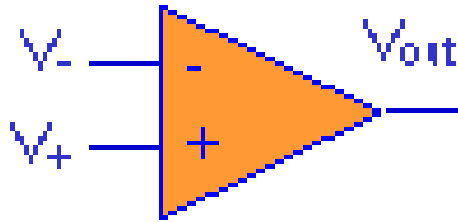


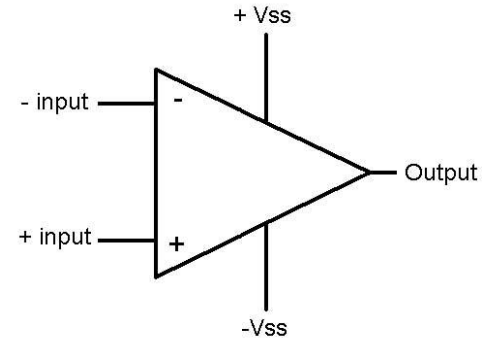
# OPERATIONAL AMPLIFIERS

# DASAR OP-AMP

# Simbol dan Terminal

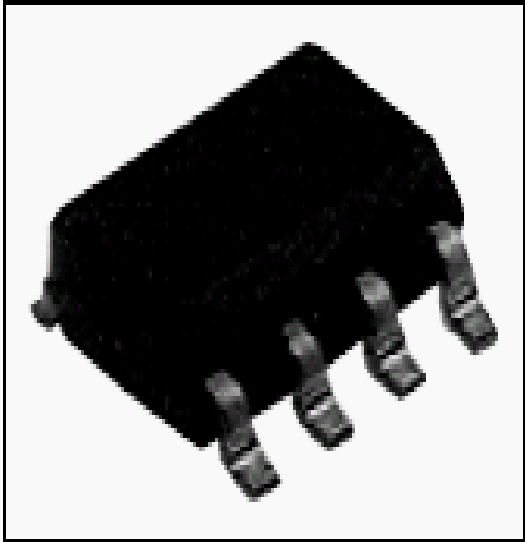


Gambar 1a: Simbol

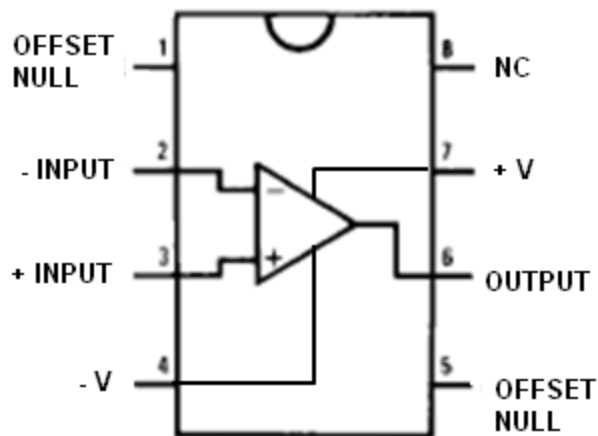


Gambar 1b: Simbol dengan dc supply

- Standar operasi amplifier (op-amp) memiliki;
  - a)  $V_{out} \rightarrow$  adalah tegangan output,
  - b)  $V_+ \rightarrow$  adalah tegangan input non-inverting,
  - c)  $V_- \rightarrow$  adalah tegangan input inverting.
- op-amp operasi khusus memiliki 2 tegangan dc supply,
  - a)  $+v_{cc}$  supply.
  - b)  $-v_{cc}$  supply.



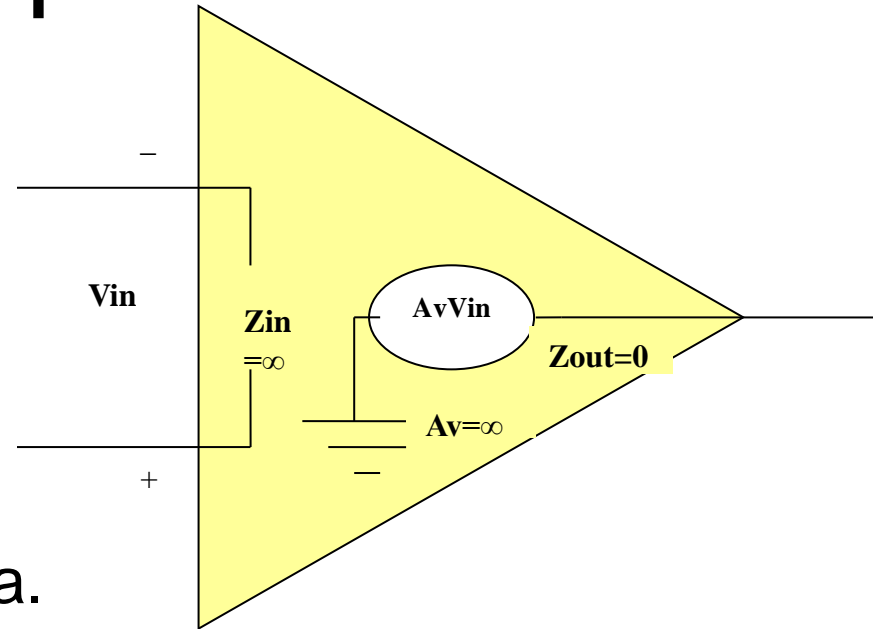
IC 741 Op-amp



- Op-Amp adalah elemen rangkaian aktif untuk operasi matematika seperti penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, differensiator, dan integrator.
- Secara khusus terdapat op-amp yang digunakan sebagai aplikasi audio power (misal LM 380)

# Op-Amp Ideal

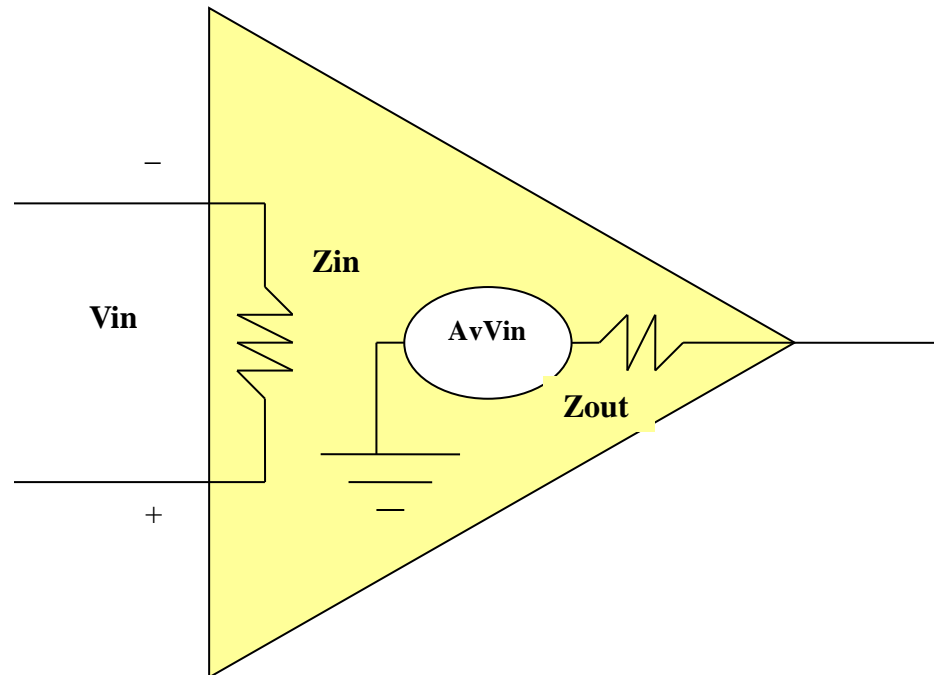
Gamabr 2a: Ideal op-amp



- op-amp ideal memiliki:
  - Voltage gain tak berhingga.
  - Bandwidth tak berhingga.
  - Impedansi input takberhingga
  - impedansi output nol.
  - Tegangan output nol bila tegangan input nol
- Tegangan input,  $V_{in}$  muncul antara dua terminal input
- Tegangan output adalah  $A_v V_{in}$  yang berada pada terminal output

# Op-Amp secara Praktek

- Karakteristik op-amp pada prakteknya adalah;
  - voltage sangat tinggi.
  - input impedance *sangat tinggi*.
  - output impedance. *sangat rendah*
  - Bandwidth lebar.



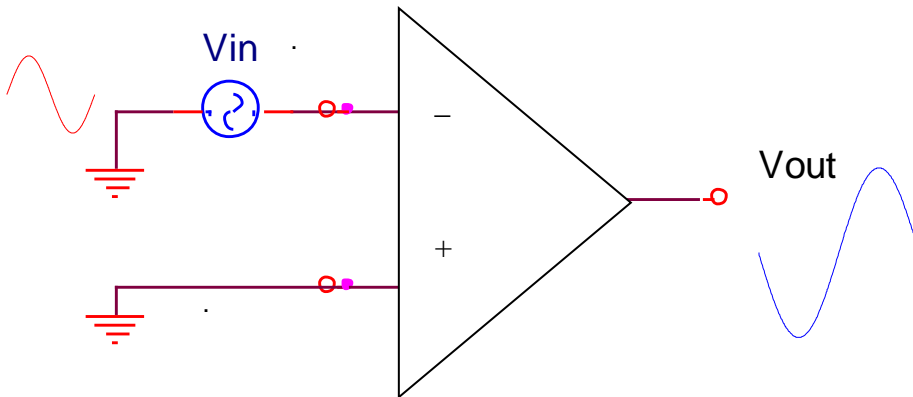
Gambar 2b: op-amp secara praktek

# MODE INPUT OP-AMP DAN PARAMETER

# Mode Sinyal Input

## A) Single-Ended Input

- Mode Operasi :
  - satu input di ground.
- Ketika tegangan input pada inverting input maka outputnya mengalami ***penguatan dan berbeda fase 180***

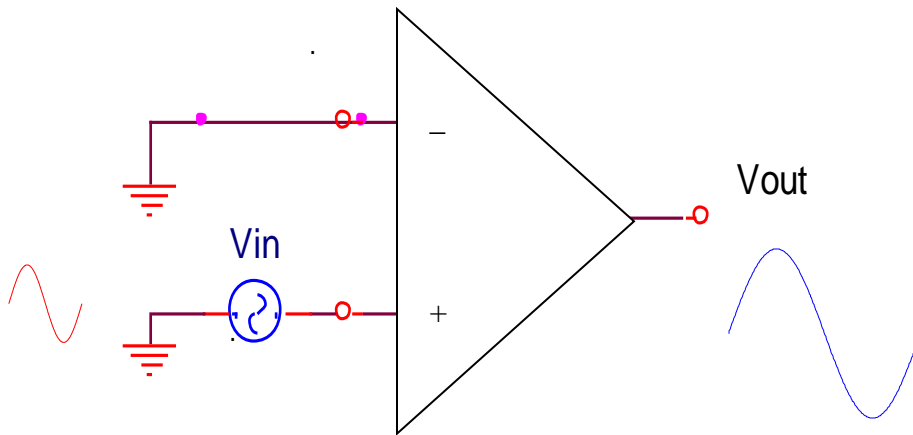


Gambar 3a

- + terminal : Ground
- - terminal : Sumber
- perubahan fase  $180^\circ$



- Ketika tegangan input pada noninverting input dengan input inverting di ground maka outputnya mengalami penguatan dan tidak beda fase

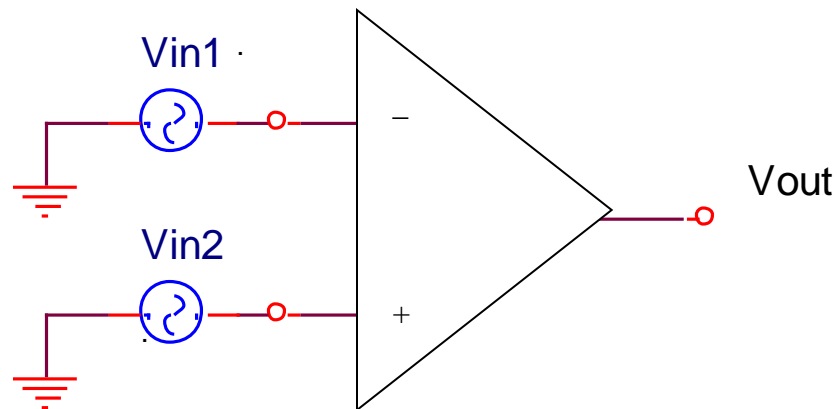


Gambar 3b

- + terminal : Sumber
- - terminal : Ground
- perubahan fase  $0^\circ$

## **B) Differential Input**

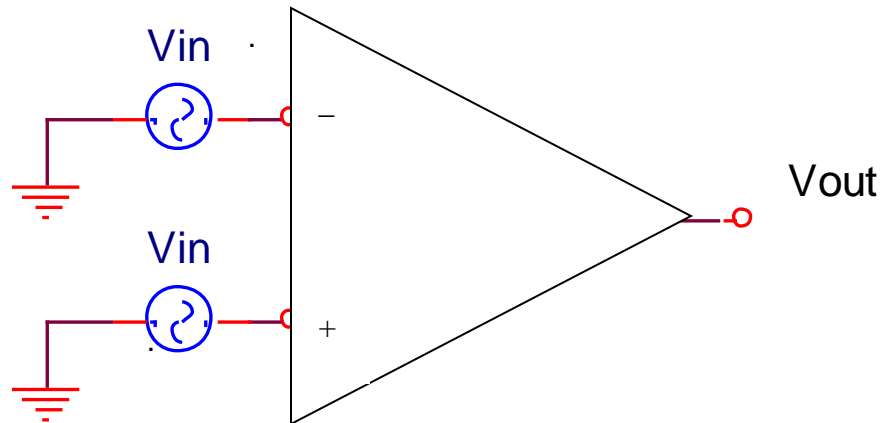
- Mode Operasi;
  - Jika dua sinyal input dengan polaritas berlawanan diaplikasikan
- Tipe operasi ini disebut double-ended.
- Penguatan yang berbeda dari dua input muncul pada output.



Gambar 3c

### C) Common-Mode Input

- Mode operasi
  - *Kedua input mendapat tegangan dengan fase, frekuensi, dan amplitudo yang sama*
  - Jika kedua input mendapatkan sinyal yang sama maka akan saling menghilangkan dan menghasilkan tegangan output nol.
- Kejadian ini disebut **common-mode rejection**.



Gambar 3d

# Common-Mode Rejection Ratio

- Sinyal yang diinginkan akan muncul saat
  - *Satu input atau*
  - Polaritas yang berbeda pada kedua input.
- Sehingga sinyal yang diinginkan akan
  - Memperkuat dan muncul pada output.
- Secara ideal , op-amp menghasilkan
  - Gain yang sangat tinggi untuk menghasilkan sinyal yang diinginkan (single-ended atau differential)
  - zero gain untuk common-mode signal.

- Rasio dari differential voltage gain dengan common mode voltage gain disebut **Common Mode Rejection Ratio (CMRR)**

$$CMRR = \frac{A_d}{A_{CM}}$$

dimana  $A_d$  = differential voltage gain

$A_{cm}$  = common-mode gain

- Nilai CMRR umumnya sangat besar, Nilai CMRR yang sangat besar berarti :

- Differential gain, *Ad tinggi dan*
- Common-mode gain, *Acm rendah.*

Semakin besar nilai CMRR maka kedua input op-amp makin matches. Untuk Op-amp 741 CMMR  $\approx 90$  dB

- CMRR dalam decibels (dB) adalah

$$CMRR = 20 \log \left( \frac{A_{ol}}{A_{cm}} \right)$$

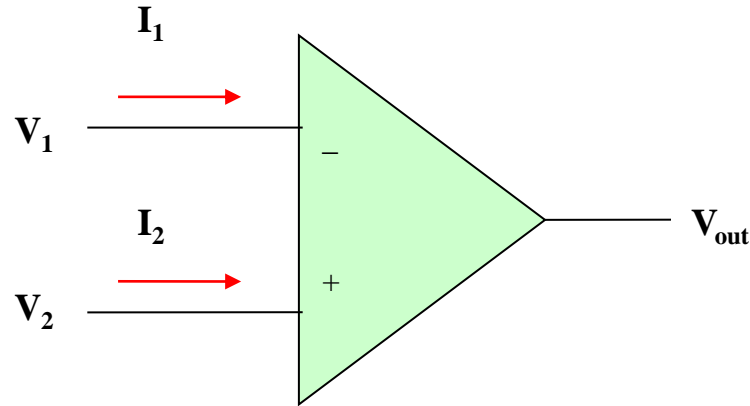
# Contoh 1

Sebuah op-amp memiliki differensiator voltage gain of 100.000 dan common-mode gain sebesar 0,2.

Tentukan nilai CMRR dan ekspresikan dalam decibels.

***Jawab: a) 500.000 b) 114dB***

# Input Bias Current



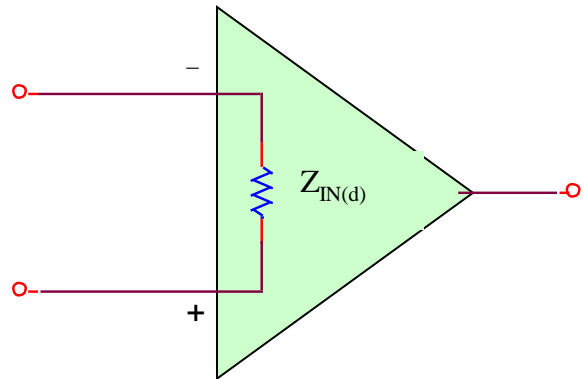
Gambar 4a: Input bias current adalah rata-rata dari dua input pada op-amp

- Input bias current adalah
  - Arus dc yang dibutuhkan oleh amplifier untuk operasi stage pertama (first stage).
- Definisi input bias current adalah
  - Rata-rata dua arus input dan dituliskan dengan

$$I_{BIAS} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

# Input Impedance

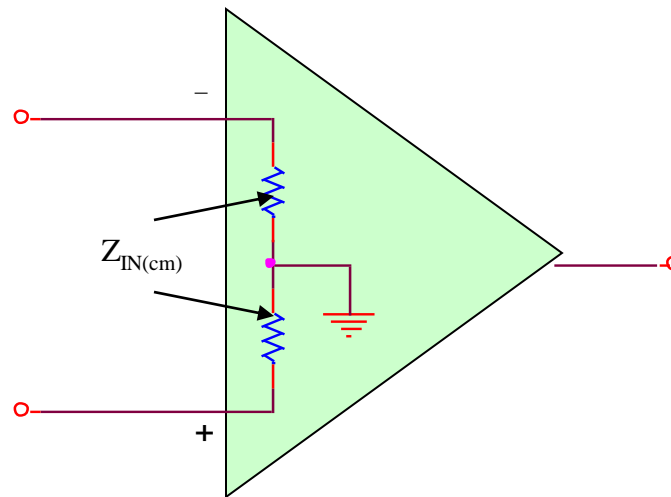
- Dua cara dasar untuk menspesifikasikan input impedance pada op-amp adalah berdasarkan:
  - Differential.
  - Common-mode.
- *Differential input impedance* adalah
  - *Total resistance antara inverting dan noninverting input.*
  - Diukur dengan menentukan perubahan bias current untuk memberikan perubahan pada *differential input voltage*.



Gambar4b: Differential input impedance



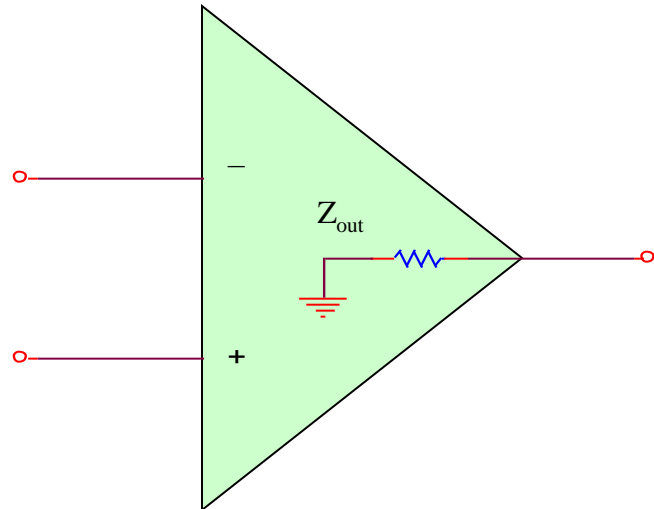
- *Common-mode input impedance* adalah
  - Resistance antara setiap input dengan ground
  - Diukur dengan menentukan perubahan bias current yang memberikan perubahan pada *common-mode input voltage*.



Gambar 4c: Common-mode impedance

# Output Impedance

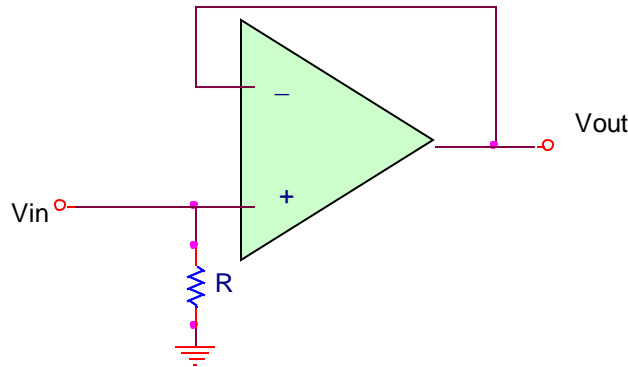
- Output impedance adalah
  - *Resistance pada terminal output op-amp*



Gamabar 4d: Op-amp output impedance

# Slew Rate

- Apa itu slew rate?
  - *Maximum laju perubahan tegangan output terhadap respon tegangan input per unit waktu.*
  - Diukur dengan op-amp yang dirangkai seperti gambar 4 e.



Gambar 4e: Test circuit

- slew rate dinyatakan dalam

$$SR = \frac{dV_0}{dt} \quad V / \mu \text{det}$$

- Dalam satuan volts per microsecond (V/μs).
- Slew rate (SR) menyatakan seberapa cepat output op-amp berubah terhadap perubahan frekuensi sinyal input.
- Slew rate sebuah op-amp nilainya tetap
- Jika kemiringan (slope) dari sinyal output lebih besar dibanding slew rate maka akan terjadi distorsi pada sinyal output.
- Slew rate merupakan faktor penting dalam penerapan op-amp pada rangkaian AC terutama untuk frekuensi tinggi.

- Nilai frekuensi maksimum dimana akan menghasilkan tegangan output yang tak terdistorsi dengan nilai puncak  $V_{op}$  ditentukan oleh slew rate dengan :

$$f_{maks} = \frac{slewrates}{6,28 \times V_{op}}$$