

# Perbandingan Kinerja Rangkaian Inverting dan Non Inverting Op-Amp

## Pendahuluan

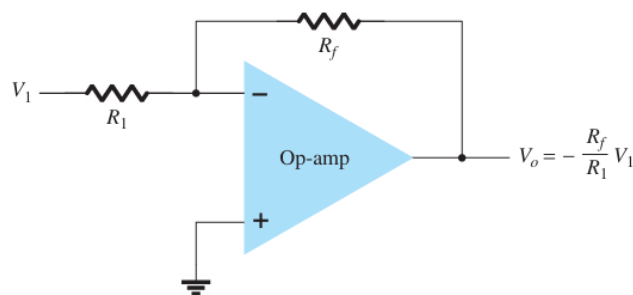
Rangkaian penguat merupakan bagian penting dari sistem elektronika analog yang berfungsi untuk memperbesar sinyal yang lemah agar dapat diproses lebih lanjut. Dalam konteks sinyal analog seperti dari sensor suhu, tekanan, atau audio, penggunaan penguat operasional (op-amp) sangat dominan karena sifatnya yang fleksibel, presisi, dan mudah diatur. Dua konfigurasi paling umum dari op-amp adalah inverting dan non-inverting amplifier. Meskipun keduanya digunakan untuk tujuan yang sama yaitu memperkuat sinyal, kinerja dan karakteristik elektrikalnya memiliki perbedaan signifikan yang mempengaruhi pemilihan konfigurasi pada suatu sistem.

## Konsep Dasar dan Prinsip Kerja

Op-amp bekerja berdasarkan prinsip penguatan diferensial, yaitu membandingkan tegangan antara dua input (positif dan negatif) dan menghasilkan tegangan output yang diperbesar berdasarkan perbedaan tersebut. Pada dasarnya, op-amp memiliki gain internal sangat tinggi, tetapi dengan bantuan resistor eksternal dan jalur umpan balik (feedback), penguatan bisa dikendalikan dan distabilkan. Rangkaian tertutup (closed-loop) inverting dan non-inverting mengandalkan prinsip umpan balik negatif, yang menjaga kestabilan dan linearitas penguatan.

### 1. Rangkaian Penguat Inverting

Rangkaian penguat konstanta-gain yang paling banyak digunakan adalah penguat inverting, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah:



*Gambar 1 Inverting constant-gain multiplier (Sumber: Electronic Devices and Circuit Theory (11th ed.))*

Output diperoleh dengan mengalikan input dengan gain tetap atau konstanta, yang ditentukan oleh resistor input ( $R_1$ ) dan resistor umpan balik ( $R_f$ ). output ini juga terbalik dari input. Sehingga dapat ditulis:

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_1$$

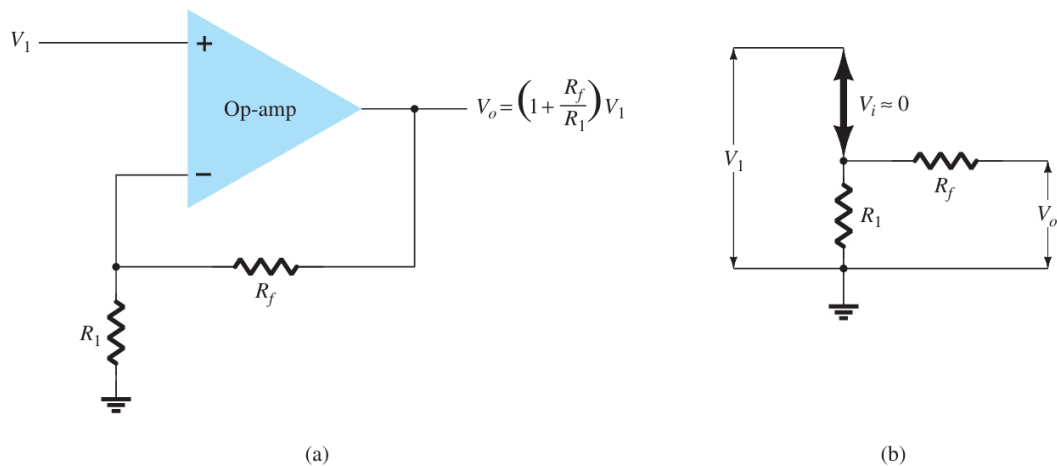
Contoh kasus:

Jika rangkaian pada gambar 1 memiliki  $R_1 = 100\text{k}\Omega$  dan  $R_f = 500\text{k}\Omega$ , berapa hasil tegangan keluaran untuk input  $V_1 = 2\text{ V}$ ?

Solusi:

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_1 = V_o = -\frac{500\text{k}}{100\text{k}} (2\text{V}) = -10\text{ V}$$

## 2. Rangkaian Penguat Non-Inverting



Gambar 2 Rangkaian Penguat Non-Inverting (Sumber: *Electronic Devices and Circuit Theory (11th ed.)*)

Hubungan pada gambar 2 (a) menunjukkan rangkaian op-amp yang berfungsi sebagai penguat non-inverting atau pengali dengan gain konstan. Perlu dicatat bahwa sambungan penguat inverting lebih banyak digunakan karena memiliki stabilitas frekuensi yang lebih baik. Untuk menentukan gain tegangan dari rangkaian, kita dapat menggunakan representasi ekuivalen yang ditunjukkan dalam gambar (b). Perhatikan bahwa tegangan di  $R_1$  adalah  $V_1$  karena  $V_i \approx 0\text{ V}$ . Ini harus sama dengan tegangan keluaran, melalui pembagi tegangan  $R_1$  dan  $R_f$ , sehingga:

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_f} V_o$$

Yang mengakibatkan:

$$\frac{V_o}{V_1} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

Contoh kasus:

Hitung tegangan keluaran dari penguat non-inverting seperti pada gambar diatas untuk nilai  $V_1 = 2\text{ V}$ ,  $R_f = 500\text{k}\Omega$ , dan  $R_1 = 100\text{ k}\Omega$

Solusi:

$$V_o = 1 + \frac{R_f}{R_1} \times V_1 = 1 + \frac{500k}{100k} \times 2 = 6 \times 2 = 12 \text{ V}$$

### Perbandingan Kinerja

Berdasarkan dua rangkaian yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu inverting dan non-inverting, terdapat sejumlah perbedaan penting dalam hal karakteristik kerja, arah fasa, serta kesesuaian untuk aplikasi tertentu. Pada inverting amplifier, output yang dihasilkan memiliki arah fasa yang berlawanan terhadap input. Hal ini menjadikannya sangat sesuai untuk sistem pengolahan sinyal analog yang memerlukan pembalikan fasa, seperti pada rangkaian audio mixer, filter aktif, atau sistem kontrol berbasis sinyal AC. Selain itu, struktur inverting cenderung memberikan respon frekuensi yang lebih stabil dan lebar, sehingga lebih optimal digunakan dalam aplikasi frekuensi tinggi.

Sebaliknya, pada konfigurasi non-inverting, output sinyal akan tetap searah fasa dengan input. Ini menjadi keunggulan utama saat digunakan dalam sistem penguatan sinyal dari sensor yang memerlukan kestabilan arah tegangan. Tidak hanya itu, impedansi input dari rangkaian non-inverting sangat tinggi, sehingga tidak akan membebani sensor atau sumber sinyal. Inilah sebabnya konfigurasi ini banyak digunakan untuk sensor suhu seperti LM35, sensor cahaya (LDR), atau sensor tekanan, sebelum sinyalnya masuk ke ADC pada mikrokontroler.

Pemilihan konfigurasi antara inverting dan non-inverting sangat bergantung pada kebutuhan sistem yang dirancang. Jika dibutuhkan pembalikan fasa, kestabilan frekuensi, atau kombinasi beberapa sinyal, maka konfigurasi inverting lebih sesuai. Namun, untuk aplikasi dengan sinyal masukan yang lemah dan memerlukan buffer berimpedansi tinggi, non-inverting amplifier menjadi solusi terbaik.

### Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa baik rangkaian inverting maupun non-inverting memiliki keunggulan masing-masing. Inverting amplifier cocok digunakan pada sistem yang memerlukan pembalikan fasa, penguatan sinyal AC, serta kestabilan pada frekuensi tinggi. Sementara itu, non-inverting amplifier lebih sesuai untuk memperkuat sinyal dari sensor atau sumber berimpedansi tinggi, karena memiliki impedansi input yang besar dan menjaga arah fasa tetap searah dengan input. Pemahaman terhadap perbedaan karakteristik ini sangat penting agar pemilihan konfigurasi op-amp dapat disesuaikan secara tepat dengan fungsi dan kebutuhan dari sistem elektronik yang dirancang.

Referensi:

1. Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2013). *Electronic Devices and Circuit Theory* (11th ed.).
2. Jung, W. (2005). *Op Amp Applications Handbook*. Analog Devices / Newnes.