

PENERAPAN DARI OP-AMP (*OPERATIONAL AMPLIFIER*)

Oleh : Lilik Eko Nuryanto

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang Semarang

Abstrak

Penguat Operasional (Operational Amplifier / Op-Amp) adalah penguat diferensial yang memiliki penguatan yang sangat tinggi. Op-Amp tersebut diproduksi secara massal dalam bentuk rangkaian terpadu dan karena itu harganya murah. Kegunaan dari Op-Amp berasal dari sifat dasar rangkaian umpan balik yang dengan jumlah besar umpan balik negatifnya, kinerja dari rangkaian tersebut benar-benar ditentukan oleh komponen umpan baliknya. Rangkaian Op-Amp dianalisis dengan akurasi yang baik tanpa menggunakan teori umpan balik dengan mengasumsikan bahwa Op-Amp tersebut adalah ideal. Kehadiran Op-Amp ideal dalam rangkaian penguat membatasi arus dan tegangan diferensial pada terminal input Op-Amp keduanya menjadi nol. Sebuah rangkaian Op-Amp dasar dan sangat berguna adalah penguat tegangan pembalik (inverting voltage amplifier). Rangkaian dasar lain Op-Amp adalah penguat tegangan non-pembalik (non-inverting voltage amplifier). Rangkaian ini memberikan amplifikasi tanpa membalik gelombang sinyal.

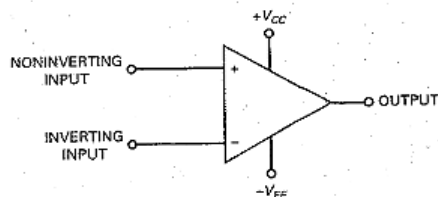
Kata Kunci : *Operational Amplifier, Op-Amp, inverting, non-inverting voltage amplifier, buffer, feedback, summing, integrator, differensiator*

1. Pendahuluan

1.1. Teori Dasar Op-Amp

Penguat Operasional atau *Operational Amplifier* (biasa dikenal dengan Op-Amp) merupakan sebuah komponen elektronika yang tersusun dari resistor, diode, dan transistor. Penyusunan dari Op-Amp tersebut disusun dalam sebuah rangkaian yang terintegrasi atau yang biasa dikenal dengan *Integrated Circuit (IC)*. Op-Amp dalam aplikasinya biasa digunakan sebagai penguat.

Pada rangkaian, Op-Amp biasa dilambangkan seperti pada gambar 1. Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa terdapat dua buah input, yaitu input *inverting* dan *non-inverting*. Pada gambar 1 tersebut, terdapat pula dua sumber masukan sebagai sumber daya dari Op-Amp tersebut, yaitu tegangan positif (+Vcc) dan tegangan negative (-Vee).



Gambar 1. Simbol Op-Amp pada rangkaian

Untuk dapat memahami sistem kerja dari Op-Amp, maka perlu diketahui terlebih

dahulu beberapa sifat-sifat Op-Amp ideal, yaitu :

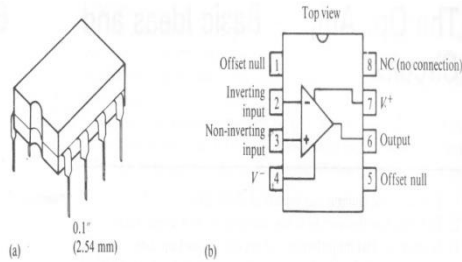
- a. Perbedaan tegangan input (V_{dm}) = 0
- b. Arus input Op-Amp (i_a) = 0
- c. Penguat lingkaran terbuka (AVOL) tak berhingga.
- d. Hambatan keluaran lingkaran terbuka ($R_{o,ol}$) nol.
- e. Hambatan masukan lingkaran terbuka ($R_{i,ol}$) tak berhingga.
- f. Lebar pita (bandwidth) tak berhingga atau Δf tak berhingga
- g. Common Mode Rejection Ratio (CMRR) tak berhingga.

Op-Amp yang digunakan pada makalah ini, yaitu Op-Amp dengan tipe LM-741. Pada Tabel 1 dapat dilihat perbandingan antara Op-Amp ideal dengan LM-741.

Tabel 1. Perbandingan Op-Amp ideal dengan LM-741

	Ideal op. amp.	741
Voltage gain, A	∞	200 000
Input resistance	$\infty \Omega$	2 M Ω
Output resistance	0 Ω	75 Ω

Op-Amp LM-741 mempunyai 8 kaki yang mana masing-masing kaki mempunyai fungsi masing-masing.



Gambar 2. IC dan Kaki-kaki Op-Amp LM-741

Penjelasan kaki Op-Amp LM-741, yaitu

- a. Kaki 1 : Offset Null. Kaki ini berfungsi untuk mengontrol offset tegangan untuk meminimalkan kebocoran, karena Op-Amp berjenis differensial.
- 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.

Pada makalah kali ini akan dilakukan beberapa pembahasan penerapan dari Op-Amp (*Operational Amplifier*) antara lain sebagai : rangkaian penguat, *differensiator*, *integrator*, dan *comparator*. Penjelasan rangkaian tersebut akan dibahas pada bagian berikutnya.

1.2. Fungsi *Operational Amplifier*

Penguat operasional atau sering disebut Op-Amp merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk memperkuat sinyal arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian terpadu (*Intregated Circuit*).

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

1.3. Sejarah Perkembangan OP-AMP

Pengembangan rangkaian terpadu IC luar telah ada sejak tahun 1960, pertama telah dikembangkan pada “chip” silikon tunggal. Rangkaian terpadu itu merupakan susunan antara transistor, dioda sebagai penguat beda dan pasangna Darlington. Kemudian tahun 1963 industri semikonduktor Fairchild memperkenalkan IC OP-AMP pertama kali μA 702, yang mana merupakan pengembangan IC OP-AMP yang lain sebelumnya, dimana tegangan sumber (Catu Daya) dibuat tidak sama yaitu $+UCC = +12 V$ dan $-UEE = -6 V$, dan resistor inputnya rendah sekali yaitu (40 KW) dan gain tegangan (3600 V/V).

IC tipe $\mu A702$ ini tidak direspon oleh industri-industri lain karena tidak universal. Tahun 1965 Fairchild memperkenalkan IC MA709 merupakan kelanjutan sebagai tandingan dari $\mu A702$. Dengan banyak kekhususan tipe $\mu A709$ mempunyai tegangan sumber yang simetris yaitu $+UCC$

= 15 V dan $-U_{EE} = -15$ V, resistansi input yang lebih tinggi (400 k Ω) dan gain tegangan yang lebih tinggi pula (45.000 V/V).

IC $\mu A709$ merupakan IC linear pertama yang cukup baik saat itu dan tidak dilupakan dalam sejarah dan merupakan generasi OP-AMP yang pertama kali. Generasi yang pertama OP-AMP dari Motorola yaitu MC1537.

Beberapa hal kekurangan OP-AMP generasi pertama yaitu :

- a. Tidak adanya proteksi hubung singkat. Karena OP-AMP sangat rawan terhadap hubung singkat ke grounding, maka seharusnya proteksi ini penting.
- b. Suatu kemungkinan problem “latch up”. Tegangan output dapat di “latch up” sampai pada beberapa harga yang karena kesalahan dari perubahan inputnya.
- c. Memerlukan Jaringan frekuensi eksternal sebagai kompensasi (dua kapasitor dan resistor) untuk operasi yang stabil.

Selanjutnya tahun 1968 teknologi OP-AMP dikembangkan oleh Fairchild dengan IC $\mu A741$ yang telah dilengkapi proteksi hubung singkat, stabil, resistansi input yang lebih tinggi (2 M Ω), gain tegangan yang ekstrim (200.000 V/V) dan kemampuan offset null (zero offset). OP-AMP 741 termasuk generasi kedua dan IC yang lain juga termasuk OP-AMP generasi kedua yaitu LM101, LM307, $\mu A748$ dan MC1558 merupakan OP-AMP yang berfungsi secara umum sebagaimana LM307. Untuk tipe – tipe OP-AMP yang khusus seperti mengalami peningkatan dari segi kegunaan atau fungsinya seperti : LM318 (dengan kecepatan tinggi sekitar 15 MHz). Lebar band kecil dengan “slew rate” 50 V/ μ S. IC $\mu A 771$ merupakan OP-AMP dengan input bias arus yang rendah yaitu 200 pA dan “slew rate” yang tinggi 13 V/ μ S. Lalu $\mu A714$ yaitu IC OP AMP yang presisi dengan noise rendah (1,3 μ A/10C), offset tegangan yang rendah (75 μ V), offset arus yang rendah (2,8 nA). Tipe IC OP-

AMP lain yaitu $\mu A791$ merupakan OP-AMP sebagai penguat daya (Power Amplifier) dengan kemampuan arus output 1A. Dan IC OP-AMP $\mu A776$ adalah OP-AMP yang multi guna bisa diprogram. Generasi–generasi yang akhir inilah yang banyak dijumpai dalam pameran–pameran untuk pemakaian–pemakaian khusus.

IC linear dalam pengembangannya tidak cukup hanya disitu saja bahkan sudah dibuat blok–blok sesuai keperluan seperti untuk keperluan konsumen (audio, radio dan TV), termasuk keperluan industri seperti (timer, regulator dan lain-lainnya). Bahkan belakangan ini dikembangkan OP-AMP dengan teknologi BI-FET dan “laser trimming”. Karena dengan teknologi BI-FET lebar band bisa ditekan dan “slew rate” cepat, bersama ini pula bias arus rendah dan offset input arus rendah. Contoh tipe OP-AMP BI-FET LF351, dan LF353 dengan input bias (200 pA) dan offset arus (100 pA), bandwidth gain unity yang besar (4 MHz), dan “slew rate” yang cepat (13V/MS) dan ditambah lagi pin kaki–kakinya sama dengan IC $\mu A741$ (yang ganda) dan IC MC1458.

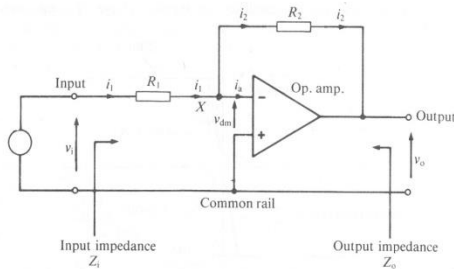
Industri Motorola melanjutkan pengembangan OP-AMP dengan teknologi “Trimming dan BI-FET” (disingkat TRIMFET) untuk memperoleh kepresisian karakteristik input dengan harga yang rendah, contoh MC34001/MC34002/MC34004 masing–masing adalah OP-AMP tunggal, ganda dan berjumlah empat (*guard*).

2. Penerapan Operational Amplifier

2.1. Penguat Tegangan Pembalik (*Inverting Voltage Amplifier*)

Rangkaian Op-Amp dasar yang menyediakan penguatan tegangan membalik ini ditunjukkan pada Gambar 3. Ini adalah rangkaian yang sangat berguna yang juga menyediakan landasan untuk rangkaian-rangkaian Op-Amp lainnya. Dari gambar rangkaian tersebut menunjukkan bahwa rangkaiannya adalah suatu rangkaian

umpan balik karena resistor R2 menyediakan jalur umpan balik dari output ke input Op-Amp. Umpan balik tersebut adalah jenis umpan balik negatif karena simyal umpan baliknya dihubungkan ke terminal pembalik (diberi label ‘-’).



Gambar 3. Penguat Tegangan Pembalik

Sebuah penguat pembalik menggunakan umpan balik negatif untuk membalik dan menguatkan sebuah tegangan. Resistor R2 melewati 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.

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*).

Tegangan output adalah :

$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana R1= resistansiinput, dan R2 = resistansi umpan balik (*feedback resistor*).

Penguatan tegangan dari penguat ditentukan dari rasio antara R2 dan R1, yaitu:

$$A_v = -\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa keluaran adalah pembalikan dari masukan. Contohnya jika R2 adalah 100K Ω dan R1 adalah 1K Ω, maka nilai penguatan adalah -100KΩ / 1K Ω, yaitu -100.

Impedansi input dan output dari rangkaian penguat pembalik pada Gambar 3 juga sangat menarik. Impedansi output pada Op-Amp ideal adalah nol dan oleh karena itu impedansi output pada rangkaian penuhnya adalah nol.

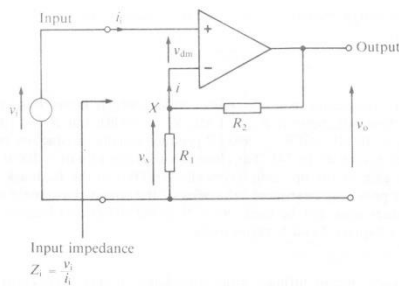
Impedansi output, $Z_o = 0 \Omega$

Impedansi input pada rangkaian tersebut ditentukan dengan rasio $Z_i = V_i / i_1$, sedangkan $i_1 = V_i / R_1$, sehingga

Impedansi input, $Z_i = R_1$

2.2. Penguat Tegangan Tak-Pembalik (Non-Inverting Voltage Amplifier)

Penguat *Non-Inverting Voltage Amplifier* 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 4.



Gambar 4. Penguat Tegangan Non-Inverting

Rumus penguatan penguat non-pembalik adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)$$

atau dengan kata lain:

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \dots\dots\dots (3)$$

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

$$A_v = -\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan demikian, penguat non-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, $Z_o = 0 \Omega$.

2.3. Rangkaian Pembanding (Comparator)

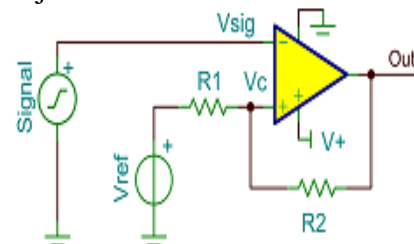
Merupakan salah satu penerapan yang memanfaatkan penguatan terbuka (*open-loop gain*) penguat operasional yang sangat besar. Ada jenis penguat operasional khusus yang memang difungsikan semata-mata untuk penggunaan ini dan agak berbeda dari penguat operasional lainnya dan umum disebut juga dengan komparator.

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*.

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*.

Rangkaian komparator pada gambar 5 merupakan komparator dengan histerisis. Komparator dengan histerisis bertujuan untuk meminimalkan efek noise yang terjadi.



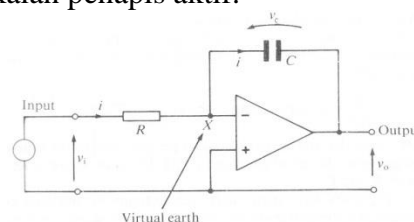
Gambar 5. Rangkaian Komparator

2.4. Rangkaian Integrator

Penguat *Integrator* ini mengintegrasikan tegangan masukan terhadap waktu, dengan persamaan:

$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_{in} dt + V_{mula} \dots\dots\dots (5)$$

di mana t adalah waktu dan V_{mula} adalah tegangan keluaran pada $t = 0$. Sebuah integrator dapat juga dipandang sebagai penapis pelewat-tinggi (*high passfilter*) dan dapat digunakan untuk rangkaian penapis aktif.



Gambar 6. Rangkaian Integrator

Penguatan tegangan keseluruhan (A_v) adalah :

$$A_v = -\frac{Z_2}{Z_1} \dots\dots\dots (6)$$

Kemungkinan variasi untuk Z_2 dan Z_1 dapat dieksplorasi. Salah satu pilihan adalah menggunakan sebuah resistor untuk Z_1 dan sebuah kapasitor Z_2 seperti ditunjukkan pada Gambar 6 yang mana bertindak seperti rangkaian *integrator*, dimana :

$$Z_1 = R \text{ dan } Z_2 = -\frac{1}{j\omega C} \dots\dots\dots (7)$$

2.5. Rangkaian Penguat Penjumlah (Summing Amplifier)

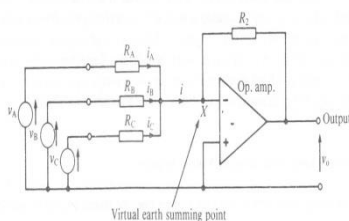
Penguat penjumlah menjumlahkan beberapa tegangan masukan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$v_o = -\left(\frac{R_2}{R_A} \cdot v_A + \frac{R_2}{R_B} \cdot v_B + \frac{R_2}{R_C} \cdot v_C\right) \dots\dots\dots (8)$$

Sebagai contoh, jika resistor dengan nilai sama dipilih, katakan $R_A = R_B = R_C = R_1$, maka :

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} (v_A + v_B + v_C) \dots\dots\dots (9)$$

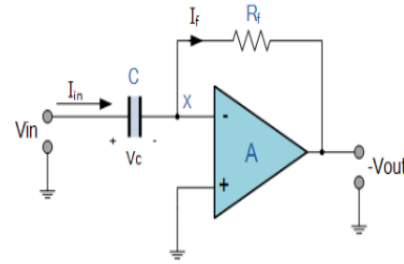
Jadi, tegangan output sama dengan jumlah dari seluruh tegangan inputnya di-skala dengan faktor $(-R_2/R_1)$.



Gambar 7. Penguat Penjumlah (*Summing*)

2.6. Rangkaian Differensiator

Rangkaian *differensiator* memiliki keluaran yang sama dengan keluaran rangkaian penapis lolos tinggi (*High Pass Filter*). Keluaran dari rangkaian ini merupakan differensial dari masukan. Rangkaian *differensiator* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian *Differensiator*

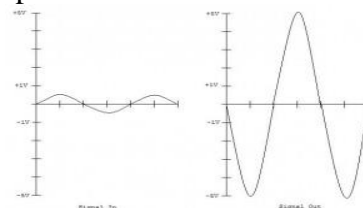
Persamaan keluaran dari rangkaian tersebut, yaitu :

$$V_{out} = -R_f C \frac{dV_{in}}{dt} \dots\dots\dots (10)$$

3. Hasil Pengukuran Percobaan Operational Amplifier

Sinyal Output Dan Sinyal Input *Inverting Amplifier* dapat dilihat pada Gambar 9.

Dalam percobaan untuk mendapatkan bentuk sinyal output dan sinyal input seperti diatas dapat digunakan *oscilloscopedoble trace* dengan input A oscilloscope dihubungkan ke jalur input penguat membalik (*inverting amplifier*) dan input B *oscilloscope* dihubungkan ke jalur output penguat mebalik tersebut. Dengan alat ukur *oscilloscope* yang terhubung seperti ini dapat dianalisa perbandingan sinyal input dengan sinyal output rangkaian penguat membalik (*inverting amplifier*) secara lebih *life* dalam berbagai perubahan sinyal input.



Gambar 9. Sinyal Output Dan Sinyal Input *Inverting Amplifier*

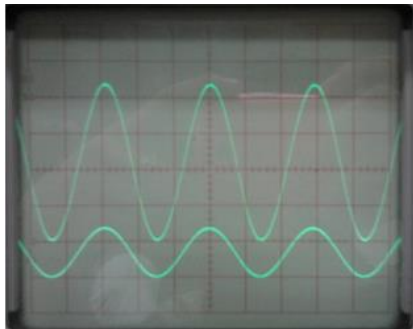
Hasil percobaan untuk rangkaian *Inverting Voltage Amplifier* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Percobaan Penguat *Inverting* ($V_{cc} = 11,6 \text{ V}$)

R2 (Ω)	R1 (Ω)	V _{p-p}			Gain (V)		Selisih Output (V)
		Input	Output (V)		V _o /V _i		
		(V)	Teori	Praktikum	Teori	Praktikum	T dan P
3k	10k	2	-0,6	-0,579	-0,3	-0,27	0,021
	1k	2	-6	-5,94	-3	-2,92	0,06
	330	2	-18,18	-12,59	-9,09	-4,5	5,59
	100	2	-60	-30	-30	-5	30

Untuk Rangkaian Non-Inverting dengan :
 R₁ = 100 Ω
 R₂ = 220 Ω

Sinyal Masukan dan Sinyal Keluaran pada Rangkaian *Non-Inverting* tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Sinyal Masukan dan Sinyal Keluaran pada Rangkaian *Non-Inverting*

Tabel 3. Tabel V_{pp} dan Volt/Div pada Rangkaian *Non-Inverting*

	V _{pp} (Div)	Volt/Div
Channel 1	1,4	1
Channel 2	4,4	1

Tegangan pada channel 1 (V_{in})

$$V_{CH-1} = (1,4 \text{ div})(1 \text{ volt/div}) = 1,4 \text{ volt}$$

Tegangan pada channel 2 (V_{out})

$$V_{CH-2} = (4,4 \text{ div})(1 \text{ volt/div}) = 4,4 \text{ volt}$$

Dari persamaan (3), dapat dihitung tegangan keluaran yang dihasilkan adalah sebesar

$$V_{out} = \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) V_{in}$$

$$V_{out} = \left(\frac{220 \Omega}{100 \Omega} + 1 \right) (1,4 \text{ volt}) = 4,48 \text{ volt}$$

Dengan faktor penguatannya (dari persamaan 4) :

$$\left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) = \left(\frac{220 \Omega}{100 \Omega} + 1 \right) = 3,2 \text{ kali}$$

Rangkaian inverting akan menguatkan sinyal masukan dan sinyal keluarannya akan memiliki fasa yang berbeda 180° dengan sinyal masukannya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar9. Besar penguatannya adalah 2,2 kali. Oleh karena itu, jika diberi tegangan masukan sebesar 2 volt akan dihasilkan tegangan keluaran sebesar 4,4 volt. Hasil tegangan keluaran yang diperoleh melalui osiloskop maupun perhitungan menggunakan rumus penguatan menunjukkan hasil yang sama. Rangkaian non-inverting akan menguatkan sinyal masukan dan sinyal keluarannya akan memiliki fasa yang sama dengan sinyal masukannya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar10. Besar penguatannya adalah 3,2 kali. Oleh karena itu, jika diberi tegangan masukan sebesar 1,4 volt akan dihasilkan tegangan keluaran sebesar 4,4 volt. Hasil tegangan keluaran yang diperoleh melalui osiloskop maupun perhitungan menggunakan rumus penguatan memiliki perbedaan nilai. Nilai tegangan berdasarkan perhitungan adalah sebesar 4,48 volt. Hal ini disebabkan karena kurangnya ketelitian pada osiloskop yang digunakan.

4. Penutup

Penguat Operasional (*Operational Amplifier / Op-Amp*) adalah penguat diferensial yang memiliki penguatan yang sangat tinggi. Op-Amp tersebut diproduksi secara massal dalam bentuk rangkaian terpadu dan karena itu harganya murah. Kegunaan dari Op-Amp berasal dari sifat dasar rangkaian umpan balik yang dengan

jumlah besar umpan balik negatifnya, kinerja dari rangkaian tersebut benar-benar ditentukan oleh komponen umpan baliknya. Rangkaian Op-Amp dianalisis dengan akurasi yang baik tanpa menggunakan teori umpan balik dengan mengasumsikan bahwa Op-Amp tersebut adalah ideal. Kehadiran Op-Amp ideal dalam rangkaian penguat membatasi arus dan tegangan diferensial pada terminal input Op-Amp keduanya menjadi nol. Kendala ini ketika disertakan dengan persamaan untuk rangkaian seputar Op-Amp mengizinkan kinerja rangkaian yang akan mudah dianalisis. Sebuah rangkaian Op-Amp dasar dan sangat berguna adalah penguat tegangan pembalik (*inverting voltage amplifier*).

Untuk rangkaian penguat tegangan membalik ini:

$$\text{Penguatan Tegangan} = -R_2 / R_1$$

$$\text{Impedansi Input} = R_1 \Omega$$

$$\text{Impedansi Output} = 0 \Omega$$

dimana R_1 = resistansi input, dan R_2 = resistansi umpan balik (*feedback resistor*)

Pentanahan semu (*virtual earth*) dalam rangkaian dapat digunakan untuk menyediakan sifat menjumlahkan selama lebih dari satu masukan. Juga R_2 dan R_1 dapat digeneralisasi untuk impedansi Z_2 dan Z_1 dan ini memungkinkan rangkaian yang akan dibuat yang melakukan operasi lain pada sinyal input, seperti integrasi terhadap waktu.

Rangkaian dasar lain Op-Amp adalah penguat tegangan non-pembalik (*non-inverting voltage amplifier*).

Untuk rangkaian *non-inverting voltage amplifier* ini:

$$\text{Tegangan Gain} = 1 + R_2 / R_1$$

$$\text{Input Impedance} = \infty \Omega$$

$$\text{Output Impedance} = 0 \Omega$$

dimana R_1 = resistansi input, dan R_2 = resistansi umpan balik (*feedback resistor*)

Rangkaian ini memberikan amplifikasi tanpa membalik gelombang sinyal. rangkaian ini memiliki sifat penting bahwa

impedansi inputnya yang sangat tinggi dan sehingga berguna sebagai penyangga sumber sinyal tegangan dengan signifikan impedansi-diri.

Jika tegangan amplifikasi tidak diperlukan maka dengan menetapkan $R_1 = \infty$ dan $R_2 = 0$, akan menghasilkan rangkain kesatuan penyangga (*unity buffer*) yang sangat sederhana yang mempertahankan sifat penyangga tersebut tetapi membuangtanaan umpan balik eksternal R_1 dan R_2 .

Rangkaian penguat baik inverting maupun non-inverting dapat digunakan untuk menguatkan sinyal masukan.

Dual Power supply biasanya diperlukan untuk Op-Amp. Ini harus betul-betul terhubung dan dengan nilai tegangan yang sesuai. Tegangan listrik harus berada di kisaran kerja Op-amp dan cukup besar untuk memungkinkan ayunan sinyal maksimum pada input dan output Op-Amp.

DAFTAR PUSTAKA

- Horrocks, D.H., 1985, *Feedback Circuits and Op. Amps.*, England : Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd, Chap. 6, 97 – 114.
- Malvino, Albert, 2007, *Electronic Principles*, New York : McGrawHill, Chap. 10, 249 – 293.
- Ilmu. *Teori Dasar Penguat Operational*. [Online]. Tersedia : <http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/opamp.html>. [17 Desember 2011].
- Trensains. *Operational Amplifier*. [Online]. Tersedia : http://trensains.com/op_amp.htm . [17 Desember 2011].