

OPTIMALISASI RESISTANSI FEEDBACK DAN RESISTANSI INPUT PADA PENGUAT INVERTING UNTUK PENGKONDISI SINYAL

Eka Mandayatma

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

mectronku@yahoo.com

Abstrak

Penguatan rangkaian penguat inverting dengan Op Amp ditentukan oleh nilai Resistansi Feedback (R_f) dan Resistansi Input (R_{in}) dimana penguatan merupakan perbandingan antara R_f dan R_{in} . Biasanya salah satu nilai (R_f atau R_{in}) diambil secara bebas. Secara teoritis formula tersebut memperbolehkan memberikan nilai R_f dan R_{in} berapapun asalkan memenuhi syarat kebutuhan penguatan (A_v). Penentuan nilai yang bebas (berapapun) ini sering membingungkan karena secara teori semua nilai bisa diterapkan namun secara praktik dilapangan tidak semua nilai bisa memberikan hasil yang diharapkan. Untuk menghilangkan kebingungan dalam memilih nilai R_f dan R_{in} yang memenuhi maka perlu ditentukan satu nilai Optimal. Dengan penentuan R_f dan R_{in} optimal maka dalam satu perencanaan tidak ada nilai yang berbeda-beda dan dipastikan rangkaian penguat bekerja sesuai dengan fungsinya. Nilai R_f dan R_{in} optimal ditentukan oleh Resistansi Input diferensial (R_{id}) dan Resistansi Output (R_o) dari IC op Amp yang digunakan dan tergantung pula dengan fungsi alih (penguatan) dari Rangkaian yang direncanakan. Dengan nilai R_f optimal maka rangkaian penguat bisa bekerja dengan baik dan tidak terjadi perbedaan dalam pemilihan resistansi feedback maupun resistansi input.

Kata-kata kunci: penguat inverting, R_f , R_{in} , optimal

Abstract

Strengthening the inverting amplifier circuit with the Op Amp is determined by the Feedback Resistance (R_f) and Input Resistance (R_{in}) where the gain is a comparison between R_f and R_{in} . Usually one value (R_f or R_{in}) is taken freely. Theoretically the formula allows giving any value of R_f and R_{in} as long as it meets the requirements for reinforcement requirements (A_v). Determination of free value (whatever) is often

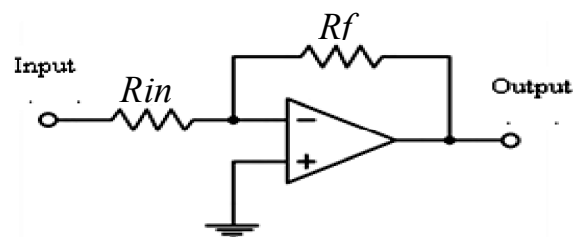
confusing because in theory all values can be applied but practically in the field not all values can provide the expected results. To eliminate the confusion in choosing the value of R_f and R_{in} that meets the need to be determined one Optimal value. With the determination of R_f and R_{in} optimally in one plan there are no different values and it is certain that the amplifier circuit works according to its function. The optimal R_f and R_{in} values are determined by the Differential Input (R_{id}) Resistance and Output Resistance (R_o) of the IC op Amp used and depend also on the transfer function (gain) of the planned Circuit. With the optimal R_f value the amplifier circuit can work properly and there is no difference in the selection of feedback resistance or input resistance.

Keywords : Inverting Amplifier, R_f , R_{in} , Optimal

1. PENDAHULUAN

Rancangan dan penggunaan penguat Inverting dengan Op Amp sangat luas aplikasinya karena hampir semua fungsi aritmatik bisa diselesaikan dengan Op Amp. Pada penguat Inverting (Inverting Amplifier), fungsi penguatan hanya ditentukan oleh 2 (dua) buah resistor yaitu R_f dan R_{in} (Gbr 1.) Dimana penguatan (A_v),

$$A_v = - \frac{R_f}{R_{in}} \quad (1)$$



GAMBAR 1 PENGUAT INVERTING

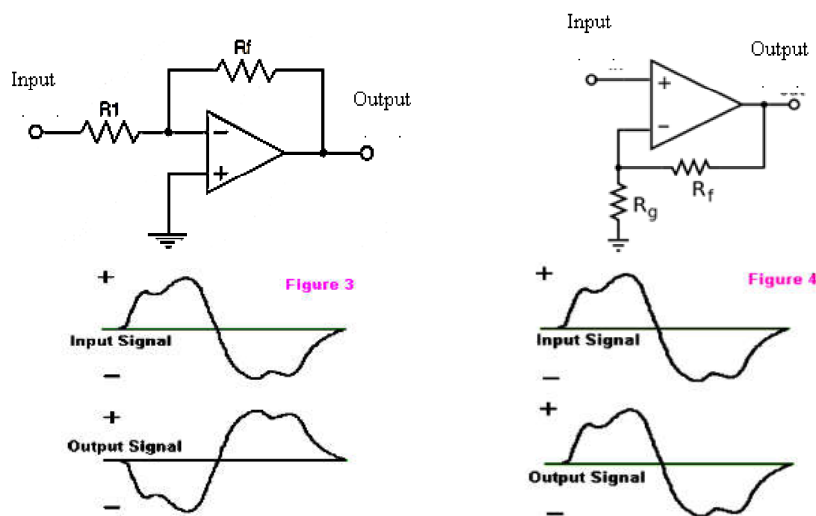
Pada persamaan 1 ada dua variabel dalam satu persamaan yaitu R_f dan R_{in} , maka biasanya untuk menentukan nilai, salah satu diambil dengan nilai tertentu (ditentukan) dan variabel lain mengikuti sesuai dengan besarnya A_v .

Secara teoritis, pemilihan nilai R_f dan R_{in} bisa ditentukan dengan nilai “sembarang” sejauh memenuhi nilai A_v . Namun pemilihan yang “sembarang” ini menimbulkan kebingungan

karena terlalu banyaknya variasi nilai R_f dan R_{in} yang memenuhi. Tetapi dalam praktik yang sesungguhnya tidak semua nilai R_f dan R_{in} bisa diaplikasikan meskipun memenuhi persamaan untuk A_v . Nilai A_v juga tidak boleh terlalu kecil, karena jika terlalu kecil akan mengurangi kesetabilan [1]. Dalam penelitian ini akan dicari nilai “optimal” dari R_f dan R_{in} agar tidak terjadi kebingungan dalam memilih R_f dan R_{in} dan memastikan penguat inverting bekerja sesuai dengan perencanaan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Terdapat dua macam penguat berbasis Op Amp yang sangat sering digunakan mengingat kemampuannya mengolah sinyal untuk berbagai keperluan. Dalam pengkondisian sinyal fungsi penguat sangat dibutuhkan mengingat sinyal-sinyal yang akan dikondisikan yang berasal dari sensor relatif masih berlevel sangat kecil. Untuk bisa diproses, maka sinyal-sinyal tersebut perlu dikuatkan. Ada dua macam penguat yaitu Penguat Inverting dan Penguat Non Inverting.



GAMBAR 2 PENGUAT INVERTING DAN NON INVERTING

2.1 Penguat Non Inverting

Salah satu konfigurasi penguat dengan Op Amp adalah penguat pembalik (inverting Amplifier). Output dari konfigurasi ini adalah membalik polaritas input sekaligus menguatkan dengan fungsi penguatan tertentu. Penguatan dibangun dan ditentukan oleh dua

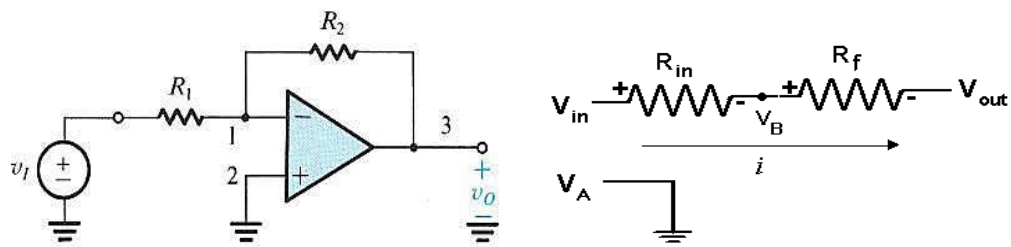
buah resistor R_f dan R_i . Penguat ini lebih banyak digunakan karena kesetabilan lebih baik serta perhitungan gain yang lebih mudah.

Perencanaan teoritis umumnya menggunakan pendekatan ataupun asumsi kondisi ideal dari Op Amp, dimana kondisi ideal Op Amp:

Resistansi input (R_{id})	$= \infty$	Output	$= 0$	jika input	$= 0$
Resistansi output (R_o)	$= 0$	Drift			$= 0$
Arus input	$= 0$	Gain diferensial			$= \infty$
Bandwidth	$= \infty$				

2.1.1 Analisa Penguat Inverting

Dari Gambar 2.2, ekivalen dari penguat inverting;



GAMBAR 3 PENGUAT INVERTING DAN EKIVALEN

$$\text{Jalur } -: i = \frac{V}{R} = \frac{V_{in} - V_b}{R_{in}} = \frac{V_b - V_{out}}{R_f}$$

$$\text{Jalur } +: V_A = 0$$

$$V_A = V_B = 0$$

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

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

$$\text{Dan } Av = \frac{-R_f}{R_{in}} \quad (2)$$

Dari pers. 2, Gain dari penguat inverting hanya ditentukan oleh nilai R_f dan R_{in} . Mengingat hanya ada satu persamaan dengan dua variabel, maka salah satu variabel harus ditentukan. Dengan menentukan nilai R_f maka nilai R_{in} bisa dihitung,

$$R_{in} = \frac{R_f}{Av} \quad (3)$$

Jika nilai Av diketahui, dan Nilai R_f ditentukan maka R_{in} bisa dihitung. Namun dengan cara tersebut akan menimbulkan

kemungkinan pengambilan R_f dan R_{in} yang bisa mencapai tak hingga kemungkinan sejauh memenuhi kebutuhan A_v . Jika perencanaan menghendaki nilai penguatan $A_v = -10$, pada umumnya tidak ada nilai baku untuk R_f sehingga masing-masing perancang mengambil nilai R_f yang mungkin berbeda-beda. Tabel 1. memperlihatkan kemungkinan yang mungkin terjadi jika diketahui atau dikehendaki sebuah penguat inverting dengan $\text{Gain} = -10$

TABEL 1 KEMUNGKINAN NILAI R_f DAN R_{in} UNTUK $A_v = -10$

A_v	$A_v = -10$									
R_f	10	22	39	47	68	82	100	1000	10n
R_{in}	1	2,2	3,9	4,7	6,8	8,2	10	100	n

Dari tabel 1 semua nilai baik R_f dan R_{in} memenuhi pers. 2. untuk $\text{Gain } A_v = -10$. Karena semua nilai benar maka tentu menimbulkan kebingungan dalam memilih nilai R_f dan/atau R_{in} , dimana seharusnya dalam satu desain tentu akan menemukan satu nilai R_f dan R_{in} . Oleh karena itu perlu ditemukan nilai R_f dan R_{in} yang optimal sebagai acuan dalam merencana penguat inverting .

2.2 Resistansi R_f Optimal

Persamaan 2.2 didapat dengan analisa ideal tanpa melibatkan data riil dari Op Amp yang tertera dalam data sheet. Secara riil setiap Op Amp memiliki karakteristik dan kinerja yang berbeda. Oleh karena itu dalam perencanaan harus melibatkan datasheet. Salah satu data riil yang harus diperhatikan adalah

Resistansi input (R_{id}) = berhingga

Resistansi output (R_o) = tidak sama dengan nol

Jika nilai R_{id} dan R_o tidak ideal dan diperhitungkan, penguatan dengan memperhitungkan R_{id} [3]

$$A_{vc1} = \frac{-R_f / R_{in}}{1 + 1 / \beta A_v + 1 / A_v R_{id}} \quad (4)$$

Penguatan dengan memperhitungkan R_o ,

$$A_{vc2} = \frac{-R_f/R_{in}}{1 + \frac{(R_f+R_o)}{\beta A_v R_f}} \quad (5)$$

A_{vc1} adalah penguatan dengan memperhitungkan nilai R_{id} dan A_{vc2} adalah penguatan dengan memperhitungkan R_o .

Jika R_{id} dan R_o keduanya diperhitungkan maka

$$A_{vc1} = A_{vc2}$$

$$\frac{-R_f/R_{in}}{1 + \frac{1}{\beta A_v} + \frac{1}{A_v R_{id}}} = \frac{-R_f/R_{in}}{1 + \frac{(R_f+R_o)}{\beta A_v R_f}}$$

Penyelesaian persamaan tersebut mendapatkan

$$R_f(\text{optimal}) = \sqrt{\left(\frac{R_{id}R_o}{2\beta}\right)} \quad (6)$$

Dimana
$$\beta = \frac{1}{1-2A_v} \quad (7)$$

3. METODE

Penelitian dilakukan dengan membandingkan respon input output dari penguat inverting pada kondisi R_f dan R_{in} optimal dibandingkan dengan respon input output penguat inverting dengan R_f dan R_{in} yang diambil bebas dengan nilai Besar, sangat Besar dan sangat Rendah. Hasil atau data yang diperoleh dibandingkan dengan respon ideal dan dihitung tingkat error sehingga bisa disimpulkan terhadap kedekatan dengan respon ideal.

3.1 Perencanaan R_f optimal

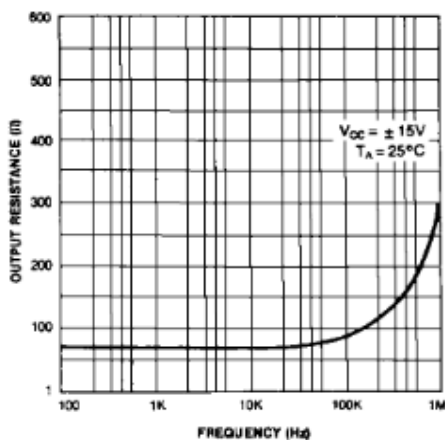
Dari persamaan 2.5 dan data sheet untuk Op Amp yang digunakan yaitu uA 741 dari Fairchild dengan datasheet seperti berikut.

Penguat direncanakan : Jenis Inverting dengan $A_v = -10$

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input Offset Voltage	V_{IO}	$R_S \leq 10k\Omega$	-	2.0	6.0	mV
		$R_S \leq 50\Omega$	-	-	-	
Input Offset Voltage Adjustment Range	$V_{IO(R)}$	$V_{CC} = \pm 20V$	-	± 15	-	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	20	200	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	80	500	nA
Input Resistance (Note1)	R_I	$V_{CC} = \pm 20V$	0.3	2.0	-	M Ω



GAMBAR 4 RESISTANSI

Dari data sheet, $R_{id} = 2\text{ M}\Omega$

Dari Gbr 3.1, $R_o = 70\ \Omega$

$$\beta = \frac{1}{1-2Av}$$

$$\beta = \frac{1}{1-2(-10)}$$

$$\beta = 0,0476$$

$$R_f(\text{optimal}) = \sqrt{\left(\frac{R_{id}R_o}{2\beta}\right)}$$

$$R_f(\text{optimal}) = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 70}{2 \cdot 0,0476}\right)}$$

$$R_f(\text{optimal}) = 38340\ \Omega$$

Dengan $Av = 10$, maka $R_{in} = 38340/10 = 3834$

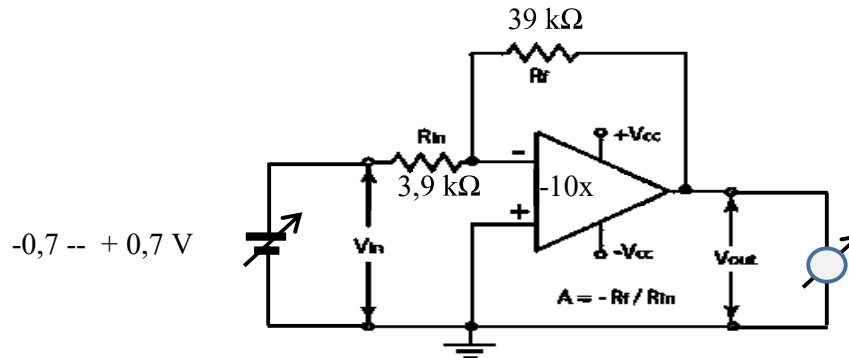
Jadi penguat inverting dengan gain = - 10

$$R_f(\text{optimal}) = 38340\ \Omega = 38,34\text{ k}\Omega = 39\text{ k}\Omega \text{ (pembulatan)}$$

$$R_{in}(\text{optimal}) = 3834\ \Omega = 3,834\text{ k}\Omega = 3,9\text{ k}\Omega \text{ (pembulatan)}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambar rangkaian dan Data Pengamatan



GAMBAR 5 PENGUAT INVERTER DENGAN R_F DAN R_{IN} OPTIMAL

TABEL 2 DATA INPUT/OUTPUT
TEGANGAN V_o terukur (volt)

V_i (volt)	V_o teori	V_o terukur
-	7	7,1
-0,6	6	5,9
-0,5	5	4,9
-0,4	4	4,0
-0,3	3	2,95
-0,2	2	2,1
-0,1	1	1,05
0	0	0,05
0,1	-1	-1
0,2	-2	-2
0,3	-3	-2,9
0,4	-4	-3,95
0,5	-5	-5
0,6	-6	-5,9
0,7	-7	-6,85

TABEL 3 DATA INPUT/OUTPUT
TEGANGAN V_o terukur (volt)

V_i (volt)	V_o teori (volt)	V_o terukur
-0,7	7	7,1
-0,6	6	6,2
-0,5	5	5,3
-0,4	4	4,2
-0,3	3	3,1
-0,2	2	2,3
-0,1	1	1,5
0	0	0,15
0,1	-1	-1,7
0,2	-2	-2,4
0,3	-3	-3,3
0,4	-4	-4,2
0,5	-5	-5,2
0,6	-6	-6,2
0,7	-7	-7,3

TABEL 4 DATA IN/OUT UNTUK RF DAN RIN SANGAT RENDAH ($0,39 \Omega$ & $0,039\Omega$)

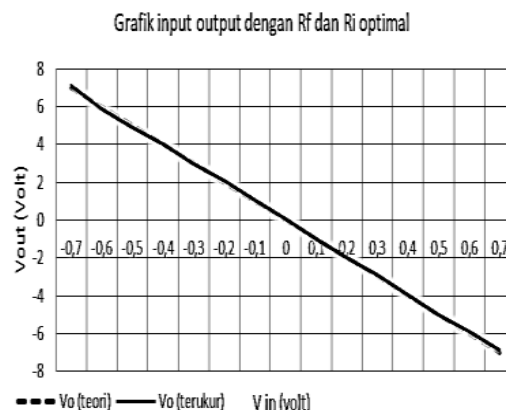
Vi (volt)	Vo teori (volt)	Vo terukur (volt)
-0,7	7	0,15
-0,6	6	0,15
-0,5	5	0,1
-0,4	4	0,1
-0,3	3	0,1
-0,2	2	0,1
-0,1	1	0,1
0	0	0,05
0,1	-1	-0,05
0,2	-2	-0,05
0,3	-3	-0,1
0,4	-4	-0,1
0,5	-5	-0,1
0,6	-6	-0,15
0,7	-7	-0,15

TABEL 5 DATA IN/OUT UNTUK RF DAN RIN SANGAT TINGGI ($39 M\Omega$ & $39 M\Omega$)

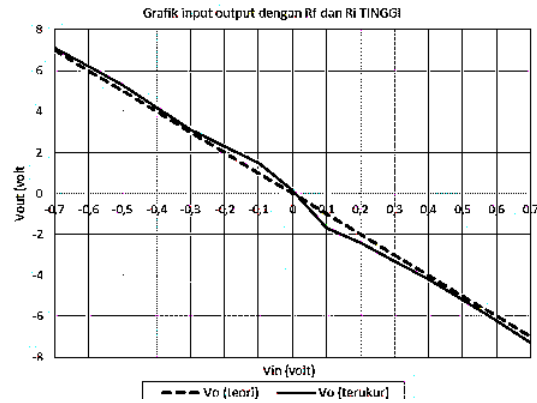
Vi (volt)	Vo teori (volt)	Vo terukur (volt)
-0,7	7	7,1
-0,6	6	6,2
-0,5	5	5,3
-0,4	4	4,2
-0,3	3	3,1
-0,2	2	2,3
-0,1	1	1,5
0	0	0,15
0,1	-1	-1,7
0,2	-2	-2,4
0,3	-3	-3,3
0,4	-4	-4,2
0,5	-5	-5,2
0,6	-6	-6,2
0,7	-7	-7,3

4.2 Pembahasan

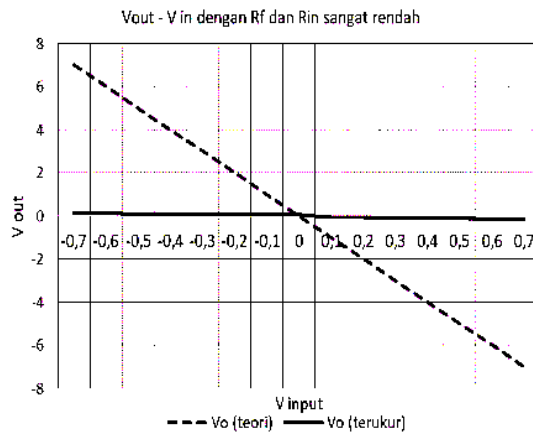
Tabel 2 sampai Tabel 5 memperlihatkan hasil pengukuran V_{out} dari penguat Inverting dengan nilai R_f dan R_{in} yang berbeda. Untuk gambar rangkaian semua adalah sama seperti Gbr 6 kecuali berbeda pada nilai R_f dan R_{in} sesuai dengan nilai yang tertera pada masing masing tabel. Jika dari masing-masing tabel tersebut digambar grafik respon, maka akan terlihat seperti Gambar 6 sampai Gambar 9.



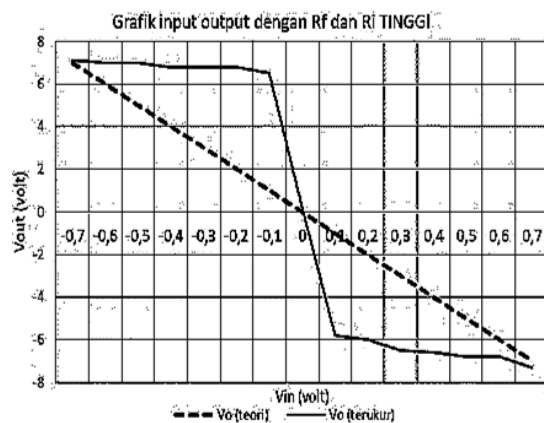
GAMBAR 6 RESPON INPUT OUTPUT PENGUAT INVERTING DENGAN R_f DAN R_{in} OPTIMAL



GAMBAR 7 RESPON INPUT OUTPUT Penguat Inverting dengan Rf dan Rin TINGGI



GAMBAR 8 RESPON INPUT OUTPUT Penguat Inverting dengan Rf dan Rin SANGAT TINGGI



GAMBAR 9 RESPON INPUT OUTPUT Penguat Inverting dengan Rf dan Rin SANGAT RENDAH

Gambar 6 memperlihatkan respon input output dengan R_f dan R_{in} OPTIMAL, ($R_f : 39 \text{ k}\Omega$, $R_{in} : 3,9 \text{ k}\Omega$) Garis putus-putus adalah respon ideal dan garis tebal adalah respon output penguat. Respon output sangat mendekati respon ideal dengan tingkat error sangat rendah. Error pada output positif sekitar (+) 2% dan error negatif (-) 3,4 %. Fungsi penguatan dan fungsi inverting berfungsi dengan baik.

Gambar 7 memperlihatkan respon input output dengan R_f dan R_{in} TINGGI. Nilai tinggi diambil 100x dari nilai OPTIMAL ($R_f:3,9 \text{ M}\Omega$, $R_{in} : 390 \text{ k}\Omega$). Dengan R_f dan R_{in} tinggi, respon cukup baik pada input tinggi ($>0,3 \text{ Volt}$) dengan tingkat error 4%, sementara untuk input rendah ($<0,3 \text{ V}$) error cukup besar. (35%)

Gambar 8 memperlihatkan respon input output dengan R_f dan R_{in} SANGAT TINGGI. Nilai tinggi diambil 1000x dari nilai OPTIMAL ($R_f:39 \text{ M}\Omega$, $R_{in} : 3,9 \text{ m}\Omega$). Dengan R_f dan R_{in} SANGAT tinggi, respon sangat tidak memenuhi syarat sebagai penguat dimana respon output selalu pada posisi saturasi, meskipun fungsi invert masih berfungsi.

Gambar 9 memperlihatkan respon input output dengan R_f dan R_{in} SANGAT RENDAH. Nilai tinggi diambil 0,001x dari nilai OPTIMAL ($R_f:0,39\Omega$, $R_{in} : 0,039\Omega$). Dengan R_f dan R_{in} sangat rendah, respon tidak memenuhi syarat sebagai penguat karena output selalu pada kondisi rendah. Rangkaian ini hanya menyerupai buffer inverter.

Dari gambar 6 sampai gambar 9 sangat jelas terlihat respon output yang terbaik adalah jika dipilih R_f dan R_{in} dengan nilai Optimal. Dengan R_f dan R_{in} dengan nilai tinggi s/d 100x nilai optimal, respon penguat masih cukup baik untuk nilai input tinggi.

5. PENUTUP

Nilai R_f dan R_{in} tidak bisa dipilih dengan nilai yang sangat besar dan sangat kecil. Nilai R_f dan R_{in} yang sangat besar menyebabkan penguat beroperasi pada daerah jenuh dan berada pada daerah saturasi dan jika dipilih R_f dan R_{in} yang terlalu kecil akan menyebabkan penguat beroperasi seperti buffer.

Pemilihan R_f dan R_{in} harus mengacu pada data sheet masing-masing IC

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Dalu Setiaji ,*Gain Minimum untuk Menjaga Stabilitas Non-inverting Amplifier Op Amp yang Berbeban Kapasitif* ,
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga
- [2] *CMOS BASED CURRENT FEEDBACK OP-AMP WITH IMPROVED BANDWIDTH*
Akshay Dubey Research Scholar, Electronics Engineering department,
Institute of Engineering and Technology, Lucknow, India
- [3] Bruce Carter and Thomas R. Brown ,*HANDBOOK OF OPERATIONAL AMPLIFIER APPLICATIONS* , *Application Report, Texas instrument 2016*
- [4] Stout Dafid F , *Handbook of Operational Amplifier Circuit Design*, McGraw Hill, 1976