

**DESAIN DAN PENGUJIAN SCHALE CHANGER, ADDER DAN
DIFFERENSIATOR DENGAN OP-AMP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat Untuk memperoleh gelar sarjana Pada Jurusan Teknik
Elektro**



Disusun Oleh :

Nama : Dadang

No. Mhs : 00 524 083

JURUSAN TEKNIK ELEKTROFAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2011

**DESAIN DAN PENGUJIAN SCHALE CHANGER, ADDER DAN
DIFFERENSIATOR DENGAN OP-AMP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Elektro**



Disusun Oleh :

Nama : Dadang

No. Mhs : 00 524 083

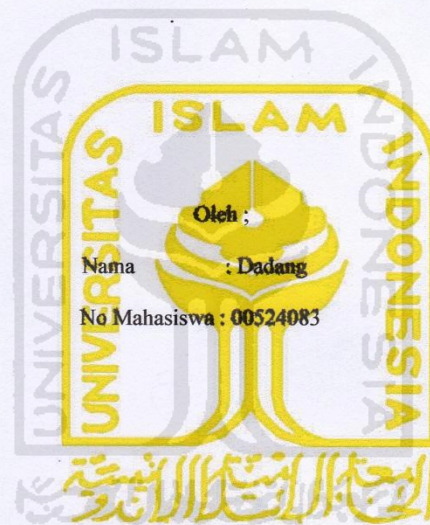
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2011

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Op-amp Untuk Berbagai Macam Aplikasi

TUGAS AKHIR



Yogyakarta,

Pembimbing I

Tito Yuwono,ST.,M.Sc

Pembimbing II

Medilla Kusriyanto,ST.,cm.ENG

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

(DESAIN DAN PENGUJIAN SCHALE CHANGER, ADDER DAN DIFFERENSIATOR DENGAN OP-AMP)

TUGAS AKHIR



Oleh:

Nama : Dadang
No Mahasiswa: 00 524 083

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Agustus 2011

Tim penguji

Tito Yuwono, ST, M.sc
Ketua

Ir. Hj. Budi Astuti, MT
Anggota I

Dwi Ana Ratna Wati, ST, M.Eng
Anggota II





Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro
Universitas Islam Indonesia



(Tito Yuwono, ST, M.sc)

MOTTO

Bacalah dengan nama tuhanmu yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah yang Maha Pemurah. Yang mengajarkam dengan Qalam. Dialah yang mengajar manusia yang belum diketahui.

(Al 'Alaq : 1 - 5)

Ibadah itu adalah buah dari ilmu, satu - satunya manfaat yang bisa dipetik dari usia, hasil usaha dari hamba - hamba Nya yang istikamah, mutiara berharga dari para aulia, jalan yang ditempuh para ahli takwa, bagian untuk mereka yang mulia, tujuan orang - orang yang berhikma, syi,ar dari golongan yang terhormat, pekerjaan arang - orang yang berani berkata jujur, pilihan dari mereka yang waspada, dan satu - satunya jalan menuju surga

(imam Al-Ghazali)

Masa lalu sudah berlalu selamanya, dan apa yang menjadi harapan ada di masa yang belum terlihat, jadi yang anda miliki hanyalah saat ini.

(Albert Einstein)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamulaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, berkat ridlo-Nya saya dapat menyelesaikan dengan baik penyusunan tugas akhir (TA) dengan judul **“Desain dan Pengujian Scadle Changer, Adder dan Differentiator dengan Op-amp”** dan tidak lupa juga kita berikan shalawat serta salam pada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Adapun maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi kurikulum S-1 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Disamping itu untuk menambah pengetahuan terhadap ilmu yang telah dipelajari di bangku perkuliahan untuk diterapkan ke masyarakat.

Dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang memberikan bantuan dan dukungan, maka penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Tito Yuwono, ST, M.sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan Dosen Pembimbing I.
2. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu dan memberikan dorongan pada penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Bapak Medilla Kusriyanto, ST, M.Eng, Selaku Dosen Pembimbing II.

4. Ibu Ir. Hj. Budi Astuti, MT. Selaku Dosen Penguji
5. Segenap dosen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya.
6. Abah, Ma, Ceuceu dan saudara-saudaraku yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik moril maupun spiritual dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Istriku (Egri Widya Riany S.pd) dan Anakku (Gika Damar Wicaksana) Terkasih yang selalu mendukung dan menemaniku dalam suka dan duka.
8. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2000 Universitas Islam Indonesia.
9. Semua pihak yang telah turut membantu penyusunan tugas akhir yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan kesalahan baik dalam penulisan maupun bentuk lainnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan harapan penulisan berikutnya menjadi lebih baik.

Akhir kata besar harapan penulis agar laporan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk masa yang akan datang.

Wassalamulaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2011

Penyusun,

Dadang

ABSTRAKSI

Op-amp untuk berbagai macam aplikasi merupakan modul untuk pembelajaran tentang manfaat Op-amp. Sesuai dengan konsepnya modul ini digunakan untuk pembelajaran Op-amp yaitu Op-amp sebagai *scale changer*, *adder*, dan *diferensiator*. Dalam pembelajaran Op-amp masukan adalah sinyal berupa tegangan dengan variasi bentuk gelombang menggunakan AFG, Op-amp sebagai pengolah dan keluarannya masih berupa signal yang sudah mengalami pemrosesan dilihat dengan *osiloskop*. Op-amp untuk berbagai macam aplikasi tersebut menggunakan seri Op-amp LM741. Rangkaian Op-amp *scale changer input* berupa gelombang kotak dimasukkan ke Op-amp, keluarannya berupa gelombang kotak dengan perubahan amplitudo. Op-amp sebagai *diferensiator input* berupa gelombang gigi gergaji masuk ke Op-amp keluaran berupa gelombang gigi kotak/ fungsi diferensial. Op-amp sebagai *adder*, masukan berupa beberapa tegangan masuk ke Op-amp, keluaran adalah penjumlahan dari beberapa tegangan input

Kata kunci : Op-amp, *Scale changer*, *Adder*, *Diferensiator*.



TAKARIR

Op Amp

Salah satu komponen elektronika yang sangat banyak manfaatnya. Salah satunya sebagai penguat

Adder

Rangkaian penjumlah

Rangkaian differensiator

Rangkaian aplikasi dari rumusan matematika yang dapat dimainkan (dipengaruhi) dari kerja kapasitor

LM741

Operational amplifiers yang mempunyai kemampuan standart industry

Resistor

Komponen dua saluran yang didesain untuk menahan [arus listrik](#) dengan memproduksi penurunan [tegangan](#)

Identifikasi empat pita

Skema kode warna yang paling sering digunakan

kapasitor

Suatu alat yang dapat [menyimpan energi](#) di dalam [medan listrik](#), dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari [muatan listrik](#)

Rangkaian differensiator

Rangkaian aplikasi dari rumusan matematika yang dapat dimainkan (dipengaruhi) dari kerja kapasitor

Modulasi

Suatu proses yang mengubah sinyal digital menjadi analog.

Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah pulsa/getaran dalam waktu 1 detik dengan rumus $f = 1/T$.

dimana T adalah periode

Periode

Periode adalah waktu untuk 1 gelombang penuh atau waktu 1 pulsa rumusnya $T = 1/f$,

dimana f adalah frekuensi.

AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*)

Salah satu jenis mikrokontroler dengan arsitektur RISC

Amplifier

Merupakan penguat frekuensi. Osilator

Osilator adalah pembangkit sinyal *clock*.

IC (Integrated Circuit)

Sebuah alat yang didalamnya terdapat rangkaian elektronis dengan fungsi tertentu

Cycle

Kecepatan siklus mesin program

Power supply

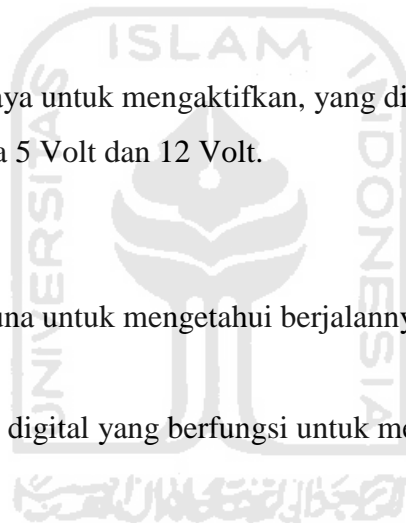
merupakan penghasil catu daya untuk mengaktifkan, yang digunakan dalam pembuatan sistem ini memiliki catu daya 5 Volt dan 12 Volt.

Led

berupa lampu led yang berguna untuk mengetahui berjalannya suatu sistem

Prosesor

Prosesor adalah suatu piranti digital yang berfungsi untuk memproses data



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	vii
TAKARIR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan masalah.....	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	2
1.5. Metodologi Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
5	
2.1. Kajian Pustaka.....	5

2.2. Op Amp.....	5
2.3. Resistor.....	8
2.4. Kapasitor.....	14
BAB III PERANCANGAN.....	19
3.1. Gambaran Umum Sistem	19
3.2. Op Amp Sebagai <i>Scale Changer</i>	20
3.3. Op amp Sebagai <i>Adder</i>	22
3.4. Op Amp sebagai <i>Differensiator</i>	25
3.5. <i>Power Supply</i>	28
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS KINERJA SISTEM	31
4.1. Metode Pengujian.....	31
4.2. Pengujian Rangkaian Op Amp Sebagai <i>Scale Changer</i>	31
4.3. Pengujian Rangkaian Op Amp Sebagai <i>Adder</i>	34
4.4. Pengujian Rangkaian Op Amp Sebagai <i>Differensiator</i>	36
BAB V PENUTUP.....	39
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran.....	39

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Berbagai Jenis Kapasitor.....	16
Tabel 3.1. Variasi Resistor Untuk Percobaan	20



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Dasar Op-amp Sederhana.....	6
Gambar 2.2.	Contoh Rangkaian Diferensial Amplifier yang Menjadi Op-amp	6
Gambar 2.3.	Susunan Pin LM741.....	8
Gambar 2.4.	Resistor.....	9
Gambar 2.5.	Simbol Resistor.....	9
Gambar 2.6.	Lambang Kondensator Pada Skema Elektronik.....	14
Gambar 2.7.	Lambang Kapasitor Pada Skema Elektronik.....	14
Gambar 3.1.	Diagram Blok Sistem.....	17
Gambar 3.2.	Inverting Amplifier.....	18
Gambar 3.3.	Rangkaian Inverting Amplifier.....	19
Gambar 3.4.	Modul Inverting Amplifier.....	19
Gambar 3.5.	Rangkaian Penjumlah Dengan Hasil Negatif.....	21
Gambar 3.6.	Rangkaian Adder Untuk Percobaan.....	22
Gambar 3.7.	Modul Adder.....	22
Gambar 3.8.	Rangkaian Differensiator Op-amp.....	23
Gambar 3.9.	Out put dari Rangkaian Differensiator Op-amp.....	24
Gambar 3.10.	Sinyal Out put Rangkaian Differensiator Op-amp.....	25
Gambar 3.11	Rangkaian Differensiator Untuk Percobaan.....	25
Gambar 3.12.	Modul Differensiator.....	26
Gambar 3.13.	Rangkaian Power Supply.....	27
Gambar 4.1.	Gelombang Input Rangkaian Scale Changer.....	29
Gambar 4.2.	Gelombang Out put Rangkaian Scale Changer.....	30
Gambar 4.3.	Gelombang Input Rangkaian Op-amp Sebagai Adder.....	32
Gambar 4.4.	Gelombang Out put Rangkaian Op-amp Sebagai Adder.....	33
Gambar 4.5	Gelombang Kotak Out put Rangkaian Op-amp Sebagai Differensiator Dengan Input Gelombang Gigi Gergaji.....	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan digital dewasa ini semakin pesat. Berbagai macam jenis *mikrokontroler, peripheral* maupun IC-IC Digital semakin mempermudah para praktisi dalam membuat sebuah disain. Walau demikian teknologi analog tetap tidak dapat ditinggalkan. Beberapa aplikasi tertentu seperti sensor dan alat ukur seringkali masih membutuhkan teknologi analog.

Dalam pembuatan bermacam aplikasi yang menggunakan sensor sangat dibutuhkan suatu penguat. Penguatan digunakan karena keluaran dari sensor terlalu kecil, atau bisa juga dikarenakan untuk pembuatan alat yang mengharuskan ketelitian atau resolusi yang tinggi.

Op Amp adalah salah satu komponen elektronika yang sangat banyak manfaatnya. Salah satunya sebagai penguat.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mewujudkan tercapainya pembuatan maka dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun dan merealisasikan suatu Op Amp untuk berbagai macam aplikasi?
2. Bagaimana unjuk kerja Op Amp untuk Berbagai macam aplikasi?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam laporan tugas akhir ini tidak menyimpang dari judul yang telah ditetapkan maka perlu ditetapkan pokok-pokok permasalahan yang akan dibahas, aplikasi op amp yang dibuat sebanyak 3 buah yang kegunaannya untuk praktikum di laboratorium, dan modul sudah tersedia di lab elektro UII

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah merancang dan merealisasikan sebuah perangkat keras (*hardware*) Op Amp untuk Berbagai macam aplikasi

1.5 Metodologi Penelitian

Penyusunan Tugas Akhir ini mempunyai metodologi penelitian yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Mendesain sistem yang akan dibuat
2. Membangun hardware dari sistem tersebut
3. Pengujian dan analisa kerja alat dengan berdasarkan pada data yang telah didapat dari hasil pengujian

1.6 Sistematika Penulisan

Sistem pembahasan tidak jauh berbeda dengan metodologi yang digunakan dan penulis membagi pembahasan menurut metodologinya seperti berikut

Bab I Merupakan Bab Pendahuluan, yang berisikan penjelasan latar belakang masalah, menjelaskan permasalahan yang dihadapi dan penyelesaian yang diambil, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, yang menjelaskan tentang rancangan sistem yang akan dibuat, serta yang terakhir menjelaskan tentang sistematika pembahasan.

Bab II Merupakan Bab Dasar Teori yang berisikan dasar-dasar sistem kerja dari komponen pokok yang digunakan, mendukung pembuatan sistem yang berkenaan dengannya.

Bab III Merupakan Bab Perancangan Sistem, yang membahas tentang perancangan rangkaian, baik perangkat keras yang digunakan untuk membentuk sistem.

Bab IV Merupakan Bab Pengamatan dan Analisis Data, yang membahas perihal hasil-hasil pengamatan yang diperoleh dari uji coba peralatan (perangkat-keras).

Bab V Merupakan Bab Penutup, yang merupakan kesimpulan yang diambil dari perangkat keras yang digunakan dan saran-saran guna perbaikan dan pengembangan alat ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

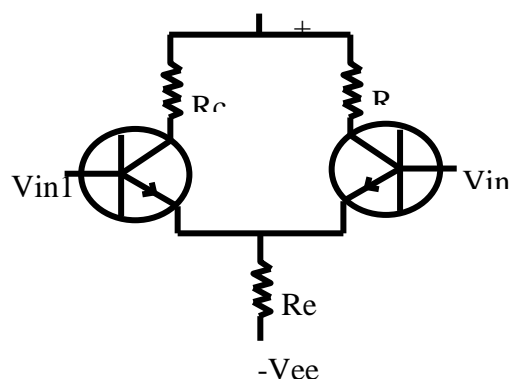
Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya “Disain Penguat Operasional (Op-Amp) Dua Stage Untuk Aplikasi Adc Sigma Delta ($\Sigma\Delta$) Dengan Kecepatan Tinggi Menggunakan CMOS Teknologi Ams 0,35 μm ” (Joko Pramono 2009) yang mengacu pada eksperimen dengan simulasi perangkat lunak mentor graphic Terdapat dua tahap disain, yang pertama perancangan rangkaian op-amp dua stage dan kedua desain *lay-out chip* op-amp dua stage. Disain op-amp dua stage dengan menggunakan CMOS teknologi AMS 0,35 μm yang bertujuan untuk pengembangan pada penguatan terbuka $<60\text{dB}$, lebar pita frekuensi $>250\text{MHz}$, tegangan OS $\approx 0\text{V}$, konsumsi daya $<10\text{mW}$ dan tegangan kerja 3,3V untuk ADC Sigma-Delta ($\Sigma\Delta$) 8-bit.

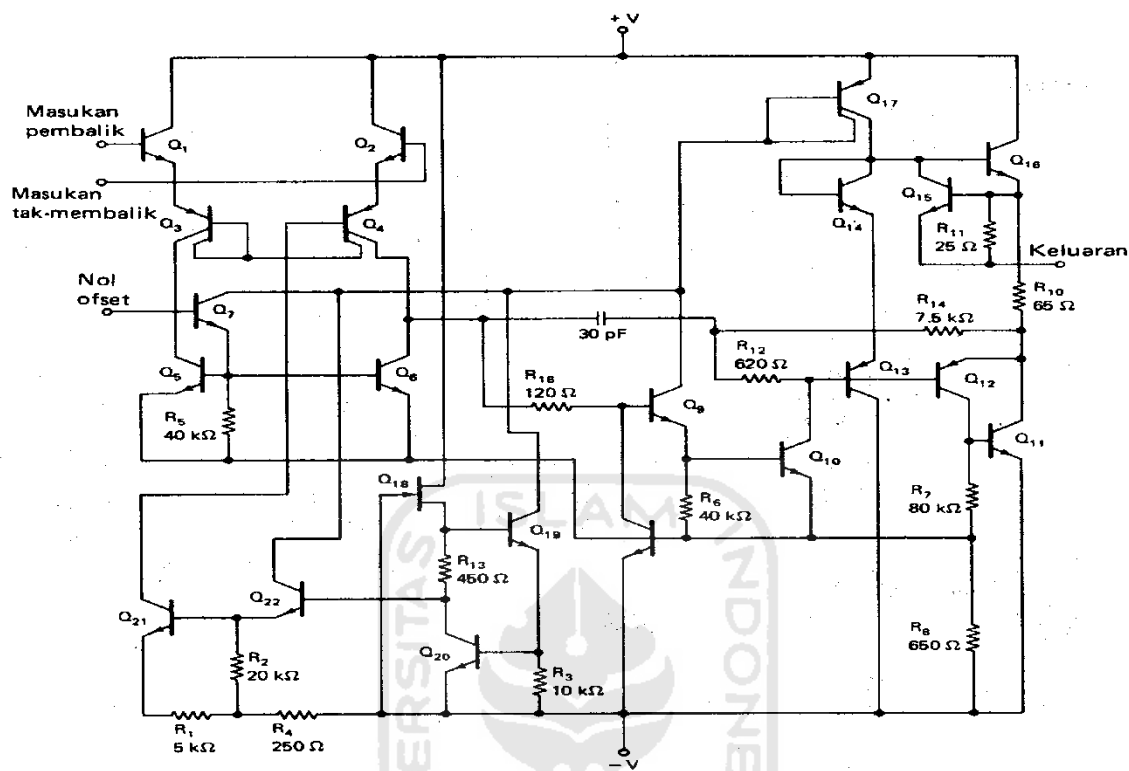
Belakangan ini, penelitian dalam rangka peningkatan kemampuan sistem digital dengan teknologi CMOS terus berjalan. CMOS mempunyai kelebihan utama bila dibandingkan dengan bipolar, bahwa CMOS mempunyai peluang besar dalam kemudahan pembuatan pada satu chip. Adanya permintaan pasar yang tinggi terhadap perangkat digital, membuat konverter analog ke digital mulai banyak dikembangkan dan terbuka pada kecepatan, resolusi dan konsumsi daya rendah. Melihat dari arsitektur ADC banyak membutuhkan penguat operasional (op-amp) sebagai proses pensaklaran kapasitor dan *sampling-hold*. Melihat

permasalahan diatas diperlukan sebuah penguat operasional (op-amp) yang mempunyai penguatan terbuka, lebar bandwidth dan konsumsi daya, dengan menggunakan komponen PMOS dan NMOS untuk dapat diaplikasikan pada ADC. Spesifikasi dari ADC yang di pilih jenis pipeline. karena ADC ini ditanamkan bersama kamera kecepatan tinggi, sehingga kecepatan ADC min 50MSPS dengan resolusi 8-bit. Kebutuhan spesifikasi op-amp dengan teknologi CMOS untuk mendukung ADC sigma delta adalah penguatan terbuka min 60dB dan bandwidth 158,4MHz. Untuk itu didisain penguat operasional (op-amp) dengan topologi dua stage dengan teknologi CMOSAMS 0,35 μ m dengan tools mentor graphic.

2.2 Op Amp

Operasional Amplifier berasal dari rangkaian differensial transistor yaitu dari rangkaian dengan 2 input dan 2 output dengan supply ganda yang seperti pada gambar 2.1. Rangkaian ini adalah sebagai pembeda atau pembanding dari referensi input yang lainnya. Karena tersusun dari transistor, maka perlu dibicarakan banyak sekali tentang arus kolektor, arus basis dan H_{fe} serta H_{ie} , penguatan tegangan dan penguatan arusnya, serta banyak lagi yang harus dipertimbangkan dalam membuat rangkaian differensial ini. Kelanjutan untuk melengkapi rangkaian pengamanan arus lebih, serta penambahan dan pengurangan untuk setting sinyal outputnya dalam rangkaian differensial amplifier dan lainnya ini, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 yang menerangkan tentang fasilitas rangkaian differensial amplifier sebagai dasar asal usul op-amp.





Gambar 2.1 Dasar Rangkaian Op-amp sederhana

Gambar 2.2 Contoh Rangkaian Differensial Amplifier yang menjadi Op-Amp.

Operasional Amplifier (Op-amp) mempunyai 2 macam input (inverting dan non inverting) dan sebuah output, sedangkan yang lainnya adalah seperti setting tegangan, kaki tegangan supply, dan lain lain. Op-amp yang ideal mempunyai sifat :

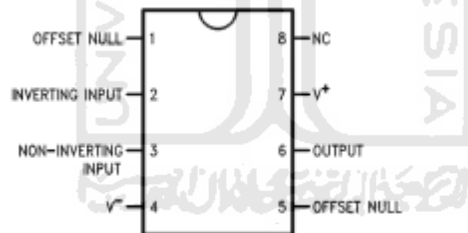
- penguatnya sangat besar
- tahanan inputnya sangat kecil, sehingga tegangan input sangat kecil
- tahanan outputnya sangat besar, sehingga tegangan outputnya sangat besar

Tegangan output suatu rangkaian op-amp paling maksimum adalah tegangan jenuh dari tegangan supply. Artinya bila tegangan supply +15Volt dan -15Volt, maka tegangan jenuhnya sekitar +13Volt dan -13Volt. Penguatan sangat besar misalnya 200.000 kali lebih, misal bila tegangan

satuarasinya 13Volt maka selisih tegangan input inverting dengan non inverting adalah $13/200.000 = 65\text{mikroVolt}$. Jadi artinya tegangan input sangat kecil adalah dari selisih antara inverting dan noninverting, Bila hasil selisih negatif, maka negatif tersebut akan dikuatkan sebesar 200.000 kali. Karena mendapatkan tegangan dalam range mikroVolt (μV) sangat sulit karena dengan hanya menyentuh inputnya saja akan timbul perbedaan tegangan, maka hal tersebut diabaikan dan dianggap op-amp adalah ideal untuk membandingkan tegangan masukannya.

2.2 LM 741

LM741 adalah Operational amplifiers yang mempunyai kemampuan standart industri. Fungsi LM741 dapat menggantikan IC operational amplifiers jenis lain diantaranya 709C,lm201, MC1439 dan 748 dalam berbagai macam rangkaian



Gambar 2.3 Susunan pin LM741

Fungsi masing masing pin LM71 sebagai berikut

1. Offset null
2. Inverting input, fungsinya sebagai input dengan hasil dibalik (inverting)
3. Non Inverting input fungsinya sebagai input tanpa pembalik
4. $-V$ tegangan – op amp
5. Offset Null

6. Output, keluaran op amp 741
7. V+ tegangan + op amp
8. NC , pin tidak digunakan

2.3 Resistor

Resistor adalah [komponen elektronik](#) dua saluran yang didesain untuk menahan [arus listrik](#) dengan memproduksi penurunan [tegangan](#) di antara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya, berdasarkan [hukum Ohm](#):

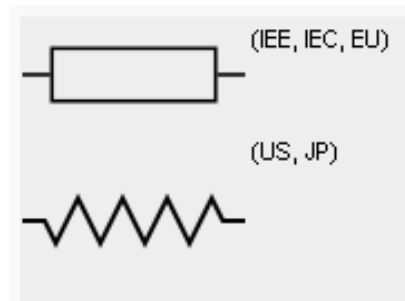
$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.1) \text{ dan } (2.2)$$

Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaring elektronik dan [sirkuit elektronik](#), dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam kompon dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti [nikel-kromium](#)). Karakteristik utama dari resistor adalah [resistansinya](#) dan [daya listrik](#) yang dapat diboroskan. Karakteristik lain termasuk [koefisien suhu](#), [desah listrik](#), dan [induktansi](#).



Gambar 2.4 Resistor



Gambar 2.5 Simbol Resistor

Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan [papan sirkuit cetak](#), bahkan [sirkuit terpadu](#). Ukuran dan letak kaki bergantung pada desain sirkuit, resistor harus cukup besar secara fisik agar tidak menjadi terlalu panas saat memboroskan daya.

Penandaan resistor

Resistor aksial biasanya menggunakan pola pita warna untuk menunjukkan resistansi. Resistor pasang-permukaan ditandas secara numerik jika cukup besar untuk dapat ditandai, biasanya resistor ukuran kecil yang sekarang digunakan terlalu kecil untuk dapat ditandai. Kemasan biasanya cokelat muda, cokelat, biru, atau hijau, walaupun begitu warna lain juga mungkin, seperti merah tua atau abu-abu.

Resistor awal abad ke-20 biasanya tidak diisolasi, dan dicelupkan ke cat untuk menutupi seluruh badan untuk pengkodean warna. Warna kedua diberikan pada salah satu ujung, dan sebuah titik (atau pita) warna di tengah memberikan digit ketiga. Aturannya adalah "badan, ujung, titik" memberikan urutan dua digit resistansi dan pengali desimal. Toleransi dasarnya adalah $\pm 20\%$.

Resistor dengan toleransi yang lebih rapat menggunakan warna perak ($\pm 10\%$) atau emas ($\pm 5\%$) pada ujung lainnya.

Identifikasi empat pita

Identifikasi empat pita adalah skema kode warna yang paling sering digunakan. Ini terdiri dari empat pita warna yang dicetak mengelilingi badan resistor. Dua pita pertama merupakan informasi dua digit harga resistansi, pita ketiga merupakan pengali (jumlah nol yang ditambahkan setelah dua digit resistansi) dan pita keempat merupakan toleransi harga resistansi. Kadang-kadang pita kelima menunjukkan koefisien suhu, tetapi ini harus dibedakan dengan sistem lima warna sejati yang menggunakan tiga digit resistansi.

Sebagai contoh, hijau-biru-kuning-merah adalah $56 \times 10^4 \Omega = 560 \text{ k}\Omega \pm 2\%$. Deskripsi yang lebih mudah adalah: pita pertama, hijau, mempunyai harga 5 dan pita kedua, biru, mempunyai harga 6, dan keduanya dihitung sebagai 56. Pita ketiga, kuning, mempunyai harga 10^4 , yang menambahkan empat nol di belakang 56, sedangkan pita keempat, merah, merupakan kode untuk toleransi $\pm 2\%$, memberikan nilai 560.000Ω pada keakuratan $\pm 2\%$

Warna	Pita pertama	Pita kedua	Pita ketiga (pengali)	Pita keempat (toleransi)	Pita kelima (koefisien suhu)
Hitam	0	0	$\times 10^0$		
Cokelat	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
Merah	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
Oranye	3	3	$\times 10^3$		15 ppm

Kuning	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Hijau	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
Biru	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
Ungu	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
Abu-abu	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
Putih	9	9	$\times 10^9$		
Emas			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$ (J)	
Perak			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$ (K)	
Kosong				$\pm 20\%$ (M)	

Identifikasi lima pita

Identifikasi lima pita digunakan pada resistor presisi (toleransi 1%, 0.5%, 0.25%, 0.1%), untuk memberikan harga resistansi ketiga. Tiga pita pertama menunjukkan harga resistansi, pita keempat adalah pengali, dan yang kelima adalah toleransi. Resistor lima pita dengan pita keempat berwarna emas atau perak kadang-kadang diabaikan, biasanya pada resistor lawas atau penggunaan khusus. Pita keempat adalah toleransi dan yang kelima adalah koefisien suhu.

Resistor pasang-permukaan

Resistor pasang-permukaan dicetak dengan harga numerik dengan kode yang mirip dengan kondensator kecil. Resistor toleransi standar ditandai dengan kode tiga digit, dua pertama

menunjukkan dua angka pertama resistansi dan angka ketiga menunjukkan pengali (jumlah nol).

Contoh:

$$"334" = 33 \times 10.000 \text{ ohm} = 330 \text{ KOhm}$$

$$"222" = 22 \times 100 \text{ ohm} = 2,2 \text{ KOhm}$$

$$"473" = 47 \times 1.000 \text{ ohm} = 47 \text{ KOhm}$$

$$"105" = 10 \times 100.000 \text{ ohm} = 1 \text{ MOhm}$$

Resistansi kurang dari 100 ohm ditulis: 100, 220, 470. Contoh:

$$"100" = 10 \times 1 \text{ ohm} = 10 \text{ ohm}$$

$$"220" = 22 \times 1 \text{ ohm} = 22 \text{ ohm}$$

Kadang-kadang harga-harga tersebut ditulis "10" atau "22" untuk mencegah kebingungan.

Resistansi kurang dari 10 ohm menggunakan 'R' untuk menunjukkan letak titik desimal. Contoh:

$$"4R7" = 4.7 \text{ ohm}$$

$$"0R22" = 0.22 \text{ ohm}$$

$$"0R01" = 0.01 \text{ ohm}$$

Resistor presisi ditandai dengan kode empat digit. Dimana tiga digit pertama menunjukkan harga resistansi dan digit keempat adalah pengali. Contoh:

$$"1001" = 100 \times 10 \text{ ohm} = 1 \text{ kohm}$$

$$"4992" = 499 \times 100 \text{ ohm} = 49,9 \text{ kohm}$$

$$"1000" = 100 \times 1 \text{ ohm} = 100 \text{ ohm}$$

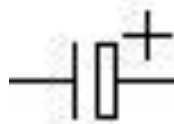
"000" dan "0000" kadang-kadang muncul sebagai harga untuk resistor nol ohm

Resistor pasang-permukaan saat ini biasanya terlalu kecil untuk ditandai.

2.4 Kapasitor

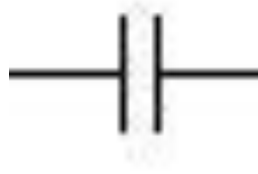
Kondensator atau sering disebut sebagai **kapasitor** adalah suatu alat yang dapat [menyimpan energi](#) di dalam [medan listrik](#), dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari [muatan listrik](#). Kondensator memiliki satuan yang disebut [Farad](#) dari nama [Michael Faraday](#). Kondensator juga dikenal sebagai "kapasitor", namun kata "kondensator" masih dipakai hingga saat ini. Pertama disebut oleh [Alessandro Volta](#) seorang ilmuwan [Italia](#) pada tahun [1782](#) (dari bahasa Itali *condensatore*), berkenaan dengan kemampuan alat untuk menyimpan suatu muatan listrik yang tinggi dibanding komponen lainnya. Kebanyakan bahasa dan negara yang tidak menggunakan [bahasa Inggris](#) masih mengacu pada perkataan bahasa Italia "condensatore", [bahasa Perancis](#) *condensateur*, [Indonesia](#) dan [Jerman](#) *Kondensator* atau [Spanyol](#) *Condensador*.

Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu [positif](#) dan [negatif](#) serta memiliki cairan [elektrolit](#) dan biasanya berbentuk tabung.



Gambar 2.6 Lambang kondensator (mempunyai kutub) pada skema elektronika.

Sedangkan jenis yang satunya lagi kebanyakan nilai kapasitansya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif atau negatif pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau dan lainnya seperti tablet atau kancing baju.



Gambar 4.7Lambang kapasitor (tidak mempunyai kutub) pada skema elektronika.

Namun kebiasaan dan kondisi serta [artikulasi bahasa](#) setiap negara tergantung pada masyarakat yang lebih sering menyebutkannya. Kini kebiasaan orang tersebut hanya menyebutkan salah satu nama yang paling dominan digunakan atau lebih sering didengar. Pada masa kini, kondensator sering disebut kapasitor (*capacitor*) ataupun sebaliknya yang pada ilmu elektronika disingkat dengan huruf (C).

Satuan dari kapasitansi kondensator adalah *Farad* (F). Namun Farad adalah satuan yang terlalu besar, sehingga digunakan:

- Pikofarad (pF) = $1 \times 10^{-12} F$
- Nanofarad (nF) = $1 \times 10^{-9} F$
- Microfarad (μF) = $1 \times 10^{-6} F$

Kapasitansi dari kondensator dapat ditentukan dengan rumus:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \dots\dots\dots(2.3)$$

C : Kapasitansi

ϵ_0 : permitivitas hampa

ϵ_r : permitivitas relatif

A : luas pelat

d :jarak antar pelat/tebal *dielektrik*

Adapun cara memperbesar kapasitansi kapasitor atau kondensator dengan jalan:

1. Menyusunnya berlapis-lapis.
2. Memperluas permukaan variabel.
3. Memakai bahan dengan daya tembus besar.

Karakteristik Kondensator

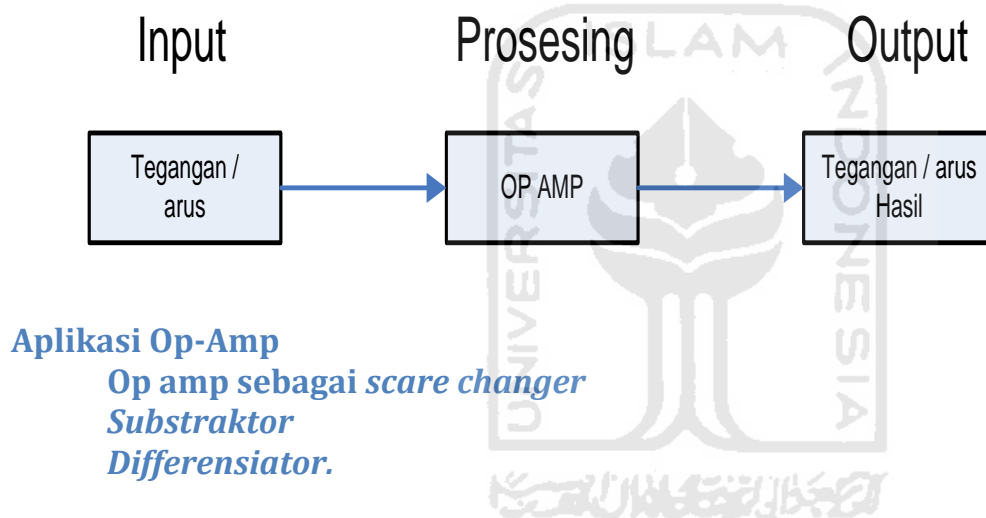
Tipe	Jangkauan	Toleransi (%)	Tegangan AC lazim (V)	Tegangan DC lazim (V)	Koefisien suhu (ppm/C)	Frekuensi pancung f_R (MHz)	Sudut rugi ($\tan \delta$)	Resistansi bocoran (Ω)	Stabilitas
Kertas	10 nF - 10 μ F	$\pm 10\%$	500 V	600 V	300 ppm/C	0,1 MHz	0,01	$10^9 \Omega$	lumayan
Mika perak	5 pF - 10 nF	$\pm 0,5\%$	-	400 V	100 ppm/C	10 MHz	0,0005	$10^{11} \Omega$	Baik sekali
Keramik	5 pF - 1 μ F	$\pm 10\%$	250 V	400 V	30 ppm/C	10 MHz	0,01	$10^8 \Omega$	Baik
Polystyrene	50 pF - 500 nF	$\pm 1\%$	150 V	500 V	-150 ppm/C	10 MHz	0,0005	$10^{12} \Omega$	Baik sekali
Polyester	100 pF - 2 μ F	$\pm 5\%$	400 V	400 V	400 ppm/C	1 MHz	0,001	$10^{11} \Omega$	Cukup
Polypropylene	1 nF - 100 μ F	$\pm 5\%$	600 V	900 V	170 ppm/C	1 MHz	0,0005	$10^{10} \Omega$	Cukup
Elektrolit aluminium	1 μ F - 1 F	$\pm 50\%$	Terpolarisasi	400 V	1500 ppm/C	0,05 MHz	0,05	$10^8 \Omega$	Cukup
Elektrolit tantalum	1 μ F - 2000 μ F	$\pm 10\%$	Terpolarisasi	60 V	500 ppm/C	0,1 MHz	0,005	$10^8 \Omega$	Baik

Tabel 2.1 Karakteristik bermacam kapasitor

BAB III PERANCANGAN

3.1 Gambaran Umum Sistem

Perangkat keras yang akan dibangun adalah modul praktikum untuk mempelajari beberapa macam fungsi dari *Operational amplifiers*. Fungsi op amp yang akan di pelajari adalah Op amp sebagai Penguat inverting, Integrator, Astable multivibrator. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

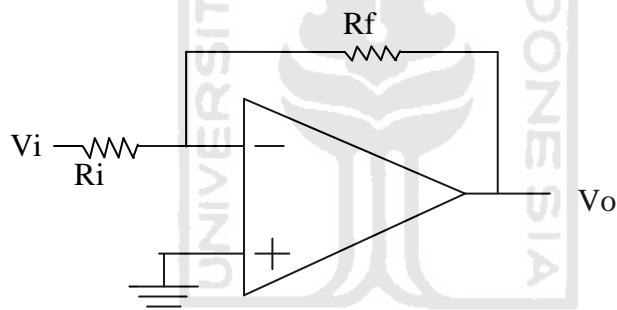
Sistem yang dibuat digunakan untuk percobaan mahasiswa dilaboratorium sehingga mahasiswa mengetahui kegunaan op amp diantaranya op amp sebagai scale changer, substraktor, dan differentiator. Dalam pembuatan sistem ini akan dilengkapi dengan penggunaan secara nyata pada aplikasi dalam kehidupan sehari hari.

3.2 OP-AMP Sebagai *Scale changer*

Op amp sebagai *scale changer* digunakan sebagai penguat sinyal. Op amp *scale changer* yang digunakan adalah *Inverting amplifier* ini. *Inverting amplifier* input dengan outputnya berlawanan polaritas. Jadi ada tanda minus pada rumus penguatannya. Penguatan *inverting amplifier* adalah bisa lebih kecil nilai besaran dari 1, misalnya -0.2 , -0.5 , -0.7 , dst dan selalu negatif. Rumus nya :

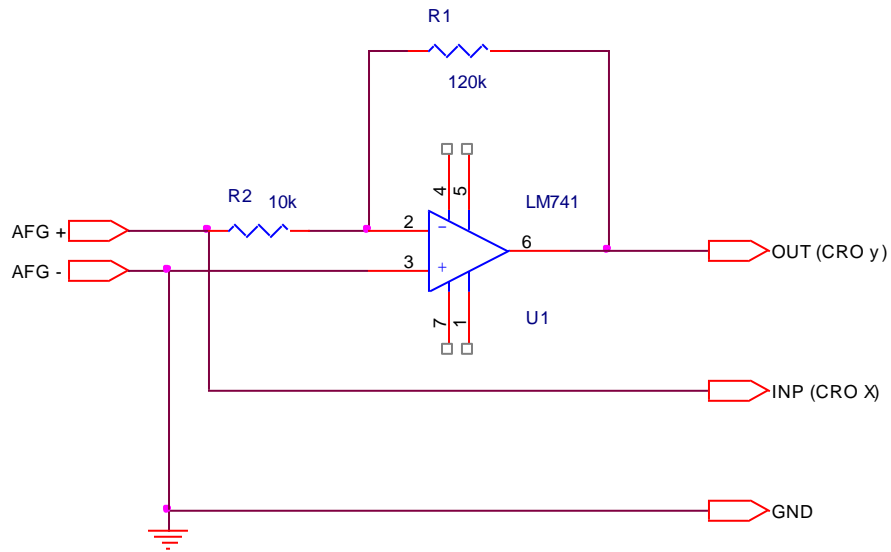
$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} V_i \dots\dots\dots (3.1)$$

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} V_i \dots\dots\dots (3.2)$$

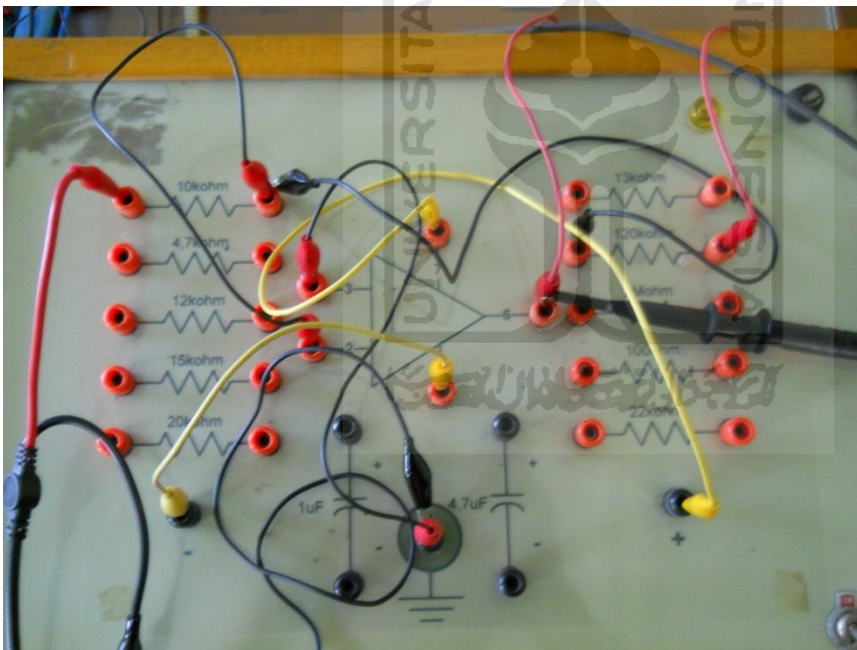


Gambar 3.2 inverting Amplifier

Pada praktikum yang akan dibuat dengan merangkai Op amp sesuai pada Gambar 3.3. Dibutuhkan AFG sebagai input dan keluarannya dibaca menggunakan osiloskop.



Gambar 3.3 Rangkaian inverting Amplifier



Gambar 3.4 Modul inverting Amplifier

R1 dan R2 menggunakan resistor dengan nilai yang berbeda. Ketika berbeda akan menghasilkan penguatan. Nilai resistor yang digunakan R1 nilainya 120 Kohm dan R2 nilainya 10 kohm. Dengan rangkaian yang sama dicoba dengan beberapa perubahan pada nilai resistornya. Melakukan percobaan dengan perubahan harga resistor, sesuai pada Tabel 3.1

Table 3.1 Variasi resistor untuk percobaan

No	R1(kohm)	R2(kohm)
1	10	20
2	10	100
3	10	150
4	10	200

3.3 OP-AMP Sebagai ADDER

Rangkaian penjumlah atau rangkaian *adder* adalah rangkaian penjumlah yang dasar rangkaiannya adalah rangkaian *inverting amplifier* dan hasil outputnya adalah dikalikan dengan penguatan seperti pada rangkaian *inverting*. Pada dasarnya nilai outputnya adalah jumlah dari penguatan masing masing dari *inverting*, seperti :

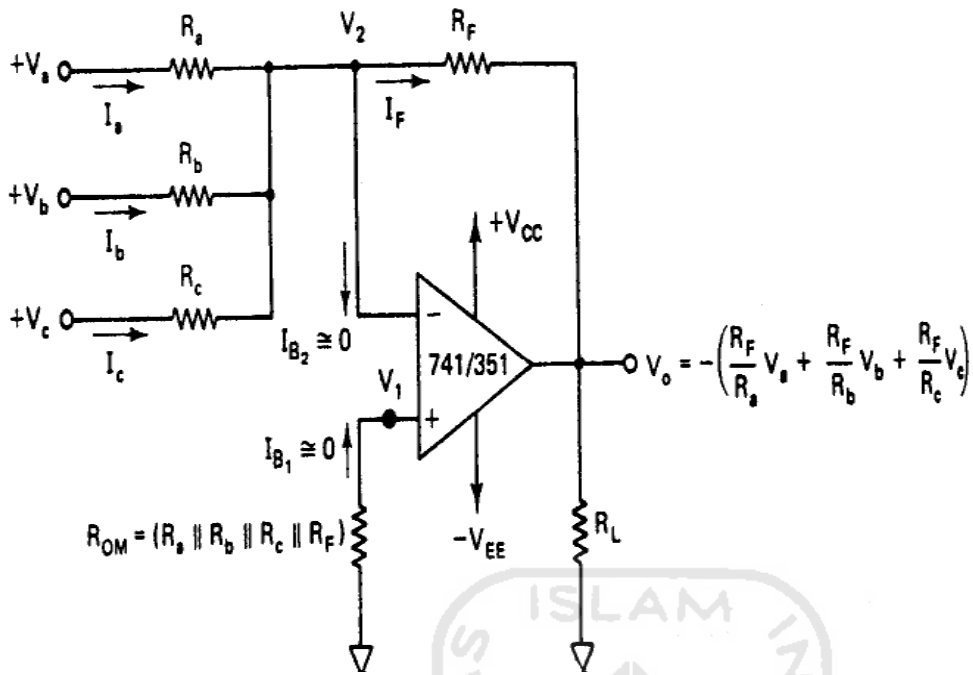
$$V_{oa} = -\frac{R_f}{R_a} V_a \quad V_{ob} = -\frac{R_f}{R_b} V_b \quad V_{oc} = -\frac{R_f}{R_c} V_c \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$V_{ot} = -R_f \left(\frac{1}{R_a} V_a + \frac{1}{R_b} V_b + \frac{1}{R_c} V_c \right) \dots\dots\dots (3.4)$$

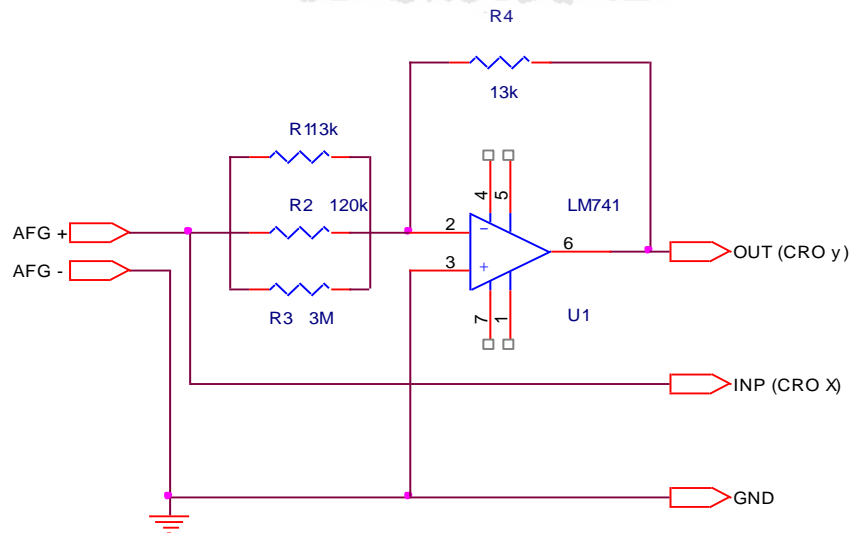
Bila $R_f = R_a = R_b = R_c$, maka persamaan menjadi :

$$V_o = -(V_a + V_b + V_c)$$

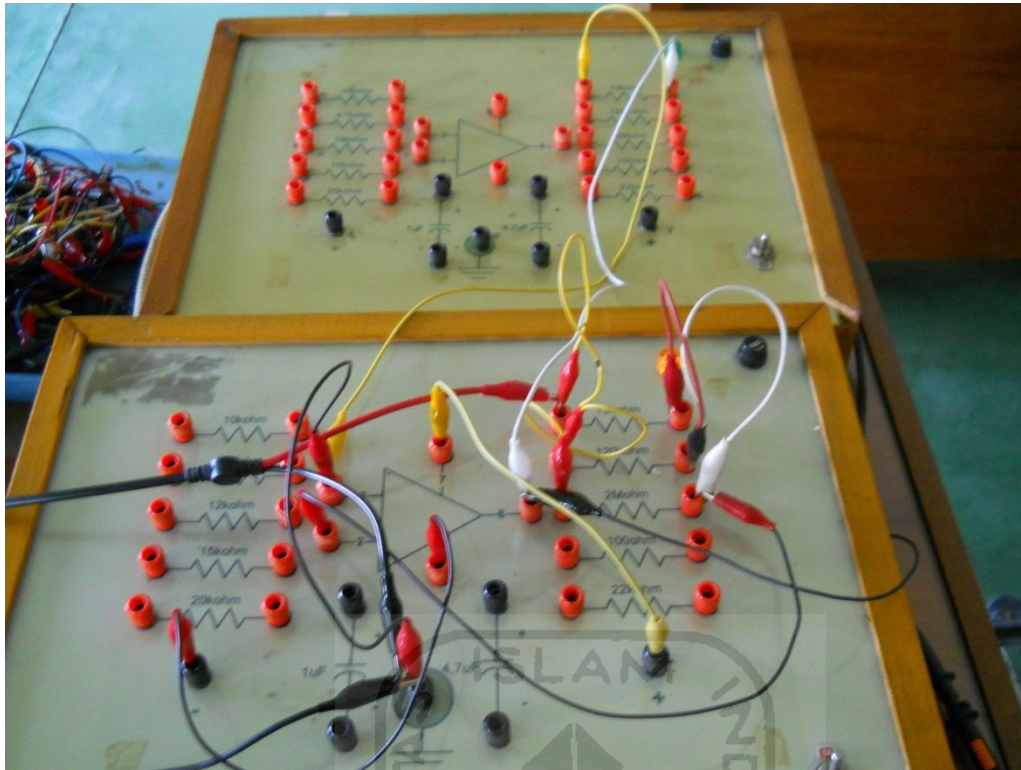
Tahanan *Rom* gunanya adalah untuk meletak titik nol supaya tepat, terkadang tanpa *Rom* sudah cukup stabil. Maka rangkaian ada yang tanpa *Rom* juga baik hasilnya. Rangkaian penjumlah dengan menggunakan *noninverting* sangat suah dilakukan karena tegangan yang diparalel akan menjadi tegangan terkecil yang ada., sehingga susah terjadi proses penjumlahan



Gambar 3.5 Rangkaian penjumlah dengan hasil negatif



Gambar 3.6 Rangkaian ADDER untuk Percobaan



Gambar 3.7 Modul ADDER

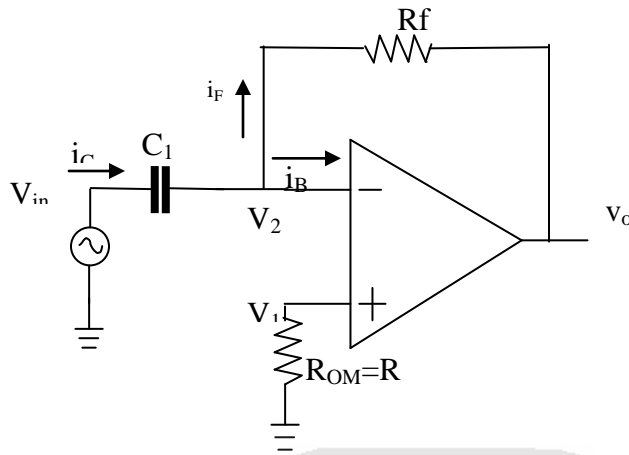
Dengan merangkai sesuai Gambar 3.7, kemudian mengamati keluaran dari rangkaian adder.

3.4 OP-AMP Sebagai Differensiator

Rangkaian differensiator adalah rangkaian aplikasi dari rumusan matematika yang dapat dimainkan (dipengaruhi) dari kerja kapasitor. Rangkaian nya seperti pada gambar 3.8 dengan rangkaian sederhana dari differensiator. Untuk mendapatkan rumus differensiator, urutannya adalah sebagai berikut:

$i_C = i_B + i_F$ dan selama nilai $i_B = 0$ maka $i_C = i_F$ selisih dari inverting input dan noninverting input (v_1 dan v_2) adalah nol dan penguatan tegangannya sangat besar, maka didapat persamaan pengisian kapasitor sebagai berikut :

$$C_1 \frac{d}{dt}(v_{in} - v_2) = \frac{v_2 - v_o}{R_F} \text{ menjadi } C_1 \frac{dv_{in}}{dt} = -\frac{v_o}{R_F} \text{ atau } v_o = -R_F C_1 \frac{dv_{in}}{dt}$$



Gambar 3.8 Rangkaian *Differensiator* Op-amp.

Perhitungan rangkaian *differensial*

Differensiator op-amp dari rangkaian seperti gambar 3.7 dengan nilai $C_1 = 1\mu F$ dan $R_F = 1K\Omega$.

Sumber tegangan $\pm 15V$ > Awal sinyal adalah 0 Volt.

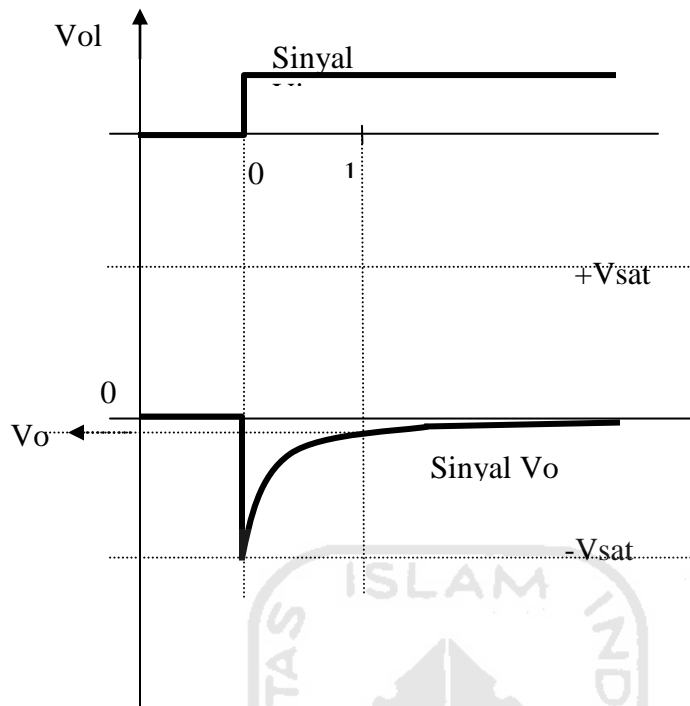
Untuk mencari tegangan output

- $V_{in} = 1$ Volt (sinyal dc) saat 10 detik.
- $V_{in} = 20$ Volt (sinyal dc) saat 1 detik saat

$$v_o = -R_F C_1 \frac{dv_{in}}{dt} = -10^3 \cdot 10^{-6} \frac{(1V - 0V)}{10} = -10^{-3} \cdot 0,1 = -10^{-4} V$$

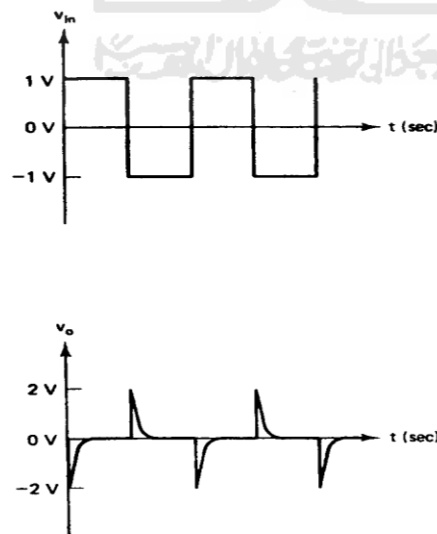
$$v_o = -R_F C_1 \frac{dv_{in}}{dt} = -10^3 \cdot 10^{-6} \frac{(20V - 0V)}{1} = -10^{-3} \cdot 20 = -20^{-2} V$$

Gambar sinyal outputnya :

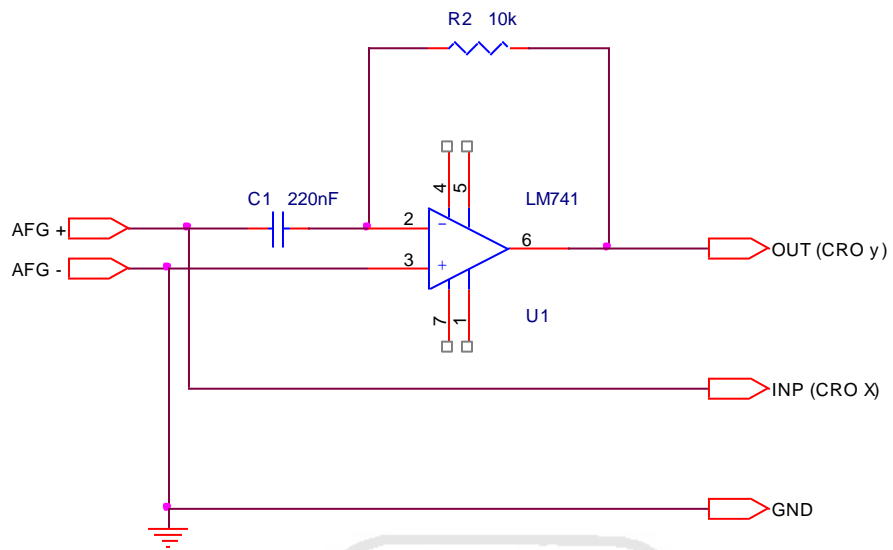


Gambar 3.9 Output dari rangkaian *differentiator* Op-amp dengan input sinyal dc

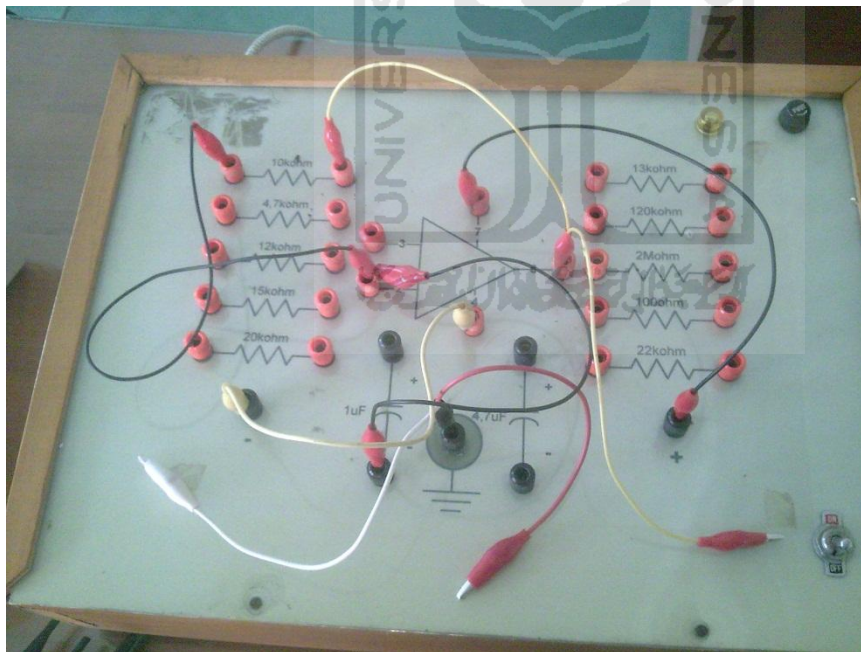
Gambar sinyal *output* untuk *differentiator* op-amp dari sinyal segi empat adalah seperti pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Sinyal output rangkaian *differentiator* Op-amp



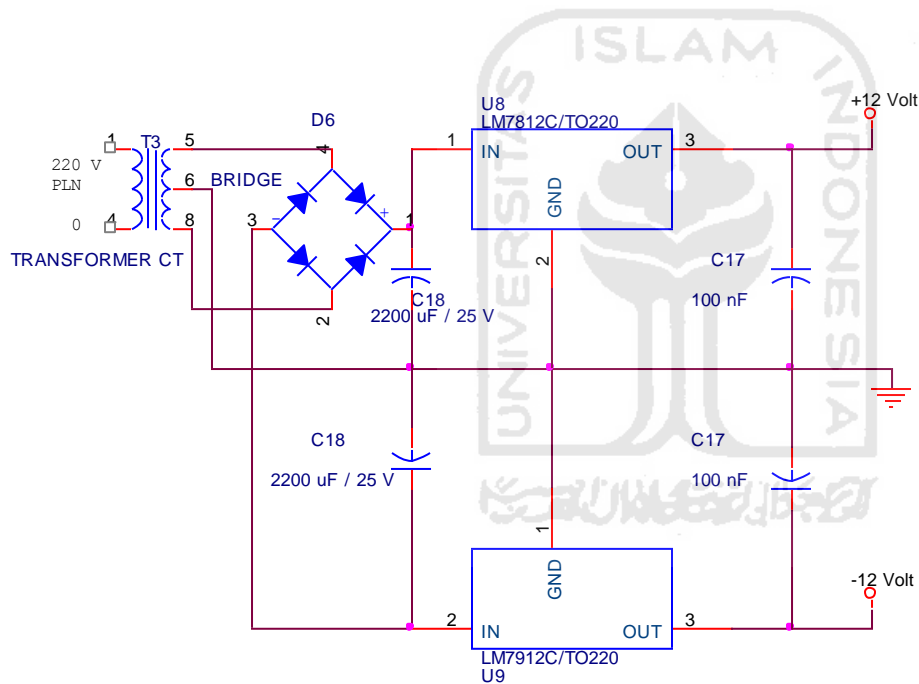
Gambar 3.11 Rangkaian *Differensiator* untuk Percobaan



Gambar 3.12 Modul *Differensiator*

3.5 Power Supply

Power supply yang digunakan dalam pembuatan Op Amp untuk berbagai macam aplikasi , berupa catu daya +12 Volt dan -12 Volt. Trafo yang digunakan adalah trafo 1 A CT. Fungsi trafo dalam rangkaian ini untuk menurunkan tegangan dari 220 V AC ke 15 Volt AC. Untuk merubah tegangan AC ke DC menggunakan dioda bridge 1 A, dan untuk menurunkan tegangan 15 V DC ke +12 Volt DC menggunakan regulator LM7812, sedangkan untuk tegangan negative 12 volt menggunakan 7912. Op amp Rangkaian *power supply* ditunjukkan pada Gambar 3.13



Gambar 3.13 Rangkaian *Power Supply*

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS KINERJA SISTEM

3.6 Metode Pengujian

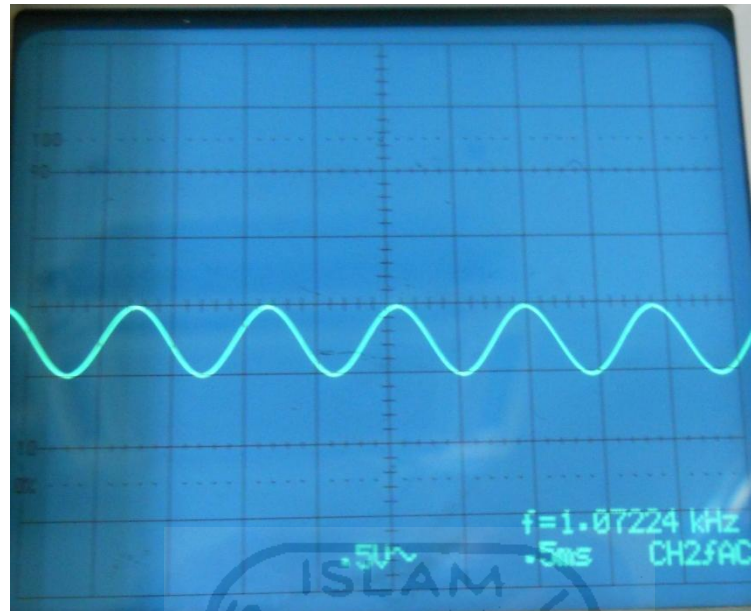
Berdasarkan spesifikasi sistem yang telah dijelaskan sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sistem menggunakan beberapa metode pengujian. Tujuan pengujian ini untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya. Hasil pengujian akan dimanfaatkan untuk menyempurnakan kinerja sistem dan sekaligus digunakan dalam pengembangan lebih lanjut.

Metode pengujian dipilih berdasarkan fungsi operasional dan beberapa parameter yang ingin diketahui dari sistem tersebut. Data yang diperoleh dari metode pengujian yang dipilih tersebut dapat memberikan informasi yang cukup untuk keperluan penyempurnaan sistem.

Dalam penelitian ini dipilih satu macam metode pengujian, yaitu pengujian fungsional. Pengujian fungsional digunakan untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan dapat memenuhi persyaratan fungsi operasional seperti yang direncanakan.

4.2 Pengujian Rangkaian OP amp sebagai *scale changer*

Pengujian rangkaian scale changer dilakukan dengan mengukur signal masukan dan signal keluaran dengan menggunakan *oscilloscop*. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2



Gambar 4.1 Gelombang Input Rangkaian Scale changer

Time/div=0,5 ms

Volt/div= 0,5 volt

Dari gambar 4.1 dapat dilihat frekuensi gelombang adalah $f=1,07224$ Khz

$$f=1/t$$

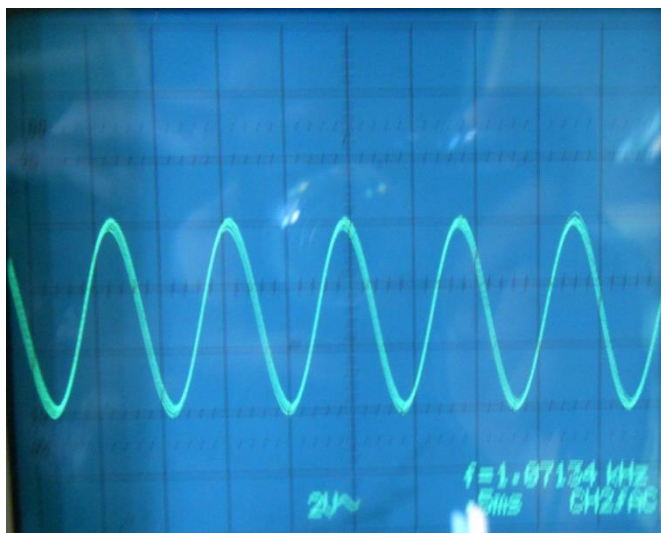
$$f=1/(0.5 \text{ ms} \times 2)$$

$$f=1000 \text{ hz}$$

Tegangan terbaca adalah $V=1/t$

$$V = 1 \times 0,5 \text{ V}$$

$$V = 0,5 \text{ Volt}$$



Gambar 4.2 Gelombang Output Rangkaian *scale changer*

Time/div=0,5 ms

Volt/div= 2 volt

Dari gambar 4.1 dapat dilihat frekuensi gelombang adalah $f=1,07134$ KHz

$f=1/t$

$f=1/(2 \times 0,5 \text{ ms})$

$f=1$ KHz

Tegangan Terbaca adalah $V= 3 \times 2\text{Volt}$

$V= 6$ Volt

gelombang input sama dengan gelombang *output*. Perbedaan antara input dan output pada fasa gelombangnya, yaitu gelombang keluaran fasanya berkebalikan (fungsi inverting/ pembalik).

Dengan Perbedaan nilai resistor pada R_1 dan R_2 menghasilkan penguatan yang berbeda. Hasil pengujian dengan resistor 120 Kohm dan R_2 10 kohm didapatkan penguatan sebesar $A=V_2/V_1$

$A=6V/0,5$

$A=12$ kali penguatan

Secara perhitungan penguatan didapatkan dengan rumus $A=R1/R2$

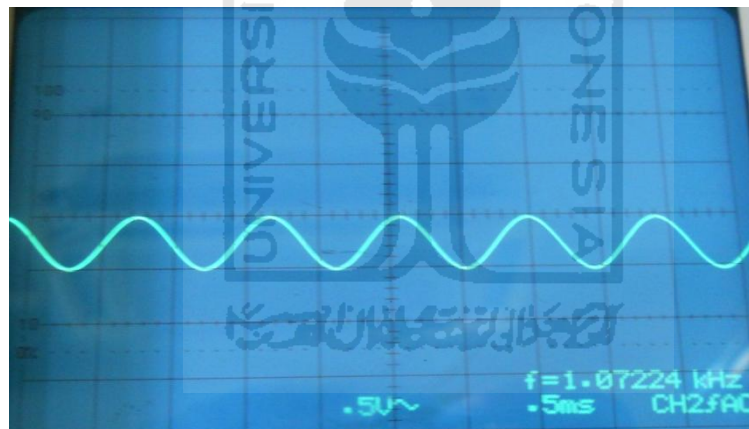
$A=120\text{Kohm}/10\text{ Kohm}$

$A=12$ kali

Dari percobaan maupun perhitungan menghasilkan nilai penguatan yang sama yaitu $12 \times$

4.3 Pengujian Rangkaian op amp sebagai *ADDER* / penjumlah

Pengujian rangkaian op amp sebagai *adder* dilakukan dengan mengukur signal masukan dan signal keluaran dengan menggunakan *osciloscop*. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4



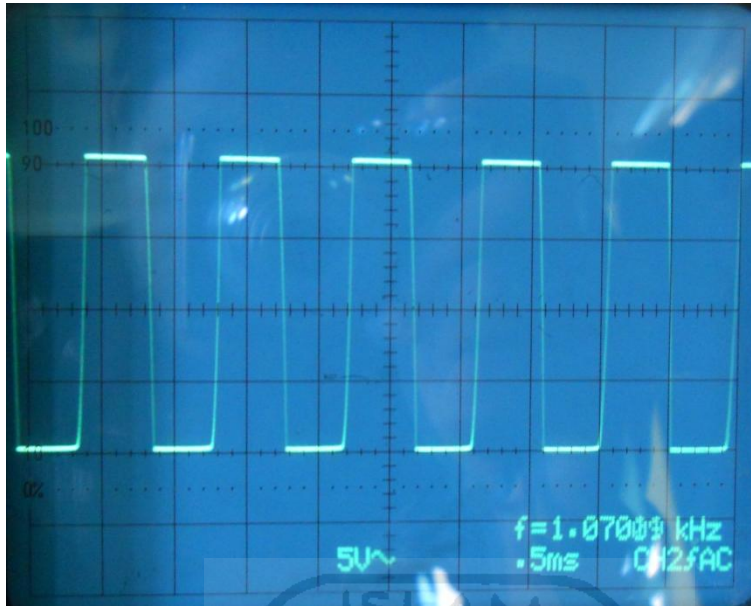
Gambar 4.3 Gelombang Input Rangkaian op amp sebagai adder

Time/div=0,5 ms

Volt/div= 0,5 Volt

Dari gambar 4.1 dapat dilihat frekuensi gelombang adalah $f=1,07009$ Khz tegangan keluarannya adalah $V=1 \times 0,5$ Volt

$V= 0,5$ Vol



Gambar 4.4 Gelombang Output Rangkaian op amp sebagai Adder

Time/div=0,5 ms

Volt/div= 5Volt

Dari gambar 4.1 dapat dilihat frekuensi gelombang adalah $f=1,07009$ Khz tegangan keluarannya adalah $V=4 \times 5$ Volt

$V= 20$ Volt

$$V_o = -((R_f \times V_{in} / R_1) + (R_f \times V_{in} / R_2) + (R_f \times V_{in} / R_3))$$

$$V_o = -((13k \times 0,5V / 13k) + (13k \times 0,5V / 120k) + (13k \times 0,5 / 2M))$$

$$V_o = -(0,5 + 0,054167 + 0,00325)$$

$$V_o = -0,5574V$$

Keluaran dari op amp sebagai *Adder* adalah penjumlahan dari 3 tegangan input.

4.4 Pengujian Rangkaian op amp sebagai *differensiator*

Pengujian rangkaian op amp sebagai *differensiator* dilakukan dengan mengukur signal

masuk dan signal keluaran dengan menggunakan *oscilloscop*. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Gelombang Kotak Output Rangkaian op amp sebagai *differensiator* dengan input gelombang gigi gergaji

Dari hasil pada Gambar 4.5 frekuensi gelombang input sama dengan frekuensi gelombang output. Perbedaan pada perubahan bentuk gelombang. Input gelombang berupa gelombang gigi gergaji akan berubah menjadi gelombang kotak.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pembuatan, pengujian alat, dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Op Amp untuk Berbagai macam aplikasi terdiri dari bagian *input* yaitu gelombang kotak / gigi gergaji yang dibangkitkan menggunakan AFG pengolah berupa Ap amp dan bagian *output* berupa perubahan gelombang (penguat, inverting, fungsi penjumlahan fungsi diferensial) hasil dilihat menggunakan CRO.
2. Rangkaian Op Amp *scale changer* input berupa gelombang kotak dimasukkan ke op amp, keluarannya berupa gelombang kotak dengan perubahan amplitudo. Op amp sebagai *differensiator* input berupa gelombang gigi gergaji masuk ke op amp keluaran berupa gelombang gigi kotak/ fungsi *diferensial*. Op amp sebagai *ADDER*, masukan berupa beberapa tegangan masuk ke op amp, keluaran adalah penjumlahan dari beberapa tegangan input

5.2 Saran-saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi untuk mencapai hasil yang lebih baik. Diantaranya yaitu dengan menambah jumlah percobaan, karena masih banyak fungsi op amp.

DAFTAR PUSTAKA

Suryantoro, tri, 2009, “*Buku petunjuk praktikum elektronika*” UII ,Yogyakarta

Malvino, Albert Paul, 2003, “*Prinsip-prinsip Elektronika*” Terjemahan Alb Joko Sutoso, Salemba Teknik, Jakarta

Malvino, Albert Paul, 2003, “*Elektronika komputer digital*” Terjemahan Alb Tjia may On, Erlangga, Jakarta

