

# MAKALAH PROSIDING SEMINAR TUGAS AKHIR 2011

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

DADANG

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia  
Jalan Kaliurang km 14,5 Sleman, Jogjakarta 55501  
Telp. (027 )895007, 895287 Faks. (0274) 895007 Ext. 120  
E-mail : [damarwicaksana34@yahoo.co.id](mailto:damarwicaksana34@yahoo.co.id)*

### ABSTRAKSI

Pada laporan tugas akhir ini akan didiskusikan perancangan dan pengujian aplikasi op-amp sebagai schale changer, sebagai adder, dan sebagai differensiator. Op-amp adalah merupakan rangkaian chip, chip yang dipakai pada pengujian ini adalah LM 747. Pada rangkaian schale changer inputnya merupakan gelombang kotak yang dimasukkan ke rangkaian op-amp, outputnya menjadi gelombang kotak dengan perubahan amplitudo. Op-amp sebagai adder, masukan berupa beberapa tegangan ke rangkaian op-amp keluarannya adalah penjumlahan dari beberapa tegangan. Op-amp sebagai differensiator, inputnya merupakan gelombang gigi gergaji, masukan ke rangkaian op-amp, outputnya menjadi gelombang gigi kotak.  
Kata kunci : Op-amp, *Scale changer*, *Adder*, *Differensiator*.

#### 1. Pendahuluan

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.

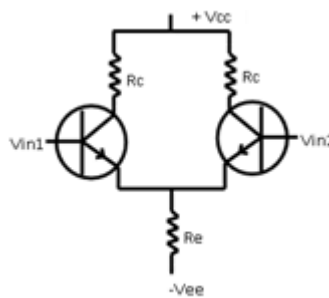
#### 2. Studi Pustaka

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  $\mu\text{m}$ ” (Joko Pramono 2009) yang mengacu pada eksperimen dengan simulasi perangkat lunak mentor graphic Terdapat dua tahapan 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 $\mu\text{m}$  yang bertujuan untuk pengembangan pada penguatan terbuka <60dB, lebar pita frekuensi >250MHz, tegangan OS  $\approx$  0V, konsumsi daya < 10mW 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 CMOS AMS 0,35µm dengan tools mentor graphic.

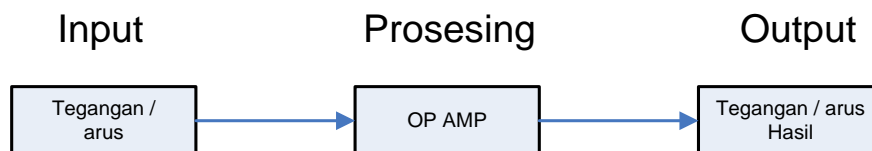
Operasional Amplifier berasal dari rangkaian differensial transistor yaitu dari rangkaian dengan 2 input dan 2 output dengan supply ganda yang seperti pada gambar 1 Rangkaian ini adalah sebagai pembeda atau pembanding dari referensi input yang lainnya. Karena tersusun dari transistor, maka perlu dibicarakan banyak sekali tentang arus kolektor, arus basis dan Hfe serta Hie, penguatan tegangan dan penguatan arusnya, serta banyak lagi yang harus dipertimbangkan dalam membuat rangkaian differensial ini.



Gambar 1 Dasar Op-Amp Sederhana

### 3. Perancangan

Perangkat keras yang akan dibangun adalah modul pratikum 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 2



Aplikasi Op-Amp

Op amp sebagai *scale changer*

*Substraktor*

*Differensiator*.

Gambar 2 Diagram blok system

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 :

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} V_i \dots\dots\dots (1)$$

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} V_i \dots\dots\dots (2)$$

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 :

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

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

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.

**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 :

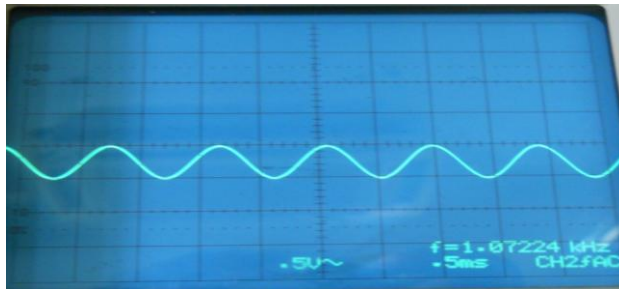
$$C_1 \frac{d}{dt} (v_{in} - v_2) = \frac{v_2 - v_o}{R_F} \quad \text{menjadi} \quad C_1 \frac{dV_{in}}{dt} = -\frac{v_o}{R_F} \quad \text{atau} \quad v_o = -R_F C_1 \frac{dv_{in}}{dt}$$

#### 4. Pengujian dan Analisa Kinerja 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.

##### 4.1 Pengujian Rangkaian OP amp sebagai *scale changer*

Pengujian rangkaian *scale changer* dilakukan dengan mengukur signal masukan dan signal keluaran dengan menggunakan *osciloscop*. 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

$f=1/t$

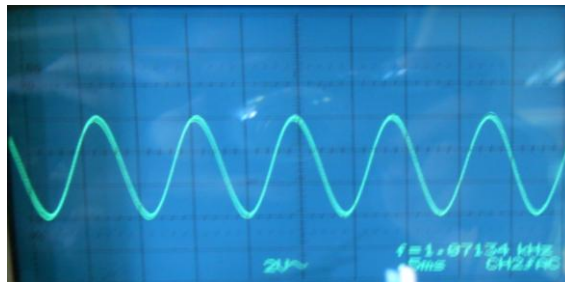
$f=1/(0,5 \text{ ms} \times 2)$

$f=1000 \text{ hz}$

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

$f=1/t$

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

$f=1 \text{ Khz}$

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

$V= 6 \text{ Volt}$

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

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  $A=R_1/R_2$

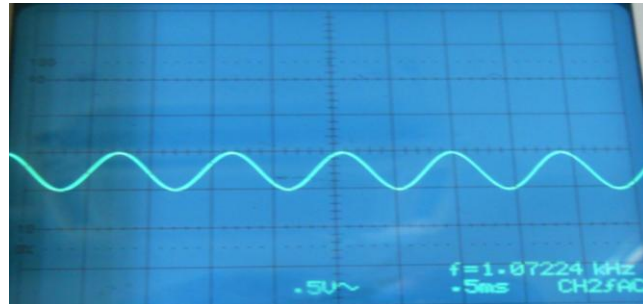
$A=120\text{Kohm}/10 \text{ Kohm}$

$A=12$  kali

Dari percobaan maupun perhitungan menghasilkan nilai penguatan yang sama yaitu 12 x

#### 4.2 Pengujian Rangkaian op amp sebagai ADDER / penjumlah

Pengujian rangkaian op amp sebagai *adder* dilakukan dengan mengukur signal masukan dan signal keluaran dengan menggunakan *osciloscop*.



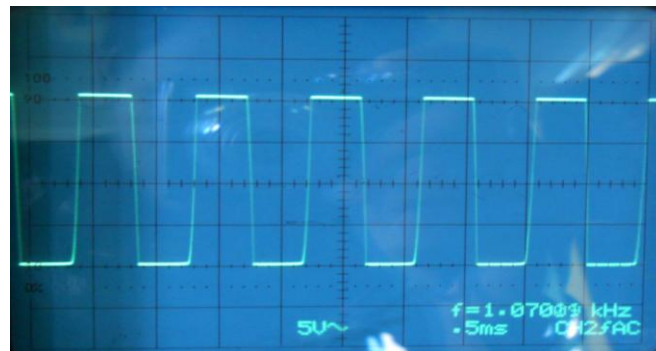
Gambar 4.3 Gelombang Input Rangkaian op amp sebagai adder

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

$V= 0,5$  Volt



Gambar 4.4 Gelombang Output Rangkaian op amp sebagai Adder

Time/div=0,5 ms

Volt/div= 5 Volt

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

$V= 20$  Volt

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

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

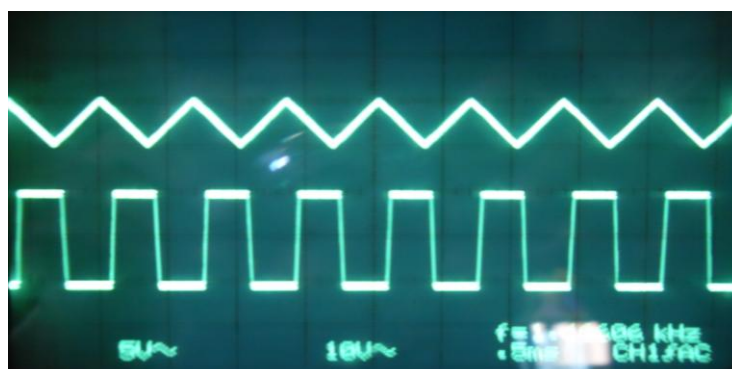
$V_o = -(0,5 + 0,054167 + 0,00325)$

$V_o = -0,5574V$

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

#### 4.3 Pengujian Rangkaian op amp sebagai *differensiator*

Pengujian rangkaian op amp sebagai *differensiator* dilakukan dengan mengukur signal masukan dan signal keluaran dengan menggunakan *osciloscop*. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Gelombang Kotak Output Rangkaian op amp sebagai *differentiator* 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.

### 5 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 Op 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 *differentiator* 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

### 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