



# **RANCANGAN SIGNAL CONDITIONING UNTUK STRAIN GAUGE SEBAGAI PENGUAT AWAL ALAT UKUR UJI IMPAK MATERIAL AKUSTIK**

Oleh :  
**MUHAMMAD SAFII NASUTION**  
**NIM : 09.812.0013**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2015**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 7/12/23

## ABSTRAK

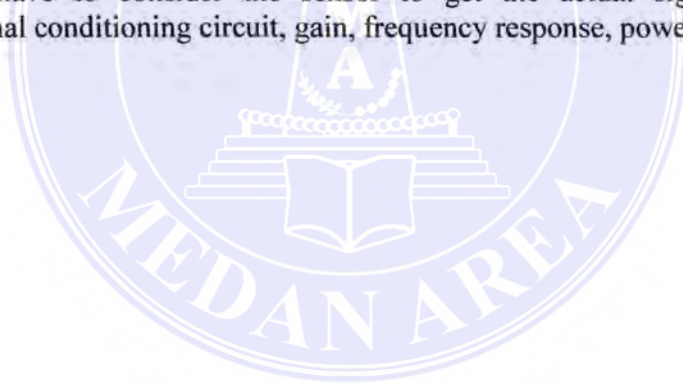
Dalam peralatan elektronik, pengkondisian sinyal berarti memanipulasi sinyal analog dalam sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan tahap berikutnya untuk diproses lebih lanjut. Penggunaan yang paling umum adalah dalam konverter analog-ke-digital. Dalam aplikasi teknik pengukuran adalah umum untuk memiliki peralatan penginderaan (misalnya sebuah sensor strain gauge), tahap pengkondisian sinyal (di mana biasanya amplifikasi sinyal dilakukan) dan tahap pengolahan (biasanya dilakukan oleh ADC dan mikro-controller). Penguat operasional (op-amp) yang biasa digunakan untuk melaksanakan amplifikasi sinyal dalam tahap pengkondisian sinyal.

Penelitian ini membahas parameter kritis amplifier untuk digunakan dalam sinyal presisi aplikasi pengkondisian. Offset tegangan untuk IC op amp presisi dapat serendah ( $10\mu\text{V}$ ) dengan drift suhu yang sesuai. Pemakaian op amp menyediakan offset dan mengimbangi drift tegangan yang dapat digunakan sebagai komponen. Menerapkan presisi dalam rancangan amplifier sambil mempertahankan kinerja penguat dapat hadir signifikan, tantangan untuk sarjanah, yaitu, pemilihan komponen eksternal pasif dan PC serta tata letak papan. Penting untuk memahami bahwa DC gain loop terbuka, tegangan offset, power supply saja tidak harus menjadi satu-satunya pertimbangan dalam memilih amplifier presisi, kinerja AC dari penguat juga penting. Oleh karena itu kita harus mempertimbangkan sensor untuk mendapatkan pada frekuensi sinyal yang sebenarnya.

Kata Kunci : Rangkaian signal conditioning, Gain , Respon frekuensi, daya keluaran

## ABSTRACT

In electronics, signal conditioning means manipulating an analog signal in such a way that meets the requirements of the next stage for further processing. The most common use is in analog-to-digital. In the application of measurement techniques is common to have sensing equipment (such as a strain gauge sensor), signal conditioning stage (where signal amplification is usually done) and the processing stage (usually done by the ADC and micro-controller). Operational amplifier (op-amp) which is used to carry the signal amplification in signal conditioning stage. This study discusses the critical parameters of the amplifier to be used in precision signal conditioning applications. Offset voltages for precision IC op amp can be as low as ( $10\mu\text{V}$ ) with corresponding temperature drift. The use of op amps provide offsets and offset voltage drift that can be used as a component. Applying precision in the design of the amplifier while maintaining the performance of the amplifier can present significant challenges for sarjanah, namely, the selection of external passive components and PC board layout as well. It is important to understand that the DC open loop gain, offset voltage, the power supply should not be the only consideration in selecting precision amplifiers, AC performance of the amplifier is also important, therefore we have to consider the sensor to get the actual signal frequency. Keywords: signal conditioning circuit, gain, frequency response, power output





DAFTAR ISI

LEMBARAN PERNYATAAN ..... i

KATA PENGANTAR..... ii

ABSTRAK ..... iv

ABSTRACT ..... v

DAFTAR ISI..... vi

DAFTAR GAMBAR ..... ix

DAFTAR TABEL ..... xi

BAB 1 PENDAHULUAN ..... 1

    1.1 Latar Belakang ..... 1

    1.2 Perumusan Masalah..... 2

    1.3 TujuanPenelitian..... 2

    1.4 Batasan Masalah..... 3

    1.5 Manfaat penelitian..... 3

    1.6 Metode penelitian..... 3

    1.7 Prosedur pengujian..... 4

    1.8 Sistimatika penulisan..... 5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... 6

    2.1 Tinjauan pustaka relevan ..... 6

    2.2 signal conditioning ..... 10

    2.3 karakteristik ideal penguat operasional ..... 14

    2.4 Tegangan lingkak terbuka..... 15

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5 Tegangan ofset keluaran .....                          | 16        |
| 2.6 Hambatan masukan .....                                 | 17        |
| 2.7 Hambatan keluaran .....                                | 17        |
| 2.8 Impelementasi Penguat Operasional .....                | 18        |
| 2.9 Penguat Tak Pembalik(Non Inverting Amlifier).....      | 19        |
| 2.10 Perubah Digital ke Analog (DAC).....                  | 20        |
| 2.11 Transistor .....                                      | 20        |
| 2.12 PCB ( Printed Circuit Board ).....                    | 21        |
| 2.13 Dioda .....                                           | 22        |
| 2.14 Trimpot .....                                         | 23        |
| 2.15 Resistor .....                                        | 23        |
| 2.16 Kapasitor .....                                       | 24        |
| 2.17 Rangkaian signal conditioning menggunakan opAmp.....  | 24        |
| a inverting Amplifier.....                                 | 25        |
| b Non – inverting Amplifier.....                           | 26        |
| c Low-pass filter .....                                    | 27        |
| d high pass filter.....                                    | 28        |
| 2.18 Karakteristik strain gauge .....                      | 29        |
| 2.19 Bahan – bahan yang bias di jadikan strain gauge ..... | 29        |
| 2.20 Beberapa jenis strain gauge .....                     | 30        |
| 2.21 Jenis – jenis metal foil strain gauge .....           | 33        |
| 2.22 Analog Digital Converter (ADC ) .....                 | 34        |
| 2.23 Akuisisi Data .....                                   | 35        |
| 2.24 Komponen pendukung .....                              | 37        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                    | <b>39</b> |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....                       | 39        |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                                   | 39        |
| 3.2.1 Alat .....                                           | 39        |
| 3.2.2 Bahan.....                                           | 40        |
| 3.3 Pembuatan power supply .....                           | 43        |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4 Pembuatan signal conditioning.....                            | 44        |
| 3.5 Pembuatan Rangkaian Elektrik secara keseluruhan .....         | 45        |
| 3.6 Eksperimental set up.....                                     | 46        |
| 3.7 Prosedur pengujian .....                                      | 46        |
| 3.8 Pengaturan pada software .....                                | 47        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                           | <b>48</b> |
| 4.1 Perhitungan penetapan resistansi resistor.....                | 48        |
| 4.2 Aplikasi dalam pemakaian strain gauge sebagai load cell ..... | 52        |
| 4.3 Hasil pembacaan data melalui software ADC Labjack U3-LV.....  | 52        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                           | <b>54</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                              | 54        |
| 5.2 Saran .....                                                   | 54        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                       | <b>55</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                              | <b>56</b> |
| Lampiran I CA 3130 .....                                          | 56        |
| Lampiran II LM 79.....                                            | 68        |



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG

*Strain Gauge* tersusun dari kawat yang sangat halus, yang dianyam secara berulang menyerupai kotak dan ditempelkan pada plastik atau kertas sebagai medianya. Kawat yang dipakai dari jenis tembaga lapis nikel berdiameter sekitar seper seribu (0.001) inchi. Kawat itu disusun bolak-balik untuk meng-efektifkan panjang kawat sebagai reaksi terhadap tekanan/gaya yang mengenainya. Pada ujungnya dipasang terminal. *Strain Gauge* bisa dibuat sangat kecil, sampai ukuran 1/64 inchi. Untuk membuat *Load Cell*, *Strain Gauge* dilekatkan pada logam yang kuat sebagai bagian dari penerima beban (load receptor). *Strain Gauge* ini disusun sedemikian rupa membentuk *Jembatan Wheatstone*.

Kita bisa menyusun *load cell* dengan metode *Strain Gauge* dan *Jembatan Wheatstone*. Dengan menggunakan sebuah kolom baja persegi, kita lekatkan *Strain Gauge* pada keempat sisinya. Panjang kolom akan berkurang ketika di sisi atas kolom diberikan beban. Kolom baja juga menjadi “gendut” atau gembung. Dua *Strain Gauge* yang terpasang berbalikan akan memberikan respon pada perubahan panjang kolom secara proporsional. Dua *Strain Gauge* yang terletak di sisi yang lain merespon perubahan kolom saat mengalami keadaan “gendut/gembung”. Panjang pada sepasang *Strain Gauge* memendek, diameter kawatnya membesar dan hambatannya berkurang. Sementara sepasang yang lain jadi memanjang, diameter

bagian bawah kolom, kolom akan mengalami gaya tarik. Kolom dan *Strain gauge* akan merespon kebalikan dari respon diatas tetapi *Strain Gauge* tetap memanjang dan memendek dengan respon yang sama seperti respon diatas.

Setelah rangkaian strain gauge dibuat sesuai kebutuhan, kemudian diberi catu daya untuk tegangan eksitasinya dan mengalami perubahan tegangan pada titik yang lain (perubahan yang sangat kecil) sehingga memerlukan *signal conditioning* (penguatan awal) agar bias dibaca pada keluaran digital/analog.

## 1.2 Perumusan Masalah

Kajian penelitian ini adalah rancangan *signal conditioning*(pembuatan) penguat awal untuk rangkaian *strain gauge*. Proses pembuatan rancangan ini yang terdiri dari penentuan sistim rangkaian yang akan disesuaikan kebutuhan.

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini ialah untuk mendapatkan perangkat *signal conditioning*(penguat awal) dari *strain gauge* agar sesuai dengan karakteristik inputnya.

### 1.3.2 Tujuan khusus penelitian ini ialah :

1. Untuk mendapatkan teknik pembuatan *signal conditioning*(penguat awal) .
2. Untuk mendapatkan hasil penguatan oleh *signal conditioning*.

3. Untuk mendapatkan perangkat *signal conditioning* yang akan digunakan sebagai penguat output pada *strain gauge*.

#### 1.4 Batasan masalah

Asumsi-asumsi berikut ini adalah sebagai batasan masalah yang dipakai dalam penyelesaian tugas akhir :

1. *Signal conditioning* digunakan pada frekuensi rendah dan tegangan kecil , agar dapat memperkuat signal yang keluar dari rangkaian *exceter, load sell*.
2. Mendapatkan karateristik *signal conditioning* dari penguatan sampai  $200K\Omega$

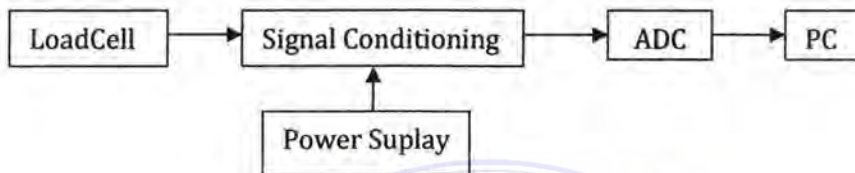
#### 1.5 Manfaat Penelitian

Pemakaian perangkat yang dapat menggunakan *signal conditioning* untuk rangkaian *strain gauge* sebagai sensor alat uji impact material. Material dapat diperoleh dari hasil beberapa percobaan pengolahan limbah untuk dapat dimanfaatkan

#### 1.6 Metode penelitian

Dalam pengerjaan tugas akhir ini diperlukan suatu metode untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Untuk itu peneliti merencanakan suatu langkah-langkah yang dapat memaksimalkan dalam pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir ini. Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

Secara eksperimental, pengujian dan pengambilan data untuk mendapatkan karakteristiknya dan alat-alat pendukung lainnya dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1.1 Set Up Peralatan Pengujian

### 1.7 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Siapkan semua peralatan uji dengan diatur sesuai gambar set up peralatan pengujian.
2. Menyiapkan beberapa rangkaian *strain gauge*
3. Pengukuran dilakukan pada beberapa lendutan (pembebanan) Mengaktifkan seluruh peralatan
4. Pada PC membuka DAQFactory program *Signal conditioning*.
5. Mengatur pengambilan data pada sistim.
  1. Klik Start/Stop Save untuk Logging data. Data grafik akan otomatis tersimpan dalam drive (D:) pada laptop.
  2. Ulangi prosedur diatas untuk frekuensi yang berbeda.

## 1.8. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penyelesaian tugas akhir ini, maka penulis membuat urutan pembahasan sebagai berikut

### BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah, metoda perancangan alat, dan sistematika pembahasan.

### BAB II TEORI PENUNJANG

Dalam bab ini saya menuliskan beberapa teori dasar yang diperlukan dalam penyelesaian “*rancangan signal conditioning*” untuk strain gauge sebagai alat ukur uji impak material akustik.

### BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas tentang perencanaan dan pembuatan alat signal conditioning serta bahan- bahan yang diperlukan untuk menunjang kerja signal conditioning.

### BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini merupakan bagian pengujian alat, serta menganalisa akurasi dari sistem yang telah dibuat.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari keseluruhan tugas akhir yang diambil berdasarkan data yang ada, juga berisi tentang saran serta petunjuk untuk pengembangan serta penyempurnaan alat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pengkondisian signal (*Signal conditioning*) adalah penyesuaian suatu penguat yang diperlukan untuk menguatkan sinyal yang sangat lemah, berasal dari sensor atau sumber-sumber hasil converter listrik. Umumnya pengkondisian sinyal menggunakan operasional amplifier (Op Amp), merupakan suatu komponen elektronika berupa sirkuit terintegrasi (*integrated circuit* atau IC) yang terdiri atas bagian differensial amplifier, common emitter amplifier dan bagian push-pull amplifier. Bagian output Op-amp ini biasanya dikendalikan dengan umpan balik negatif (*negative feedback*) karena nilai gainnya yang tinggi.

Berkaca dari pesatnya laju perkembangan teknologi modern, informasi tentang *signal conditioning* akan lebih efektif bila menggunakan sofwer labjak,. Sistem ini akan lebih cepat, pengolahan data yang efisien sehingga data dapat langsung diterima. Sistem seperti ini sebelumnya sudah pernah dibuat dan digunakan, namun dengan program aplikasi yang berbeda-beda. Beberapa sistem informasi dengan menggunakan sistem aplikasi yang berhubungan dengan pengkondisian siganal (*siganal conditioning*) , yang pernah dibuat adalah :

TOTO TRIKASJONO,NUGROHO TRI SANYOTO,WISNU MEGA WIJAYA (2008) Melakukan seminar Nasional yang berjudul “ Rancang bangun pengkondisi sinyal untuk survey meter digital “ Telah Dibuat Satu Alat Pengkondisi

Kotak Positif Standart Nuclear Instrument Module. Penelitian Ini Dilakukan Dengan Tujuan Untuk Merancang Dan Membangun Suatu Pengkondisi Sinyal Dengan Konsumsi Arus Yang Kecil Dan Respon Frekuensi Maksimum Yang Tinggi Sehingga Layak Untuk Dipasang Pada Survey Meter. Sistem Pengkondisi Sinyal Yang Dibangun Terdiri Dari Pembalik Pulsa, Pembentuk Pulsa Serta Sumber Daya Tegangan Tinggi Sebagai Catu Daya Detektor Geiger Muller. Berdasarkan Hasil Pengujian Alat Yang Dirancang Dihasilkan Rangkaian Sumber Tegangan Tinggi Mampu Bekerja Secara Optimum Pada Frekuensi Osilator 1,5 Khz Sampai Dengan 13 Khz, Dengan Tinggi Tegangan Searah Maksimum 916 Volt, Konsumsi Arus 75 Ma, Dan Angka Kestabilan Tegangan Sebesar 99,26%. Rangkaian Pembalik Dan Pembentuk Pulsa Dapat Menghasilkan Sinyal Kotak Positif Standart Ttl Untuk Masukan Sinyal Mulai Dari 0,4 Volt, Dengan Respon Fekuensi Maksimum 60 Khz. Nilai Uji Kestabilan Pencacahan (Chi Square Test) Dari 20 Data Diperoleh Angka 27,41. Hasil Tersebut Terletak Antara  $7,63 \leq 27,41 \leq 36,19$  Yang Berarti Kebolehjadian Stabil Adalah 99% Dan Kesalahan Sebesar 1%, Sehingga Alat Yang Dibangun Dalam Keadaan Stabil Dan Layak Dipakai Sebagai Pengkondisi Sinyal Untuk Survey Meter digital.

Penelitian berikutnya oleh SUYAMTO, YUSUF AZIZ AMRULLAH, RUSDANI ADE SAPUTRA (2008) melakukan seminar Nasional yang ber judul “ Rancang Bangun Dan Analisis Perangkat Telemetry Suhu Dan Cahaya Menggunakan Amplitude Shift Keying (ASK) Berbasis Pc “Telah dilakukan pembuatan alat ukur jarak jauh suhu dan intensitas cahaya menggunakan Amplitude

lingkungan yaitu agar semakin praktis, banyak digunakan ASK untuk pengukuran jarak jauh. ASK digunakan sebagai penghubung antara perangkat sensor dengan komputer atau LCD sebagai alat penampil. Perangkat keras yang digunakan dalam rancang bangun ini terdiri dari sensor suhu dan sensor cahaya, pengkondisi isyarat, ADC, mikrokontroler, ASK pengirim dan penerima serta sistem catu daya. Sedangkan untuk sistem penampil pada komputer digunakan program Borland Delphi 7.0. Dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ASK dapat digunakan sebagai penghubung antara sensor suhu dan sensor cahaya dengan komputer. Besarnya suhu ruangan yang dapat ditampilkan pada komputer adalah 15 - 50 oC dengan keluaran sensor 0,15 - 0,50 V. Besarnya intensitas cahaya yang dapat diukur dan ditampilkan pada komputer adalah 4 – 1500 lumens, dimana saat nilainya 4 lumens menunjukkan kondisi ruangan gelap dengan keluaran sensor 4.92 V dan saat nilainya 1500 lumens, kondisi ruangan terang sekali dengan keluaran sensor 0,65 V. Penggunaan ASK sebagai pengirim dan penerima data sangat sulit dilakukan karena dalam proses transmisi sering terdapat gangguan dari luar khususnya gangguan frekuensi interference. Waktu pengiriman data dari transmitter ke receiver membutuhkan waktu 20 detik dengan jarak antara transmitter dan receiver sejauh 60 cm dengan frekuensi span antara 0,5 -10 MHz/div.

Penelitian berikutnya Warsito (2005) melakukan analisa rangkaian pengkondisi sinyal tahap awal pada sensor pasif studi kasus untuk thermistor tipe ntc. Makalah ini membahas analisis pengkondisian sinyal dari sirkuit yang berbeda dirancang untuk sensor termistor NTC. Awal sirkuit pengkondisian sinyal adalah

sensor. Termistor diklasifikasikan sebagai sensor suhu sensitivitas tinggi, namun tanggapan mereka tidak linear. Masalah ini memberikan konsekuensi kepada perancang sirkuit untuk memilih sinyal AC untuk memiliki respon linear. Linear respon non gradien untuk NTC termistor sampel adalah  $122,33 \cdot 0,35T^{3,39} \cdot T^{-2} dT$   $dR = - + - (Kohm / K)$ , dan dengan menggunakan resistor paralel, itu menjadi  $\approx -2,43 dT dR (Kohm / K)$ . Dengan menerapkan rangkaian Wheatstone, respon linear secara langsung dalam menanggapi tegangan, itu  $dT \approx -0,0199 dV (Volt / K)$ .

Penelitian berikutnya Masria Pane, Sigit Arianto, Bisman Perangin angin, Takdir Tamba Mahasiswa Fisika FMIPAUSU (2013) melakukan penelitian mengenai Pembuatan *Signal Conditioning* Untuk Sensor LvdT (Linear Variable Differential Transformer) LVDT (Linear Variable Differential Transformer) adalah salah satu jenis sensor perpindahan. Osilator dan demodulator sirkuit dirancang dengan menggunakan Op Amp. Sensor LVDT kerja pada prinsip fluks magnetik dalam inti besi yang dihasilkan oleh induksi dari primary coil. Tegangan input LVDT adalah tegangan bolak-balik (AC), sehingga tegangan keluaran juga dihasilkan dalam bentuk tegangan bolak. AC besarnya diperoleh dengan menggeser sensor inti dengan menggunakan sekrup mikrometer. Pergeseran ini dapat dilihat pada gelombang yang dihasilkan dengan menganalisis yang osciloskop. Perubahan gelombang yang dihasilkan menunjukkan pergeseran ke arah posisi inti kumparan sekunder dan dua satu sekunder. Posisi sinyal input yang dipicu oleh sinus rangkaian osilator gelombang yang kemudian ditransmisikan ke input tegangan LVDT utama untuk sensor LVDT dan tegangan sekunder harus didemodulasi untuk menghasilkan

Penelitian berikutnya MS.DIMPLE P KHANT, Mr. P.J.PATEL, Mr. L.K.BANSAL, PROF. S.N. SHAH M.E.[Electronics and Communication] Student, Department Of E & C Engineering (2013) *Signal Conditioning System For Temperature Measurement In Cryogenic Application* Pemantauan terus menerus dari temperatur cair dalam aplikasi kriogenik merupakan kebutuhan utama dari kontrol dan sudut pandang keamanan. Oleh karena itu permintaan dari pengukuran presisi dari suhu ditangani dengan menggunakan semikonduktor jenis dioda sensor. Pengukuran linearitas semikonduktor sensor Memastikan yang cylidricity dari kriogenik di inlet dan outlet. Untuk meningkatkan akurasi pengukuran dan stabilitas output sensor, berdasarkan prinsip-prinsip dari rangkaian pengkondisian sinyal sensor dioda menggunakan sirkuit analog Teknologi ini dirancang. Kelayakan pendingin sirkuit dianalisis untuk data ukuran. Tujuan utama adalah untuk mengukur suhu di kriogenik. Kualitas dan kinerja bagian pengkondisian sinyal sangat penting. Penguat instrumentasi, metode penyaringan, dan penguat operasional digunakan untuk mendapatkan jelas pengukuran pada tingkat tegangan yang diinginkan. Pengkondisian sinyal sirkuit diuji dan dievaluasi dengan menggunakan sensor dioda sinyal input. Ini dioda karakteristik puas dengan benar.

## 2.2 Signal conditioning

Pengkondisian signal (*Signal conditioning*) adalah penyesuaian suatu penguat yang diperlukan untuk menguatkan sinyal yang sangat lemah, berasal dari sensor atau sumber-sumber hasil converter listrik. Umumnya pengkondisian sinyal

UNIVERSITAS MEDAN AREA

menggunakan operasional amplifier (Op Amp), merupakan suatu komponen

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id) 7/12/23

elektronika berupa sirkuit terintegrasi (*integrated circuit* atau IC) yang terdiri atas bagian differensial amplifier, common emitter amplifier dan bagian push-pull amplifier. Bagian output Op-amp ini biasanya dikendalikan dengan umpan balik negatif (*negative feedback*) karena nilai gainnya yang tinggi.

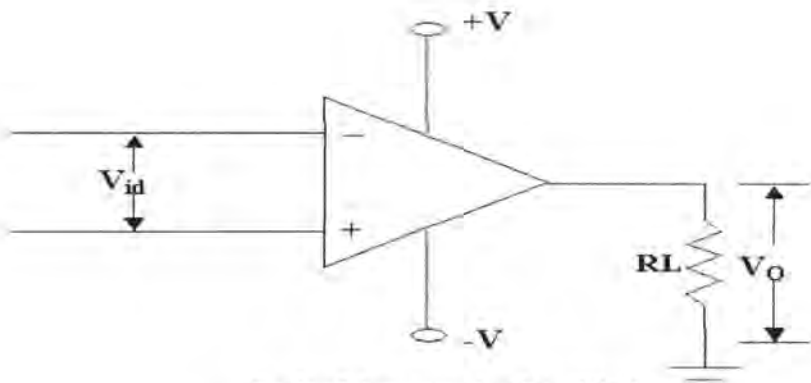
Keuntungan dari penggunaan Op Amp adalah karena komponen ini memiliki penguatan ( $A$ ) yang sangat besar, Impedansi input yang besar, ( $Z_{in} \gg$ ) dan Impedansi Output yang kecil ( $Z_{out} \ll$ ). Selain dari itu, kemampuan interval frekuensi dari komponen ini sangat lebar.

kecil ( $Z_{out} \ll$ ). Selain dari itu, kemampuan interval frekuensi dari komponen ini sangat lebar. Penggunaan dari Op-amp meliputi: amplifier atau penguat biasa (non-Inverting Amplifier), Inverting Amplifier, komputer analog (operasi jumlah, kurang, integrasi, dan diferensiasi), dll. Jenis Op-amp yang populer dipakai adalah chip 741.

Penguat operasional *signal conditioning* adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi penguat differensial yang telah dijelaskan di atas.

Penguat operasional memiliki dua masukan dan satu keluaran serta memiliki penguatan DC yang tinggi. Untuk dapat bekerja dengan baik, penguat operasional memerlukan tegangan catu yang simetris yaitu tegangan yang berharga positif (+V) dan tegangan yang berharga negatif (-V) terhadap tanah (*ground*).

Berikut ini adalah simbol dari penguat operasional:



Gambar 2.1 penguat signal conditioning

Strain Gauge adalah komponen elektronika yang dipakai untuk mengukur tekanan (deformasi atau strain). Alat ini berbentuk foil logam atau kawat logam yang bersifat insulatif (isolasi) yang ditempel pada benda yang akan diukur tekanannya, dan tekanan berasal dari pembebanan. Prinsipnya adalah jika tekanan pada benda berubah, maka foil atau kawat akan terdeformasi, dan tahanan listrik alat ini akan berubah. Perubahan tahanan listrik ini akan dimasukkan kedalam rangkaian jembatan Wheatstone yang kemudian akan diketahui berapa besar tahanan pada Strain Gauge. Tegangan keluaran dari jembatan Wheatstone merupakan sebuah ukuran regangan yang terjadi akibat tekanan dari setiap elemen pengindera Strain Gauge. Tekanan itu kemudian dihubungkan dengan regangan sesuai dengan hukum Hook yang berbunyi : Modulus elastis adalah rasio tekanan dan regangan. Dengan demikian jika modulus elastis sebuah permukaan benda dan regangan telah diketahui, maka tekanan bisa ditentukan..Hukum Hook dituliskan sebagai :

$$\sigma = \frac{E}{s} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

$s$  = tegangan geser , kg/cm

$E$  = modulus Young , kg/cm<sup>2</sup>

Bila dua gauge atau lebih digunakan, maka tekanan pada pelacakan arah setiap gauge bisa ditentukan dengan menggunakan perhitungan. Namun demikian persamaannya memiliki tingkat kompleksitas yang berbeda tergantung pada kombinasi dan orientasi gauge tersebut.

Kepekaan sebuah Strain Gauge disebut dengan faktor gage dan perbandingan antara unit resistansi dengan perubahan unit panjang adalah :

$$\text{Faktor gauge } K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana ;

$K$  = Faktor gauge

$\Delta R$  = Perubahan tahanan gauge

$\Delta l$  = Perubahan panjang bahan

$R$  = Tahanan gauge nominal

$l$  = Panjang normal bahan

Jadi regangan diartikan sebagai perbandingan tanpa dimensi, perkalian unit yang sama, misalnya mikroiinci / inci atau secara umum dalam persen (untuk deformasi yang besar) atau yang paling umum lagi dalam mikrostrain.

Parameter fundamental dari *strain gauge* adalah sensitivitas dari *strain*,

diekspresikan secara kuantitatif sebagai *gauge factor* (GF). *Gauge factor*

UNIVERSITAS MEDAN AREA

didefinisikan sebagai rasio dari pembagian perubahan dalam resistansi dengan pembagian perubahan dari panjangnya (*strain*),

*Gauge factor* untuk *metallic strain gauge* secara tipikal adalah di sekitar 2. Idealnya, resistansi dari *strain gauge* berubah hanya terhadap respon yang diaplikasikan pada *strain gauge material*, sebagaimana spesimen material di mana *gauge* diaplikasikan, juga akan merespon terhadap perubahan temperatur. Divais yang menggunakan prinsip *strain gauge* secara internal yang sering digunakan untuk pengukuran massa adalah *load cell*. Pada penelitian ini akan digunakan *load cell* dengan rentang massa maksimum adalah 200 kg.

Perubahan tahanan  $\Delta R$  pada sebuah konduktor yang panjangnya  $l$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan bagi tahanan dari sebuah konduktor yang penampangnya serba sama, yaitu :

$$R = \rho \frac{\text{Panjang}}{\text{Luas}} = \frac{\rho \times l}{\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

$\rho$  = tahanan spesifik dari bahan konduktor

$l$  = panjang konduktor

$d$  = diameter konduktor

**2.3 Karakteristik Ideal Penguat Operasional**

Penguat operasional banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena beberapa keunggulan yang dimilikinya, seperti penguatan yang tinggi, impedansi

masukan yang tinggi, impedansi keluaran yang rendah dan lain sebagainya. Berikut ini adalah karakteristik dari Op Amp ideal:

- a. Penguatan tegangan lingkaran terbuka (*open-loop voltage gain*)  $AVOL = -\infty$
- b. Tegangan offset keluaran (*output offset voltage*)  $VOF = 0$
- c. Hambatan masukan (*input resistance*)  $RI = \infty$
- d. Hambatan keluaran (*output resistance*)  $RO$
- e. Lebar pita (*band width*)  $BW = \infty$
- f. Waktu tanggapan (*respon time*) = 0 detik
- g. Karakteristik tidak berubah dengan suhu

Kondisi ideal tersebut hanya merupakan kondisi teoritis, yang tidak mungkin dapat dicapai dalam kondisi praktis. Tetapi para pembuat Op Amp berusaha untuk membuat Op Amp yang memiliki karakteristik mendekati kondisi-kondisi di atas. Karena itu sebuah Op Amp yang baik harus memiliki karakteristik yang mendekati kondisi ideal. Berikut ini akan dijelaskan satu persatu tentang kondisi-kondisi ideal dari Op Amp.

**2.4 Penguatan Tegangan Lingkaran Terbuka**

Penguatan tegangan lingkaran terbuka (*open loop voltage gain*) adalah penguatan diferensial Op Amp pada kondisi dimana tidak terdapat umpan balik (*feedback*) yang diterapkan padanya seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Secara ideal, penguatan tegangan lingkaran terbuka adalah:

$$A_{VOL} = V_{out} / (V_1 - V_2) = -\infty \dots\dots\dots(2.4)$$

Tanda negatif menandakan bahwa tegangan keluaran VO berbeda fasa dengan tegangan masukan Vin. Konsep tentang penguatan tegangan tak berhingga tersebut sukar untuk divisualisasikan dan tidak mungkin untuk diwujudkan. Suatu hal yang perlu untuk dimengerti adalah bahwa tegangan keluaran VO jauh lebih besar daripada tegangan masukan Vin. Dalam kondisi praktis, harga AVOL adalah antara 5000 (sekitar 74 dB) hingga 100000 (sekitar 100 dB).

Tetapi dalam penerapannya tegangan keluaran VO tidak lebih dari tegangan catu yang diberikan pada Op Amp. Karena itu Op Amp baik digunakan untuk menguatkan sinyal yang amplitudonya sangat kecil.

## 2.5 Tegangan Offset Keluaran

Tegangan offset keluaran (*output offset voltage*) VOf adalah nilai tegangan keluaran dari Op Amp terhadap tanah (*ground*) pada kondisi tegangan masukan  $V_{in} = 0$ . Secara ideal, nilai VOf = 0 Volt. Op Amp yang dapat memenuhi nilai tersebut disebut sebagai Op Amp dengan CMR (*common mode rejection*) ideal. Tetapi dalam kondisi praktis, akibat adanya ketidakseimbangan dan ketidakidentikan dalam penguat diferensial dalam Op Amp tersebut, maka tegangan offset VOf biasanya bernilai sedikit di atas 0 Volt. Apalagi tidak digunakan umpan balik maka nilai VOf akan menjadi cukup besar untuk menimbulkan kejenuhan (saturasi) pada keluaran. Untuk mengatasi hal ini, maka perlu diterapkan tegangan koreksi pada Op Amp. Hal ini dilakukan agar pada saat tegangan masukan  $V_{in} = 0$ , tegangan keluaran VO Hambatan masukan (*input resistance*)  $R_{juga} = 0$ .

## 2.6 Hambatan Masukan

Hambatan masukan (*input resistance*)  $R_i$  dari Op Amp adalah besar hambatan di antara kedua masukan Op Amp. Secara ideal hambatan masukan Op Amp adalah tak berhingga. Tetapi dalam kondisi praktis, nilai hambatan masukan Op Amp adalah antara  $5\text{ k}\Omega$  hingga  $20\text{ M}\Omega$ , tergantung pada tipe Op Amp. Nilai ini biasanya diukur pada kondisi Op Amp tanpa umpan balik. Apabila suatu umpan balik negatif (*negative feedback*) diterapkan pada Op Amp, maka hambatan masukan Op Amp akan meningkat.

Dalam suatu penguat, hambatan masukan yang besar adalah suatu hal yang diharapkan. Semakin besar hambatan masukan suatu penguat, semakin baik penguat tersebut dalam menguatkan sinyal yang amplitudonya sangat kecil. Dengan hambatan masukan yang besar, maka sumber sinyal masukan tidak terbebani terlalu besar.

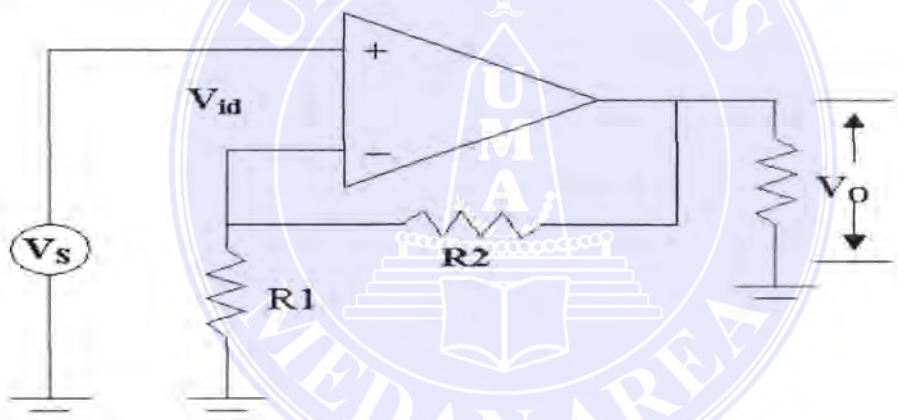
## 2.7 Hambatan Keluaran

Hambatan Keluaran (*output resistance*)  $R_O$  dari Op Amp adalah besarnya hambatan dalam yang timbul pada saat Op Amp bekerja sebagai pembangkit sinyal. Secara ideal nilai hambatan keluaran  $R_O$  Op Amp adalah  $= 0$ . Apabila hal ini tercapai, maka seluruh tegangan keluaran Op Amp akan timbul pada beban keluaran (RL), sehingga dalam suatu penguat, hambatan keluaran yang kecil sangat diharapkan. Dalam kondisi praktis nilai hambatan keluaran Op Amp adalah antara beberapa ohm hingga ratusan ohm pada kondisi tanpa umpan balik. Dengan

diterapkannya umpan balik, maka nilai hambatan keluaran akan menurun hingga mendekati kondisi ideal.

2.8 Implementasi Penguat Operasional

Rangkaian yang akan dijelaskan dan dianalisa dalam tulisan ini akan menggunakan penguat operasional yang bekerja sebagai komparator dan sekaligus bekerja sebagai penguat. Berikut ini adalah konfigurasi Op Amp yang bekerja sebagai penguat:



Gambar 2.2 Penguat Noninverting sederhana

Gambar di atas adalah gambar sebuah penguat non inverting. Penguat tersebut dinamakan penguat noninverting karena masukan dari penguat tersebut adalah masukan noninverting dari Op Amp. Sinyal keluaran penguat jenis ini sefasa dengan sinyal keluarannya. Adapun besar penguatan dari penguat ini dapat dihitung dengan rumus:

$$A_V = 1 + R_2 / R_1 \dots\dots\dots (2.5)$$

Sehingga :

$$V_0 = 1 + (R_2 / R_1) V_{in} \dots\dots\dots (2.6)$$

Selain penguat noninverting, terdapat pula konfigurasi penguat inverting. Dari penamaannya, maka dapat diketahui bahwa sinyal masukan dari penguat jenis ini, diterapkan pada masukan inverting dari Op Amp, yaitu masukan dengan tanda “-“. Sinyal masukan dari pengaut inverting berbeda fasa sebesar 1800 dengan sinyal keluarannya. Jadi jika ada masukan positif, maka keluarannya adalah negatif.

**2.9 Penguat tak pembalik (Non Inverting Amplifier )**

penguat Non Inverting amplifier merupakan kebalikan dari penguat inverting, dimana Input dimasukkan pada input non inverting sehingga polaritas output akan sama dengan polaritas input tapi memiliki penguatan yang tergantung dari besarnya Rfeedback dan Rinput. Rumus penguatan penguat non-pembalik adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} ( \frac{R_1 + R_2}{R_1} ) \dots\dots\dots (2.7)$$

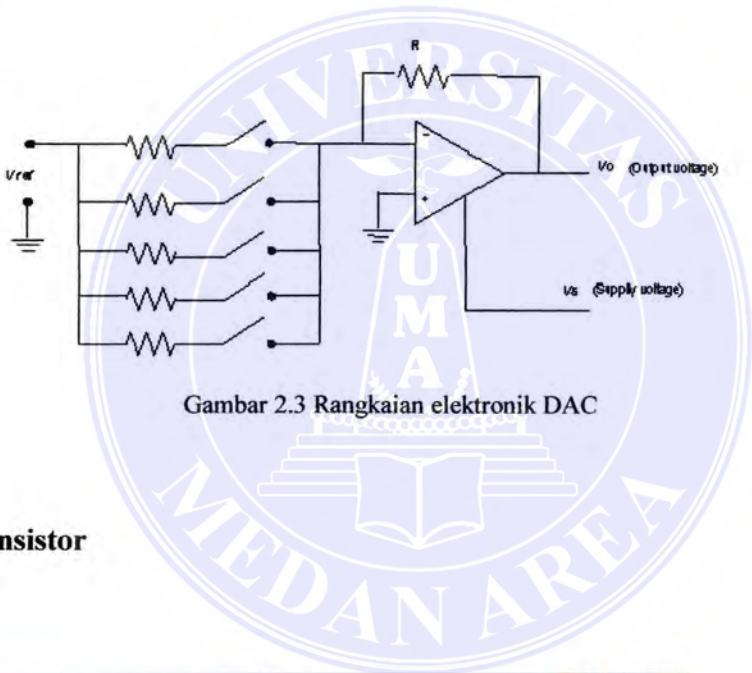
Atau dengan kata lain

$$V_{out} = V_{in} ( 1 + \frac{R_1}{R_2} ) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan demikian, penguat non-pembalik memiliki penguatan minimum bernilai 1. Karena tegangan sinyal masukan terhubung langsung dengan masukan pada penguat operasional maka impedansi masukan bernilai  $Z_{in} \approx \infty$ .

2.10 Perubah Digital ke Analog ( DAC)

Sinyal-sinyal digital yang berasal dari alat/instrumen elektronik, bila ingin ditampilkan kembali dalam bentuk seperti semula (seperti sinyal di alam-misalnya berbentuk suara) maka perlu diubah kedalam bentuk analog kembali. Rangkaian elektronik untuk mengubah sinyal digital ke analog dapat dilihat seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian elektronik DAC

2.11 Transistor



Gambar 2.4 Berbagai macam transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (*Bipolar Junction Transistor* atau BJT) atau tegangan inputnya (*Field Effect Transistor* atau FET) , memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

Pada umumnya, transistor memiliki tiga terminal. Tegangan atau arus yang dipasang disalah satu terminalnya mengatur arus yang lebih besar yang melalui dua terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya.

## 2.12 PCB (Printed Circuit Board)

PCB adalah sebuah papan yang penuh dengan komponen-komponen elektronika yang tersusun membentuk rangkaian elektronik atau tempat rangkaian elektronika yang menghubungkan komponen elektronik yang satu dengan lainnya tanpa menggunakan kabel. Disebut dengan Papan Sirkuit karena diproduksi secara massal dengan cara mencetak. PCB dilapisi lapisan logam (tembaga) yang berfungsi

sebagai penghubung antar komponen, Lapisan logam ini nantinya akan menjadi kabel yang tersusun rapi, setelah kita melarutkan pada larutan FerryClorit + air.

### 2.13 Dioda

Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk hole-hole yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektron-elektron yang siap untuk bebas merdeka. Lalu jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, maka elektron dari sisi N dengan serta merta akan bergerak untuk mengisi hole di sisi P. Tentu kalau elektron mengisi hole di sisi P, maka akan terbentuk hole pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran hole dari P menuju N. Kalau menggunakan terminologi arus listrik, maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N. Sebaliknya jika polaritas tegangan dibalik yaitu dengan memberikan bias negatif (*reverse bias*). Maka dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P, sehingga tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran hole dari P ke N maupun sebaliknya. Karena baik hole maupun elektron masing-masing tertarik ke arah kutup berlawanan. Bahkan lapisan deplesi (*depletion layer*) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus.

### 2.14 Trimpot

Trimpot adalah sebuah resistor variabel kecil yang biasanya digunakan pada rangkaian elektronika sebagai alat tuning atau bisa juga sebagai re-kalibrasi. Seperti potensio juga, Trimpot juga mempunyai 3kaki selain kesamaan tersebut sistem kerja/cara kerjanya juga meyerupai potensio hanya saja kalau potensio mempunyai gagang atau handle untuk memutar atau menggeser sedangkan Trimpot tidak. Lalu bagaimana cara merubah nilai resistansi sebuah Trimpot?, jawabannya adalah dengan cara mengetrimnya menggunakan obeng pengetriman. Dalam rangkaian elektronika Trimpot disimbolkan dengan huruf VR.

### 2.15 Resistor

Resistor komponen pasif elektronika adalah berfungsi untuk membatasi arus listrik yang mengalir. Berdasarkan kelasnya resistor dibagi menjadi dua yaitu : Fixed Resistor dan Variable resistor. Pada umumnya resistor terbuat dari karbon film atau metal film, tetapi tidak menutup kemungkinan untuk dibuat dari material yang lain.

Pada dasarnya semua bahan memiliki sifat resistif namun beberapa bahan seperti tembaga, perak, emas dan bahan metal umumnya memiliki resistansi yang sangat kecil. Bahan–bahan tersebut menghantar arus listrik dengan baik, sehingga dinamakan konduktor. Kebalikan dari bahan yang konduktif, bahan material seperti karet, gelas, karbon memiliki resistansi yang lebih besar menahan aliran electron dan disebut sebagai insulator.

## 2.16 Kapasitor

Kondensator (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. Satuan ini ditemukan oleh Michael Faraday. Kondensator kini juga dikenal sebagai "kapasitor", namun kata "kondensator" masih dipakai hingga saat ini. Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung.

Sedangkan jenis yang satunya lagi kebanyakan nilai kapasitasnya 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 yang sering disebut kapasitor (*capacitor*).

## 2.17 Rangkaian Signal Conditioning menggunakan OpAmp.

Sensor analog dalam aplikasi hampir selalu berhadapan dengan gangguan-gangguan klasik seperti noise, interferensi dengan sinyal elektromagnet, dan sebagainya. Selain itu sensor memiliki impedansi dan jangkauan tegangan output yang tidak selalu kompatibel dengan perangkat data acquisition yang digunakan. Sebagai contoh, sensor temperature Tinier menggunakan NTC, PTC ataupun IC LM741 perlu dirangkai dengan rangkaian penguat agar outputnya mempunyai jangkauan,  $\pm 5V$  atau  $12V$ . Output accelerometer ADXL105 juga perlu dikuatkan agar output maksimalnya (sesuai dengan kondisi operasi/tugas robot) setara tegangan

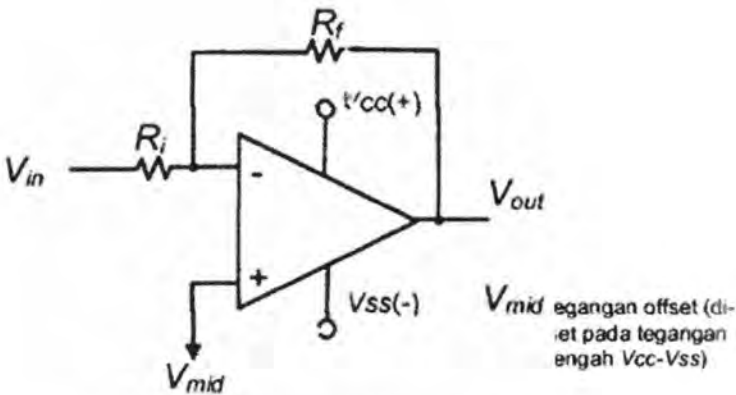
penyelarasan sinyal antara sensor dengan sistem kontroler yang biasa disebut sebagai signal conditioning (pengkondisian sinyal).

Pada dasarnya rangkaian signal conditioning dapat dibangun dari komponen IC operational amplifier (OpAmp) umum seperti LM741, LM324, dsb. Rangkaian dapat berupa amplifier (penguat), attenuator (pelemah), filter, pembatas (limiter), damper (pemotong puncak sinyal), dan lain-lain. Berikut ini diberikan dasar-dasar rangkaian OpAmp yang biasa dipakai sebagai rangkaian signal conditioning, yaitu inverting dan non-inverting amplifier, low-pass filter dan high-pass filter.

#### a. Inverting Amplifier

Inverting amplifier adalah penguat dasar operasional, hanya menerima sinyal input untuk dapat dikuatkan dan membalikkan polaritas pada terminal output. Penguatan loop terbuka dari penguat operasional yang khas adalah dalam ratusan ribu, tapi amplifier yang ideal digunakan untuk memperoleh fungsi transfer yang diasumsikan keuntungan tak terhingga untuk menyederhanakan turunannya tanpa memperkenalkan kesalahan yang signifikan dalam menghitung keuntungan regangan. dengan seperti gain regangan hight, tegangan input hanya melihat pembagi tegangan yang terdiri dari  $r_f$  dan  $r_i$ . Tanda negatif dalam fungsi transfer menunjukkan bahwa sinyal output adalah polaritas kebalikan dari input.

Rangkaian inverting amplifier mempunyai bentuk standar sebagai berikut.



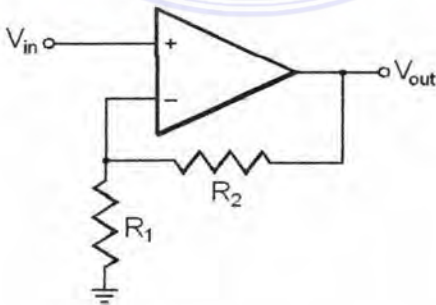
Gambar 2.5 Inverting Amplifier

Gain =  $-\frac{R_f}{R_i}$  .....(2.10)

$V_o = \frac{R_f}{R_i} \cdot V_i$

**b. Non-inverting Amplifier**

Jika diperlukan penguatan tidak perlu membalik fasa sinyal dapat digunakan rangkaian non-inverting amplifier yang dibentuk dari susunan dua rangkaian inverting amplifier secara serf seperti gambar berikut.



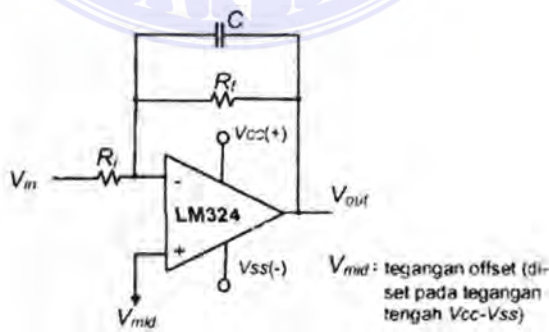
Gambar 2.6 Non Inverting Amplifier

Gan =  $\frac{R_{f1}}{R_{i1}} \frac{R_{f2}}{R_{i2}}$  .....(2.11)

c. Low-pass Filter

Rangkaian low-pass filter berguna untuk menyaring sinyal berfrekuensi rendah yang diinginkan dengan menahan sinyal berfrekuensi tinggi yang tidak dikehendaki. Untuk pembacaan sensor posisi menggunakan potensiometer, rangkaian low-pass filter ini diperlukan agar noise yang menyertai, misalnya dari hash gesekan mekanis antara permukaan sentuh resistor dengan konektor porosnya, dapat ditekan sekecil mungkin. Perlu digaris bawahi di sini bahwa penentuan batas frekuensi yang akan diredam tidak boleh mengganggu sinyal asli yang dideteksi. Misalnya pada gerakan dengan kecepatan dan percepatan yang relatif tinggi, informasi perubahan posisi

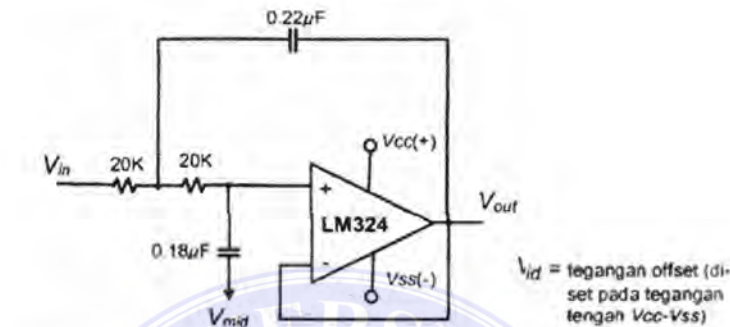
dapat memiliki respon perubahan yang tinggi pula sehingga vibrasi gerakan yang mungkin terjadi dapat menyebabkan hash bacaan sinyal "mirip" seperti noise. Sebuah contoh rangkaian low-pass filter 1-pole menggunakan OpAmp LM324 diberikan dalam Gambar 2.12 berikut ini,



Gambar 2.7 Low Pass Filter 1-pole

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot R_f} \dots\dots\dots (2.12)$$

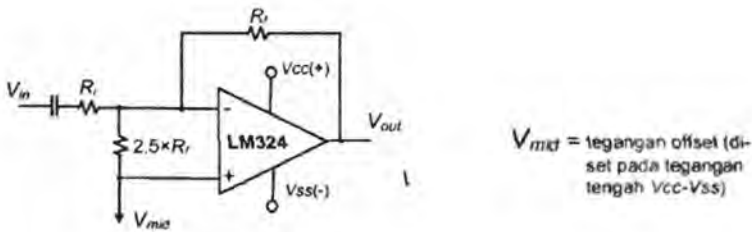
Contoh berikut adalah rangkaian low-pass filter 2-pole yang mempunyai frekuensi cut-off 30 Hz, menggunakan metode Bessel.



Gambar 2.8 Rangkaian Low-pass filter 2-pole Bessel

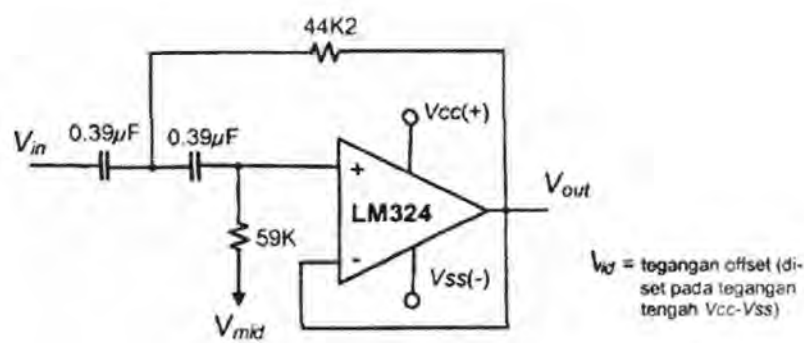
d. High Pass Filter

Kebalikan dengan low-pass filter, high-pass filter bekerja menyaring frekuensi tinggi yang diinginkan dengan menahan frekuensi rendah yang tidak dikehendaki. Contoh rangkaian berikut adalah sebuah high-pass filter menggunakan OpAmp LM324.



Gambar 2.9 Rangkaian high-pass filter 1-pole

Untuk high-pass filter 2-pole dapat menggunakan rangkaian seperti pada Gambar 2.10 berikut ini



Gambar 2.10 Rangkaian high-pass filter 2-pole Bessel

2.18 Karakteristik Strain Gauge

- a. Karakteristik dari filamen adalah sebagai berikut :
- b. Faktor Gauge tertinggi
- c. Koefisien suhu resistansi rendah
- d. Resitivitas tinggi
- e. Kekuatan mekanis tinggi
- f. Potensial termo listrik minimum disekitar lead

2.19 Bahan- bahan yang bisa dijadikan Strain Gauge

Berbagai jenis bahan tahanan telah dikembangkan untuk pemakaian dalam *gauge-gauge* kawat dan *foil*, seperti:

- a. Constantan adalah paduan (alloy) tembaga-nikel dengan koefisien temperatur rendah. Biasanya Constantan ditemukan dalam Gauge yang digunakan untuk strain dinamik, dimana perubahan level strain tidak melebihi  $\pm 1500 \mu cm/cm$ . Batas temperatur kerja adalah dari  $10^{\circ}C$  sampai  $200^{\circ}C$ .

- b. Nichrome V adalah paduan nikel-chrome yang digunakan untuk pengukuran strain statik sampai  $375^{\circ}\text{C}$ . dengan kompensasi temperatur, paduan ini dapat digunakan untuk pengukuran static sampai  $650^{\circ}\text{C}$  dan pengukuran dinamik sampai  $1000^{\circ}\text{C}$ .
- c. Dynaloy adalah paduan nikel-besi dengan Faktor Gauge yang rendah dan ketahanan yang tinggi terhadap kelelahan. Bahan ini digunakan untuk pengukuran strain dinamik bila sensitivitas temperatur yang tinggi dapat di tolerir.
- d. Stabiloy adalah paduan nikel-chrome yang dimodifikasi dengan rangkuman kompensasi temperatur yang lebar. gauge ini memiliki stabilitas yang sangat baik dan temperatur cryogenic sampai sekitar  $350^{\circ}\text{C}$  dan ketahanan yang baik terhadap kelelahan.
- e. Paduan-paduan platina tungsten memberikan stabilitas yang sangat baik dan ketahanan yang tinggi terhadap kelelahan pada temperatur tinggi. Gauge ini disarankan untuk pengukuran uji static sampai  $700^{\circ}\text{C}$  dan pengukuran dinamik  $850^{\circ}\text{C}$ .

## 2.20 Beberapa Jenis Strain Gauge

Ada dua tipe dasar strain gauge, yaitu yang terikat (bounded) dan yang tidak terikat (unbounded). Bounded strain gauge seluruhnya terpasang pada elemen gaya (force member) dengan menggunakan semacam bahan perekat. Selagi elemen gaya tersebut meregang, strain gauge juga memanjang. Unbonded strain gauge memiliki salah satu ujung yang dipasang pada elemen gaya dan ujung satunya dipasang pada pengumpul (force collector). Setiap perubahan panjang baik pada bonded maupun

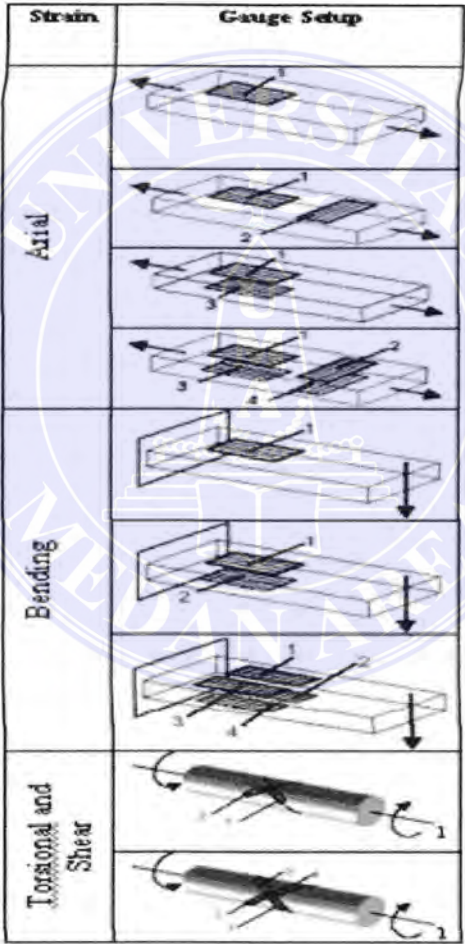
pada unbounded gauge menyebabkan perubahan nilai tahanan listrik. Strain gauge

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

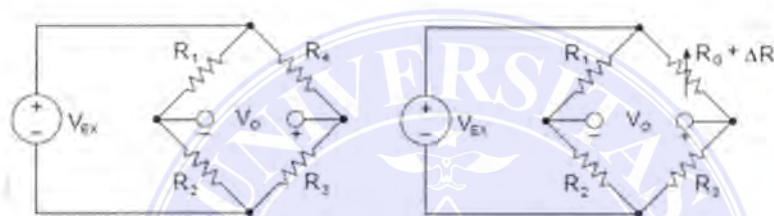
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

dibuat dari logam dan bahan-bahan semikonduktor, sangat akurat dan dapat digunakan pada arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC) serta memiliki respon dinamis yang sangat bagus. Sinyal yang dihasilkan gauge sangat lemah, tetapi kelemahan ini dapat diperbaiki dengan menggunakan peralatan bantu yang baik.

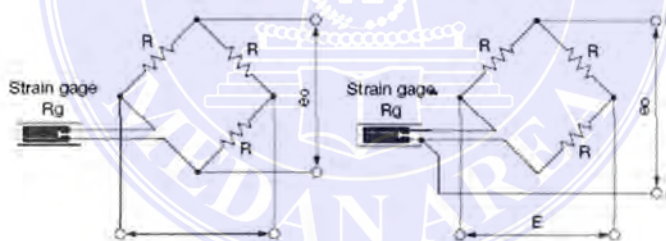


Gambar 2.11. Jenis pemasangan gauge

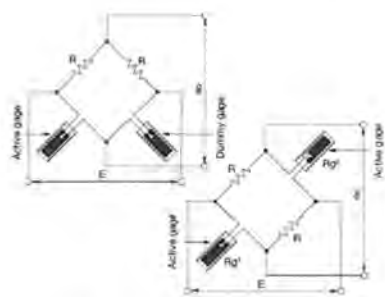
Setiap jenis gauge memberikan factor yang berbeda. Gauge factor sangat penting agar dapat menghasilkan rancangan transducer yang sesuai. Perubahan sinyal dengan amplitudo yang tinggi merupakan suatu karakteristik yang baik, asalkan karakteristik-karakteristik unjuk kerja lainnya seperti tingkat kepekaan terhadap temperature dapat diterima sesuai pengukuran.



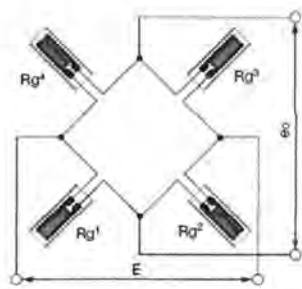
Gambar 2.12 Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gauge



Gambar 2.13. Satu Gauge Pada Jembatan Wheatstone serta Penempatan Strain Gauge



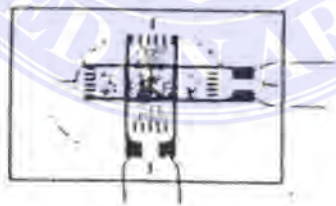
Gambar 2.14. Dua gauge pada Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gauge



Gambar 2.15. Empat gauge pada Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gauge

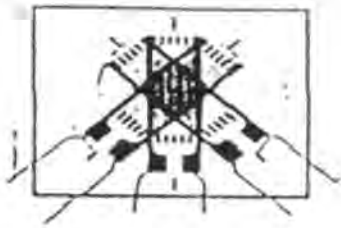
2.21 Jenis-jenis dari Metal Foil Strain Gauge

- a. Rosette 90° yang dapat mengukur aksial dan regangan trasfer sekaligus. Variasi desain ini adalah strain gauge dimana dua elemen memiliki tahanan yang berbeda. Tahanan juga di pilih sehingga hasilnya memberikan sebuah sensor yang keluarannya sebanding dengan tekanan dan keluaran elemen aksial sebanding dengan regangan.



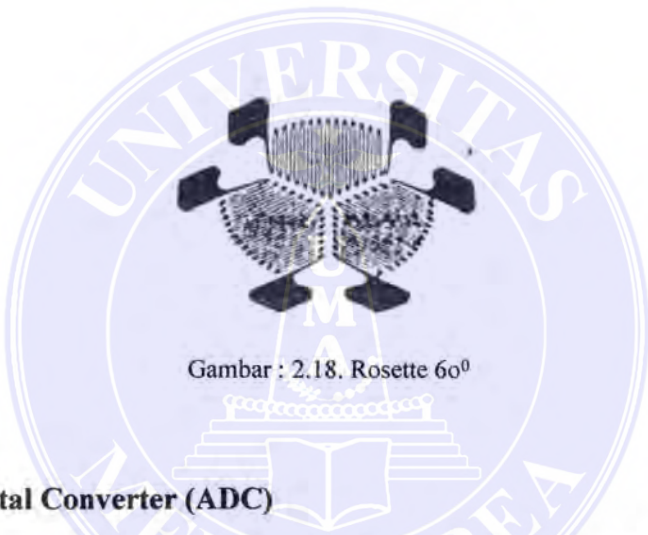
Gambar : 2.16 Rosette 90°

- b. Rosette 45° memberikan reaksi angular lebih besar dari rosette 90°



Gambar : 2.17 Rasette 45<sup>0</sup> terhadap Rosette 90<sup>0</sup>

c. Rosette 60<sup>0</sup>



Gambar : 2.18. Rosette 60<sup>0</sup>

2.22 Analog Digital Converter (ADC)

Analog Digital Converter (ADC) adalah alat yang dapat mengkonversi tegangan listrik digital ke tegangan listrik analog dan sebaliknya dari tegangan listrik analog ke tegangan listrik digital, salah satu peralatan ADC tersebut adalah Labjack U3-LV. Labjack pertama kali di rilis tahun 2001 oleh Labjack Corporation, menggunakan USB (Universal Serial Bus)/internet dalam peralatan ukur dan automisasi untuk merubah input/output analog serta digital. Labjack dirancang agar mudah digunakan antara computer dan dunia pisik.

Beberapa contoh peralatan Labjack:

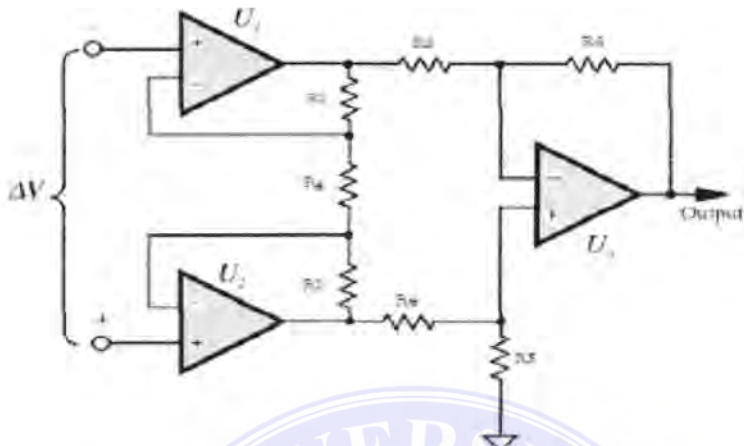


Gambar 2.19. Beberapa tipe ADC merek Labjack

Labjack adalah peralatan yang dapat digunakan converter untuk memonitor dan mengontrol proyek dari PC atau mobile phone, seperti penghubung antara dunia nyata dan virtual. Dapat digunakan untuk pembacaan keluaran tegangan sensor, arus, daya, temperature, humidity, wind speed, force, pressure, strain, acceleration, RPM, intensitas cahaya, intensitas suara, konsentrasi gas, posisi dan lain-lain.

2.23 Akuisisi Data

Keluaran dari sensor massa, *load cell*, adalah tegangan dan berikutnya dihubungkan dengan Penguat instrumentasi (*instrumentation amplifier*, IA). Selanjutnya penguat instrumentasi adalah pengembangan dari penguat diferensial (selisih tegangan) yang mengakomodasi masukan selisih tegangan secara klasik ditunjukkan pada Gambar 2.20 di bawah ini:



Gambar 2.20. Skema Penguat Instrumentasi Klasik (Fraden, 2003)

Penguat instrumentasi dibangun oleh tiga buah op-amp. Op-amp 1 dan 2 ( $U_1$  dan  $U_2$ ) dikonfigurasi sebagai penguat selisih tegangan, sedangkan op-amp ketiga dikonfigurasi sebagai penguat *non-inverting*.

Sifat – sifat instrumentasi antara lain :

- a. tegangan *offset* minimum
- b. penguatan stabil
- c. ketaklinieran rendah
- d. input impedansi sangat tinggi
- e. output impedansi sangat rendah
- f. serta rasio penolakan modus bersama (*common mode rejection ratio*, CMMR) sangat tinggi (Terrel, 1996).

Tegangan keluaran yang dihasilkan dari rangkaian Gambar 2.10 adalah bergantung pada nilai - nilai resistor dan selisih tegangan masukan yang diterapkan pada *differential voltage*,  $V_1$  dan  $V_2$ , menurut persamaan (Tompkin, 1988):

$$V_0 = (V_1 - V_2) \left( 1 + \frac{(R_1 + R_2)}{R_g} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

sedangkan besar penguatannya (*gain, A*) dirumuskan sebagai

$$A = \left( 1 + \frac{(R_1 + R_2)}{R_g} \right) \dots\dots\dots (2.14)$$

**2.24    Komponen Pendukung**

Integrated Circuit ( IC )

IC dapat di definisikan sebagai kumpulan dari beberapa komponen hingga ribuan komponen elektronika berupa transistor, resistor dan komponen elektronika yang lain dan membentuk suatu rangkaian elektronika yang membentuk fungsi elektronika tertentu dan dikemas dalam sebuah kemasan yang kompak dan kecil dengan pin atau kaki sesuai dengan fungsinya. Kemasan demikian disebut Integrated Circuit (IC). Sejarah IC (Integrated Circuit) IC mengkombinasikan tiga komponen elektronik dalam sebuah piringan silikon kecil yang terbuat dari pasir kuarsa. Para ilmuwan kemudian berhasil memasukkan lebih banyak komponen-komponen ke dalam suatu chip tunggal yang disebut semikonduktor. Integrated Circuit (IC) merupakan komponen semikonduktor yang di dalamnya dapat memuat puluhan, ratusan atau ribuan atau bahkan lebih komponen dasar elektronik yang terdiri dari sejumlah komponen resistor, transistor, dioda dan komponen semikonduktor yang lain. Komponen-komponen yang ada di dalam IC membentuk suatu subsistem

terintegrasi (rangkaian terpadu) yang bekerja untuk suatu keperluan tertentu, namun tidak tertutup kemungkinan dipergunakan untuk tujuan yang lain. Setiap jenis IC didesain untuk keperluan khusus sehingga setiap IC akan memiliki rangkaian internal yang beragam.



Gambar 2.21 Bentuk fisik Integrated circuit (IC)



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama sekitar 8 minggu. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Laboratorium elektro dan akustik, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Adapun peralatan yang di digunakan selama penelitian ini adalah:

##### **1. Tang potong**

Tang potong digunakan untuk mengupas/memotong kabel listrik

##### **2. Obeng**

Obeng digunakan untuk mengerat dan melonggarkan baut pada PCB yang dipasang ke box hitam. Obeng yang digunakan jenis obeng plus dan minus.

##### **3. Solder**

Solder digunakan untuk melelehkan timah yang dilengketkan pada PCB.

Solder yang digunakan merek dekho.

##### **4. Bor PCB**

Bor PCB digunakan untuk melebarkan lubang PCB sehingga komponen yang dipasang dapat dimasukkan pada PCB.

## 5. Gergaji Besi

Gergaji besi digunakan untuk memotong PCB agar lebar PCB yang diinginkan dapat ditentukan..

## 6. Sedotan Timah

Sedotan timah digunakan untuk menyedot timah apabila timah yang melekat pada PCB terlalu banyak.

## 7. Multitester

Multitester digunakan untuk membaca atau menghitung keluaran tegangan dan tahanan dari load cell.

### 3.2.2 BAHAN

Adapun bahan yang dipergunakan selama penelitian ini adalah:

#### 1. Papan PCB

Papan PCB digunakan untuk tempat rangkaian elektronika yang menghubungkan komponen elektronik yang satu dengan lainnya. Papan PCB yang digunakan jenis PCB berlobang.

#### 2. Timah solder

Timah solder digunakan untuk merekatkan komponen-kompoen elektronika dengan papan PCB sehingga komponen tidak mudah lepas.

#### 3. Kabel listrik

Kabel listrik digunakan untuk menghubungkan suatu rangkaian dengan rangkaian lainnya.

#### 4. Resistor

Resistor digunakan untuk mengatur arus yang keluar pada output rangkaian.

#### 5. Dioda H-bridge

Dioda H-bridge digunakan sebagai penyearah tegangan input arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan output searah (DC).

#### 6. IC N7809 dan IC N7909

IC digunakan sebagai penstabil tegangan di dalam rangkaian catu daya. Dalam rangkaian ini IC yang digunakan N7809 sebagai positif regulator dan IC N7909 sebagai negative regulator.

#### 7. IC CA3130

IC CA3130 digunakan sebagai penguat instrumentasi yang memiliki dua masukan dan satu keluaran.

#### 8. Kapasitor

Kapasitor digunakan sebagai filter/ penyaring pada catu daya. Kapasitor yang digunakan ialah kapasitor 2200 $\mu$ f dan 100 $\mu$ f.

#### 9. Trimpot

Trimpot digunakan sebagai pengatur gain tegangan juga sebagai pengatur tegangan offset nol. Dalam rangkaian penelitian menggunakan trimpot 200k dan 100k.

#### 10. Trafo CT

Trafo CT digunakan sebagai penurun tegangan tinggi menjadi tegangan rendah. Dalam rangkaian penelitian ini menggunakan trafo CT 1A.

## 11. Load cell

*Load cell* digunakan untuk merubah gaya dari tekanan beban menjadi sinyal listrik. Bahan yang digunakan adalah jenis bahan Polietilena berdensitas rendah (low density polyethylene, LDPE) yaitu termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Load cell

## 12. Strain gauge

*Strain gauge* digunakan sebagai sensor gaya yang diterimanya dari tekanan pada beban yang mengenai load cell. Gambar *strain gauge* ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Strain gauge

### 13. Labjack

Labjack Digunakan untuk merubah data sinyal analog tekan yang dibangkitkan dalam percobaan menjadi sinyal digital. Alat yang digunakan adalah labjack U3-LV ditunjukkan pada gambar 3.3.



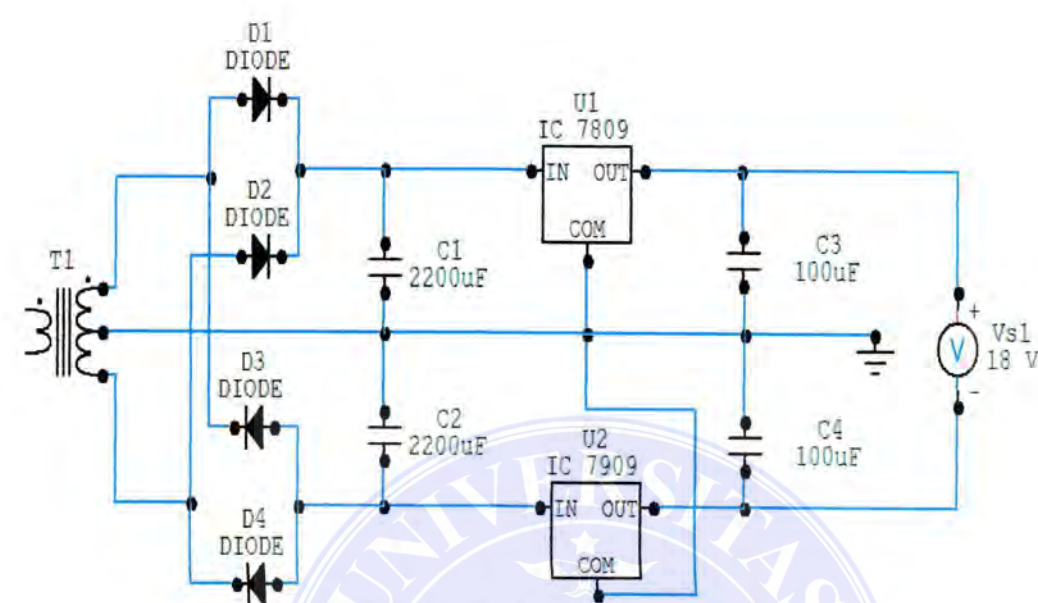
Gambar 3.3 LabJack U3-LV.

### 14. Laptop

Digunakan untuk menyimpan dan mengolah sinyal digital dari Labjack dengan bantuan *software DAQFactory*

## 3.3 Pembuatan power supply

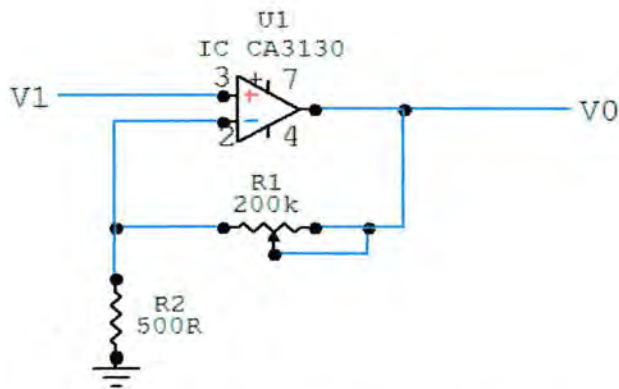
Power supply digunakan sebagai catu daya pada rangkaian signal conditioning dan Proximity agar tidak membebani Laptop atau PC. Gambar rangkaian power supply ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.4. Rangkaian power supply 18 V

3.4 Pembuatan signal conditioning

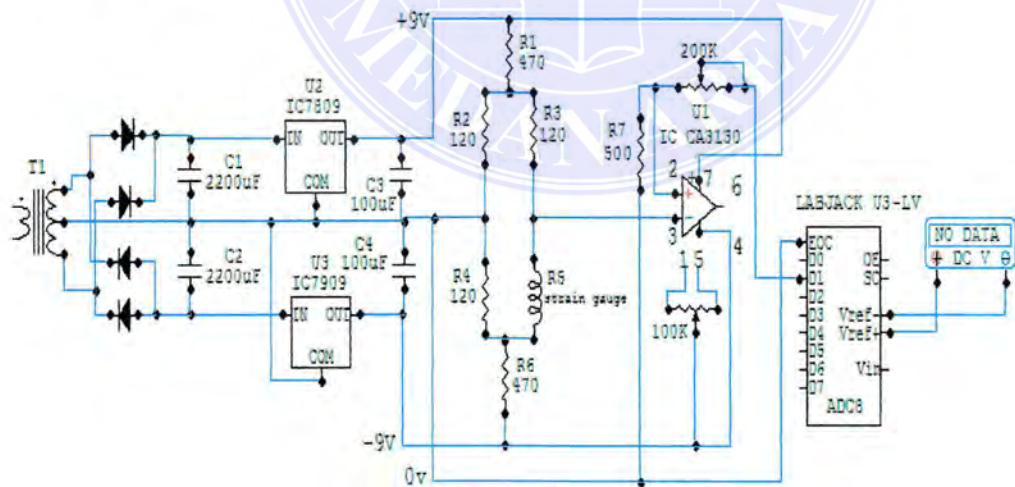
Signal conditioning digunakan untuk sebagai penguat instrumentasi pada load cell agar keluaran dari load cell dapat terbaca oleh computer. Pada pembuatan signal conditioning ini, peneliti menggunakan plat PCB sebagai tempat pemasangan dan penghubung komponen – kompoen elektronika. Namun signal conditioning ini tidak akan berfungsi sesuai tujuan apabila tidak didukung dengan perangkat lainnya. Rangkaian signal conditioning sebagai penguat instrumentasi dapat dilihat seperti pada gambar .



Gambar 3.5 Rangkaian Penguat Non Inverting

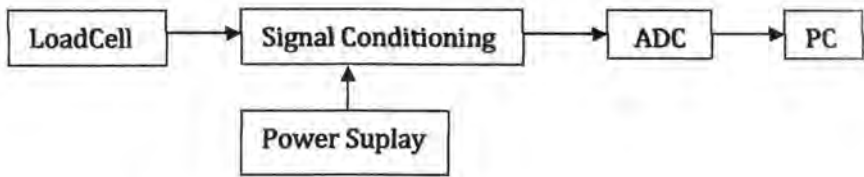
3.5 Pembuatan Rangkaian Elektrik secara keseluruhan

Dalam pembuatan rangkaian ini peneliti melakukan kombinasi seluruh rangkaian power supply, jembatan whaestone pada load cell, signal conditioning , labjack dan laptop.



Gambar 3.6 Rangkaian keseluruhan alat

3.6 Eksperimental set up



Gambar 3.7 Set Up Peralatan Pengujian

3.7 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Dari blok diagram sistem pada Gambar 3.6, dapat dijelaskan bahwa loadcell akan menerima fenomena alam yang terjadi dan meneruskan informasi tersebut dalam bentuk sinyal analog. Sinyal analog tersebut kemudian ditangkap oleh rangkaian *signal conditioning* analog. *Signal conditioning* mengacu pada operasi yang dilakukan pada sinyal untuk mengkonversikannya ke bentuk yang cocok agar dapat berinteraksi dengan unsur-unsur lain dalam proses kontrol loop . Oleh rangkaian *signal conditioning* analog tersebut input yang berasal dari *loadcell* akan diubah menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh ADC, Output dari modul ADC itu sendiri menggunakan kabel USB yang kemudian hasilnya dapat diperoleh dalam tabel program XL. Untuk menyimpan data dengan cara mengklik Start/Stop Save untuk Logging data. Data grafik akan otomatis tersimpan dalam drive (C:) pada laptop.

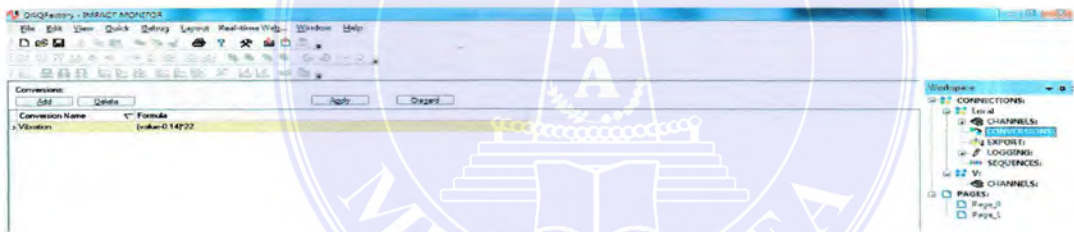
3.8 Pengaturan pada software

Pengaturan tampilan



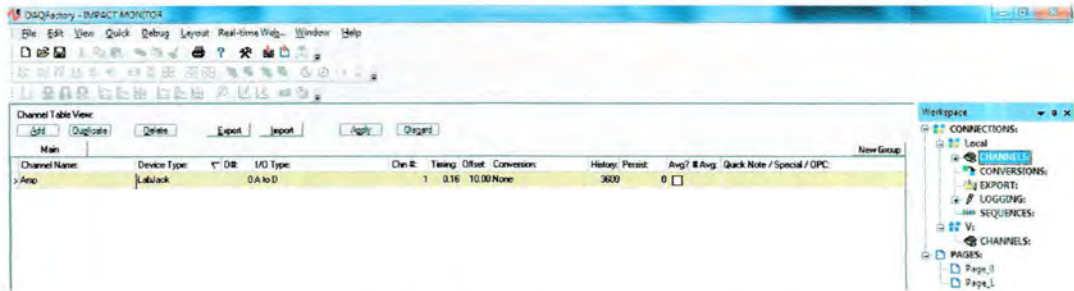
Gambar 3.8 pengaturan tampilan

Pengaturan konversi rumus



Gambar 3.9 pengaturan rumus

Pengaturan channel masukkan



Gambar 3.10 Pengaturan Channel Masukan



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil penguatan oleh signal conditioning yang telah dirancang rata-rata 551,27 kali dengan mengabaikan penguatan pada frekuensi 1000 Hz.
2. Tegangan yang masuk ke signal conditioning tidak lebih dari 50 mv untuk menghindari pemotongan gelombang.
3. Pada percobaan dapat disimpulkan berdasarkan grafik gain gambar 4.5 bahwa signal conditioning baik digunakan pada frekuensi 50 Hz sampai 500 Hz .

#### 5.2 Saran

1. pada beban di atas 2 Kg grafik mulai tidak linear, disebabkan jarak dudukan plat berpengaruh terhadap kelenturan plat.maka untuk mencari kelinierannya harus diperhatikan dudukan pelatnya.
2. Tegangan out putsignal conditioning tidak boleh melebihi input lapjack
3. sebaiknya bila merancang alat signal conditioning yang harus diperhatikan disarankan langsung menggunakan print circuit board dibandingkan menggunakan breadboard.

## DAFTAR PUSTAKA

Joyosono Heryanto, “ *Strain Gauge* “, Fakultas Teknik. Jurusan Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 2011.

William C. Dunn, “ *Fundamental of Industrial Instrumentation and Process Control*”,

Jacob Fraden,” *Handbook of modern sensors : physic, designs, and applications*”, San Diego, California, 2003.

Toto Trikasjono, “*Rancang Bangun pengkondisian Sinyal untuk survey meter digital* “, Malang, 2008.

Suyamto , “*Rancang bangun dan analisis perangkat telementri suhu dan cahaya menggunakan amplitude shift keying (ask) berbasis pc*, 2008.

Warsito , ‘*pengkondisian signal tahap awal pada sensor pasif studi kasus untuk thermistor tipe ntc* “, 2005

Masria pane, “ *pembuatan signal conditioning untuk sensor Lvdt (linier variable Diferensial Transformer)*“, FMIPAUSU, Medan, 2013.

Ms.dimple p khant “ *signal conditioning system for temperature measurement in crygonic application* “, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.

Sugriwan iwan, Muntini Suweni Melania, Pramono Hadi Yono, “ *Desain dan karateristik load cell tipe CZL601 sebagai sensor massa untuk mengukur derajat layu pada pengolahanteh hitam*”, jurusan fisika FMIPA ITS Surabaya, 2009

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 7/12/23