



RANCANG BANGUN PEMAKAIAAN LOAD CELL SEBAGAI SENSOR ALAT UKUR UJI IMPAK MATERIAL

SKRIPSI

OLEH :

ZULFAN EFFENDI SIRINGO-RINGO

09.812.0010



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2015

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

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)20/9/23

LEMBARAN PENGESAHAN

RANCANGAN BANGUN PEMAKAIAN LOAD CELL SEBAGAI SENSOR ALAT UKUR UJI IMPAK MATERIAL

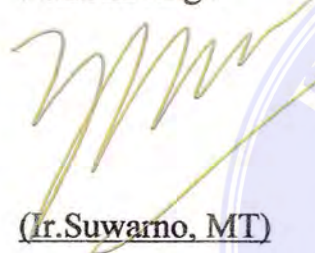
OLEH :

ZULFAN EFFENDI SIRINGO-RINGO 09 812 0010

TELAH DISETUJUI

OLEH :

Pembimbing I



(Ir. Suwarno, MT)

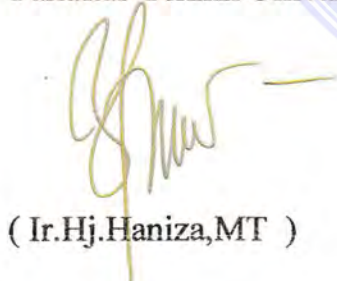
Pembimbing II



(Ir. Zulkifli Bahri)

Dekan

Fakultas Teknik Univ. Medan Area



(Ir. Hj. Haniza, MT)

Ketua Jurusan Teknik Elektro



(Ir. H. Usman Harahap .MT)

Tanggal Lulus : 28 Oktober 2014

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

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)20/9/23

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfan Effendi Siringo-ringo
NIM : 09 812 0010
Ka.prodi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Pemakaian Load Cell Sebagai Sensor
Alat Ukur Uji Impak Material

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi yang saya ajukan adalah sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada fakultas teknik universitas medan area bebas dari plagiat sesuai kaedah ilmiah, norma akademik dan norma hukum sesuai peraturan Menteri pendidikan nasional nomor 17 tahun 2010 tentang pencegahan dan penanggulangan plagiat di perguruan tinggi.
2. Bilamana terbukti terdapat tindakan plagiat, maka bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dapat di pergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, Februari 2015

Yang Memberikan Pernyataan



(Zulfan Effendi Siringo-ringo)

09 812 0010

ABSTRAK

Load cell merupakan transduser yang digunakan untuk mengubah gaya menjadi sinyal listrik. Load cell sebagai komponen utama pada rancang bangun system uji impact material. Namun hasil pengujian load cell sering terjadi ketidaklinieran pada saat di uji dengan jarak ketinggian yang sama. Untuk mengurangi ketidaklinieran hasil pengujian load cell maka harus dilakukan perencanaan perancangan yang sedetail mungkin. Dalam perancangan ini pembahasan mencakup pemilihan bahan, perhitungan perencanaan, penempelan strain gauge dan konfigurasi jembatan wheastone, pembuatan load cell dengan kapasitas 2.2kg serta pemilihan aplikasi untuk membaca hasil pengujian agar dapat terbaca di laptop. Pengujian load cell dilakukan dari ketinggian 0.5 meter sampai 2,5 meter.

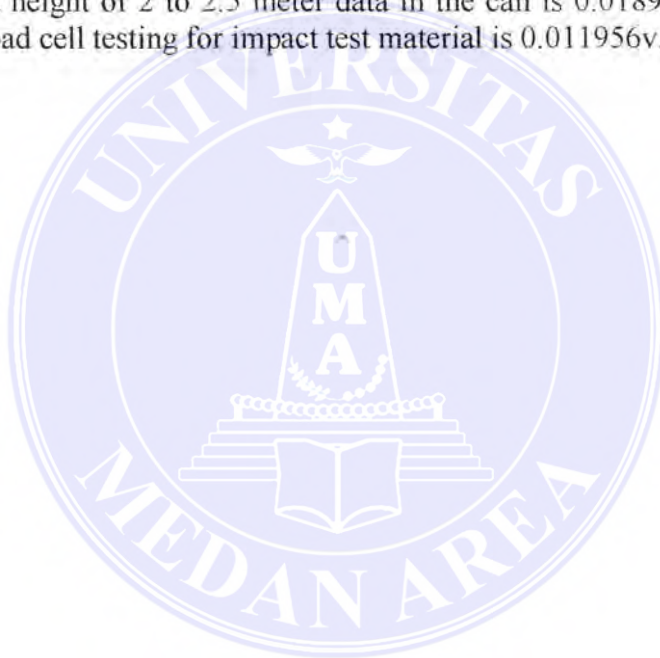
Dari hasil verifikasi pengujian rancang bangun load cell sebagai sensor uji impact material ditemukan bahwa terdapat ketidaklinieran pada jarak ketinggian 2 meter. Data yang dapat pada saat pengujian jarak 0.5 sampai 1.5 meter ialah 0.00518v, 0.006158v, 0.006962v, pada saat ketinggian 2 sampai 2.5 meter data yang di dapat ialah 0.018918v, 0.019517v. Penyimpangan yang terjadi pada pengujian load cell untuk uji impact material ialah 0.011956v.



ABSTRACT

Load cell is a transducer that is used to change the style into an electrical signal. Load cell as a major component in the design of the material impact test system. However, the load cell test results often occur nonlinearity when tested with the same height range. To reduce the load cell nonlinearity test results should be performed stats design as detailed as possible. In this scheme includes a discussion of the selection of materials, design calculations, attachment and strain gauge bridge configuration wheastone, manufacture load cell with a capacity of 2.2kg and the selection of an application to read the results of the test to be read in the laptop. Tests carried out on the load cell ketinngian 0.5 meters to 2.5 meters.

From the results of design verification testing load cell as a sensor material impact test found that there are nonlinearities at a distance of 2 meters. The data can be at the time of testing distance of 0.5 to 1.5 meters is 0.00518v, 0.006158v, 0.006962v, at a height of 2 to 2.5 meter data in the can is 0.018918v, 0.019517v. Deviations in load cell testing for impact test material is 0.011956v.





DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Load Cell	8
2.3 Strain Gauge.....	9
2.3.1 Karakteristik Strain Gauge.....	12
2.3.2 Bahan Bahan yang bisa dijadikan Strain Gauge	13
2.3.3 Beberapa Jenis Strain Gauge.....	14

2.3.4 Jenis Jenis dari metal foil Strain Gauge	17
2.4 Penguat Operasional (Signal Conditioning)	18
2.4.1 Fungsi Op-Amp(Signal Conditioning).....	18
2.4.2 Macam Macam Op-Amp(Signal Conditioning)	19
2.4.2.1 Komparator (Rangkaian Pembanding)	19
2.4.2.2 Penguat Pembalik (Inverting Amplifier).....	20
2.4.2.3 Penguat tak Pembalik (Non Inverting Amplifier) ...	21
2.4.2.4 Penguat Differensiator	22
2.4.2.5 Rangkaian Penguat Penjumlah (Summing Amplifier)	22
2.4.2.6 Penguat Integrator (Integrator Amplifier)	23
2.4.2.7 Differensiator.....	23
2.5 Power Supply (Catu Daya).....	24
2.6 Analog Digital Converter (ADC).....	25
2.6.1 Perubah Analog ke Digital (ADC).....	26
2.6.2 Perubah Digital ke Analog (DAC).....	27
2.7 Proximity (Sensor Jarak).....	27
2.8 Komponen Pendukung	29
2.8.1 Integrated Circuit (IC).....	29
2.8.2 Resistor.....	30
2.8.3 PCB (Printed Circuit Board).....	31
2.8.4 Dioda.....	32
2.8.5 Kapasitor	33
2.8.6 Trimpot.....	34
2.9 Energi Potensial Gravitasi (Ep).....	35

BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.2 Alat dan Bahan	36
3.2.1 Alat	36
3.2.2 Bahan	37
3.3 Eksperimental Set Up	40
3.4 Pembuatan Power supply	41
3.5 Pembuatan Rangkaian Jembatan Wheastone	41
3.6 Pembuatan Rangkaian Signal Conditioning	42
3.7 Pembuatan Rangkaian Elektrik secara keseluruhan	43
3.8 Tiang Pengujian	44
3.9 Prosedur Pengujian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Perhitungan Perencanaan Jembatan Wheastone	47
4.2 Perhitungan Penguat Op-Amp (Signal Conditioning)	49
4.3 Hasil Pengujian dengan Jatuh Bebas	49
4.4 Analisa Data Percobaan Enenrgi Potensial sacara Teori	50
4.5 Perhitungan Tegangan Output Load Cell Secara Teori	52
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Kebutuhan dibidang industri akan pengujian impact terhadap material membutuhkan load cell semakin banyak, namun kebutuhan akan peralatan tersebut saat ini masih banyak tergantung pada barang – barang impor dengan harga yang sangat mahal. Apabila teknologi rancang bangun pemakaian load cell telah dapat diserap oleh industri maka akan berdampak berkurangnya ketergantungan peralatan terhadap produk luar negeri.

Load cell terdiri dari strain gauge dan material, sistem kerja load cell pada uji impact material ialah sebagai pengubah energi impact jatuh bebas menjadi sinyal listrik agar dapat dibaca oleh ADC melalui pemberian eksiter pada load cell, kemudian direkam oleh komputer secara otomatis. Contoh aplikasi *Load cell* lain yang digunakan ialah sebagai sensor massa, penguat instrumentasi, dan perangkat akuisisi bekerja sebagai sebuah sistem instrumentasi pengukuran derajat layu pada pengolahan teh hitam^[2].

Bedasarkan uraian diatas maka diperlukan rancang bangun load cell agar dimasa akan datang load cell diproduksi secara masal.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana metoda pembuatan alat uji impact material.
2. Bagaiamanakah karakteristik alat uji impact material.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan rancangan alat uji impak material adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan teknik pembuatan alat uji impak material.
2. Untuk mendapatkan karakteristik alat uji impak material menggunakan load cell.

1.4 Pembatasan Masalah

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

1. Pada penelitian ini *load cell* yang digunakan adalah dengan merancang *strain gauge* yang ditempelkan pada jenis bahan polietilena berdensitas rendah yaitu thermoplastic yang terbuat dari minyak bumi, agar bisa digunakan untuk pengujian impak jatuh bebas.
2. Kapasitas *load cell* direncanakan maksimal 2.2 kg.
3. Jarak impak jatuh bebas dengan ketinggian 2.5 meter,

1.5 Manfaat Penelitian

Pemakaian perangkat yang dapat digunakan sebagai pengujian impak material. Material diperoleh dari hasil beberapa percobaan pengolahan limbah untuk dapat dimanfaatkan.

1.6 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, perumusan masalah, tujuan penelitian, tujuan umum, tujuan khusus penelitian, manfaat penelitian, prosedur pengujian dan sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini saya menuliskan beberapa teori dasar yang diperlukan dalam penyelesaian pembuatan “rancang bangun pemakaian load cell sebagai sensor alat ukur uji impak material”.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang perencanaan tempat dan waktu penelitian dilaksanakan serta alat dan bahan yang membantu untuk membuat penelitian dan juga prosedur pengujian penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan bagian pengujian alat, serta menganalisa akurasi system 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

Proses pelayuan pada pengolahan teh hitam dicirikan oleh dua macam pelayuan, yaitu pelayuan kimia dan pelayuan fisis. Ciri utama dari pelayuan fisis adalah meleemasnya daun teh karena kehilangan sekitar 47% kadar air. Kehilangan massa karena kehilangan kadar air ini diindera oleh *load cell* tipe CZL601 sebagai sensor massa. *Load cell* dikalibrasi menggunakan pembeban (anak timbangan, timbal) yang telah diukur nilai benarnya di Laboratorium Gaya dan Massa Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Surabaya. Sinyal keluaran dari *load cell*, berupa tegangan, dihubungkan dengan penguat operasional yang dikonfigurasi sebagai penguat instrumentasi. Keluaran dari penguat instrumentasi selanjutnya menjadi data proses untuk rangkaian mikrokontroler Atmega8 dan diantarmuka pada *Liquid Chrystall Display* (LCD) dan komputer pribadi. Rancang bangun *load cell* dan rangkaian elektronisnya didesain khusus untuk dapat digunakan sebagai instrument pengukur derajat layu yang akan ditempatkan di atas mesin palung pelayuan (*withering trough*), di mana derajat layu adalah kuantitas yang menunjukkan perbandingan berat daun teh kering dengan daun teh layu. Persamaan karakteristik *load cell* yang menyatakan hubungan antara tegangan dalam volt, V , dan massa dalam gram, m , adalah $V = 0.0001m + 0.2014$. Dari hasil karakterisasi, *load cell* tipe CZL601 dapat mengukur beban sampai dengan 20 kilogram dengan sensitivitas 0,02 kg. *Load cell* menunjukkan performa tinggi yaitu dengan linieritas tinggi dan tanpa *hysteresis*.

Proses pemisahan produk berdasarkan berat yang dilakukan secara manual oleh pekerja biasanya sering terjadi kesalahan dan memerlukan lebih banyak waktu. Untuk mengurangi resiko kesalahan manusia tersebut diperlukan suatu sistem yang otomatis.

Sistem pemilah dibuat menggunakan sensor optocoupler dan sensor load cell. Ketika bagian penerima sensor optocoupler mendeteksi adanya barang, maka motor penggerak conveyor berhenti dan dilanjutkan dengan proses menimbang berat barang oleh sensor load cell. Nilai tegangan dikonversi menjadi nilai digital oleh adc mikrokontroler ATmega16 dan diolah menjadi nilai berat dengan satuan gram untuk lalu ditampilkan pada LCD dan PC. Apabila hasil timbang tidak sesuai dengan nilai yang ditentukan oleh pengguna, barang akan didorong oleh motor servo sehingga terpisah dari barang dengan berat yang berada pada kisaran berat yang diinginkan pengguna yaitu sebesar 10% dari batas yang ditentukan. Batas berat yang dapat diatur maksimal 500 gram dengan variasi kenaikan sebesar 50 gram.

Hasil uji untuk menimbang berat barang berkisar antara 100 gram sampai 1 kg, sistem dapat mengukur berat dengan standar deviasi minimum 0,19 gram dan maksimum sebesar 0,58 gram. Pengujian pada proses sortir menunjukkan ketika terdapat barang dengan berat yang tidak sesuai dengan keinginan pengguna, motor servo berhasil aktif tetapi tidak cukup kuat untuk mendorong barang dengan berat lebih dari 600 gram.

Sistem penimbangan yang sudah ada sekarang masih memerlukan peran pengguna dalam proses penimbangannya yaitu untuk menambah atau mengurangi

massa barang. Berdasarkan hal tersebut, maka system penimbangan otomatis dibuat untuk mengatur massa barang (misalnya kopi, gula, beras, dan sejenisnya) sesuai dengan yang diinginkan. Sistem penimbangan otomatis ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16. Sistem ini menggunakan program *Code Vision* dengan bahasa C dan didukung oleh load cell sebagai sensor massanya. Komponen pendukung lainnya adalah motor DC 12V yang digunakan sebagai katup dan LCD yang digunakan untuk menampilkan program. Sistem penimbangan otomatis ini diujicobakan pada massa yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil percobaan, dapat ditarik kesimpulan bahwa akan lebih baik bila bahan yang ditimbang adalah bahan yang tidak “lengket” atau tidak menggumpal. Sebagai contoh yaitu gula dan beras. Sedangkan contoh bahan yang lengket atau menggumpal adalah kopi dan terigu. Pada percobaan penimbangan kopi, diperoleh kesalahan maksimal 8%, pada percobaan penimbangan gula diperoleh kesalahan maksimal 4% sedangkan pada percobaan penimbangan beras diperoleh kesalahan maksimal 4%.

Perkembangan teknologi elektronika memicu berkembangnya dunia elektronika yang pada mulanya menggunakan cara konvensional berubah menggunakan cara modern dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Bukan hanya di sektor industri, sektor diluar industri pun tidak luput dari penggunaan kemajuan teknologi, salah satunya adalah benda alat penghitung beban, peralatan ini sangat praktis dan efisien. Untuk pengukuran beban yang bersifat manual sering terjadi kali terjadi kesalahan dalam pengukuran baik yang berasal dari alat ukur atau dari manusianya itu sendiri. Hal ini terjadi biasanya karena

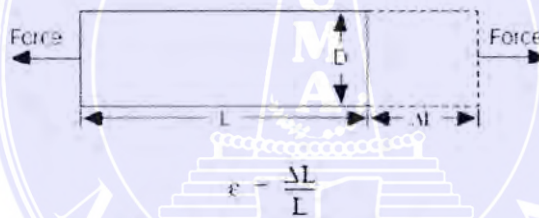
ketidakteelitian dalam pembacaan alat ukur yang kurang presisi atau mungkin dari faktor manusianya itu sendiri.

Tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini adalah pembuatan perangkat keras yaitu Model Timbangan Digital menggunakan Load Cell berbasis mikrokontroler AT89S51 dan LCD sebagai penampil dari hasil pengukuran yang telah dilakukan. Sehingga diharapkan pada akhirnya dalam pengukuran beban yang dilakukan dapat lebih akurat dan dalam proses pelayanan pengukuran beban lebih singkat dan lebih baik. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi tahap-tahap studi literatur perangkat keras dan lunak, perancangan sistem alat; pembuatan perangkat keras, dan perangkat lunak, pengujian sistem berdasar pada teori yang ada sampai dengan penyelesaian akhir dan pembuatan laporan.

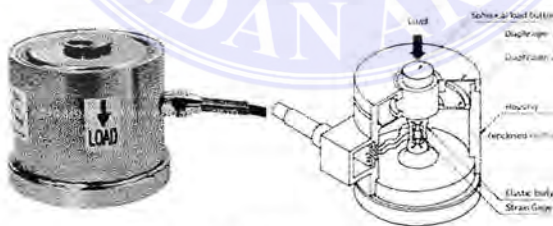
This study aims to determine the effect of strain (vertical and horizontal directions) in analyzing the static loading stress on the aluminum rod. Research using aluminum rod with dimensions of 110 cm long and 30 cm, height 32.8 mm and 1.2 mm thick, use your two strain gage to the vertical direction and two for the horizontal direction, giving the load carried from 500 grams to 10,000 grams. Results obtained meperlihatkan that in areas close to vertical support ($T_2 = 26,647,375.311$) voltage that is especially large when compared to the middle ($T_1 = 2628679.465$). As for the horizontal direction memperlihatkan that the area near the support ($T_2 = 2629098.313$) is much greater than in the middle pedestal ($T_1 = 2,659,709.133$)

2.2 Load cell

Load cell sebagai Sensor Massa Transduksi yang dapat bervariasi bergantung pada perubahan parameter fisis yang digunakan. Sensor massa juga dapat menggunakan divais berbasis piezoresistif, kapasitif, mekanis dan lain-lain. Piezoresistif yang populer adalah *strain gauge* yang memanfaatkan perubahan resistansi *strain gauge* setiap mendapat deformasi dari posisi setimbang sebagai akibat pembebanan massa tertentu. *Strain* adalah sejumlah deformasi pada material sebagai pengaruh dari aplikasi gaya. Lebih spesifik, *strain* (ϵ) didefinisikan sebagai perbandingan perubahan panjangnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini (National Instrument, 1998):



Gambar 2.1 Definisi Strain

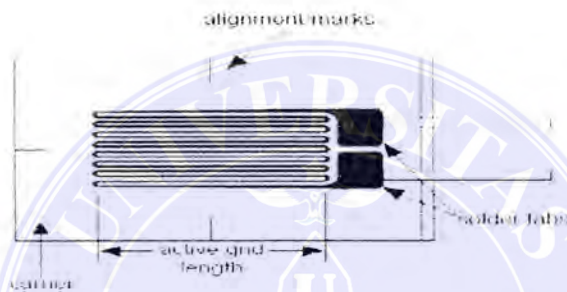


Gambar 2.2 Load cell

Load cell dikelompokkan sebagai transduser gaya (*force transducer*). Alat ini mengubah gaya atau beban/berat menjadi sinyal elektrik. *Strain gauge* adalah bagian utama dari *load cell* yang memiliki nilai tahanan yang dapat berubah apabila alat mengalami tekanan. Ada beberapa metode untuk mengukur *strain*,

yang berikut ini adalah dengan *strain gauge*, yaitu *device* dengan beberapa

resistansi bervariasi dan proporsional dengan sejumlah *strain* dalam divais. Sebagai contoh, *piezoresistive strain gauge* yang merupakan *semiconductor device* di mana resistansi berubah tak linier dengan *strain Gauge*, yang paling luas digunakan adalah *bonded metallic strain gauge* berisi beberapa *fine wire* atau *metallic foil* yang disusun dalam pola garis (*grid*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Pola garis dimaksimasi dengan sejumlah kawat metalik dalam arah paralel.



Gambar 2.3 Pola garis *metallic strain gauge*

2.3 Strain Gauge

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 :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\sigma = \epsilon E \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

σ = tegangan (N/mm²)

ϵ = regangan ,(Mikrostrain)

E = modulus elastisitas , (N/mm²)

Dari substitusi persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung regangan load cell (A) sebagai berikut

$$\frac{F}{A} = \epsilon E \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\epsilon = \frac{F}{AE} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \dots\dots\dots(2.5)$$

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 :

$$\text{Faktor gauge } K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

K = Faktor gauge

ΔR = Perubahan tahanan gauge
 Δl = Perubahan panjang bahan
 R = Tahanan gauge nominal
 l = Panjang normal bahan

Jadi regangan diartikan sebagai perbandingan tanpa dimensi, perkalian unit yang sama, misalnya mikroinci / 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* didefinisikan sebagai rasio dari pembagian perubahan dalam resistansi dengan pembagian perubahan dari panjangnya (*strain*).

Gauge factor untuk *metallic strain gauges* secara tipikal adalah di sekitar dua. 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 2 kg.

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

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

ρ = tahanan spesifik dari bahan konduktor
 l = panjang konduktor
 d = diameter konduktor

Tarikan terhadap konduktor menyebabkan pertambahan panjang ΔL dan pengurangan diameter Δd secara bersamaan, demikian sebaliknya. Dengan demikian tahanan konduktor berubah dan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R_s = \rho \frac{(L + \Delta L)}{\frac{\pi}{4} (d - \Delta d)^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$R_s = \rho \frac{L(1 + \Delta L/L)}{\frac{\pi}{4} (d^2 - 2d\Delta d + \Delta d^2)} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$R_s = \rho \frac{L(1 + \Delta L/L)}{\frac{\pi}{4} d^2 (1 - 2d \frac{\Delta d}{d^2} + \frac{\Delta d}{d^2})} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$R_s = \rho \frac{L(1 + \Delta L/L)}{\frac{\pi}{4} d^2 (1 - 2d \frac{\Delta d}{d^2})} + 0 \dots \dots \dots (2.11)$$

$$R_s = \rho \frac{L(1 + \Delta L/L)}{\frac{\pi}{4} d^2 (1 - 2d \frac{\Delta d}{d^2})} \dots \dots \dots (2.12)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan menggunakan bilangan poisson rasio μ , sehingga persamaan menjadi :

$$R_s = \rho \frac{L(1 + \Delta L/L)}{\frac{\pi}{4} d^2 (1 - 2\mu \frac{\Delta L}{L})} \dots \dots \dots (2.13)$$

Perubahan tahanan ini sebanding dengan regangan yang diberikan dan diukur dengan sebuah jembatan *wheatstone* yang dipakai secara khusus.

2.3.1 Karakteristik Strain Gauge

Karakteristik dari filamen adalah sebagai berikut :

- a. Faktor gage tertinggi
- b. Koefisien suhu resistansi rendah
- c. Resitivitas tinggi
- d. Kekuatan mekanis tinggi

- e. Potensial termo listrik minimum disekitar lead

2.3.2 Bahan- bahan yang bisa dijadikan Strain Gauge

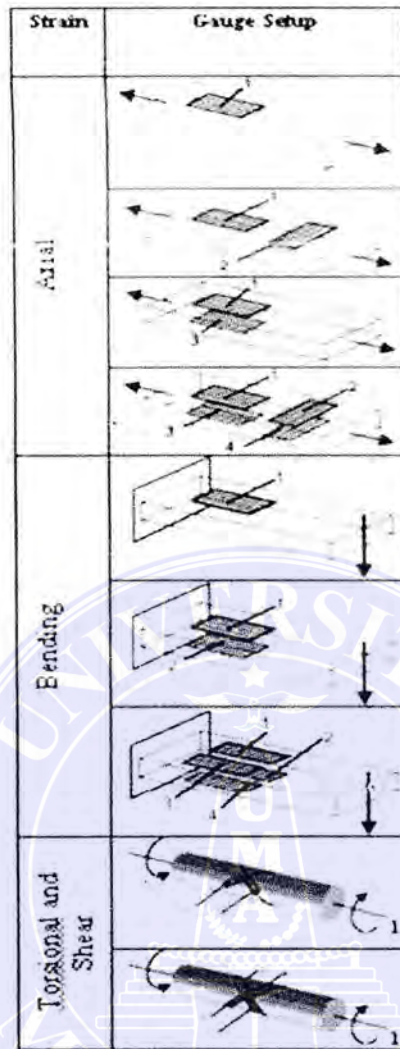
Berbagai jenis bahan tahanan telah dikembangkan untuk pemakaian dalam *gauge-gauge* kawat dan *foil*, seperti:

- 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 $\pm 1500 \mu\text{cm/cm}$. Batas temperatur kerja adalah dari 10°C sampai 200°C .
- b. Nichrome V adalah paduan nikel-chrome yang digunakan untuk pengukuran strain statik sampai 375°C . dengan kompensasi temperatur, paduan ini dapat digunakan untuk pengukuran static sampai 650°C dan pengukuran dinamik sampai 1000°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°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.

Gauges ini disarankan untuk pengukuran uji static sampai 700 °C dan pengukuran dinamik 850 °C.

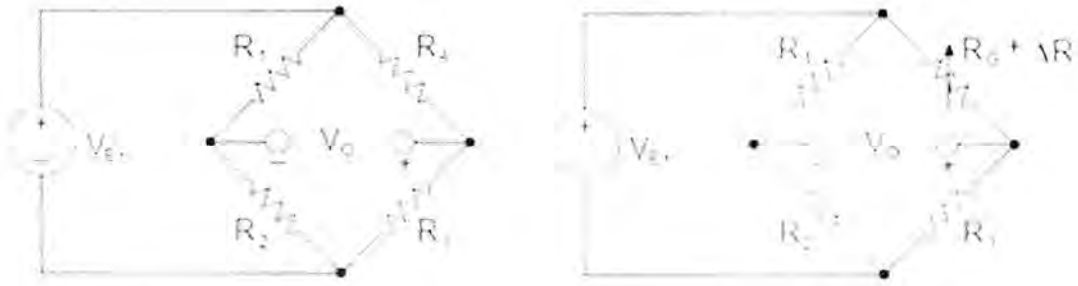
2.3.3 Beberapa Jenis Strain Gauge

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* 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.



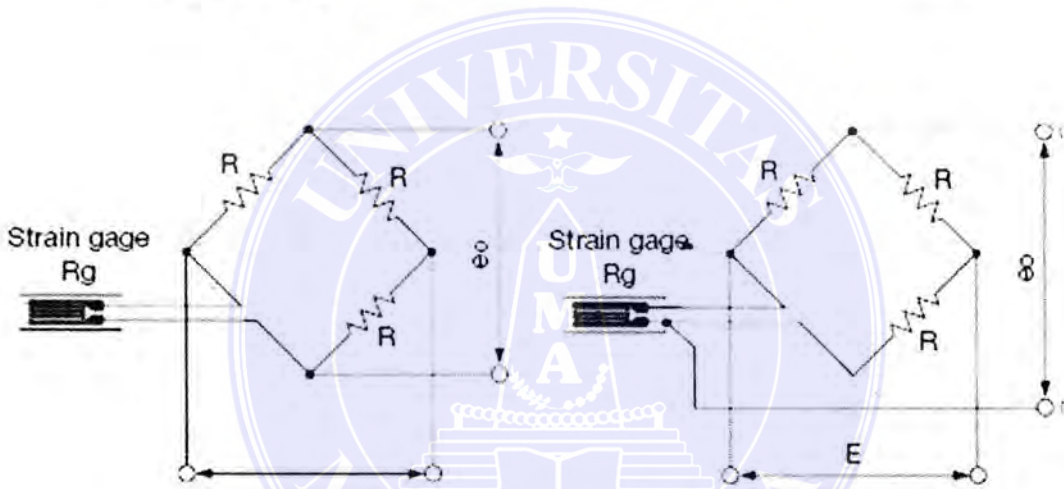
Gambar 2.4. Jenis pemasangan gauge

Setiap jenis *gauge* memberikan faktor 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.

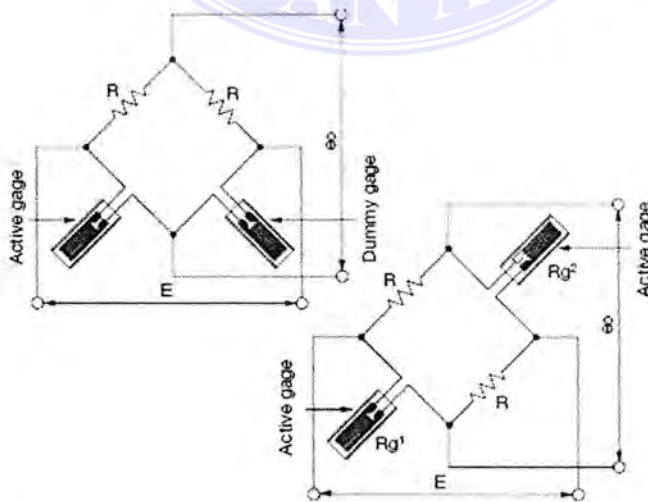


Gambar 2.5. Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gage dan hasil keluaran

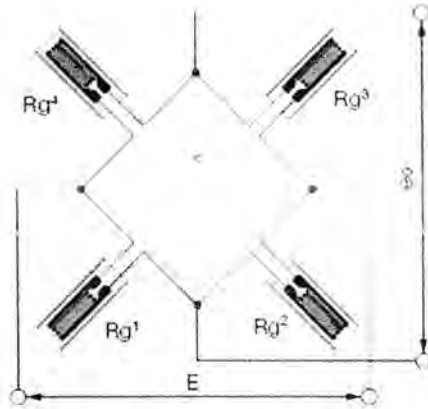
$$V_0 = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{EX} \dots \dots \dots (2.9)$$



Gambar 2.6. Satu Gage pada Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gage



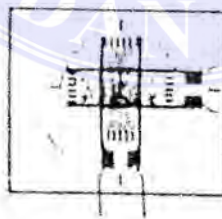
Gambar 2.7. Dua gage pada Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gage



Gambar 2.8. Empat gage pada Jembatan Wheatstone serta penempatan Strain gage

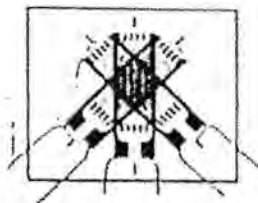
2.3.4 Jenis-jenis dari Metal Foil Strain Gauge

- Rosette 90° yang dapat mengukur aksial dan regangan transfer sekaligus. Variasi desain ini adalah strain gage 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 2.9 Jenis Strain gauge rosette 90°

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



Gambar 2.10 Jenis strain gauge rosette 45°

c. Rosette 60°



Gambar 2.11 Jenis strain gauge rosette 60°

2.4 Penguat Operasional (Signal Conditioning)

Penguat operasional (*operational amplifier*) atau yang biasa disebut op-amp merupakan suatu jenis penguat elektronika dengan hambatan (*coupling*) arus searah yang memiliki bati/faktor penguatan (*gain*) sangat besar dengan dua masukan dan satu keluaran. Penguat operasional pada umumnya tersedia dalam bentuk sirkuit terpadu dan yang paling banyak digunakan adalah seri 741.

Penguat operasional adalah perangkat yang sangat efisien dan serba guna. Contoh penggunaan penguat operasional adalah untuk operasi matematika sederhana seperti penjumlahan dan pengurangan terhadap tegangan listrik hingga dikembangkan kepada penggunaan aplikatif seperti komparator dan osilator dengan distorsi rendah.

2.4.1 FUNGSI OP-AMP (Signal Conditioning)

Pada mulanya Op-amp digunakan untuk rangkaian perhitungan analog, rangkaian pengaturan dan instrumentasi. fungsi utamanya adalah untuk melakukan operasi linier matematika (tegangan dan arus), integrasi dan penguatan. Kini op-amp dapat dijumpai di mana saja, dalam berbagai bidang:

reproduksi suara, sistem komunikasi, sistem pengolahan digital, elektronik

komersial, dan, aneka macam perangkat hobyist. Dalam konfigurasinya kita akan menemukan op-amp dengan masukan dan keluaran tunggal, masukan dan keluaran diferensial, atau masukan diferensial dan keluaran tunggal. Konfigurasi terakhir ini banyak digunakan dalam industri elektronika. Selain itu, Fungsi Op-Amp adalah sebagai penguat tinggi dc yang berbeda penguatan (berbeda maksudnya bahwa beberapa sinyal yang tidak sama pada kedua inputannya adalah penguat yang baik). Sebagian besar sinyal bioelectric memiliki sebuah besaran yang sangat kecil yaitu dalam besaran milivolt bahkan dalam besaran mikrovolt dan oleh karena itu membutuhkan tambahan sehingga pengguna dapat melakukan proses. Penambahan tersebut berupa penguatan atau sering disebut Op-Amp. Penerapan Op-Amp yang sering di jumpai adalah sebagai penguat audio, pengatur nada, osilator atau pembangkit gelombang, sensor circuit, dsb. Selain itu adalah untuk :

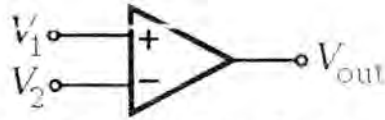
- a) Buffer Sinyal
- b) Menguatkan sinyal
- c) Mengintegrasikan sinyal
- d) Mengeraskan suara

2.4.2 Macam – Macam Op-Amp (Signal Conditioning)

2.4.2.1. Komparator (rangkaian pembanding) .

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

komparator . Komparator membandingkan dua tegangan listrik dan mengubah keluarannya untuk menunjukkan tegangan mana yang lebih tinggi.



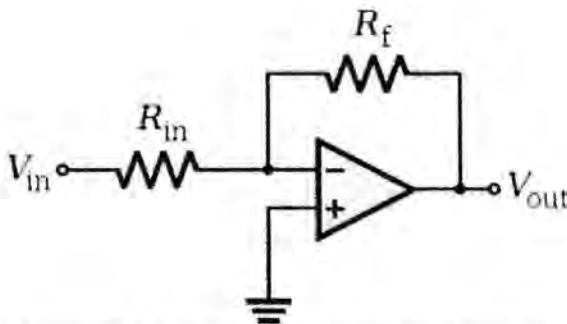
Gambar 2.12 Rangkaian Pembanding

$$V_{out} = \begin{cases} V_{s+} & V_1 > V_2 \\ V_{s-} & V_1 < V_2 \end{cases}$$

di mana V_s adalah tegangan catu daya dan penguat operasional beroperasi di antara $+V_s$ dan $-V_s$.)

2.4.2.2 Penguat Pembalik (Inverting amplifier)

Sebuah penguat pembalik menggunakan umpan balik negatif untuk membalik dan menguatkan sebuah tegangan. Resistor R_f melewati sebagian sinyal keluaran kembali ke masukan. Karena keluaran tak sefase sebesar 180° , maka nilai keluaran tersebut secara efektif mengurangi besar masukan. Ini mengurangi bati keseluruhan dari penguat dan disebut dengan umpan balik negatif.



Gambar 2.13 Rangkaian Inverting Amplifier

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in} \tag{2.14}$$

Dimana

$$Z_{in} = R_{in} \text{ (Karena } V \text{ adalah virtual ground)}$$

Sebuah resistor dengan nilai $R_f \parallel R_{in} = R_f R_{in} / (R_f + R_{in})$, ditempatkan diantara masukan non-pemalik dan bumi. Walaupun tidak dibutuhkan, hal ini mengurangi galat karena arus bias masukan. penguatan dari penguat ditentukan dari rasio antara R_f dan R_{in} , yaitu:

$$A = -\frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa keluaran adalah pemalikan dari masukan. Contohnya jika R_f adalah 10.000Ω dan R_{in} adalah 1.000Ω , maka nilai bati adalah $-10.000\Omega / 1.000\Omega$, yaitu -10 .

2.4.2.3 Penguat tak pemalik (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-pemalik adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

Atau dengan kata lain

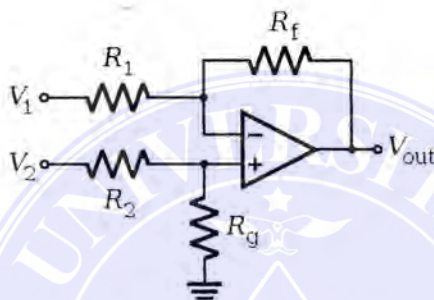
$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \dots\dots\dots(2.17)$$

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

2.4.2.4 penguat differensiator

Penguat diferensial digunakan untuk mencari selisih dari dua tegangan yang telah dikalikan dengan konstanta tertentu yang ditentukan oleh nilai resistansi yaitu sebesar R_f / R_i untuk $R_1 = R_2$ dan $R_f = R_g$. Penguat jenis ini berbeda dengan diferensiator. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{(R_f + R_i) R_g}{(R_g + R_2) R_1} V_2 - \frac{R_f}{R_i} V_1 \dots \dots \dots (2.18)$$



Gambar 2.14 Rangkaian Penguat differensiator

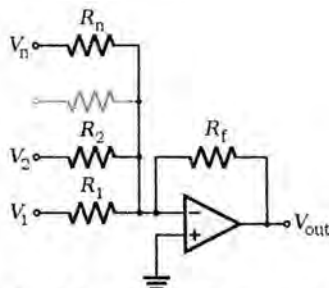
Sedangkan untuk $R_1 = R_2$ dan $R_f = R_g$ maka bati diferensial adalah:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_i} (V_2 - V_1) \dots \dots \dots (2.19)$$

2.4.2.5 Rangkaian penguat penjumlah (Summing amplifier)

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

$$V_{out} = - R_f (\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n}) \dots \dots \dots (2.20)$$



Gambar 2.15 Rangkaian Penguat Penjumlah

Saat $R_1 = R_2 = \dots = R_n$, dan R_f saling bebas maka :

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} (V_1 + V_2 + \dots + V_n) \dots \dots \dots (2.21)$$

Saat $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R_f$, maka :

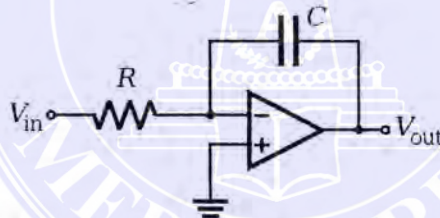
$$V_{out} = - (V_1 + V_2 + \dots + V_n) \dots \dots \dots (2.22)$$

1. Keluaran adalah terbalik
2. Impedansi masukan dari masukan ke-n adalah $Z_n = R_n$ (dimana V_- adalah virtual ground).

2.4.2.6 Penguat Integrator (Integrator Amplifier)

Penguat ini mengintegrasikan tegangan masukan terhadap waktu, dengan persamaan :

$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_{in} dt + V_{mula} \dots \dots \dots (2.23)$$

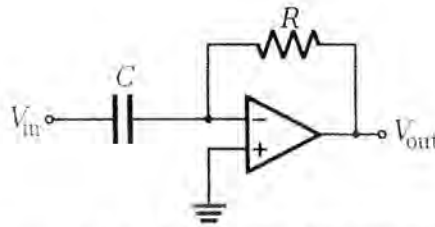


Gambar 2.16 Rangkaian Penguat Integrator

Dimana t adalah waktu dan V_{mula} adalah tegangan keluaran pada $t = 0$. Sebuah integrator dapat juga dipandang sebagai tapis pelawat-tinggi dan dapat digunakan untuk rangkaian tapis aktif.

2.4.2.7 Differensiator

Mendifferensiasikan sinyal hasil pembalikan terhadap waktu dengan persamaan :



Gambar 2.17 Rangkaian Differensiator

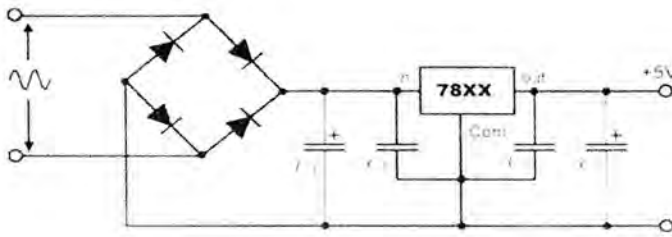
$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana V_{in} dan V_{out} adalah fungsi dari waktu

Pada dasarnya diferensiator dapat juga dibangun dari integrator dengan cara mengganti kapasitor dengan induktor, namun tidak dilakukan karena harga induktor yang mahal dan bentuknya yang besar. Diferensiator dapat juga dilihat sebagai tapis pelewat-rendah dan dapat digunakan sebagai tapis aktif.

2.5. Power Supply (Catu Daya)

Tranduser pada dasarnya memerlukan energi atau tenaga untuk dapat beroperasi, sehingga diperlukan sebuah penyuplai daya dalam bentuk constant-voltage atau constant-current power supply. Power supply dapat diambil langsung dari jalur listrik PLN atau menggunakan sumber listrik lain. Untuk alat-alat elektronik otomatis yang dioperasikan jauh dari jalur listrik PLN, biasanya menggunakan power supply dari baterai atau solar cell. Instrumen-instrumen elektronik umumnya menggunakan arus searah (DC), sehingga bila sumber tegangan masih dalam bentuk arus bolak-balik (AC) maka diperlukan pengubah arus. Rangkaian elektronik sederhana untuk penyearah arus dapat dilihat seperti gambar 2.15.



Gambar 2.18 Rangkaian power supply

2.6 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 fisik.

Beberapa contoh peralatan Labjack:

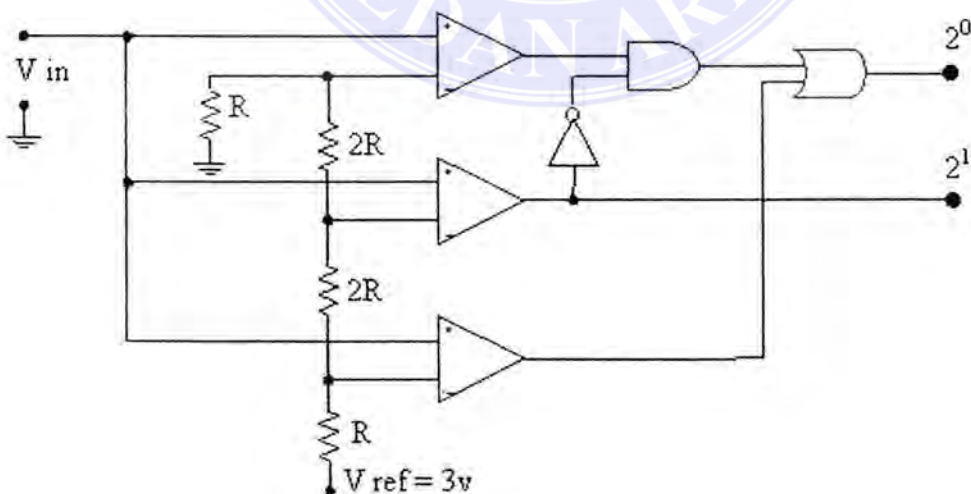


Gambar 2.19. Beberapa tipe ADC merek Labjack

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.

2.6.1 Perubah Analog ke Digital (ADC)

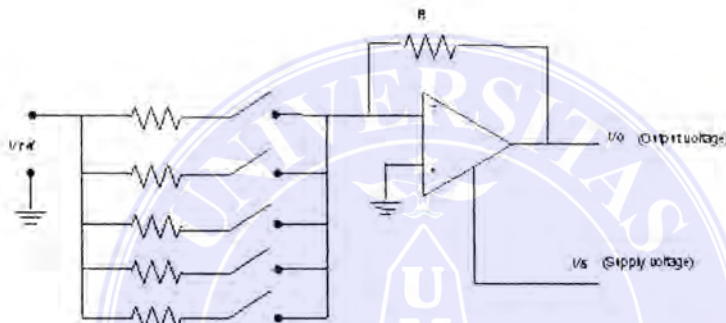
Perubahan besaran fisis di alam yang umumnya berbentuk sinyal analog, dideteksi oleh sensor kemudian diubah dalam bentuk digital agar mudah diproses oleh perangkat elektronik. Sinyal digital yang hanya berbentuk 1-0 (ON-OFF) ternyata lebih mudah dan lebih cepat diolah dalam perangkat elektronik dengan hasil data lebih baik. Rangkaian pengubah sinyal analog ke digital dapat dilihat seperti gambar 2.20.



Gambar 2.20 Rangkaian elektronik ADC

2.6.2 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 2.21.



Gambar 2.21 Rangkaian elektronik DAC

2.7 Proximity (sensor jarak)

Proximity (sensor jarak) adalah sensor mampu mendeteksi keberadaan benda di dekatnya tanpa kontak fisik. Sebuah sensor jarak sering memancarkan medan elektromagnetik atau sinar radiasi elektromagnetik (inframerah, misalnya), dan mencari perubahan di lapangan atau sinyal kembali. Obyek yang merasakan sering disebut sebagai target sensor jarak itu. Target sensor jarak yang berbeda menuntut sensor yang berbeda. Sebagai contoh, sebuah sensor kapasitif fotolistrik mungkin cocok untuk target plastik, sebuah sensor jarak induktif selalu memerlukan target logam. Jarak maksimum yang sensor ini dapat mendeteksi didefinisikan "kisaran nominal". Beberapa sensor memiliki penyesuaian dari kisaran nominal atau sarana untuk melaporkan jarak deteksi lulus. Sensor jarak

dapat memiliki keandalan yang tinggi dan kehidupan fungsional panjang karena tidak adanya bagian mekanik dan kurangnya kontak fisik antara sensor dan obyek merasakan. Sensor jarak juga digunakan dalam mesin pemantauan getaran untuk mengukur variasi dalam jarak antara poros dan bantalan dukungan. Hal ini biasa terjadi pada turbin uap besar, kompresor, dan motor yang menggunakan lengan-jenis bantalan. International Electrotechnical Commission (IEC) 60947-5-2 mendefinisikan rincian teknis dari sensor jarak. Sebuah sensor jarak disesuaikan dengan rentang yang sangat singkat sering digunakan sebagai saklar sentuh[10].

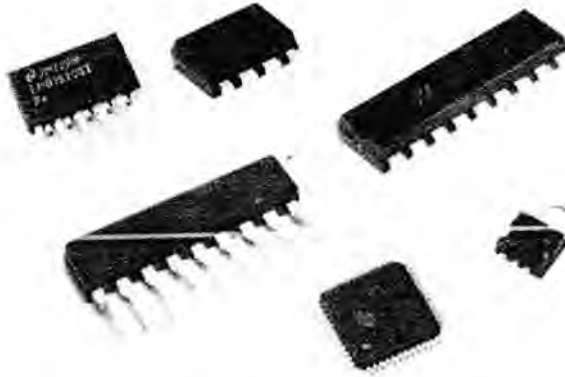


UNIVERSITAS MEDAN AREA **Gambar 2.22 Beberapa contoh proximity**

2.8 Komponen Pendukung

2.8.1 Integrated Circuit (IC)

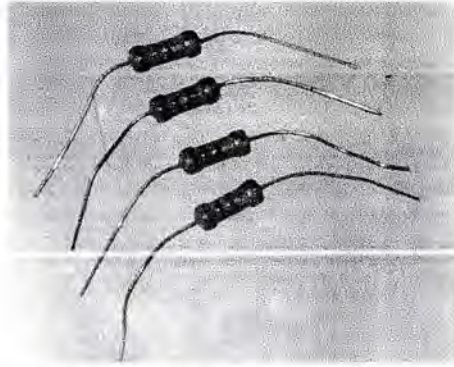
IC dapat di definisikan sebagai kumpulan dari beberapa komponen hingga ribuan komponen elektronika berupa transistor, resistor dan komponen elektronika yang lain dan membentuk suatu rangkaian elektronika yang membentuk fungsi elektronika tertentu dan dikemas dalam sebuah kemasan yang kompak dan kecil 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 2.23 Bentuk fisik Integrated circuit (IC)

2.8.2 Resistor

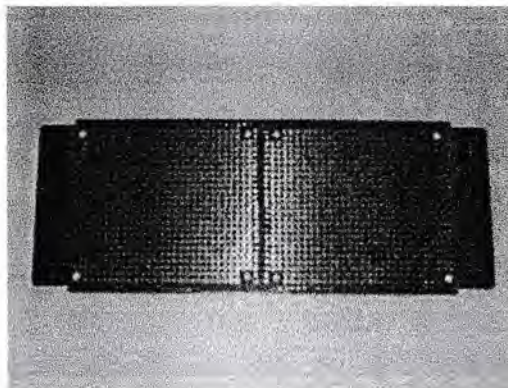
Resistor adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai penahan arus yang mengalir dalam suatu rangkaian dan berupa terminal dua komponen elektronik yang menghasilkan tegangan pada terminal yang sebanding dengan arus listrik yang melewatinya sesuai dengan hukum Ohm ($V = IR$). Sebuah resistor tidak memiliki kutub positif dan negatif, tapi memiliki karakteristik utama yaitu resistensi, toleransi, tegangan kerja maksimum dan power rating. Karakteristik lainnya meliputi koefisien temperatur, kebisingan, dan induktansi. Ohm yang dilambangkan dengan simbol Ω (Omega) merupakan satuan resistansi dari sebuah resistor yang bersifat resistif. Berikut ini adalah Gambar 2.23 yang memperlihatkan bentuk fisik resistor.



Gambar 2.24 Bentuk fisik resistor

2.8.3 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 Ferric Chloride + air.



Gambar 2.25 Bentuk fisik PCB

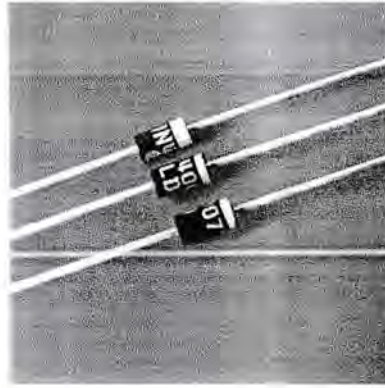
2.8.4 Dioda

Dioda adalah merupakan jenis komponen pasif. Dioda memiliki dua kaki/kutub yaitu kaki anoda dan kaki katoda. Dioda terbuat dari bahan semi konduktor tipe P dan semi konduktor tipe N yang di sambungkan.

Semi konduktor tipe P berfungsi sebagai Anoda dan semi konduktor tipe N berfungsi sebagai katoda. Pada daerah sambungan 2 jenis semi konduktor yang berlawanan ini akan muncul daerah deplesi yang akan membentuk gaya barier. Gaya barier ini dapat ditembus dengan tegangan + sebesar 0.7 volt yang dinamakan sebagai break down voltage, yaitu tegangan minimum dimana dioda akan bersifat sebagai konduktor/penghantar arus listrik.

Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja, yaitu jika kutub anoda kita hubungkan pada tegangan + dan kutub katoda kita hubungkan dengan tegangan - (kita beri bias maju dengan tegangan yang lebih besar dari 0.7 volt) maka akan mengalir arus listrik dari anoda ke katoda (bersifat konduktor). Jika polaritasnya kita balik (kita beri bias mundur) maka arus yang mengalir hampir nol atau dioda akan bersifat sebagai isolator.

Karena sifat dioda yang bekerja sebagai konduktor jika kita beri bias maju dan bekerja sebagai isolator pada bias mundur, maka dioda sering digunakan sebagai penyearah (rectifier) arus bolak-balik. Contoh penggunaannya adalah pada rangkaian adaptor, DC power supply (Catu Daya DC) dsb. Berikut ini adalah Gambar 2.23 yang memperlihatkan bentuk fisik dioda.



Gambar 2.26 Bentuk fisik dioda

2.8.5 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang mempunyai kemampuan menyimpan electron-elektron selama waktu yang tidak tertentu. Kapasitor berbeda dengan akumulator dalam menyimpan muatan listrik terutama tidak terjadi perubahan kimia pada bahan kapasitor, besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor dinyatakan dalam farad. Pengertian lain Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, elektrolit dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini “tersimpan” selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Kemampuan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
 Muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau

kapasitas. Berikut ini adalah Gambar 2.24 yang memperlihatkan bentuk fisik kapasitor.



Gambar 2.27 Bentuk fisik kapasitor

2.8.6 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.



Gambar 2.28 Bentuk fisik trimpot

2.9 Energi Potensial Gravitasi (E_p)

Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi sebuah benda bermassa (m) yang diasumsikan berada di suatu ketinggian dekat permukaan bumi, maka energy potensial gravitasinya^[1].

Rumus energi potensial gravitasi

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ (Joule)} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

- m = massa (Kg)
- g = gravitasi (m/s^2)
- h = tinggi (m)



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 3 bulan. 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 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. Tespen

Tespen digunakan untuk memeriksa arus yang mengalir pada rangkaian.

7. Sedotan Timah

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

8. 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-komponen 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 μ f dan 100 μ 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

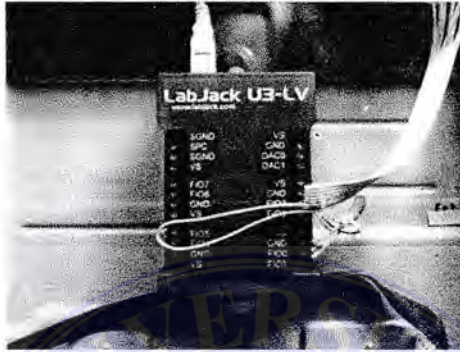
Strain gauge digunakan sebagai sensor gaya yang diterimanya dari tekanan pada beban yang mengenai load cell. Gambar *strain gauge* ditunjukkan pada gambar 3.2.



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



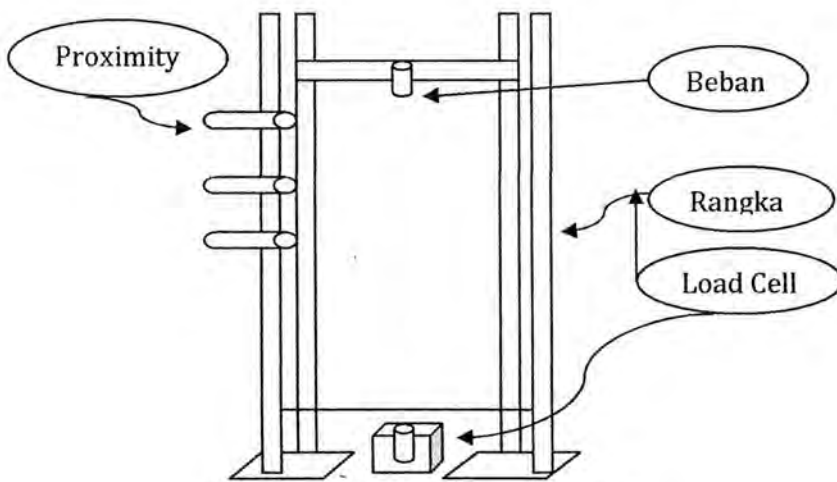
Gambar 3.3 LabJack U3-LV.

14. Laptop

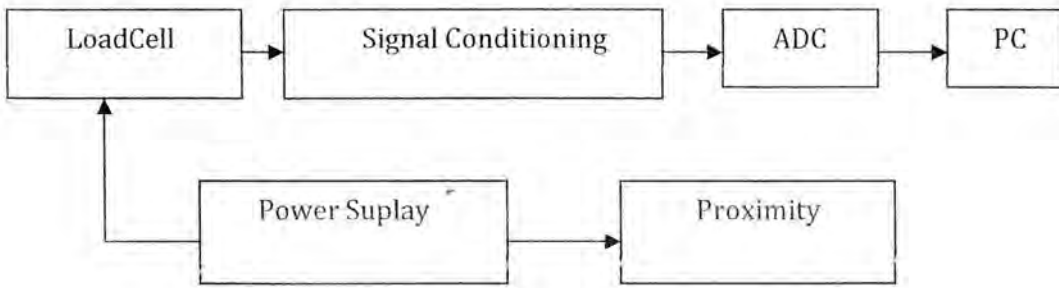
Digunakan untuk menyimpan dan mengolah sinyal digital dari Labjack dengan bantuan *software DAQFactory*.

3.3 Eksperimental set up

Secara umum Eksperimental set up pemakaian load cell sebagai uji impak material adalah seperti gambar 3.4 dibawah ini.



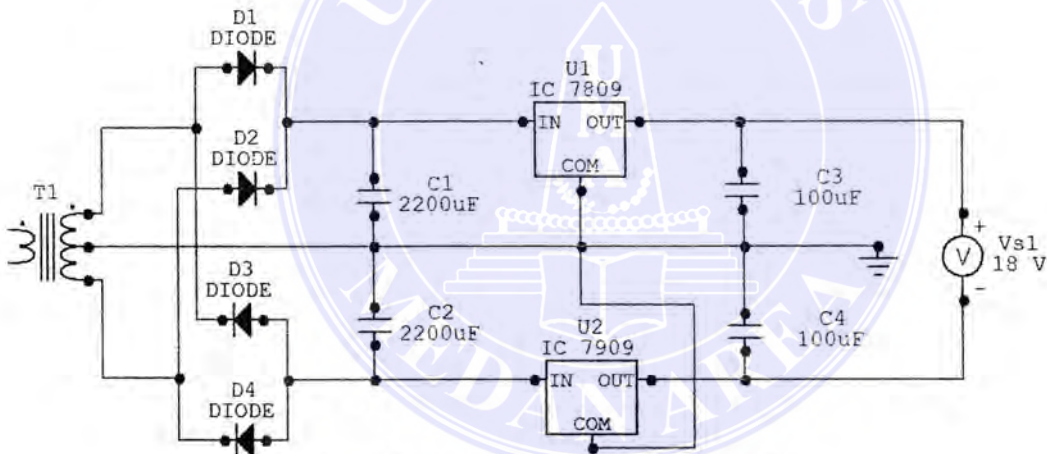
Gambar 3.4 Rangka pengujian alat



Gambar 3.5 Set Up Peralatan Pengujian

3.4 Pembuatan power supply

Power supply digunakan sebagai catu daya pada rangkaian jembatan Wheastone pada load cell dan signal conditioning agar tidak membebani Laptop atau PC. Gambar rangkaian *power supply* ditunjukkan pada gambar 3.20.



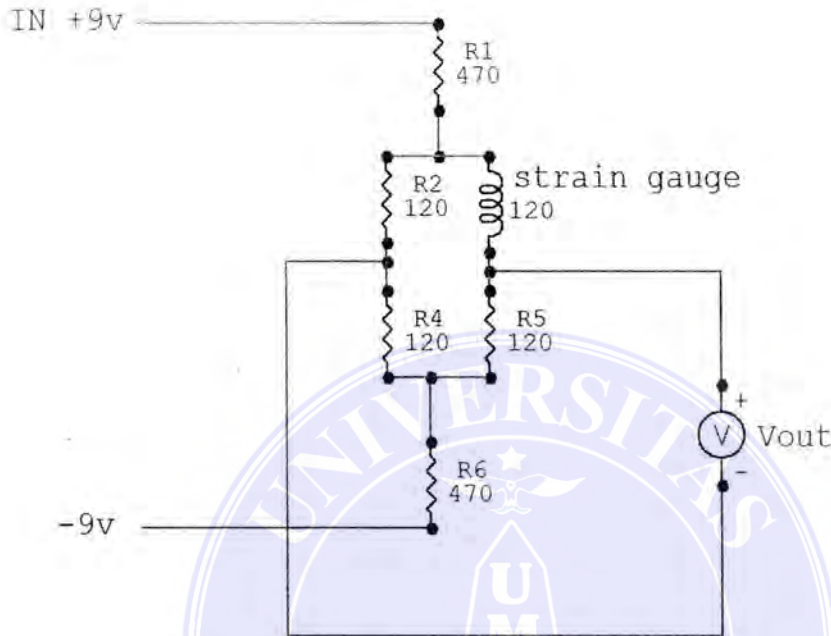
Gambar 3.6. Rangkaian power supply 18 V

3.5 Pembuatan Rangkaian Jembatan Wheastone

Pada pembuatan rangkaian jembatan wheastone ini, peneliti menggunakan atau memanfaatkan plat PCB kosong, kemudian melapisinya dengan timah solder sehingga lebih mudah untuk mengalirkan atau menerima arus listrik karena tahanannya rendah. Untuk membuat rangkaian jembatan wheastone, peneliti

menggunakan 5 resistor statis dan 1 buah strain gauge. Fungsi rangkaian jembatan

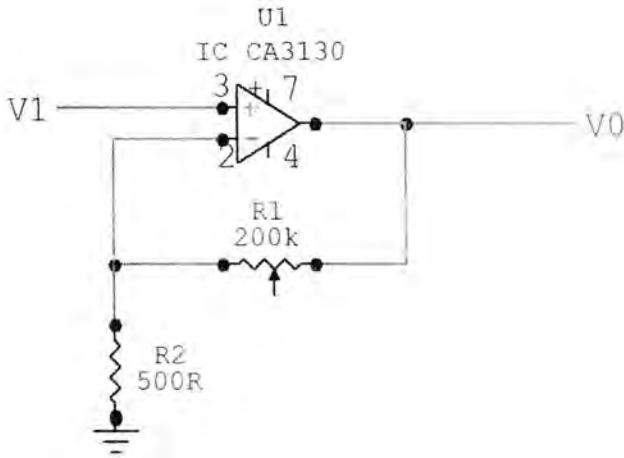
wheastone ini ialah untuk mengetahui tegangan output pada load cell pada saat diberi tekanan pada beban. Gambar rangkaian jembatan wheastone ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian Jembatan Wheastone

3.6 Pembuatan Rangkaian Signal Conditioning

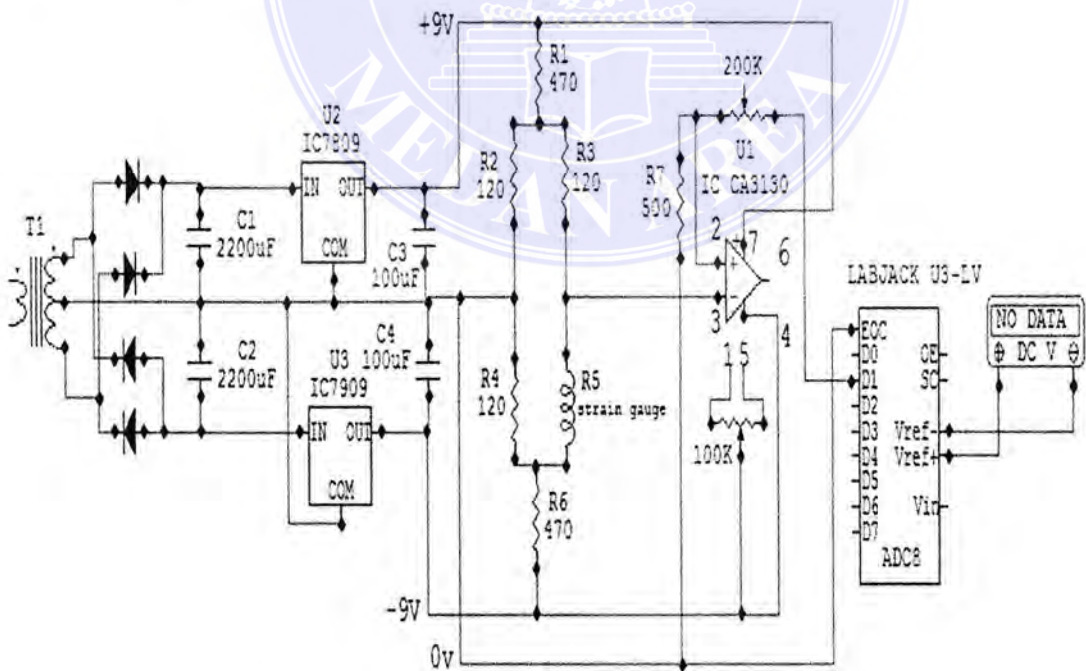
Signal conditioning digunakan untuk sebagai penguat instrumentasi pada load cell agar keluaran dari load cell dapat terbaca oleh computer. Pada pembuatan signal conditioning ini, peneliti menggunakan komponen IC CA3130E sebagai penguatnya. Namun signal conditioning ini tidak akan berfungsi sesuai tujuan apabila tidak didukung dengan perangkat lainnya. Rangkaian signal conditioning sebagai penguat instrumentasi dapat dilihat seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian Penguat Non Inverting

3.7 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. Rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut ini.



Gambar 3.9 Rangkaian keseluruhan alat

3.8 Tiang Pengujian

Tiang pengujian ini digunakan untuk menguji kehandalan load cell yang telah dirancang. Tiang penguji ini memiliki ketinggian maksimum 3 meter dan alat yang dipakai untuk menjatuhkan beban dari tiang penguji ialah anak timbangan. Tiang pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 Tiang Penguji

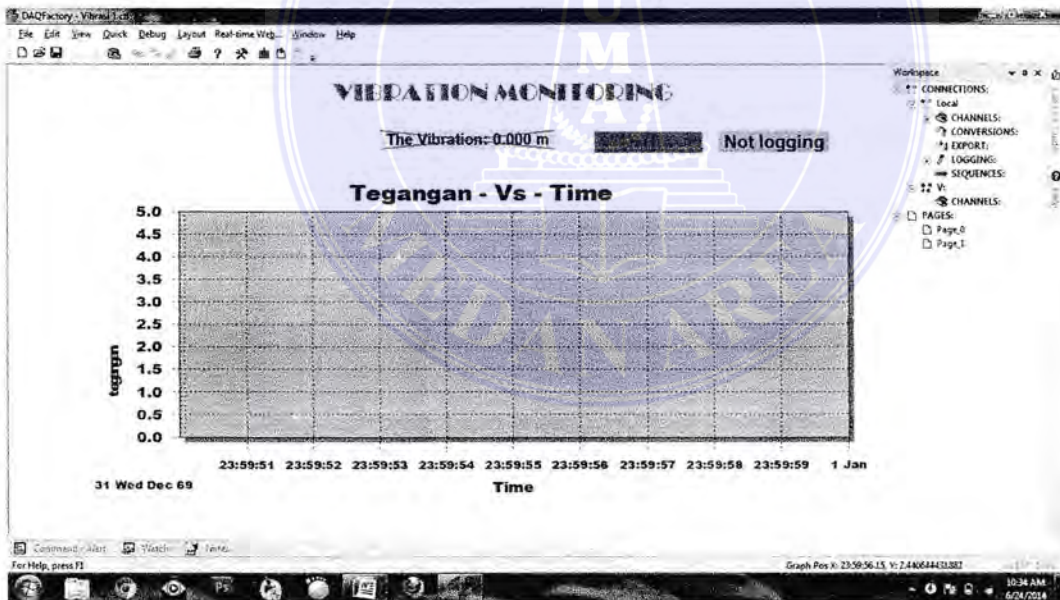
3.9 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Dari blok diagram sistem pada Gambar 3.27 dapat dijelaskan bahwa load cell 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

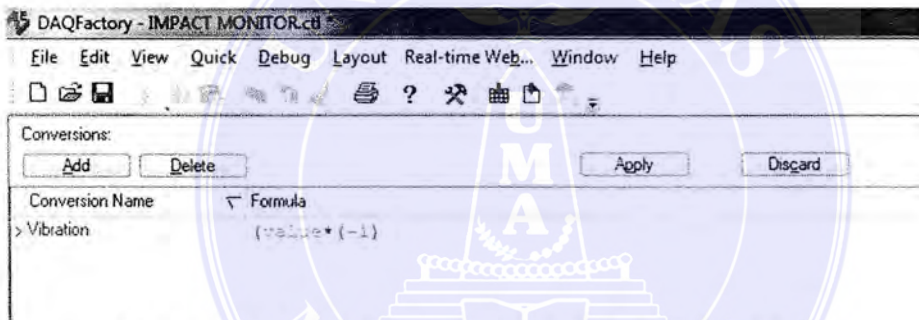
rangkaian *signal conditioning* analog tersebut input yang berasal dari load cell akan diubah menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh ADC, secara bersamaan Proximity akan mendeteksi logam sehingga akan mengirim sinyal waktu kedatangan logam ke ADC telah disesuaikan dengan program yang sesuai dengan aturan matematis untuk kemudian hasil eksekusinya ditampilkan ke *display*. Output dari modul ADC itu sendiri menggunakan kabel USB yang kemudian hasilnya dapat diperoleh dalam tabel program MX-CEL. Untuk menyimpan data dengan cara mengklik Start/Stop Save untuk Logging data. Data grafik akan otomatis tersimpan dalam drive (D:) pada laptop. Beberapa tampilan yang diperlukan dalam penggunaan Labjack ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



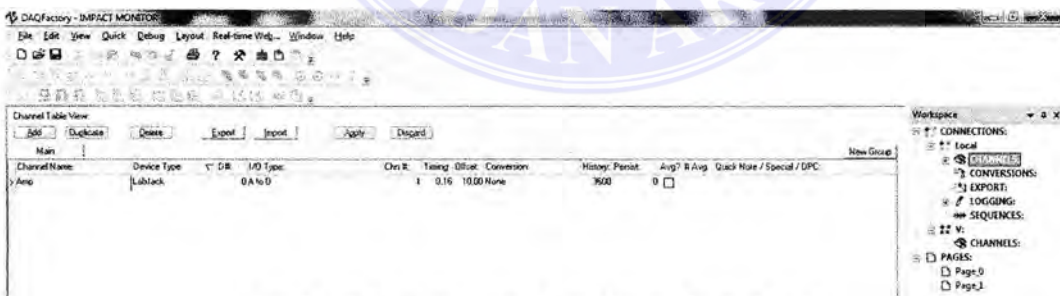
Gambar 3.11 Contoh tampilan menggunakan software Labjack U3 LV

D6			
	A	B	C
1	Time	Amp	
2	0.001	0.118809	
3	0.002	0.118809	
4	0.003	0.092269	
5	0.004	0.118809	
6	0.005	0.118809	
7	0.006	0.105549	
8	0.007	0.118809	
9	0.008	0.105549	
10	0.009	0.105549	
11	0.01	0.118809	

Gambar 3.12 Contoh hasil perekaman oleh Software Labjack U3LV yang ditujukan ke Excel



Gambar 3.13 Contoh pengkonversian oleh software Labjack



Gambar 3.14 Pemilihan Chanel input ke Labjack



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja pada load cell, yaitu sebagai berikut

1. Ketika load cell di uji menggunakan massa timbangan 1 kg dan penggantung 1.2kg dengan jarak tinggi yang berbeda, tegangan output yang keluar tidak linier disebabkan bahan pada load cell yang kurang baik dalam menerima tekanan.
2. Kapasitas pengujian dengan ketinggian maksimal 2.5 meter

5.2 Saran

1. Teknologi rancang bangun load cell sudah harus dikembangkan pada sector industry dalam negeri.
2. Untuk mengeleminir ketidaksesuaian dalam pengujian rancangan alat, pembuatan load cell harus dilakukan dengan menggunakan peralatan presisi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Sugriwan Iwan, Muntini Suweni Melania, Pramono Hadi Yono, 2009, "Desain dan karakteristik load cell tipe CZL601 sebagai sensor massa untuk mengukur derajat layu pada pengolahan the hitam", Jurusan fisika FMIPA ITS Surabaya.

Rukmana Indra Cipta Arief, Ro'uf Abdul, 2014, "Aplikasi Sensor Load Cell pada Purwarupa Sistem Sortir barang, IJEIS, Vol.4, No.1, April 2014, pp.35, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta.

Susanthi Yohana, Liem Boenyamin Erwin, 2010, "Sistem Penimbangan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATmega16, " Electrical Engineering Journal, Vol.1, No.1, pp 41-52, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

Joyosono Heryanto, Susilo Lordian, Jeffry, Strain Gauge, Fakultas Teknik, Jurusan Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 2011.

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

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

Sascha Mäuselein, Oliver Mack, Roman Schwartz. *Investigations into the use of singlecrystalline silicon as mechanical spring in load cells.* Measurement, ScienceDirect Journal, Elsevier, 2009

NN, Signal Conditionig PC-Based Data Acquisition Hanbook, Info@mccdaq.com

Malvino, Elektronika Terpadu, Penerbit Erlangga.

Sutrisno, Dasar Elektronika, Penerbit Erlangga.