



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMBUATAN ALAT UJI TARIK MATERIAL

SKRIPSI

**SLAMET MUALIF
0906602162**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM FISIKA EKSTENSI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMBUATAN ALAT UJI TARIK MATERIAL

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**SLAMET MUALIF
0906602162**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM FISIKA EKSTENSI
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Slamet Muaif

NPM : 0906602162

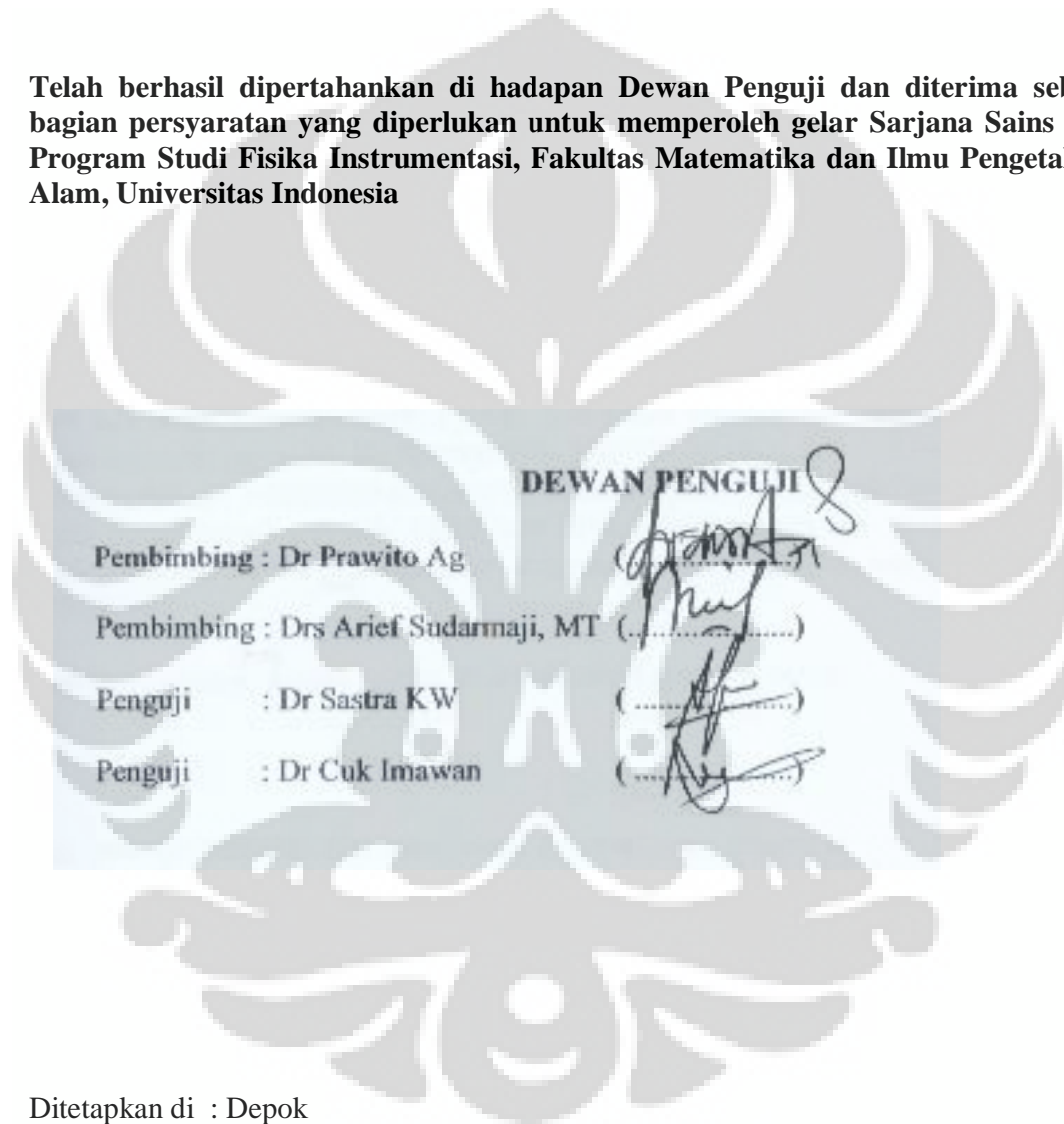
Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Slamet Muallif
NPM : 0906602162
Program Studi : Fisika Instrumentasi
Judul Skripsi : Pembuatan Alat Uji Tarik Material

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 11 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Instrumentasi pada Fakultas MIPA, Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr Prawito Ag dan Drs Arief Sudarmaji MT, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Pegawai Bengkel mekanik Mipa dan Metalurgi yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 11 Juni 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Slamet Muallif

NPM : 0906602162

Program Studi : Fisika Instrumentasi

Departemen : Fisika

Fakultas : MIPA

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : "PEMBUATAN ALAT UJI TARIK MATERIAL" Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 11 Juni 2012

Yang menyatakan



(Slamet Muallif)

ABSTRAK

Nama : Slamet Muallif
Program Studi : S1 Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia
Judul : Pembuatan Alat Uji Tarik Material

Telah dibuat sebuah alat uji tarik material dengan menggunakan motor AC sebagai aktuator. Motor AC ini mempunyai spesifikasi tegangan 220 Volt dengan daya inputan sebesar 700 watt. Alat uji tarik ini menggunakan *loadcell* sebagai sensor gaya dan *shaft encoder* sebagai sensor perubahan panjang. Kemampuan gaya tarik maksimum sebesar 1000 kgf untuk sensor beratnya dan 3 kN untuk *gript* yang berfungsi sebagai penjepit benda uji. Alat uji tarik ini mempunyai resolusi sekitar 90×10^{-5} mm untuk perubahan panjang, dengan perubahan panjang maksimum yang masih bisa diukur sekitar 5.00 mm untuk *gauge length* sebesar 12.50 mm. Untuk sensor gaya alat uji tarik ini mempunyai resolusi sekitar 0.70 kgf dengan kemampuan stress maksimum yang pernah diuji sebesar 350 N/mm^2 .

Kata kunci:
gauge length, *gript*, *loadcell*, *shaft encoder*, *stress*

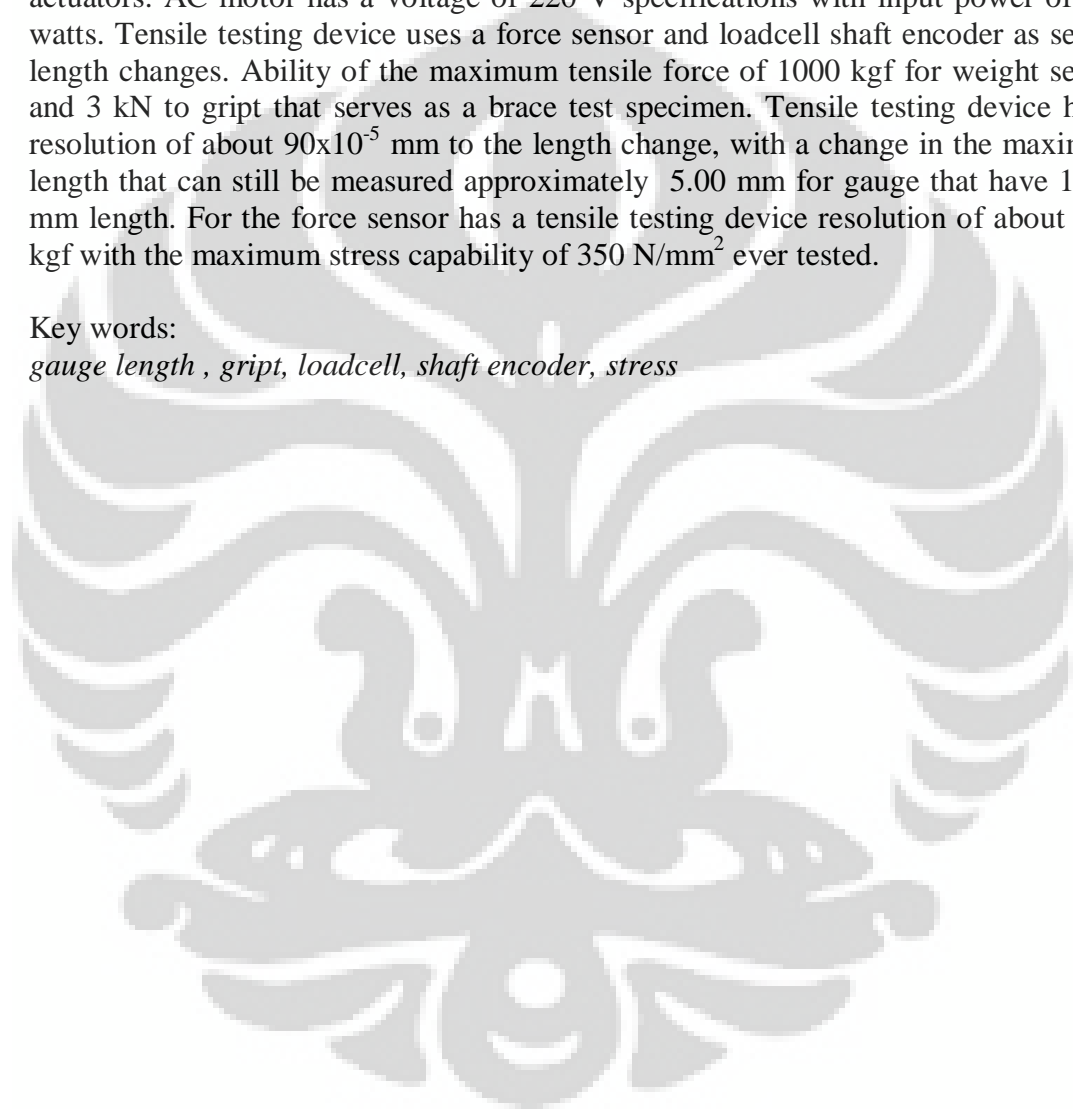
ABSTRACT

Name : Slamet Muallif
Program : Physics Instrumentation Bachelor Degree, University of Indonesia
Title : Making Tensile Test Equipment for Material

Has created a tensile test equipment for materials which device using AC motors as actuators. AC motor has a voltage of 220 V specifications with input power of 700 watts. Tensile testing device uses a force sensor and loadcell shaft encoder as sensor length changes. Ability of the maximum tensile force of 1000 kgf for weight sensor and 3 kN to gript that serves as a brace test specimen. Tensile testing device has a resolution of about 90×10^{-5} mm to the length change, with a change in the maximum length that can still be measured approximately 5.00 mm for gauge that have 12.50 mm length. For the force sensor has a tensile testing device resolution of about 0.70 kgf with the maximum stress capability of 350 N/mm^2 ever tested.

Key words:

gauge length , gript, loadcell, shaft encoder, stress



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TEORI DASAR.....	5
2.1 Sifat Mekanik Logam.....	5
2.1.1 Konsep <i>Stress-Strain</i>	5
2.1.2 <i>Stress-Strain Behavior</i>	7
2.2 Sensor.....	12
2.2.1 <i>LoadCell</i>	13
2.2.2 <i>Shaft encoder</i>	17
2.3 <i>Alternating Current Motors</i>	19
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM.....	26
3.1 Perancangan Mekanik.....	26
3.2 Perancangan Hardware.....	28
3.2.1 Bagian Input.....	28
3.2.2 Bagian Kendali.....	32
3.2.3 Bagian Output.....	35
3.4 Perancangan Software.....	35
BAB 4. PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengambilan Data Rotari Encoder.....	38
4.2 Pengambilan Data Sensor Loadcell.....	39
4.3 Pengambilan Data Uji Tarik pada Specimen Uji SPCC Type 13B.....	40
4.4 Pengambilan Data Uji Tarik pada Specimen Uji SPCC Revisi.....	41
4.5 Pengambilan Data Uji Tarik pada Specimen Uji SPCC Custom.....	41

4.6 Pengambilan Data Uji Tarik pada Specimen Uji Aluminium1.....	42
4.7 Pengambilan Data Uji Tarik pada Specimen Uji Aluminium2.....	43
4.8 Data Respon Tegangan dalam <i>Time-domain</i> pada Percobaan 4.3.....	44
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR ACUAN.....	48
LAMPIRAN.....	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Alat Uji Tarik	6
Gambar 2.2	Stress-strain diagram dalam daerah linear	7
Gambar 2.3	<i>Nonlinear stress-strain</i> diagram.....	8
Gambar 2.4	Detail <i>profile</i> uji tarik.....	9
Gambar 2.5	Tegangan proporsional dan <i>yielding yielding phenomena</i> ..	10
Gambar 2.6	<i>Typical engineering stress-strain behavior</i>	11
Gambar 2.7	<i>R schematic representation of strain-stress for ductile and brittle until specimen fracture</i>	12
Gambar 2.8	<i>Balanced and Unbalanced wheastone bridge</i>	14
Gambar 2.9	Penyusunan <i>loadcell</i> dengan menggunakan <i>straingauge</i> ...	16
Gambar 2.10	Penyusunan <i>loadcell</i> pada jembatan <i>wheastone</i>	16
Gambar 2.11	<i>Encoder incremental</i>	18
Gambar 2.12	<i>Enkoder absolute</i>	19
Gambar 2.13	<i>Medan magnet timbul karena adanya arus listrik</i>	20
Gambar 2.14	Kaidah tangan kiri sebagai penentu aliran arus dan medan magnet yang dihasilkan.....	20
Gambar 2.15	<i>electro magnetism, air core, and iron core</i>	21
Gambar 2.16	Hubungan medan magnet dengan jumlah lilitan	21
Gambar 2.17	Perubahan kutub-kutub magnet akibat arus AC ^l	22
Gambar 2.18	<i>Induction voltage</i>	23
Gambar 2.19	<i>Two Phase Motor Stator</i>	23
Gambar 2.20	Two Phase Rotating Field	24
Gambar 2.21	Medan magnet, arus induksi, dan magnetisasi pada rotor...	25
Gambar 3.1	Perancangan Mekanik.....	26
Gambar 3.2	Block Diagram Sistem	28
Gambar 3.3	Rangkaian <i>Updown counter</i>	29
Gambar 3.4	Skematik pra <i>Updowncounter</i>	30
Gambar 3.5	Cara kerja rangkaian <i>updown counter</i>	30
Gambar 3.6	Rangkaian pengkondisi signal <i>loadcell</i>	31
Gambar 3.7	Rangkaian Minimum System atmega 16.....	33
Gambar 3.8	Rangkaian Sistem Kendalli.....	34
Gambar 3.9	Rangkaian Driver Motor AC.....	35
Gambar 3.10	Flowchart Sistem alat uji tarik.....	36
Gambar 3.11	Display Labview untuk mode manual.....	37
Gambar 3.12	Display Labview untuk mode otomatis.....	37
Gambar 4.1	Grafik Response <i>Shaft encoder</i>	38
Gambar 4.2	Grafik Pengambilan Data Respon <i>Loadcell</i>	39
Gambar 4.3	Grafik Tegangan Vs Regangan Specimen SPCC.....	40
Gambar 4.4	Grafik Uji Tarik Specimen SPCC Revisi.....	41

Gambar 4.5	Kurva uji tarik Specimen Uji Custom.....	42
Gambar 4.6	Kurva uji tarik Specimen Uji batangan aluminium1.....	43
Gambar 4.7	Kurva uji tarik Specimen Uji batangan aluminium2.....	44
Gambar 4.8	Grafik Tegangan VS Waktu.....	45



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab pertama tugas akhir ini, penulis menguraikan antara lain latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, diharapkan dapat membantu dan mempermudah manusia dalam berbagai aspek kehidupan, salah satunya adalah transportasi, seiring dengan kemajuan teknologi transportasi tersebut banyak dibangun jembatan-jembatan yang semakin modern yang panjangnya dapat mencapai ratusan meter.

Perlunya pengetahuan akan konstruksi bahan bangunan sangatlah penting guna memperkecil tingkat kecelakaan dalam pembuatan bangunan, seperti yang telah terjadi pada jembatan tenggarong (Kompas, 11 Januari 2012).

Dalam pembuatan suatu konstruksi diperlukan material dengan spesifikasi dan sifat-sifat yang khusus pada setiap bagiannya. Sebagai contoh dalam pembuatan konstruksi sebuah jembatan. Diperlukan material yang kuat untuk menerima beban di atasnya. Material juga harus elastis agar pada saat terjadi pembebanan standar atau berlebih tidak patah. Salah satu contoh material yang sekarang banyak digunakan pada konstruksi bangunan atau umum adalah logam.

Suatu logam mempunyai sifat-sifat tertentu yang dibedakan atas sifat fisik, mekanik, *thermal*, dan korosif. Salah satu yang penting dari sifat tersebut adalah sifat mekanik. Sifat mekanik terdiri dari keuletan, kekerasan, kekuatan, dan ketangguhan. Sifat mekanik merupakan salah satu acuan untuk melakukan proses selanjutnya terhadap suatu material, contohnya untuk dibentuk dan dilakukan proses permesinan. Untuk mengetahui sifat mekanik pada suatu logam harus dilakukan pengujian terhadap logam tersebut. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik.

Salah satu cara untuk mengetahui besaran sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik.

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam pembuatan Alat Uji Tarik Material Logam ini, penulis menyusun perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengukur gaya tarik pada alat uji tarik ini.
2. Bagaimana cara mengukur perubahan panjang sebagai akibat dari adanya gaya tarik yang di bebaskan pada bahan.
3. Bagaimana menggambarkan kurva Tegangan vs Regangan sebagai representasi dari alat uji tarik ini.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembuatan alat ini yaitu mengetahui perubahan panjang benda uji sebagai akibat dari gaya tarik yang di berikan, kemudian memplot nya dalam bentuk Tegangan vs Regangan ke dalam grafik xy . variable luas penampang pada specimen uji dianggap konstan selama proses uji tarik.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk

1. Mengetahui karakteristik dari sifat mekanik suatu bahan material logam dengan menganalisa grafik Tegangan vs Regangan yang di peroleh dari alat uji tarik ini.
2. Mempraktikkan ilmu instrumentasi yang telah dipelajari selama perkuliahan yaitu dengan membuat alat uji tarik.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metode yaitu:

1. Study Literature

Mencari bahan-bahan yang diperlukan sebagai referensi untuk pembuatan tugas akhir. Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan baik dari internet maupun dari buku-buku referensi yang ada dan sumber informasi lainnya.

2. Konsultasi dan Bimbingan

Meminta pendapat, saran dan kritik kepada dosen pembimbing, dosen pengajar maupun orang yang berkompeten dalam pelaksanaan tugas akhir ini, sehingga diharapkan dapat memberikan solusi dalam memecahkan masalah yang dihadapi selama realisasi system.

3. Perancangan dan Pembuatan Alat

Merancang dan membuat alat dari segi mekanik, hardwer dan software. Mengetes satu persatu semua rangkaian yang di perlukan dalam pembuatan alat, yang kemudian disatukanan guna memperoleh data yang diharapkan.

4. Pengujian dan Perbaikan

Menguji rangkaian masing-masing blok apakah sudah sesuai dengan fungsinya, serta melakukan perbaikan program guna memperoleh data sebaik mungkin sesuai dengan yang diharapkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembacaan dan pemahaman, sistematikan penulisan laporan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab, yang memuat beberapa sub bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, Tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan

BAB 2 TEORI DASAR

Berisi landasan teori sebagai hasil dari studi literature yang berhubungan dalam pembuatan alat.

BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Berisi perancangan baik dari segi mekanik hardware, maupun software. Selain itu bab ini juga menjelaskan cara kerja system, baik secara individual maupun sudah menjadi satu kesatuan alat uji tarik.

BAB 4 PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHASAN

Sistem yang telah dirancang kemudian di uji dengan parameter terkait, Pengujian ini meliputi hardware dan software yang dilakukan secara simultan. Disamping pengujian, proses pengambilan data kerja system ini juga dituliskan dibab ini sehingga bisa dianalisa dan di bandingkan datanya sesuai dengan teori yang sudah dipelajari.

BAB 5 PENUTUP

Berisi kesimpulan yang didasarkan pada hasil pengujian system dan analisa data. selain itu bab ini juga berisi saran guna pengembangan lebih lanjut dari penelitian.

BAB 2

TEORI DASAR

Pada bab ini, penulis mengambil beberapa teori dasar sebagai referensi dari proses pembuatan alat uji tarik, diantaranya yaitu sifat mekanik logam, sensor dan aktuator.

2.1 Sifat Mekanik Logam

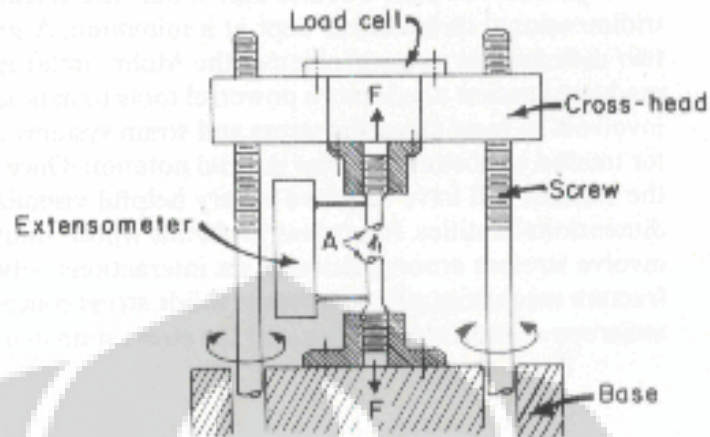
Untuk membahas sifat mekanik logam, penulis membuat dua sub-bagian yang terdiri atas konsep dasar dari strain dan stress serta karakteristik logam yang diperoleh dari kurva stress-strain (*Stress-strain behavior*).

2.1.1 Konsep *Stress-Strain*

Jika suatu material logam di beri beban statik(/lambat) secara seragam pada suatu permukaanya, maka sifat mekanik dari logam tersebut dapat ditentukan dengan pengujian stress dan strain (Callister,1940).

Gambar 2.1 mengilustrasikan mesin ujitarik untuk material yang terdiri atas beberapa bagian, Bagian atas disebut sebagai *Crosshead*, atau bagian yang bergerak yang menarik benda uji, Sepasang ulir cylinder akan membawa atau menggerakkan bagian crosshead. Sementara itu di bagian bawah di buat static. dibagian crosshead terdapat sensor loadcell yang akan mengukur besarnya gaya tarik, sedangkan untuk mengukur perubahan panjang digunakan strain gages atau extensometer.

Pada kondisi tertentu gaya yang di berikan oleh mesin ke specimen adalah F , yang akan mengakibatkan peregangan pada specimen, dan akan mengakibatkan retaknya ikatan internal specimen. Retakan ini akan menghasilkan reaksi-reaksi internal yang di sebut stress, pada kondisi ini, *resistance* akan didistribusikan secara merata pada bagian pada luasan A (Lihat Gambar 2.1 ditunjukkan dengan 3 anak panah pada A),



Gambar 2.1 Ilustrasi Alat Uji Tarik (Ramamrutham dan Narayanan,2000)

Dengan menggunakan persamaan gaya(Ramamrutham dan Narayanan,2000) yang terdapat pada specimen dari atas sampai bawah, diperoleh:

$$\sum F = 0$$

$$F - \sigma A = 0$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Untuk pendekatan engineer nilai A akan dinormalisasi dengan A_0 sehingga persamaan tersebut dapat diubah menjadi:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

Dimana σ adalah tegangan (N/m^2)

F adalah gaya tarik (N)

A_0 adalah luas mula-mula bahan (m^2)

Sebanding dengan bertambahnya nilai F, maka nilai perubahan panjang specimen akan meningkat, hal ini dirumuskan dengan:

$$d\varepsilon = \frac{dl}{l}$$

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l_1} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_1}{l_0}$$

Untuk aplikasi tertentu, bentuk persamaan strain ini dapat disederhanakan, atau biasa disebut engineering atau nominal strain, yaitu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.2)$$

Dimana ε adalah regangan

Δl adalah perubahan panjang (mm)

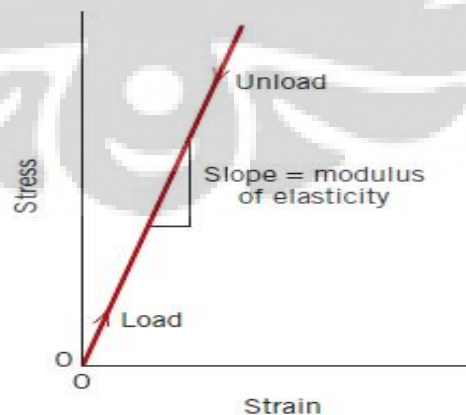
l_0 adalah panjang mula-mula (mm)

2.1.2 Stress-Strain Behavior

Pada subbab ini, penulis mengambil referensi dari sebuah artikel, yang penulis ambil dari internet (Azhari, Sept 2009) dan membahasnya untuk dipadukan dengan referensi yang penulis ambil dari salah satu buku referensi (Callister, 1940).

Elastic Deformation

Merupakan perubahan bentuk, dimana hubungan antara stress dan strain adalah proporsional. Dari Gambar 2.5, dapat terlihat, jika beban diberikan ke sebuah bahan dalam daerah elastis dan kemudian beban itu dihilangkan, maka bahan tersebut akan hampir kembali ke kondisi semula, yaitu regangan nol. Nilai kemiringan dari kurva ini bergantung pada modulus elastis suatu bahan tersebut.



Gambar 2.2 Stress-strain diagram dalam daerah linear (Callister, 1940)

Dari Gambar 2.2 tersebut, hukum hooke masih berlaku, yaitu rasio tegangan terhadap regangan dalam daerah linear adalah konstan(Tipler,1998), yang kemudian dinamakan *modulus young*

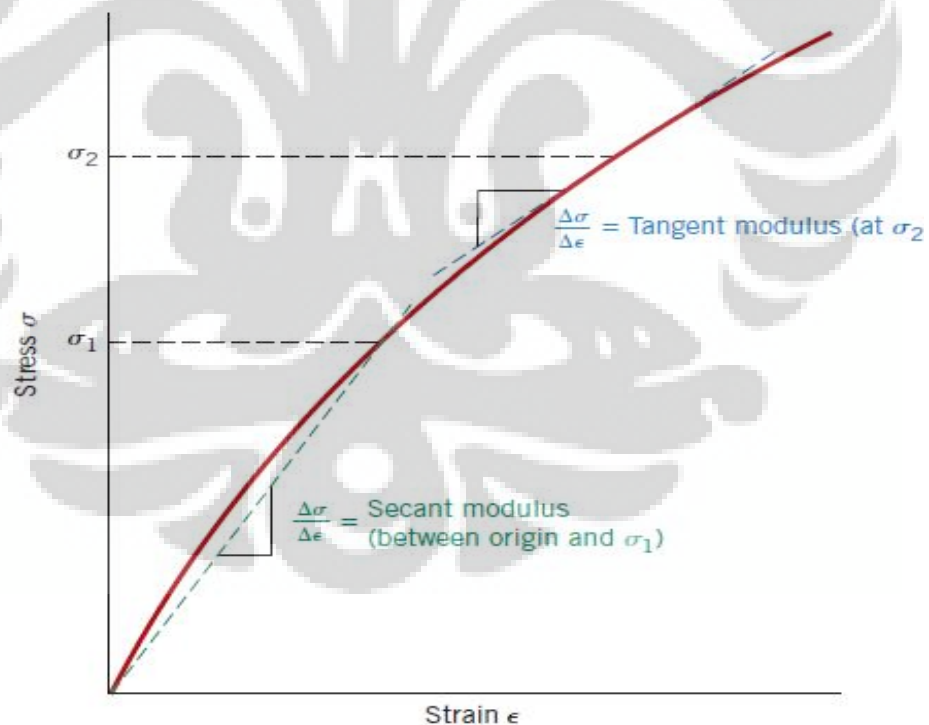
$$Y = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.3)$$

Dimana Y adalah modulus young (N/m^2)

σ adalah tegangan (N/m^2)

ϵ adalah regangan

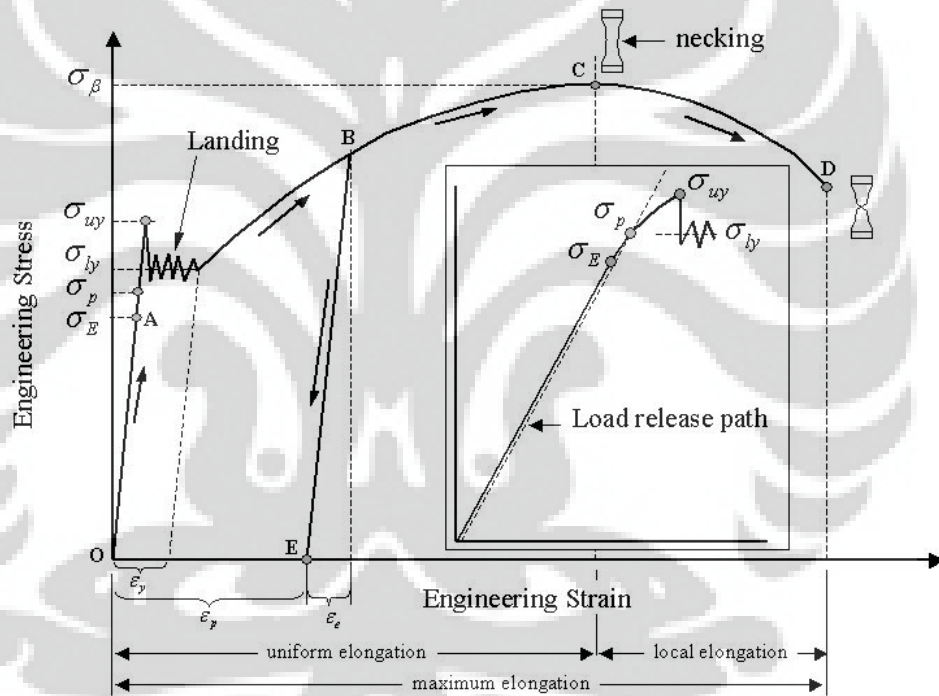
Namun demikian ada beberapa bahan yang tidak memiliki daerah linear, dari kurva yang tidak memiliki daerah linear ini, nilai modulus elastis dapat ditentukan baik dengan *tangent modulus* ataupun dengan *secant modulus*.



Gambar 2.3 *Nonlinear stress-strain diagram*(Callister,1940)

Dari Gambar 2.3 nilai *secant modulus* diperoleh dengan memotong kurva dari titik nol sampai ke nilai tegangan tertentu, sedangkan untuk *tangent modulus* diperoleh dari garis singgung pada suatu titik tegangan tertentu.

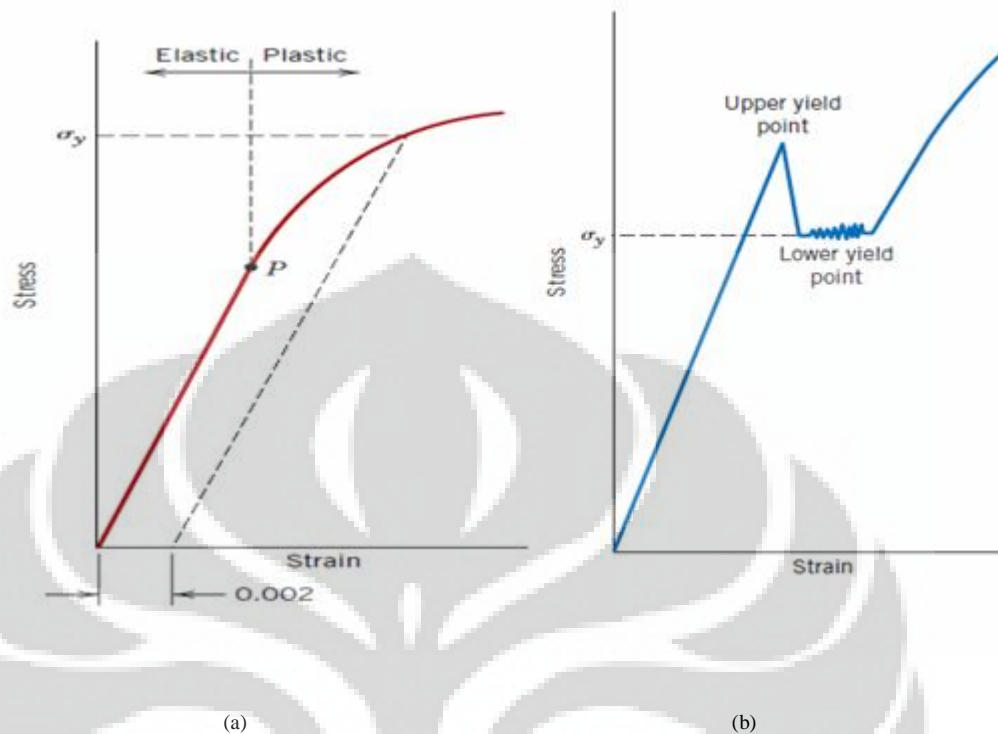
Untuk batas elastisitas (*elastic limit*), dapat dilihat pada gambar 2.4 yaitu titik A, di mana dalam proses pembebanan, jika nilai tegangan melewati batas ini, bahan tidak akan kembali ke bentuk semula. Sementara nilai batas proporsional / *proportional limit* (σ_p) adalah batas dimana penerapan hukum hooke masih berlaku, biasanya nilai batas ini sama dengan batas elastis.



Gambar 2.4 Detail *profile* uji tarik (Azhari, Sept 2009)

Plastic Deformation

Untuk bahan logam pada umumnya, batas elastis tidaklah sampai dengan 0.005, setelah melewati batas ini nilai stress tidak proporsional lagi terhadap nilai strain, dan terjadilah deformasi plastis, ilustrasi untuk daerah elastis dan plastis bisa dilihat pada Gambar 2.5 (a).



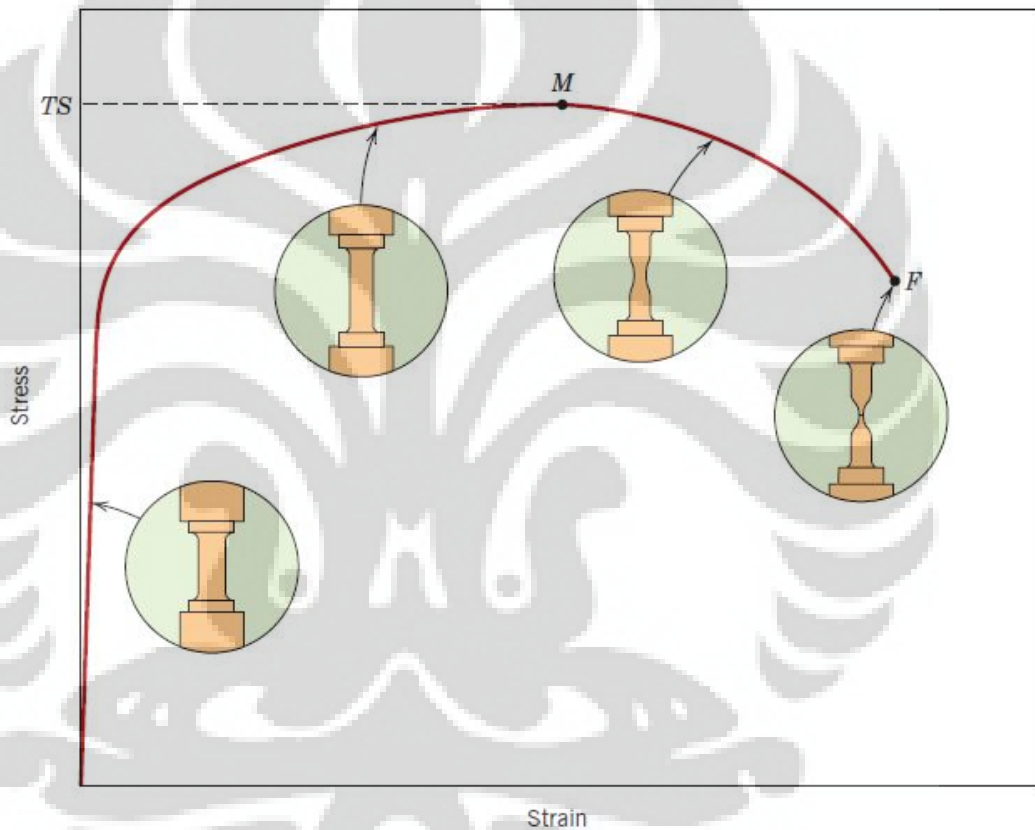
Gambar 2.5(a) Batas proporsional untuk logam pada umumnya(Callister,1940),
 (b) *yielding phenomena*(Callister,1940)

Yielding

Merupakan daerah landing/ daerah peralihan dari deformasi elastis ke deformasi plastis. Pada Gambar 2.5b tegangan maksimum pada daerah ini disebut tegangan luluh atas / *upper yield stress* (σ_{uy}), sedangkan untuk *lower yield stress* (σ_{ly}) merupakan tegangan rata-rata sebelum benar-benar memasuki daerah plastis, tegangan inilah yang biasa disebut sebagai tegangan luluh / *yield stress*. Sedangkan untuk logam pada umumnya nilai dari tegangan luluh diperoleh dengan menarik garik lurus (gambar 2.5a) sejajar dengan *elastic proportional* , dengan offset tertentu dan biasanya mempunyai nilai 0.002. Untuk nilai regangan luluh ini bisa dilihat pada Gambar 2.4, yaitu dengan menarik garis sejajar dari tegangan luluh segera setelah daerah landing.

Tensile Strength

Merupakan besar tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva uji tarik, jika tegangan terus di berikan pada titik ini maka akan terjadi perpatahan pada bahan. Pada proses uji tarik, setelah melewati titik ini, maka bahan akan mengalami *constriction* atau *necking*, untuk ilustrasinya bisa dilihat pada Gambar 2.6

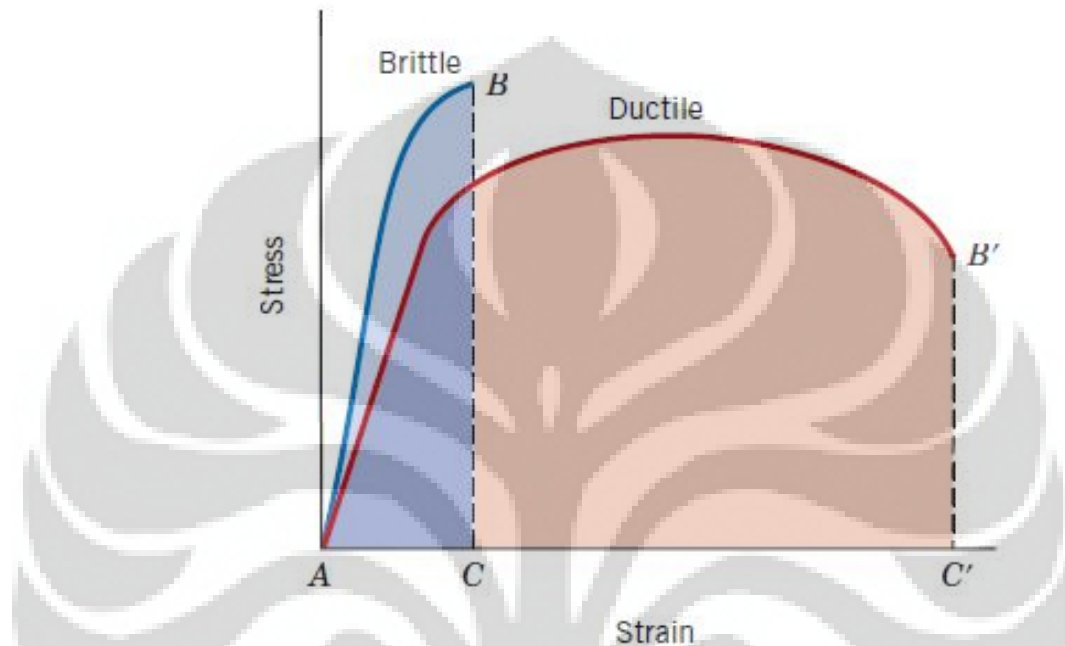


Gambar 2.6 typical engineering stress-strain behavior(Callister,1940)

Tegangan ini sering disebut juga sebagai Tegangan tarik maksimum (UTS, *Ultimate Tensile Strength*) yaitu pada titik M untuk gambar 2.6, dan titik C pada Gambar 2.4.

Ductility

Merupakan sifat mekanik bahan yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum suatu bahan putus atau gagal pada uji tarik. Bahan disebut lentur (*ductile*) bila regangan plastis yang terjadi sebelum putus lebih dari 5%, bila kurang dari itu suatu bahan disebut getas (*brittle*).



Gambar 2.7 schematic representation of strain-stress for ductile and brittle until specimen fracture(Callister,1940)

Toughness

Merupakan Kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus. Sering disebut dengan Modulus Ketangguhan (modulus of toughness). Dalam Gbr.2.4, modulus ketangguhan sama dengan luas daerah dibawah kurva OABCD

2.2 Sensor

Istilah sensor digunakan untuk mendeskripsikan suatu elemen yang menghasilkan sinyal listrik yang memiliki relasi dengan besaran fisis yang diukur(Astranto,2006).

2.2.1 Loadcell

Load cell adalah alat yang mengeluarkan signal listrik proporsional dengan gaya / beban yang diterimanya(Suprpto,2012). Load cell banyak digunakan pada timbangan elektronik. Untuk mempermudah pemahaman tentang loadcell, penulis akan membahas terlebih dahulu tentang konduktor, strain-gaguge dan jembatan wheastone (*wheastone bridge*).

Konduktor

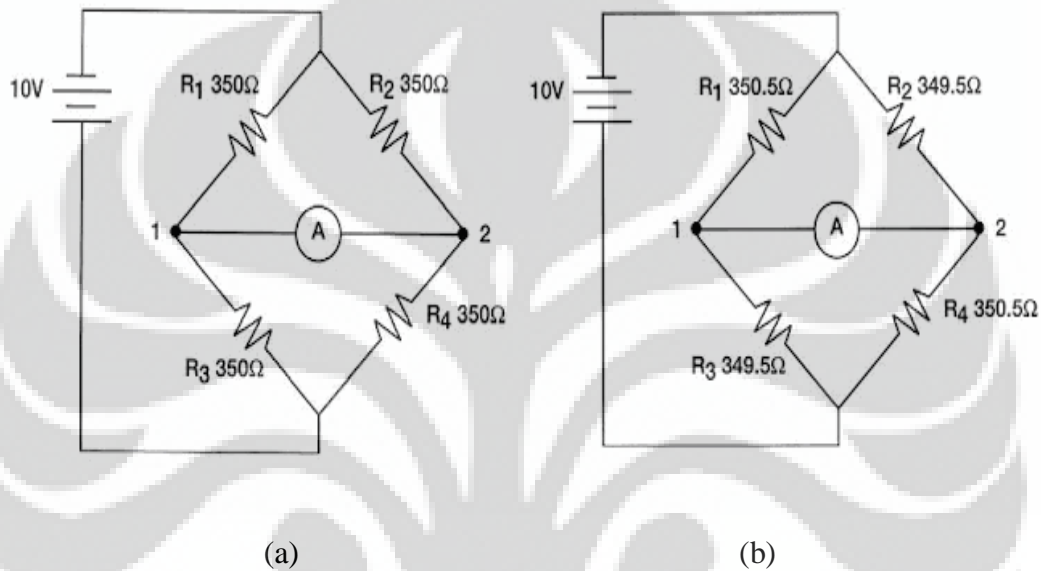
Sebuah Konduktor atau kawat memiliki sejumlah resistansi.Tergantung pada diameternya. Semakin besar diameter, makin rendah Resistansinya. Jika sebuah kawat diregangkan, Kawat akan berkurang diameter atau luas penampangnya, sehingga akan meningkatkan Resistansi. Demikian juga untuk Sebaliknya juga sama. Jika kawat di tekan/kompres, diameternya akan meningkat dan Resistansinya menurun. Karena itu diperlukan kekuatan untuk perhitungan regangan atas kawat untuk proses penekanan dan peregangan tersebut, Upaya menarik dan menekan ini memerlukan gaya, sehingga kawat bisa digunakan untuk pengukuran gaya tersebut. Konfigurasi tarik ulur kawat ini dikenal sebagai *strain gauge*.

Strain-gauge

Starin Gauge tersusun dari kawat yang sangat halus, yang dianyam secara berulang menyerupai kotak dan ditempelkan pada plastic atau kertas sebagai medianya. Kawat yang dipakai dari jenis tembaga lapis nikel berdiameter sekitar seper seribu (0.001) inci. Kawat itu disusun bolak-balik untuk meng-efektifkan panjang kawat sebagai raksi terhadap tekanan/gaya yang mengenainya. Pada ujungnya dipasang terminal. Strain Gauge bisa dibuat sangat kecil, sampai ukuran 1/64 inci. 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*..

Wheastone Bridge

Rangkaian resistif yang dipakai untuk membuat loadcell adalah *jembatan wheastone*.



Gambar 2.8(a) *Balance wheastone bridge*(Suprpto,2012),
(b) *Unbalanced wheastone bridge*(Suprpto,2012)

Pada Gambar 2.8a, Ketika tegangan sumber tersambung ke rangkaian, arus yang mengalir pada cabang R1/R3 sama dengan arus yang mengalir pada R2/R4. Hal ini terjadi karena nilai semua resistor sama. Arus yang terukur pada Ampermeter adalah 0 karena tidak ada beda potensial pada titik 1 dan 2. Jika nilai resistor pada Gambar 2.8a dirubah dengan nilai R1 dan R4 menjadi 350.5 ohm, dan nilai resistor R2 dan R3 menjadi 349.5 ohm (Gambar 2.8b), maka rangkaian menjadi tidak seimbang (unbalanced), arus yang mengalir dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

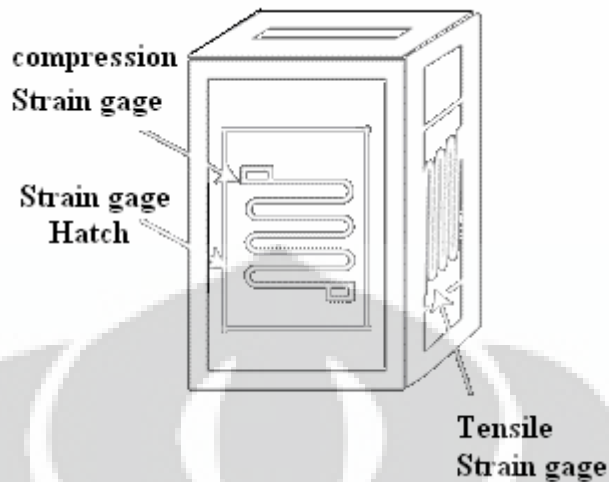
- Bagian 1: Arus mengalir dari kutub positif batere melalui R4, dan R2 dan kembali ke terminal negatif batere

- Bagian 2: Arus mengalir dari kutub positif batere melalui R3, dan R1 kemudian kembali ke terminal negatif batere
- Bagian 3: Arus mengalir dari kutub positif batere melalui R3, Ampere meter, R2 dan kembali ke terminal negatif batere.

Perhatikan, ada arus yang mengalir melalui Ampere meter. Arus yang mengalir terjadi karena ada beda potensial antara titik 1 dan 2. Semakin besar beda potensial di titik tersebut, makin besar pula arus yang terukur di Ampere Meter.

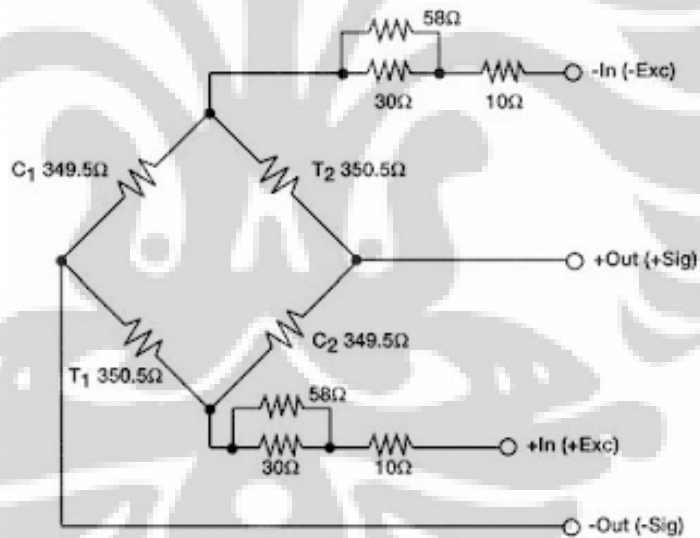
Dari ketiga teori diatas, bisa disusun load cell dengan metode Strain Gauge dan Jembatan Wheatstone. Dengan menggunakan sebuah kolom baja persegi, kemudian melekatkan Strain Gauge pada keempat sisinya. Panjang kolom akan berkurang ketika di sisi atas kolom diberikan beban. Kolom baja juga menjadi “gendut” 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 kawatnya mengecil dan hambatannya bertambah. Jika posisi beban digantung pada 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.



Gambar 2.9 Penyusunan *loadcell* dengan menggunakan *straingauge*(Suprpto,2012)

Strain Gauge pada Gambar 2.9 kemudian di konfigurasi kedalam bentuk Jembatan Wheatstone, seperti yang terlihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Penyusunan *loadcell* pada jembatan *wheastone* (Suprpto,2012)

Pada Gambar 2.10, merupakan jembatan wheastone yang menggambarkan diagram sederhana *loadcell*. Resistor yang diberi label T1 dan T2 merupakan *strain-gauge* yang menerima gaya tarik (*Tension*) saat *loadcell* menerima beban, sedangkan

resistor yang berlabel C1 dan C2, merupakan *strain-gauge* yang menerima gaya tekan saat loadcell dibebani.

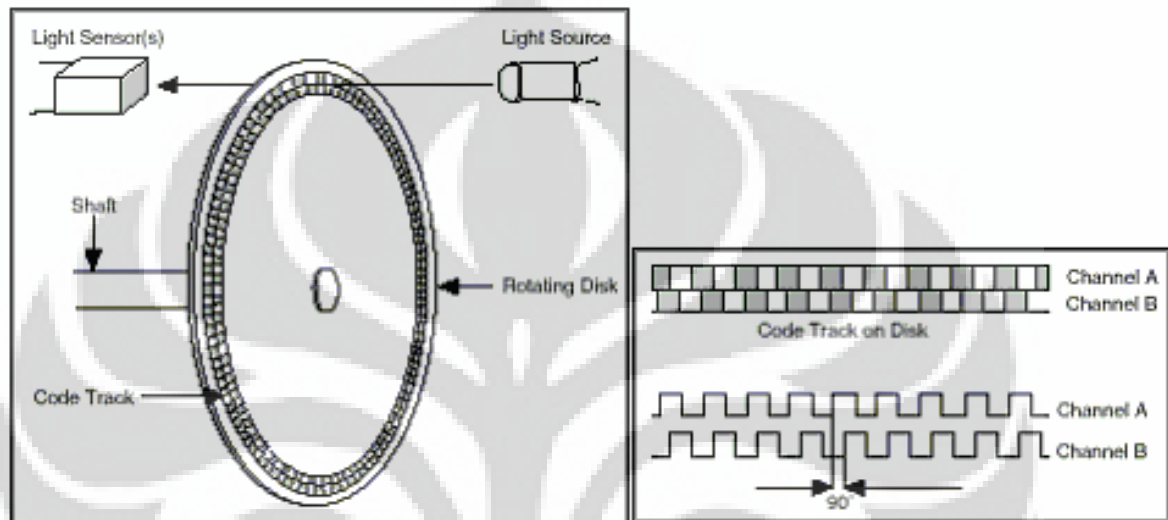
Titik +In dan -In mengacu pada +Excitation dan -Excitation. Melalui titik/terminal inilah tegangan sumber diberikan. Pada umumnya tegangan excitation bernilai 10VDC dan 15VDC bergantung pada loadcell yang dipakai. Titik +out dan -Out mengacu pada +Signal dan -Signal yang merupakan sinyal respon yang diperoleh dari loadcell.

Ketika **Load Cell** menerima beban, Strain Gauge C1 dan C2 mengalami gaya tekan. Kawatnya memendek dan diameternya membesar, sehingga nilai resistansi C1 dan C2 membesar. Sebaliknya, Strain Gauge T1 dan T2 mengalami gaya tarik, kawatnya memanjang dan diameternya mengecil sehingga nilai resistansinya membesar. Perubahan nilai resistansi ini menyebabkan arus yang melewati C1 dan C2 lebih besar dibanding arus yang lewat pada T1 dan T2. Dan terjadilah beda potensial pada titik output yang kemudian disebut sebagai tegangan output loadcell sebagai respon dari gaya yang diterima.

2.2.2 Shaft Encoder

Shaft Encoder adalah alat yang dapat menghasilkan keluaran digital sebagai akibat dari pergeseran sudut atau linear. Encoder posisi dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu encoder incremental yang mendeteksi perubahan pergeseran dari beberapa posisi data; dan encoder absolute yang memberikan posisi actual. Gambar 2.8 menunjukkan bentuk dasar dari sebuah encoder incremental untuk pengukuran pergeseran sudut sebuah batang. Encoder ini terdiri dari sebuah piringan yang berputar bersama batang. Pada bentuk ini, piringan putar memiliki sejumlah jendela dimana berkas cahaya dapat lewat dan dideteksi oleh sensor cahaya yang sesuai. Pada saat batang dan piringannya berputar, maka sensor akan menghasilkan sebuah keluaran pulsa dimana jumlah pulsa berbanding lurus dengan sudut yang dilewati oleh putaran piringan. Pergeseran sudut piringan, yang juga berarti pergeseran batangan yang memutarinya, dengan demikian dapat ditentukan berdasarkan banyaknya pulsa yang dihasilkan pada pergeseran sudut dari beberapa posisi data.

Jumlah jendela pada sebuah piringan bervariasi dengan jarak antara slot-slot yang hampir sama banyak pada tiap-tiap lintasan. Jika terdapat 60 buah slot dalam 1 kali revolusi, dimana 1 revolusi sama dengan 360 derajat, maka pergeseran sudut minimum yang dikenal dengan istilah resolusi yang dapat dideteksi adalah $360/60=6$ derajat (Reith,1998)



Gambar 2.11 Encoder incremental (Mcdougale,2008)

Dengan encoder incremental, banyaknya pulsa yang terhitung akan menggambarkan besarnya pergeseran sudut yang terjadi. Sebuah pergeseran , misalnya 50 derajat, akan menghasilkan jumlah pulsa yang sama bagaimanapun posisi sudut batangan saat memulai rotasinya.

Encoder absolute akan menghasilkan keluaran dalam bentuk bilangan biner yang terdiri atas beberapa digit, dimana masing- masing bilangan ini akan merepresentasikan suatu posisi sudut tertentu. Gambar 2.12 menunjukan bentuk dasar dari sebuah encoder absolute yang digunakan untuk pengukuran posisi sudut.



Gambar 2.12 *Enkoder absolute*(Guite,2010)

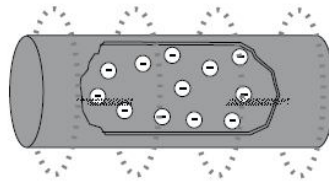
Dengan bentuk seperti pada Gambar 2.12, piringan putar memiliki empat lingkaran slot konsentris dan empat sensor untuk mendeteksi pulsa-pulsa cahaya. Slot-slot ini disusun dengan cara sedemikian rupa sehingga keluaran sekuensial dari sensor akan merupakan sebuah bilangan dalam kode biner, dimana masing-masing bilangan ini bersesuaian dengan suatu posisi sudut tertentu.

2. 3 Alternating Current Motors

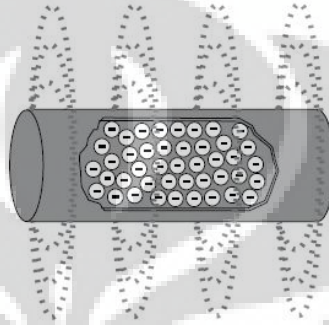
Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Reith,1998) Pada subbab ini penulis akan memfokuskan pada motor induksi bolak-balik 1 Phase.

Jika sebuah konduktor dialiri arus listrik maka akan timbul medan magnet disekitar konduktor tersebut dimana besarnya medan magnet sebanding dengan arus yang mengalir ("Siemens Technical Education Program", n.d.)

Current produces a magnetic field

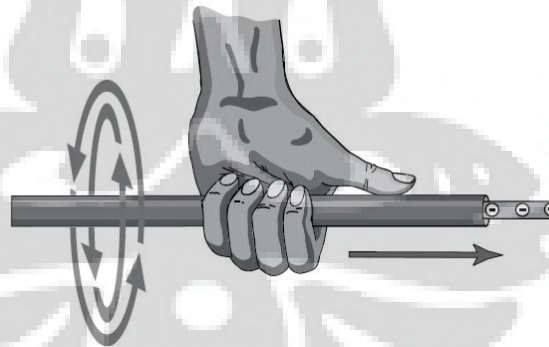


An increased current produces a stronger magnetic field



Gambar 2.13 Medan magnet timbul karena adanya arus listrik ("Siemens Technical Education Program", n.d.)

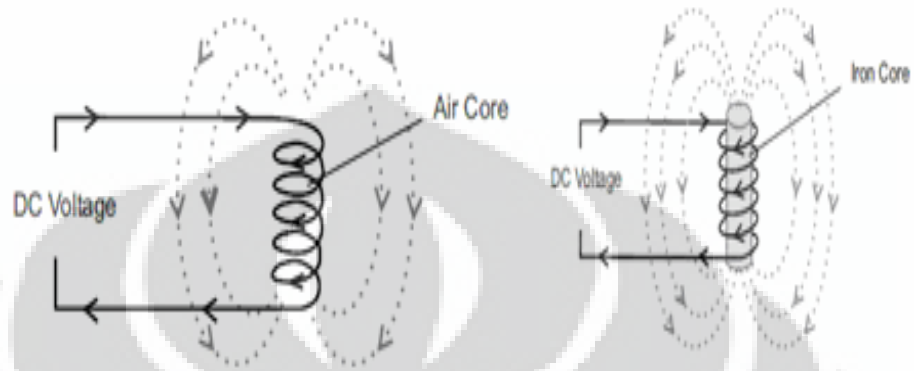
Sedangkan hubungan arah aliran arus dan arah medan magnet, dapat digunakan dengan menggunakan kaidah tangan kiri.



Gambar 2.14 Kaidah tangan kiri sebagai penentu aliran arus dan medan magnet yang dihasilkan ("Siemens Technical Education Program", n.d.)

electromagnet dapat dibuat dengan cara membuat lilitan pada konduktor (*coil*) yang dialiri arus listrik. Garis – garis Flux yang dibentuk oleh arus yang mengalir

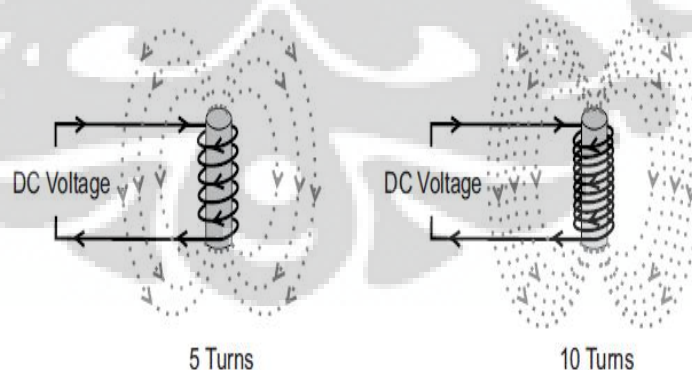
pada konduktor tersebut menghasilkan medan magnet yang besar dan kuat dan titik pusat pada lilitan tersebut disebut sebagai *core*. electromagnet sederhana terbuat dari *air core*(Gambar 2.12a).



Gambar 2.15 electro magnetism, (a) air core , (b)iron core(”Siemens Technical Education Program”, n.d.)

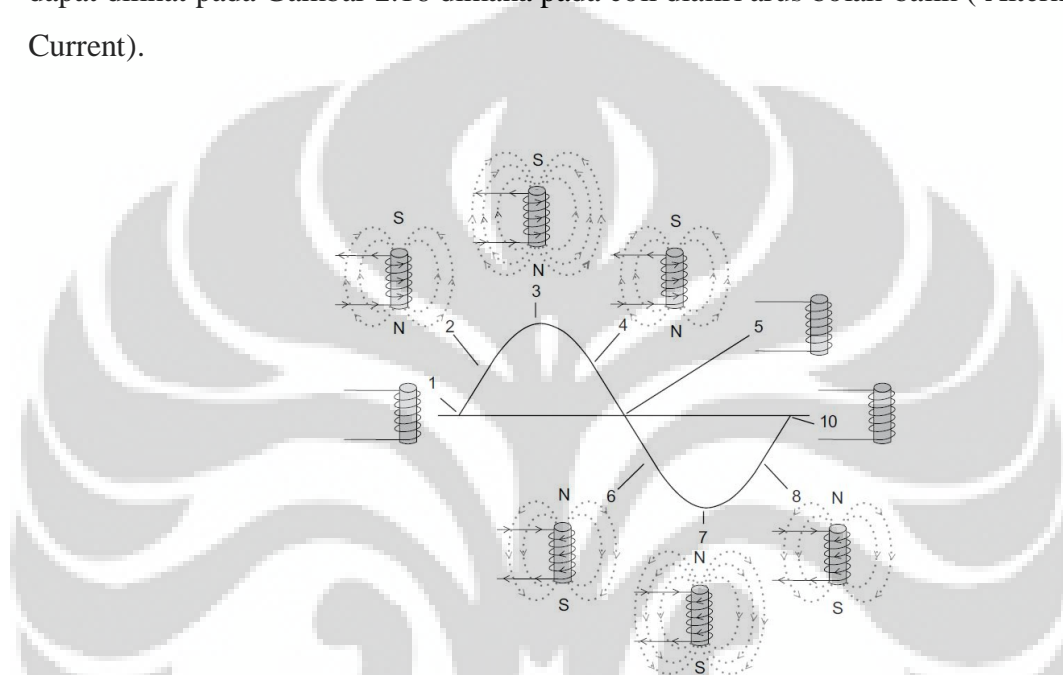
Dengan menggunakan besi yang dililiti sebuah konduktor, untuk besar arus yang sama akan menghasilkan medan magnet yang lebih besar, titik pusat pada besi ini biasa disebut *iron core* (Gambar 2.15b).

Selain itu besarnya medan magnet juga dipengaruhi oleh jumlah lilitan pada konduktor, semakin banyak jumlah lilitan maka akan menimbulkan medan magnet yang semakin besar.



Gambar 2.16 Hubungan medan magnet dengan jumlah lilitan(”Siemens Technical Education Program”, n.d.)

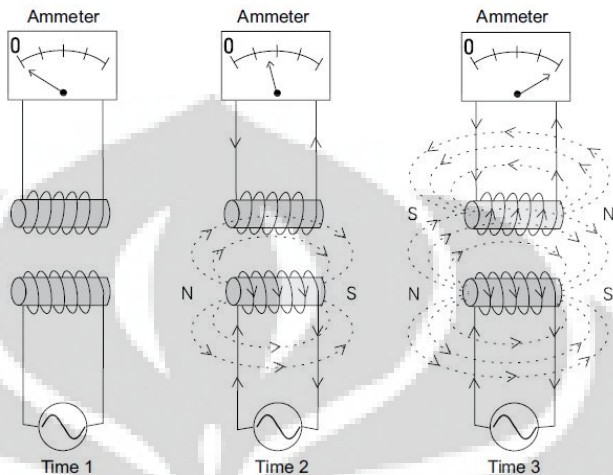
Medan magnet pada *electromagnet* mempunyai sifat yang sama dengan magnet alami, yaitu terdiri atas kutub utara dan kutub selatan. Arah aliran arus yang mengalir melalui coil akan menentukan kutub-kutub pada *electromagnet*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.16 dimana pada coil dialiri arus bolak-balik (Alternating Current).



Gambar 2.17 Perubahan kutub-kutub magnet akibat arus AC (“Siemens Technical Education Program”, n.d.)

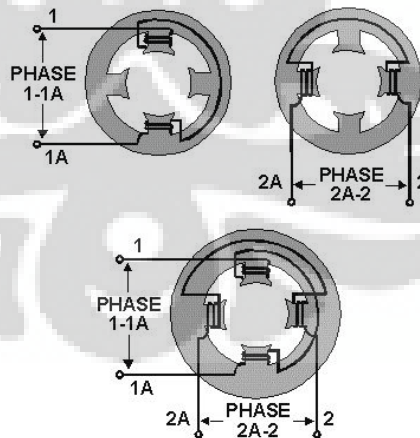
Pada Gambar 2.17, pada posisi 1, 5, dan 10 tidak ada arus yang mengalir akibatnya tidak timbul medan magnet, sementara pada posisi 2, 3, dan 4 arus positif yang mengalir menimbulkan medan magnet pada coil dan menghasilkan electromagnet pada iron core dengan posisi kutub utara pada bagian bawah dan kutub selatan pada bagian atas. Sedangkan untuk posisi 6, 7, dan 8 arus yang arahnya berkebalikan menimbulkan medan magnet yang menghasilkan elektromagnetik yang mempunyai kutub yang berlawanan dengan posisi 2, 3, dan 4. Untuk sumber tegangan ac 60Hz proses ini berulang sebanyak 60 kali dalam periode 1 detik nya.

Tegangan dapat diinduksi diantara konduktor dengan memberikan/memindahkan medan magnet dari kumparan yang satu ke kumparan lainnya, ini di ilustrasikan pada Gambar 2.18



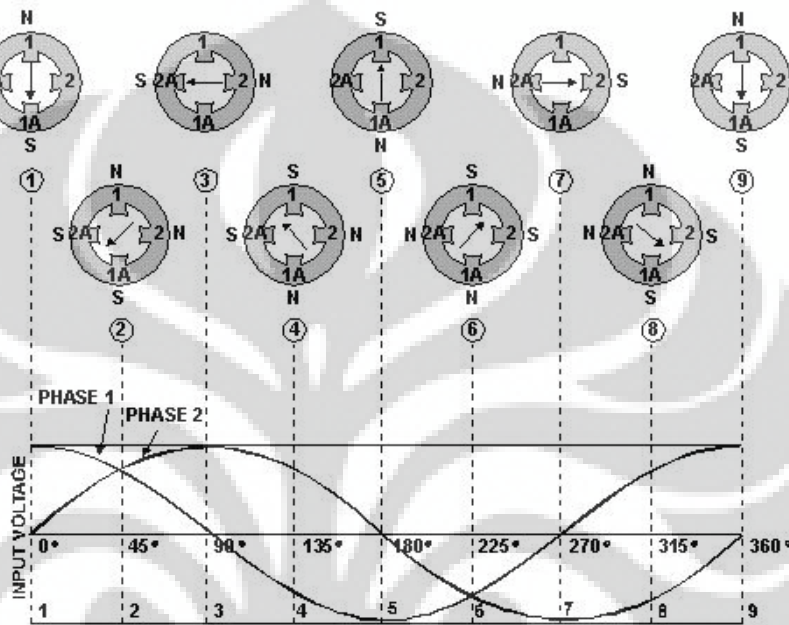
Gambar 2.18 Induction voltage (“Siemens Technical Education Program”, n.d.)

Motor induksi merupakan motor yang arah putarannya disebabkan oleh arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, dimana arus induksi ini dihasilkan oleh perubahan arah medan magnet pada kumparan statornya (ilustrasi arah medan magnet bisa dilihat pada Gambar 2.19).



Gambar 2.19 Two Phase Motor Stator(Reith,1998)

Untuk motor induksi 1 phase biasanya memerlukan lilitan tambahan yang biasanya disebut sebagai belitan bantu, untuk berikutnya belitan bantu disimbolkan dengan angka 2, sedangkan belitan utamanya disimbolkan dengan angka 1 (Gambar 2.19)

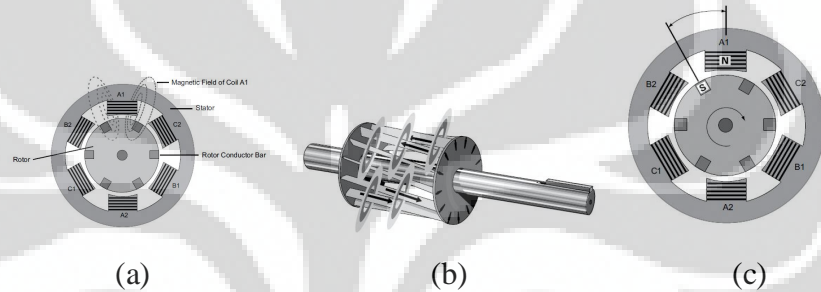


Gambar 2.20 Two Phase Rotating Field(Reith,1998)

Input gelombang sinus diberikan ke belitan utama(phase 1) dan belitan sekunder (phase 2)dengan beda phase 90° . Pada posisi 1, aliran arus dan besarnya medan magnet pada belitan utama (1-1A) berada pada kondisi maksimum, hal ini dikarenakan input voltage pada phase 1 maksimum, Sementara sebaliknya pada winding 2-2A berada pada kondisi minimum.hal ini menimbulkan magnetisasi pada iron core dimana pada pole 1 adalah kutub utara dan pada pole 1A sebagai kutub selatan (di jelaskan sebelumnya berdasarkan kaidah tangan kiri). Empat puluh lima derajat berikutnya (posisi 2) besarnya aliran arus dan medan magnet adalah sama untuk masing-masing belitan(winding 1-1A dan winding 2-2A) dengan kutub-kutub pada iron core 1 dan 2 adalah kutub utara dan iron core 1A dan 2A adalah kutub selatan. Begitu seterusnya arah medan magnet berputar sampai dengan 360° .

Arus bolak-balik yang dikenakan pada belitan stator pada sebuah motor induksi akan menimbulkan medan putar yang memotong batang rotor dan menginduksikan arus kepada rotor arah aliran arus ini dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri yang sebelumnya dijelaskan diatas.

Arus yang diinduksikan ini akan menghasilkan medan magnet di sekitar penghantar rotor yang polaritasnya berlawanan dengan polaritas dari medan stator, karena medan pada stator terus menerus berputar rotor tidak pernah menyamakan posisi dengan stator alias selalu tertinggal sehingga rotor akan terus menerus berputar mengikuti putaran medan pada stator.



Gambar 2.21, (a)medan magnet yang ditimbulkan belitan stator ,
 (b) arus induksi pada rotor sebagai akibat dari medan magnet pada stator
 (c)magnetisasi disekitar penghantar rotor(Reith,1998)

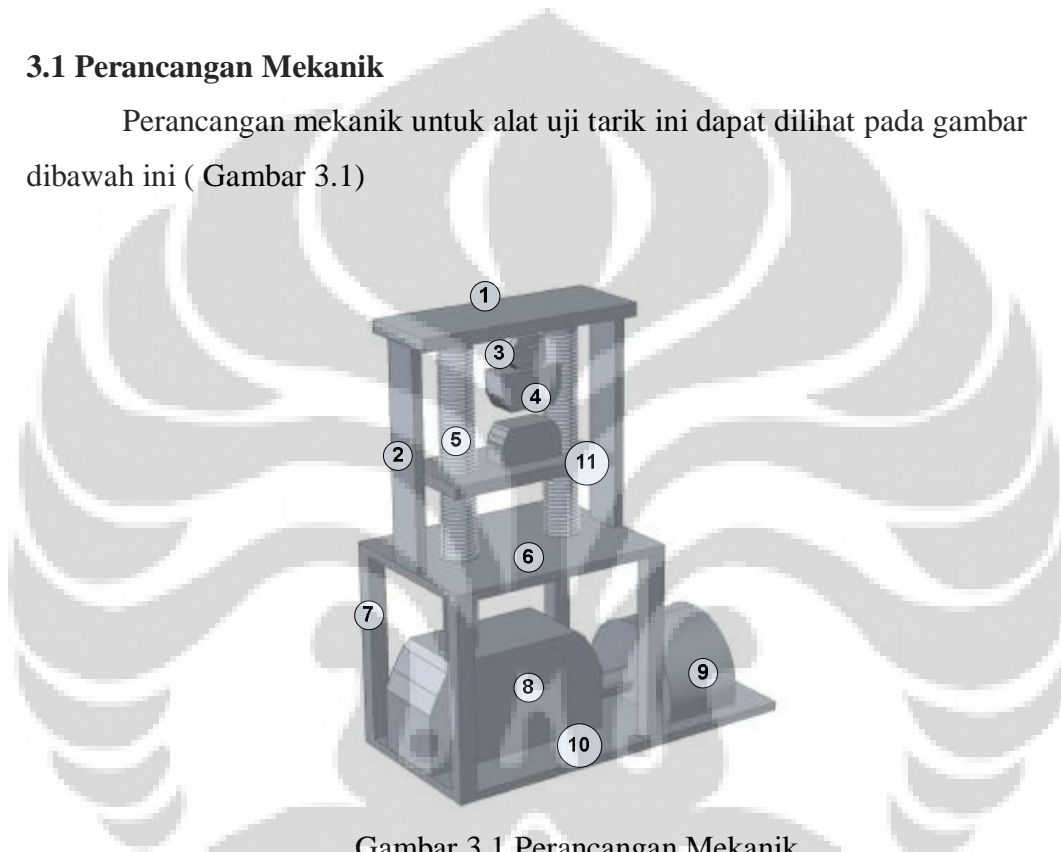
BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini, penulis akan membahas mengenai perancangan mekanik, hardware dan software, beserta cara kerjanya

3.1 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik untuk alat uji tarik ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Gambar 3.1)



Gambar 3.1 Perancangan Mekanik

Bagian yang pertama / base(1) , merupakan bagian tumpuan atau bagian statis sebagai pegangan dari cangkeram/grip. Bagian ini mempunyai dimensi 40x15x2,1 cm.

Bagian yang ke dua(2), merupakan bagian penyangga bagian base yang mempunyai dimensi 37x7x1,75 cm. Bagian yang ke tiga (3), yaitu sensor load cell yang berfungsi sebagai sensor gaya, sensor ini di baut/ di patenkan dengan bagian base. Bagian yang ke empat(4), yaitu grip sebagai tempat /cangkeram yang memegang benda uji. Bagian ke lima(5) yaitu ulir, sebagai penggerak bagian grip bagian bawah yang akan menarik benda uji, ulir ini digerakan oleh bagian nomer 8, yang merupakan gearbox yang

digerakan oleh actuator berupa motor ac (9). Bagian nomer 6 merupakan bagian batas pergerakan cross-head, bagian nomer 7 merupakan bagian penyangga bagian nomer 6. bagian ini mempunyai dimensi 33x3,3x3,3 cm. bagian nomer 10 yaitu merupakan bagian alas, yang mempunyai dimensi 65x30x1,2 cm. dan bagian nomer 11 yaitu bagian crosshead yang merupakan bagian yang bergerak yaitu bagian yang menarik benda uji.

Motor AC(9) yang digunakan adalah Motor AC induksi 220V, 1 phase, dengan daya 700 watt, Motor AC ini disertai gearbox dengan rasio 1:50, bagian as dari motor ac ini dikopel lagi dengan gearbox(8) dengan rasio 1:10, sehingga total rasio yang diperoleh sebesar 1:500, dengan asumsi efisiensi terburuk adalah 50%, maka diperoleh daya yang bekerja pada ulir(5) sebesar 350 watt, dengan menggunakan persamaan 3.1 (14), dan kecepatan maksimum yang diperoleh pada crosshead adalah 4 mm untuk setiap 25 detik. Maka akan diperoleh gaya tarik maksimum sebesar 2187500 N. Untuk kekuatan maksimum sensor loadcell sendiri adalah 1ton atau 9800 N, dan grip yang digunakan mempunyai kekuatan maksimum 3000 N. Sehingga kekuatan alat uji tarik ini bertumpu pada kekuatan grip yaitu 3000 N.

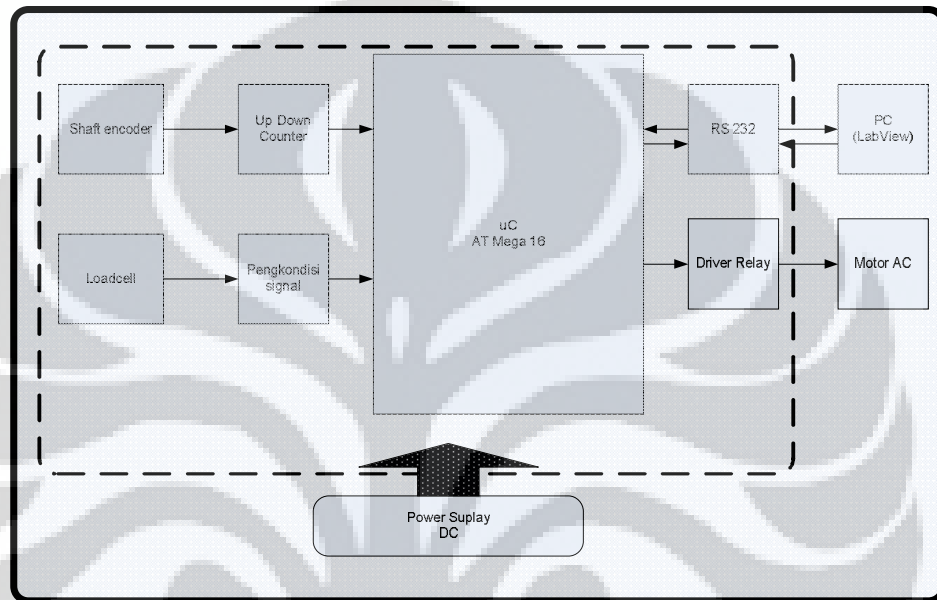
$$P = F.v \quad (3.1)$$

Batangan ulir(5) yang merupakan tempat kedudukan atau alat bantu pergerakan crosshead haruslah mempunyai kecepatan sudut yang sama, hal ini dengan tujuan untuk mendapatkan posisi atau perubahan posisi crosshead tetap pada posisi horisontal, Untuk untuk memperoleh kecepatan sudut yang sama antara kedua batangan ulir tersebut digunakan 3 buah gearbox / rasio dengan perbandingan 1:1, dengan posisi saling bersinggungan.

Shaft-encoder yang merupakan sensor putaran motor akan dipasang langsung pada sumbu / as batangan motor ac, hal ini bertujuan untuk memperoleh ketelitian yang tinggi jika di dibandingkan dengan pemasangan pada gearbox. Dari data putaran encoder ini, nantinya akan diperoleh perubahan panjang dari benda uji yang ditarik yaitu dengan menggunakan fungsi transfer yang datanya akan diambil terlebih dahulu pada saat pengujian atau pengambilan data.

3.2 Perancangan Hardware

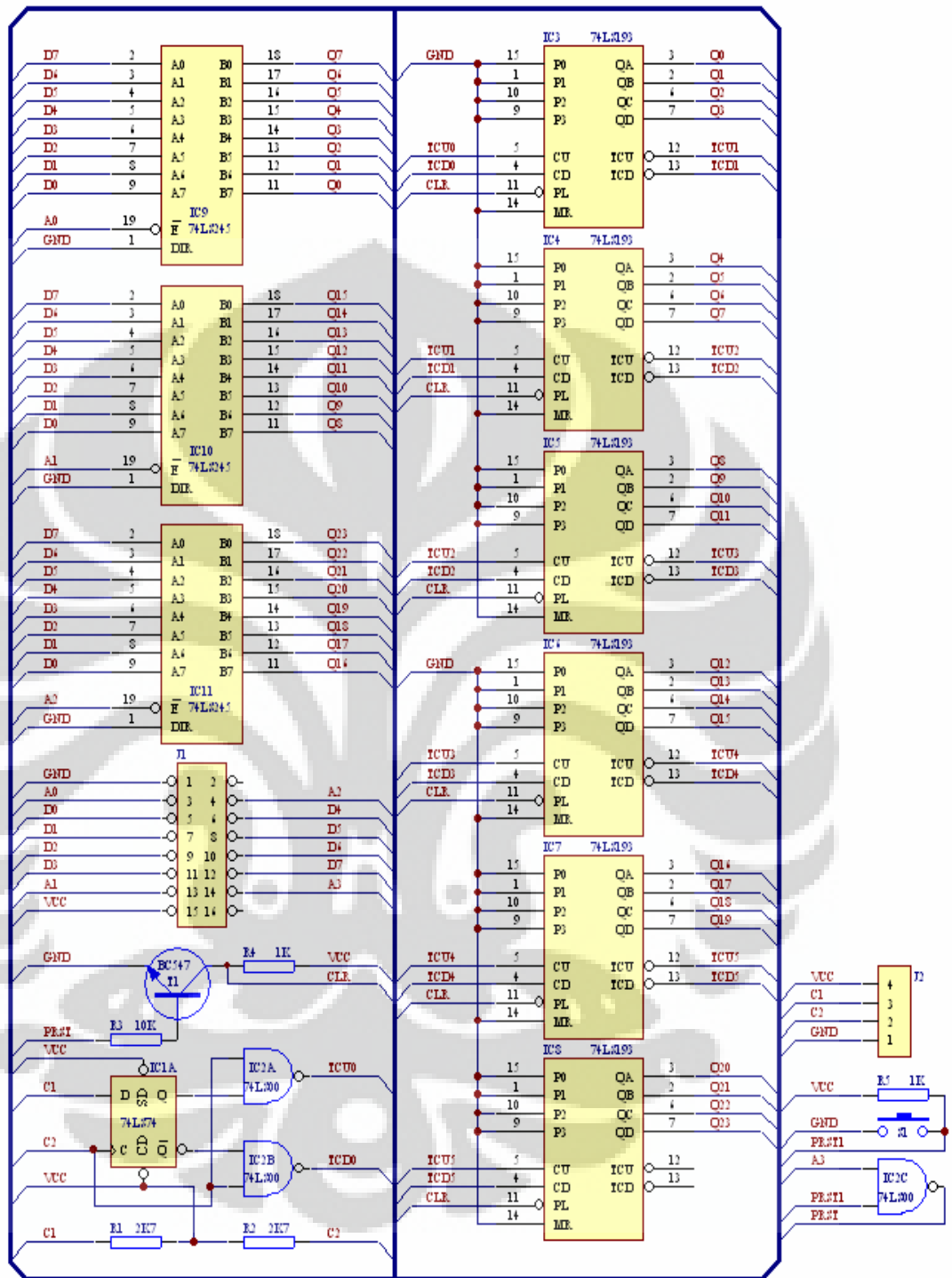
Untuk perancangan hardware, penulis membuat block diagram seperti Gambar 3.2, Block diagram tersebut terdiri atas bagian input, bagian kendali, dan bagian output, dimana masing-masing bagian memerlukan catu daya / power supply yang nilainya berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.



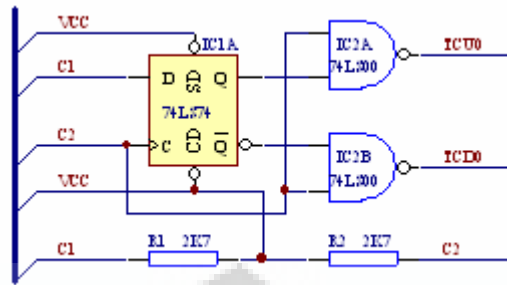
Gambar 3.2 Block Diagram Sistem

3.2.1 Bagian Input

Bagian input ini terdiri atas *shaft-encoder* dan *loadcell*.. sebelum masuk ke bagian kendali, output dari shaft encoder akan diinputkan terlebih dahulu ke block rangkaian tiga buah ic updown counter 74LS193, yang akan dialamati dengan menggunakan ic latching 74ls245. sehingga port mikro yang dibutuhkan untuk mendapatkan data dari rangkaian counter ini adalah 8bit, dengan disertai pin control pengalamatan 3 bit. Rangkaian ini bisa dilihat pada Gambar 3.3

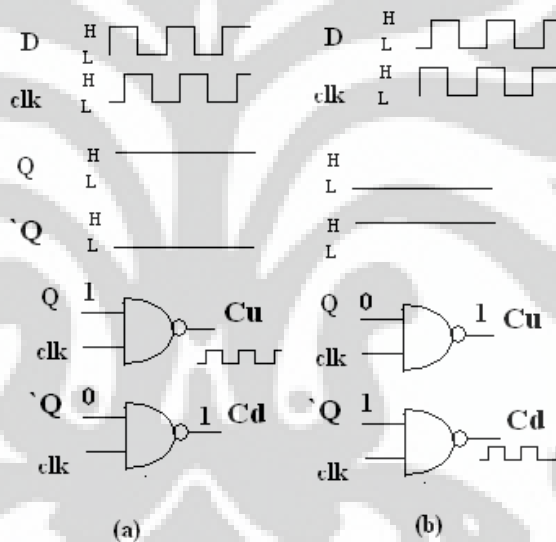


Gambar 3.3 Rangkaian Updown counter



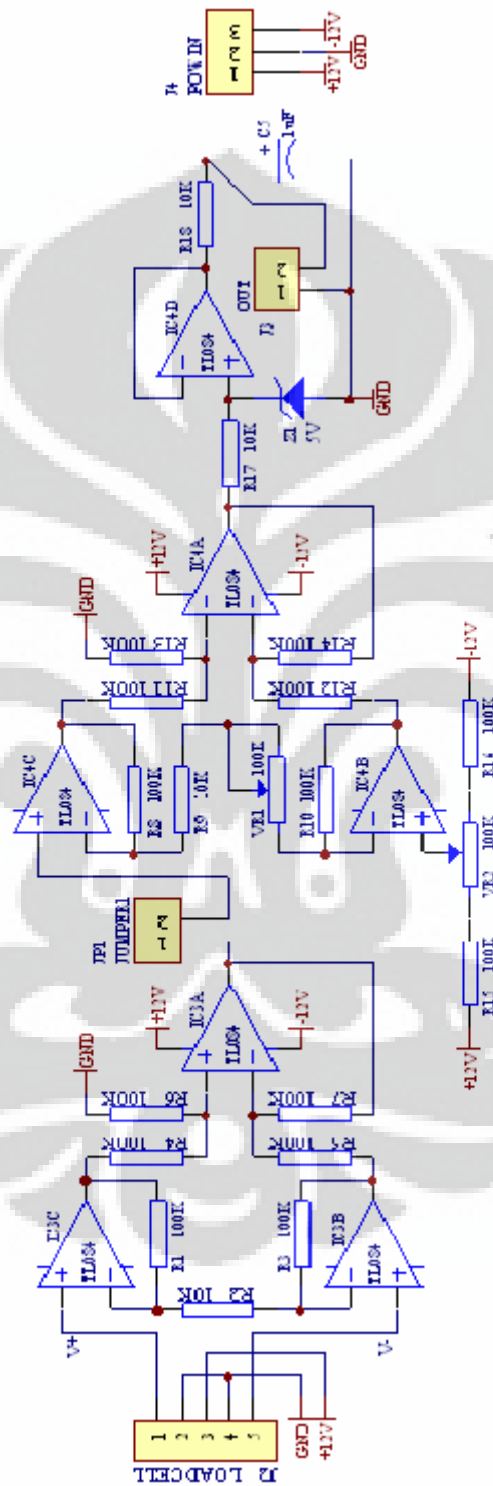
Gambar 3.4 Skematik pra Updowncounter

Supaya rangkaian updown counter bisa bekerja sesuai dengan arah putaran motor, keluaran pulsa dari shaft encoder terlebih dahulu di inputkan ke d flip-flop yang terintegrasi dengan gerbang nand seperti terlihat pada gambar 3.4, untuk ilustrasi dari kerja rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Cara kerja rangkaian *updown counter*, (a) CW, (b) CCW

Tujuan dari pembuatan rangkaian pra updown counter ini adalah menahan kondisi clock up pada posisi high, pada saat perhitungan down counter pada chip 74ls193, dan menahan posisi clock down pada kondisi high pada saat perhitungan up counter pada chip 74ls193, hal ini sesuai dengan karakteristik yang diperoleh pada datasheet 74ls193, Sehingga posisi crosshead bisa diketahui.



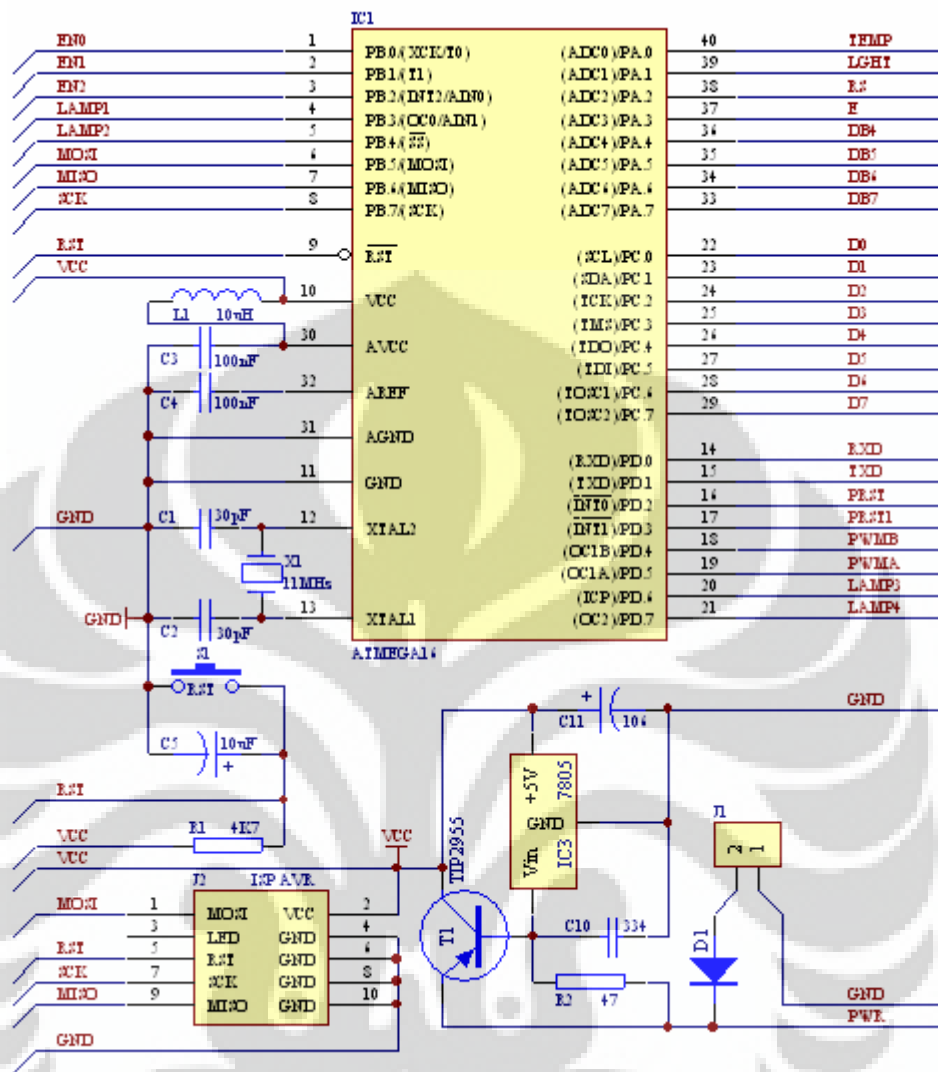
Gambar 3.6, Rangkaian Pengkondisi Signal Loadbell

Untuk Loadcell, keluaran differensial dari sensor ini, di inputkan ke 2 tahap penguatan, penguatan differensial pertama dibuat konstan yaitu 21 kali, hal ini di karenakan keluaran dari sensor sangat kecil yaitu dengan sensitivitas 2 mv untuk tegangan input 1 volt., tahap selanjutnya keluaran dari differensial amplifier ini di inputkan kembali ke rangkaian pengkondisi signal berupa instrumentasi amplifier dengan zero span yang terintegrasi, sehingga kita bisa mengatur penguatan serta dapat mengenolkan untuk kondisi yang diasumsikan sebagai titik acuan sebelum adanya pembebanan pada benda uji, keluaran dari instrumentasi amplifier ini kemudian di filter dan di proteksi dengan diode zener, sebelum diinputkan ke pin adc internal micro controller. Untuk design schematic dari rangkaian pengkondisi signal ini bisa dilihat pada Gambar 3.6

3.2.2 Bagian Kendali

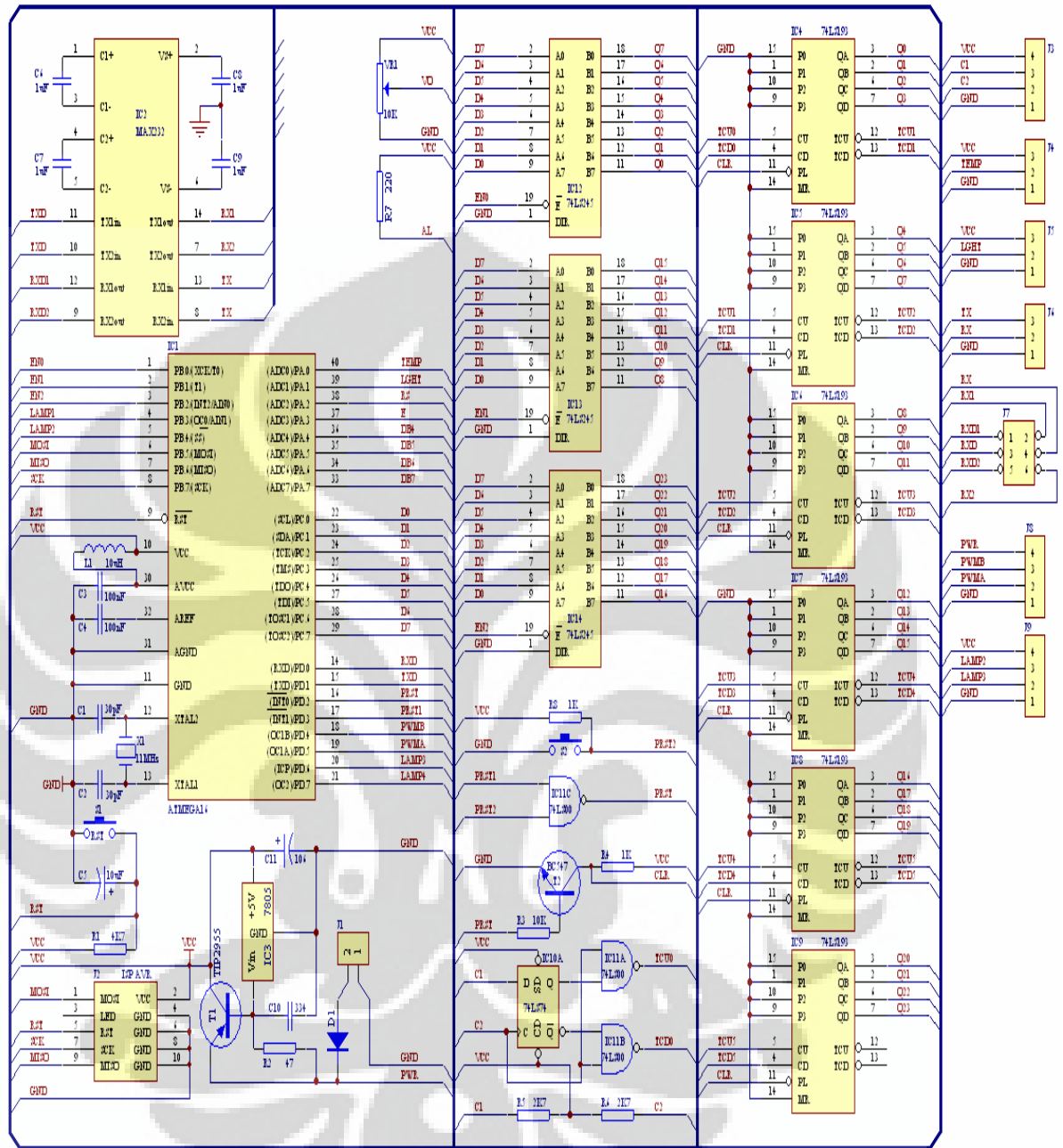
Bagian kendali yang dipakai pada system slave ini adalah chip controller seri avr atmega16, penulis menggunakan chip ini tidak ada alasan special, melainkan hanya kefamiliaran penulis dalam penggunaan mikro controller seri ini. Untuk schematic minimum system microcontroller ini dapat dilihat pada Gambar 3.7

Rangkaian minimum system ini terdiri atas port isp, yang digunakan untuk mengunduh program yang sudah dibuat dengan menggunakan compiler bascom avr atau pun compiler lainnya. Powersupply sebagai tegangan catu daya yang diperlukan oleh microcontroller ini adalah 5 volt, selain itu juga minimum system yang dibuat pada alat uji tarik ini menggunakan crystal yang besarnya 11.059200 Hz, hal ini dengan tujuan untuk mendapatkan baudrate pada saat komunikasi serial dengan error 0%, untuk posisi aref dihubungkan ke capasitor, karena pada saat pemakaian adc untuk loadcell digunakan tegangan referensi internal yang besarnya 2.56 volt.



Gambar 3.7 Rangkaian Minimum System atmega 16

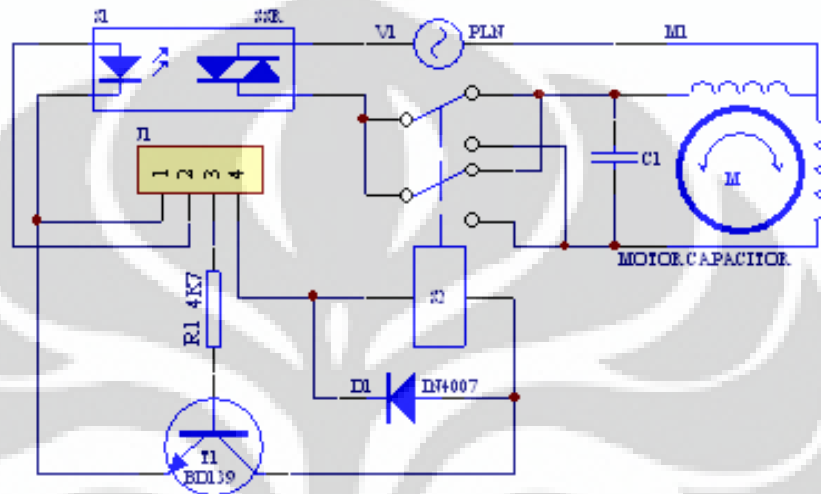
Mikrokontroler disini bekerja sebagai kendali on off relay dan juga membaca data sensor loadcell dan shaft encoder yang bekerja sesuai dengan inputan data serial dari PC, untuk rangkaian keseluruhan dari system kendali ini bisa dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Rangkaian Sistem Kendali

3.2.3 Bagian Output

Motor AC yang memerlukan sumber arus dari tegangan ac ini, di kendalikan dengan menggunakan SSR sebagai onn off, dan menggunakan relay DPDT sebagai saklar arah putaran motor, untuk rangkaiannya bisa dilihat pada Gambar 3.9

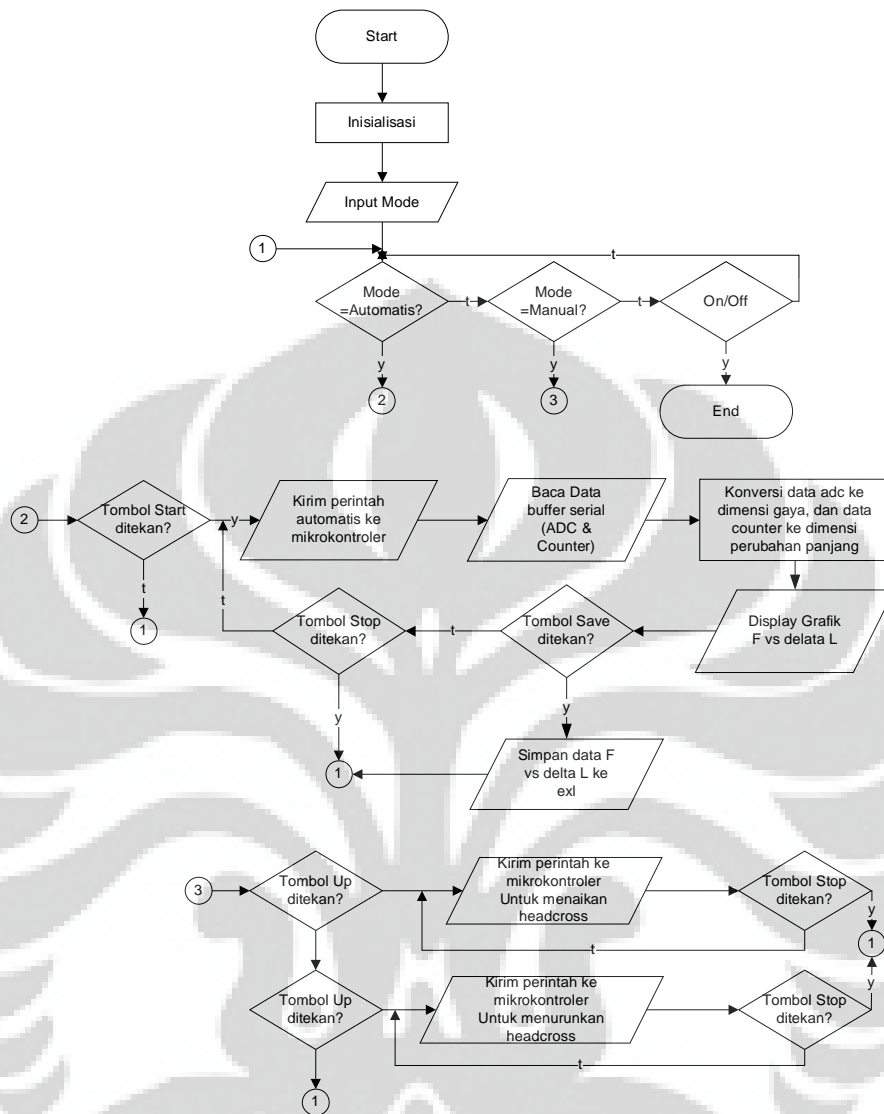


Gambar 3.9 Rangkaian Driver Motor AC

Motor ac yang digunakan sempat mengalami masalah panas saat diuji, sehingga penulis membawanya ke service-motor, sehingga dilakukan perbaikan rangkaian untuk saklar relay yang digunakan.

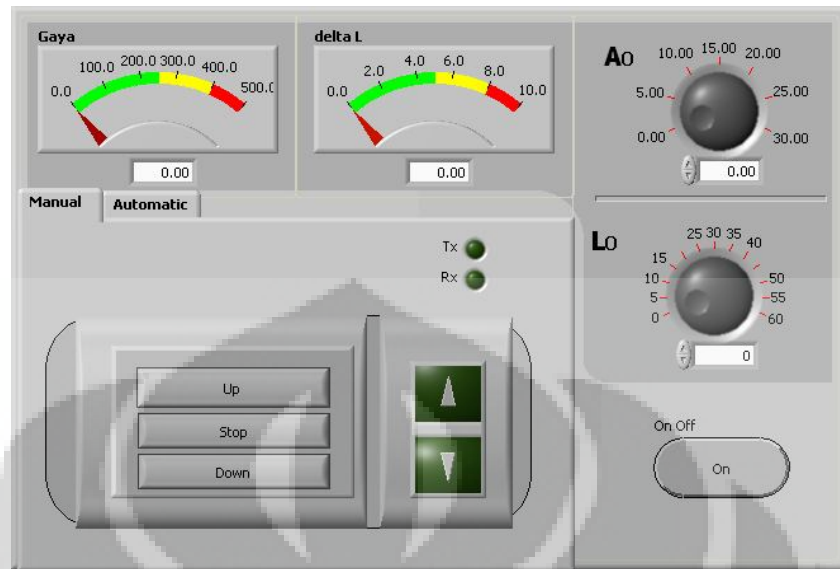
3.3 Perancangan Software

Untuk mempermudah dalam pembuatan program, penulis terlebih dahulu membuat system flowchart, untuk flowchart yang penulis buat dapat dilihat pada Gambar 3.10



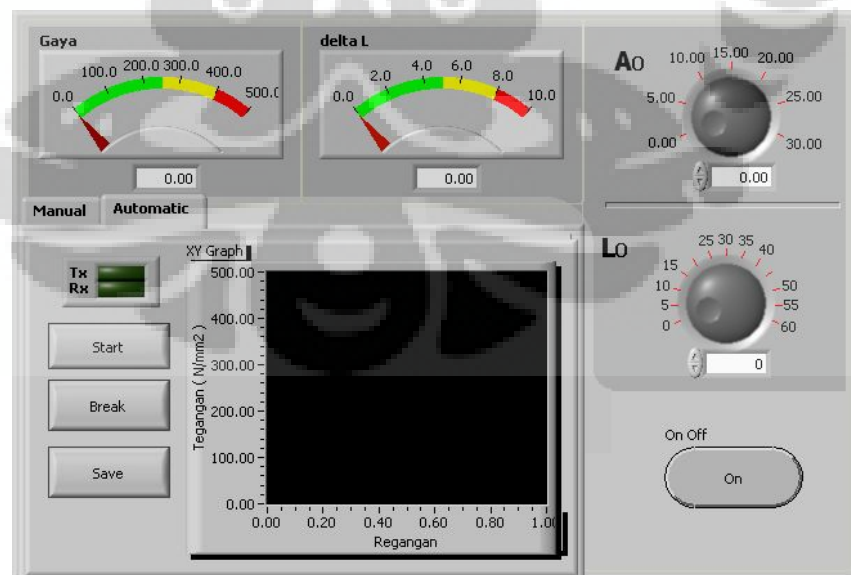
Gambar 3.10, Flowchart Sistem alat uji tarik

Ada dua mode dalam system alat uji tarik yang dibuat oleh penulis, yaitu mode manual dan mode otomatis, untuk mode manual penulis buat untuk menggerakkan bagian cross head, sesuai dengan panjang benda uji yang akan di pakai, sehingga kita bisa mengatur posisi awal cross head. mode manual ini terdiri atas perintah untuk menaikkan dan menurunkan cross head. Design gambar / Display untuk mode manual ini dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Display Labview untuk mode manual

Untuk mode otomatis merupakan proses berlangsungnya pengambilan data uji tarik bahan tersebut, dimana data adc dan data counter akan diminta oleh Labview, dan kemudian dikirimkan ke microcontroller, setelah menerima perintah dari labview, micro controller akan meresponnya sesuai dengan perintah dari labview tersebut, untuk display mode otomatis dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.12 Display Labview untuk mode otomatis

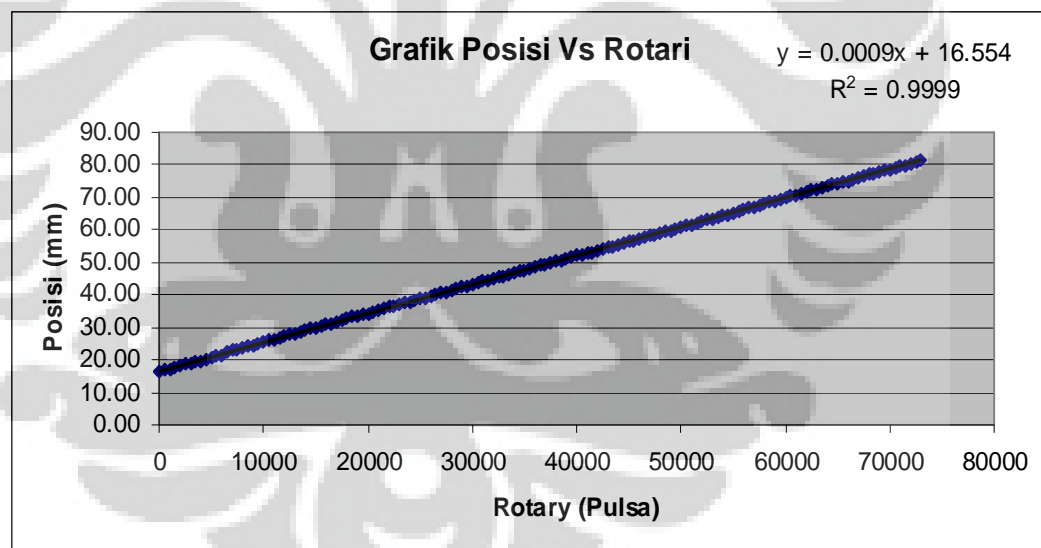
BAB 4

PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHASAN

Setelah keseluruhan system dibuat, kemudian dilakukan pengambilan data dan analisa yang terdiri atas pengambilan data response untuk tiap-tiap sensor yang digunakan dan pengambilan data hasil uji tarik.

4.1 Pengambilan Data Sensor Rotari encoder

Untuk mengetahui nilai perubahan panjang dari pada benda uji diperlukan pengambilan data pulsa yang dihasilkan oleh shaft encoder, pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan jangka sorong yang mempunyai ketelitian 0.05mm, karena yang diperlukan adalah data perubahan panjang bahan, maka untuk titik nolnya di tempatkan didaerah kerja minimal panjang awal bahan uji. Untuk alat uji tarik ini, titik nol yang diambil adalah 16.60 mm dari posisi dibawah bagian base.



Gambar 4.1 Grafik Response Shaft encoder

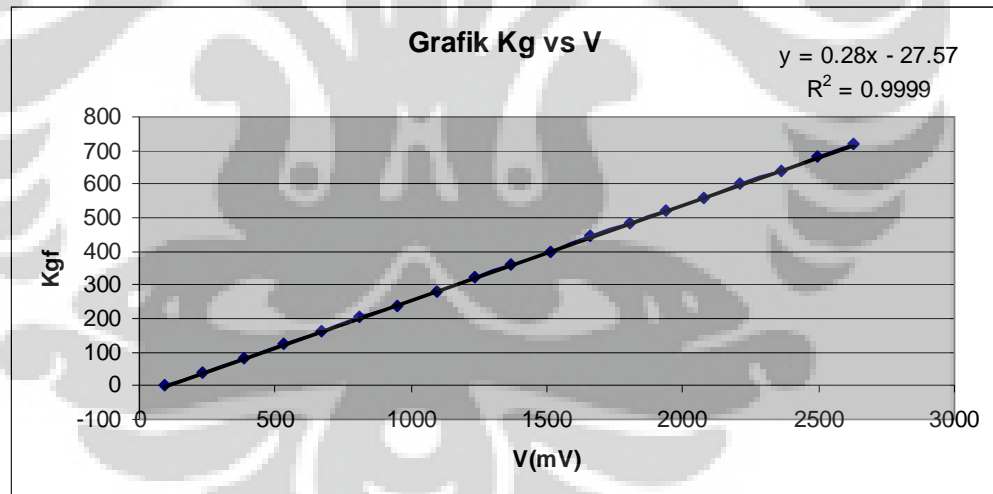
Dari gradien grafik tersebut menunjukkan bahwa untuk setiap perubahan 1 pulsa menghasilkan perubahan posisi 9×10^{-4} mm, karena 1 putaran ass motor adalah 500 pulsa, maka untuk 1 kali putaran motor diperoleh : $500 \times 9 \times 10^{-4} \text{ mm} = 0.45 \text{ mm}$.

Pemasangan shaft encoder ini pada as motor, dimana as motor ini dihubungkan ke gearbox dengan rasio 1:10, hasil putaran gerabox ini dihubungkan ke ulir sebagai tempat kedudukan *cross-head* / bagian yang menarik benda uji, dimana Ulir yang digunakan disini mempunyai jarak 4.00 mm,.

4.2 Pengambilan Data Sensor Loadcell

Untuk mengetahui besarnya gaya yang dibebankan pada benda uji, perlu terlebih dahulu diambil data response dari sensor loadcell. Pengambilan data loadcell ini dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi Universitas Indonesia, yaitu dengan menggunakan mesin uji tarik type EHF-EB20 Shimadzu corporation.

Pengambilan data ini dilakukan dengan memasang 2 buah bauld sepanjang 20cm dengan diameter 16mm, yang dipasang pada ujung-ujung sensor. Kedua ujung Bauld ini kemudian ditarik dan hasilnya di print dalam bentuk kertas milimeter block, dimana 1mm block menunjukkan beban 40 Kg. Hasil data yang diperoleh jika dibentuk dalam grafik adalah sebagai berikut:



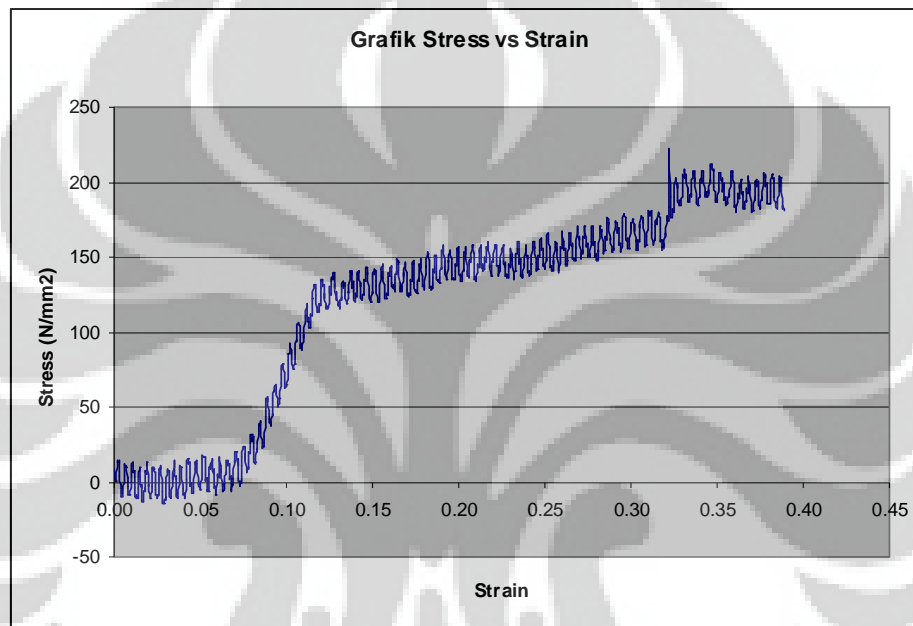
Gambar 4.2 Grafik Pengambilan Data Respon Loadcell

Dari persamaan yang diperoleh pada grafik tersebut terlihat untuk perubahan 1mV keluaran pengkondisi signal diperoleh 0.28 Kg, namun demikian kemampuan terkecil yang bisa dibaca oleh adc pada microcontroller adalah 2.56/1023, yaitu

sekitar 2.50mV, sehingga nilai berat yang bisa dibaca oleh sistem ini kurang lebih 2.50x0.28, yaitu sekitar 0.70Kg.

4.3 Pengambilan Data Uji Tarik Pada Specimen SPCC Type 13B

Pengambilan data ini dengan menggunakan specimen uji yang penulis peroleh dari literatur^[9]. Yaitu standar jis class 3b. Specimen uji ini mempunyai panjang gage 60mm, dengan Luas penampang mula-mula adalah 12.5 x 1.2 mm



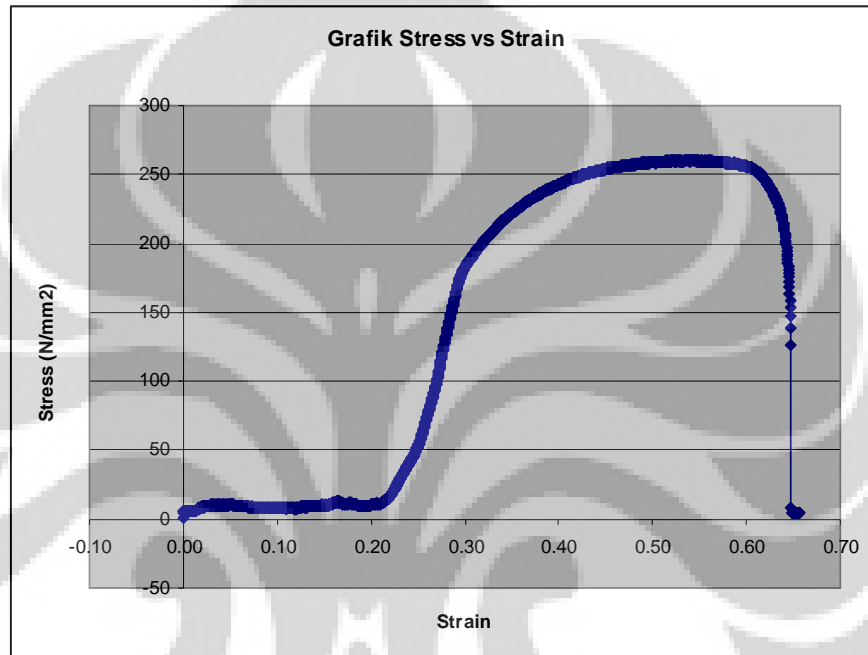
Gambar 4.3 Grafik Tegangan Vs Regangan Specimen SPCC

Pada pengujian ini specimen uji tidak sampai patah, hal ini dikarenakan bagian *crosshead* pada alat uji tarik yang telah dibuat sudah berada pada posisi base bawah, atau sudah pada daerah kerja maksimum.

Grafik lurus yang berada pada nilai tegangan rata-rata sekitar 0 volt, yaitu dari titik nol sampai dengan sekitar 0.075 sumbu X, dikarenakan posisi grip sebagai penjepit benda uji tidak langsung mencengkram, sehingga terjadi pergeseran titik nol pada sumbu x sekitar 0.075.

4.4 Pengambilan Data Uji Tarik Pada Specimen SPCC Revisi

Karena pada pengambilan data 4.3 *specimen* uji tidak sampai patah, penulis membagi *specimen* uji tersebut menjadi dua bagian sehingga bentuk *specimen* uji menjadi tidak standar lagi, *specimen* uji ini mempunyai panjang mula-mula 60mm dan luas penampang mula-mula 21.15mm^2 adapun grafik hasil uji tarik pada *specimen* uji ini bisa dilihat pada Gambar 4.4



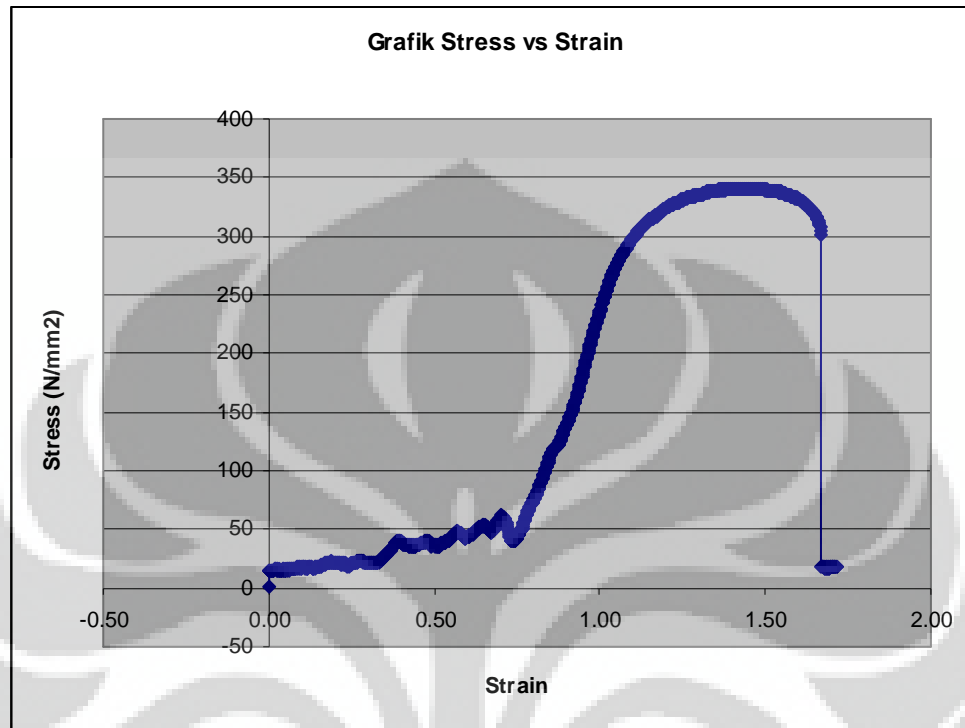
Gambar 4.4 Grafik Uji Tarik Specimen SPCC Revisi

Dari grafik diatas terlihat pergeseran dari titik 0 samapai titik 0.2 pada sumbu x dikarenakan posisi grip saat mencengkeram benda uji belum sempurna. Sehingga diperoleh total *regangan* sekitar $0.65 - 0.20 = 0.45$ atau 45% *elongation*. Untuk nilai tegangan maksimumnya yaitu sekitar 265.4 N/mm^2

4.5 Pengambilan Data Uji Tarik Pada Specimen SPCC Type Custom

Pengambilan data ini dilakukan pada *specimen* uji bentuk standard dengan panjang gauge length disesuaikan dengan luasan *specimen* uji mula-mula (JIS Z 2201), yaitu panjang gauge length sebesar 4 kali nilai akar luasan. Karena luas benda

uji yang digunakan sebesar $1 \times 11 \text{ mm}^2$, diperoleh panjang gauge sekitar 13.27 mm. Untuk grafik uji tarik yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.5

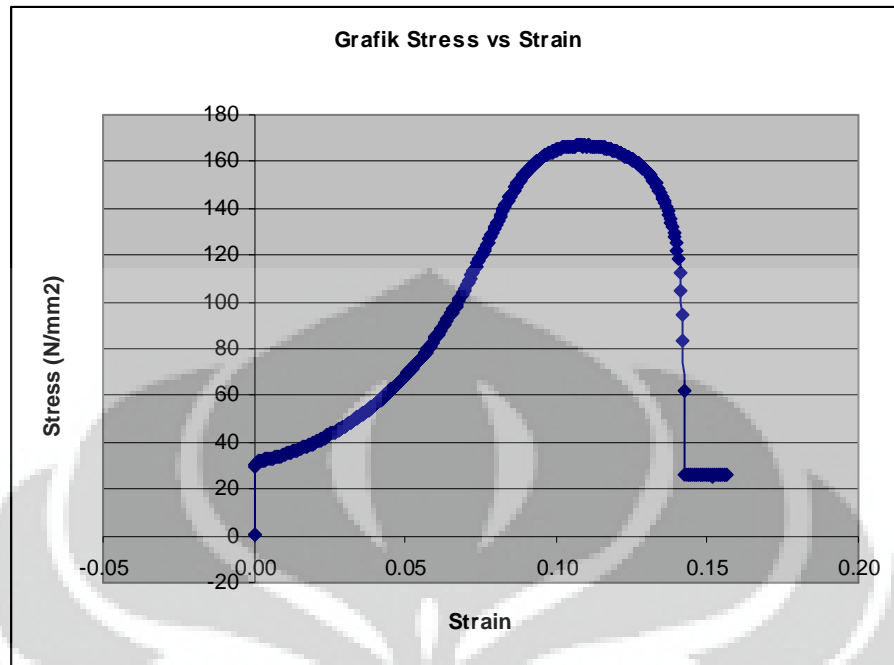


Gambar 4.5 Kurva uji tarik Specimen Uji Custom

Dari grafik di atas diperoleh persentasi elongation sekitar 90% , yaitu dihitung dari grafik pada saat tegangan mulai naik pada regangan sekitar 0.75 sampai specimen uji putus yaitu pada nilai regangan sekitar 1.67.

4.6 Pengambilan Data Uji Tarik Pada Specimen Uji Aluminium1

Pengambilan data ini dilakukan pada bahan uji aluminium batangan dengan panjang awal sekitar 46mm, dan luas penampang mula-mula sekitar 22mm. Hasil yang diperoleh dari uji tarik ini dapat dilihat pada Gambar 4.6

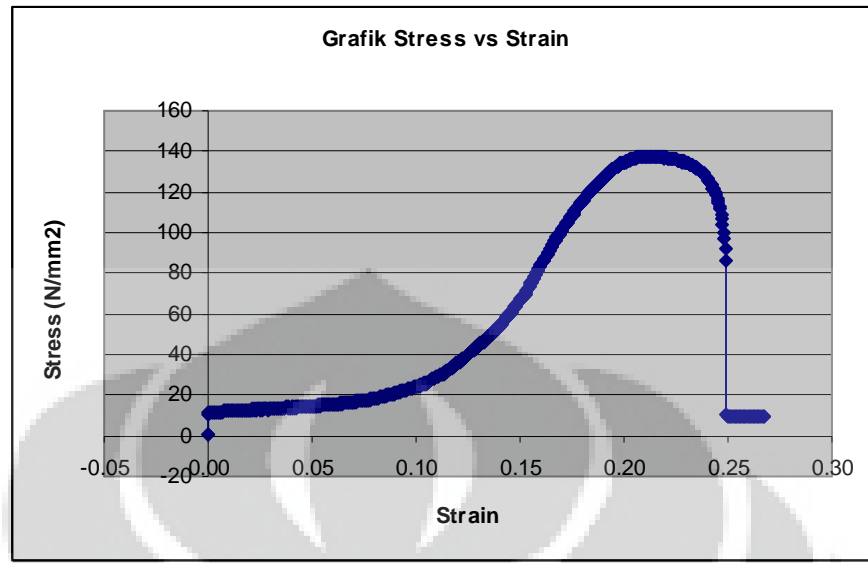


Gambar 4.6 Kurva uji tarik Specimen Uji batangan aluminium1

Dari grafik tersebut terlihat regangan untuk benda uji ini sekitar 0.14 dan nilai tegangan maksimum yang mencapai sekitar 140 N/mm^2 .

4.7 Pengambilan Data Uji Tarik Pada Specimen Uji Aluminium2

Pengambilan data ini dilakukan pada specimen uji dengan bentuk dan ukuran yang sama seperti pada pengambilan data pada percobaan 4.7, hasil grafik uji tarik dapat dilihat pada Gambar 4.7

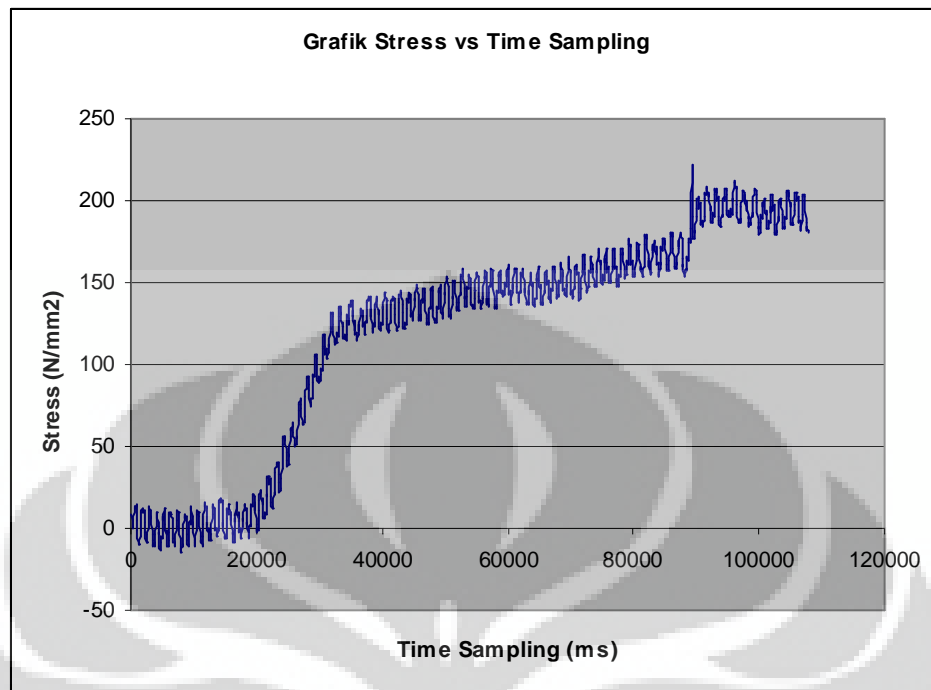


Gambar 4.7 Kurva uji tarik Specimen Uji batangan aluminium2

Dari grafik tersebut diperoleh data yang hampir sama dengan percobaan 4.6, hanya nilai tegangan awal dan pergeseran mula-mula gript saja yang berbeda.

4.8 Data Respon Tegangan dalam *Time-domain* pada Percobaan 4.3

Percobaan ini berdasarkan pada pengambilan data yang sebelumnya telah dikerjakan pada pengambilan data subbab 4.3, yaitu dengan memplot tegangan yang dihasilkan pada waktu tertentu yang diperoleh sesuai dengan *time-sampling*. Adapun grafik yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.8. Percobaan ini dikerjakan sebagai pembuktian bahwa rangkaian filter pasif yang pada rangkaian pengkondisi signal telah bekerja dengan benar.



Gambar 4.8, Grafik Tegangan VS Waktu

Dengan menggunakan bantuan microsoft excel, diperoleh waktu dari puncak ke puncak(periode) sekitar 1300 ms atau 0.76 Hz, nilai frekuensi ini membuktikan bahwa noise yang terjadi pada grafik diatas berada dibawah frekuensi cutt-of dimana Pada desain rangkaian pengkondisi signal loadcell yang menggunakan filter RC dengan nilai kapasitor 1uF dan Resistor 10K, dimana diperoleh frekuensi cutt-off sekitar 15 Hz.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil percobaan pembuatan alat uji tarik ini, selain itu juga akan dibahas beberapa saran yang mudah-mudahan bisa dijadikan pertimbangan kembali dalam pembuatan alat uji tarik di kemudian.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berikut penulis buat berdasarkan pengambilan data yang diperoleh baik berupa data sensor maupun data hasil uji tarik

1. Berdasarkan grafik yang dihasilkan pada pengambilan data di subbab 4.1, skala terkecil perubahan panjang yang bisa dibaca oleh alat uji tarik ini mendekati 9×10^{-4} mm
2. Berdasarkan percobaan 4.2, nilai berat terkecil yang bisa dibaca oleh adc pada alat uji tarik ini adalah 0.70 Kg
3. Nilai Tegangan maksimum untuk alat uji tarik ini yang pernah diuji adalah sampai 350 N/mm^2 , namun demikian untuk spesifikasi sensor loadcell nya sendiri mempunyai gaya maksimum sebesar 1 ton, dan grip sebagai penjepit bahan uji mempunyai kapasitas maksimum sebesar 3 kN.
4. Dari percobaan 4.3 ,Alat uji tarik ini tidak bisa menarik bahan sampai putus untuk bahan uji SPCC type 13b, namun demikian bisa digunakan untuk bahan uji custom dengan nilai gauge length sekitar 13.27mm.
5. Nilai tegangan maksimum untuk benda uji spcc tidak standard dengan panjang mula-mula 60mm dan luas penampang mula-mula 21.15mm adalah sekitar 265 N/mm^2 . sedangkan untuk elongationya diperoleh sekitar 45%.
6. Nilai tegangan maksimum yang diperoleh untuk benda uji tipe *custom* yang mempunyai *gauge length* sekitar 13.27mm dan luas penampang mula-mula sekitar 21.11mm adalah 350 N/mm^2 .

7. untuk aluminium dengan panjang mula-mula 46mm dengan luas penampang mula-mula 22mm diperoleh tegangan maksimum 140N/mm^2 , dan persentasi perubahan panjang sekitar 0.14%.
8. filter pasif dengan frekuensi cutt-off sekitar 15 Hz, pada rangkaian pengkondisi signal bekerja dengan baik, hal ini dibuktikan untuk setiap percobaan diperoleh grafik yang mulus, kecuali untuk percobaan 4.3 yaitu terdapat fluktuasi tegangan dengan frekuensi sekitar 0.76Hz.

5.2 Saran

Berikut ini beberapa saran dari penulis berdasarkan pengalaman penulis selama pembuatan alat uji tarik ini

1. Sebaiknya panjang ulir penggerak dibuat lebih panjang lagi, untuk lebih mudah pemilihan benda uji yang sesuai dengan standar.
2. Untuk rangkaian elektronika / hardware sebaiknya digunakan box, untuk menghindari kerusakan yang diakibatkan dari pengaruh luar.
3. Untuk pengambilan data beban loadcell, lebih baik langsung diambil responya berupa data adc, hal ini untuk pertimbangan dalam pembuatan formula atau fungsi transfer, serta pertimbangan nilai impedensi input adc tersebut
4. Untuk pengambilan data putaran, sebaiknya digunakan jangka sorong yang lebih teliti, sehingga lebih mudah dalam proses pembacaannya pada saat pengambilan data, atau bisa juga dengan menggunakan micrometer skrup.

DAFTAR ACUAN

- Ary Wibowo dan Aloysius Gonsaga.2012.”Jembatan Kukar Runtuh Karena Tehknis Pembangunan”.*Kompas(Jakarta)*, 11 Januari 2011.
- Astranto, Soni..2006.”Sistem Instrumenasi dan Sistem Kontrol”.Jakarta: rlangga
- Guite, John. 2010 . *Motor Feedback Option*. Parker Hannifin Corporation <<http://www.parkermotion.com/dmxreadyv2/blogmanager/blogmanager.asp?post=motor-feedback-options>>. 21 April 2012
- Kusuma Wijaya, Sastra.”Filter Passive in Diktat Elektronika 1”.Fisika FMIPA UI.
- Mcdougale, Archie.2008.Article Incremental encoder.<http://www.pc-control.co.uk/incremental_encoders.htm>, 21 April 2012.
- Ramamrutham, S. and Narayanan, R.2000.“Strength of Material” .Dhanpat Rai Publishing Company.
- Reith, Stefen F.1998.*Navy Electricity and Electronic Training Series* “Introduction to Generators and Motors”. NAVAL EDUCATION AND TRAINING PROFESSIONAL DEVELOPMENT AND TECHNOLOGY CENTER.
- Sastranegara, Azhari. Sept 2009. ”Mengenal Uji Tarik dan Sifat-Sifat Mekanik Logam”.< <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>>
- Siemens Technical Education Program. “Basic Of AC Motors”. National Electrical Manufacturers Ascociation
- Suprpto, Bangun. Mei 2012. “Teori Dasar Loadcell (part2)”. <<http://timbanganstatik.blogspot.com/p/untuk-anda-yang-belum-bembaca-teori.html>>
- Tipler, Paul A.,1998,”Fisika Untuk Sains dan Teknik”.Jakarta: Erlangga.
- William D. and Callister.1940.”Materials science and engineering: an introduction”. Departement of metalurgical engineering: The University of Utah.

LAMPIRAN1

Data Tabel Rotari encoder

No	Rotary	L						
0	0	16.50	49	24500	38.40	98	49000	59.75
1	500	16.85	50	25000	38.95	99	49500	60.25
2	1000	17.30	51	25500	39.20	100	50000	60.70
3	1500	17.75	52	26000	39.70	101	50500	61.15
4	2000	18.25	53	26500	40.05	102	51000	61.65
5	2500	18.75	54	27000	40.60	103	51500	62.05
6	3000	18.95	55	27500	41.00	104	52000	62.55
7	3500	19.50	56	28000	41.45	105	52500	63.00
8	4000	19.65	57	28500	41.90	106	53000	63.45
9	4500	20.10	58	29000	42.35	107	53500	63.90
10	5000	20.60	59	29500	42.80	108	54000	64.35
11	5500	21.06	60	30000	43.25	109	54500	64.75
12	6000	21.40	61	30500	43.65	110	55000	65.25
13	6500	22.20	62	31000	44.10	111	55500	65.75
14	7000	22.85	63	31500	44.65	112	56000	66.25
15	7500	23.25	64	32000	45.15	113	56500	66.65
16	8000	23.80	65	32500	45.55	114	57000	67.05
17	8500	24.15	66	33000	45.85	115	57500	67.55
18	9000	24.60	67	33500	46.35	116	58000	68.00
19	9500	25.00	68	34000	46.80	117	58500	68.50
20	10000	25.50	69	34500	47.25	118	59000	68.90
21	10500	26.00	70	35000	47.70	119	59500	69.40
22	11000	26.35	71	35500	48.15	120	60000	69.90
23	11500	26.90	72	36000	48.65	121	60500	70.30
24	12000	27.40	73	36500	49.05	122	61000	70.75
25	12500	27.75	74	37000	49.45	123	61500	71.20
26	13000	28.25	75	37500	49.95	124	62000	71.60
27	13500	28.55	76	38000	50.25	125	62500	72.10
28	14000	29.00	77	38500	50.70	126	63000	72.65
29	14500	29.55	78	39000	51.10	127	63500	73.10
30	15000	30.00	79	39500	51.55	128	64000	73.50
31	15500	30.50	80	40000	52.05	129	64500	74.00
32	16000	30.95	81	40500	52.25	130	65000	74.45
33	16500	31.30	82	41000	52.70	131	65500	74.65
34	17000	31.90	83	41500	53.15	132	66000	75.10
35	17500	32.25	84	42000	53.65	133	66500	75.55
36	18000	32.75	85	42500	54.10	134	67000	76.00
37	18500	33.15	86	43000	54.60	135	67500	76.45
38	19000	33.60	87	43500	55.00	136	68000	77.00
39	19500	33.95	88	44000	55.55	137	68500	77.45
40	20000	34.20	89	44500	55.95	138	69000	77.90
41	20500	34.80	90	45000	56.35	139	69500	78.20
42	21000	35.25	91	45500	56.80	140	70000	78.65
43	21500	35.70	92	46000	57.30	141	70500	79.05
44	22000	36.20	93	46500	57.75	142	71000	79.45
45	22500	36.65	94	47000	58.20	143	71500	79.90
46	23000	37.00	95	47500	58.65	144	72000	80.30

47	23500	37.50	96	48000	59.10	145	72500	80.80
48	24000	38.00	97	48500	59.55	146	73000	81.25

LAMPIRAN2

Data Tabel Loadcell

Vout(mv)	Berat(Kg)
90	0
232	40
385	80
531	124
669	160
812	204
950	240
1092	280
1237	324
1369	360
1515	400
1660	444
1808	484
1938	520
2079	560
2212	600
2360	640
2496	680
2625	720

LA,MPIRAN3

Program Micro controller

```
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 9600
Const Simulate = 0
Portd.2 = 1
On Int0 , Interrupt_ekst0
Config Int0 = Rising
Enable Int0
On Urxc , Getdata
Enable Urxc
Enable Interrupts
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference =
Internal
Start Adc
Relay & SSR
Config Portd.4 = Output
Config Portd.5 = Output
Ssr Alias Portd.4
Relay Alias Portd.5
Ssr = 0
Relay = 0
Config Portd.3 = Output
Prst1 Alias Portd.3
Config Portc = Input
Config Portb.0 = Output
Config Portb.1 = Output
Config Portb.2 = Output
Encoder_data Alias Pinc
En0 Alias Portb.0
En1 Alias Portb.1
En2 Alias Portb.2
Declare Sub Getdataencoder
Dim Data_pulsa As Long
Dim Pulsa_lo As Byte At Data_pulsa Overlay
Dim Pulsa_mid As Byte At Data_pulsa + 1 Overlay
Dim Pulsa_hi As Byte At Data_pulsa + 2 Overlay
Dim Dataadc As Word
Dim Dataserial As Byte
Dim Command As Byte
Dim Frame_start As Bit
Dim Frame_end As Bit
#If Simulate
    Dim Simulate_adc As Word
    Dim Simulate_pulsa As Long
#endif
Prst1 = 0
Do
    If Frame_end = 1 Then
        Frame_start = 0
        Frame_end = 0
        Select Case Command
            Case "A"
                Prst1 = 1
                Getdataencoder
                #if Simulate
                    Simulate_adc = Simulate_adc + 6
                    Simulate_pulsa = Simulate_adc / 2
                    Print Simulate_adc ; ":" ; Simulate_pulsa ; "#"
                #else
                    Dataadc = Getadc(0)
                    Print Dataadc ; ":" ; Data_pulsa ; "#"
                #endif
            #endif
        End Select
        If Ssr = 0 Then Ssr = 1
    End If
    Case "S"
        Prst1 = 0
    Case "s"
        Ssr = 0
        Print "*S#";
        Prst1 = 0
    Case "U"
        If Ssr = 0 Then
            If Relay = 0 Then
                Relay = 1
                Waitms 1000
            End If
            Ssr = 1
            Prst1 = 1
        End If
        Print "*U#";
    Case "D"
        If Ssr = 0 Then
            If Relay = 1 Then
                Relay = 0
                Waitms 1000
            End If
            Ssr = 1
            Prst1 = 1
        End If
        Print "*D#";
    End Select
End If
Loop
End
Getdata:
Datserial = Waitkey()
If Datserial = "*" Then
    Frame_end = 0
    Frame_start = 1
Elseif Datserial = "#" Then
    Frame_end = 1
Else
    If Frame_start = 1 Then Command = Datserial
End If
Return
Interrupt_ekst0:
    'Print "Reset counter"
    'Getdataencoder
    'Print Data_pulsa
Return
Sub Getdataencoder
    En0 = 1 : En1 = 1 : En2 = 1
    En0 = 0
    Pulsa_lo = Encoder_data
    En0 = 1
    En1 = 0
    Pulsa_mid = Encoder_data
    En1 = 1
    En2 = 0
    Pulsa_hi = Encoder_data
    En2 = 1
End Sub
```

LAMPIRAN 4

Program Labview

