

**RANCANG BANGUN AWAL ALAT UKUR TEKANAN  
(*FORGING*) UNTUK APLIKASI PENGELASAN GESEK**

**(Skripsi)**

**Oleh  
Bagus Muhammad Fauzi**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### RANCANG BANGUN AWAL ALAT UKUR TEKANAN (*FORGING*) UNTUK APLIKASI PENGELOMAN GESEK

Oleh

**BAGUS MUHAMMAD FAUZI**

Pengelasan gesek adalah teknik penyambungan logam yang dilakukan tanpa pencairan terlebih dahulu dimana prosesnya adalah penggabungan menggunakan laju putaran di salah satu material kerja. Dalam penelitian sebelumnya parameter *forging pressure* yang digunakan untuk pengelasan gesek ini tidak memiliki referensi yang pasti terhadap kekuatan sambungan pada pengelasan gesek. Tugas akhir ini adalah untuk rancang bangun awal alat ukur tekanan (*forging*) untuk aplikasi pengelasan gesek. Tahapannya meliputi konseptual desain, proses *embodiment* dan analisis kinerja. Hasil konseptual desain meliputi besi *hollow U*, besi *telescopic* dan besi *telescopic* ulir. Sistem pengukur menggunakan *load cell* 500kg, Arduino Leonardo, *amplifier* HX711, dan *datalogger*. Selanjutnya setelah semua komponen dirakit, kemudian dilakukan kalibrasi *load cell* untuk mengetahui faktor kalibrasi. Tahapan selanjutnya adalah melakukan uji tekanan untuk melihat unjuk kerja dari alat ukur tekanan (*forging*) pengelasan gesek ini.

**Kata kunci:** pengelasan gesek, *load cell*, *amplifier* HX711, Arduino

## **ABSTRACT**

### **INITIAL DESIGN AND FABRICATION FORGING MEASURING INSTRUMENT FOR APPLICATION OF FRICTION WELDING**

**By**

**BAGUS MUHAMMAD FAUZI**

Friction welding is a metal joining which is done without melting beforehand where the process is to combine using the rotation rate in one of the work materials. In previous studies the forging pressure parameters used for friction welding did not have a definite reference to the strength of the joint in friction welding. This last project is to design the initial design and fabrication forging measuring instrument for application of friction welding. The steps include conceptual of design, embodiment process, and performance analysis. The conceptual design result include hollow iron U shape, telescopic iron, and telescopic iron with screw. The measuring system uses a 500kg load cell, Arduino Leonardo, HX711 amplifier, and datalogger. Furthermore, after all components are assembled, then the load cell calibration is performed to determine the calibration factor. The next stage is to do a pressure test to see the performance of the performance of forging measuring instrument of friction welding.

**Key word:** Friction Welding, Load Cell, Amplifier HX711, Arduino

**RANCANG BANGUN AWAL ALAT UKUR TEKANAN  
(FORGING) UNTUK APLIKASI PENGELASAN GESEK**

Oleh  
**Bagus Muhammad Fauzi**

**Skripsi**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN AWAL ALAT  
PENGUKUR TEKANAN (*FORGING*)  
UNTUK APLIKASI PENGELASAN  
GESEK**

Nama Mahasiswa : **Bagus Muhammad Fauzi**


Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021020

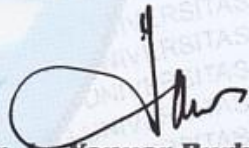
Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

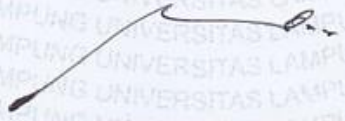
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
**Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T.**  
NIP 19700812 200112 1 001

  
**Dr. H. Yanuar Burhanuddin, M.T.**  
NIP 19640506 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
**Ahmad Su'udi, S.T., M.T.**  
NIP 19740816 200012 1 001



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua Penguji : Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T.**



**Anggota Penguji : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



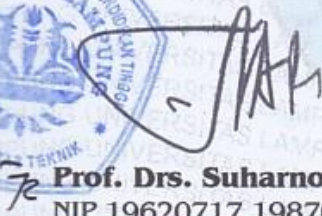
**Penguji Utama : Dr. Sugiyanto, M.T.**



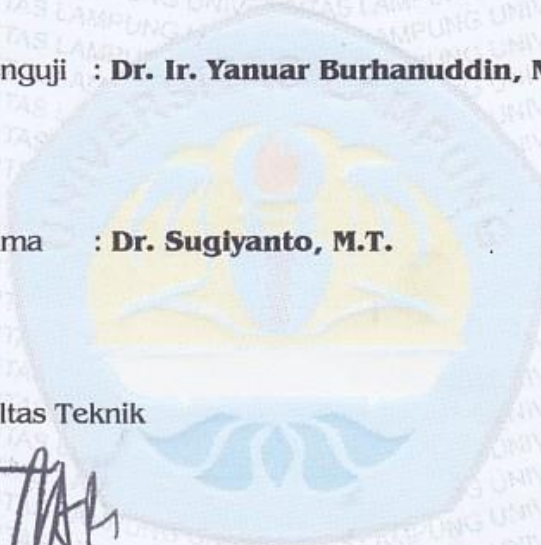
**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

**NIP 19620717 198703 1 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 1 Agustus 2019**



**PERNYATAAN PENULIS**

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN  
HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27  
PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT  
KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



**BAGUS MUHAMMAD FAUZI**  
NPM : 1215021020

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada 17 Oktober 1994 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, putra dari Bapak Sutomo dan Ibu Eni Yuharmani.

Penulis menempuh pendidikan kanak-kanak di TK Free-Methodist Indonesia 2 Medan, Sumatera Utara. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Free-Methodist Indonesia 2 Medan, Sumatera Utara tahun 2000-2006.

Penulis sempat melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Medan, Sumatera Utara tahun 2006-2007 sebelum akhirnya pindah ke SMP Negeri 128 Halim Perdanakusuma, Jakarta tahun 2007-2009. Penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 113 Jakarta tahun 2009-2012. Tahun 2012 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT) Universitas Lampung (UNILA) melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis dan melaksanakan kuliah di perguruan tinggi hingga meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa Jurusan teknik Mesin FT UNILA, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin ( HIMATEM) sebagai anggota muda baru 2012 – 2013, anggota bidang Litbang 2013 – 2014. Penulis juga aktif dalam organisasi Klub Selam Anemon sebagai anggota pada tahun 2014 - 2015, dan anggota bidang Diklat pada tahun 2015 - 2016. Pada awal tahun 2016, melaksanakan Kerja Praktek di PT. GUNUNG MADU PLANTATION Gunung Batin, Lampung Tengah dengan judul laporan “ Perhitungan Efisiensi pada *Boiler Yoshimine* H-3500 Dengan Metode Tidak Langsung” di Gunung Batin, Lampung Tengah. Pada pertengahan tahun 2017, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di desa Kedaloman, Kecamatan Gunung Alip, Kabupaten Tanggamus. Sejak Januari 2018 penulis melakukan penelitian “**RANCANG BANGUN AWAL ALAT PENGUKUR TEKANAN (*FORGING*) UNTUK APLIKASI PENGELASAN GESEK**” dibawah bimbingan Bapak Irza Sukmana, S.T., M.T., PhD. Selaku pembimbing utama dan Bapak DR. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. sebagai pembimbing pendamping.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## PERSEMBAHAN

*Atas Rahmat Allah Subhanahu wa Ta'ala  
Kupersembahkan Karya Sederhanaku ini  
Kepada ayah dan ibuku tercinta, kakakku tercinta, guru-guruku  
Yang kuhormati dan teman-temanku seperjuangan*

*Surga itu diliputi perkara-perkara yang dibenci (oleh jiwa) dan neraka  
itu diliputi perkara-perkara yang disukai syahwat*

*(HR. Muslim)*

*Katakanlah: Cukuplah Allah menjadi saksi antaraku dan antaramu.  
Dia mengetahui apa yang di langit dan di bumi.*

*(Q.S Al-Ankabut:52)*

*Mungkin sekarang kita mencoba membuat kenangan sebanyak-  
banyaknya. Karna kita tahu, suatu hari nanti kita pasti tidak akan  
bisa bersama lagi.*

*(anonymous)*

*Speed has never killed anyone. Suddenly becoming stationary, that's  
what gets you...*

*(Jeremy Clarkson)*

*A little work a lotta play*

*(Bagus Muhammad Fauzi)*

*Sebuah pelajaran bahwa kekalahan itu ada, semua akan menjadi  
pengalaman yang sangat berharga*

*(Anonymous)*

*Aku ingin menunjukkan pada dunia kalau ranking bukanlah  
segalanya*

*(anonymous)*

## SANWACANA

### *Assalamu'alaykum Warahmatullahi Wabarakaatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang senantiasa mencurahkan nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai. Shalawat beriring salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu 'alaihi wassalam, serta keluarga, sahabat dan pengikutnya yang istiqomah sampai akhir zaman

Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tuaku tercinta, terima kasih atas dedikasinya dan dukungan moril maupun materil serta mendoakanku agar selalu dalam lindungan Allah Subhanahu wa Ta'ala.
2. Bapak Ahmad Suudi, S.T.,M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin UNILA.
3. Bapak D.r. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T.,M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik dari penulis yang telah memberikan masukan-masukan untuk penulis.

4. Bapak D.r. Irza Sukmana., S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama tugas akhir bagi penulis yang telah banyak memberikan masukan-masukan dan waktu hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak D.r.,Ir Yanuar Burhanuddin., M.T selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir bagi penulis yang telah banyak memberikan waktu, ide, dan ilmu dan semua perhatian yang diberikan hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak D.r. Sugiyanto, M.T. selaku dosen pembahas yang memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
7. Kakakku tercinta, Ikhlima terima kasih atas motivasi dan tawa selama ini. Semoga sehat selalu dan tetap semangat.
8. Rekan-rekan yang telah membantu untuk keberlangsungan tugas akhir ini Reza, Deo, Angger, Arsi, Amrizal, Herdi, Defri, Arya, Tyo, Wakhid. Terima kasih atas saran dan bantuan yang telah kalian berikan selama ini.
9. Rekan-rekan Jurusan Teknik Mesin khususnya angkatan 2012 yang telah memberikan dukungan dan semangatnya.
10. Teman- temanku Anemon Diving Club angkatan 17 Anam, Fakhri, Novita, Risma, Atiya, Aji, Gita, terima kasih atas kebersamaan kita dan dukungannya.
11. Teman-teman kosan Eko, Ivan, Willy, Bastian, Novan, Rahman, bang Imam, terima kasih atas motivasi kalian.
12. Teman-teman kelompok KKN Kedaloman Nandika, Hafid, Ghina, Putri. Terima kasih atas support kalian.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini, tidak luput dari kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis secara pribadi mohon maaf atas kekurangan dan kekhilafan tersebut. Semoga segala kritik dan saran yang penulis terima dapat memperbaiki diri penulis sendiri dikemudian hari. Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri, maupun kemajuan Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung dan pembacanya.

***Wassalamu'alaykum Warahmatullahi Wabarakaatuh***

Bandar Lampung, 5 Agustus 2019

Penulis

Bagus Muhammad Fauzi



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Pengelasan .....	6
2.1.1 <i>Fusion Welding</i> .....	6
2.1.2 <i>Solid State Welding / Non Fusion Welding</i> .....	10
2.2 Magnesium .....	12
2.3 Strain Gage .....	13
2.4. <i>Load Cell</i> .....	16
2.5. Mikrokontroler .....	17
2.5.1. Mikrokontroler Atmega32 .....	18
2.5.2. <i>Serial Peripheral Interface (SPI)</i> .....	19
2.5.3. <i>Multi Media Card (MMC)</i> .....	20
2.5.4. Modul Amplifier HX711 .....	21
2.5.5. Arduino .....	21
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	24
3.3 Desain Penelitian .....	26
3.3.1 Konseptual Desain .....	26
3.3.2. <i>Proses Embodiment</i> .....	27
3.3.3. Analisis Kinerja.....	27
3.4 Alat dan bahan pembuatan alat <i>friction welding</i> .....	29
3.4.1 Alat.....	29

3.4.2	Bahan.....	30
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1.	Pemilihan Konsep Desain Alat Pengukur Tekanan ( <i>Forging</i> ).....	32
4.1.1.	Evaluasi Konsep .....	32
4.1.2.	Pemilihan Konsep Solusi .....	33
4.1.3	Pewujudan ( <i>Embodiment</i> ) Konsep Desain .....	38
4.1.4.	Perencanaan Komponen Utama.....	39
4.1.5	Proses Pembuatan dan Perakitan Komponen.....	45
4.2	Proses <i>Embodiment</i> .....	47
4.3	Analisis Kinerja .....	59
4.3.1	Sisi Positif.....	60
4.3.2	Sisi Negatif .....	61
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>65</b>
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Pengelasan Gesek .....	12
Gambar 2. Strain Gage .....	14
Gambar 3. Rangkaian Jembatan Wheatstone .....	14
Gambar 4. Load Cell .....	16
Gambar 5. Tipe Load Cell Berdasarkan Bentuk .....	17
Gambar 6. ATmega32 dan Diagram ATmega32 .....	19
Gambar 7. Blok Diagram Antarmuka SPI Single Master Single Slave .....	20
Gambar 8. Multi Media Card .....	20
Gambar 9. Modul HX711 .....	21
Gambar 10. Arduino Leonardo R3 .....	22
Gambar 11 Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 12. Mesin Bubut Laboratorium Teknik Mesin .....	28
Gambar 13. Konsep rancangan alat ukur tekanan (forging) 2 dimensi .....	28
Gambar 14. Konsep alat ukur tekanan (forging) 3 dimensi .....	28
Gambar 15. Konsep 1 Alat Pengukur Tekanan(Forging) .....	34
Gambar 16. Konsep 2 Alat Pengukur Tekanan(Forging) .....	35
Gambar 17. Konsep 3 Alat Pengukur Tekanan(Forging) .....	36
Gambar 18. Detail Konsep Desain 3 .....	38
Gambar 19. Pengembangan Konsep 3 dalam bentuk 3D .....	39
Gambar 20. Besi Hollow U .....	40
Gambar 21. Dimensi Besi Hollow U .....	41
Gambar 22. Besi Telescopic Ulir .....	42
Gambar 23. Besi Telescopic .....	42
Gambar 24. Load Cell dan Sistem Arduino .....	43
Gambar 25. Skema Diagram antar muka Arduino dan Load Cell .....	47
Gambar 26. Grafik nilai kalibrasi alat ukur tekanan (forging) .....	51
Gambar 27. Perbedaan Bentuk Konstruksi Load Cell kiri dan kanan .....	52
Gambar 28. Skema Proses pengujian load cell dengan menggunakan kayu .....	54
Gambar 29. Grafik Pengujian Load Cell Dengan Kayu. ....	56
Gambar 30. Grafik Pengujian Load Cell Dengan Magnesium AZ31B .....	58
Gambar 31. Skema Pengujian Load Cell dengan Magnesium AZ31B .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	23
Tabel 2.Matrik Keputusan metode konsep screening. ....	37
Tabel 3. Spesifikasi Load Cell .....	44
Tabel 4. Spesifikasi Arduino Leonardo R3.....	45
Tabel 5. Spesifikasi HX711 .....	45
Tabel 6. Nilai Kalibrasi Alat Ukur Tekanan (Forging) Pengelasan Gesek.....	50
Tabel 7. Hasil pengujian tekanan dengan menggunakan Kayu .....	55
Tabel 8. Hasil pengujian tekanan dengan menggunakan Magnesium AZ31.....	57
Tabel 9. Analisis kinerja alat tekanan (forging) pengelasan gesek.....	63

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini pemikiran manusia terhadap teknologi sudah semakin luas. Di bidang penyambungan logam misalnya berbagai metode telah dikembangkan untuk menyempurnakan proses penyambungan logam, yakni pengelasan. Teknik penyambungan dengan pengelasan telah diaplikasikan secara luas, seperti pada konstruksi bangunan baja, konstruksi mesin dan konstruksi dalam bidang kesehatan. Luasnya penggunaan teknologi pengelasan dikarenakan dalam proses pembuatan suatu konstruksi akan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana, sehingga biaya produksi menjadi lebih mudah dan lebih efisien. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu pesat menuntut berkembangnya sumber daya manusia. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan proses dan penentuan parameter proses untuk menghasilkan efisiensi yang lebih baik (Saripuddin, 2013).

*Friction Welding (FW)* merupakan sebuah metode pengelasan yang telah ditemukan dan dikembangkan seorang ahli mesin dari Uni Sovyet, AL Chudikov pada tahun 1950. Ia mengemukakan hasil pengamatannya tentang teori tenaga mekanik dapat diubah menjadi energi panas. Gesekan yang terjadi pada bagian-bagian mesin yang bergerak menimbulkan



banyak kerugian karena sebagian tenaga mekanik yang dihasilkan berubah menjadi panas. Chudikov berpendapat, proses demikian mestinya bisa dipakai pada proses pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda yang dilas tidak hanya diputar, tetapi juga ditekan satu terhadap yang lain. Tekanan juga berfungsi mempercepat fusi. Cara ini disebut *Friction Welding* atau las gesek (Haryanto, 2011). Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (Ardianto, 2015).

Mekanisme gaya tekanan yang dilakukan seperti proses pembuatan lubang dengan mesin bubut, mata bor ditempatkan pada *tail-stock*. Rekayasa *tail-stock* yang dilakukan dengan menempatkan *pulley* dan batang pendukung pembebanan. Pengukuran tekanan dilakukan dengan mengkonversi bandul beban ke tekanan. Korelasi beban dan tekanan berdasarkan perhitungan konstruksi dari *tail-stock*, yang terdiri dari ulir dan *pulley*. Hubungan beban luar dengan tekanan gesek (*pressure friction*) dapat ditunjukkan dengan pendekatan uraian gaya dan momen pada mekanisme *screw jack*. (Gupta, 2005).

Dalam penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nasution (Nasution, 2014), pengelasan gesek dengan material besi – *stainless steel* dimana menggunakan parameter *forging pressure*. Namun *forging pressure* yang digunakan belum mempunyai referensi yang akurat tentang pengaruh kekuatan sambungan pada pengelasan gesek. Lalu melalui

penelitian yang dilakukan oleh Solihin (Solihin, 2016) proses pengelasan gesek yang dilakukan tidak menggunakan parameter tekanan (*forging*) melainkan dengan parameter waktu kontak dan kecepatan putar, sehingga besar kemungkinan kualitas sambungan dari pengelasan gesek dipengaruhi oleh tekanan selama proses pengelasan.

Meninjau dari penelitian yang telah dilakukan oleh Nasution dan Solihin diatas, maka solusi yang dipilih adalah melakukan rancang bangun awal alat pengukur tekanan (*forging*) untuk aplikasi pengelasan gesek. Rancang bangun alat ini menggunakan *Computer Aided Design* (CAD) dengan menambahkan peranti ukur *load cell*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan nilai tekanan pengelasan gesek dapat di ketahui.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk rancang bangun pengelasan gesek untuk mengetahui tekanan terhadap kualitas sambungan las dengan menggunakan metode *friction welding*.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar pembahasan dari hasil yang didapatkan lebih terarah. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada mesin bubut dengan material magnesium AZ31.

2. Pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan parameter pemesinan yang dapat dilakukan pada mesin bubut.
3. Benda yang diuji berupa magnesium dan kayu sebagai perbandingan material lunak dan material keras.

#### **1.4 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

Bab I adalah Pendahuluan yang berisi uraian latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II adalah Tinjauan Pustaka yang berisi uraian pengelasan, pengelasan gesek (*friction welding*), *strain gage*, *load cell*, dan mikrokontroler.

Bab III adalah metodologi yang berisi uraian waktu dan tempat penelitian, diagram alir, desain penelitian, alat dan bahan pembuatan alat ukur tekanan (*forging*) untuk aplikasi pengelasan gesek.

Bab IV adalah hasil dan analisa yang berisi uraian pemilihan konsep desain alat pengukur tekanan (*forging*), proses *embodiment*, dan analisis kinerja.

Bab V adalah simpulan dan saran yang berisikan uraian kesimpulan dari hasil dan pembahasan sekaligus memberikan saran yang dapat menyempurnakan penelitian ini.

Daftar Pustaka adalah berisikan literatur-literatur atau referensi yang diperoleh penulis untuk mendukung penyusunan laporan penelitian ini.

Lampiran berisikan beberapa hal yang mendukung penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengelasan

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses pemesinan. Pengelasan merupakan salah satu teknik dalam penyambungan logam dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan sehingga menghasilkan sebuah ikatan sambungan. Sedangkan definisi menurut *Deutsche Industrie and Normen (DIN)*, las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan *melting* atau cair (Wiryosumarto, 1996).

Dalam proses pengelasan diperlukan panas untuk dapat meleburkan atau mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau peleburan. Energi pembangkit panas dapat dibedakan menurut sumbernya yaitu listrik, kimiawi, mekanis, dan bahan semikonduktor. Berikut ini adalah jenis-jenis pengelasan.

#### 2.1.1 *Fusion Welding*

*Fusion Welding* adalah pengelasan dengan menggunakan nyala api untuk pencairan logam induk atau logam pengisi. Berikut ini adalah jenis-jenis pengelasan dengan menggunakan nyala api:



### **2.1.2.1 Las Busur Listrik**

Las busur listrik adalah las yang menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas utama untuk mencairkan logam. Kelompok las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus.

### **2.1.2.2 Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)**

Las Oksi Asetilen adalah proses pengelasan yang memanfaatkan panas yang bersumber dari campuran gas oksigen dengan gas asetilen. Suhu nyalanya yang dihasilkan dapat mencapai 3500 °C. Proses pengelasan ini dapat dilakukan dengan atau tanpa logam pengisi. Oksigen yang digunakan berasal dari proses hidrolisa atau pencairan udara. Oksigen disimpan dalam silinder baja pada tekanan 14 MPa.

Pada nyala gas asetilen diperoleh tiga jenis nyala, yaitu:

1. Netral
2. Reduksi
3. Oksidasi

### **2.1.2.3 Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)**

Menurut Prasetyo (Prasetyo, 2014), pengelasan dengan proses GTAW, panas dihasilkan dari busur yang terbentuk

dalam perlindungan inert gas (gas mulia) antara elektroda tidak terumpan dengan benda kerja. GTAW mencairkan daerah benda kerja di bawah busur tanpa elektroda tungsten itu sendiri ikut meleleh.

#### **2.1.2.4 Las Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)**

Dalam prosers pengelasan GMAW, panas yang dihasilkan berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam terumpan (*filler*) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga metal inert gas (MIG) welding karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair.

#### **2.1.2.5 Las Busur Electroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)**

Las SMAW atau pengelasan busur listrik logam terlindung merupakan salah satu jenis teknik pengelasan yang paling sederhana dan paling canggih untuk pengelasan baja struktural.

#### **2.1.2.6 Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)**

Las SAW adalah salah satu jenis teknik pengelasan busur listrik yang prinsip kerjanya memanaskan dan mencairkan benda kerja dan logam pengisi atau elektroda oleh busur

listrik yang ada diantara logam induk dan elektroda. Dalam pengelasan ini, fluks digunakan untuk melindungi elektroda yang mencair pada saat proses pengelasan sehingga tidak terkontaminasi dengan udara luar dan menghasilkan lasan yang baik. Untuk filler metal yang digunakan akan dipasok secara otomatis selama proses pengelasan berlangsung. Bahan elektroda yang digunakan dalam las SAW terbuat dari bahan metal solid.

#### **2.1.2.7 Las Terak Listrik (*Electroslag Welding*)**

Las terak listrik adalah proses pengelasan yang memanfaatkan energi panas untuk melelehkan logam dasar dan logam pengisi yang berasal dari terak. Terak berfungsi sebagai tahanan listrik ( $I^2Rt$ ) ketika terak tersebut dialiri oleh arus listrik. Pada saat awal proses pengelasan, fluks dipanaskan oleh busur listrik yang mengenai dasar material yang akan disambungkan, lalu logam las terbentuk secara vertikal akibat hasil dari campuran antara bagian sisi logam induk dengan logam pengisi. Proses bercampurnya sisi logam dengan logam pengisi berlangsung di sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh plat yang didinginkan oleh air.

## 2.1.2 *Solid State Welding / Non Fusion Welding*

*Non fusion welding* adalah jenis pengelasan dimana metode penyambungan yang tidak menggunakan nyala api atau logam pengisi. Ada 2 jenis pengelasan non fusion welding yakni *friction welding* dan *friction stir welding*

### 2.1.2.1 Pengelasan Gesek Puntir (*Friction Stir Welding*)

Menurut Rahayu (Rahayu, 2012) *friction stir welding* (FSW) adalah salah satu teknologi pengelasan yang merupakan proses *solid-state joining* yang bisa digunakan untuk menyambungkan material yang berbeda, karakter awal *base metal* bisa dipertahankan dan juga tidak memerlukan bahan tambah (*filler*). Distorsi dari hasil proses FSW sangat rendah dikarenakan prosesnya dalam keadaan padat sehingga defleksi setelah pengeasan bisa diminimalisir dengan kekuatan sebanding dengan proses pengelasan lain dan juga dapat diaplikasikan pada material-material yang sulit dilas bila menggunakan metode konvensional atau teknik penyambungan lain seperti soldr atau rivet.

### 2.1.2.2 Pengelasan Gesek (*Friction Welding*)

Las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan metode pengelasan cair. Pada pengelasan gesek (*friction welding*) proses penyambungan logam dilakukan tanpa pencairan

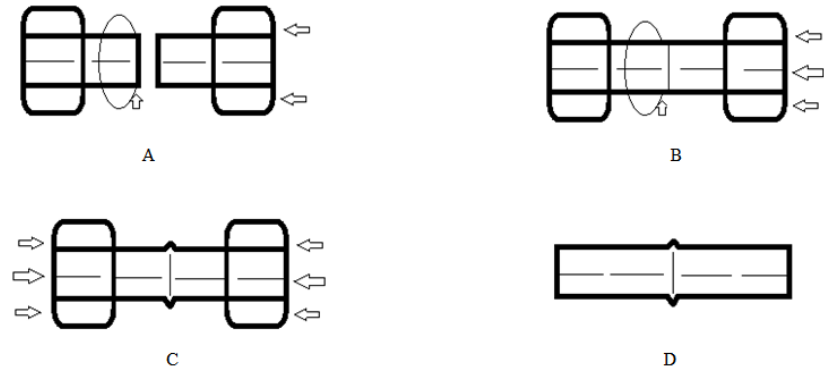
terlebih dahulu. Dimana proses pengelasan tersebut terjadi akibat penggabungan antara laju putaran salah satu benda kerja yang berputar. Gesekan putaran dari salah satu benda kerja tersebut akan menghasilkan panas yang dapat meluluhkan kedua ujung benda kerja yang bergesekan dan akhirnya terjadi proses penyambungan (Ardianto, 2015).

Pada pengelasan gesek (*friction welding*) terjadi beberapa perubahan seperti perubahan panas akibat gesekan deformasiplastis dan sebagainya. Adapun parameter penting dalam proses pengelasan gesek (*friction welding*) meliputi *friction time, rotational speed, dan friction pressure*. Parameter-parameter tersebut akan mempengaruhi sifat mekanik hasil sambungan las gesek, salah satu sifat mekanik yang penting dalam penguannya terutama pada hasil sambungan las gesek adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik sambungan las perlu diketahui karena perlunya gambaran bagaimana perubahan bahan apabila mengalami beban (Gama, 2013).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nasution (Nasution, 2014) melakukan pengelasan gesek dengan besi – *stainless steel* yang mana menggunakan *forging pressure*. Namun *forging pressure* yang diberikan tidak memiliki referensi yang pasti dan pengaruh tekanan terhadap



kekuatan sambungan pada pengelasan gesek masih belum pasti.



Gambar 1. Proses Pengelasan Gesek

## 2.2 Magnesium

Magnesium merupakan salah satu unsur kimia dengan simbol Mg dan nomor atom 12. Bilangan oksidasi umumnya adalah +2, dan memiliki massa atom 24,31. Magnesium memiliki densitas atau rapat massa sebesar  $1.738 \text{ g.cm}^{-3}$ , titik lebur sekitar  $923 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $650 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1202 \text{ }^\circ\text{F}$ ), titik didih  $1363 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $1090 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1994 \text{ }^\circ\text{F}$ ). Pada magnesium murni kekuatan tarik yang dimiliki sebesar  $110 \text{ N/mm}^2$  dalam bentuk hasil pengecoran (casting). Magnesium murni mempunyai ciri fisik berwarna putih keperakan (Setiawan, 2014).

Magnesium memiliki permukaan yang keropos akibat serangan dari kelembapan udara karena oksid film yang terbentuk pada permukaan magnesium ini hanya mampu melindunginya dari udara yang kering. Unsur air dan garam pada kelembapan udara sangat mempengaruhi ketahanan lapisan oksid pada magnesium dalam melindunginya dari gangguan korosi.

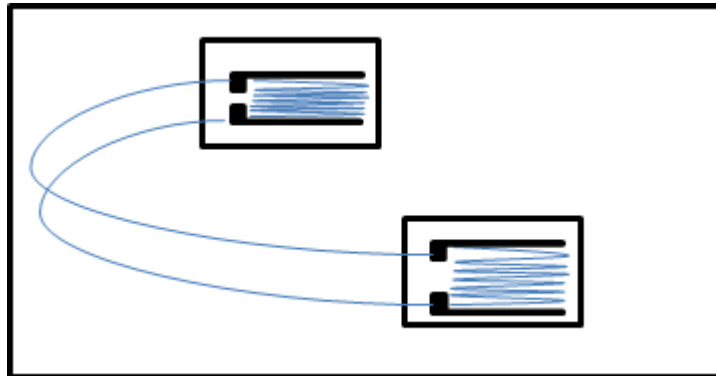
Untuk itu benda kerja yang menggunakan bahan magnesium ini diperlukan lapisan tambahan perlindungan seperti cat atau meni (Hadi, 2008).

Paduan magnesium mempunyai kelebihan dan kelemahan. Paduan magnesium mempunyai kelebihan yaitu paduan magnesium memiliki masa jenis terendah dibanding material struktur lain. Mampu cor yang baik sehingga cocok untuk dilakukan pengecoran bertekanan tinggi. Karena memiliki sifat yang ringan dan lunak, maka paduan magnesium dapat dilakukan proses pemesinan pada kecepatan tinggi. Dibanding dengan material polymer, magnesium memiliki sifat mekanik yang lebih baik, tahan terhadap penuaan, sifat konduktor listrik dan panas yang lebih baik dan juga dapat didaur ulang. Namun dibalik kelebihan yang dimiliki, paduan magnesium juga memiliki kelemahan yaitu modulus elastisitas yang rendah, terbatasnya ketahanan mulur dan kekuatan pada suhu tinggi dan reaktif pada beberapa senyawa.

### **2.3 Strain Gage**

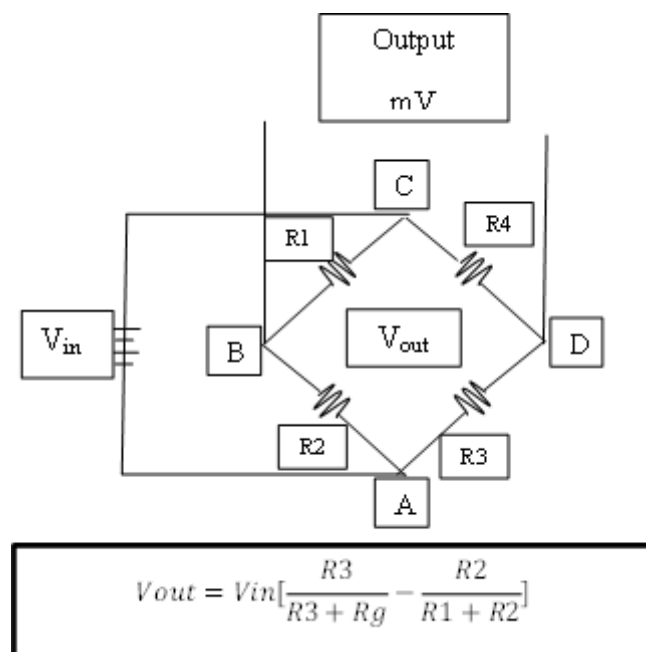
*Strain Gage* adalah sebuah transduser pasif yang merubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan. Karena tekanan dari beban yang ditimbang, menyebabkan tahanan dari foil kawat (timah atau perak yang berukuran tipis) berubah terhadap panjang. Dan apabila bahan pada salah satu *gage* disatukan dan akan mengalami tarikan atau tekanan. Perubahan yang terjadi pada tahananannya sebanding dengan perubahan regangan. Perubahan inilah yang diukur dengan jembatan *Wheatstone* dan tegangan keluaran yang

dihasilkan dijadikan referensi beban yang diterima *Load Cell* (Handinata, 2012 : 3).



Gambar 2. *Strain Gage*

Aplikasi *strain gage* ini sering menggunakan jembatan *Wheatstone*. Tegangan keluaran jembatan *Wheatstone* diekspresikan dalam milivolt per volt. Jembatan *wheatstone* ini juga cocok digunakan untuk kompensasi temperatur. Rangkaian jembatan *wheatstone* ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 3. Rangkaian Jembatan Wheatstone

Dalam gambar 4, bila R1, R2, R3 dan R4 sama nilainya, dan Vin diberikan pada titik A dan C, maka keluaran pada titik B dan D akan nol karena tegangan titik B = tegangan titik D sehingga dikatakan jembatan dalam keadaan seimbang. Bila R4 berubah maka jembatan tidak lagi seimbang, sehingga akan ada perbedaan tegangan antara titik B dan D.

Menurut Waziz (Waziz, 2007), ada dua tipe dasar *strain gage* yaitu:

1. Terikat (*bonded*)
2. Tidak terikat (*unbonded*).

Sistem *strain gage* harus mudah dipasang dan dioperasikan, Respon *strain gage* harus linier untuk daerah harga regangan yang cukup besar. Namun demikian banyak kesulitan untuk mendapatkan sistem *strain gage* yang memenuhi seluruh persyaratan di atas. Ada 4 ciri dasar sistem *strain gage* yang telah berhasil dikembangkan dan dipasarkan (Waziz, 2007) Yaitu :

- a. Panjang gage (*gage length*)
- b. Kepekaan (*sensitivity*)
- c. Daerah Kerja
- d. Ketepatan

Berdasarkan prinsip kerjanya *strain gage* dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Jenis Mekanik (*mechanical strain gage*)
- b. Jenis Elektrik (*electrical strain gage*)

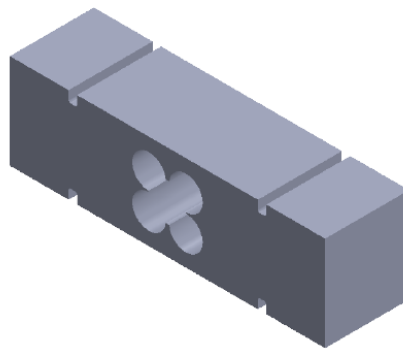
Ada 3 jenis yaitu:

1. *Capacitance Strain Gage* (jenis kapasitor)
2. *Inductance Strain Gage* (jenis induktor)
3. *Resistance Strain Gage* ( jenis tahanan)

#### 2.4. Load Cell

*Load cell* merupakan transduser gaya yang mengukur gaya dengan cara mengukur defleksi yang diakibatkan oleh gaya tersebut. Komponen sensor dalam *load cell* yang digunakan untuk mengukur besarnya defleksi adalah *strain gauge*.

Menurut Nuryanto (Nuryanto, 2015) *Load Cell* merupakan komponen inti yang terdapat pada timbangan digital. Secara umum *load cell* digunakan untuk menghitung massa dari suatu benda. Sebuah sensor *load cell* tersusun dari beberapa konduktor, *strain gauge*, dan jembatan *wheatstone*.



Gambar 4. *Load Cell*

Menurut Nurcahyono (Nurcahyono, 2017) berdasarkan arah gayanya, *load cell* dapat dibedakan menjadi *load cell* tekan, *load cell* tarik, maupun *load cell* tarik-tekan. Sedangkan berdasarkan bentuknya, beberapa tipe *load cell* yang sering dijumpai antara lain *load cell* tipe *button*, *load cell* tipe *column* (*canister*), *load cell* tipe S dan *load cell* tipe *pancake* (*low profile*).



Gambar 5. Tipe Load Cell Berdasarkan Bentuk

Menurut Sitorus (Sitorus, 2018) mengacu pada *British Standard ISO 376:2011*, *load cell* tidak masuk dalam kelas 0, 0,5, 1 dan 2 karena memiliki nilai ketidakpastian ( $U_{95}$ ) yang melewati batas yang ditentukan yaitu ketidakpastian ( $U_{95}$ ) sebesar 0,24 % untuk beban kerja tarik dan 0,23 % untuk beban kerja tekan .

## 2.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah system mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serbaguna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input-Output*. Mikrokontroler dapat diprogram untuk melakukan penghitungan, menerima *input* dan menghasilkan *output*. Mikrokontroler mengandung sebuah inti prosessor, memori dan pemrograman *Input-Output*. (Oktariawan, 2013)

Menurut Sunardi (Sunardi, 2009) Mikrokontroler merupakan keluarga mikroprosesor yaitu sebuah *chips* yang dapat melakukan pemrosesan data secara digital sesuai dengan perintah bahasa *assembly* yang diberikan perusahaan pembuatnya. Banyak aplikasi yang dapat dibangun berbasis Mikrokontroler, hal dikarenakan bentuknya yang *compact* dan kesederhanaannya untuk membangun suatu sistem berbasis Mikrokontroler. Selain memiliki banyak kelebihan, mikrokontroler juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah kurangnya ruang memori data. Bila digunakan untuk aplikasi – aplikasi tertentu yang membutuhkan kapasitas memori yang besar, perlu dilakukan penambahan memori berupa memori eksternal. Salah satu media yang dapat digunakan sebagai media penyimpanan atau memori tambahan adalah *Multi Media Card* (MMC). Berdasarkan uraian diatas maka perlu dibangun suatu sistem antarmuka yang dapat mengkoneksikan antara mikrokontroler dan MMC sebagai media penyimpanan data.

### **2.5.1. Mikrokontroler Atmega32**

Mikrokontroler AVR (*Alf and vegard's Risc processor*) merupakan bagian dari keluarga mikrokontroller CMOS 8-bit buatan Atmel. AVR memiliki arsitektur 8-bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus clock. Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur *Havard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori data. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS51

berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT 90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya (Bejo, 2008).



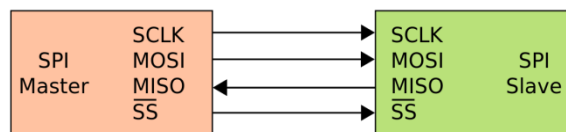
Gambar 6. ATmega32 dan Diagram ATmega32

(sumber: <https://components101.com/microcontrollers/atmega32-8-bit-avr-microcontroller>).

### 2.5.2. Serial Peripheral Interface (SPI)

*Serial Peripheral Interface Bus* atau SPI bus adalah standar komunikasi sinkron data serial yang dikenalkan oleh Motorola yang bekerja pada mode *full duplex*. SPI merupakan *high-speed synchronous serial input/output (I/O) port* yang memungkinkan untuk pengaturan lebar data yang akan digeser masuk atau keluar dari *device* dan juga memungkinkan pengaturan pada kecepatan transfer data. *Device* yang dikomunikasikan menggunakan SPI dibedakan dalam master dan slave mode.(Sunardi, 2009)





Gambar 7. Blok Diagram Antarmuka SPI Single Master Single Slave

(sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Serial\\_Peripheral\\_Interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface))

Keterangan:

1. SCK / CLK — Serial Clock (output dari master)
2. SDI / DI / SI — Serial Data In
3. SDO / DO / SO — Serial Data Out
4. nCS / CS / nSS / STE — Chip Select, Slave Transmit Enable (active low; output dari master)

### 2.5.3. Multi Media Card (MMC)

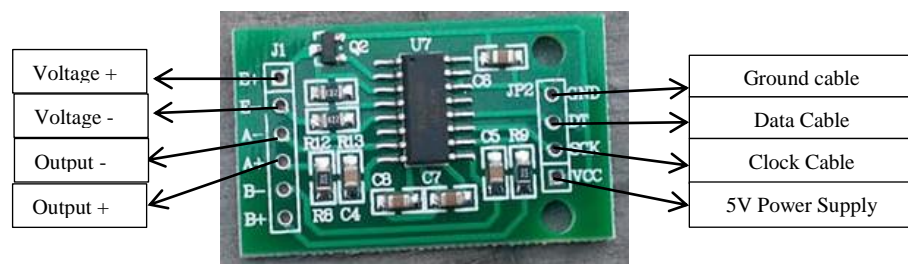
*Multimedia card* (MMC) merupakan *memory card* berukuran kecil yang menggunakan *flash memory* yang digunakan sebagai media penyimpanan atau memori yang *portable* pada berbagai alat. Transfer data MMC dengan perangkat lain dapat dilakukan melalui 2 alternatif protocol komunikasi yaitu SPI Bus dan SD Bus ( Sunardi, 2009).



Gambar 8. Multi Media Card

### 2.5.4. Modul Amplifier HX711

Modul HX711 merupakan modul amplifier yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal analog ke digital pada *load cell*. Memiliki presisi tinggi 24 ADC *high gain* input yang didesain untuk berbagai sensor berjenis *Bridge*. Dengan dua *channel* A dan B (*fix gain* 32) yang berkomunikasi secara *multiplex*, modul ini dapat di program untuk *gain* 128 atau 64 (20mV atau 40mV). Prinsip kerja dari modul HX711 ini yaitu sebagai penguat tegangan pada *load cell* pada saat *load cell* bekerja. HX711 presisi 24-bit *analog to digital converter* (ADC) (Khakim, 2015).

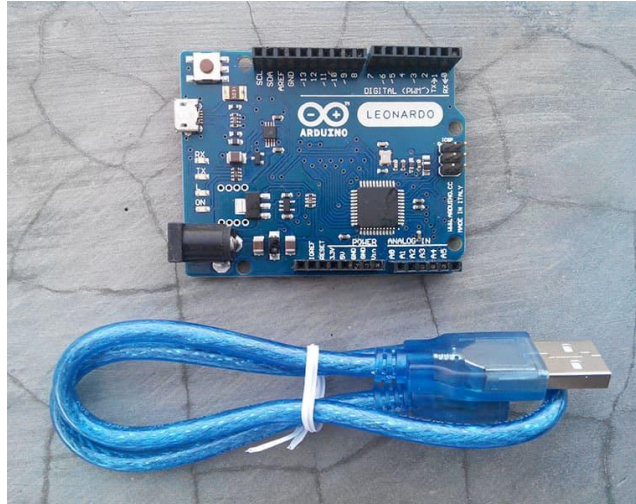


Gambar 9. Modul HX711

### 2.5.5. Arduino

Arduino merupakan perangkat keras (*hardware*) papan mikrokontroler tunggal *open source*. Di dalam arduino tersebut terdapat sebuah chip mikrokontroler dengan tipe AVR sebagai komponen utama yang dikeluarkan oleh perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau *integrated circuit* (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer (Utama, dkk, 2008). Pada penelitian kali ini jenis Arduino yang

digunakan yaitu Arduino Leonardo R3, Seperti ditunjukkan oleh Gambar 21.



Gambar 10. Arduino Leonardo R3

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan metode rancang bangun *load cell* sebagai sistem pengukur tekanan (*forging*) pada proses pengelasan gesek (*friction welding*). Secara rinci metode yang akan dilakukan dalam melaksanakan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

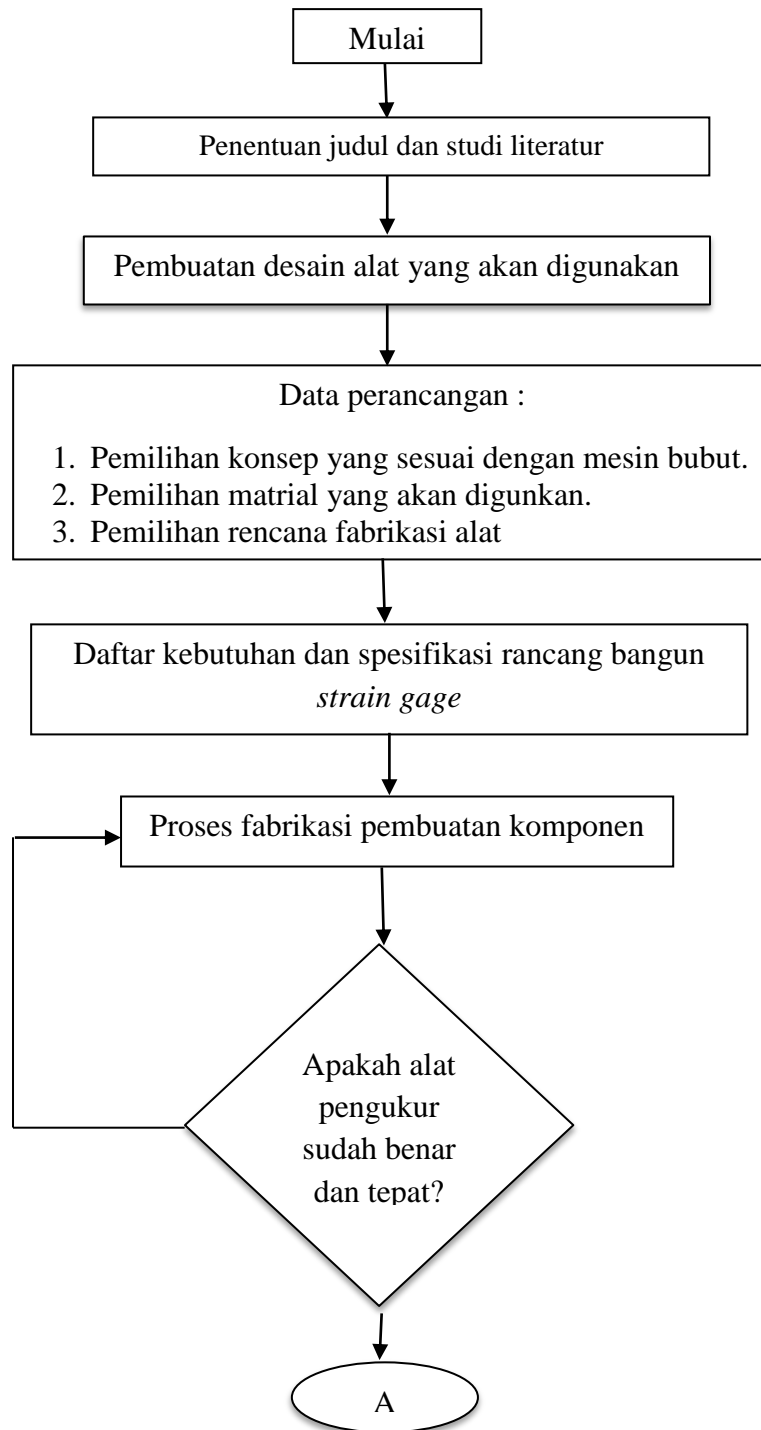
Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2018 sampai dengan Mei 2019. Adapun proses rancang bangun dan pengujian alat dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Berikut adalah jadwal kegiatan yang dapat dilihat pada tabel 2.

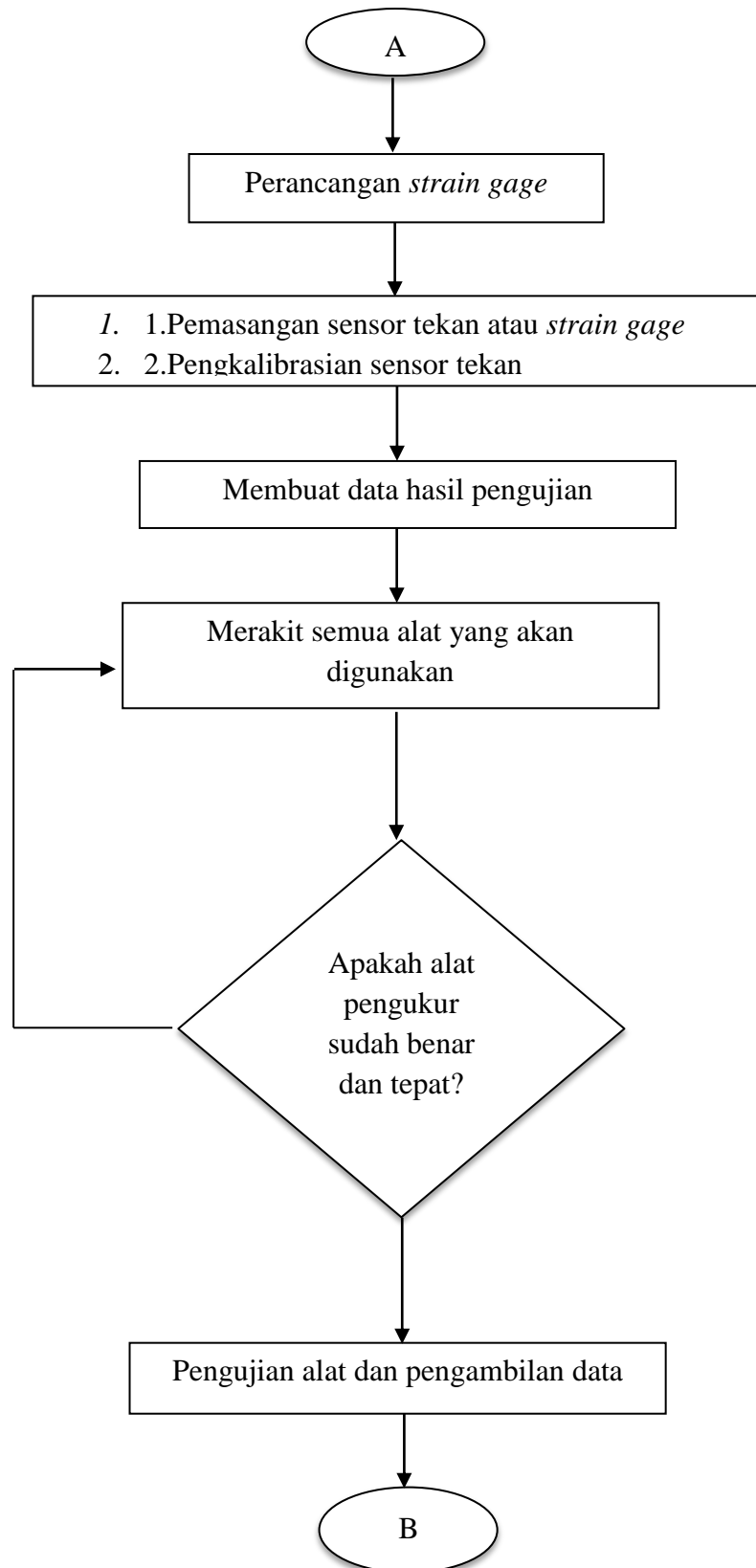
Tabel 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

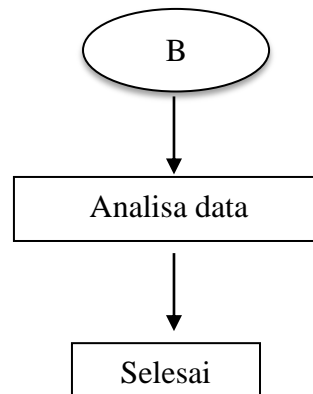
No	Kegiatan	Tanggal Pelaksanaan		2018			2019					
		Mulai	Selesai	O	N	D	J	F	M	A	M	J
1	Studi Literatur	1/11/2018	30/11/2018									
2	Desain Konsep	19/11/2018	14/12/2018									
3	Seminar Usul		18/12/2018									
4	Pembuatan Alat	28/12/2018	28/2/2019									
5	Perakitan Alat	28/2/2019	16/4/2019									
6	Pemasangan Mikrokontroler	29/3/2019	17/4/2019									
7	Pengolahan Data	1/4/2019	3/5/2019									
8	Penulisan Laporan	10/4/2019	26/5/2019									
9	Seminar Hasil											

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alur dalam proses pelaksanaan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dijabarkan secara makro dalam *flowchart* yaitu sebagai berikut:







Gambar 11 Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Desain Penelitian

Dalam proses rancang bangun agar dapat berjalan dengan lancar, maka sebaiknya dibuat sebuah perencanaan terlebih dahulu sehingga dapat meminimalisir masalah yang akan timbul dalam pelaksanaannya.

#### 3.3.1 Konseptual Desain

##### 3.3.1.1 Pembuatan Konsep Desain

Pada fase ini beberapa konsep dibentuk, konsep ini dibentuk berdasarkan pada daftar persyaratan yang telah didapati dari fase perencanaan dan penjelasan tugas. Konsep tersebut merupakan solusi merupakan masalah perancangan yang harus dipecahkan.

##### 3.3.1.2 Pemilihan Konsep Desain

Pemilihan konsep ini bertujuan untuk melanjutkan ke tahap *embodiment design* yang dipilih adalah konsep yang paling baik dari konsep yang lainnya, dari segi kemudahan masuk dan keluarnya material, fabrikasi, biaya pembuatan

komponen, kemampuan diasembly/dirakit, pengoperasian, dan perawatan.

### **3.3.1.3 Pengembangan Desain**

Setelah melalui beberapa tahap perencanaan diatas, maka tahap selanjutnya adalah mengembangkan konsep yang telah dipilih berdasarkan persyaratan awal yang telah ditentukan, kemudian dibuat menjadi model desain 3 dimensi menggunakan aplikasi CAD (*Computer Aided Design*) yaitu Solidwork 2014.

### **3.3.2. Proses *Embodiment***

Tahap ini merupakan fase lanjutan dari fase konseptual desain, tujuan dari fase ini adalah memperbaiki dan mengembangkan konsep yang telah terpilih pada tahap sebelumnya. Keluaran dari tahap ini berupa skema gambar definitif yang disertai ukuran, dan material yang digunakan dalam proses manufaktur nantinya.

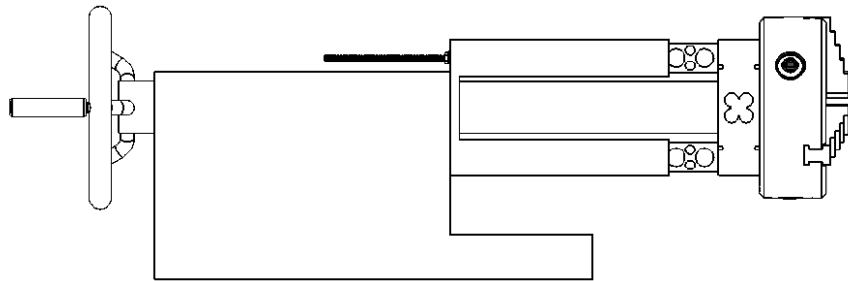
### **3.3.3. Analisis Kinerja**

Dalam tahap analisis kinerja diberikan analisis hasil kinerja alat dengan parameter hasil pengujian dan penggunaan dari alat ukur tekanan (*forging*) pengelasan gesek dengan menambahkan poin positif dan poin negatif.

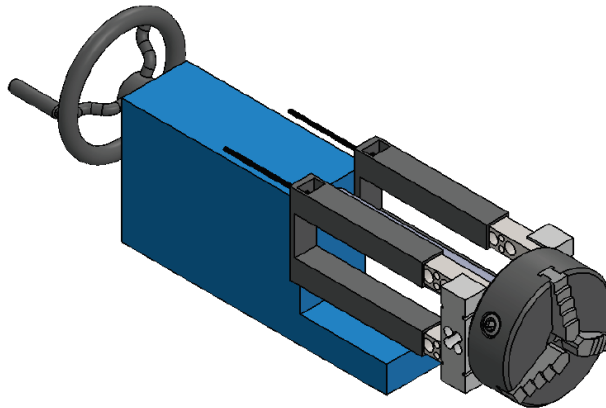




Gambar 12. Mesin Bubut Laboratorium Teknik Mesin



Gambar 13. Konsep rancangan alat ukur tekanan (forging) 2 dimensi



Gambar 14. Konsep alat ukur tekanan (forging) 3 dimensi

### 3.4 Alat dan bahan pembuatan alat *friction welding*

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ukur tekanan (*forging*) pengelasan gesek yaitu sebagai berikut :

#### 3.4.1 Alat

Adapun alat yang mendukung dalam proses pembuatan yaitu sebagai berikut :

##### a. Mesin frais

Mesin frais ini digunakan untuk mengurangi diameter pada permukaan rangka alat las gesek sehingga rangka dapat digunakan dan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Mesin frais ini terletak di laboratorium produksi jurusan teknik mesin universitas lampung.

##### b. Mesin las

Mesin las ini berfungsi untuk menyambung beberapa komponen pada alat las gesek seperti rangka menyambung rangka sensor, menyambungkan pelat dan lain lain. Alat ini terletak di laboratorium teknik mesin universitas lampung

##### c. Mesin bubut

Pada proses pembuatan alat las gesek mesin bubut digunakan untuk membubut permukaan benda silinder dan mengulir poros. Mesin bubut yang akan digunakan dalam pembuatan alat las gesek ini terletak di laboratorium teknik mesin universitas lampung.

##### d. Jangka sorong (*vernier caliper*)

Dalam proses pembuatan alat las jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan dan kedalaman pada proses pembuatan rangka.

e. Meteran

Mengukur dimensi pada mesin bubut dan alat las gesek yang tidak dapat di jangkau ukurannya oleh jangka sorong.

f. Mesin grinda

Gerinda pada proses penelitian ini terletak di laboratorium produksi teknik mesin universitas lampung. Dalam penelitian kali ini mesin grinda di gunakan untuk memotong batang besi dan rangka.

### 3.4.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ukur tekanan (*forging*) pengelasan gesek adalah sebagai berikut :

a. Besi *Hollow U* (U)

Pada proses penelitian ini besi *hollow U* digunakan untuk rangka pada besi *telescopic* ulir dan besi *telescopic* .

b. Cekam / *clow* bubut (kaki 3)

berfungsi untuk menjepit benda kerja yang akan di las di mesin bubut.

c. Besi *Telescopic*

berfungsi sebagai penopang dari *load cell* yang digunakan untuk mengukur tekanan. Besi *telescopic* ini ada dua jenis yakni dengan ulir dan tanpa ulir

d. *Load Cell*

Berfungsi sebagai parameter pengukur tekanan saat benda kerja satu tergesek oleh benda kerja dua yang berputar di mesin bubut.

e. Sistem Arduino

Sistem Arduino di gunakan sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian *load cell* dan menyimpan program untuk menggerakkan sensor, adapun data hasil dari kerja sensor akan ditampilkan ke *PC* atau laptop.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan dalam bab IV dan mengacu pada metode penelitian, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Konsep desain alat ukur tekanan (*forging*) pengelasan gesek yang digunakan adalah konsep nomor 3 yang menggunakan mekanisme besi *telescopic* dengan metode penguncian baut pada bagian atas dan mekanisme lepas pada bagian bawah. Konsep ini merupakan yang terbaik dari segi kemampuan, keakuratan, pengoperasian, dan perawatan.
2. Pengujian tekan dengan menggunakan kayu pada *load cell* kiri menghasilkan nilai 128.3717 kg dengan nilai kalibrasi 430.00 dan *load cell* kanan menghasilkan nilai 53.33833 kg dengan nilai kalibrasi 970.00.
3. Pengujian tekan dengan menggunakan Magnesium AZ31 pada *load cell* kiri menghasilkan nilai 211.935 kg dengan nilai kalibrasi 430.00 dan pada *load cell* kanan menghasilkan nilai 155.1867 kg dengan nilai kalibrasi 970.00.
4. Adanya perbedaan bentuk antara *load cell* sebelah kiri dan *load cell* sebelah kanan sehingga nilai kalibrasi yang dihasilkan berbeda satu sama

lain meskipun kedua *load cell* sama-sama memiliki nilai beban maksimum sebesar 500kg

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, untuk memperoleh hasil yang lebih optimal ada beberapa saran, yakni sebagai berikut:

1. Melakukan studi lebih lanjut terkait dengan kalibrasi dari *load cell* dan perbaikan ataupun penggantian *datalogger* agar proses penginputan dan penyimpanan data lebih optimal.
2. Perlu dilakukan desain ulang agar alat ukur tekanan pada pengelasan gesek ini bisa digunakan untuk kedepannya.
3. Diperlukan adanya komponen tambahan yakni *multiplexer* untuk memudahkan proses pengubahan sinyal *analog to digital* atau *digital to analog*.
4. Perlunya perawatan atau pengecekan sebelum menjalankan alat ukur tekanan (*forging*) pengelasan gesek dengan menambahkan grease agar mekanisme maju maupun mundur tidak mengalami macet.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, A. 2002 *Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi*. Edisi Empat, Yogyakarta, BPFE.
- Ardianto , A.F, 2015. *Kekuatan puntir sambungan las gesek Al-Mg-Si dengan variasi sudut chamferdua sisi dan kekasaran*. Universitas Brawijaya. Malang.
- A P Gama, 2013. *Analisis sifat mekanik dan struktur mikro alumunium paduan seri 6061 hasil pengelasan friction welding dengan variasi sudut*. Universitas Jember.
- B.B. Buldum, A. Sik, I. Ozkul. 2011. *Investigation of machining alloys machinability*. International Journal of Electronic: Mechanical and Mechatronics Engineering Vol.2 Num.3 pp.(261-268).
- Bejo, A. 2008. *C dan AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATMEGA8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Dowling E. Norman, 1999. *Mechanical Behavior Of Materials*. 2<sup>nd</sup> edition.  
Printed in the united states of America.

Setiawan, F, 2014. *Karakterisasi penyalaan magnesium AZ31 pada proses bubuk menggunakan aplikasi termografi*. Tugas Akhir. Universitas Lampung. Lampung.

Surya, L. H, 2008. *Proses perolehan magnesium*. Universitas Indonesia. Depok.

Hananto, F S. 2013. *Rancang Bangun Sensor Viskositas Cairan Menggunakan Starin Gauge dengan Prinsip Silinder Konsentris*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, UIN Maliki Malang.

Handinata, O, 2012, *Pengembangan Rancang Bangun Alat Pengukur Indeks Massa Tubuh Berbasis Atmega8535 Dan Databasenya Berbasis PC*, Jurnal Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara

Haryanto,P. 2011. *Rekayasa kepala lepas (tail stock) mesin bubuk sebagai alat penekan untuk pengelasan gesek*. Politeknik Negeri Semarang.

ISO, 2008, *Organization for Standardization (ISO) / International Electronic Comition (IEC) Guide 17025 : 2005*.



J.K.Gupta, R.S.Khurmi, 2005, *A Text Book Of machine Design*, Ram Nagar, New Delhi

Khakim, A. L. (2015). *Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis AVR Tipe Atmega32.Tugas Akhir*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Magga, R, 2011.*Penggunaan Starin Gage (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako.

Nasution.A.K, 2014. *Partially degradable friction-welded pure iron-stainless steel 316L bone pin*. Faculty of Biosciences and Medical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru 81310, Malaysia.

Nurchayono, D, 2017.*Analisis Kalibrasi Load Cell Tarik Tipe Pancake Dengan Metode Kalibrasi Tekan*. Pusat Penelitian Metrologi-LIPI. Banten.

Oktariawan, Imran. 2013. *Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

- Purwanto, E. 2004. *Rancang Bangun Load Cell Sebagai Sensor Gaya Pada Sistem Uji*. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur. BPPT. Banten.
- Rahayu, D. 2014. *Analisis Proses Friction Stir Welding (FSW) Pada Plat Tipis Aluminium*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Saripudin M, Dedi Umar Lauw. 2013. *Pengaruh hasil pengelasan terhadap kekuatan, kekerasan dan struktur mikro baja ST 42*. Universitas Islam Makasar.
- Sitorus, S.W. 2018. *Rancang Bangun Load Cell Kapasitas 20kN Untuk Beban Kerja Tarik Dan Tekan*. Teknik Fisika. Fakultas Teknik Dan Sains. Universitas Nasional.
- Salmon, C.G. and Johnson, J.E. (1990). *Steel Structure: Design and Behavior*, Third Edition, Harper Collins Publisher, USA.
- Spinler, *What Industry Needs to know about Friction Welding*, Welding Journal, march, p. 37 – 42.
- Sunardi, J. 2009. *Rancang Bangun Antarmuka Mikrokontroler ATMEGA32 Dengan Multi Media Card*. Elektronika Instrumentasi, Jurusan Teknofisika Nuklir, STTN-BATAN.

Wahyudi. 2017. *Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual*. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Wahyu Nugroho, 2010. *Pengaruh Durasi Gesekan, Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa Terhadap Kekuatan Sambungan Las Gesek Langsung pada Baja Karbon Aisi 1045*, Tugas Akhir. Intitut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Wayne C.Turner, 1993, *Introduction to Industrial And System Engineering*, Prentince-Hall, Inc, New Jersey

Wiryo Sumarto, H dan Okumura, T. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jilid 7. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.

Waziz W. 2007. *Bahan Kuliah Kuliah Analisis Teknik Experimental*, Universitas Gajah Mada.