

**PENGARUH BEBAN PENEKANAN TEMPA (FORGING PRESSURE  
LOAD) TERHADAP KUALITAS LAS GESEK PADA MATERIAL  
MAGNESIUM AZ31**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**DENO RATU ALAM**

**1615021034**



**PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**BANDAR LAMPUNG**

**2021**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH BEBAN PENEKANAN TEMPA (FORGING PRESSURE LOAD) TERHADAP KUALITAS LAS GESEK PADA MATERIAL MAGNESIUM AZ31**

**Oleh**

**DENO RATU ALAM**

Teknologi pengelasan merupakan salah satu jenis teknologi penyambungan logam yang telah lama digunakan dalam konstruksi permesinan. Diantara jenis teknologi las yang ada dan semakin mendapat perhatian yaitu pengelasan gesek. Pengelasan gesek merupakan teknologi pengelasan yang dilakukan pada kondisi padat dengan memanfaatkan energi panas yang timbul dari kedua bahan yang akan disambung. Pengelasan gesek sudah pernah dilakukan dan dikembangkan sebelumnya. Dalam penelitian tersebut, dia berhasil melakukan pengelasan dengan memvariasikan waktu penekanan Untuk mendapatkan hasil kekuatan yang lebih tinggi, benda yang diputar tidak hanya diputar, tetapi juga diberikan tekanan terhadap material satu dan yang lainnya. Tekanan juga bekerja untuk mempererat kedua material. Pengelasan gesek dapat digunakan hampir pada semua jenis logam, termasuk bahan-bahan yang sangat sensitif terhadap kenaikan suhu seperti magnesium. Dilihat dari penelitian pengelasan gesek magnesium sebelumnya masih ada parameter penelitian yang belum dipelajari yaitu penekanan tempa. Maka pada penelitian ini akan melihat pengaruh penekanan tempa terhadap kualitas pengelasan . Penelitian akan menganalisis data kekuatan tarik hasil pengelasan gesekan pada Magnesium

AZ-31 terhadap variasi kecepatan putar, penekanan tempa dan mengetahui struktur mikro pada kekuatan sambungan lasan Magnesium AZ-31. Penelitian dilakukan pada mesin bubut dan alat pengelasan portabel dengan pengendali penggerak motor otomatis. Parameter yang digunakan waktu tempa 30 detik, waktu gesek 2 menit, variasi kecepatan putar 1150 rpm, 1400 rpm, 1750 rpm dan variasi beban tempa 2kg, 2,5 kg, 3kg. pengambilan data hasil pengelasan gesek dilakukan dengan uji tarik dan didapatkan nilai kekuatan tarik dari forging load kg 70.526 MPa, 76.152 MPa, 100.274 MPa, forging load 2,5 kg didapatkan hasil uji tarik 104.438 MPa, 121.155 MPa, 123.467 MPa, dan pada forging load 3 kg didapatkan hasil uji tarik 146.389 MPa, 146.792 MPa, dan 185.053 MPa. dari data dan analisis kekuatan tarik yang diperoleh menunjukkan bahwa kecepatan putar dan tempa beban dapat mempengaruhi kekuatan tarik dari sambungan magnesium las dengan metode pengelasan gesek dimana dapat nilai kekuatan tarik tertinggi pada kecepatan putar 1750 rpm dan penempatan Beban 3kg.

Kata kunci: Magnesium AZ31, *Friction welding*, *Forging load*, mikro struktur, kekuatan tarik

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF FORGING PRESSURE LOAD ON THE QUALITY OF FRICTION WELDING ON MAGNESIUM MAGNESIUM AZ31**

**BY**

**DENO RATU ALAM**

Welding technology is one type of metal joining technology that has long been used in machinery construction. Among the types of welding technology that exist and are getting more attention is friction welding. Friction welding is a welding technology that is carried out in solid conditions by utilizing heat energy arising from the two materials to be joined. Friction welding has been done and developed before. In this research, he succeeded in doing welding by varying the pressing time. To obtain higher strength results, the object being rotated was not only rotated, but also subjected to pressure against one material and another. Pressure also acts to hold the two materials together. Friction welding can be used on almost all metals, including materials that are very sensitive to temperature rise, such as magnesium. Judging from the previous research on magnesium friction welding, there is still a research parameter that has not been studied, namely forging emphasis. So in this study will see the effect of forging emphasis on the quality of welding . This study will analyze the tensile strength data from friction welding on Magnesium AZ-31 on variations in rotational speed, forging pressure and determine the microstructure of the strength of the magnesium AZ-31 welded joint. The research was conducted on a portable lathe and welding tool with an automatic motor drive controller. The parameters used are 30 seconds forging time, 2 minutes

friction time, variations in rotational speed of 1150 rpm, 1400 rpm, 1750 rpm and variations of forging load 2kg, 2.5 kg, 3kg. The data collection of friction welding results was carried out by tensile test and the tensile strength values obtained from the forging load kg 70,526 MPa, 76,152 MPa, 100,274 MPa, forging load 2.5 kg, the tensile test results obtained 104,438 MPa, 121,155 MPa, 123,467 MPa, and the forging load 3 kg, the tensile test results were 146,389 MPa, 146,792 MPa, and 185,053 MPa. From the data and analysis of the tensile strength obtained, it shows that the rotational speed and forging load can affect the tensile strength of the magnesium welded joint with the friction welding method where the highest tensile strength value can be at a rotational speed of 1750 rpm and a forging load of 3 kg.

Keywords: Magnesium AZ31, Friction welding, Forging load, micro structure, tensile strength

**PENGARUH BEBAN PENEKANAN TEMPA (FORGING PRESSURE  
LOAD) TERHADAP KUALITAS LAS GESEK PADA MATERIAL  
MAGNESIUM AZ31**

**Oleh**

**Deno RAtu Alam  
1615021034**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2021**

Judul Skripsi : **PENGARUH BEBAN PENEKANAN TEMPA (FORGING PRESSURE LOAD) TERHADAP KUALITAS LAS GESEK PADA MATERIAL MAGNESIUM AZ31**

Nama Mahasiswa : **Deno Ratu Alam**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1615021034**

Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**



Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2

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

**Achmad Yahya TP, S.T., M.T.**  
NIP 19800205 200501 1 002

Ketua Jurusan  
Teknik Mesin

**Dr. Amrul, S.T., M.T.**  
NIP 19710331 199903 1 003

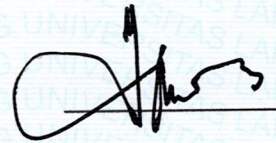
Kepala Program Studi  
S1 Teknik Mesin

**Novri Tanti, S.T., M.T.**  
NIP 19701104 199703 2 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

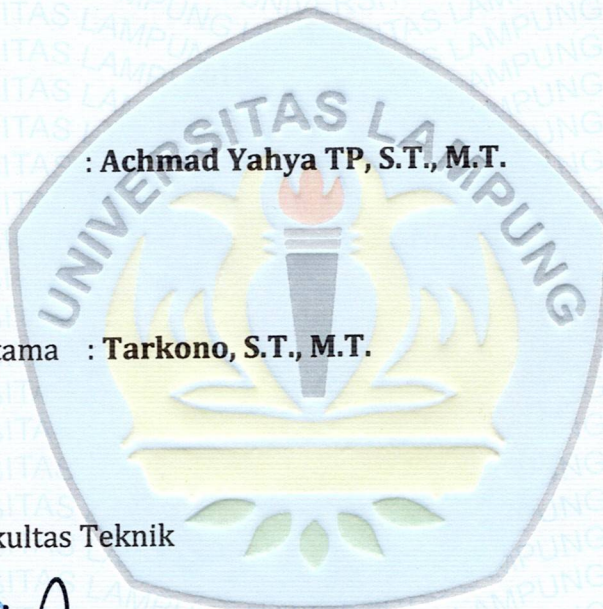
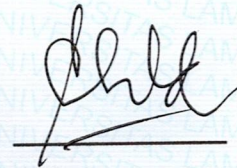
Ketua : **Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



Anggota : **Achmad Yahya TP, S.T., M.T.**



Penguji Utama : **Tarkono, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



**Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.**  
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **09 Agustus 2021**



## PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL  
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN  
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN  
REKTOR NO. 13 TAHUN 2019.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



**Deno Ratu Alam**

NPM. 1615021034

## RIWAYAT HIDUP



Penulis ini memiliki nama lengkap Deno Ratu Alam atau biasa dipanggil dengan nama Deno. Lahir pada 01 Desember 1998 Di desa Ulu Danau, Kecamatan Sindang Danau, Kabupaten Oku Selatan, Sumatra Selatan. Penulis merupakan anak bungsu dengan enam kakak bernama Agusri Jaya, S.Ag ; Sah Bandi ; Hesta Arja ; Oktajrianto, S.Pd ; Andi Sudidarma, A.Md; Mista Fitri Lisi dari pasangan Usman Husin dan Nurpimi. Penulis mengawali masa akademik di RA Handayani selama satu tahun (2004) yang berlokasi di desa Ulu Danau. Dilanjutkan dengan sekolah dasar di SD N Ulu Danau selama enam tahun (lulus tahun 2010). Kemudian jenjang menengah pertama di SMP N 01 Sindang Danau (lulus tahun 2013), lalu jenjang menengah atas di SMK S 2 Mei Bandar Lampung (lulus tahun 2016).

Pada tahun 2016 penulis memasuki jenjang perguruan tinggi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Masuk dengan jalur seleksi bersama masuk perguruan tinggi (Sbmptn). Selama studi di Teknik Mesin penulis memilih satu dari empat konsentrasi yang tersedia yaitu Proses Produksi. Memiliki hobi dalam bidang gambar dan desain. Bergabung dengan Laboratorium Gambar Teknik di Teknik Mesin sebagai asisten Laboratorium pada semester ketiga, lima dan tujuh. Selain menggunakan coretan tangan penulis juga menggunakan aplikasi desain 3D sebagai media desain. Kemudian bergabung dengan Tim Asisten Dosen Menggambar Mesin pada semester empat, enam dan delapan

Pada tahun ke tiga, lebih tepatnya transisi semester enam ke tujuh, penulis melaksanakan kerja praktek di PT Daya Radar Utama Unit III Lampung dari tanggal 8 Juli sampai 9 Agustus 2019. Melakukan kerja pada bagian Produksi

Dengan Laporan akhir berjudul “Proses Pembuatan Puli Baja Karbon Sedang Untuk Katrol Sekoci Menggunakan Mesin Bubut Tes-4-4500”. Lalu pada tahun keempat, transisi semester tujuh ke delapan, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tiga Jaya, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat selama 40 hari terhitung dari tanggal 2 Januari 2020, memasuki tahun kelima semester 9 penulis memulai Kembali Tugas Akhir yang sempat tertunda pada semester 8 akibat kebijakan lockdown di UNILA pada masa pandemic Covid 19 Tugas Akhir di laksanakan di Laboratorium Produksi dengan judul “ Pengaruh Gaya Penekanan Tempa (Forging) Terhadap Kualitas Las Gesek Pada Material Magnesium AZ 31” di bawah bimbingan Dr.Ir Yanuar Burhanuddin, M.T dan Achmad Yahya TP, S.T,M.T

**DENGAN MENYEBUT NAMA ALLAH SWT YANG MAHA  
PENGASIH DAN MAHA PENYAYANG**

**KARYA TULIS INI DIPERSEMBAHKAN KEPADA**

**Kedua Orang Tua dan Keluarga Terkasih**

**Serta**

**Semua yang Selama Ini Telah Mendukung, Mendidik dan Membimbing  
Penulis**

**Terima Kasih Banyak**

## SANWACANA

### *Assalamu'alaikum Warahmatullohi Wabarokatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karna atas rahmat, hidayah, dan lindungan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dan menyelesaikan laporan skripsi dengan lancar dan tetap dalam keadaan sehat. Shalawat serta salam tak lupa penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menuju kehidupan yang berakhlak dan berilmu yang baik sehingga dapat menjalani kehidupan dengan baik dan benar. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis yang merupakan hasil dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan. Diharapkan karya tulis ini dapat menjadi salah satu bentuk perkembangan dalam ilmu di bidang produksi, terkhusus dalam bidang Proses produksi. Skripsi ini juga merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Semoga karya tulis ini dapat membawa manfaat bagi pembacanya dan dapat dikembangkan lebih jauh lagi.

Selesainya skripsi ini tidak luput dari bantuan, bimbingan dan arahan dari semua pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Usman Husin dan Ibu Nurpimi yang selalu mendampingi dan mendoakan penulis sehingganya penulis dapat tetap bersemangat dalam menjalankan studi Teknik Mesin.
2. Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya.
3. Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas

4. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Dr. Ir Yanuar Burhanuddin, M.T. selaku pembimbing I tugas akhir serta pembimbing akademik penulis
7. Achmad Yahya TP, S.T, M.T selaku pembimbing II tugas akhir penulis
8. Tarkono, S.T,M.T selaku pembahas tugas akhir penulis
9. Seluruh Dosen di Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak pengetahuan kepada penulis.
10. Seluruh staff dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
11. Bapak Drs. H. Sudirman Husin, M.Pd dan Ibu Dra. Nurhawati, S.Pdi, yang selalu membimbing penulis dalam masa studi
12. Agusri Jaya, S.Ag; Sah Bandi; Hesta Arja; Oktajrianto, S.Pd; Andi Sudidarma, A.Md; Mista Fitri Lisi, selaku kakak penulis dan seluruh keluarga penulis yang telah memberikan dukungan.
13. Della Pratiwi, A.Md.Kep selaku kekasih penulis yang selalu menyemangati dan mendorong agar cepat menyelesaikan tugas akhir penulis.
14. Tim Laboratorium Proses Produksi, khususnya untuk tim pengelasan gesek.
15. Teman-teman Angkatan 2016 yang selalu mendengarkan keluhan, memberikan motivasi, dan memberi dorongan semangat.
16. Teman-teman sehoobi yang telah membantu penulis dalam menstabilkan mental penulis sehingga terhindar dari *stress*.
17. Rekan-rekan KKN Desa Tiga Jaya, Kecamatan Sekincau, Lampung Barat
18. Semua pihak yang telah membantu penulis namun tidak bisa disebutkan namanya satu persatu, penulis ucapkan terima kasih semoga Allah Yang Maha Pengasih membalas segala kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran

dankritik dari semua pihak yang bersifat membangun dalam rangka penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca. Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Bandar Lampung, 1 Juli 2021

Penulis,

**Deno Ratu Alam**

NPM. 1615021034

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b>		i
<b>DAFTAR GAMBAR</b>		iii
<b>DAFTAR TABEL</b>		vi
<b>I. PENDAHULUAN</b>		
1.1.	Latar belakang.....	7
1.2.	Tujuan .....	10
1.3.	Batasan masalah.....	10
1.4.	Sistematika penulisan .....	11
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>		
2.1.	Magnesium .....	12
2.2.	Pemanfaatan magnesium .....	13
2.3.	Pengelasan .....	14
2.4.	Pengelasan magnesium.....	15
2.5.	Pengelasan lebur magnesium .....	16
2.6.	Las <i>Tungsten Iner Gas</i> (TIG) .....	17
2.7.	Pengelasan padat .....	18
2.8.	Pengelasan gesek .....	19
2.9.	Daerah pengelasan gesek.....	21
2.10.	Kelebihan dan kekurangan pengelasan gesek .....	22
2.11.	Parameter pengelasan gesek .....	23
2.12.	Kecacatan dalam las .....	25
<b>III. METODE PENELITIAN</b>		
3.1.	Tempat dan waktu penelitian .....	28
3.2.	Alur penelitian.....	29
3.3.	Alat dan bahan penelitian.....	30
3.4.	Pelaksanaan penelitian .....	33
3.5.	Pengujian kualitas lasan .....	35



<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil percobaan pengelasan .....	37
4.2. Analisa uji tarik .....	41
4.3. Analisa uji struktur mikro .....	50
4.4. Pembahasan.....	52
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Simpulan .....	56
5.2. Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengelasan MIG .....	17
Gambar 2.2. Prinsip kerja las TIG .....	18
Gambar 2.3. Pengelasan gesek.....	20
Gambar 2.4. Daerah las gesek.....	21
Gambar 2.5. Parameter las gesek .....	24
Gambar 2.6. Parameter pengelasan gesek.....	25
Gambar 2.7. Porositas .....	26
Gambar 2.8. Slag inclusion .....	27
Gambar 2.9. <i>Crack</i> .....	27
Gambar 3.1. Diagram alir.....	29
Gambar 3.2. Mesin bubut.....	31
Gambar 3.3. Alat las gesek .....	31
Gambar 3.4. Mesin uji tarik .....	32
Gambar 3.5, Mikroskop optic .....	32
Gambar 3.6. Spesimen uji tarik standar ASTM E-8 .....	35
Gambar 4.1 Hasil pengelasan dengan <i>forging load</i> 2 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1150 rpm .....	37
Gambar 4.2 Hasil pengelasan dengan <i>forging load</i> 2 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1150 rpm .....	37
Gambar 4.3 Hasil pengelasan dengan <i>forging load</i> 2kg, kecepatan <i>spindle</i> 1150 rpm .....	38
Gambar 4.4 Hasil pengelasan <i>forging load</i> 2,5 kg dengan kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm .....	38

Gambar 4.5 Hasil pengelasan <i>forging load</i> 2.5 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm. ....	39
Gambar 4.6 Hasil pengelasan <i>forging load</i> 2,5 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm .....	39
Gambar 4.7 Hasil pengelasan <i>forging load</i> 3 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm .....	39
Gambar 4.8 Hasil pengelasan <i>forging load</i> 3 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm .....	40
Gambar 4.9 Hasil pengelasan <i>forging load</i> 3 kg, kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm. ....	40
Gambar 4.10 Sampel standar uji tarik ASTM-E8.....	41
Gambar 4.11 Hasil uji tarik <i>spesimen</i> 1,2,3 dengan <i>forging load</i> 2 kg.....	41
Gambar 4.12 Hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 4,5,6 dengan <i>forging load</i> 2,5 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm .....	42
Gambar 4.13 Hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 7,8,9 dengan <i>forging load</i> 3 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm. ....	42
Gambar 4.14 Grafik hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 1 dengan <i>forging load</i> 2 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1150 rpm .....	43
Gambar 4.15 Grafik hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 2 dengan <i>forging load</i> 2 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1150 rpm .....	44
Gambar 4.16 Grafik hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 3 dengan <i>forging load</i> 2 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1150 rpm .....	44
Gambar 4.17 Grafik hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 4 dengan <i>forging load</i> 2,5 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm .....	45
Gambar 4.18 Grafik hasil pengujian tarik <i>specimen</i> 4 dengan <i>forging load</i> 2,5 kg dan kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm .....	45
Gambar 4.19 Grafik hasil pengujian tarik dengan <i>forging load</i> 2,5 kg, dan kecepatan <i>spindle</i> 1400 rpm .....	46
Gambar 4.20 Grafik hasil pengujian tarik dengan <i>forging load</i> 3 kg, dan kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm .....	47
Gambar 4.21 Grafik hasil pengujian tarik dengan <i>forging load</i> 3kg, dan kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm .....	47

Gambar 4.22 Grafik hasil pengujian tarik dengan <i>forging load</i> 3 kg, dan kecepatan <i>spindle</i> 1750 rpm .....	47
Gambar 4.23, Grafik hasil uji tarik tanpa perlakuan <i>friction welding</i> .....	48
Gambar 4.24 Struktur mikro <i>base metal</i> Magnesium AZ-31 .....	50
Gambar 4.25 Struktur mikro <i>specimen</i> Magnesium AZ-31 kekuatan tarik terendah.....	51
Gambar 4.26 Struktur mikro <i>specimen Magnesium AZ_31</i> kekuatan tarik tertinggi .....	51

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1. Komposisi dan sifat mekanik magnesium AZ31 .....	30
Tabel 3.2. Memunjukkan parameter yang digunakan dalam eksperimen pengelasan gesek .....	33
Tabel 3.3. Data uji Tarik .....	56
Tabel 3.4. Data struktur mikro .....	36
Tabel 4.1. Data uji tarik hasil dari pengelasan gesek dan posisi perpatahan ...	49
Tabel 4.2. Data struktur mikro .....	52

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi pengelasan merupakan salah satu jenis teknologi penyambungan logam yang telah dipakai selama puluhan tahun dan telah digunakan secara luas dalam konstruksi permesinan dan kehidupan sehari-hari. Teknologi pengelasan memiliki bermacam-macam jenis metode tergantung penggunaan dan jenis material yang akan disambung. Penggunaan teknologi pengelasan ini banyak digunakan dikarenakan memberikan fleksibilitas yang tinggi serta biaya yang relatif murah. Pengelasan merupakan teknologi yang dapat digunakan hampir pada semua jenis logam, salah satunya adalah magnesium.

Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan yang memiliki sifat yang diunggulkan, diantaranya memiliki kepadatan rendah, keuletan yang baik, kekuatan menengah serta ketahanan korosi yang baik, selain itu magnesium dapat digunakan sebagai unsur penguat untuk memperbaiki sifat mekanik logam seperti aluminium. Material magnesium memang memiliki banyak kelebihan akan tetapi juga memiliki kekurangan, yaitu sifat yang mudah terbakar pada suhu tinggi sehingga membuat bahan tersebut sulit dilakukan proses pengelasan cair. Oleh sebab itu, untuk mengatasi kekurangan pengelasan Magnesium tersebut maka digunakan *alternative* pengelasan gesek. Pengelasan gesek memiliki banyak keunggulan dibanding pengelasan lainnya karena tidak memerlukan *fluks*/selaput las, logam pengisi/elektroda ataupun gas dalam proses pengelasannya, pengelasan dalam kondisi padat dan tidak ada percikan api las ataupun asap yang dihasilkan, sehingga tidak ada cacat solidifikasi yang terjadi seperti gas

porositas, segregasi atau inklusi terak serta dapat menyambung dua bahan logam yang berbeda (*dissimilar*) (Iswar dan Syam, 2012).

Las gesek adalah salah satu metode pengelasan yang telah ditemukan dan dikembangkan oleh salah seorang ahli mesin dari Uni Sovyet, AL Chudikov pada tahun 1950. Dalam penelitian tersebut, dia berhasil melakukan pengelasan dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan dua buah material. Untuk mendapatkan panas yang lebih tinggi, benda yang dilas tidak hanya diputar, tetapi juga diberikan tekanan satu terhadap material yang lain. Tekanan juga berfungsi untuk mempercepat proses *fusion*. Cara ini disebut dengan pengelasan gesek. Pengelasan gesek adalah salah satu solusi untuk memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair). Teknologi las gesek ini mulai banyak diperhatikan, mengingat bahwa teknologi las gesek ini mudah dioperasikan, proses operasinya cepat. Mudah dioperasikan karena mesin las gesek dapat menggunakan mesin bubut atau mesin *frais*. Proses operasional cepat karena hanya memerlukan waktu gesek yang relatif cepat. Daerah pengaruh panas (HAZ) pada logam yang disambung, relatif sempit karena panas yang terjadi tidak sampai mencapai temperatur cair logam dan adanya tekanan tempa memungkinkan efek negatif panas logam akan tereliminasi. Pada metode pengelasan gesek ini panas dihasilkan dari perubahan energi mekanik kedalam energi panas pada bidang *interface* benda kerja karena adanya gesekan selama gerak putar dibawah tekanan (gesekan). Parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar. Pada proses penyambungan ini terjadi proses deformasi plastis akibat tekanan tempa dan terjadi proses difusi karena adanya panas yang tinggi sehingga menghasilkan sambungan yang berkualitas tinggi antara bahan serupa maupun berbeda. (Husodo dkk, 2013) Teknologi pengelasan saat ini mendapat perhatian semakin meningkat yaitu pengelasan gesek. Pengelasan gesek teknologi yang dapat digunakan hampir semua jenis logam, termasuk dengan bahan yang sangat sensitif terhadap kenaikan suhu seperti magnesium. Penelitian tentang las gesek masih dapat dikembangkan, seperti variasi benda kerja, variasi suhu pemanasan awal,

perbaikan teknik pengelasan dan perbaikan material tool baru untuk dapat memperpanjang umur pakai tool. Metode ini menghasilkan daerah *Thermo Mechanically Affected Zone* (TMAZ) yang lebih kecil dibandingkan dengan pengelasan busur nyala. Pengelasan ini berhasil menekan biaya proses pengelasan menjadi lebih efisien karena pengelasan hanya membutuhkan input energi yang rendah dan tidak menggunakan *filler metal*. Kualitas hasil dari pengelasan gesek memiliki permukaan yang lebih halus dan rata dari hasil pengelasan tradisional lainnya, lebih kuat dan tidak ada pori-pori yang timbul. Proses ini juga lebih ramah terhadap lingkungan sekitar karena tidak ada uap atau percikan api dan tidak ada silauan busur nyala pada daerah *fusion*. Hasil dari pengelasan dengan menggunakan busur nyala atau gas terutama pengelasan *dissimilar metal* atau dua buah material yang berbeda terdapat beberapa kerugian seperti retak dan terjadi cacat pengelasan, juga hasil penyambungan yang kurang sempurna.

Penelitian mengenai pengelasan gesek masih dapat dikembangkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan Armando Putra Mandala Sempaga. Penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu penempaan diberikan maka semakin baik sambungan las yang dihasilkan, karena saat *weldzone* dalam keadaan *semisolid* diberikan lagi tekanan tambahan secara tiba-tiba sesuai dengan waktu yang ditentukan yang mengakibatkan *weldzone* dan *heat affected zone* lebih padat yang membuat sambungan lasan akan semakin kuat. Pada pengelasan variasi waktu penempaan 20 detik, 25 detik, 30 detik menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda. Kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh waktu penempaan 30 detik dengan *ultimate stress* sebesar 138,069 Mpa dan 158,887 MPa dan apabila di rata-ratakan menjadi 148,478 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada waktu kontak 20 detik dengan nilai *ultimate stress* sebesar 35,528 MPa dan 42,064 MPa sehingga rata-rata *ultimate stress* sebesar 38,796 MPa (Armando,2020).

Melihat dari parameter yang digunakan pada penelitian sebelumnya yang memvariasikan *forging time* ,sedangkan parameter las gesek adalah waktu gesek, tekanan gesekan, tekanan tempa, kecepatan putar dan waktu tempaan



yang dapat di variasikan untuk mendapatkan hasil sambungan hasil lasan yang lebih baik dan kuat dari penelitian sebelumnya.

Melihat dari penelitian sebelumnya dan parameter dari pengelasan gesek tersebut, maka penelitian kali ini mengambil variasi kecepatan putar, tekanan tempa. Oleh sebab itu dilakukannlah penelitian tentang pengelasan dengan menggunakan metode las gesek untuk menyambung Magnesium AZ-31 dengan memvariasikan beban penekanan ,kecepatan putar, sehingga dengan adanya penelitian diharapkan akan di ketahui karakteristik sambungan las gesek terutama pada kekuatan tarik, struktur mikro pada pengelasan tersebut.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penilitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menganalisa data kekuatan tarik hasil dari pengelasan pada sambungan Magnesium AZ-31 terhadap variasi penekanan tempaan (*forging*) yang sudah ditentukan, menggunakan alat pengelasan gesek dengan pengendali penggerak motor otomatis.
- b. Menganalisa perubahan struktur mikro dalam hasil pengelasan gesek.

## 1.3 Batasan Masalah

Berikut ini batasan masalah dari penelitian ini, yaitu :

- a. Kedua permukaan material diasumsikan rata pada saat proses pengelasan.
- b. Gerakan benda yang dicekam pada alat pengelas hanya gerakan translasi sedangkan putaran mengikuti dari putaran *spindle*.

## 1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN, berisi latar belakang, tujuan, batasan lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA, dalam bab ini dipaparkan mengenai Magnesium, pemanfaatan Magnesium, pengelasan, daerah pengelasan, cacat pada las, pengelasan Magnesium, daerah pengelasan gesek, kelebihan dan kekurangan pengelasan gesek, serta parameter pengelasan gesek.

BAB III : METODE PENELITIAN, berisi mengenai tempat dan waktu penelitian, alur penelitian, alat dan bahan, pelaksanaan penelitian, serta pengujian kualitas lasan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi mengenai hasil pengujian, analisis PUSTAKA uji tarik, analisis uji kekerasan, analisa struktur mikro dan pembahasan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR LAMPIRAN

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Magnesium

Magnesium (Mg) merupakan elemen terbanyak keempat (setelah besi, oksigen, dan silikon). Magnesium membentuk 2% kerak dari massa bumi pada saat ini. Magnesium merupakan memiliki beberapa kelebihan sifat ringan, mudah bereaksi dengan logam lain, dengan sifat yang mudah terbakar, setelah mengetahui sifat Magnesium yang relatif ringan, sehingga cocok digunakan sebagai bahan pengganti dari besi cor dan baja yang relatif berat.

Magnesium juga banyak digunakan dalam komponen peralatan industri, produk otomotif, maupun pertanian, dikarenakan sifatnya yang ringan. Selain digunakan dalam dunia industri Magnesium banyak diteliti dan dikembangkan untuk bidang biomaterial, khususnya dalam dunia orthopedi. Karena didalam tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 24 gram Magnesium dengan 60% berada dalam tulang. Magnesium dan paduannya memiliki potensi yang besar untuk menjadi bahan biomaterial implan. Biomaterial merupakan suatu material yang berfungsi untuk memperbaiki atau menggantikan fungsi jaringan pada tubuh manusia. Syarat sebuah biomaterial yang dikatakan baik harus memiliki sifat mekanik yang baik, memiliki sifat biokompabilitas, tidak sulit dalam pembentukan atau proses manufakturnya dan tidak memiliki sifat yang merugikan pada tubuh manusia dan tidak terkontaminasi racun ataupun zat-zat yang dapat bersifat karsinogenik, biomaterial dapat diperoleh dari bahan alam maupun dari bahan kimiawi atau sintetis. (Muhammad iqbal dkk,2018)

Adapun kelebihan dari Magnesium itu sendiri adalah sebagai berikut:

- a. Paduan Magnesium memiliki masa jenis terendah dibanding material struktur lain.
- b. Mampu melakukan pengecoran yang baik sehingga cocok untuk dilakukan pengecoran bertekanan tinggi.
- c. Memiliki sifat yang ringan dan lunak, maka paduan Magnesium dapat dilakukan proses permesinan pada kecepatan tinggi.
- d. Memiliki sifat mekanik yang lebih baik, tahan terhadap penuaan, sifat konduktor listrik dan panas yang lebih baik dan juga dapat didaur ulang.

Dibalik semua kelebihan yang dimiliki oleh Magnesium, tidak terlepas pula dari kekurangannya, yaitu:

- a. Modulus elastisitas rendah yang membuat Magnesium lebih elastis.
- b. Terbatasnya ketahanan mulur, ketahanan mulur (perubahan bentuk)
- c. Material fungsi terhadap waktu jika material tersebut diberikan beban.
- d. Terbatasnya kekuatan pada suhu tinggi.
- e. Reaktif pada beberapa senyawa, karena Magnesium reaktif pada senyawa tertentu terdapat resiko/bahaya kebakaran.

## **2.2 Pemanfaatan Magnesium**

Magnesium semakin diminati, hal ini bisa saja dikarenakan oleh karakteristik Magnesium yang ringan namun juga tetap memiliki ketangguhan spesifik tinggi dan kekakuan. Magnesium sendiri mempunyai sifat mampu permesinan, mampu cor dan juga mampu las yang baik. Karena sifatnya yang ringan dan daya tahan yang baik serta memiliki umur yang panjang, penggunaan Magnesium semakin meningkat seiring perkembangan industri. Terutama pada industri otomotif yang memerlukan material komponen mesin yang mampu bentuk, namun tetap memiliki ketangguhan spesifik yang tinggi. Pengurangan beban kendaraan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar. Magnesium paduan cor yang dibentuk dengan cetakan pasir (*Sand-Cast*) banyak digunakan dalam

pembuatan *block-block engine* pada motor bakar, sedangkan Magnesium yang dibentuk dengan *Pressure Die-Casting* banyak digunakan dalam pembuatan peralatan rumah tangga dan kelengkapan kantor. Magnesium cor tempa dibentuk dengan cara ekstrusi dan digunakan sebagai *trap* dan *relling* tangga. Magnesium paduan juga digunakan dalam teknologi nuklir sebagai tabung uranium dimana Magnesium sangat rendah dalam penyerapan neutron pada penampang lintang (Surya, 2008).

### 2.3 Pengelasan

Teknologi pengelasan telah diimplementasikan secara luas di berbagai aplikasi di dunia industri mulai dari aplikasi yang sederhana hingga aplikasi yang sangat rumit. Meja besi, peralatan rumah tangga, lemari besi, dan lainnya merupakan sebagian contoh aplikasi yang sangat sederhana dari proses pengelasan, selanjutnya pengelasan untuk konstruksi jalan, kendaraan, dan alat transportasi lain serta konstruksi mesin merupakan contoh aplikasi yang lebih rumit.

Pertimbangan penggunaan teknologi las di dunia industri juga relatif ringan dengan kekuatan tarik yang tinggi dan proses yang relatif sederhana, sehingga biaya produk yang dibutuhkan juga relatif murah. Keunggulan proses pengelasan ini menjadi salah satu pertimbangan aplikasi sambungan las sebagai pengganti sambungan pakukeling, baut dalam struktur dan rancangan mesin. Oleh karena itu, dalam praktek rancangan las harus memperhatikan kesesuaian berdasarkan sifat-sifat logam dasar diantaranya unsur paduan kekuatan tarik dari sambungan dan jenis sambungan yang akan dilas, sehingga hasil dari pengelasan sesuai dengan yang diharapkan (Satoto, 2002).

Pengelasan ( *Welding* ) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Pengelasan atau *Welding* didefinisikan oleh DIN ( *Deutsche Industrie Normen* ) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan

yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar logam.

Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*Filler Metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Kebutuhan las yang semakin berkembang berbanding lurus dengan perkembangan pada pengelasan, misalnya pada metode pengelasan. Metode pengelasan yang ada sekarang ini sudah mengalami perkembangan. (Syahrani,dkk 2018).

## 2.4 Pengelasan Magnesium

Teknologi pengelasan merupakan salah satu jenis teknologi untuk penyambungan logam yang telah dipakai selama puluhan tahun dan telah digunakan secara luas dalam konstruksi permesinan dan kehidupan sehari-hari. Luasnya penggunaan teknologi ini dikarenakan memberikan *fleksibilitas* yang tinggi dalam desain serta biaya yang relatif murah. Untuk memperoleh sambungan logam hasil pengelasan yang sesuai dengan tujuan serta memiliki sifat mekanik yang sesuai dengan konstruksi yang direncanakan, diperlukan beberapa parameter yang digunakan dalam proses pengelasan.

Proses pengelasan Magnesium dibagi dalam dua kategori utama, yaitu pengelasan lebur dan pengelasan padat. Pengelasan lebur menggunakan panas untuk melebur permukaan yang akan disambung, beberapa operasi menggunakan logam pengisi dan yang lain tanpa logam pengisi. Pengelasan padat proses penyambungannya menggunakan panas dan atau/tekanan, tetapi tidak terjadi peleburan pada logam dasar dan tanpa penambahan logam pengisi contohnya *friction welding*. Dalam pengelasan lebur Magnesium dan

paduannya, pada umumnya menggunakan proses seperti las TIG (*tungsten inert gas*) maupun las MIG (*metal inert gas*) (Okumura & Wiryosumarto, 2004).

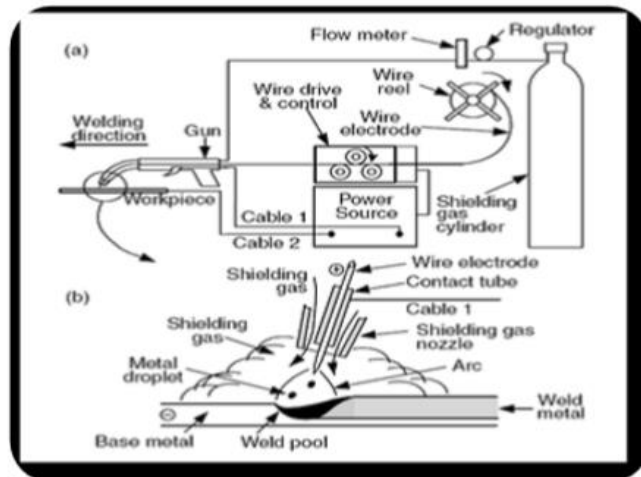
## 2.5 Pengelasan Lebur Magesium

Pengelasan Magnesium dapat dilakukan dengan pengelasan lebur, proses pengelasan lebur yang dapat digunakan salah satunya dengan proses pengelasan MIG dan TIG.

### a. Las *Metal Iner Gas* (MIG)

*Metal Inert Gas* (MIG) adalah las busur gas dengan kawat las pengisi berfungsi sebagai elektroda yang diumpankan secara terus menerus selama pengelasan. Gas pelindung digunakan untuk melindungi daerah pengelasan yang mencair (*molten metal*) dari oksidasi oleh udara atmosfer. Gas pelindung yang digunakan biasanya adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya, karena kedua gas tersebut harganya relatif mahal, maka gas CO<sub>2</sub> dapat menjadi alternatif.

Dari penjelasan hal-hal di atas, maka las MIG banyak sekali digunakan dalam praktek terutama untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja kuat dan logam-logam bukan baja yang tidak dapat dilas dengan cara lain. Kawat pengisi dalam las MIG biasanya diumpankan secara otomatis, sedangkan alat pembakarnya (*torch*) digerakkan dengan tangan. Sehingga dengan ini tercipta suatu alat las semi otomatis. Kadang-kadang, las MIG juga dilaksanakan secara otomatis penuh, dimana alat pembakarnya ditempatkan pada suatu kedudukan pengelasan yang berjalan (Wiryosumarto, 1994).



Gambar 2.1. Pengelasan MIG (a) Proses keseluruhan dan (b) Pembesaran daerah Pengelasan.

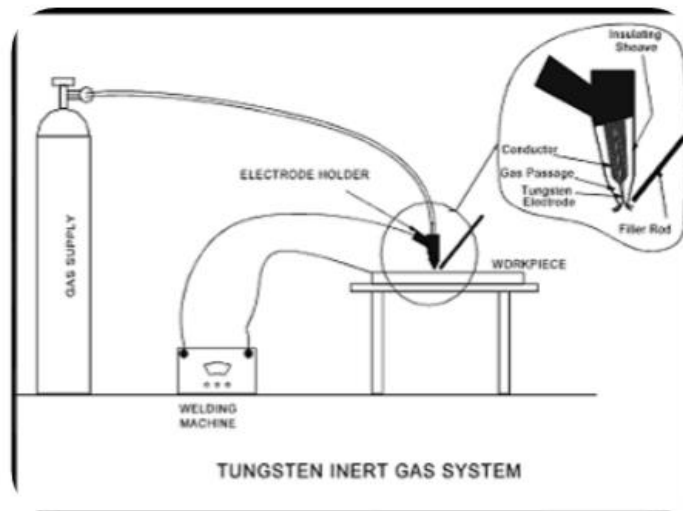
(sumber: Baskoro. ddk, 2013).

## 2.6 Las Tungsten Iner Gas (TIG)

Las *Tungsten inert gas* (TIG) Salah satu jenis *non consumable electrode* yang paling banyak digunakan adalah las TIG atau lebih dikenal dengan sebutan las Argon. Argon termasuk gas lemas (*inert gas*) yang berfungsi sebagai pelindung deposit lasan dari pengaruh udara luar. Gas Argon harganya cukup mahal dan sangat berpengaruh terhadap biaya pengoperasian las TIG.

Berkaitan dengan hal tersebut, biasanya las jenis ini digunakan untuk mengelas *stainless steel* dan logam-logam *nonfero* seperti Aluminium, Titanium, dll. Bagian utama las TIG adalah sebuah *Inverter*, satu unit peralatan kontrol, *welding gun*, satu tabung gas pelindung beserta regulatornya. Pengoperasian las TIG dimulai dengan mengalirkan arus listrik ke dalam rangkaian listrik, pada saat ujung elektroda didekatkan pada benda kerja akan terjadi loncatan arus listrik bersamaan dengan keluarnya gas pelindung yang panasnya dapat mencairkan bahan tambah (*filler metal*) dengan benda kerja dan terjadilah pengelasan.





Gambar 2.2. Prinsip Kerja Las TIG  
(sumber: Djadmiko, 2008).

## 2.7 Pengelasan Padat

Dalam proses pengelasan padat tidak digunakan logam pengisi, dan penyambungan dapat dicapai dengan tekanan saja, atau panas dan tekanan. Bila digunakan panas dan tekanan, jumlah panas yang diberikan dari luar pada umumnya tidak cukup untuk melebur permukaan benda kerja. Tetapi dalam beberapa kasus baik bila digunakan panas dan tekanan atau tekanan saja, bila energi yang dihasilkan cukup besar, maka dapat terjadi peleburan yang terlokalisasi hanya pada permukaan kontak. Jadi dalam pengelasan padat, ikatan metalurgi diperoleh dengan sedikit atau tanpa peleburan logam dasar. Syarat-syarat agar terjadi ikatan metalurgi yang baik :

- 1) Kedua permukaan kontak harus sangat bersih,
- 2) Kedua permukaan kontak satu sama lain harus saling menempel sangat rapat agar dapat terjadi ikatan atom.

Untuk beberapa proses pengelasan padat, waktu juga merupakan faktor penting. Keuntungan pengelasan padat dibandingkan pengelasan lebur :

- (a) bila tidak terjadi peleburan, maka tidak terbentuk daerah pengaruh panas (HAZ), dengan demikian logam disekeliling sambungan masih memiliki sifat-sifat aslinya;
- (b) kebanyakan proses ini menghasilkan sambungan las yang meliputi seluruh permukaan kontak, tidak seperti pada operasi pengelasan lebur dimana sambungan berupa titik atau kampuh las;
- (c) beberapa proses pengelasan padat dapat digunakan untuk menyambung logam yang tidak sama, tanpa memperhatikan ekspansi termal relatif, konduktivitas, dan permasalahan lain yang biasanya terjadi pada pengelasan lebur bila digunakan menyambung logam yang tidak sejenis.

Yang termasuk kelompok pengelasan padat antara lain :

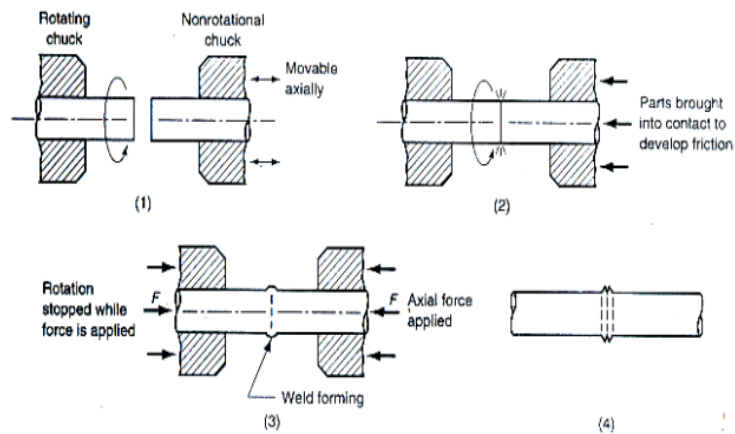
- i) pengelasan tempa (*forge welding*);
- ii) pengelasan dingin (*cold welding, CW*);
- iii) pengelasan rol (*roll welding, COW*);
- iv) pengelasan ledak (*explosion welding, EXW*);
- v) pengelasan gesek (*friction welding, FRW*);
- vi) pengelasan ultrasonik (*ultrasonic welding, USW*)

## 2.8 Pengelasan gesek

Penyambungan terjadi oleh panas gesek akibat perputaran logam satu terhadap lainnya dibawah pengaruh tekanan aksial. Kedua permukaan yang bersinggungan menjadi panas mendekati titik cair dan bahan yang berdekatan dengan permukaan menjadi plastis. Dalam gambar ditunjukkan cara pengelasan dua poros. Tahapan proses adalah sebagai berikut :

- (1) Salah satu poros diputar tanpa bersentuhan dengan poros yang lain, dengan memutar pemegang (*rotating chuck*),

- (2) Kedua poros satu sama lain disentuhkan sehingga timbul panas akibat gesekan,
- (3) Putaran dihentikan, poros diberi gaya tekan aksial, dan sambungan las terbentuk.



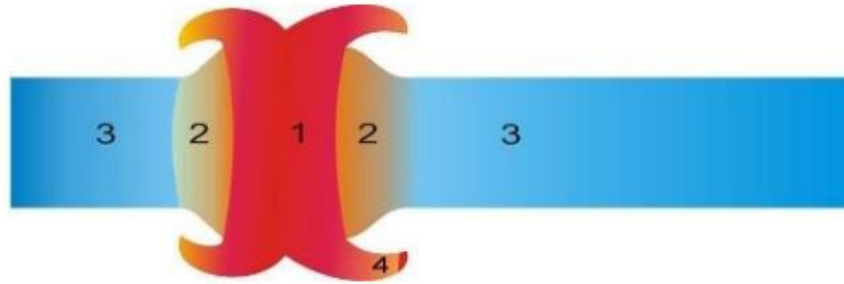
Gambar 2.3. Pengelasan gesek

(sumber: Siswanto,2018)

Kerugian dari proses ini terletak pada keterbatasan bentuk yang dapat dilas, sedang keuntungannya adalah peralatan yang digunakan sangat sederhana, proses berjalan sangat cepat, persiapan benda kerja sebelum pengelasan minim, dan hemat energi. Selain itu logam tak sejenis dapat disambung pula dan siklus pengelasan dapat diprogramkan dengan mudah. Las gesek banyak digunakan untuk penyambungan *plastic* (Siswanto,2018).

## 2.9 Daerah pengelasan gesek

Pengelasan gesek masuk kedalam pengelasan *non-fusion*, dalam pengelasan gesek terdapat beberapa daerah pengelasan seperti berikut.



Gambar 2.4. Daerah las gesek

(sumber: Purnomo, 2016)

Berdasarkan daerah pada pengelasan gesek menurut (purnomo 2016) dibagi menjadi 4 daerah pengelasan yaitu :

- (a) Daerah inti atau yang berwarna merah adalah daerah utama pengelasan yang mengalami pembekuan. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*).
- (b) *Heat Affected Zone* (HAZ) adalah daerah yang mengalami perubahan Struktur mikro dan sifat-sifat mekanismenya akibat pengaruh dari panas yang dihasilkan pada daerah inti. Daerah HAZ merupakan daerah palingkritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah tersebut.
- (c) Logam Induk adalah daerah dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan perubahan Struktur mikro dan sifat mekanik.

- (d) *Flash* adalah lelehan yang keluar dari pusat bidang gesekan dan tempaan

## 2.10 Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan Gesek

Adapun Kelebihan dan kekurangan dari *Friction Welding* adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan pengelasan gesek  
Kelebihan menggunakan proses penyambungan dengan las gesek antara lain :
  - a. Kebersihan permukaan sambungan tidak diperlukan, karena selama proses gesekan permukaan akan terkelupas dan terdeformasi kebagian luar.
  - b. Tidak memerlukan logam pengisi, pelindung *fluks* dan gas pelindung selama proses.
  - c. Tidak terdapat cacat akibat fenomena pencairan dan pembekuan.
  - d. Dimungkinkan untuk menyambung dua material logam yang berbeda.
  - e. Ongkos pengerjaan lebih ringan.
2. Kekurangan pengelasan gesek  
Namun dalam proses pengelasan gesek memiliki keterbatasan yaitu ;
  - i. Benda yang disambung harus simetris
  - ii. Proses umumnya terbatas pada permukaan plat dan bentuk batang bulat.
  - iii. Salah satu material yang disambung harus memiliki sifat mampu dideformasi secara plastis (Tiwon dan Ardian, 2005).

## 2.11 Parameter Pengelasan Gesek

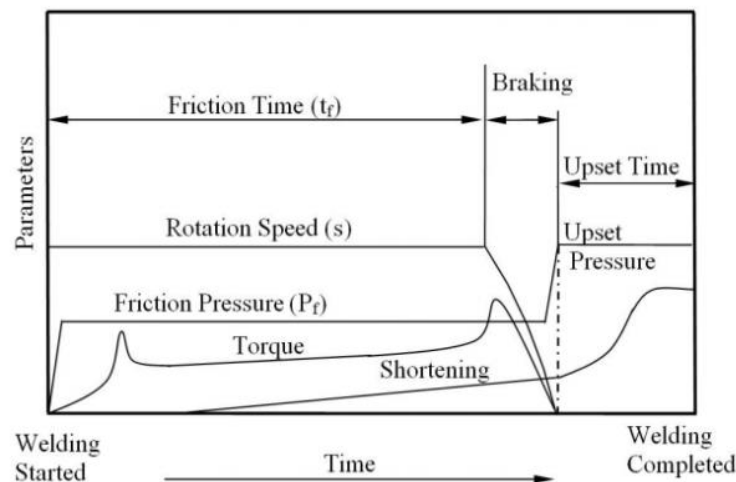
Kualitas hasil pengelasan gesek sangat tergantung pada parameter proses pengelasan. Parameter pengelasan meliputi: waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar (Spindler, 1994).

Keberhasilan las gesek dipengaruhi oleh 5 faktor, yang berhubungan dengan sifat material dan kondisi kerja. Adapun kelima faktor tersebut yaitu:

- (1) Kecepatan relatif antar permukaan.
- (2) Tekanan yang dikenakan.
- (3) Temperatur yang terbentuk pada permukaan.
- (4) Sifat bulk dari material.
- (5) Kondisi permukaan dan kehadiran lapisan tipis pada permukaan.

Ketiga faktor yang pertama berhubungan dengan kondisi proses pelaksanaan las gesek. Sedangkan dua faktor yang terakhir tergantung dari sifat material logam yang disambung. Selama proses las gesek timbulnya panas dipermukaan dikontrol oleh kecepatan relatif antar permukaan, tekanan yang dikenakan dan lamanya penekanan.

Kondisi temperatur permukaan merupakan parameter yang kritis untuk menghasilkan sambungan yang baik. Dan hal tersebut tergantung dari kondisi proses dan material yang disambung. Sifat bulk material dan kondisi permukaan mempengaruhi karakteristik gaya gesek dan tekan dari material yang disambung (Tiwan dan Ardian, 2005).

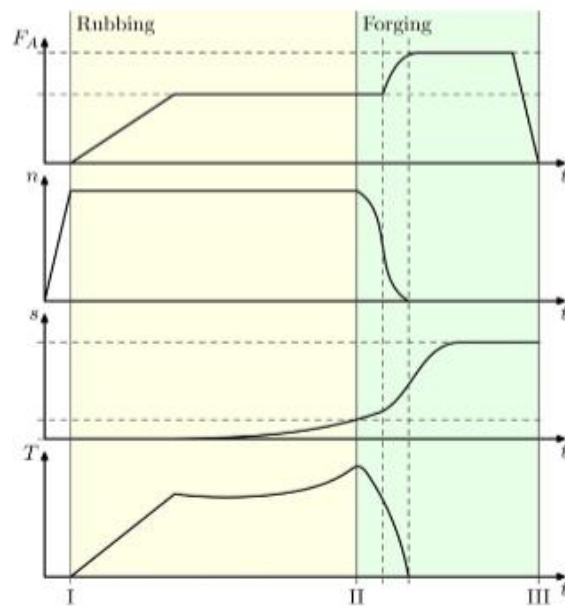


Gambar 2.5. Parameter las gesek.

(sumber: Sahin, 2008).

Menurut (Sahin, 2008). parameter pengelasan gesek, menyoroti langkah-langkah proses utama menjadi umpan *aksial* ( $s$ ), gaya *aksial* ( $F_a$ ), torsi ( $T$ ), dan putaran ( $n$ ). prosedur pertama menggunakan energi dari putaran untuk menghasilkan gesekan, dimana selama proses penggesekan terus didorong. Mengenai bentuk paling sederhana dari kontrol proses adalah gaya dorong, yang berarti bahwa kecepatan putar dan gaya aksial diberikan bergantung waktu yang diinginkan, lalu torsi dan umpan ditentukan oleh fisika las. Selama proses itu di bedakan antara tahap penggesekan (*rubbing*) proses I-II dan tahap penempaan (*forging*) proses II-III.

Parameter pengelasan gesek adalah gaya gesek, penempaan, waktu gesekan, kecepatan putar. Untuk mengoptimalkan parameter-parameter tersebut dan mengendalikan prosesnya tidak dapat dihindari untuk memahami fenomena fisik dari proses tersebut. Model-model yang ditemukan dalam *literature* umumnya dapat dibagi dalam termal murni dan termal termokopel. Perwakilan dari kelompok pertama lebih focus pada prediksi suhu dalam las gesek, sedangkan pendekatan yang digabungkan secara mekanis dapat dikategorikan dalam model *computational solid mechanics* (CSM) dan *computational fluidy-model namics* (CFD) (Schmicker et al., 2015).



Gambar 2.6. Parameter pengelasan gesek.

(sumber: Schmicker et al., 2015)

## 2.12 Kecacatan pada Las

Cacat las adalah suatu keadaan hasil pengelasan dimana terjadi penurunan kualitas dari hasil pengelasan. Kualitas hasil lasan yang dimaksud adalah berupa turunnya kekuatan dibandingkan dengan kekuatan bahan dasar base metal, tidak baiknya performa/tampilan dari suatu hasil las atau dapat juga berupa terlalu tingginya kekuatan hasil lasan sehingga tidak sesuai dengan tuntutan kekuatan suatu konstruksi. Terjadinya cacat las ini akan mengakibatkan banyak hal yang tidak diinginkan dan mengarah pada turunnya tingkat keselamatan kerja. baik keselamatan alat, pekerja, lingkungan dan perusahaan.

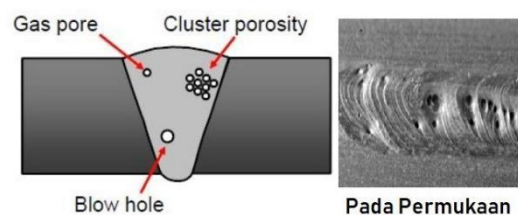
Di samping itu juga secara ekonomi akan mengakibatkan melonjaknya biaya produksi dan akan mengakibatkan kerugian. Kecacatan pada hasil pengelasan dapat disebabkan beberapa faktor, yaitu: manusia, lingkungan, material, dan metode. Faktor-faktor penyebab ini dapat terjadi secara bersamaan dan saling mempengaruhi misalnya kualifikasi dan pengalaman tukang las yang kurang menyebabkan bekerja tidak sesuai dengan metode yang benar dan tidak



memahami kondisi lingkungan yang ideal untuk pengelasan. Sehingga terjadinya kecacatan pada hasil pengelasan dapat disebabkan oleh beberapa sebab. Dalam penelitian ini difokuskan pada faktor lingkungan dengan melakukan mengkondisikan lingkungan kerja pengelasan seideal mungkin dengan beberapa upaya. Termasuk untuk menghindari cacat dan kerusakan pada material, manusia dapat mengupayakan melindungi material agar tidak mengalami korosif termasuk penggunaan kawat las (*electrode*) yang sesuai untuk menghindari cacat las seperti *slag inclusion* dan *incomplete fusion*. Beberapa cacat las yang dapat diidentifikasi pada pembuatan *blast furnace shell* adalah sebagai berikut.

*Undercut*, merupakan benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi/kg lasan (manik-manik las) di mana alur benda kerja yang mencair tersebut tidak terisi oleh cairan las. *Undercut* menyebabkan slag terjebak di dalam alur yang tidak terisi oleh cairan las. cacat ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal, antara lain : (farid,2019)

- (1) Berlebihan *ampere / voltage*.
- (2) Kecepatan perjalanan yang terlalu berlebihan .
- (3) Sudut kawat las yang kurang benar .
- (4) Tenun atau capping yang berlebihan .Teknik pengelasan yang .

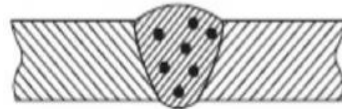


Gambar 2.7. Porositas

(sumber: achmadi, 2019)

*Porosity* merupakan salah satu cacat yang dikarenakan adanya gas yang terperangkap di daerah lasan dalam jumlah yang melebihi syarat batas, penyebab lain adalah penggunaan kawat las basah, sehingga dapat menimbulkan *porosity*, masih adanya bekas cat, oli di material yang tidak

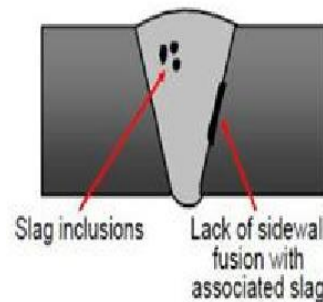
dibersihkan terlebih dahulu, sehingga menyebabkan terjadinya cacat hasil pengelasan, dan adanya material yang kotor atau karat, sehingga cairan kawat las tidak menyawa dengan logam atau material yang akan dilakukan pengelasan yang mengakibatkan hasil pengelasan tersebut cacat *porosity*.



Gambar 2.8. Slag inclusion

(sumber: Achmadi, 2019)

*Slag inclusion* dapat terjadi akibat pembersihan (*cleaning*) area hasil pengelasan yang kurang bersih, sehingga *flux* penutup hasil pengelasan masih menempel dibagian atas hasil las. Hal ini juga dapat diakibatkan penggunaan *flux* pada pengelasan yang berlapis.



Gambar 2.9. Crack

(sumber: Achmadi, 2019)

*Crack* merupakan cacat yang diakibatkan oleh terlalu besarnya jarak (*gap*) yang akan di las, tekanan arus yang terlalu kuat, bahkan material yang kotor terus dilakukannya pengelasan, sehingga terjadinya retak pada hasil pengelasan maupun pada material.

### III. METODE PENELITIAN

Tugas akhir ini dilakukan untuk menganalisa hasil pengelasan gesek dari alat yang dirancang oleh peneliti sebelumnya dengan menggunakan metode perancangan pembuatan otomasi dan pengujian merancang sistem kerja motor listrik untuk menggerakkan *quill tailstock* maju-mundur dan menggunakan mikrokontroler sebagai sistem kendali pada sensor yang akan digunakan agar dapat mengolah data yang di hasilkan oleh sensor sehingga menjadi angka dan dapat di analisa hasil proses pengelasannya oleh komputer.

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan penelitian tugas akhir dapat dilihat.

##### (a) Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di beberapa tempat, yaitu sebagai berikut:

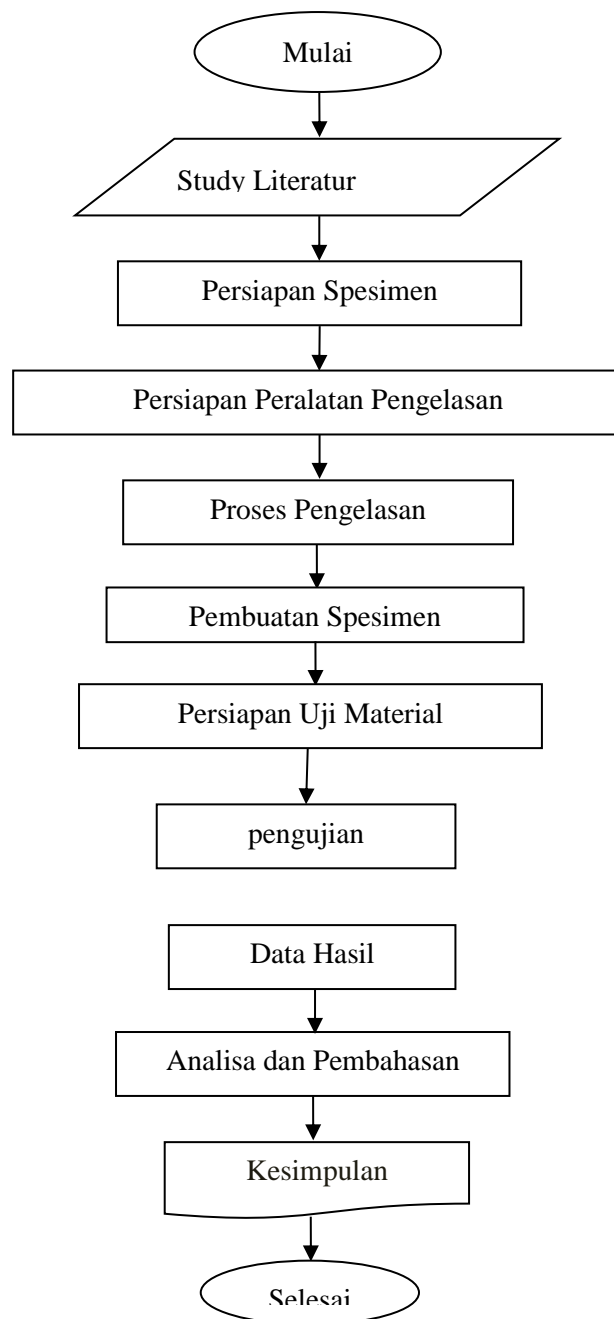
1. Pembuatan *specimen* dan pengelasan dilakukan di Lab. Produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung.
2. Pengujian Tarik dilakukan di Lab. Material Universitas Lampung, Bandar Lampung.
3. Pengujian Struktur mikro dilakukan di Lab Material ITERA.

##### (b) Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2020 sampai dengan Mei 2021.

### 3.2. Alur Penelitian

Adapun urutan langkah dalam proses penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini dijabarkan dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3.1. Diagram Alir

### 3.3. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi.

- i) Magnesium dan Paduan magnesium

Tabel 3.1. Komposisi dan Sifat Mekanik Magnesium AZ31  
(Wiryo Sumarto dan Okumura, 2004).

Kode Paduan	Komposisi Kimia (%)			Berat Jenis (kg/mm <sup>2</sup> )	Perlakuan	Sifat Mekanik		
						Kekuatan Terjamin (MPa)	Kekuatan Tarik (MPa)	Perpanjangan (%)
AZ31	Al	Mn	Zn	1,77	Anil	147,099	254,972	21
	3,0	0,3	1,0		Keras Regang	215,746	294,199	15

- ii) Mesin Bubut

Spesifikasi mesin bubut

Merk : PINACHO

Type : S-90/200

Penyerahan : 22-8-2000

Buatan : SPAIN, JULY 1999

#### **MOTOR**

Main Motor Power : 4 Kw

Pump Motor Power : 0.06 Kw

#### **SPEKIFIKASI**

Central High : 200 mm

Central Distance : 750 – 1150 mm

Swing Over Bed : 400 mm

Swing Over Grap : 600 mm

Swing Over Carriage : 370 mm

Swing Cross Slide : 210 mm

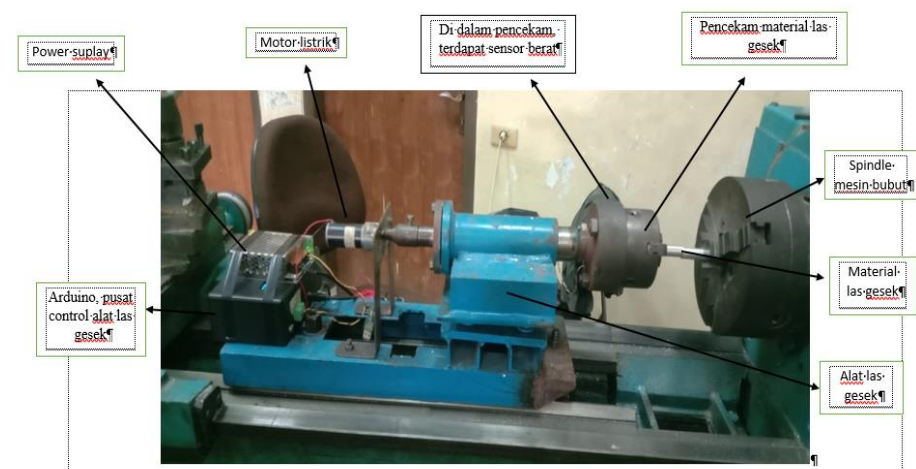
Bed width : 300 mm



Gambar 3.2. Mesin Bubut

iii) Alat Las Gesek

Alat las gesek yang digunakan adalah alat las gesek dengan penggerak motor maju mundur berbasis pengendali otomatis.



Gambar 3.3. Alat Las Gesek

iv) Mesin uji tarik

Untuk mengetahui kekuatan tarik dari sambungan lasan, spesimen diuji dengan mesin uji tarik MTS Landmark berkapasitas 100 KN.



Gambar 3.4. mesin uji Tarik

#### SPESIFIKASI

Merk : MTS Landmark

Kapasitas : 100 kN

Tipe : U PD 10

Tahun : 2015

Memiliki tiga skala pengukuran beban:

A = 0 s/d 20 kN

A+B = 0 s/d 50 kN

A+B+C = 0 s/d 100 k

#### v) Mikroskop optik



Gambar 3.5, mikroskop optic.

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Proses pengelasan dengan metode pengelasan gesek dilakukan di Laboratorium Produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung dimana parameter pengerjaannya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Parameter percobaan pengelasan gesek

NO	D (mm)	L (mm)	N (rpm)	Waktu Gesek (menit)	Forging time (Detik)	Forging Load (kg)	Forging speed (mm/putaran)
1	15	200	1150	2	30	2	4
2					30	2	4
3					30	2	4
4			1400		30	2,5	4
5					30	2,5	4
6					30	2,5	4
7			1750		30	3	4
8					30	3	4
9					30	3	4

Tabel 3.2. menunjukkan parameter yang digunakan dalam eksperimen pengelasan gesek, diameter benda uji (D), Panjang benda uji (L), kecepatan putar *spindle* (N), waktu penggesekan (t), *forging time* (Ft), *forging load* (P), *forging speed*.

Adapun tahapan pengerjaan pengelasan adalah sebagai berikut:

- (a) Menyiapkan benda uji untuk pengelasan, Panjang 100 mm dan diameter 15 mm.
- (b) Prosedur Pengelasan:

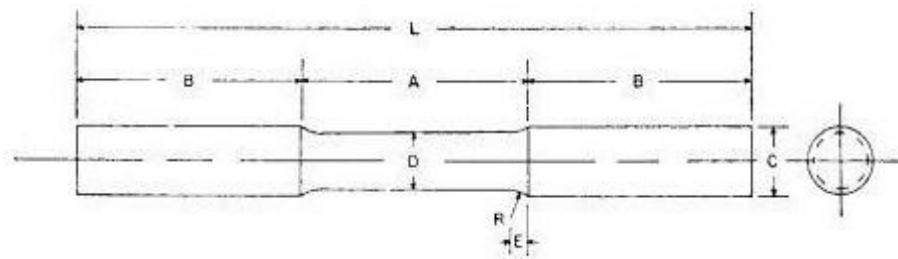


1. Mempersiapkan terlebih dahulu alat las gesek dan seperangkat elektronika alat las gesek.
2. Meletakkan alat las gesek keatas meja mesin bubut dan pastikan rel mesin bubut dalam keadaan bersih.
3. Mengatur jarak pada alat ke *spindle* yang diperlukan dalam pengelasan.
4. Mengunci dudukan alat yang terletak dibagian depan dan belakang alat.
5. Mengkalibrasi sensor tekan alat terdapat didalam *chuck*.
6. Memasang seperangkat *chuck* pada dudukan pada alat.
7. Memasang seperangkat elektronika alat dibagian belakang dan mencolokkan ke daya listrik.
8. Menyambungkan kebel dinamo dan sensor kabel *power supply*.
9. Mengkalibrasi ketinggian alat dengan *spindle* mesin bubut.
10. Memasang benda kerja yang akan di uji, pastikan terkunci dengan kuat dan pastikan kembali benda kerja dalam keadaan sejajar.
11. Mengatur kecepatan *spindle* mesin bubut yang akan dibutuhkan.
12. Mendekatkan benda kerja yang akan diuji hingga menempel.
13. Mengatur alat elektronika sesuai parameter yang di inginkan.
14. Menghidupkan *spindle* mesin bubut.
15. Menghidupkan elektronika alat.
16. Menunggu beberapa saat benda mengalami gesekan hingga mengalami cair pada permukaannya dan sensor alat elektronika berbunyi.
17. Matikan *spindle* mesin bubut setelah selesai.
18. Menunggu proses *forging* load sesuai waktu yang di inginkan.
19. Melepaskan benda kerja dari *spindle*.

20. Menekan tombol *push button* mundur pada elektronika untuk menarik benda kerja mundur dan mengembalikan keposisi awal.
21. Menekan tombol *push bottom* mundur untuk mematikan kerja motor.
22. Melepaskan benda kerja yang terkunci pada alat dan mengambil benda kerja yang panas dengan kain serta melihat hasil pengujian.
23. selesai.

### 3.5. Pengujian Kualitas Lasan

Sebelum dilakukan pengujian kualitas pengelasan gesek spesimen di bentuk sesuai dengan dimensi yang sudah di tentukan, dapat dilihat pada gambar 3.7. Setelah di bentuk sesuai dimensi yang sudah ditentukan baru dilakukan pengujian kualitas pengelasan.



Gambar 3.6. Spesimen Uji Tarik standar ASTM E-8

(<https://www.galvanizeit.com/uploads/ASTM-E-8-yr-13.pdf>)

L :170 mm	R : 10 mm	D : 12 mm
A :50 mm	C : 15 mm	E :5 mm

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E-8. Proses pengujian dimulai dengan meletakkan kertas *millimeter block* pada *plotter*. Kemudian mengukur benda

uji dengan menggunakan tenaga hidrolik dimulai dari 0 kg dan terus bertambah hingga benda putus pada beban maksimum. Setelah benda uji putus kemudian diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus. Untuk melihat beban dan gaya maksimum benda uji terdapat layar digital dan dicatat sebagai data. Setelah semua data diperoleh kemudian menghitung kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan perpanjangan benda.

Tabel 3.3. Data uji tarik

RPM	Waktu Gesek (Menit)	Forging time ( Detik)	Forging load (kg)	Ultamate Stress (MPa)	Posisi Patah
1150	2	30	2		
		30	2		
		30	2		
1400	2	30	2,5		
		30	2,5		
		30	2,5		
1750	2	30	3		
		30	3		
		30	3		

Tabel 3.4. Data struktur mikkro

Jenis material	No test	Jenis perlakuan	Gambar Sruktur Mikro
Magnesium AZ31	1	<i>Friction welding</i>	
	2	<i>Friction welding</i>	

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang pengaruh variasi waktu penempaan ) pada proses las gesek terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan Magnesium AZ-31 dapat di simpulkan sebagai berikut.

- 1) Dari hasil pengelasan gesek dengan variasi kecepatan *spindle* 1150 Rpm, 140 Rpm, 1750 Rpm, dan *forging load* 2 kg, 2.5 kg, dan 3 kg, menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda, kekuatan tarik tertinggi 185,053 MPa, 146,792 MPa, 146,389 MPa apabila di rata-ratakan sebesar 159,4113 MPa dan hasil uji tarik terendah dengan variasi kecepatan *spindle* 1150Rpm, *forging load* 2 kg, menghasilkan *ultimate stress* sebesar 70,526 MPa, 76,152 Mpa, 100,274 MPa di rata-ratakan menjadi 82,31733 MPa Hasil dari pengujian tarik menunjukkan bahwa semakin besar *forging load* dan kecepatan *spindle* diberikan maka semakin baik sambungan las yang dihasilkan. Karena saat *weldzone* dalam keadaan *semisolid* diberikan *forging load* sesuai dengan waktu yang ditentukan yang mengakibatkan *weldzone* dan *heat affected zone* lebih padat yang membuat sambungan lasan akan semakin kuat.
- 2) Dari hasil uji struktur mikro terdapat perubahan struktur *ferit* di akibatkan karena panas yang di akibatkan saat pengelasan gesek yang dapat merubah struktur mikro, dari kedua *specimen* yang di lakukan pengujian struktur mikro terlihat bentuk patahan yang tidak beraturan.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan terhadap penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- (a) Penelitian ini masih dapat dikembangkan lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dengan menggunakan parameter yang lebih tinggi ataupun lebih bervariasi lagi.
- (b) Alat pengelasan gesek otomatis yang digunakan dapat dikembangkan dan disempurnakan lagi dengan mengganti motor listrik dengan kekuatan yang lebih tinggi.
- (c) Alat pengelasan gesek otomatis yang digunakan dapat disempurnakan lagi dengan mengganti tenaga *forging load* dari motor listrik dengan tenaga *hidraulik* agar tenaga *forging load* dapat ditingkatkan lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. Macam macam cacat las dan penyebabnya Serta serta cara mengatasinya.  
<https://www.pengelasan.net/cacat-las/>. Di akses 12 juli 2020.
- Awal Syahrani. Naharuddin. Muhammad Nur.2018. Analisis kekuatan tarik, kekerasan, dan Struktur mikro pada pengelasan smaw *stainless stell* 312 dengan variasi listrik.Jurnal Mekanikal, Vol. 9 No.1: Januari 2018: 814-822
- D. Schmicker, K. Naumenko and J, Strackeljan,2015. *A holistic Approach on the Simulation of Rotary-Friction-Welding*.Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany
- Farid Wajdi. Darna Wiguna.2015. “pengukuran dan intervensi pengendalian kualitas pengelasan *blast furnance shell denganmetode plant, do, checkaktion* (PDCA)”. Jurnal *Intech Teknik Industri* ISSN: 2407-781x
- H.Kuscu, I. Becenen, M. Sahin.2008.*Evaluation of Temperature and Properties at Interface of AISI 1040 Steel Joined by Friction Welding, Assembly Automation, Asembly automationthe international journal of assembly technology Assembly Automation*, Vol. 28 No. 4, pp. 308-316. <https://doi.org/10.1108/01445150810904468>
- Irawan, Y.S.. Imawan, B. Soenoko, R., & Purnomo, H. (2016). *Effect of Surface Roughness and Chamfer Angle on Tensile Strength of Round Aluminum A6061 Produced by Continuous Drive Friction Welding. Journal of Engineering and Applied Sciences, journal of engineering and applied sciences* 11 (6):1178-1185, 2016.

- Lukman hadi surya. 2008.proses perolehan Magnesium dengan cara elektrolisis bahan hidromagnesit dan Magnesium oksida. tugas akhir universitas Indonesia,depok.
- Muhammad Iqbal. Irza Sukmana.Yanuar Burhanuddin,2018. “Studi Sifat Mekanik Magnesium AZ31 Hasil Proses Pengecoran Tekan (*Squeeze Casting*)”. Jurnal Energi dan Manufaktur Vol. 11 No. 1, April 2018 (1-5)
- Muhammad Iswar.Rafiuddin Syam. 2012. Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan (Putaran dan Temperatur) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Hasil *Friction Welding* Pada Baja Karbon Rendah. Jurnal Mekanikal, Vol. X No. X: Januari 2012: 254-260
- Nur Husodo. Budi Luwar Sanyoto. Sri Bangun Setyawati. Mahirul Mursid.2013. Penerapan TeknologiLas Gesek (*Friction Welding*) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada ProdukBackSpring Pin. Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6, No.1, April 2013: 1-94
- Riswan dwi djadmiko.2008.teori pengelasan logam. Universitas negeri Yogyakarta.
- Rudi siswanto.2018. “eknologi pengelasan. Universitas lambung Mangkurat,Banjarmasin.
- Satoto, Ibnu, 2002,Kekuatan Tarik, Struktur mikro, Dan Struktur Makro Lasan *Stainless Steel* Dengan Las Gesek (*Friction Welding*). jurnal: Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- Tiwan. Aan ardian.2005.penyambungan baja aisi 1040 batang silinder pejal dengan *friction welding*. Tugas akhir Universitas negeri Yogyakarta.
- Wiryo Sutomo, H dan Okumura,T. (2000), Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta, PT. Pradnya Paramitha.