

**PENGARUH WAKTU KONTAK *FRICITION WELDING*
MAGNESIUM AZ31 TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN
LAS**

(Skripsi)

Oleh
SOLIHIN



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG-BANDAR LAMPUNG
2016**

**PENGARUH WAKTU KONTAK *FRICITION WELDING* MAGNESIUM
AZ-31 TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS
(Skripsi)**

Oleh

Solihin

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **PENGARUH WAKTU KONTAK *FRICITION WELDING* MAGNESIUM AZ-31 TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS**

Nama Mahasiswa : **Solihin**

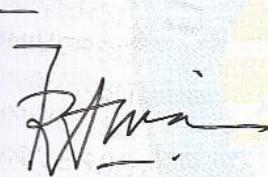
Nomor Pokok Mahasiswa : **0915021063**

Program Studi : **Teknik Mesin S1**

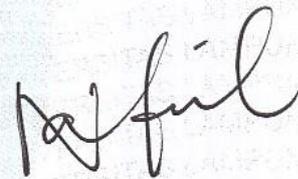
Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T.
NIP 197008122001 121 001



Nafrizal, S.T., M.T.
NIP 196911062000031001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

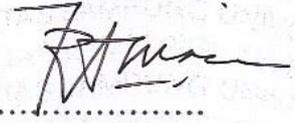


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 197408162000121001

MENGESAHKAN

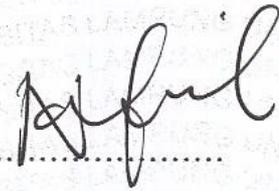
1. Tim Penguji

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



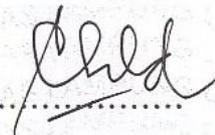
.....

Sekretaris : **Nafrizal, S.T., M.T.**



.....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Tarkono, S.T., M.T.**



.....

2. Dekan Fakultas Teknik




Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 1962 0717 1987 03 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Agustus 2016**

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU KONTAK *FRICITION WELDING* MAGNESIUM AZ-31 TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS

Oleh :
SOLIHIN

Pengelasan merupakan suatu proses penting di dalam dunia industri dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari pertumbuhan industri,. Salah satu teknik pengelasan tanpa menggunakan logam tambahan adalah *friction welding*. *Friction welding* (FW) merupakan teknik pengelasan dengan cara menggesekkan dua permukaan material dan suhu material yang di las dalam kondisi lumer (tidak mencapai titik cair). Dalam proses *friction welding* salah satu material berputar dan material lainnya diam, kemudian material yang tidak berputar di gesekkan pada material yang berputar dengan diberi penekanan sampai kedua material mencapai kondisi lumer lalu mesin dihentikan dan terjadi penyatuan material.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi pengujian waktu kontak pengelasan, yaitu pengujian dengan waktu kontak selama 3 menit, 5 menit, dan 10 menit. Sedangkan Rpm yang digunakan adalah 1400 rpm. Pada pengujian dengan waktu gesek selama 3 menit didapatkan hasil uji kekuatan tarik yang paling optimal, yaitu sebesar 16,78 Mpa. Sedangkan pengujian dengan waktu kontak selama 10 menit mempunyai nilai uji kekuatan tarik terkecil yaitu sebesar 4,25 Mpa. Dan waktu kontak selama 5 menit didapatkan hasil uji kekuatan tarik sebesar 13,08 Mpa. Dan untuk nilai hasil pengujian kekerasan *Rockwell* didapat nilai kekerasan rata-rata pada waktu kontak 3 menit sebesar 60 HR_E pada daerah *stir zone* dan 69,6 HR_E pada daerah HAZ. Untuk waktu kontak selama 5 menit diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 60 HR_E pada daerah *stir zone* dan 64,6 HR_E pada daerah HAZ. Sedangkan waktu kontak selama 10 menit diperoleh nilai kekerasan *Rockwell* sebesar 60 HR_E pada daerah *stir zone* dan 60,6 HR_E pada daerah HAZ.

Kata kunci : *Friction Welding*, Magnesium AZ-31, Pengujian tarik, Kekerasan *Rockwell*, Struktur makro.

ABSTRACT

THE EFFECT OF CONTACT TIME ON FRICTION WELDING MAGNESIUM AZ-31 TOWARD THE QUALITY OF WELDING JOINT

**By :
SOLIHIN**

Welding process is an important process in industrial engineering. Friction welding is an unseparated growing part of it. One of the welding techniques without using an additional metal is friction welding. Friction welding (FW) is a welding technique by frictioning two surfaces of the material and the temperature of the weld material in the molten state (melting point not reached). In the friction welding process, one of the materials rotates and the other is not, then the non-rotating material is frictioned on a rotating material with emphasis until the molten condition is reached then the machine stopped when the materials fused.

The research is done by some variations of test of welding contact, the variations of welding contact are 3 minutes, 5 minutes, and 10 minutes while using 1400 rpm. In the 3 minutes friction test obtained 16,78 Mpa optimal tensile strength. In the 10 minutes contact test obtained the smallest tensile strength amount 4,25 Mpa. In the 5 minutes contact test obtained 13,08 Mpa. The average-value Rockwell tested in the 3 minutes contact time is 60 HR_E in the stir zone and 69,6 HR_E in the HAZ zone. In the 10 minutes contact time obtained 60 HR_E in the stir zone and 60,6 HR_E in the HAZ zone.

Keywords : *Friction Welding*, Magnesium AZ-31, Tensile Strength, Rockwell Hardness, Micro Structure

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Buay Nyerupa pada tanggal 14 November 1990 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Salim dan Ibu Rasinah.

Penulis menyelesaikan Pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 06 Buay Nyerupa pada tahun 2003, Pendidikan sekolah menengah pertama Madrasah Tsanawiyah Negeri Liwa pada tahun 2006 dan Pendidikan sekolah menengah atas di SMK Negeri 2 Mei Bandar Lampung pada tahun 2009. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2009 melalui jalur Ujian Mandiri (UM).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Anggota Divisi Minat dan Bakat pada periode 2010-2011 dan menjadi Ketua Divisi Otomotif pada periode 2011-2012. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Kereta Api Pesero SUB.DIVRE III Tanjung Karang pada tahun 2014. Penulis mulai melakukan penelitian sejak bulan September 2015 dan mengambil judul “Pengaruh Waktu Kontak Pada *Friction Welding* Magnesium AZ-31 Terhadap Kualitas Sambungan Las” di bawah bimbingan Bapak Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan Bapak Nafrizal, S.T, M.T. selaku pembimbing pendamping.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang senantiasa mencurahkan nikmat, rahmat, dan karunianya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Tugas akhir ini dibuat sebagai rasa ingin tahu penulis mengenai las gesek (*friktion welding*), mulai dari prinsip dasar, prinsip kerja, kelebihan dan kekurangan las gesek, serta merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar "Sarjana Teknik" pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan laporan skripsi ini.

Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapakku yang hebat dan Ibu yang selalu aku sayangi.
Terima kasih atas dedikasinya baik dukungan moril maupun materil serta serta selalu mendoakan yang terbaik untuk anak tercintanya ini.

2. Kakak ku tercinta Nur Hasanah & Kusmawati, Istriku Tercinta Etin Sri Rohmayanti dan seluruh keluarga serta para keponakan ku yang telah memberikan dukungan, do'a dan membantu penulis
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Unila.
4. Bapak Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, saran, serta nasehat selama proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Nafrizal, S.T., M.T selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Tarkono, S.T.,M.T. selaku dosen pembahas pada laporan tugas akhir yang penulis seminarkan.
7. Bapak Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah membantu kelancaran skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
9. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Rekan – rekan Teknik Mesin 2009, Ari Ardianto, S.T., Ardian Prabowo, S.T., Iqbal Deby, S.T., Ronal Yaki, S.T., Erick Irham Sanjaya, S.T, Tunas Dewantara, S.T., Gunawan Efendi, S.T., Andi Saputra, S.T. (mekek), M.Irwan, S.T., Lambok Silalahi, S.T., Wili Alfani, S.T., Anisa Rachman,

S..T., Lingga Aditya Yuono, S.T., Tri Wibowo, S.T., ARizal Ahmad Fadhil, S.T., Mei Hartanto, S.T. dan Agus Rantau Jaya, S.T., tanpa menghilangkan jasa – jasa kawan yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih untuk motivasi yang telah kalian berikan.

11. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah ikut serta membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis pribadi mohon maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan dan kehilafan tersebut. Saran dan masukan yang sifatnya membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kebaikan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis pribadi, dan umumnya bagi semua yang membacanya.

Bandar Lampung, 28 Agustus 2016

Penulis,

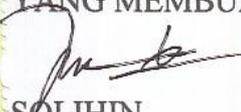
Solihin

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI 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


SOLIHIN
0915021063



PERSEMBAHAN

Dengan segala ketulusan hati dan penuh kebanggaan, sebuah karya sederhana ini kupersembahkan untuk:

**Orangtuaku, Bapak Salim
dan Ibu Rasinah**

Kakak ku Nur Hasanah, Kusmawati & Sukimin

Istriku Etin Sri Rohmayanti

Sahabat serta keluarga Teknik Mesin 2009

*ALMA MATER KU TEROMBA
UNIVERSITAS LAMPUNG*



DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	4
C. Batasan Masalah	4
D. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengelasan	6
1. Las Busur Listrik	6
2. Las Oksi Asetilen (<i>Oxyacetilene Welding</i>)	8
3. Las Busur Tungsten Gas Mulia (<i>GTAW</i>)	10
4. Las Busur Logam Gas (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	11
5. Las Busur Electroda Terbungkus (<i>SMAW</i>)	12
6. Las Busur Rendam (<i>SAW</i>)	13
7. Las Terak Listrik (<i>Electroslag Welding</i>)	13
8. Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>)	14
B. <i>Friction Welding</i>	15
C. Magnesium	16

D. Kekuatan Tarik	19
E. Struktur Makro	23
F. Kekerasan <i>Rockwell</i>	24

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	30
B. Alat Dan Bahan	30
1. Magnesium AZ-31	30
2. Mesin Bubut	31
3. Mesin Gergaji Besi	32
4. Mesin Uji Tarik	33
5. Mikroskop	34
6. Alat Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	35
C. Pelaksanaan Penelitian	36
D. Pengujian Kualitas Lasan	37
E. Diagram Alur Penelitian	39

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian dan Pembahasan	40
1. Foto Hasil <i>Friction Welding</i>	40
2. Data Uji Mekanik	42
a. Uji Tarik	42
b. Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	47
c. Uji Metalografi	49

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	52
B. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Las Busur	8
Gambar 2. Tabung <i>oxycetilene</i> dan oksigen untuk pengelasan oksiasetilen ...	9
Gambar 3. Nyala netral	9
Gambar 4. Las <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW)	11
Gambar 5. Pengelasan GMAW	11
Gambar 6. Pengelasan SMAW	12
Gambar 7. Pengelasan SAW	13
Gambar 8. Las Terak Listrik	14
Gambar 9. Proses pengelasan gesek (<i>friction welding</i>)	16
Gambar 10. Magnesium murni	17
Gambar 11. Penamaan paduan magnesium	18
Gambar 12. Mesin Uji Tarik (<i>Universal Testing Machine</i>)	21
Gambar 13. Batas Elastik Dan Tegangan Luluh	22
Gambar 14. Kurva tegangan-regangan teknik	23
Gambar 15. Alat Uji Foto makro	24
Gambar 16. Cara kerja mesin penguji kekerasan Rockwell	27
Gambar 17. Media Pengujian <i>Rockwell</i>	28
Gambar 18. Material Magnesium AZ31	30
Gambar 19. Mesin Bubut	31
Gambar 20. Mesin Gergaji Besi	32
Gambar 21. Mesin Uji Tarik	33
Gambar 22. Mikroskop	34
Gambar 23. Alat Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	35
Gambar 24. Diagram alur penelitian	39

Gambar 25. Hasil las FW waktu kontak 3 menit	40
Gambar 26. Hasil las FW waktu kontak 5 menit	40
Gambar 27. Hasil las FW waktu kontak 10 menit	40
Gambar 28. Sampel standar uji tarik ASTM-E8 volume 3	42
Gambar 29. Spesimen uji tarik magnesium AZ-31	43
Gambar 30. Grafik hubungan waktu kontak dan kekuatan tarik	45
Gambar 31. Grafik hubungan regangan dan waktu kontak	46
Gambar 32. Hasil foto makro waktu kontak 3 menit	50
Gambar 33. Hasil foto makro waktu kontak 5 menit	50
Gambar 34. Hasil foto makro waktu kontak 10 menit	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi magnesium pada paduan magnesium	18
Tabel 2. Skala kekerasan <i>Rockwell</i> dan Huruf Depan	28
Tabel 3. Parameter pengelasan	36
Tabel 4. Data Uji Tarik	37
Tabel 5. Hasil pengelasan magnesium AZ-31	41
Tabel 6. Data uji tarik hasil proses FW dan posisi perpatahan	44
Tabel 7. Data uji kekerasan <i>Rockwell</i> las FW magnesium AZ-31	47

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengelasan adalah proses penyambungan setempat antara dua bagian logam dengan cara memanaskannya hingga mencapai titik leleh dari logam tersebut dengan memanfaatkan energi panas yang berasal dari nyala busur ataupun gesekan. Pengelasan merupakan suatu proses penting di dalam dunia industri dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari pertumbuhan industri, karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam (Budi Santoso, 2014).

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. Banyak orang yang berusaha mengembangkan dalam mencari efisiensi-efisiensi yang lebih baik di bidang teknik pengelasan (Saripuddin M, 2013).

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi kesehatan di antaranya adalah sebagai implan dalam proses penyambungan tulang yang patah. Pada umumnya bahan implan yang digunakan berasal dari logam yang memiliki unsur kandungan berbeda dengan kandungan tulang, sehingga tidak dapat menyatu dengan tulang dan diperlukan tindakan operasi lanjutan untuk melepas logam pin sambungan pada tulang. Dalam beberapa tahun terakhir logam mampu luruh telah banyak digunakan sebagai bahan implan, dimana salah satu jenis logam ini adalah magnesium (Mg). Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan dengan karakteristik yang hampir sama dengan aluminium tetapi magnesium memiliki titik cair yang lebih rendah dari pada aluminium. Magnesium bersifat lembut dengan modulus elastis yang sangat rendah. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam-logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nikel dalam sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada didalam kisi hexagonal sehingga tidak mudah terjadi slip. Karena sifat yang dimiliki itulah sehingga magnesium dapat menyatu dengan tulang sehingga tidak diperlukan tindakan operasi lanjutan untuk melepaskan pin sambungan pada tulang (A. K. Nasution, 2014).

FW (*friction welding*) 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 (Poedji Haryanto, 2011). Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (Alfian Ferry Ardianto, 2015).

Penelitian *Friction Welding* masih dapat dikembangkan, seperti variasi benda kerja, variasi suhu pemanasan awal. Metode ini menghasilkan daerah TMAZ (*thermomechanically affected zone*) 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 pengelasan *Friction Welding* memiliki permukaan yang lebih halus dan rata dari hasil pengelasan tradisional lain, kuat dan tidak ada pori-pori yang timbul. Proses ini ramah terhadap lingkungan karena tidak ada uap atau percikan dan tidak ada silauan busur nyala pada *fusion*. Hasil dari pengelasan dengan menggunakan busur nyala atau gas terutama pengelasan *dissimilar metal* terdapat beberapa kerugian seperti retak dan cacat pengelasan, juga hasil penyambungan yang kurang sempurna.

Berdasarkan uraian pada paragraph sebelumnya, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengelasan dengan menggunakan metode *friction*

welding untuk menyambung magnesium. Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan di ketahui kekuatan sambungan las pada magnesium dan struktur makro pada magnesium.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu kontak atau gesekan pada sambungan magnesium terhadap kualitas sambungan dengan menggunakan metode *friction welding*.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar pembahasan dari hasil yang didapatkan lebih terarah. Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini, yaitu :

1. Pengelasan yang dilakukan dengan metode *friction welding*
2. Tekanan tidak diuji secara spesifik pada setiap variasi waktu gesek, namun diasumsikan berdasarkan putaran *tail stock*.
3. Benda yang dilas berupa magnesium
4. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian tarik, struktur makro, dan uji kekerasan *Rockwell*
5. Kedua permukaan material diasumsikan rata pada saat proses pengelasan
6. Pembahasan dan pengamatan hanya dilakukan terhadap spesimen yang dilakukan pengujian tarik, kekerasan, dan struktur makro.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang pengelasan, *friction welding*, magnesium, kekuatan tarik, struktur makro, dan kekerasan *Rockwell*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, pelaksanaan penelitian, pengujian kualitas lasan, dan diagram alur penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Yaitu berisikan pembahasan serta hasil yang berisikan data-data yang didapat dari hasil penelitian dan pembahasannya.

BAB V : PENUTUP

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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.

Jenis-Jenis Pengelasan

a. Las Busur Listrik

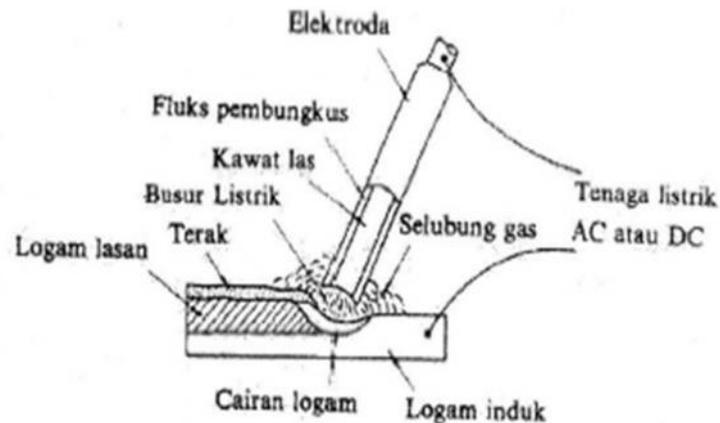
Las busur listrik adalah las yang menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas utama untuk mencairkan logam. Kelompok las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus.

Prinsip pengelasan las busur listrik sebagai berikut : tegangan rendah dan arus listrik yang cukup padat bila dialirkan pada dua buah logam yang bersifat konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu 5000 °C sehingga kedua logam tersebut dapat dengan mudah mencair.

Menurut Salmon, las elektroda terbungkus atau pengelasan busur listrik logam terlindung (*Shielded Metal Arc Welding* atau SMAW) merupakan salah satu jenis yang paling sederhana dan paling canggih untuk pengelasan baja struktural. Proses SMAW sering disebut proses elektroda tongkat manual. Pemanasan dilakukan dengan busur nyala (listrik) antara elektroda yang dilapis dan logam yang akan disambung yang kemudian akan menjadi satu dan membeku bersama (Salmon, 1990).

Proses pemindahan logam cair seperti dijelaskan diatas sangat mempengaruhi sifat maupun las dari logam, sehingga dapat disimpulkan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. Sedangkan proses pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung ikut mencair bersamaan dengan pengelasan. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung diatas cairan logam dan membentuk kerak sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahan tidak

terbakar, tetapi berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi.



Gambar 1. Las Busur (Wiryo Sumarto, 1996)

b. 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.

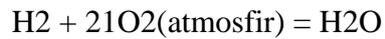
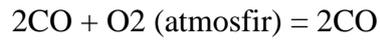
Pada proses las *oxyacetylene*, nyala yang dihasilkan terdiri dari 2 daerah/zona, yaitu:

Daerah pembakaran primer (*primary combustion*)

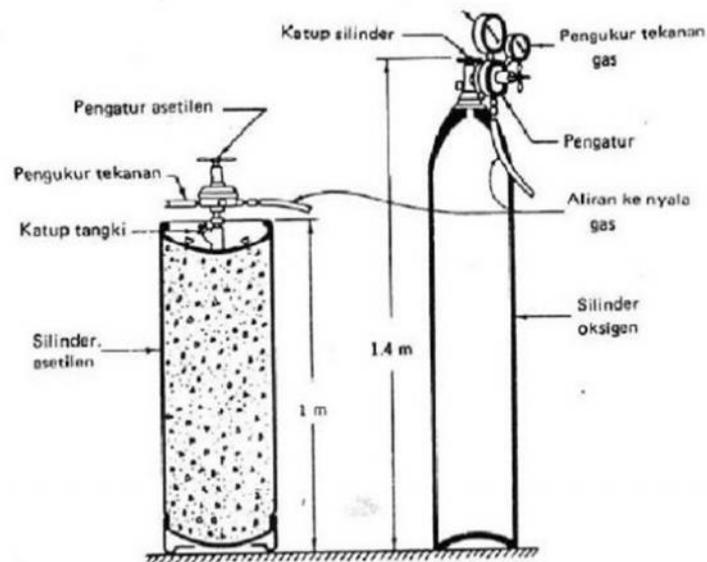
Menghasilkan panas sekitar 1/3 dari total panas pembakaran sempurna.



Daerah pembakaran sekunder yang terjadi setelah pembakaran primer berlangsung



Bentuk tabung oksigen dan *oxyetilene* diperlihatkan pada gambar dibawah ini.

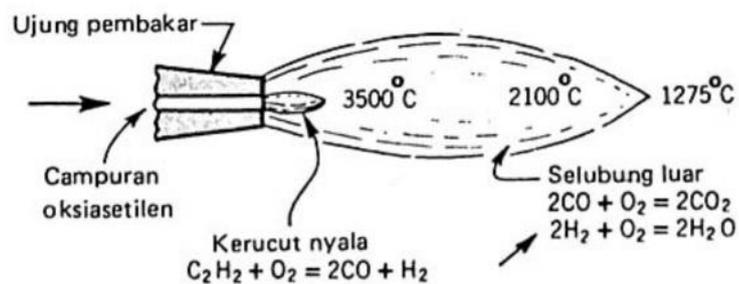


Gambar 2. Tabung *oxyetilene* dan oksigen untuk pengelasan oksiasetilen.

Pada nyala gas asetilen diperoleh tiga jenis nyala, yaitu:

1. Netral

Pada nyala netral kerucut nyala bagian dalam pada ujung nyala memerlukan perbandingan campuran oksigen dan asetilen sebesar 1 : 1 dengan reaksi seperti yang bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Nyala netral

2. Reduksi

Nyala reduksi terjadi apabila terjadi kelebihan C_2H_2 atau asitilensehingga terjadi pembakaran tak sempurna. Nyala jenis ini digunakan untuk pengelasan logam Monel, Nikel, berbagai jenis baja dan bermacam-macam bahan pengerasan permukaan nonfero.

3. Oksidasi

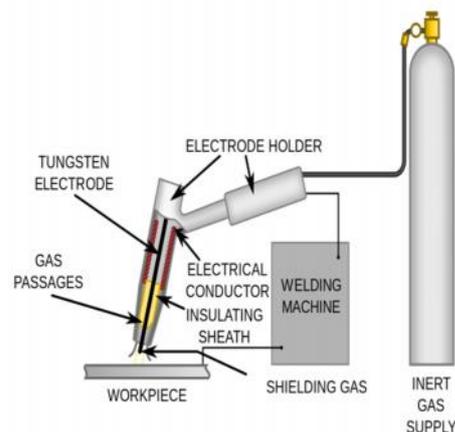
Nyala oksidasi terjadi apabila terlalu banyak oksigen terjadi pembakaran tak sempurna. Nyala oksidasi mirip dengan nyala netral hanya saja kerucut nyala bagian dalam lebih pendek dan selubung luar lebih jelas warnanya. Nyala ini biasanya digunakan unsur-unsur yang mudah menguap waktu pengelasan seperti *zinc* atau kuningan (paduan Cu-Zn) melalui pembentukan lapisan oksida.

c. Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)

Menurut Bayu Prasetyo, 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. Gambar 100-3 memperlihatkan peralatan untuk proses GTAW. Proses ini bisa dikerjakan secara manual atau otomatis (Bayu Prasetyo, 2014).

Dalam las GTAW, filler metal ditambahkan ke dalam daerah las dengan cara mengumpankan sebatang kawat polos. Teknik pengelasan yang digunakan sama dengan yang dipakai pada proses oxyfuel gas welding atau OAW, tetapi busur dan kawah las GTAW dilindungi dari pengaruh

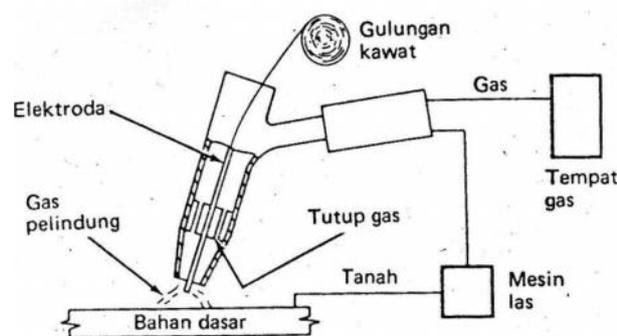
atmosfir oleh selimut inert gas. Inert gas disemburkan dari torch dan daerah-daerah disekitar elektroda tungsten. Hasil pengelasan dengan proses GTAW mempunyai permukaan halus, tanpa slag dan kandungan hydrogen rendah.



Gambar 4. Las Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

d. **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.

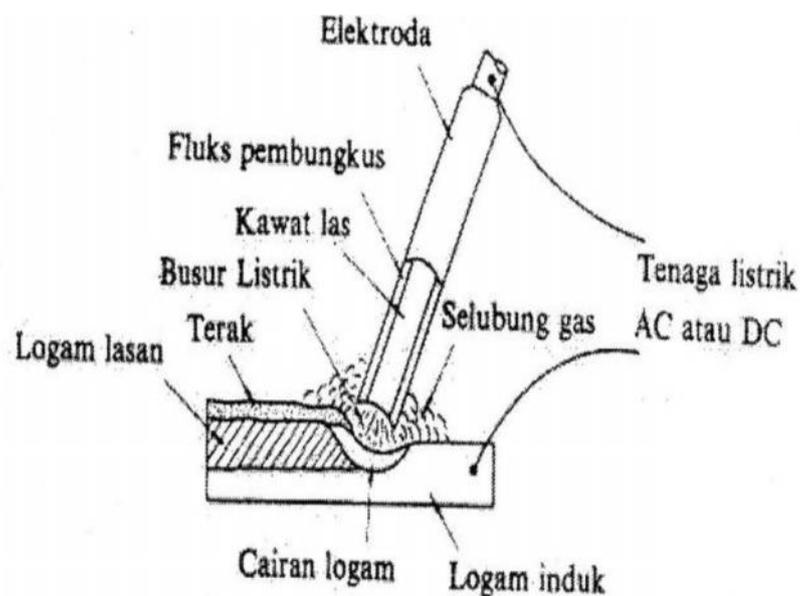


Gambar 5. Pengelasan GMAW (Salmon, 1990)

e. 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.

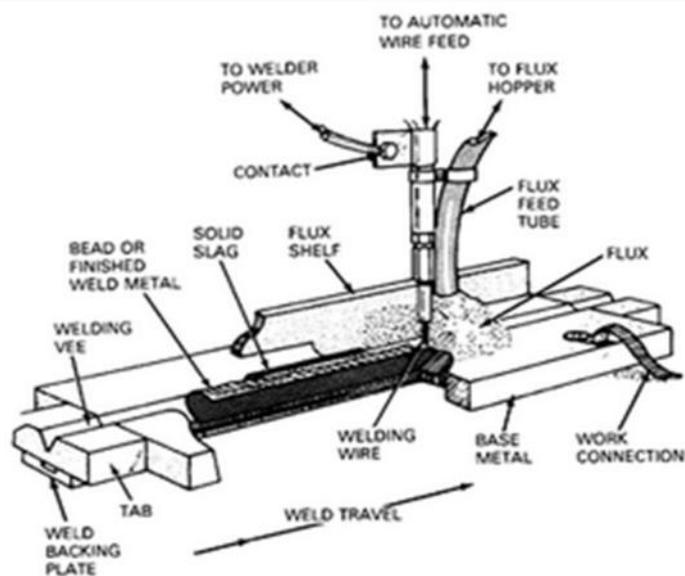
Pada proses ini, sumber panas diperoleh dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya arus listrik yang dipakai (10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Selama proses pengelasan, fluks akan mencair dan membentuk terak (*slag*) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan.



Gambar 6. Pengelasan SMAW

f. 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.

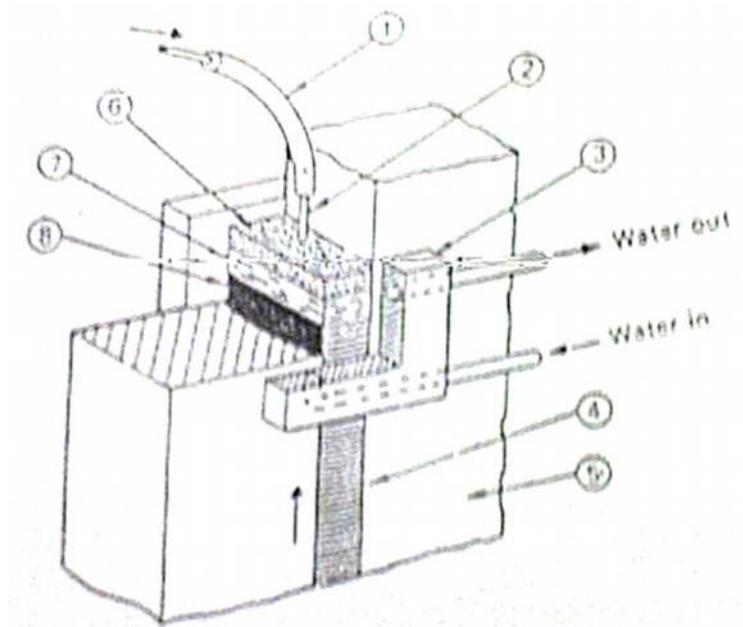


Gambar 7. Pengelasan SAW

g. 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.



Gambar 8. Las Terak Listrik

h. Pengelasan Gesek (*Friction Welding*)

Friction welding adalah salah satu metode pengelasan yang memanfaatkan energi panas yang bersumber dari dua buah permukaan yang saling bergesekan. prinsip kerja *friction welding* yaitu dua buah permukaan logam digesekkan sehingga menimbulkan panas kemudian diberi tekanan sehingga dapat menyatukan logam yang bergesekan tersebut. *Friction welding* dipengaruhi oleh kecepatan putaran dan tekanan gesek.

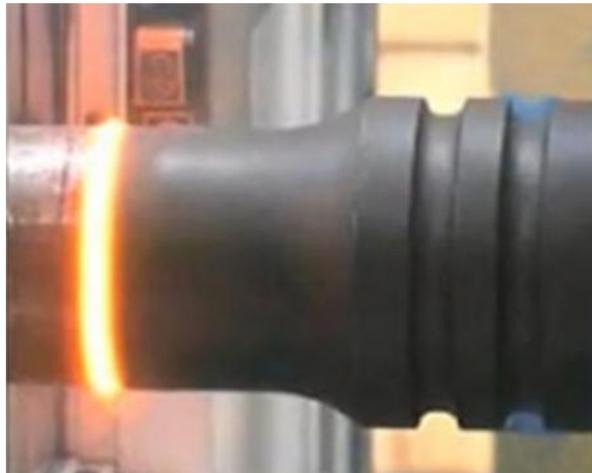
B. Friction Welding

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 (Alfian Ferry 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 (Anggun Panata Gama, 2013).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Wahyu Nugroho (2010) dengan judul Pengaruh Durasi Gesek Tekanan gesek dan Tekanan Tempa terhadap Kekuatan Sambungan Lasan Gesek *Direct-Drive* pada Baja Karbon AISI 1045 menjelaskan tentang pengaruh waktu gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan tarik las gesek pada material baja karbon AISI 1045,

dimana didapatkan hasil kekuatan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya durasi gesek, tekanan gesek, dan tekanan tempa. Hal ini disebabkan karena tekanan gesek dan durasi gesekan yang dilakukan sudah mencapai temperatur leleh, sehingga tekanan tempa sebagai fungsi meningkatkan temperatur dan penyambungan dapat melakukan ikatan yang sangat baik.



Gambar 9. Proses pengelasan gesek (*friction welding*)

C. 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 g.cm^{-3} , titik lebur sekitar $923 \text{ }^\circ\text{K}$ ($650 \text{ }^\circ\text{C}$, $1202 \text{ }^\circ\text{F}$), titik didih $1363 \text{ }^\circ\text{K}$ ($1090 \text{ }^\circ\text{C}$, $1994 \text{ }^\circ\text{F}$). Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110 N/mm^2 dalam bentuk hasil pengecoran (*casting*). Magnesium murni mempunyai ciri fisik berwarna putih keperakan (Feny Setiawan, 2014).

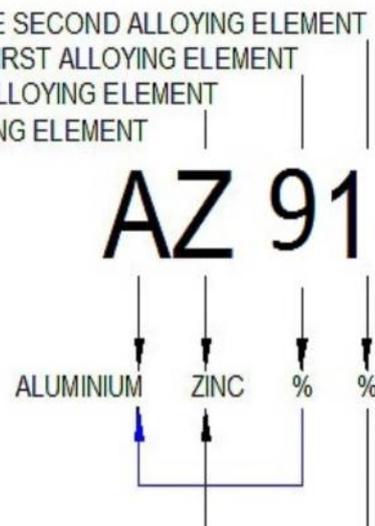


Gambar 10. Magnesium murni

Magnesium dapat ditemui di alam dalam bentuk magnesit sebagai senyawa magnesium karbonat (MgCO_3), *brucite* sebagai senyawa magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), *carnalite* sebagai senyawa garam magnesium klorida (MgCl_2), *serpentin* sebagai senyawa magnesium silikat (MgSiO_3), dan pada air laut sebagai senyawa magnesium klorida. Walaupun tidak pernah ditemui dalam bentuk logam murni tetapi magnesium dapat didapatkan dengan cara reduksi termal atau pun dengan pembuatan komersial secara elektrolisis. 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 sering digunakan terutama untuk bahan yang memerlukan massa yang ringan namun juga tetap memiliki kekuatan yang baik. Magnesium biasa dicampur dengan bahan lain seperti aluminium, mangan, dan juga zinc

untuk meningkatkan sifat fisik, namun dengan beberapa persentase yang berbeda. AZ91 merupakan salah satu contoh paduan magnesium dengan aluminium dan zinc dimana persentase dari masing-masing paduan sekitar 9% dan 1%. Seperti pada penggunaan paduan magnesium dengan material yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Penamaan paduan magnesium (Buldu, 2011)

Tabel berikut menunjukkan daftar keterangan mengenai penamaan magnesium dengan beberapa material lain.

Tabel 1 Komposisi magnesium pada paduan magnesium (Sumber : Buldu, 2011)

Paduan	Pembuatan	Al	Zn	Mn	Si	RE	Zn	Th
AM60A	CD	6		>0,13				
AZ31B	WB+WS	3	1	0,3				
AS41A	CD	4		0,3	1			
AZ80A	WB	8	0,5	0,2				
AZ91B	CD	9	0,7	>0,13				
AZ91D**	CD	9	0,7	0,2				
EZ33A	CS		3			3	0,8	
HK31A	WS						0,7	3

*CS-sand casting, CP-permanent mold casting, CD-die casting, WS- sheet or plate, WB-bar,rod,shape,tube or wire **High-purity alloys

Menurut Buldum (2011), paduan magnesium dengan Seri AZ dan AM (AZ91D, AM50A, dan AM60B) merupakan kombinasi paduan terbaik untuk beberapa aplikasi otomotif karena paduan magnesium pula dapat memperbaiki sifat mekanik, ketahanan terhadap korosi dan mampu cor dengan baik

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.

D. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai daya tahan suatu material terhadap tegangan yang berusaha untuk memisahkan. Kekuatan tarik berhubungan dengan modulus elastis material yang ditarik. Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu atau satu sumbu. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi atau data - data rancangan

dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan .

Menurut Wiryosumarto, 1996. Untuk mengetahui kekuatan dan cacat yang terjadi pada sambungan logam hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, yang salah satunya dapat dilakukan suatu uji tarik yang telah distandarisasi. Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ, sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan.

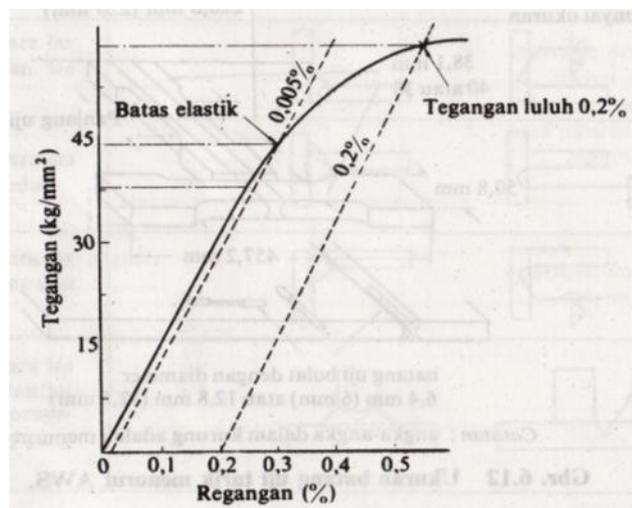
Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah (Tony F, 2005).

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* seperti yang ditunjukkan pada gambar 12. Benda uji dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen putus. Besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan *Plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan luluh (σ_{ys}), tegangan *Ultimate* (σ_{ult}), *Modulus Elastisitas* bahan (E), ketangguhan dan keuletan spesimen yang diuji tarik (Dowling, 1999).



Gambar 12. Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*)

Dengan menarik suatu material kita dapat mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap beban tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Karena bila sebuah bahan terus ditarik sampai putus, kita akan mendapatkan suatu pola profil tarikan berupa kurva yang ditunjukkan oleh gambar 13. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang.



Gambar 13. Batas Elastik Dan Tegangan Luluh (Wiryosumarto, 1996)

Dari kurva ini, kekuatan luluh dan modulus elastisnya dapat ditentukan dan besar beban dalam pengujian ini disebut kekuatan tarik maksimum. Setelah

spesimen patah panjang akhir dan *Cross-Sectional area* digunakan untuk menghitung persentase *Elongation* dan pengurangan luas.

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut "*Ultimate Tensile Strength*" disingkat dengan UTS, yang berarti tegangan tarik maksimum.

Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut mengalami perputahan, tegangan dan regangannya dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Tegangan: } = \frac{F}{A_0} (\text{kgf/mm}^2) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana: F = beban (kgf)

A_0 = luas mula dari penampang batang uji (mm^2)

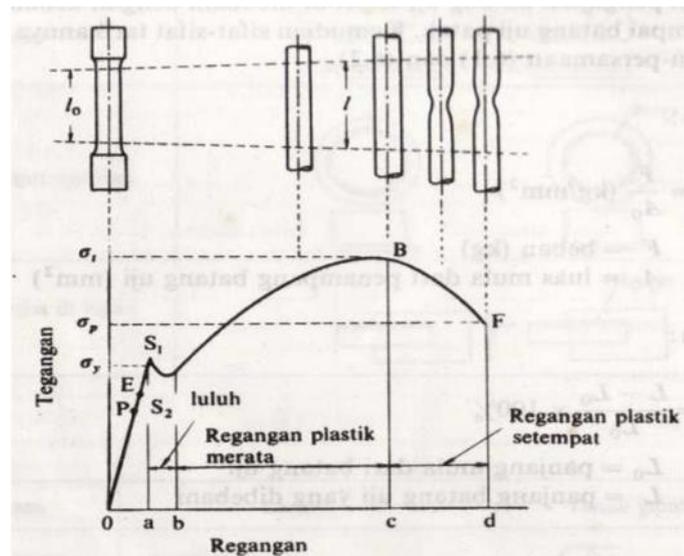
$$\text{Regangan: } = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: L_0 = panjang mula dari batang uji (mm)

L = panjang batang uji yang dibebani (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 14. Titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dimana untuk hampir semua bahan logam, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut yang disebut batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas *elastic*. Titik E sukar ditentukan dengan tepat karena itu biasanya

ditentukan batas *elastic* dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai 0,01%. Titik S1 disebut titik luluh atas dan titik S2 titik luluh bawah. Pada beberapa logam, batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan, dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2%. (Wiryosumarto, 1996)



Gambar 14. Kurva tegangan-regangan teknik (Wiryosumarto,1996)

E. Struktur Makro

Uji makro adalah suatu analisa mengenai struktur logam yang melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus yang disebut *metallography*. Dengan analisa makro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat teknologis sangat dipengaruhi dari makro struktur logam dan paduannya. Struktur makro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji. Adapun gambar alat uji foto makro dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Alat Uji Foto makro

Alat uji foto makro berfungsi untuk mengambil gambar dari spesimen yang diuji dengan ukuran 200x pembesaran (*metallography*). Sebelum melakukan percobaan *metallography* terhadap suatu material, terlebih dahulu harus ditentukan material logam apa yang akan diuji. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam percobaan *metallography* ini adalah dengan mengamati bagian dari suatu material yang akan diuji dengan menggunakan kamera metalografi kemudian dilakukan pengamatan dari hasil gambar yang didapat.

F. Kekerasan *Rockwell*

Kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan suatu material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut dapat berupa mekanisme penggoresan (*stratching*), pantulan ataupun indentasi dari material terhadap suatu permukaan benda uji. Terdapat 3 metode untuk melakukan pengujian kekerasan material, yaitu :

1. Metode gores

Metode gores pertama kali dikenalkan oleh Friedrich Mohs yang membagi nilai kekerasan material berdasarkan skala Mohs. Skala ini bervariasi, mulai dari skala 1 untuk nilai kekerasan yang paling rendah seperti yang dimiliki material *talk*, hingga skala 10 untuk nilai kekerasan tertinggi seperti yang dimiliki material intan.

2. Metode pantul (*rebound*)

Metode ini menggunakan sebuah alat yang disebut *Scleroscope* yang mengukur tinggi pantulan suatu pemukul (*hammer*) dengan berat tertentu kemudian dijatuhkan dari suatu ketinggian terhadap benda uji. Tinggi pantulan (*rebound*) yang dihasilkan mewakili nilai kekerasan dari benda uji tersebut. Semakin tinggi pantulan yang ditunjukkan oleh dial pada alat pengukur, maka kekerasan benda uji dinilai semakin tinggi (Ika Wahyuni.dkk, Surabaya).

3. Metode indentasi/penekanan

Metode ini mengukur tahanan plastis dari permukaan sebuah material. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan, dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam tersebut apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan terdiri dari tiga jenis, yaitu *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*.

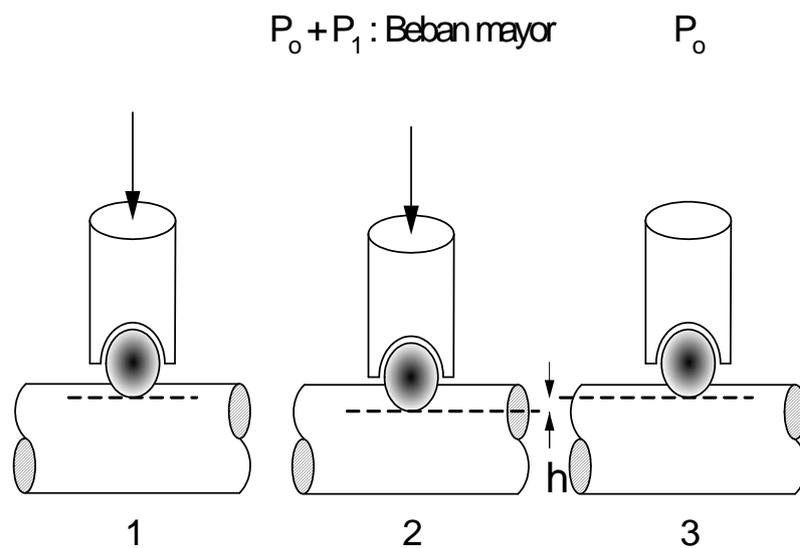
Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, serta perbedaan dalam menentukan nilai angka kekerasannya. Untuk metode uji kekerasan *Vickers* dan *Brinell* dalam menentukan nilai kekerasannya menitikberatkan pada luas penampang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode *Rockwell* menitikberatkan pada kedalaman hasil penekanan indenter pada material uji.

Beban dan indenter yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian *brinell*, indenter dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat (Nugroho, 2010).

Dalam penelitian ini, metode uji kekerasan yang digunakan adalah metode kekerasan *Rockwell*. Uji kekerasan ini banyak digunakan di Amerika Serikat, hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras, serta ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian yang mendapat perlakuan panas dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan pada material. Pengujian kekerasan *Rockwell* menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasannya. Mula-mula diterapkan beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Hal ini akan memperkecil jumlah preparasi

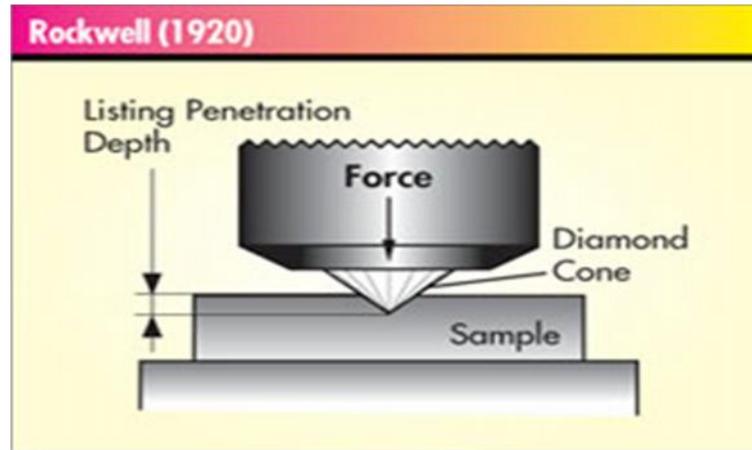
permukaan yang dibutuhkan dan juga memperkecil kecenderungan untuk terjadi penumbukan keatas atau penurunan yang disebabkan oleh penumbuk. Kemudian diberikan beban yang lebih besar, dan secara otomatis kedalaman lekukan akan terekam pada *gauge* penunjuk. Penunjuk tersebut terdiri atas 100 bagian, masing-masing bagian menyatakan penembusan sedalam 0,00008 inci (Nugroho, 2010).

Ilustrasi pengujian kekerasan *Rockwell* ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Cara kerja mesin pengujian kekerasan Rockwell (Nugroho, 2010)

Secara umum penumbuk yang digunakan berupa kerucut intan 120° dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan *penumbuk Brale*, serta bola baja berdiameter $\frac{1}{16}$ inci dan $\frac{1}{8}$ inci dan besar beban yang digunakan adalah 60, 100, dan 150 kg. Media pengujian *Rockwell* ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 17. Media Pengujian *Rockwell* (Kristianto S.N, 2010).

Secara umum, skala yang dipakai dalam pengujian *Rockwell* adalah :

- a. HRa (Untuk material yang sangat keras).
- b. HRb (Untuk material yang lunak). indenter berupa bola baja dengan diameter $\frac{1}{6}$ Inchi dan beban uji 100 Kgf.
- b. HRc (Untuk material dengan kekerasan sedang). Indenter berupa Kerucut intan dengan sudut puncak 120 derajat dan beban uji sebesar 150 kgf.

Tabel 2. Skala kekerasan *Rockwell* dan Huruf Depan (Kristianto Suro Nugroho,2010)

Skala dan Huruf Depan	Indentor	Beban Mayor	Skala yang Dibaca
	<u>Group I</u>		
B	Bola 1/16"	100	Merah
C	Kerucut Intan	150	Hitam
	<u>Group II</u>		
A	Kerucut Intan	60	Hitam
D	Kerucut Intan	60	Hitam
E	Bola 1/8"	100	Merah
F	Bola 1/16"	60	Merah

G	Bola 1/16"	150	Merah
H	Bola 1/8"	60	Merah
K	Bola 1/16"	150	Merah
<u>Group III</u>			
L	Bola 1/4"	60	Merah
M	Bola 1/4"	100	Merah
P	Bola 1/4"	150	Merah
R	Bola 1/2"	100	Merah
S	Bola 1/2"	100	Merah
V	Bola 1/2"	150	Merah

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan waktu penelitian dimulai pada bulan Desember 2015 sampai bulan Juni 2016.

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

1. Pembuatan spesimen dan proses pengelasan dilakukan di Laboratorium Produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung.
2. Pengujian tarik dan struktur makro dilakukan di Laboratorium Material Universitas Lampung, Bandar Lampung.

B. Alat dan Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Magnesium AZ31



Gambar 18. Material Magnesium AZ31

2. Mesin bubut



Gambar 19. Mesin bubut

Spesifikasi mesin bubut :

Merk	: PINACHO
Type	: S-90/200
Buatan	: SPAIN, JULY 1999
Pump Motor Power	: 0.06 Kw
Main Motor Power	: 4 Kw
Central High	: 200 mm
Central Distance	: 750 – 1150 mm
Swing Over Bed	: 400 mm
Swing Over Grap	: 600 mm
Swing Over Carrriage	: 370 mm
Swing Cross Slide	: 210 mm
Bed width	: 300 mm

3. Mesin Gergaji Besi



Gambar 20. Mesin Gergaji Besi

SPESIFIKASI

Model	: Rex – 16 sp
Cutting Cup	: Rectangel 4,9" × 7" (125 × 180 mm) / Circel 7" (180 mm)
Saw Blade	: 16" × 1" × 0,049" (400 × 25 × 1,25 mm)
Strokes / Minute	: 60 & 80
Stroke	: 90 & 150
Coolant Tank Cap	: 2 Liter
Motor	: HP / 0,25 kw / 220
Net Weight	: 95 kg
Mitre Angel	: 95

4. Mesin uji tarik



Gambar 21. 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 kN

5. Mikroskop



Gambar 22. Mikroskop

SPESIFIKASI

Body	: Metal & Plastik
Lensa Objektif	: Acromatik 5x - 200×
Fokus	: Manual
Dudukan Preparat	: Penggeser
Pencahayaan	: LED
Resolusi	: 5 mp Digital Camera Cmos
Konektor	: USB 2,0

6. Alat uji kekerasan *Rockwell*



Gambar 23. Alat uji kekerasan *Rockwell*

SPESIFIKASI

Nama alat : *Rockwell Hardness Tester*

Merk : AFFRI Seri 206.RT – 206.RTS

Loading : *Maximum* 150 KP

Minimum 60 KP

HRC *Load* : 150 KP

HRD *Load* : 100 KP

Indentor : Kerucut intan 120°

Indentor : Kerucut intan 120°

HRB *Load* : 100 KP

HRE *Load* : 100 KP

Indentor : *Steel Ball* Ø 1/16"

Indentor : *Steel Ball* Ø 1/8"

HRA *Load* : 60 KP

HRG *Load* : 150 KP

Indentor : Kerucut intan 120°

Indentor : *Steel Ball* Ø 1/16"

C. Pelaksanaan Penelitian

Proses pengelasan dengan metode *friction welding* dilakukan di Laboratorium produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung dimana parameter pengerjaannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter pengelasan

No	D (mm)	L (mm)	L _p (mm)	N (rpm)
1	12			1400
2				
3				

Tabel 3. menunjukkan data dari hasil eksperimen pengelasan gesek, diameter benda uji (D), panjang benda uji (L), panjang benda uji setelah proses penyambungan (L_p), kecepatan putar *spindle* (N).

Adapun tahapan pengerjaan pengelasan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji untuk pengelasan, bahan magnesium AZ31 dengan ukuran panjang 200 mm, diameter 12 mm
2. Prosedur Pengelasan:
 - a. Mempersiapkan mesin bubut
 - b. Mempersiapkan benda kerja pada mesin bubut.
 - c. Melakukan proses penyambungan dengan *friction welding* dengan mencatat parameter yang diperlukan.
 - d. Mesin memutar benda kerja kemudian proses pengelasan terjadi pada saat benda kerja yang tidak berputar dikontakkan dengan benda kerja yang berputar di bawah tekanan konstan atau meningkat secara

bertahap, sampai kedua permukaan mencapai suhu pengelasan dan kemudian putaran dihentikan dan terjadi proses penyatuan material magnesium AZ31.

- e. Proses selesai, spesimen dipindahkan dari mesin las.
- f. Kemudian membentuk spesimen sesuai dengan standar pengujian.

D. Pengujian Kualitas Lasan

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Uji tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E8 volume 3.

Proses pengujian dimulai dengan meletakkan benda uji pada mesin uji tarik. 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 4. Data uji tarik

Rpm	t (menit)	UTS (MPa)	Regangan (%)	Posisi Patah
1400	3			
	5			
	10			

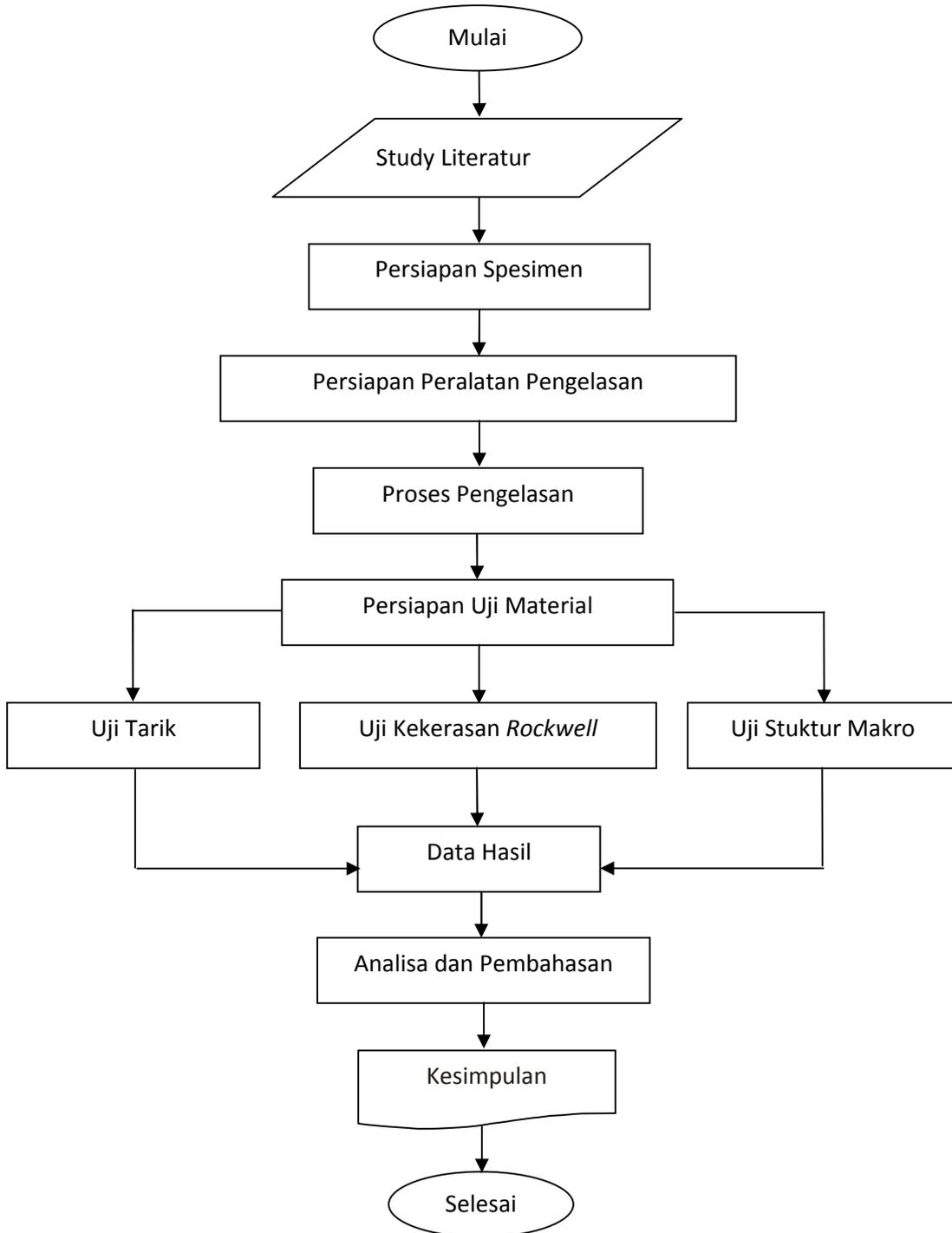
2. Pengujian struktur makro

Adapun langkah pengujian struktur makro adalah dengan melakukan pengamatan terhadap penampang spesimen yang telah dilakukan uji tarik menggunakan kamera mikroskop untuk selanjutnya di analisa berdasarkan hasil foto makro yang didapat.

3. Pengujian kekerasan

Sebelum pengujian dimulai, pasang indenter terlebih dahulu sesuai dengan jenis pengujian yang diinginkan, yaitu indenter bola baja atau kerucut intan. Setelah indenter terpasang letakkan spesimen yang akan diuji kekerasannya ditempat yang tersedia dan menyetel beban yang akan digunakan untuk proses penekanan . Untuk mengetahui nilai kekerasannya dapat dilihat pada jarum yang terpasang pada alat ukur berupa dial *indicator pointer*.

E. Diagram Alur Penelitian



Gambar 24. Diagram alur penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang pengaruh variasi waktu kontak *friction welding* terhadap kualitas hasil pengelasan magnesium AZ-31 dapat diambil kesimpulan :

1. Dari hasil pengelasan *friction welding* dengan variasi waktu kontak 3 menit, 5 menit, dan 10 menit menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda-beda. Kekuatan tarik terbesar dihasilkan oleh waktu kontak 3 menit dengan nilai TS sebesar 16,78 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada waktu kontak 10 menit dengan nilai TS sebesar 4,25 MPa. Dan waktu kontak 5 menit didapatkan nilai TS sebesar 13.08 Mpa.
2. Cacat yang terjadi pada hasil las *friction welding* pada magnesium AZ-31 adalah kurangnya penetrasi, terperangkapnya udara pada logam las (*porosity*) dan sambungan yang kurang baik antara kedua material yang disambung, hal ini disebabkan terjadinya oksidasi yang mengakibatkan porositas saat melakukan pengelasan. Hal ini berakibat sambungan mempunyai sifat getas.

3. Hasil foto makro menunjukkan adanya perbedaan struktur makro dari variasi waktu kontak yang berbeda. Dimana struktur makro pada variasi waktu kontak 10 menit mengalami void paling banyak dibanding variasi lainnya, Hal ini dikarenakan waktu kontak lebih lama sehingga banyak gas - gas yang masuk dan menyebabkan terjadinya void pada sambungan las yang mengakibatkan struktur pada daerah logam las mengalami perubahan. Magnesium AZ-31 juga kurang baik untuk *heat treatment* namun mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik.

B. Saran

Karena pada umumnya magnesium AZ-31 mempunyai sifat non *heat treatable*. Agar mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi pada pengelasan *Friction welding* pada magnesium AZ-31 posisi material setelah disambung diusahakan tetap sejajar selain itu perlu dilakukan pengujian lebih lanjut seperti uji *impact* dan uji puntir. Karena waktu kontak selama 3 menit merupakan waktu kontak yang optimum dibandingkan dengan waktu kontak selama 5 menit dan 10 menit maka disarankan diteliti lebih jauh untuk waktu kontak dibawah 3 menit dengan waktu kontak selama 1 menit dan 2 menit. Pada proses pengelasan ketersediaan dan perlengkapan peralatan las harus sesuai. Karena pada saat pengelasan *Fiction welding* pada magnesium AZ-31 banyak faktor yang harus diperhatikan seperti dari parameter pengelasan, besar tekanan tempa, dan kebersihan material.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Prabowo, 2005. *Pengaruh Parameter Traveling Speed Pada Proses Friction Stir Welding (FSW) Pelat Al 1100-H8 Terhadap Kualitas Hasil Lasan*. Universitas Lampung
- A.K. Nasution, 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.
- Alfian Ferry Ardianto, 2015. *Kekuatan puntir sambungan las gesek Al-Mg-Si dengan variasi sudut chamferdua sisi dan kekasaran*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Anggun Panata Gama, 2013. *Analisis sifat mekanik dan struktur mikro alumunium paduan seri 6061 hasil pengelasan friction welding dengan variasi sudut*. Universitas Jember.
- Azhari sastranegara, 2009. *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam*
- 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).
- Budi Santoso, 2014. *Pengaruh variasi waktu gesekan awal solder terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur makro Alumunium 5083 pada pengelasan friction stir welding*. Tugas Akhir. Universitas Lampung. Lampung.
- Dowling E. Norman, 1999. *Mechanical Behavior Of Materials*. 2nd edition. Printed in the united states of America.
- Fenny Setiawan, 2014. *Karakterisasi penyalaan magnesium AZ31 pada proses bubut menggunakan aplikasi termografi*. Tugas Akhir. Universitas Lampung. Lampung.

- Hadi Surya, Lukman. 2008. *Proses perolehan magnesium*. Universitas Indonesia. Depok.
- H.Kuscu, I. Becenen, M. Sahin, 2008, *Evaluation of Temperature and Properties at Interface of AISI 1040 Steel Joined by Friction Welding*, *Assembly Automation*, Vol 28, pp.308-316
- Ika Wahyuni, Dkk, 2013. *Uji Kekerasan Material Dengan Metode Rockwell*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Muhammad Iswar, Rafiuddin Syam, 2012. *Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan (Putaran dan Temperatur) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Hasil Friction Welding Pada Baja Karbon Rendah*. Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.
- Poedji Haryanto, 2011. *Rekayasa kepala lepas (tail stock) mesin bubut sebagai alat penekan untuk pengelasan gesek*. Politeknik Negeri Semarang.
- Salmon, C.G. and Johnson, J.E. (1990). *Steel Structure: Design and Behavior*, Third Edition, Harper Collins Publisher, USA.
- Saripudin M, Dedi Umar Lauw. 2013. *Pengaruh hasil pengelasan terhadap kekuatan, kekerasan dan struktur mikro baja ST 42*. Universitas Islam Makasar.
- Tony F., 2005. *Operating Instructions. Instron 5582 Universal Tester*.
- 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.
- Wirjosumarto, H dan Okumura, T. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jilid 7. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.