

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP KUALITAS
SAMBUNGAN LAS FRICTION WELDING MAGNESIUM**

AZ-31

Skripsi

Oleh

Muhamad Rizkhi



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2019

ABSTRAK

PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS FRICTION WELDING MAGNESIUM

AZ-31

Oleh

Muhamad Rizkhi

Pengelasan adalah proses penyatuan logam, pada kedua bagian logam dimana dilakukan dengan cara perlakuan panas, yaitu hingga mencapai fase titik leleh logam tersebut, pada prosesnya itu kita lakukan dengan cara memanfaatkan energi panas yang terdapat dari nyala busur atau gesekan. Pengelasan adalah teknik penting didalam dunia perindustrian dan juga merupakan suatu teknik yang tidak dapat dipisahkan dari pertumbuhan industri, dikarenakan memegang peranan utama dalam rekayasa dan perbaikan logam. Proses pengelasan dengan metode *friction welding* dilakukan eksperimen dalam jumlah yang banyak untuk mendapatkan sampel terbaik. Dihasilkan Perbedaan kualitas hasil pengelasan dengan *friction welding* dan parameter perbedaan kecepatan rotasi 1150 rpm, 1400 rpm, 1750 rpm. Berdasarkan hasil dari penelitian tentang pengaruh variasi waktu kontak *friction welding* terhadap kualitas hasil pengelasan magnesium AZ-31 dapat diambil kesimpulan dari pengujian tarik yang dilakukan didapatkan hasil kekuatan tarik maksimal (*UTS*) tertinggi diperoleh dari spesimen dengan variasi kecepatan rotasi 1400 rpm yakni sebesar 21,942 Mpa sedangkan untuk spesimen dengan variasi kecepatan putaran *spindel* 1150 rpm sebesar 20,6165 Mpa dan hasil uji tarik terendah diperoleh spesimen dengan variasi kecepatan *spindel* 1700rpm yakni sebesar 12,4183 Mpa. Dari pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan hasil kekuatan kekerasan tertinggi diperoleh dari spesimen dengan variasi kecepatan rotasi 1400 rpm dengan rata – rata nilai kekerasan pada area *stir zone* sebesar 57.1 Hv, sedangkan untuk spesimen dengan variasi kecepatan putaran *spindel* 1150 rpm sebesar 56.76 Hv dan spesimen dengan variasi kecepatan *spindel* 1700rpm yakni sebesar 55.23 Hv.

Kata kunci : *friction welding*, Struktur mikro *vickers*, dasar teknik pengelasan, jenis-jenis cacat lasan.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ROTATED SPEED ON QUALITY OF CONNECTION OF FRICTION WELDING MAGNESIUM WELDING AZ-31

By

Muhamad Rizkhi

Welding is the process of unification of metals, on both parts of the metal which is done by means of heat treatment, namely to reach the melting point phase of the metal, in the process we do it by utilizing the thermal energy contained from the arc or friction. Welding is an important technique in the industrial world and is also a technique that cannot be separated from industrial growth, because it plays a major role in metal engineering and repair. Welding process with friction welding method is carried out experiments in large quantities to get the best sample. The resulting difference in the quality of welding results with friction welding and the parameters of the rotational speed difference of 1150 rpm, 1400 rpm, 1750 rpm. Based on the results of research on the effect of friction welding contact time variations on the quality of magnesium AZ-31 welding results, it can be concluded that the tensile test results obtained the highest maximum tensile strength (UTS) results obtained from specimens with 1400 rpm rotation speed variation of 21,942 MPa while for specimens with 1150 rpm spindle rotation speed of 20.6165 MPa and the lowest tensile test results obtained specimens with 1700 rpm spindle speed variation of 12.4183 MPa. From the hardness test, the highest hardness strength was obtained from specimens with 1400 rpm rotational speed variations with an average hardness value in the stir zone area of 57.1 Hv, while for specimens with 1150 rpm spindle rotation speed variation was 56.76 Hv and specimens with variations spindle speed of 1700rpm which is equal to 55.23 Hv.

Keywords: friction welding, vickers microstructure, basic welding techniques, types of weld defects

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP KUALITAS
SAMBUNGAN LAS FRICTION WELDING MAGNESIUM**

AZ-31

Oleh

MUHAMAD RIZHKI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lmpung



TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDARLAMPUNG

2019

Judul Skripsi : **PENGARUH KECEPATAN PUTAR
TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS
FRICTION WELDING MAGNESIUM AZ-31**

Nama Mahasiswa : **Muhamad Rizkhi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021056

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Irza Sukmana, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19700812 200112 1 001

Tarkono, S.T., M.T.
NIP. 19700415 199802 1 001

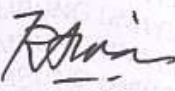
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

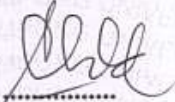
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Irza Sukmana, S.T., M.T., Ph.D.**


.....

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


.....

Penguji Utama : **Moh. Baddarrudin, S.T., M.T., Ph.D.**


.....

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN. Eng.

NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Desember 2019

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT OLEH PENULIS DENGAN KARYA DAN PIKIRANNYA SENDIRI TANPA PLAGIAT DARI HASIL KARYA ORANG LAIN. SEBAGAIMANA TELAH DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



MUHAMAD RIZKHI
NPM : 1215021056

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Natar Lampung Selatan, pada tanggal 30 oktober 1993 sebagai anak ke tiga dari empat bersaudara dari pasangan Ahwan S dan Lismarni. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 rajabasa Bandar Lampung pada tahun 2006. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 22 Bandar Lampung pada tahun 2007, lulus pada tahun 2009, dan menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Atas di SMK 2 Mei Bandar Lampung pada tahun 2012. Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung sebagai anggota Divisi Olahraga periode 2012-2014, dan periode 2012-2014 menjadi Kepala Divisi Teknik Otomotif.

Penulis melaksanakan kerja praktek di PT. PERTAMINA Pada tahun 2015 Kemudian pada tahun 2019 penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS FRICTION WELDING MAGNESIUM AZ-31 ”**. dibawah bimbingan langsung.

Bapak Dr. Irza sukamana,S.T.,M.T. dan Barpak Tarkono,S.T.,M.T.

SANWACANA

Segala puji hanya milik Allah SWT. Dzat yang satu tiada dua yang telah memberikan nikmat yang tak terhingga, sehingga penelitian ini dapat saya selesaikan. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhamad SAW suri tauladan yang tak akan pernah lekang oleh zaman.

Alhamdulillah atas kehendak dan anugerah Allah SWT, saya sebagai penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“PENGARUH KECEPATAN PUTAR TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS FRICTION WELDING MAGNESIUM”*** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Keberhasilan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang memberikan kontribusi kontribusi besar bagi terselesaikannya penelitian ini. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Karomani, M. Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. BapakDr. Amrul, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas segala pengarahan dan motivasinya.

4. Bapak Dr. Irza sukamana,S.T.,M.T. selaku dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Tarkono,S.T.,M.T.selaku pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Dr.Moh. Baddarrudin, S.T.,M.T. selaku Pembahas tugas akhir;
7. Ibu Dr. Eng Shirley Savetlana, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing akademik;
8. Seluruh dosen-dosen pengajarJurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu yang berharga selama duduk di bangku perkuliahan;
9. Staf Administrasi Mas Marta, serta Mas dadang dan Mas Nanang terima kasih atas bantuannya melancarkan seminar-seminar saya.
10. Bapak Wahiddan Ibu Sumiyatitersayang terimakasih ya atas do'a dan pengorbanan, dan dukunganya selama ini karena ridhoNYA tergantung dari ridhomu. Dan terima kasih untuk adiku yang selalu membantu;
11. Buat keluarga terima kasih sering memberi semangat dan motivasi yang terus menerus dan tidak kenal lelah.
12. Sahabat-sahabat seperjuangan Teknik Mesin 2012 yang telah banyak membantu selama saya kuliah di Jurusan Teknik Mesin yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu, Thengkyu SoomuccH.

13. Buat teman-teman “SILATUHRAHMI WARUNG MAK” terima kasih banyak atas dukungan, motivasi, dan segala bantuanya, semoga kalian cepat menyusul S.,T. Jangan pernah menyerah oleh keadaan, tunjukan kalo kita bisa dan lebih baik.
14. Untuk temen temen pemuda F.B II, 2B terima kasih atas motivasi “Kapan Wisudanya?”.
15. Adik-adik tingkat terima kasih atas bantuan dan dukunganya selama kuliah di Teknik Mesin.
16. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu dalam penyelesaian skripsi ini;

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari masih banyak kekurangan serta ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis sangatmengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 2019

Penulis,

Muhamad Rizkhi

KARYA INI AKU PERSEMBAHKAN UNTUK,

**Kedua Orang Tua dan Kaka serta Adek ku juga Orang Terdekat Rekan –
rekan Jurusan Teknik Mesin 2012 dan Mereka yang selalu bertanya kapan
kuliahmu selesai dan selalu mendoakan yang terbaik.**

Almamater Tercinta

Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Lampung

MOTTO

“Dan Allah Mengeluarkan kamu dari perut Ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan dia memberi kamu pendengaran, penglihatan, dan hati, agar kamu bersyukur”

(QS. An Nahl: 78)

“Cara terbaik meramalkan masa depan Anda adalah dengan menciptakan masa depan itu sendiri.”

(Abraham Lincoln)

“Bermimpilah seakan kau akan hidup selamanya.

Hiduplah seakan kau akan mati hari ini. “

(James Dean)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(B.J. Habibie)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	4
1.3 Batasan masalah.....	4
1.4 Sistematika penulisan.....	5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan.....	7
2.2Jenis – jenis Pengelasan	8
2.2.1 Las Busur Listrik.....	8
2.2.2 Las Oksi Asetilen (<i>Oxyacetylene Welding</i>)	9
2.2.3 Las Busur Tungsten Gas Mulia (<i>Gas Tungsten Arc Welding/GTAW</i>).....	12
2.2.4 Las Busur Logam Gas (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	13

2.2.5 Las Busur Electroda Terbungkus (<i>Shielded Metal Arc Welding/SMAW</i>).....	14
2.2.6 Las Busur Rendam (<i>Submerged Arc Welding/SAW</i>)	16
2.2.7 Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	17
2.3 Magnesium.....	20
2.4 Kekuatan Tarik.....	23
2.5 Jenis – Jenis Metode kekerasan	28
2.5.1 Kekerasan <i>Rockwell</i>	28
2.5.2 Kekerasan Brinell.....	33
2.5.3 Kekerasan <i>vickers</i>	34
2.6 Pengamatan Struktur mikro	38
2.7 Pengamatan Struktur Makro	40

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	42
B. Alat Dan Bahan	43
1. Magnesium AZ-31	41
2. Mesin Bubut	44
3. Mesin Gergaji Besi	45
4. Mesin Uji Tarik	46
5. Mikroskop	47
6. Alat Uji Kekerasan <i>vickers</i>	48
7. Kamera inframerah.....	49
C. Pelaksanaan Penelitian	50

D. Pengujian Kualitas Lasan	54
E. Diagram Alur Penelitian	55

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Dan Pembahasan.....	57
1. Foto Hasil <i>Friction Welding</i>	57
2. Data Uji Mekanik.....	58
a. Uji Tarik.....	58
b. Uji kekerasan <i>micro Vickers</i>	58
3. Uji struktur Makro.....	70

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan.....	74
B. Saran.....	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Las Busur	9
Gambar 2. Tabung oxycetilene dan oksigen untuk pengelasan oksiasetilen	11
Gambar 3. Nyala netral	11
Gambar 4. Las Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)	13
Gambar 5. Pengelasan GMAW	14
Gambar 6. Pengelasan SMAW	15
Gambar 7. Pengelasan SAW	16
Gambar 8. Las Terak Listrik	17
Gambar 9. Proses pengelasan gesek. a) tahapan pemutaran dan pemasangan, b). Tahapan pembangkitan panas akibat gesekan, c). Tahap akhir penekanan lanjut.....	19
Gambar 10. Daerah distribusi panas hasil las gesek	20
Gambar 11. Magnesium murni (Feny Setiawan, 2014).....	21
Gambar 12. Penamaan paduan magnesium	23
Gambar 13. Mesin Uji Tarik (Universal Testing Machine).....	26
Gambar 14. Batas Elastik Dan Tegangan Luluh.....	27
Gambar 15. Kurva tegangan-regangan teknik	29
Gambar 16. Cara kerja mesin penguji kekerasan Rockwell	32
Gambar 17. Media Pengujian Rockwell	32
Gambar 18. Pengujian kekerasan metode vickers	37
Gambar 19. Skema pengujian kekerasan vickers	37

Gambar 20. Tipe – tipe lekukan piramida intan (a), Lekukan sempurna, (b) lekukan jarum, (c) lekekukan berbentuk tong	37
Gambar 21. Alat Uji Foto makro	41
Gambar 22. Material Magnesium AZ31	43
Gambar 23. Mesin bubut.....	44
Gambar 24. Mesin Gergaji Besi.....	45
Gambar 25. Mesin uji tarik	46
Gambar 26. Mikroskop USB	47
Gambar 27. Alat uji vickers Hardness Tester TH712 Shimadzu.....	48
Gambar 28. Benda kerja pada mesin bubut	50
Gambar 29. Benda kerja yang berputar diberi tekanan pada tail stock dan tekanan meningkat secara bertahap, dilakukan selama waktu kontak gesek 2 menit	51
Gambar 30. Proses penyatuan material magnesium AZ31 setelah mesin dihentikan	52
Gambar 31. Diagram alur penelitian.....	55
Gambar 32. Hasil las FW rotational speed 1150 rpm.....	57
Gambar 33. Hasil las FW rotational speed 1400 rpm.....	57
Gambar 34. Hasil las FW rotational speed 1750 rpm.....	57
Gambar 35. Sampel standar uji tarik ASTM-E8 volume 3.....	60
Gambar 36. Spesimen uji tarik magnesium AZ-31.a). rpm 1150, b). rpm 1450 , c). rpm 1750.....	62
Gambar 37. Grafik hubungan waktu kontak dan kekuatan tarik	63
Gambar 38. Grafik hubungan regangan dan waktu kontak	64
Gambar 39. Grafik hasil uji kekerasan spesimen dengan variasi kecepatan rotasi <i>spindel</i> 1150rpm.	66

Gambar 40. Grafik hasil uji kekerasan spesimen dengan variasi kecepatan rotasi <i>spindel</i> 1400 rpm	67
Gambar 41. Grafik hasil uji kekerasan spesimen dengan variasi kecepatan rotasi <i>spindel</i> 1700 rpm.	68
Gambar 42. Grafik perbandingan hasil uji kekerasan tiap sampel uji tarik.....	69
Gambar 43. Struktur <i>micro</i> perbesaran 100x spesimen 1 dengan parameter 1150rpm dan waktu gesekan 2 menit.....	70
Gambar 44. Struktur <i>micro</i> perbesaran 100x, spesimen 2 dengan parameter 1400rpm dan waktu gesek 2 menit.....	71
Gambar 45. Struktur <i>micro</i> perbesaran 100x, spesimen 2 dengan parameter 1750rpm dan waktu gesek 2 menit.....	71
Gambar 46. Spesimen uji foto makro Magnesium AZ-31.a). 1150rpm, b). 1450rpm , c). 1750rpm	72

DAFTAR TABEL

No.	Keterangan Tabel	Halaman
Tabel 1.	Komposisi magnesium pada paduan magnesium	22
Tabel 2.	Skala kekerasan Rockwell dan Huruf Depan.....	32
Tabel 3.	Parameter pengelasan.....	49
Tabel 4.	Data uji tarik hasil proses FW, Tegangan maksimal (TS) dan..... posisi perpatahan	53
Tabel 5.	Hasil Pengelasan Magnesium AZ-31.....	57
Tabel 6.	Data uji tarik hasil proses FW dan posisi perpatahan	60
Tabel 7.	Data uji kekerasan <i>Hardness Vickers</i> FW magnesium AZ-31	64

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelasan adalah proses penyatuan logam, pada kedua bagian logam dimana dilakukan dengan cara perlakuan panas, yaitu hingga mencapai fase titik leleh logam tersebut, pada prosesnya itu kita lakukan dengan cara memanfaatkan energi panas yang terdapat dari nyala busur atau gesekan. Pengelasan adalah teknik penting didalam dunia perindustrian dan juga merupakan suatu teknik yang tidak dapat dipisahkan dari pertumbuhan industri, dikarenakan memegang peranan utama dalam rekayasa dan perbaikan logam (Budi Santoso, 2014).

Teknik penyatuan pada pengelasan telah diaplikasikan secara luas, contohnya itu pada kontruksi bangunan yang menggunakan baja, kontruksi pada mesin dan juga pada alat-alat dalam bidang kesehatan. Teknologi pengelasan dalam penggunaannya semakin luas, itu dikarenakan dalam pelaksanaan pembuatannya, suatu kontruksi akan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana, sehingga pada biaya produksinya menjadi lebih mudah dan lebih efisien. Sering waktu dalam Perkembangannya ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu berkembang pesat menuntut berkembangnya sumber daya manusia. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk

mengembangkan nilai efisiensi yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik didalam ilmu teknik pengelasan (Saripuddin M, 2013).

Lingkup penggunaan ilmu teknik pengelasan dalam bagian konstruksi kesehatan di antaranya yaitu bagian implan dalam metode penyatuan pada tulang yang patah. Pada dasarnya bahan yang ingin diimplan dapat digunakan logam yang mempunyai unsur kandungan yang berbeda pada unsur kandungan yang terdapat pada tulang, maka itu tidak mampu untuk 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 yaitu suatu kandungan logam dengan karakteristik yang hampir menyerupai dengan aluminium dimana magnesium mempunyai fase titik cair yang lebih rendah dibandingkan aluminium. Magnesium bersifat lembut dengan modulus elastis yang sangat rendah. Magnesium mempunyai suatu perbedaan pada logam-logam lainnya yang termasuk pada bagian aluminium, seperti besi tembaga dan nikel dimana sifat pengerjaannya pada magnesium mempunyai struktur hexagonal sehingga tidak mudah terjadi kegagalan. Sehingga sifat tersebut pada magnesium dapat menyambung pada tulang dan tidak diperlukan tindakan operasi lanjutan untuk melepaskan pin sambungan pada tulang (A. K. Nasution, 2014).

Friction welding yaitu metode pengelasan yang ditemukan dan telah dikembangkan oleh seorang peneliti dari Uni Sovyet, AL Chudikov ditahun

1950. AL Chudikov adalah seorang ahli mesin menunjukkan hasil dari penelitiannya pada teori tenaga mekanik dimana mampu diubah menjadi suatu energi panas. Pada dasarnya gesekan yang terjadi di bagian-bagian mesin yang bergerak memberikan dampak kerugian dikarenakan pada proses tenaga mekanik yang dihasilkan berdampak terjadinya kenaikan suhu yang berlebihan pada bagian mesin. Chudikov membertitahukan, dimana proses tersebut semestinya dapat digunakan diproses pengelasan. Pada saat proses percobaan serta penelitian Chudikov mampu menyambungkan dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk menghasilkan panas, benda yang ingin dilakukan penyambungan tidak hanya diputar serta digesekan, akan tetapi harus dilakukan penekanan pada bagian yang ingin dilas terhadap satu sama lain. Penekanan ini diberikan bertujuan untuk mempercepat terjadinya fusi atau penggabungan. Cara ini adalah *Friction Welding* atau yang disebut las gesek (Poedji Haryanto, 2011).

Friction welding atau Pengelasan gesek dimana yaitu solusi untuk persoalan dalam proses penggabungan dalam bagian logam yang sulit fusi satu sama lainnya yaitu dengan metode *fusion welding* (Alfian Ferry Ardianto, 2015).

Didalam penelitian pengelasan atau *Friction Welding* bisa dikembangkan, yaitu pada variasi benda kerja, variasi suhu pemanasan awal. Metode ini mampu meningkatkan pada bagian daerah TMAZ (*thermomechanically affected zone*) yang lebih kecil itu dibandingkan metode *fusion welding*. Metode lassin seperti ini akan meminimalisir biaya dalam proses pengelasan tersebut serta lebih efisien dikarenakan pengelasan ini dapat

diaplikasikan dengan *input* energi yang rendah serta tidak menggunakan bahan penambah.

Kualitas dari hasil lasan metode *Friction Welding* mempunyai permukaan yang halus serta rata dari hasil lasan yang lainnya, kuat dan tidak ada pori-pori yang timbul. Metode Proses lasaan ini sangat ramah terhadap lingkungan karena tidak ada uap maupun percikan dan tidak ada kesulitan saat penggabungan saat melakukan pengelasan seperti *fusion welding*. Lasan *fusion welding* ini juga memiliki kerugian dikarenakan menggunakan busur nyala atau gas pada lasan *dissimilar metal* yaitu retak, cacat pengelasan, serta memiliki hasil penggabungan lasan yang kurang baik.

Berdasarkan uraian pada *paragraph* sebelumnya, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengelasan dengan menggunakan metode *friction welding* untuk menyambung (*base metal*) yang menggunakan bahan magnesium. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan akan di ketahui pengaruh kecepatan putar (rpm) terhadap kualitas sambungan las pada magnesium, serta struktur makro dan mikro *vickers* adalah untuk mengetahui nilai kekerasan spesimen serta mampu meningkatkan kekuatan sambungan las.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar terhadap kualitas sambungan las serta mampu meningkatkan kekuatan sambungan las menggunakan metode *friction welding*

1.3. Batasan masalah

Batasan masalah pada pembahasan, dibuat agar hasil dapat lebih terarah.

Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini, yaitu :

1. Pengelasan dilakukan menggunakan metode *friction welding*
2. Tekanan tidak diuji secara spesifik pada setiap variasi pada kecepatan putar *spindel* dan waktu kontak gesek yaitu 2 menit, serta berdasarkan putaran *tail stock*.
3. Benda yang dilas berupa magnesium
4. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian tarik, struktur mikro, dan mikro *vickers*.
5. Kedua permukaan material dipastikan rata sebelum proses pengelasan.
6. Pembahasan dan pengamatan hanya dilakukan pada spesimen dimana akan dilakukan pengujian tarik, kekerasan, dan struktur makro serta mikro *vickers*.

1.4. 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, uji kekerasan *vickers* serta struktur mikro *vickers* dan makro.

BAB III : METODE PENELITIAN

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

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Yaitu tentang pembahasan dan hasil, yang berisikan data-data hasil dari penelitian dan pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Yaitu berisi hal-hal tentang kesimpulan serta saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan adalah salah satu dari metode lasan yang dimana selalu terhubung untuk proses teknik pemesinan. Pengelasan adalah metode teknik dimana dalam proses penggabungan dua benda logam dengan atau tanpa tekanan serta dengan atau tanpa adanya logam pengisi sehingga mampu membuat penggabungan antara dua benda yang diinginkan. Menurut definisi dari Deutche Industrie and Normen (DIN), pengelasan yaitu merupakan suatu metalurgi pada penyambungan logam atau logam paduan dimana dilakukan didalam keadaan pada titik leleh benda (melting) (Wiryosumarto, 1996).

Dimana didalam proses pengelasan itu sendiri diperlukan panas yang dapat meleburkan atau mencairkan logam dasar serta bahan pengisi agar terjadi proses peleburan. Energi pembangkit panas tersebut bisa dibedakan menurut sumbernya masing-masing yaitu listrik, kimiawi, mekanis, dan bahan semikonduktor. Selain dengan cara memanfaatkan sumber panas tersebut, dapat juga dengan metode pengelasan yang dimana pada sumber energi panas tersebut digunakan untuk hasil dari gesekan dua material logam yang dilakukan penyambungan, dimana energi panas yang dimanfaatkan

bergantung pada perubahan energi dari energi mekanik menjadi energi thermal.

2.2 Jenis - Jenis Pengelasan

2.2.1 Las Busur Listrik

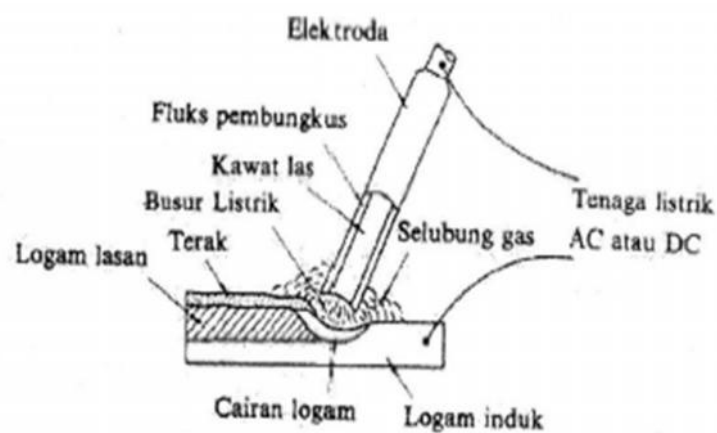
Las busur listrik ialah las yang memerlukan busur nyala listrik menjadi sumber panas utama untuk dapat mencairkan logam. Pada kelompoknya, las busur listrik yang biasa pada umumnya digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus.

Dasar pada pengelasan las busur listrik yaitu sebagai berikut : dua benda logam apabila dialirkan dengan voltase rendah dan aliran listrik yang lumayan padat dan juga sifatnya itu konduktif akan menyebabkan loncatan elektroda, maka akan terjadi timbulnya suhu panas yang sangat tinggi dengan suhu yang mencapai 5000 C sehingga kedua benda logam mampu dengan mudah mencair.

Menurut Salmon, dalam pengerjaan untuk pengelasan baja yang struktural las elektroda terbungkus atau pengelasan busur listrik logam terlindung (*Shieled Metal Arc Welding* atau SMAW) ialah salah satu tipe yang paling mudah dalam pengerjaanya dan paling mutakhir. Proses SMAW sering disebut proses elektroda tongkat manual. Untuk logam yang akan disatukan pada jalan kerjanya itu dimulai pemanasan

dengan busur nyala (listrik) antara elektroda yang dilapisi sehingga nantinya logam menjadi satu dan membeku bersama (Salmon, 1990).

Proses pemindahan logam cair pada kesimpulannya itu yang dijelaskan diatas bahwa pada butiran logam cair yang halus memiliki karakter mampu las yang sempurna dan sangat mempengaruhi karakter maupun las dari logam. Sedangkan dari bahan *fluks* yang digunakan sangat dipengaruhi dari besar kecilnya arus dan komposisi pada proses pemindahan cairan. Selama pengerjaan jalanya pengelasan *fluks* yang dipakai untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung ikut menjadi meleleh bersamaan dengan pengelasan. Dikarnakan dari berat jenisnya lebih enteng dari bahan logam yang dilelehkan, maka cairan *fluks* tersebut mengambang diatas cairan logam dan membentuk kerak sebagai pelindung oksidasi. Dalam sejumlah bahan *fluks* tidak terbakar, akan tetapi nantinya berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi.

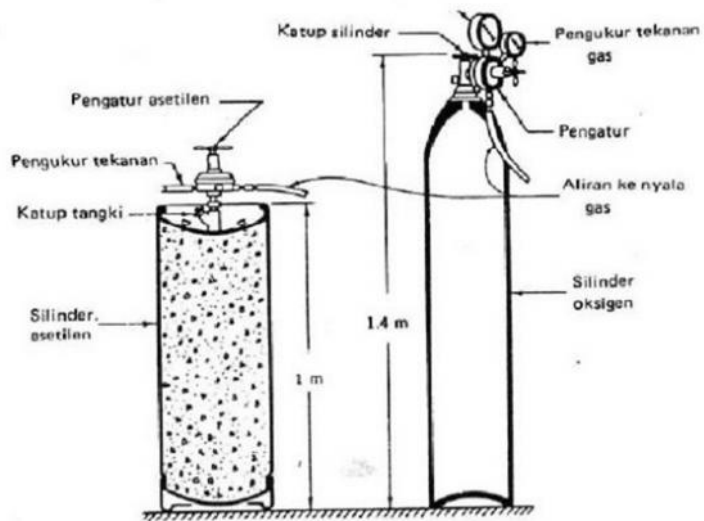


Gambar 1. Las Busur (Wirjosumarto, 1996)

2.2.2 Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Las Oksi Asetilen ialah pada jalan kerjanya pengelasan yang dengan cara memanfaatkan sumber panas yang bersumber dari kombinasi gas O₂ dengan gas asetilen. Maka suhu yang dihasilkan pada suhu nyalanya dapat mencapai suhu 3500 °C. Pada jalan kerjanya pengelasan itu dapat dikerjakan menggunakan atau tanpa logam pengisi. O₂ yang dipakai berasal dari jalanya atau proses hidrolisa (pencairan udara). Oksigen ditampung didalam tabung baja pada tekanan 14 MPa.

Pada jalan pengerjaanya las *oxycetilene*, nyala yang diperoleh terdapat dari 2 daerah/zona, ialah: wilayah *primary combustion* (pembakaran primer) Mendapatkan hasil panasnya itu sekitar 1/3 dari seluruh panas pembakaran sempurna. $C_2H_2 + O_2(\text{Silinder}) = 2CO + H_2$ wilayah pembakaran sekunder yang terjadi setelah pembakaran primer berlangsung $2CO + O_2(\text{atmosfir}) = 2CO + H_2 + 2H_2O$ Bentuk tabung O₂ dan *oxycetilene* divisualkan pada gambar dibawah ini.

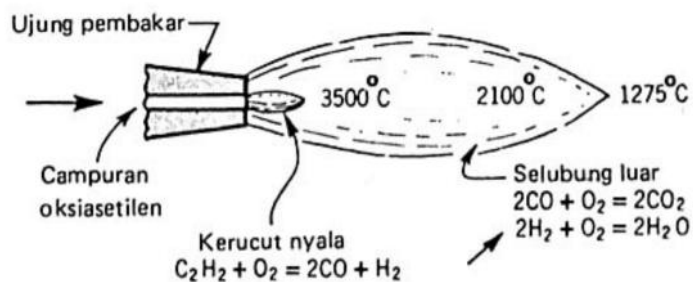


Gambar 2. Tabung oxycetilene dan oksigen untuk pengelasan oksiasetilen.

Pada nyala gas asetilen diperoleh tiga jenis nyala, yaitu:

1. Netral

Pada bagian dalam ujung nyala pada nyala netral kerucut nyala diperlukanlah perbandingan perbandingan kombinasi O_2 dan asetilen sebesar 1 : 1 dengan reaksi seperti yang bisa dilihat pada visual dibawah ini.



Gambar 3. Nyala netral

2. Reduksi

reduksi terjadi apabila terjadi kelebihan C_2H_2 atau asitilen sehingga 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

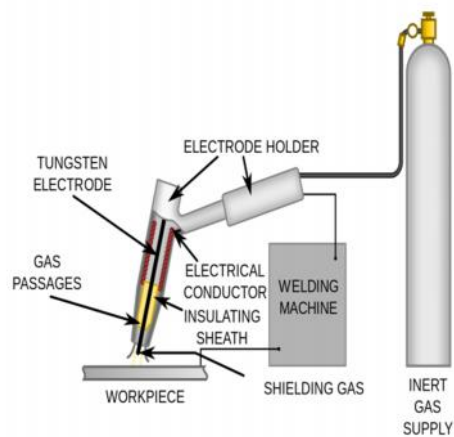
Nyala oksidasi terjadi apabila terlalu banyak oksigen terjadi pembakaran tak sempurna. Pada nyala oksidasi ini mirip dengan nyala netral hanya saja kerucut nyala pada bagian dalamnya lebih pendek dan selubung luar lebih jelas warnanya. Proses nyala ini biasanya dibuat untuk unsur-unsur yang gampang menguap waktu pengelasan contohnya *zinc* atau kuningan (paduan Cu-Zn) melalui pembentukan lapisan oksida.

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

Menurut Bayu Prasetyo, pengelasan dengan prosedurnya GTAW, dengan memanfaatkan panas yang diperoleh dari busur yang terbentuk dalam perlindungan gas mulia (inert gas) antara elektroda tidak terumpan dengan benda kerja. GTAW melelehkan zona benda kerja dibawah busur tidak dengan elektroda tungsten itu sendiri ikut meleleh. Gambar 100-3 menunjukkan alat-alat untuk

prosedur GTAW. Prosedur ini bisa dikerjakan secara manual atau otomatis (Bayu Prasetyo, 2014).

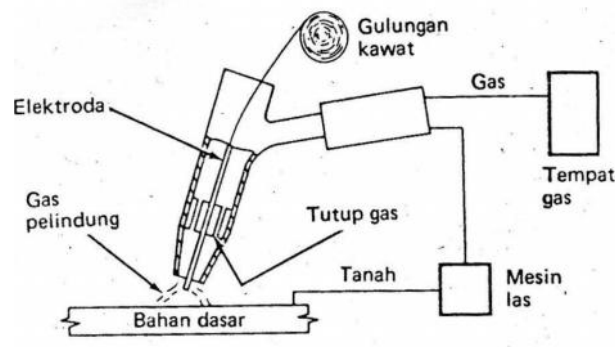
Dalam las GTAW, dalam prosesnya sebatang kawat polos diumpankan kedalam zona las dengan menambahkan *filler* metal. Teknik pengelasan yang digunakan memiliki kemiripan dengan yang digunakan pada jalannya pengerjaan oxyfuel gas welding atau OAW, akan tetapi pada busurnya dan kawah las GTAW dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh selimut inert gas. Inert gas disemprotkan dari torch dan zona-zona disekitar elektroda tungsten. Dengan prosedur GTAW ini dapat menghasilkan lasan yang mempunyai permukaan halus, tanpa slag dan kandungan hydrogen rendah.



Gambar 4. Las Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

2.2.4 Las Busur Logam Gas (Gas Metal Arc Welding)

Dalam pengerjaan pengelasan GMAW, fungsi logam terumpan (*filler*) yang berasal dari panas yang diperoleh dari busur listrik antara elektroda dan logam yang dilas. Las ini pada umumnya sering disebut dengan nama metal inert gas (MIG) welding karena untuk sebagai pelindung busur dan logam digunakanlah menggunakan gas mulia contohnya gas helium dan argon.



Gambar 5. Pengelasan GMAW (Salmon, 1990)

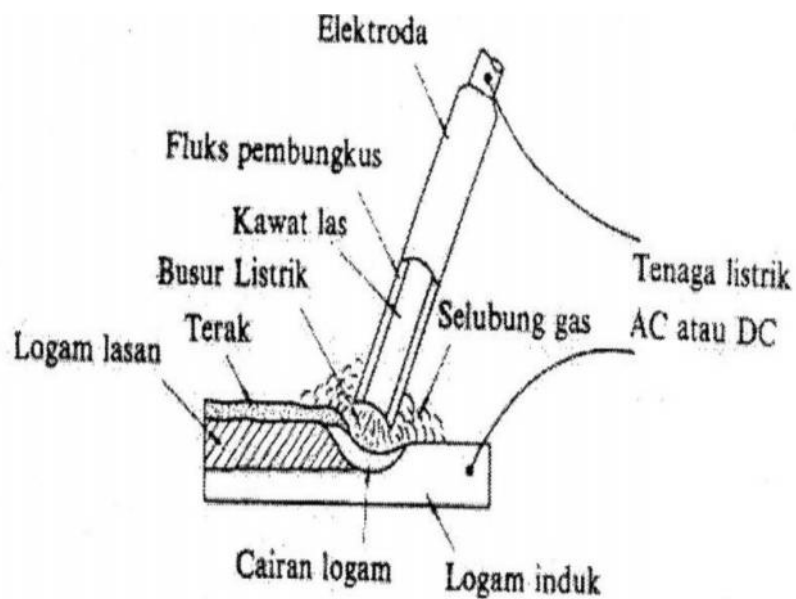
2.2.5 Las Busur Electroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

Dalam pengerjaan pengelasan baja struktural salah satu jenis teknik pengelasan yang paling sederhana dan paling canggih ialah las pengelasan busur listrik logam terlindung atau disebut Las SMAW.

Pada pengerjaan ini, sumber panas dihasilkan dari busur listrik dimana ujung elektroda dengan benda yang akan dilas. Elektroda itu sendiri terbuat dari kawat logam yang merupakan sebagai

penghantar arus listrik ke busur serta sebagai bahan pengisi logam (*filler*). *Filler* merupakan bahan yang digunakan sebagai pembungkus Kawat las. Dimana arus listrik yang digunakan yaitu (10-500 A) serta potensial yang rendah yaitu (10-50 V).

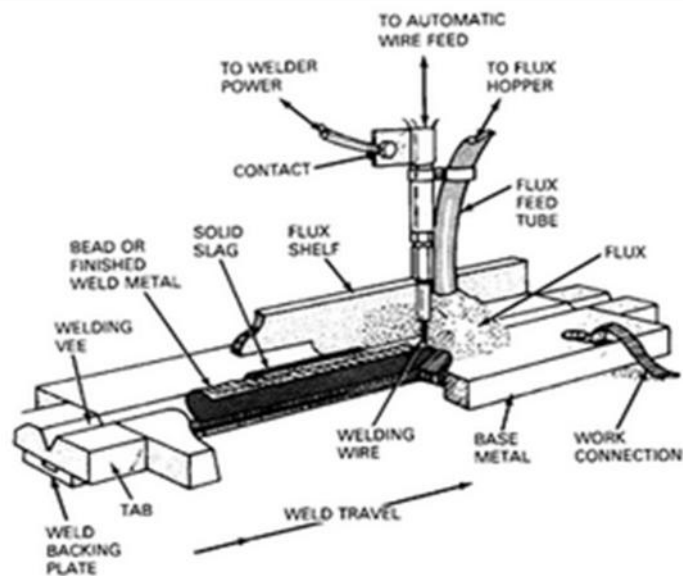
Dimana lama waktu pengelasan, *filler* akan mencair dan akan mejadi terak (*slag*) yang akan menjadi pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Gas yang dihasilkan oleh *filler* akan menjadi pelindung untuk butiran-butiran logam cair saat melakukan pengelasan dimana dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh pada daerah logam lasan.



Gambar 6. Pengelasan SMAW

2.2.6 Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Las busur rendam atau SAW yaitu jenis teknik pengelasan dimana busur listrik prinsip kerjanya memanaskan hingga mencairkan benda kerja dan logam pengisi atau elektroda busur listrik yang ada pada logam induk dan elektroda. Pada waktu pengelasan, *fluks* tersebut adalah suatu pelindung untuk elektroda saat mencair serta terjadinya pengelasan sehingga tidak terjadi kontaminasi oleh udara-udara yang ada serta dapat membuat hasil lasan menjadi lebih baik. Untuk filler metal yang digunakan akan diperoleh secara langsung selama proses pengelasan. Bahan elektroda yang digunakan dalam las *Submerged Arc Welding* yaitu dari bahan metal solid.



Gambar 7. Pengelasan SAW

2.2.7 Pengelasan Gesek (*Friction Welding*)

Friction welding merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan energi panas, diperoleh dari gesekan antar dua permukaan masing-masing logam. 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* memanfaatkan kecepatan putaran dan tekanan gesek.

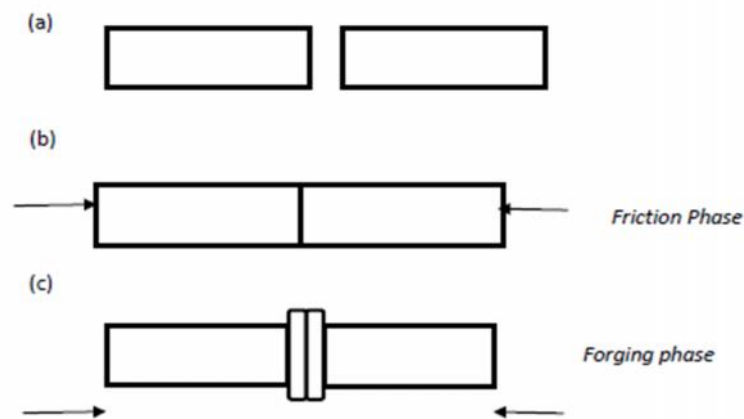
Las gesek atau *friction welding* yaitu salah satu teknik penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan metode pengelasan cair. Pada teknik *friction welding* terjadinya penyambungan dua buah logam dilakukan tanpa adanya pencairan terlebih dahulu. Dimana proses pengelasan tersebut terjadi saat antara kedua permukaan logam bergesekan, dimana salah satu benda kerja berputar. Gesekan putaran dari salah satu benda kerja tersebut akan memperoleh panas yang dapat meluluhkan masing-masing ujung kedua permukaan benda kerja saat saling bergesekan dan di tahap ini terjadi proses penyambungan kedua logam tersebut (Alfian Ferry Ardianto, 2015).

Pada *friction welding* ada beberapa perubahan, yaitu perubahan panas yang diperoleh dari gesekan deformasiplastis dan sebagainya. Adapun parameter penting dalam proses pengelasan gesek (*friction welding*) yaitu, *rotational speed*, *friction time*, dan

friction pressure. Parameter tersebut mempunyai pengaruh pada sifat mekanik hasil sambungan *friction welding*, dan salah satu sifat mekanik yang penting dalam penggunaannya terutama pada hasil sambungan las gesek yaitu pada kekuatan tarik. Kekuatan tarik sambungan las *friction welding* harus diketahui karena perlunya pengetahuan bagaimana perubahan bahan apabila mengalami beban (Anggun Panata Gama, 2013).

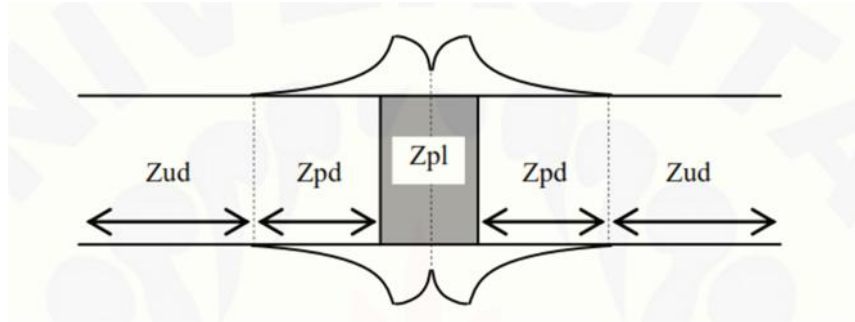
Berdasarkan penelitian Wahyu Nugroho (2010) berjudul Pengaruh Durasi Gesek Tekanan gesek dan Tekanan Tempa terhadap Kekuatan Sambungan Lasan Gesek *Direct-Drive* pada Baja Karbon AISI 1045. Memberitahukan bahwa pengaruh waktu gesek, tekanan gesek serta tekanan tempa terhadap kekuatan tarik las gesek pada material baja karbon AISI 1045, dimana menghasilkan nilai kekuatan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya lamanya waktu gesek , tekanan gesek, dan tekanan tempa saat pengelasan.

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 8. Proses pengelasan gesek. a) tahapan pemutaran dan pemasangan, b). Tahapan pembangkitan panas akibat gesekan, c). Tahap akhir penekanan lanjut.

Pada pengelasan gesek hasil sambungan akan memiliki daerah terdampak panas (HAZ) dengan luasan yang berbeda, perbedaan luasan HAZ ini bergantung pada metode pengelasan gesek yang digunakan dan sesuai kebutuhan penyambungan yang diperlukan. Berdasarkan luasan area HAZ dapat diketahui seberapa besar area yang mengalami perubahan struktur diakibatkan oleh panas yang terjadi disekitar area sambungan. Dalam pemanfaatan las gesek material hasil penyambungan akan memiliki 3 kuadran area yang berbeda yakni yakni fully plasticized (Zpl) dimana area ini merupakan daerah yang mengalami penyambungan sempurna, partially deformed zone (Zpd) yakni daerah yang mengalami dampak panas dari proses penyambungan atau sering disebut Heat Affected Zone (HAZ), dan undeformed regions (Zud) atau daerah yang sama sekali tidak terdampak panas. (Lin et all. 1999)



Gambar 9. Daerah distribusi panas hasil las gesek.

2.3 Magnesium

Magnesium merupakan salah satu unsur kimia dengan simbol Mg dan nomor atom 12. Bilangan oksidasi umumnya ada lah +2, dan memiliki massa atom 24,31.

Magnesium memiliki densitas atau rapat masa 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).

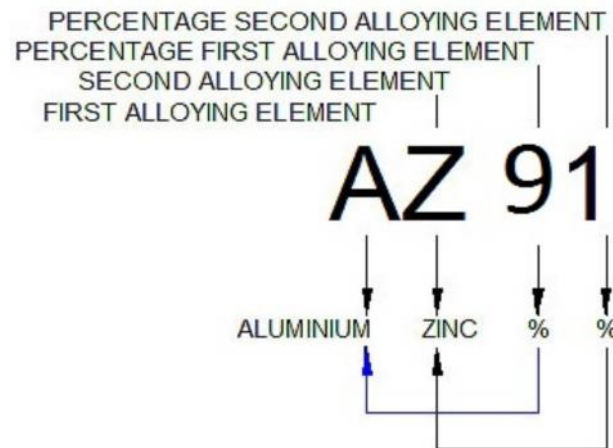


Gambar 10. Magnesium murni (Feny Setiawan, 2014)

Magnesium dapat ditemui di alam dalam bentuk magnesit sebagai senyawa magnesium karbonat (MgCO_3), *brucite* sebagai senyawa magnesium hidroksida (Mg(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. Magnesium bisa didapatkan dengan cara reduksi temal atau pun dengan pembuatan komersial secara elektrolisis.

Magnesium mempunyai permukaan yang sangat rentan rusak (kropos) akibat dari kelembapan udara karena oxid film yang terbentuk pada permukaan magnesium. Magnesium hanya mampu melindunginya dari udara yang kering. Unsur air dan garam pada kelembapan udara sangat mempengaruhi ketahanan lapisan oxid pada magnesium agar tidak terjadinya korosi. Maka dari itu, benda kerja yang menggunakan bahan magnesium sangat memerlukan lapisan tambahan perlindungan seperti cat atau meni (Hadi, 2008).

Magnesium paduan banyak digunakan untuk bahan yang menginginkan massa ringan, dan tetap mempunyai kekuatan yang baik. Magnesium juga biasa dicampur dengan bahan yang mengandung alumunium, mangan, dan juga zinc agar mampu meningkatkan sifat fisik, dengan beberapa persentase campuran yang berbeda. Adapun contoh dari paduan magnesium dengan alumunium dan zinc yaitu AZ91. Dimana persentase dari paduan mengandung sekitar 9% dan 1%. Seperti pada paduan magnesium seperti ditunjukkan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 81. Penamaan paduan magnesium (Buldum, 2011)

Tabel berikut adalah keterangan kandungan yang dimiliki untuk penamaan magnesium dengan beberapa material lain.

Tabel 1. Komposisi magnesium pada paduan magnesium (Sumber : Buldum, 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), magnesium paduan dengan Seri AZ dan AM (AZ91D, AM50A, dan AM60B) adalah suatu kombinasi paduan terbaik

untuk beberapa aplikasi otomotif karena paduan magnesium mampu memperbaiki sifat mekanik, serta ketahanan terhadap korosi dan mampu cor dengan baik.

Paduan tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan. Dimana paduan magnesium memiliki kelebihan pada masa jenis terendah dibandingkan pada struktur material lain. Sifat mampu cor yang baik sehingga cocok untuk melakukan 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. Akan tetapi kelebihan pada paduan magnesium juga memiliki kekurangan yaitu memiliki nilai modulus elastisitas yang rendah, kekurangan pada ketahanan mulur dan kekuatan pada suhu tinggi serta reaktif pada beberapa senyawa.

2.4 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.

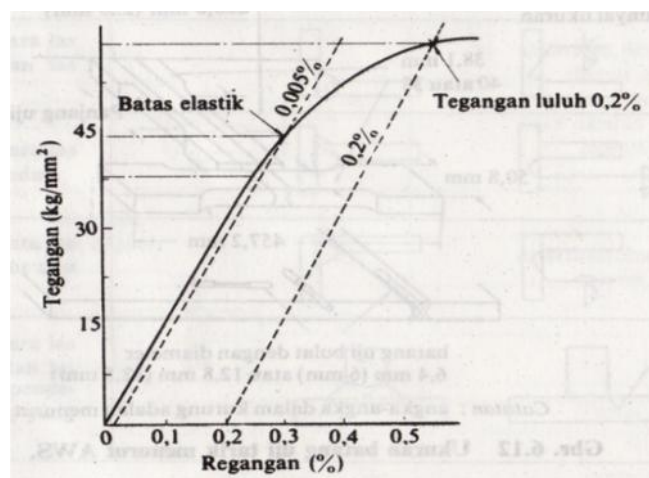
Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah (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 berikut menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang.



Gambar 13. Batas Elastik Dan Tegangan Luluh (Wiryo Sumarto, 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 perpatahan, 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)

A₀ = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

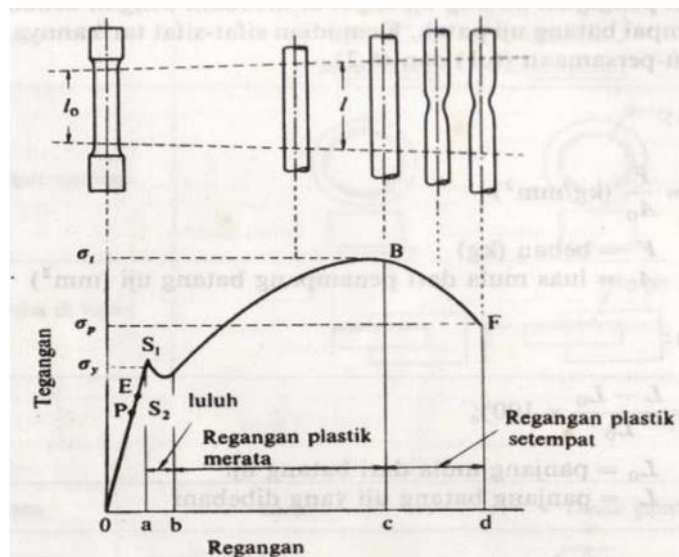
$$\text{Regangan: } = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: L₀ = 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%. (Wirjosumarto, 1996)



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

2.5. Jenis – Jenis Metode kekerasan

2.5.1 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 (IkaWahyuni.dkk, Surabaya).

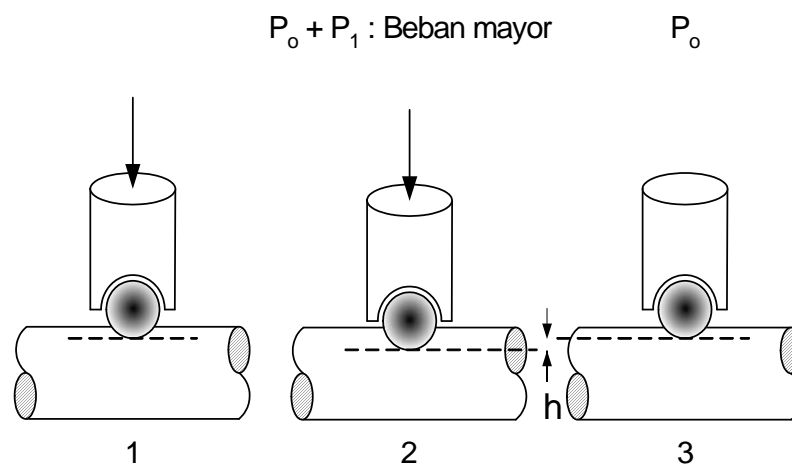
3. Metode indentasi/penekanan

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 keekerasan *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).

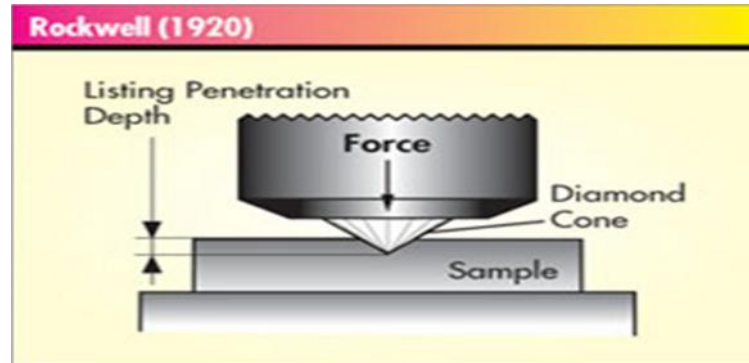
Pengujian kekerasan *rockwell* menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasannya. Mula-mula diterapkan beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Hal ini akan memperkecil jumlah preparasi permukaan yang dibutuhkan dan juga memperkecil kecenderungan untuk terjadi 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). Berikut ilustrasi pengujian kekerasan *Rockwell* ditunjukkan pada gambar 16 berikut.



Gambar 15. 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 di gunakan

adalah 60, 100, dan 150 kg. Media pengujian *Rockwell* ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 16. Media Pengujian Rockwell (Saripudin M, 2013).

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.
- c. 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

2.5.2 Kekerasan Brinell

Cara pengujian Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti. Rumus yang dipakai untuk menentukan kekerasan logam yang diuji :

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Keterangan :

P = beban yang diberikan (KP atau Kgf)

D = diameter indentor yang digunakan

d = diameter bekas lekukan

2.5.3 Kekerasan *vickers*

Metode *Vickers* ini berdasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indentor berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Angka kekerasan *Vickers* (VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pengujian *Vickers* dapat dilakukan tidak hanya pada benda yang lunak akan tetapi

juga dapat dilakukan pada bahan yang keras. Bekas penekanan yang kecil pada pengujian *Vickers* mengakibatkan kerusakan bahan percobaan relatif sedikit.

Pada benda kerja yang tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil. Uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136^o. Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *brinell*.

Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan, prinsip pengukuran untuk kekerasan mikro *vickers* dapat dilihat pada rumus berikut.

Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} = \frac{1854 \cdot P}{L^2}$$

Dimana :

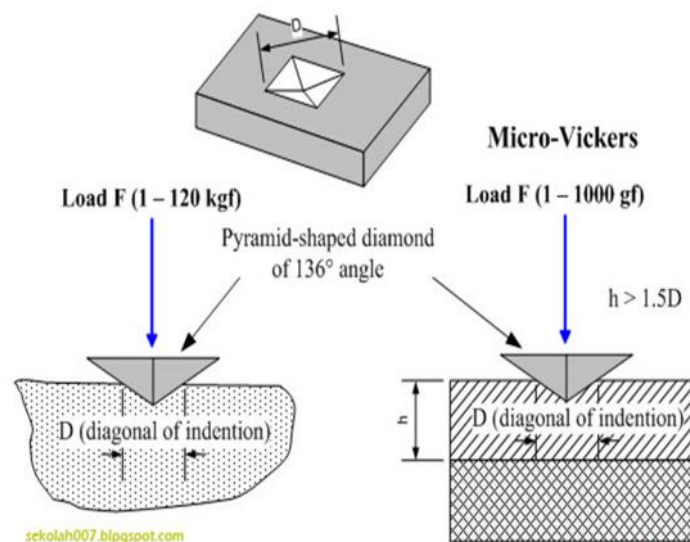
P = Beban yang digunakan (kg)

L = Panjang diagonal rata-rata (mm)

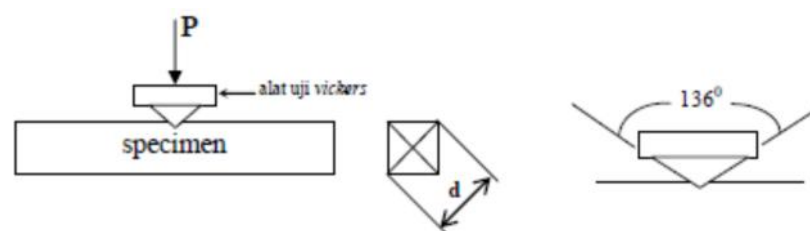
= sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

Uji kekerasan *Vickers* banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu, untuk suatu beban tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak, yakni DPH-nya 5 hingga logam yang sangat keras dengan DPH 1500.

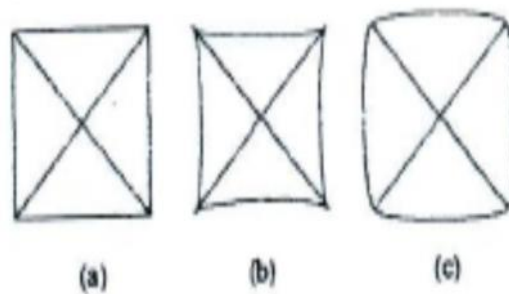
Vickers Hardness Test



Gambar 17. Pengujian kekerasan metode vickers (Dieter 1996)



Gambar 18. Skema pengujian kekerasan vickers (Dieter 1996)



Gambar 19. Tipe – tipe lekukan piramida intan (a), Lekukan sempurna, (b) lekukan jarum, (c) lekekukan berbentuk tong (Dieter 1996)

Beban yang biasanya digunakan pada pengujian ini berkisar antara 1 sampai 120 kg, tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji. Lekukan yang benar yang dibuat oleh piramida intan harus berbentuk bujur sangkar. Akan tetapi penyimpangan dapat terjadi pada penumbuk lekukan. Lekukan bantal jarum pada gambar 20 (b) adalah akibat terjadinya penurunan logam di sekitar permukaan piramida yang datar.

Keadaan demikian terjadi pada logam yang dilunakkan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Lekukan berbentuk tong pada gambar 20 (c) terdapat pada logam yang mengalami proses pengerjaan dingin. Bentuk demikian diakibatkan oleh penimbunan ke atas logam-logam di sekitar permukaan penumbuk. Ukuran diagonal pada kondisi demikian akan menghasilkan luas permukaan kontak yang kecil, sehingga menimbulkan kesalahan angka kekerasan yang besar.

Dalam penelitian ini, metode uji kekerasan yang digunakan adalah metode kekerasan *vickers*. Uji kekerasan mikro *vickers* ini digunakan pada penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu, untuk suatu beban tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak, yakni DPH-nya 5 hingga logam yang sangat keras dengan DPH 1500 (Saripudin M, 2013).

2.6 Pengamatan Struktur mikro

Sifat-sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material tersebut. Struktur mikro dalam logam (paduan) di tunjukan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro atau mikrografi dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi. Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

- a. Sectioning (Pemotongan) Pemotongan ini dipilih sesuai dengan bagian yang akan diamati struktur mikronya. Spesimen uji dipotong dengan ukuran seperlunya.
- b. Grinding (Pengamplasan kasar) Tahap ini untuk menghaluskan dan meratakan permukaan spesimen uji yang ditujukan untuk menghilangkan

retak dan goresan. Grinding dilakukan secara bertahap dari ukuran yang paling kecil hingga besar.

- c. Polishing (Pemolesan) Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan permukaan spesimen yang mengkilap, tidak boleh ada goresan. Pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan kain yang telah diolesi autosol.

Hasil yang baik dapat diperoleh dengan memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1) Pemolesan

Pemolesan sebaiknya dilakukan dengan satu arah agar tidak terjadi goresan.

2) Penekanan

Pengamplasan pada mesin amplas jangan terlalu ditekan. Apabila terlalu ditekan maka arah dan posisi pemolesan dapat berubah dan kemungkinan terjadi goresan-goresan yang tidak teratur.

3) Etching (Pengetsaan)

Hasil dari proses pemolesan akan berupa permukaan yang mengkilap seperti cermin. Agar struktur terlihat jelas maka permukaan tersebut dietsa. Dalam pengetsaan jangan terlalu kuat karena akan terjadi kegosongan pada benda uji.

4) Pemotretan

Pemotretan digunakan untuk mendapatkan gambar dari struktur mikro dari spesimen uji setelah difokuskan dengan mikroskop.

2.7 Pengamatan 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 20. 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.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan July 2018 sampai bulan Februari 2019.

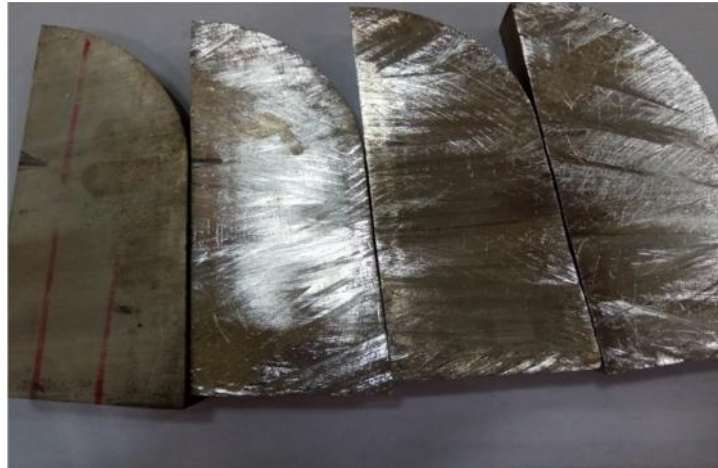
Penelitian dilakukan di beberapa tempat, yaitu sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen dan proses pengelasan dilakukan di Laboratorium Produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung.
2. Pengujian struktur makro dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi dan Material Universitas Lampung, Bandar Lampung.
3. Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi dan Material Institut Teknologi Bandung, Bandung.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Magnesium AZ31



Gambar 21. Material Magnesium AZ31

Magnesium

Magnesium merupakan unsur kimia dengan simbol Mg serta nomor atom 12. Bilangan oksidasi yaitu +2, dan nilai massa atom 24,31. Nilai densitas atau rapat masa sebesar yaitu sebesar 1.738 g.cm^{-3} , titik lebur Magnesium pada suhu $650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($923 \text{ }^{\circ}\text{K}$, $1202 \text{ }^{\circ}\text{F}$), dan titik didih pada suhu $1090 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1363 \text{ }^{\circ}\text{K}$, $1994 \text{ }^{\circ}\text{F}$).

Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110 N/mm^2 dalam bentuk hasil pengecoran (casting). Magnesium banyak dipergunakan karena memiliki massa yang ringan akan tetapi tetap memiliki kekuatan yang baik. Magnesium bisa dipadukan pada bahan lain bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik paduan tersebut seperti aluminium, mangan, dan juga zinc.

2. Mesin bubut



Gambar 22. Mesin bubut

SPESIFIKASI

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 Carriage	: 370 mm
Swing Cross Slide	: 210 mm
Bed width	: 300 mm

3. Mesin Gergaji Besi



Gambar 23. 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 24. 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 USB



Gambar 25. Mikroskop USB

SPESIFIKASI

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

6. Alat uji kekerasan *vickers* TH712



Gambar 26. Alat uji vickers Hardness Tester TH712 Shimadzu

SPESIFIKASI

Nama alat	: <i>vickers Hardness Tester</i> TH712 Shimadzu
Pengujian kekuatan	: 10gf (0.098N), 25gf (0.245N), 50gf (0.49N), 100gf (0.98N), 200gf (1.96N), 300gf (2.94N), 500gf (4.9N), 1000gf (9.8N)
Standar ISO	: 6507-2, ASTM E384
Efek sisik	: HRA, HRB, HRC, HRD, HRF, HV, HK, HBW, HR15N, HR30N, HR45N, HR15T, HR30T, HR45T
Vickers sisik	: HV0.01, HV0.025, HV0.05, HV0.1, HV0.2, HV0.3, HV0.5, HV1
Kisaran pengujian	: 5 ~ 3000HV
Indenters	: – Vickers, Knoop
Modus beban kontrol	: (Automatic) Loading, Dwell, Bongkar

Pembesaran mikroskop : 400X (Untuk pengukuran), 100X (Untuk pengamatan) Tinggi maksimum sampel uji 90mm.

Maksimum kedalaman sampel uji 120mm.

Power supply AC220V, 50 / 60Hz

Dimensi 63 * 40 * 78cm, Packing berat badan 65kg

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Proses pengelasan degan metode *friction welding* dilakukan di Laboratorium produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung dimana parameter pengerjaannya dapat dilihat pada Tabel 3.3.1

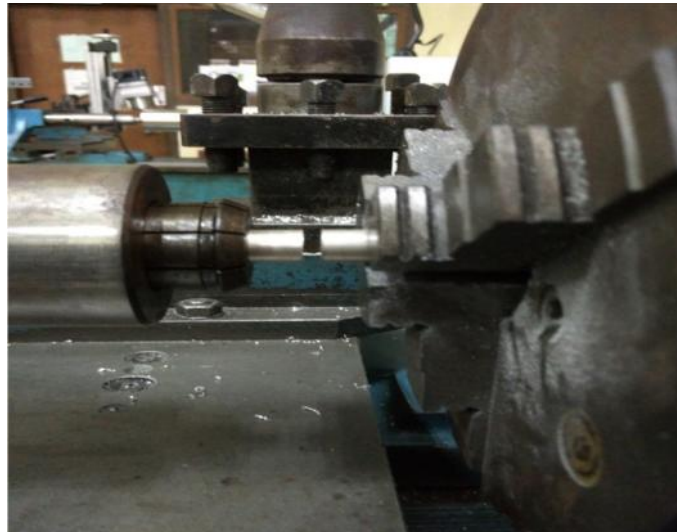
Tabel 3. Parameter pengelasan

No	D (mm)	L (mm)	L _p (mm)	N (rpm)	T (waktu)
1	12			1150	2 menit
2				1400	
3				1750	
4				2200	

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), waktu putar gesek spesimen.

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. Menentukan kecepatan putar (rpm) yang sudah ditentukan yaitu : 1150rpm, 1400rpm, 1700rpm, dan 2200rpm.
 - c. Melakukan proses pengelasan dan pada setiap proses pengelasan waktu yang dilakukan selama 2 menit untuk setiap variabel kecepatan putar mesin bubut.
 - d. Mempersiapkan benda kerja pada mesin bubut seperti pada gambar 28 dibawah ini.

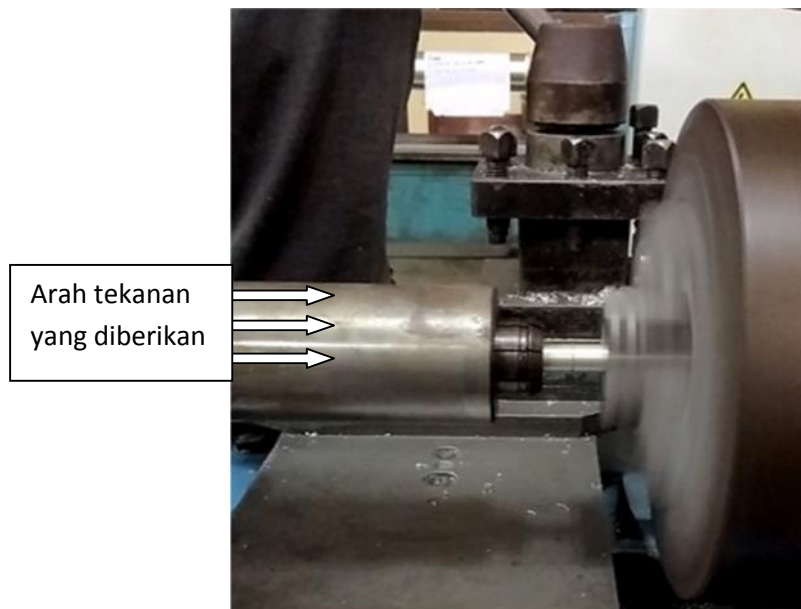


Gambar 27. Benda kerja pada mesin bubut

- e. Mesin memutar benda kerja kemudian lakukan proses pemanasan atau *preheat* sebelum pengelasan terjadi pada saat benda kerja berputar dan

mengukur temperatur *preheat* yang ditentukan 100°C dengan menggunakan kamera termografi.

- f. Melakukan kontak terhadap benda kerja seperti pada gambar 29 dibawah, dimana benda kerja yang berputar diberi tekanan dibawah tekanan pada *tail stock* dan tekanan meningkat secara bertahap, dilakukan selama waktu kontak gesek 2 menit sampai kedua permukaan benda kerja terjadi proses penyatuan dan dilakukan pada masing-masing variabel kecepatan putar.



Gambar 28. Benda kerja yang berputar diberi tekanan pada tail stock dan tekanan meningkat secara bertahap, dilakukan selama waktu kontak gesek 2 menit.

- g. Melakukan pengecekan suhu temperatur benda kerja dan mencatat temperatur benda kerja sebelum proses pengelasan benda kerja di hentikan.
- h. Putaran dihentikan, lakukan pengecekan suhu temperatur pada benda kerja dan mencatat kembali suhu tersebut saat terjadi proses penyatuan

material magnesium AZ31 menggunakan kamera termografi seperti pada gambar 31 dibawah ini.



Gambar 29. Proses penyatuan material magnesium AZ31 setelah mesin dihentikan.

- i. Proses selesai, spesimen dipindahkan dari mesin bubut.
- j. Spesimen dibentuk sesuai dengan standar pengujian.

3.4 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 hasil proses FW, Tegangan maksimal (TS) dan posisi perpatahan

Rpm	t (menit)	UTS(Mpa)	Posisi patah
1150	2menit		
1400	2 menit		
1750	2 menit		

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 struktur mikro *vickers*

Tujuan pengujian mikro vickers adalah untuk mengetahui nilai kekerasan spesimen. Adapun langkah pengujian mikro vickers adalah dengan menghitung beban dibagi luas permukaan lekukan, prinsip pengukuran untuk kekerasan mikro vikers, luas ini dihitung dari

pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut ini :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} = \frac{1854 \cdot P}{L^2}$$

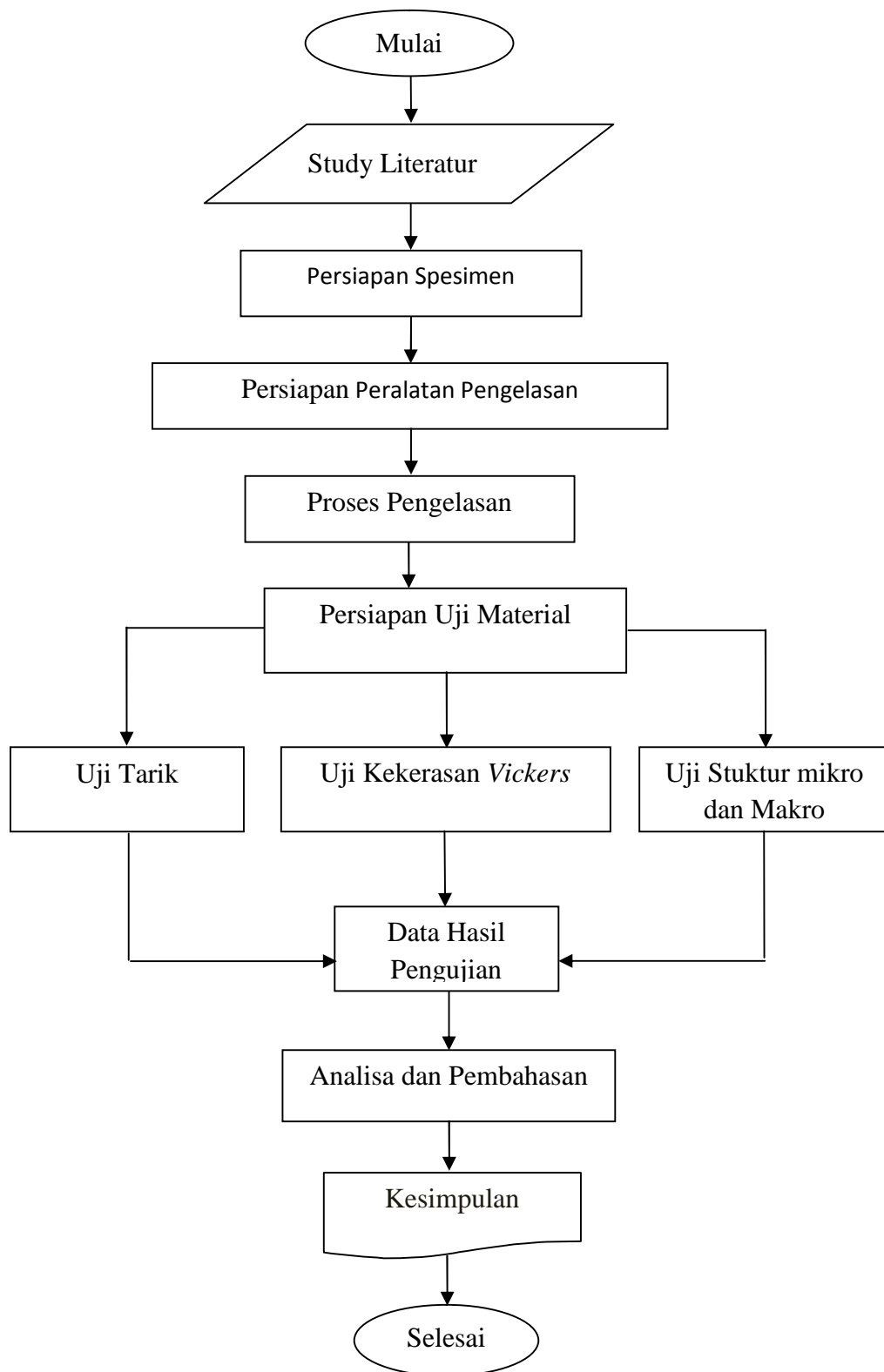
Dimana :

P = Beban yang digunakan (kg)

L = Panjang diagonal rata-rata (mm)

= sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

3.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 30. 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 pengujian tarik yang dilakukan didapatkan hasil kekuatan tarik maksimal (UTS) tertinggi diperoleh dari spesimen dengan variasi kecepatan rotasi 1400 rpm yakni sebesar 21,942 Mpa sedangkan untuk spesimen dengan variasi kecepatan putaran *spindel* 1150 rpm sebesar 20,6165Mpa dan hasil uji tarik terendah diperoleh spesimen dengan variasi kecepatan *spindel* 1700rpm yakni sebesar 12,4183 Mpa.
2. Dari pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan hasil kekuatan kekerasan tertinggi diperoleh dari spesimen dengan variasi kecepatan rotasi 1400 rpm dengan rata – rata nilai kekerasan pada area stir *zone* sebesar 57.1 Hv, sedangkan untuk spesimen dengan variasi kecepatan putaran *spindel* 1150 rpm sebesar 56.76 Hv dan spesimen dengan variasi kecepatan *spindel* 1700rpm yakni sebesar 55.23 Hv.

3. Dari pengujian foto makro dan mikro diketahui bahwa spesimen dengan kecepatan putaran *spindel* 1400rpm memiliki penampakan hasil sambungan yang baik dimana distribusi panas menghasilkan sambungan yang baik, hasil ini tidak berbeda jauh dengan spesimen dengan variasi putaran *spindel* 1150rpm sedangkan pada spesimen dengan variasi putaran *spindel* 1700rpm didapati sejumlah cacat berupa void sehingga menurunkan kualitas sifat mekanik hasil sambungan.

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. Pada penelitian ini spesimen hasil pengelasan dengan kecepatan putaran *spindel* 1700 rpm menghasilkan kualitas sambungan yang paling rendah untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penghitungan kekuatan tekan selama proses penyambungan untuk menghindari terjadinya porositas pada hasil sambungan.

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.
- Ika Wahyuni, Dkk, 2013. *Uji Kekerasan Material Dengan Metode Rockwell*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- 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.