



TUGAS AKHIR - TM 090340

**ANALISA PENGARUH PERBEDAAN INTERPAS
TEMPERATUR PENGELASAN GTAW ALUMINIUM 6061
MENGUNAKAN FILLER ER4043 TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

Diky Multazam
NRP 2109 030 045

Dosen Pembimbing
Ir. Subowo, M. Sc.

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014



FINAL PROJECT - TM 090340

**EFFECT OF DIFFERENCE INTERPASS TEMPERATURE
IN GTAW WELDING ON ALUMINIUM 6061 USES
ER4043 FILLER ABOUT MECHANICAL PROPERTIES
AND MICRO STRUCTURE**

Diky Multazam
NRP 2109 030 045

Consellor Lecturer
Ir. Subowo, M. Sc.

Program Study Diploma III
Mechanical Engineering of Departement
Faculty Technology Industry
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya
2014

**ANALISA PENGARUH PERBEDAAN INTERPAS
TEMPERATUR PENGELASAN GTAW ALUMINIUM
6061 MENGGUNAKAN FILLER ER4043 TERHADAP
SIFAT MEKANIK DAN STURKTUR MIKRO**

Nama Mahasiswa : Diky Multazam
NRP : 2109 030 045
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Ir.Subowo, M. Sc

Perkembangan teknologi pengelasan yang berkembang di industri perkapalan saat ini penggunaan las GTAW dengan menggunakan bahan aluminium sebagai bahan pembuatan bodi kapal dengan metode single “V”.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan las GTAW untuk bahan aluminium 6061-T6 dengan filler ER4043 pada sambungan single “V” groove diharapkan dapat mengetahui perbandingan pengelasan interpas temperatur 50°C-70°C dengan pengelasan interpas temperatur 100°C-120°C. Penelitian tersebut menggunakan 2 spesimen, setelah spesimen dibentuk dan dilas maka dilakukan pengujian tarik, pengujian kekerasan vickers, serta pengamatan struktur mikro.

Setelah melakukan pengujian dan pengamatan pada spesimen bahan didapatkan perbandingan mengenai pengelasan dengan perbandingan interpas temperatur. Bahwa pengelasan dengan interpas temperature 100°C-120°C memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada pengelasan dengan interpas temperatur 50°C-70°C yaitu sebesar 243,12 N/mm² berbanding 232,26 N/mm².

Kata kunci : las GTAW, aluminium, aluminium 6061

EFFECT OF DIFFERENCE INTERPASS TEMPERATURE IN GTAW WELDING ON ALUMINIUM 6061 USES ER4043 FILLER ABOUT MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE

Name of Student : Diky Multazam
NRP : 2109 030 045
Department : D3 Teknik Mesin FTI – ITS
Adviser Lecture : Ir.Subowo, M. Sc

Abstract

Nowadays, development of welding technology in shipyard industries uses GTAW on aluminium material which applies to ship body in “V” single method.

The experiment uses GTAW welding for aluminium material 6061-T6 with ER4043 filler on “V” single groove joint that wish could know the comparison about welding with interpass temperature 50°C-70°C and 100°C-120°C. The experiment uses two material, after it's formed and welded then it's tested with Vickers and tensile test, after that we observe it's micro structure.

After we did experiment and observation on specimens, we obtained comparison about difference of interpass temperature during welding. We can conclude that welding with temperature 100°C-120°C has higher tensile strength than temperature 50°C-70°C.

Keyword: GTAW welding, aluminium, aluminium 6061

**ANALISA PENGARUH PERBEDAAN INTERPAS
TEMPERATUR PENGELASAN GTAW ALUMINIUM
6061 MENGGUNAKAN FILLER ER4043 TERHADAP
SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin

pada

Bidang Studi Teknik Produksi
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

DIKY MULTAZAM
NRP. 2109 030 045

Mengetahui / Menyetujui :
(Pembimbing)



Ir. Subowo M. Sc
NIP. 19581004 198701 1 001

**SURABAYA
FEBRUARI, 2014**

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Syukur selalu hanya bagi Allah SWT, yang telah menaburkan jutaan bulan dan bintang penghias semesta raya, pemilik cahaya diatas cahaya, yang menghiasi dunia dengan bunga, rasa cinta dan air mata, yang telah memberikan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat serta salam kami panjatkan kepada Rasullulah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang wajib diselesaikan oleh setiap mahasiswa Program Studi Diploma III, untuk mendapatkan gelar Ahli Madya pada jurusan D-3 Teknik Mesin FTI – ITS.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan baik sacara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Subowo M. Sc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulisan laporan Tugas Akhir ini sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Abah dan Ibu tercinta, serta kakak-adikku tersayang yang telah memberikan dorongan moril, materiil, dan spiritual kepada penulis.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MSc. selaku Koordinator Program Studi D III Teknik Mesin FTI – ITS.
4. Ibu Liza Rusdiyana, ST, MT. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Mesin FTI – ITS.
5. Bapak Ir. Nur Husodo, M. Sc. selaku dosen wali.
6. Semua dosen dan karyawan Program Studi D III Teknik Mesin FTI – ITS.
7. Semua keluarga besar di Lamongan, Surabaya dan Jakarta atas dorongan moril dan spiritual pada penulis.

8. M. Sholichudin dan Fath Iqbal Alfarisi yang menjadi partner Tugas Akhir, terima kasih atas kerjasamanya.
9. Kepada Ahmad Nurdiansyah, Made Chikas, Arif Martan, Misbakhul Munir, Rahmadi Nurcahyo, Furqon Ashari, Dimas Anugrah, Puguh Sahastyo, Edo Edgar, Rahmad, Mahatma, Adrian, Hasan Bey, serta semua anak-anak kos GW 25C yang tidak saya sebut satu persatu terima kasih atas semua bantuan dan kerjasamanya.
10. Rekan-rekan seperjuangan D III Teknik Mesin FTI-ITS, terutama 2009 terima kasih atas bantuan dan semangat yang telah diberikan
11. Dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Akhirnya semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk sekarang dan masa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun mampu menyempurnakan penulisan laporan dimasa yang akan datang.

Surabaya, Februari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Judul.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar.....	x

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Sistematika Penulisan	2

BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Aluminium	5
2.1.1. Aluminium Menurut Paduannya	6
2.1.2. Aluminium Menurut Kemampuan Laku Panas.....	7
2.1.3. Aluminium 6061 T6.....	7
2.2. Pengelasan	10
2.2.1 Pengelasan GTAW	12
2.2.2 Metalurgi Las	13
2.2.3 Ketangguhan las.....	14

2.3. Pengujian Mekanik.....	14
2.3.1. Uji tarik.....	15
2.3.2. Uji Kekerasan	18
2.3.3. Pengamatan Metalografis	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Rancangan Percobaan	27
3.2. Diagram Alir (flow chart)	27
3.3. Persiapan Bahan dan Alat.....	29
3.3.1. Persiapan Bahan.....	29
3.3.2. Persiapan Alat.....	29
3.3.3. Persiapan spesimen.....	32
3.3.4. Pengelasan.....	33
3.4 Pengambilan data.....	33
3.4.1 Pengujian tarik.....	34
3.4.2 Pengujian kekerasan Vickers.....	35
3.4.3 Pengamatan mikro Struktur.....	37
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN ...	39
4.1. Hasil tes uji tarik	39
4.2. Hasil tes uji kekerasan vickers	43
4.3. Hasil Pengamatan metalografis	61
4.4. Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengelompokan Aluminium menurut Aluminium Association (AA)	6
Tabel 2.2 Kandungan Kimia Aluminium 6061	8
Tabel 2.3 Sifat Mekanis Aluminium 6061	9
Tabel 3.1 Perencanaan hasil proses uji kekerasan.....	34
Tabel 4.1 Hasil tes uji tarik	39
Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan microhardness vickers spesimen A	44
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan microhardness vickers spesimen B	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi pengelasan	11
Gambar 2.2	Daerah pengelasan	13
Gambar 2.3	Gambaran singkat gaya uji tarik	15
Gambar 2.4	Arah Gaya Tarik	17
Gambar 2.5	Diagram Tegangan Regangan.....	17
Gambar 2.6	Indentor Brinell.....	15
Gambar 2.7	Indentor Kerucut Intan dan Bola Baja	16
Gambar 2.8	Bentuk obyek pembesaran.....	22
Gambar 2.9	Pengaruh etsa	24
Gambar 2.10	Pantulan sinar pengamatan metalografi.....	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2	Persiapan Bentuk Spesimen.....	29
Gambar 3.3	Infrared Thermograf	30
Gambar 3.4	Mesin Gerinda	31
Gambar 3.5	Mesin las GTAW.....	32
Gambar 3.6	Susunan layer pada pengelasan	33
Gambar 3.7	Spesimen uji tarik	34
Gambar 3.8	Titik identasi uji kekerasan vickers	37
Gambar 3.9	Alat mikrostruktur Olympus.....	38
Gambar 4.1	Grafik perbandingan rata-rata UTS.....	40
Gambar 4.2	patahan spesimen A1 uji tarik.....	41
Gambar 4.3	patahan spesimen A2 uji tarik.....	41
Gambar 4.4	patahan spesimen A3 uji tarik.....	41
Gambar 4.5	patahan spesimen B1 uji tarik.....	42
Gambar 4.6	patahan spesimen B2 uji tarik.....	42
Gambar 4.7	patahan spesimen B3 uji tarik.....	42
Gambar 4.8	titik identasi saat pengujian kekerasan.....	43

Gambar 4.9 grafik hasil uji kekerasan spesimen A.....	44
Gambar 4.10 grafik hasil uji kekerasan spesimen B.....	45
Gambar 4.11 grafik perbandingan kekerasan spesimen A dan spesimen B.....	46
Gambar 4.12 struktur mikro base metal spesimen A	47
Gambar 4.13 struktur mikro daerah HAZ spesimen A	47
Gambar 4.14 struktur mikro daerah lasan spesimen A	48
Gambar 4.15 struktur mikro base metal spesimen B.....	48
Gambar 4.16 struktur mikro daerah HAZ spesimen B	48
Gambar 4.17 struktur mikro daerah lasan spesimen B	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material aluminium kini semakin banyak dikembangkan untuk proses produksi sebagai pengganti material berat seperti baja dan besi. Pengembangan yang dilakukan salah satunya dengan melakukan penyambungan pada aluminium dengan metode pengelasan seperti yang sering dijumpai pada industri pembuatan kapal atau body pesawat terbang.

Aluminium Alloys seri 6061 yang merupakan aluminium paduan yang banyak digunakan di dunia perkapalan. Aluminium mempunyai sifat mampu las yang kurang baik dan sering terjadi cacat. Dengan adanya pengelasan busur listrik dengan pelindung gas mulia, telah menjadikan sifat mampu las aluminium menjadi lebih baik.

Pengelasan GTAW merupakan salah satu metode pengelasan yang akan digunakan untuk memaksimalkan pengelasan dengan bahan aluminium. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan judul analisa pengaruh perbedaan interpass temperatur pengelasan GTAW Aluminium 6061 terhadap sifat mekanik dan struktur mikro

1.2 Perumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh pengelasan dengan parameter perbedaan interpass temperatur 50°C-70°C dan 100°C-120°C terhadap kekuatan tarik bahan aluminium 6061 pada pengelasan GTAW.

- Bagaimana hasil pengelasan dengan parameter perbedaan interpass temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro aluminium 6061 pada pengelasan GTAW.

1.3 Batasan Masalah

- Aluminium 6061 dengan tebal 12 mm (bahan dianggap homogen)
- Filler ER4043 dengan diameter 1.6 mm
- Pengelasan GTAW
- Interpass temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C
- Perpindahan panas di abaikan

1.4 Tujuan Penelitian

- Mengetahui nilai kekuatan tarik pada sambungan las dengan parameter perbedaan interpass temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C bahan aluminium pada pengelasan GTAW.
- Mengetahui nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengelasan dengan parameter perbedaan interpass temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C aluminium 6061 pada pengelasan GTAW.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan disusun dalam lima bab yaitu pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, pembahasan masalah serta tujuan penelitian.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas mengenai beberapa teori penunjang yang mendukung dalam pembuatan dan penuntun dalam memecahkan masalah.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian dijelaskan tentang data specimen awal, metode pengujian yang digunakan, dan segala bentuk prosedur yang diperlukan untuk penelitian ini.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab analisa data dan pembahasan akan dijelaskan data yang diperoleh percobaan atau pengujian yang dilakukan, yang meliputi hasil uji kekerasan, uji tarik dan hasil uji struktur mikro dan makro serta analisa tentang hasil-hasil yang telah diperoleh selama percobaan dilakukan, pembahasan mengenai hubungan antara hasil percobaan dengan teori yang telah ada.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab lima diberikan dengan menarik kesimpulan dari hasil percobaan yang telah dianalisa beserta dengan saran untuk penelitian berikutnya.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Aluminium

Salah satu dari sekian banyak bahan non ferrous yang sering digunakan adalah aluminium. Aluminium sudah banyak dipergunakan dalam bidang industri dan transportasi karena memiliki banyak sifat yang menguntungkan, hal tersebut menyebabkan aluminium memiliki penggunaan yang luas.

Aluminium merupakan logam yang paling banyak ditemukan di kerak bumi (8.1%), tetapi tidak pernah ditemukan secara bebas di alam. Selain pada mineral yang telah disebut di atas, ia juga ditemukan di granit dan mineral-mineral lainnya. Metoda untuk mengambil logam aluminium adalah dengan cara mengelektrolisis alumina yang terlarut dalam cryolite. Metoda ini ditemukan oleh Hall di AS pada tahun 1886 dan pada saat yang bersamaan oleh Heroult di Perancis. Cryolite, bijih alami yang ditemukan di Greenland sekarang ini tidak lagi digunakan untuk memproduksi aluminium secara komersil. Penggantinya adalah cairan buatan yang merupakan campuran natrium, aluminium dan kalsium fluorida.

Kelebihan lain dari Aluminium adalah tahan karat atau korosi yang disebabkan oleh reaksi dengan Oksigen. Kekuatan dari Aluminium murni memang tidak sebaik logam-logam lainnya, namun hal ini dapat diatasi dengan memadukan Aluminium dengan logam-logam lainnya seperti Tembaga, Magnesium, Silikon, Mangan dan Seng. Aluminium paduan ini biasa disebut *Aluminium alloy*.

Aluminium banyak digunakan sebagai peralatan dapur, bahan konstruksi bangunan dan ribuan aplikasi lainnya dimana logam yang mudah dibuat, kuat, dan ringan diperlukan.

Walau konduktivitas listriknya hanya 60% dari tembaga, tetapi aluminium digunakan sebagai bahan transmisi karena sifatnya yang ringan. Aluminium murni sangat lunak dan tidak kuat. Tetapi dapat dicampur dengan tembaga, magnesium, silikon, mangan, dan unsur-unsur lainnya untuk membentuk sifat-sifat yang menguntungkan.

Campuran antara aluminium murni dengan logam lainnya menjadi penting kegunaannya dalam konstruksi pesawat modern dan roket. Logam campuran ini jika diuapkan dan divakum akan membentuk lapisan yang memiliki reflektivitas tinggi untuk cahaya yang tampak dan radiasi panas. Lapisan ini menjaga logam dibawahnya dari proses oksidasi sehingga tidak menurunkan nilai logam yang dilapisi. Lapisan ini biasa disebut dengan lapisan oksidasi.

2.1.1. Aluminium Menurut Paduannya

Jenis aluminium dibedakan berdasarkan presentase aluminium murni yang terkandung pada komposisi kimia material. Secara umum pengelompokan jenis aluminium menurut *Aluminium Association (AA)* ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Pengelompokan Aluminium Menurut Aluminium Association (AA)

Seri	Paduan
1xxx	99% Aluminium
2xxx	Tembaga
3xxx	Mangan
4xxx	Silikon
5xxx	Magnesium
6xxx	Magnesium & silicon
7xxx	Zinc
8xxx	Tin, lithium, dan campuran lain
9xxx	N/A

Dari table di atas terlihat bahwa jenis-jenis paduan diberi kode dengan empat angka. Angka pertama menunjukkan jenis paduan aluminium berkaitan dengan kemurnian aluminium atau jenis unsur paduan utama. Angka ke dua menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil. Angka 0 menunjukkan paduan tersebut orisinil, sedangkan angka 1-9 untuk paduan modifikasi. Angka ke tiga dan ke empat pada kode tidak berarti besar hanya berfungsi untuk membedakan paduan yang satu dengan yang lainnya pada seri itu saja.

2.1.2. Aluminium Menurut Kemampuan Laku Panas

Selain klasifikasi yang telah disebutkan oleh Aluminium Assosation (AA), aluminium juga terbagi dua berdasarkan kemampuan untuk dipanaskan, yaitu aluminium heat treatable dan aluminium non heat treatable.

Aluminium heat treatable adalah aluminium yang mengalami perubahan struktur mikro jika dikenai laku panas. Perubahan struktur mikro tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan sifat mekaniknya. Aluminium jenis ini biasanya digunakan untuk bahan yang memerlukan kekerasan tinggi untuk itu aluminium dilaku panas agar memperoleh kekerasan dan kekuatan yang tinggi.

Aluminium non heat treatable adalah aluminium yang tidak mengalami perubahan struktur mikro walau dikenai laku panas. Aluminium jenis ini biasanya digunakan sebagai perabotan rumah tangga seperti panci, wajan, dsb.

2.1.3. Aluminium 6061

Aluminium A 6xxx adalah salah satu aluminium yang telah mengalami proses heat treatable, sehingga material ini memiliki sifat mekanik tinggi yang baik. Kemampuan pemesinan

yang baik, penyelesaian permukaan sempurna, kekuatan yang tinggi dan ringan, serta tahan terhadap korosi.

a. Kandungan Kimia

Aluminium seri 6061 memiliki kandungan kimia:

Tabel 2.2. Kandungan Kimia Aluminium 6061

Unsur	Kadar (%)
Silicon	0,4 – 0,8
Magnesium	0,8 – 1,2
Tembaga	0,15 – 0,40
Mangan	Max 0,15
Zinc	Max 0,25
Nikel	0,001
Crom	0,04 – 0,35
Timbal	Max 0,15
Ferro	Max 0,7
Lain – lain	Max 0,15

Unsur – unsur paduan dalam aluminium A 6061 memiliki pengaruh antara lain:

1. Silicon (Si) : Menyebabkan aluminium dapat memperoleh perlakuan panas guna menaikkan kekerasannya.
2. Magnesium (Mg) : Menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya (keuletan). Magnesium juga membuat aluminium memiliki ketahanan korosi dan kemampuan las yang baik.

3. Tembaga (Cu) :Menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan pertambahan panjang (saat uji tarik).
4. Mangan (Mn) :Menaikkan daya tahan terhadap korosi
5. Zink (Zn) :Menaikkan nilai tensil

b. Sifat Mekanis

Sifat mekanis dari aluminium seri 6061 dapat dilihat dari table 2.3.

Tabel 2.3. Sifat Mekanis Aluminium 6061

Kekuatan tarik	min 265 N/mm ²
Ketahanan tekanan	min 245 N/mm ²
Perpanjangan	min 8 %

Kekuatan : Kekuatan dan kekerasan aluminium tidak begitu tinggi, namun dengan adanya pemaduan dan *heat treatment* dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya.

Modulus Elastisitas : Aluminium memiliki modulus elastisitas yang rendah dibandingkan dengan baja maupun besi.

Keuletan (*ductility*) : Semakin tinggi tingkat kemurnian aluminium maka akan semakin tinggi tingkat keuletannya.

Kelelahan (*fatigue*) : Aluminium tidak menunjukkan batas kepenatan karena aluminium akan gagal jika ditekan.

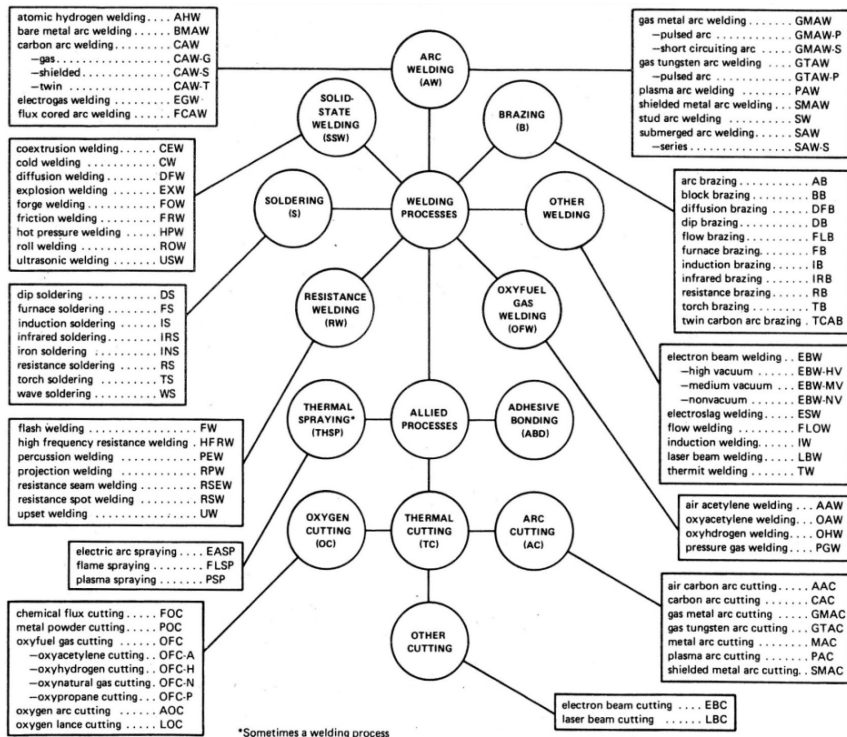
***Recyclability* (daya untuk didaur ulang)** : aluminium adalah 100% bahan yang didaur ulang tanpa *downgrading* dari kwalitas.

2.2 Pengelasan

Pengelasan (Welding) adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan proses pemanasan setempat, sehingga terjadi ikatan metalurgi antara logam-logam yang disambung. Proses penyambungan logam ini banyak dipakai di industri untuk pekerjaan konstruksi, pembuatan mesin, peralatan pabrik, konstruksi perpipaan serta pekerjaan lain yang memerlukan sambungan. Dalam setiap proses pengerjaan pengelasan harus memenuhi standar tertentu yaitu: ASME, (American Society of Mechanical Engineers), API (American Petroleum Institute) dan lain sebagainya. Dalam hal ini proses las, pemilihan logam pengisi (*filler metal*), perencanaan prosedur las, kualifikasi prosedur pengelasan, perancangan dan prosedur pabrikasi, serta sistem pengendalian mutu harus dilakukan mengikuti peraturan yang berlaku dalam standar.

Agar suatu pelaksanaan konstruksi las dikerjakan dengan benar dan berhasil; sehingga aman terhadap hasil yang dikerjakan, maka untuk setiap pekerjaan las harus dimulai dengan pemilihan elektroda las, proses pengelasan dan variabel penting lainnya seperti: bentuk sambungan yang akan dikerjakan, baik di pabrikasi maupun dilapangan, serta perlakuan panas yang akan dilakukan pada awal dan selesainya pengelasan, PHT (Post Heat Treatment), PWHT (Post Weld Head Treatment) dan arus listrik yang dipakai, untuk semua pekerjaan tersebut perlu adanya spesifikasi prosedur pengelasan, WPS (Welding Procedure Specification).

Pada pengelasan GTAW prosedur telah dirancang menurut ketentuan AWS, standar diuji kualitasnya dengan berbagai uji test baik NDT (Non Destructif Test) maupun mechanical test result, yang dibuktikan dengan suatu kualifikasi yang disebut kualifikasi prosedur. Pelaksanaan kualifikasi diatur oleh ASME sect IX standar.



Gambar 2.1 klasifikasi pengelasan

2.2.1 Pengelasan GTAW

GTAW (*Gas tungsten arc welding*) adalah suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar, Pada proses pengelasan GTAW peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk.

Pada jenis ini logam pengisi dimasukkan kedalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Las GTAW dapat dilaksanakan secara manual atau secara otomatis dengan mengotomatisasikan cara pengumpanan logam pengisi.

Penggunaan las GTAW mempunyai dua keuntungan, pertama kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetasi kedalam logam induk dapat diatur semauanya. Cara pengaturan ini memungkinkan las GTAW dapat digunakan dengan memuaskan baik untuk pelat baja tipis maupun pelat baja tebal. Sedangkan untuk aluminium karena permukaannya selalu dilapisi dengan oksida yang mempunyai titik cair tinggi, maka sebaiknya memakai arus bolak-balik frekuensi tinggi.

Sumber listrik yang digunakan unutm pengelasan GTAW dapat berupa listrik DC atau listrik AC. Pada umumnya dalam proses pengelasan AC sumber listrik yang digunakan mempunyai karakteristik yang lamban, sehingga dalam menggunakan listrik DC untuk memulai menimbulkan busur perlu ditambah dengan listrik AC frekuensi tinggi. Elektroda yang digunakan terbuat dari Wolfram murni atau paduan antara wolfram-torium, yang berbentuk batang dengan garis tengah antara 1,0 mm sampai 4,8 mm. Gas yang dipakai untuk melindungi adalah gas Argon murni, karena pencampuran dengan O₂ atau CO₂ yang bersifat oksidator akan mempercepat keausan ujung elektroda.

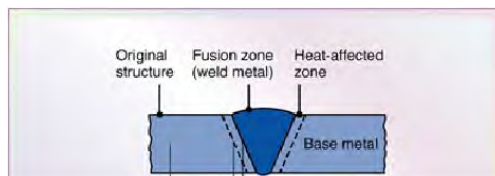
2.2.2 Metalurgi Las

Pengelasan adalah proses penyambungan dengan menggunakan energi panas, karena proses ini maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak dan lain sebagainya yang umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dan konstruksi las.

Logam akan mengalami pengaruh pemanasan akibat pengelasan dan mengalami perubahan struktur mikro disekitar daerah lasan. Bentuk struktur mikro bergantung pada temperatur tinggi yang dicapai pada pengelasan dan laju pendinginan daerah lasan. Daerah logam yang mengalami perubahan mikro akibat mengalami pemanasan karena pengelasan disebut daerah pengaruh panas (DPP) atau Heat Affected Zone.

Daerah lasan sendiri, terdiri dari tiga bagian

1. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku.
2. Fusion Line, garis penggabungan atau garis batas cair antara logam las dan logam induk.
3. Daerah pengaruh panas disebut HAZ (Heat Affected Zone) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat.



Gambar 2.2 daerah pengelasan

2.2.3 Ketangguhan las

Logam las adalah logam yang dalam proses pengelasan mencair kemudian membeku, sehingga logam las ini banyak sekali mengandung oksigen dan gas-gas lain. Komposisi logam las sudah barang tentu tergantung daripada proses pengelasan tetapi dapat diperkirakan bahwa komposisinya terdiri dari komponen logam induk dan komponen bahan las yang digunakan.

Dalam menganalisa ketangguhan logam las harus diperhatikan pengaruh unsur lain yang terserap selama proses pengelasan, terutama oksigen, dan pengaruh dari struktur logam itu sendiri. Struktur logam daerah pengaruh panas atau HAZ berubah secara berangsur dari struktur logam induk ke logam las, pada daerah HAZ dekat dengan daerah lebur, kristal tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar daerah ini dinamakan batas las.

Didalam daerah pengaruh panas besar butir dan struktur berubah sesuai dengan siklus termal yang terjadi pada waktu pengelasan, karena siklus termal yang terjadi sangat kompleks sehingga ketangguhannya pun semakin kompleks.

Dalam hal sambungan las patah getas ini menjadi lebih penting karena adanya faktor-faktor yang membantu seperti: konsentrasi tegangan, struktur tidak sesuai dan adanya cacat dalam lasan. Pengaruh struktur logam las terhadap ketangguhan pada dasarnya sama seperti pada batas las, tetapi pada logam las dalam proses pengelasan ini mencair dan kemudian membeku maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen.

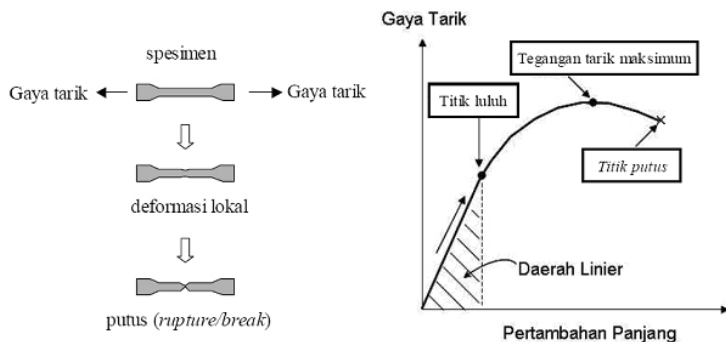
2.3 Pengujian Mekanik

Untuk mengetahui/mengukur sifat logam, perlu dilakukan pengujian. Pengujian biasanya dilakukan terhadap contoh

(sampel) bahan yang dipersiapkan menjadi spesimen atau batang uji (test piece) dengan bentuk dan ukuran yang standar. Demikian juga prosedur pengujian harus dilakukan dengan cara-cara yang standar (mengikuti suatu standar tertentu), baru kemudian dari hasil pengukuran pada pengujian diambil kesimpulan mengenai sifat mekanik yang di uji.

2.3.1 Uji tarik

Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM A830 dan Jepang dengan JIS Z 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec.



Gambar 2.3 Gambaran singkat gaya uji tarik

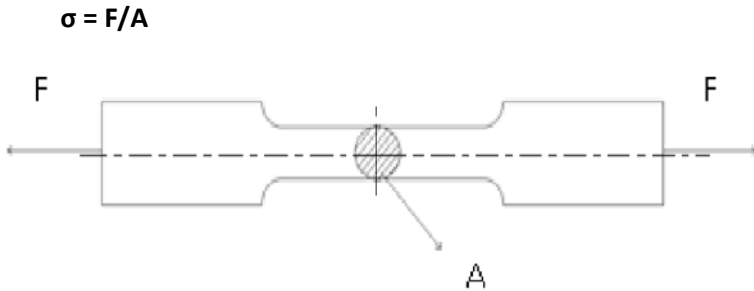
Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar.2.3. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.

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

2.3.1.1 Hukum Hooke (*Hooke's Law*)

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut:

- rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan.
- Stress adalah beban dibagi luas penampang bahan dan
- strain adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.



Gambar 2.4. Arah Gaya Tarik

F : gaya tarikan (N)

A : luas penampang (mm^2)

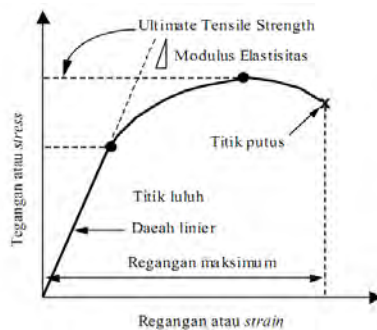
σ : tegangan (MPa)

$$\varepsilon = \Delta L/L$$

ΔL : pertambahan panjang (mm)

L : panjang awal (gage length) (mm)

ε : regangan (mm/mm)



Gambar 2.5. Diagram Tegangan Regangan

2.3.2 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah salah satu pengujian untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu bahan. Di dalam aplikasi manufaktur, material diuji untuk dua pertimbangan, sebagai riset karakteristik suatu material baru dan juga sebagai suatu analisa mutu untuk memastikan bahwa contoh material tersebut menghasilkan spesifikasi kualitas tertentu.

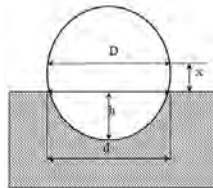
Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami pergesekan (*Frictional Force*), dalam hal ini bidang keilmuan yang berperan penting mempelajarinya adalah Ilmu Bahan Teknik (*Metallurgy Engineering*). Pengujian yang paling banyak dipakai adalah dengan menekan alat penekan tertentu pada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan dengan penekanan (*brinell*). Di dunia teknik, pengujian kekerasan umumnya menggunakan 3 metode, yaitu :

- Brinell (HB/BHN)
- Rockwell (HR/RHN)
- Vickers (HV/VHN)

2.3.2.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya adalah metode yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900. Uji kekerasan brinell berupa pembentukan lekukan pada logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban dikurangi hingga tinggal 500 kg, untuk menghindari jejak yang dalam, dan untuk bahan yang sangat keras, digunakan paduan karbida tungsten, untuk memperkecil terjadinya distorsi

indentor. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan. Kemudian dicari harga rata-rata dari dua buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus. Permukaan dimana lekukan akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu dan kerak. Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan.



Gambar 2.6 Indentor Brinell

Rumus angka kekerasan Brinell :

$$\text{BHN} = \frac{\text{ gaya tekan}}{\text{ luas gaya tekan}} = \frac{P}{\pi D/2 \cdot \{D - \sqrt{D^2 - d^2}\}}$$

Dimana :

P = Gaya tekan (kg)

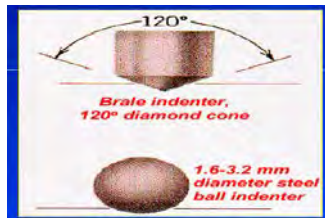
D = Diameter bola indentor (mm)

d = Diameter tapak tekan (mm)

2.3.2.2 Kekerasan Rockwell

Pada uji kekerasan Rockwell, angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada spesimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode Rockwell dapat digunakan dua bentuk indentor, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan berbentuk kerucut intan (diamond cone).

Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indenter. Pengujian ini banyak dilakukan di industri karena pelaksanaannya lebih cepat, dimana angka kekerasan spesimen uji dapat dibaca langsung pada dial mesin. Biasanya digunakan penumbuk berupa kerucut intan 120° dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan penumpuk brale; serta bola baja berdiameter 1/16 inci dan 1/8 inci. beban besar yang digunakan adalah 60, 100, 150 kg.



Gambar 2.7 Indentor Kerucut Intan dan Bola Baja

Skala umum yang digunakan pada uji kekerasan Rockwell sebagai berikut :

- HRA, (penumbuk kerucut intan, beban besar 60 kg) merupakan skala kekerasan Rockwell yang paling luas, yang dapat digunakan untuk bahan-bahan mulai dari tembaga yang lunak hingga karbida sementara (cemented carbide)
- HRB, (penumbuk bola 1/16 inci, beban besar 100 kg) digunakan untuk logam lunak, seperti kuningan, bronze, dan logam yang kekerasannya sedang seperti baja karbon rendah
- HRC, (penumbuk kerucut intan, beban besar 150 kg), digunakan untuk baja yang dikeraskan

2.3.2.3 Kekerasan Vickers

Uji kekerasan Vickers menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya bentuknya bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan 136° . 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. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. DPH dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$DPH = \frac{2P \sin (\theta/2)}{L^2} = \frac{1.854P}{L^2}$$

Dimana :

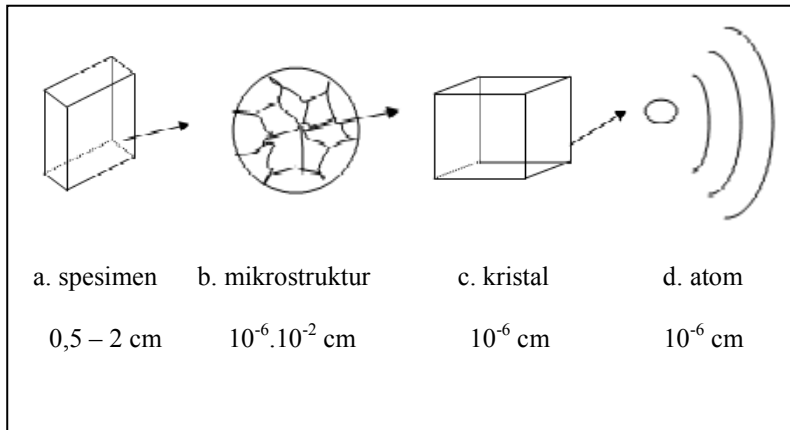
P = beban yang diterapkan, kg

L = panjang diagonal rata-rata, mm

θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

2.3.3 Pengamatan Metalografis

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan miroskop optis dan mikroskop electron. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu. *Gambar 2.13* berikut menjelaskan spesimen dengan pembesaran dan lingkup pengamatannya.



Gambar 2.8 spesimen, ukuran dan bentuk obyek pembesaran

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa penyelidikan mikrostruktur berkisar 10^{-6} cm (batas kemampuan elektron mikroskop hingga 10^{-2} cm batas kemampuan mata manusia). Biasanya objek pengamatan yang digunakan 10^{-5} cm atau pembesaran 5000-30000 kali untuk mikroskop elektron dan 10^{-3} cm atau order pembesaran 100-1000 kali mikroskop optik.

Agar permukaan logam dapat diamati secara metalografi, maka terlebih dahulu dilakukan persiapan sebagai berikut :

1. Pemotongan spesimen

Pada tahap ini diharapkan spesimen dalam keadaan datar, sehingga memudahkan dalam pengamatan

2. Mounting spesimen (bila diperlukan)

Tahap mounting ini, spesimen hanya dilakukan untuk material yang kecil atau tipis saja. Sedangkan

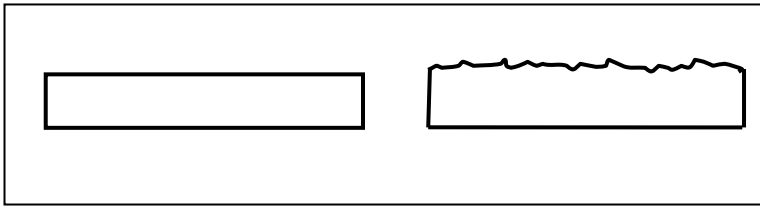
untuk material yang tebal, tidak memerlukan proses mounting.

3. Grinding dan polishing

Tahap grinding dan polishing ini bertujuan untuk membentuk permukaan spesimen agar benar-benar rata. Grinding dilakukan dengan cara menggosok spesimen pada mesin *hand grinding* yang diberi kertas gosok dengan ukuran grid yang paling kasar (grid 320) sampai yang paling halus. Sedangkan polishing sendiri dilakukan dengan menggosokkan spesimen di atas mesin *polishing machine* yang dilengkapi dengan kain wool yang diberi serbuk alumina dengan kehalusan 1-0,05 mikron. Penambahan serbuk alumina ini bertujuan untuk lebih mengahluskan permukaan spesimen sehingga akan lebih mudah melakukan metalografi.

4. Etsa (etching)

Proses etsa ini pada dasarnya adalah proses korosi atau mengerosikan permukaan spesimen yang telah rata karena proses grinding dan polishing menjadi tidak rata lagi. Ketidakrataan permukaan spesimen ini dikarenakan mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda, sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Pada pelaksanaannya, proses etsa ini dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen pada cairan etsa dimana tiap jenis logam mempunyai cairan etsa (*etching reagent*) sendiri-sendiri. Perhatikan gambar 2.14 yang menunjukkan pengaruh efek proses etsa permukaan spesimen yang telah mengalami proses grinding dan polishing.

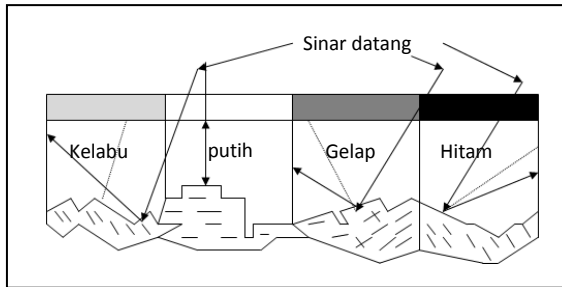


a. permukaan sebelum di etsa b. Permukaan sesudah di etsa

Gambar 2.9 pengaruh etsa terhadap permukaan spesimen

Setelah permukaan spesimen di etsa, maka spesimen tersebut siap untuk diamati di bawah mikroskop dan pengambilan foto metalografi.

Pengamatan metalografi pada dasarnya adalah melihat perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang dimasukkan ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang). Dengan demikian apabila seberkas sinar di kenakan pada permukaan apesimen maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena sinar. Semakin tidak rata permukaan, maka semakin sedikit intensitas sinar yang terpantul ke dalam mikroskop. Akibatnya warna yang tampak pada mikroskop adalah berwarna terang (putih) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Pantulan sinar pada pengamatan metalografi

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1 Rancangan Percobaan

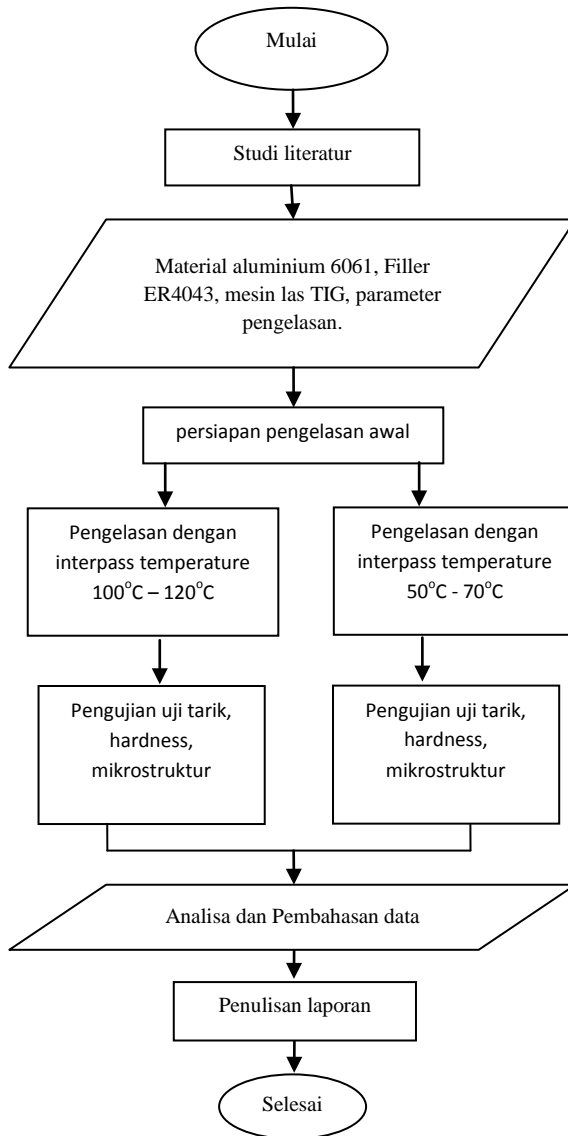
Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan eksperimen untuk mencari pengaruh pengelasan aluminium 6061 menggunakan filler ER 4043 dengan perbedaan interpas temperatur terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Eksperimen dan pengujian akan dilakukan di Workshop jurusan Teknik Mesin FTI – ITS Surabaya.

Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik material; menganalisa sifat – sifat mekanik material yang terdiri dari kekuatan tarik maksimum, kekuatan tarik luluh, reduction of area, elongation dan modulus elastisitas.
2. Kekerasan; kekerasan pada logam las, HAZ, dan logam induk, diuji kekerasan microhardness Vickers.
3. Mikrostruktur; mikrostruktur yang diamati terutama di sekitar bagian logam las, HAZ, dan logam induk.

3.2 Diagram Alir (Flow Chart)

Dalam memperoleh hasil yang diharapkan, dalam penelitian memerlukan langkah-langkah yang sistematis sehingga perlu disusun diagram alir penelitian. Diagram alir tersebut akan memudahkan juga bagi orang lain memahami langkah-langkah yang dilakukan peneliti. Diagram alir dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

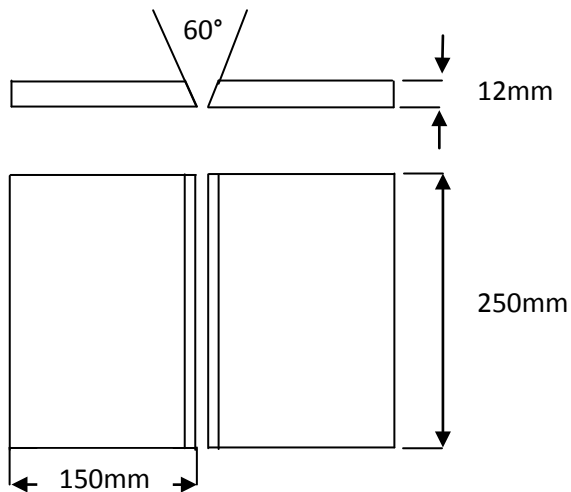
3.3 Persiapan Bahan dan Alat

3.3.1 Persiapan Bahan

Bahan yang perlu disiapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Material pelat Aluminium 6061 Al – MgSi sebagai bahan spesimen dengan tebal 12 mm.
- Filler ER4043 digunakan sebagai logam pengisi lasan dengan diameter 1.6 mm.

Dimensi ukuran benda kerja sebagai berikut :



Gambar 3.2 Persiapan bentuk spesimen

3.3.2 Persiapan Alat

Alat yang perlu dipersiapkan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Infrared Thermograf

Infrared thermograf merupakan alat bantu yang berfungsi untuk dapat mengukur temperatur suatu benda kerja tanpa harus bersentuhan langsung dengan benda yang ingin diukur suhunya. Alat ini biasanya digunakan dalam industri pengecoran logam untuk mengukur sesuatu bertemperatur tinggi.

Keunggulan alat ini adalah mampu digunakan untuk mengukur temperatur tanpa harus bersentuhan langsung dengan benda kerja yang akan diukur suhunya dengan cara menekan tombol yang terdapat pada alat tersebut. Gambar dan bagian dari alat ukur ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Infrared Thermograf

Keterangan:

1. Laser pointer beam.
2. IR sensor.
3. Measurement trigger.

4. Battery cover.

5. LCD display.

6. Mode button.

7. Handle grip

2. *Mobile stopwatch*

Pada penelitian ini alat ini digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu saat proses pengelasan berjalan.

3. Mesin Gergaji

Mesin gergaji ini berfungsi sebagai alat bantu pemotongan spesimen yang akan digunakan untuk pengujian.

4. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk membersihkan permukaan benda uji sebelum dilakukan pengelasan.



Gambar 3.4 Mesin Gerinda

5. Mesin las GTAW

Mesin las GTAW digunakan dalam penyambungan benda uji (specimen).



Gambar 3.5 Mesin las GTAW

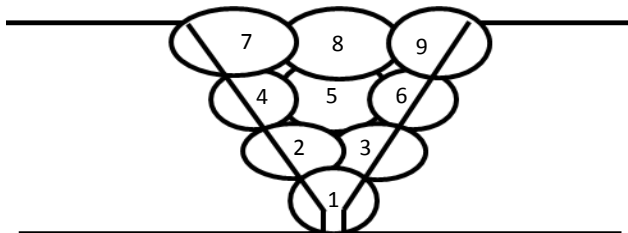
3.3.3. Persiapan Spesimen

Adapun Spesimen awal yang harus disiapkan adalah sebagai berikut :

- Pelat Aluminium 6061 Al-Mg sehingga dimensinya menjadi 250mm x 150mm x 12mm sebanyak 4 lembar.
- Bagian plat yang akan di las diratakan sehingga membentuk kemiringan 30° seperti gambar 3.2 dengan mesin freis atau mesin gerinda tangan.
- Pembersihan oksidasi serta kotoran – kotoran lain dari permukaan material yang akan dilas dengan gerinda tangan serta alkohol.
- Spesimen siap disambung

3.3.4. Pengelasan

Empat lembar pelat disambung sehingga menjadi 2 sambungan pengelasan awal. Dua lembar disambungkan dengan meletakkan pelat saling sejajar. Sisi dari pelat yang sejajar dibersihkan dan di beri renggang 1mm – 2mm. pengelasan membutuhkan 9 layer dengan parameter pengelasan sebagai berikut :



Gambar 3.6 Susunan layer pada pengelasan

Tabel 3.1 Parameter pengelasan pertama dengan interpas temperatur 50°C - 70°C

Weld Layer No.	Process	Filler Metal		Current		Volts Range	Travel Speed Range mm/sec
		Class	Diameter (mm)	Type Polarity	Amp Range		
1	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	0.89
2	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.55
3	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.65
4	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	2.21
5	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.61
6	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.55
7	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	2.09
8	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.77
9	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.67

Tabel 3.2 Parameter pengelasan kedua dengan interpas temperatur 100°C - 120°C

Weld Layer No.	Process	Filler Metal		Current		Volts Range	Travel Speed Range mm/sec
		Class	Diameter (mm)	Type Polarity	Amp Range		
1	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.34
2	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.57
3	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.78
4	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	2.18
5	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.79
6	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.43
7	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.45
8	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.67
9	GTAW	ER4043	1.6mm	AC	140-170	12,4-29	1.94

3.4. Pengambilan Data

Seluruh spesimen hasil dari pengelasan menggunakan filler ER4043 dengan interpass temperatur 50°C-70°C dan interpass temperatur 100°C-120°C dibuat spesimen-spesimen untuk pengujian uji tarik, kekerasan serta mikrostruktur. pembagian spesimen, setelah sebelumnya pada bagian-bagian ujung terlebih dahulu dibuang.

3.4.1 Pengujian Tarik

Setelah bagian-bagian ujung spesimen dibuang. Bahan di bentuk menjadi spesimen-spesimen uji tarik ASME QW-462.1. Dari setiap variabel dibuat 3 spesimen. Jadi dibuat 6 spesimen untuk tes pengujian tarik, 3 spesimen A mewakili interpass temperatur 50°C-70°C dan 3 spesimen B mewakili interpass temperatur 100°C-120°C. Pembentukan spesimen ini sendiri menggunakan mesin CNC agar hasil pembentukan spesimennya lebih presisi.



Gambar 3.7 Spesimen uji tarik

Setelah dibuat spesimen-spesimen untuk pengujian tarik, selanjutnya tes pengujian tarik dilakukan. Pengujian dilakukan dengan meletakkan tiap spesimen pada pencekam dan kemudian ditarik dengan beban yang telah diatur pada mesin. Kemudian pencatatan dari awal penarikan sampai akhir penarikan akan tercantum pada grafik. Dari grafik inilah nilai Ultimate strength atau UTS dapat di ketahui.

3.4.2. Pengujian Kekerasan Vickers

Dalam penelitian ini pengujian kekerasan vickers menggunakan indentor piramid intan. Pada pelaksanaannya, pembebanan diawali dengan beban awal 3 KP dan jarum akan bergerak, tunggu sampai berhenti bergerak, setelah berhenti bergerak, lihat gambar belah ketupat yang ada pada layar alat uji. Hitung panjang diagonal pada layar. Setelah itu hitung besaran angka

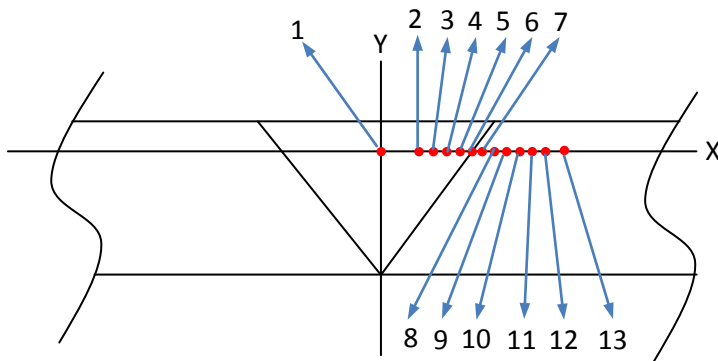
diagonal dan konversikan pada tabel. Angka tersebut merupakan ukuran kekerasan bahan yang diuji.

Menentukan titik kekerasan yang akan diuji setelah mengetsa bagian permukaan material. Titik yang akan diuji antara lain sebagai berikut :

Tabel 3.3 Perencanaan hasil proses uji kekerasan

No	Titik identasi	Interpas temperatur	
		50°C-70°C	100°C-120°C
1	1	.....	.....
2	2	.....	.....
3	3	.....	.....
4	4	.....	.....
5	5	.....	.....
6	6	.....	.....
7	7	.....	.....
8	8	.....	.....
9	9	.....	.....
10	10	.....	.....

11	11	.....	.....
12	12	.....	.....
13	13	.....	.....



Gambar 3.8 Titik identasi uji kekerasan vickers

3.4.2. Pengamatan Mikro Struktur

Pengamatan mikro struktur mengacu pada standar ASTM E 340 – 00^{e1} dilakukan dengan mengetahui titik pasti daerah hasil pengujian kekerasan. Setelah daerah yang ditentukan, maka pada titik yang sama tersebut di etsa menggunakan campuran cairan. Cairan yang digunakan antara lain ialah :

- HCl (hydrochloric acid) = 75 mL
- HNO₃ (nitric acid) = 25 mL
- HF (hydrofluoric acid) = 5 mL

Prosedur pengujian metallography adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan specimen uji

Benda kerja dibelah menjadi tiga spesimen. Dalam penelitian tugas akhir ini, pengujian metalographi dilakukan pada permukaan dalam specimen (bagian yang dibelah).

2. Grinding

Penggosokan dilakukan pada permukaan specimen uji secara bertahap, penggosokan menggunakan mesin grinding dengan tingkat kekasaran kertas gosok mulai dari 200, 500, 1000, 1200 dengan disertai aliran air pendingin.

3. Polishing

Penggosokan diatas piringan kain wool yang berputar, sampai goresan – goresan akibat proses grinding hilang sehingga permukaan spesimen uji mengkilat.

4. Etching

Etching (proses etsa) dilakukan dengan menggunakan larutan etsa (etsa reagent) nital dengan HNO_3 20 ml. Dengan waktu pencelupan 10 menit, setelah itu benda dibilas dengan alcohol 98% dan dikeringkan.

5. Pemotretan

Kemudian dilakukan pemotretan dibawah mikroskop dengan menggunakan lensa obyektif 10x, sedangkan lensa okuler 10x, 20x, 50x dan 100x sehingga dapat menghasilkan pembesaran 100x, 200x, 500x dan 1000x.



Gambar 3.9 Alat mikrostruktur Olympus

BAB IV

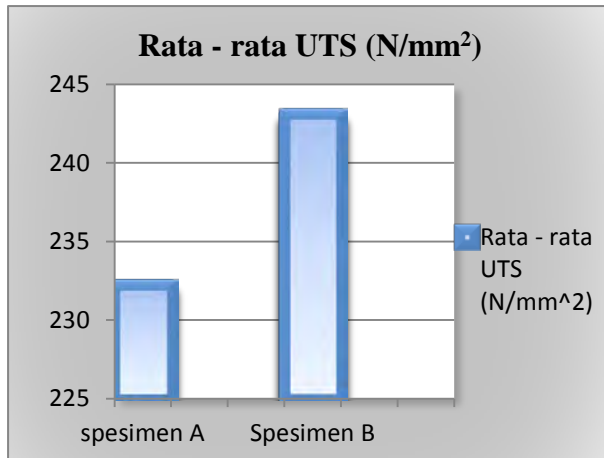
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil tes uji tarik

Berdasarkan hasil uji tarik yang dilakukan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil tes uji tarik

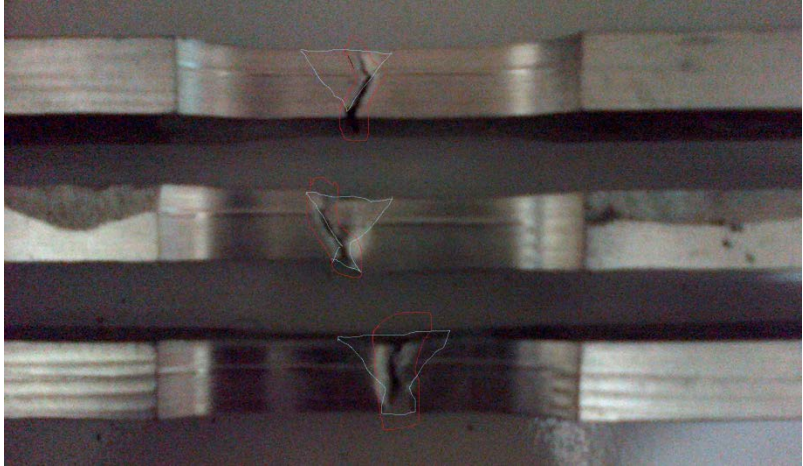
Sample	Test No.	Y. P. N	Y. S. kgf	Peak kgf	UTS N/mm ²	rata-rata UTS N/mm ²
Spesimen A	A1	31168.68	3178.34	5685.42	244.62	232.26
	A2	31334.20	3195.20	5448.62	234.43	
	A3	31426.05	3204.58	5060.06	217.72	
Spesimen B	B1	31279.16	3189.60	5815.32	137.19	243.12
	B2	33486.34	3414.67	5029.13	146.87	
	B3	32001.57	3263.27	6106.99	140.36	



Gambar 4.1 Grafik perbandingan rata-rata UTS

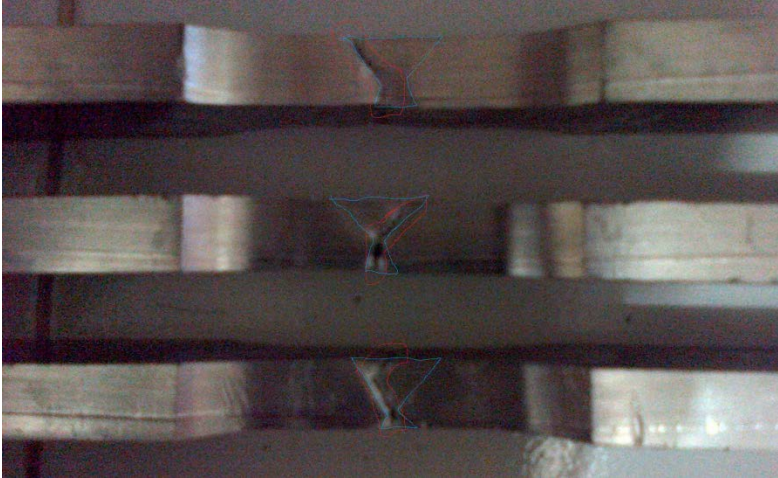
Berdasarkan tabel dan grafik yang diperoleh dari tes uji tarik di atas, dapat disimpulkan bahwa spesimen A yang mempunyai nilai *ultimate strength (UTS)* tertinggi adalah A1, dengan nilai $244,6 \text{ N/mm}^2$ sedangkan spesimen A yang mempunyai nilai UTS terendah adalah spesimen A3, dengan nilai $217,17 \text{ N/mm}^2$. Untuk spesimen B diketahui nilai *ultimate strength* paling tinggi ada pada spesimen B3 dan terendah pada B2. Dengan nilai masing-masing; spesimen B3 = $262,8 \text{ N/mm}^2$ dan spesimen B2 = $216,4 \text{ N/mm}^2$.

Sementara dari hasil keseluruhan spesimen, diperoleh nilai terbaik ada pada spesimen B3 dan yang terendah ada pada spesimen A3. Untuk rata-rata antara spesimen A dan spesimen B, Spesimen B mempunyai nilai rata-rata lebih baik dari spesimen A dengan nilai *ultimate strength* $243,12 \text{ N/mm}^2$.



Gambar 4.2 patahan spesimen A uji tarik (patah pada weld metal)

Gambar 4.2 adalah gambar patahan hasil tes uji tarik spesimen A, didapat hasil bahwa seluruh perpatahan spesimen A patah pada daerah weld metal. Hal ini ditandai dengan gambar garis merah yang menandakan garis kontur patahan untuk spesimen A dan seluruh patahan tidak membentuk garis lurus mengikuti garis putih yang menandai weld metal, melainkan terpotong-potong tidak mengikuti garis batas weld metal.



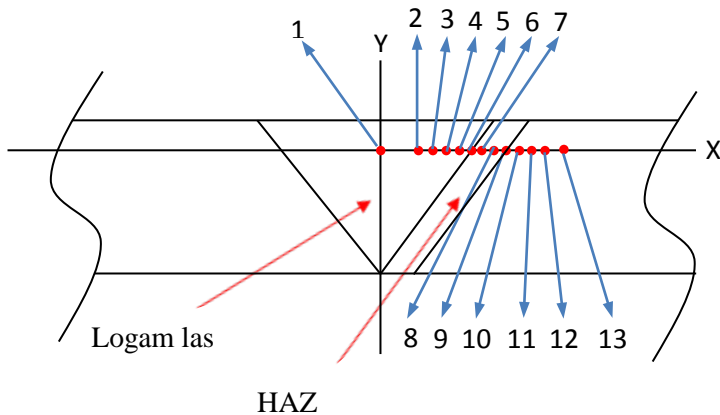
Gambar 4.3 patahan spesimen B uji tarik (patah pada weld metal)

Gambar 4.3 adalah gambar patahan hasil tes uji tarik spesimen B. Dapat dilihat pada gambar diatas, kontur garis merah yang menandai patahan spesimen pertama dan spesimen kedua mengikuti kontur garis putih yang menandai daerah weld metal, tetapi patahan masih berada di daerah weld metal. Sedangkan patahan spesimen ketiga tidak mengikuti kontur garis weld metal.

4.2 Hasil tes uji kekerasan Microhardness Vickers

Perbedaan parameter dalam pengujian kekerasan ini adalah perbedaan interpass temperatur yaitu antara interpas temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C . Pengujian kekerasan ini menggunakan standar ASTM E 384 dengan gaya pembebanan sebesar 3 Kp. Dalam pengujian ini dibuat 2 spesimen yaitu spesimen A dan spesimen B. Spesimen A mewakili interpas temperatur 50°C - 70°C sedangkan Spesimen B mewakili interpas temperatur 100°C - 120°C .

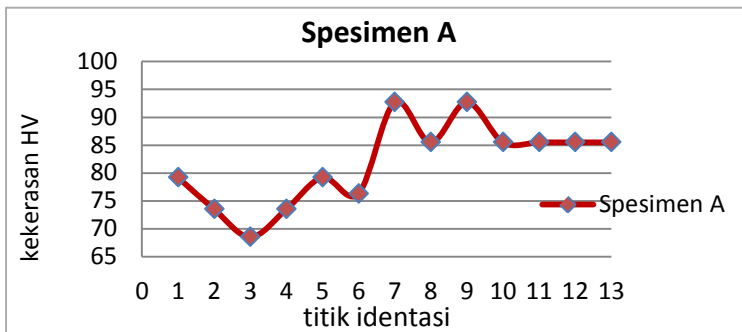
Berikut adalah pengambilan titik identasi pada pengujian kekerasan *microhardness vickers* :



Gambar 4.8 pembagian daerah lasan setelah pengujian kekerasan

Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan microhardness vickers spesimen A

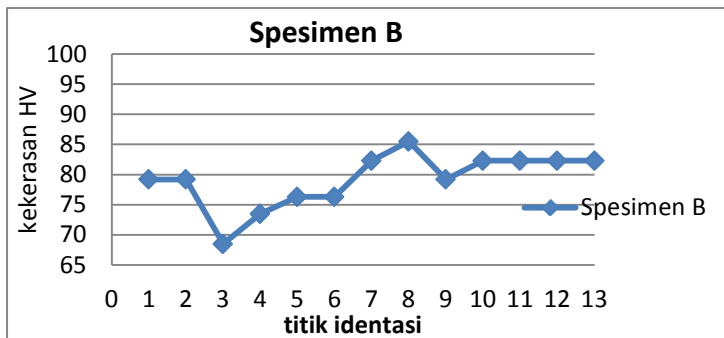
Pengelasan	Daerah	Titik Identasi	Nilai Kekerasan HV
Spesimen A	Daerah lasan	1	79,2
		2	73,5
		3	68,5
		4	73,5
		5	79,2
		6	76,3
	HAZ	7	92,7
		8	85,5
		9	92,7
	logam induk	10	85,5
		11	85,5
		12	85,5
		13	85,5



Gambar 4.9 grafik hasil uji kekerasan spesimen A

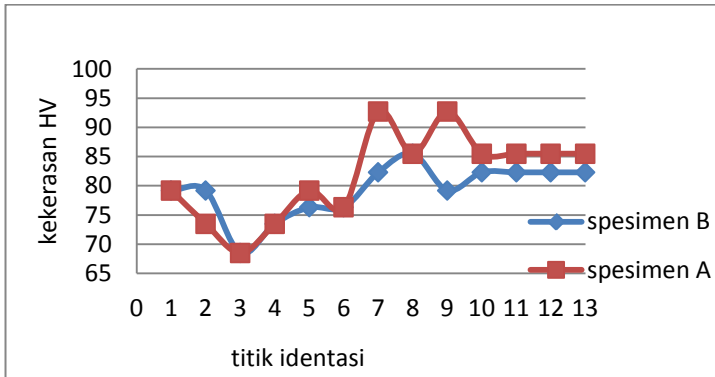
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan microhardness vickers spesimen B

Pengelasan	Daerah	Titik Identasi	Nilai Kekerasan HV
Spesimen B	Daerah lasan	1	79,2
		2	79,2
		3	68,5
		4	73,5
		5	76,3
		6	76,3
	HAZ	7	82,3
		8	85,5
		9	79,2
	logam induk	10	82,3
		11	82,3
		12	82,3
		13	82,3



Gambar 4.10 grafik hasil uji kekerasan spesimen B

Grafik perbandingan kekerasan spesimen A dan spesimen B



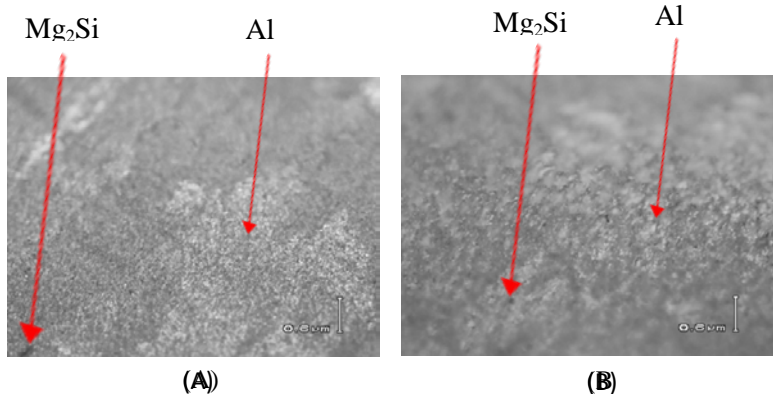
Gambar 4.11 grafik perbandingan kekerasan spesimen A dan spesimen B

Dari grafik diatas di ketahui bahwa perbandingan kekerasan kedua spesimen dari logam las dan HAZ cenderung selalu meningkat tetapi dari daerah HAZ menuju logam induk cenderung menurun. Sedangkan kekerasan logam las lebih rendah di bandingkan dengan logam induk.

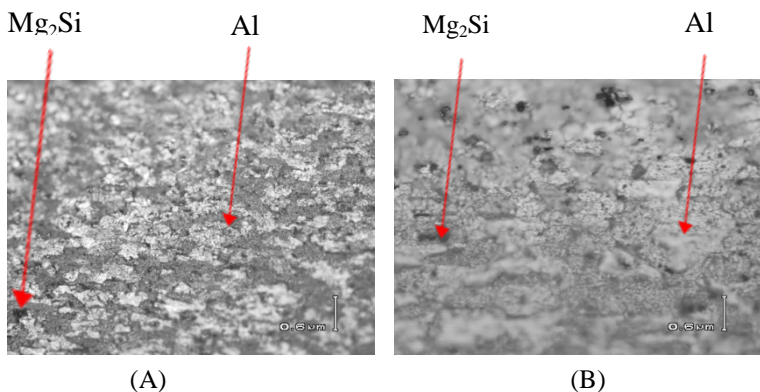
Perbedaan kekerasan antara spesimen A dan spesimen B pada daerah las cenderung sama. pada daerah HAZ, spesimen A mempunyai kekerasan lebih tinggi dari pada spesimen B. Begitu juga pada daerah logam induk.

4.3 Hasil pengamatan metalografis

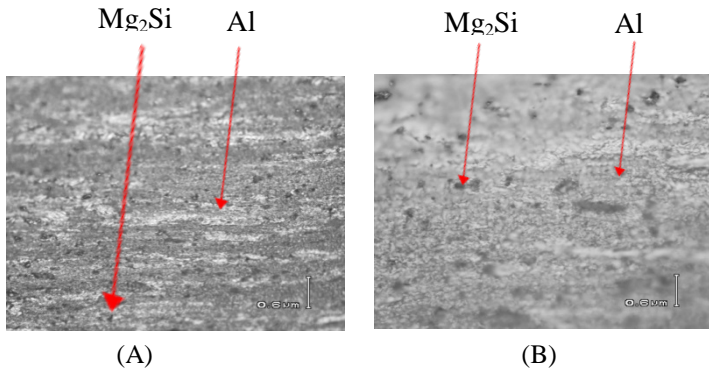
Pengamatan metalografis disini di ambil 3 titik pada setiap spesimen yang menggambarkan base metal, HAZ dan logam las. Berikut adalah hasil pengamatan foto mikro dari 3 titik di setiap spesimen.



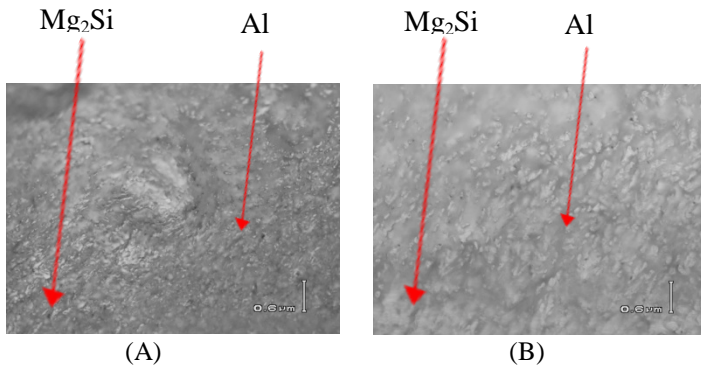
Gambar 4.12. Foto mikro struktur pada spesimen 50°C-70°C pada daerah logam las (A) perbesaran 200X, (B) perbesaran 500X.



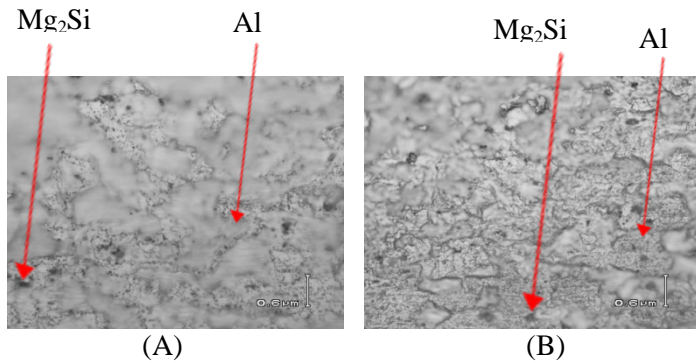
Gambar 4.13. Foto mikro struktur spesimen 50°C-70°C pada daerah HAZ (A) perbesaran 200X, (B) perbesaran 500X.



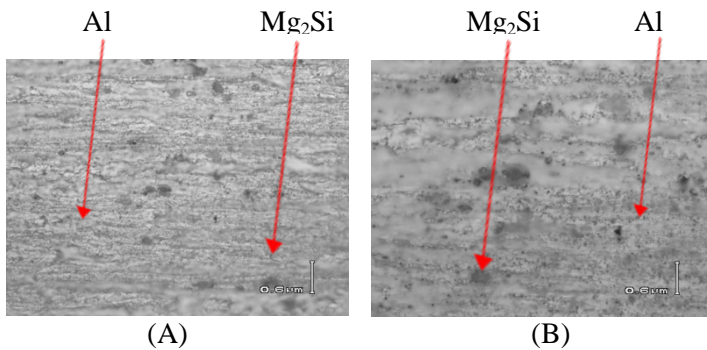
Gambar 4.14. Foto mikro struktur pada spesimen 50°C-70°C pada daerah logam induk (A) perbesaran 200X, (B) perbesaran 500X.



Gambar 4.15. Foto mikro struktur pada spesimen 100°C-120°C pada daerah logam las (A) perbesaran 200X, (B) perbesaran 500X.



Gambar 4.16. Foto mikro struktur pada spesimen 100°C-120°C pada daerah HAZ (A) perbesaran 200X, (B) perbesaran 500X.



Gambar 4.17. Foto mikro struktur pada spesimen 100°C-120°C pada daerah logam induk (A) perbesaran 200X, (B) perbesaran 500X.

4.4 Pembahasan

Dari analisa pada setiap hasil tes pengujian ini, dapat di ambil kesimpulan bahwa dari pengelasan GTAW pengujian ini dengan perbedaan parameter interpass temperatur 50°C - 70°C dan interpass temperatur 100°C - 120°C . Interpass temperatur 50°C - 70°C memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dibanding interpass temperatur 100°C - 120°C . Hal ini ditandakan kontur seluruh patahan spesimen A yang tidak teratur dan patahan tidak mengikuti garis batas daerah lasan dikarenakan parameter pengelasan tiap layer yang tidak sama sehingga sebagian besar patahan berada pada logam las.

Foto struktur mikro pada daerah logam las spesimen A dan spesimen B dengan interpas temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C tidak terlihat perubahan struktur mikro, sedangkan pada daerah HAZ terjadi perubahan struktur mikro akibat pengaruh perbedaan interpas temperatur yang tinggi karena dari nilai kekerasan vickers di daerah HAZ terjadi nilai yang tinggi namun ada nilai kekerasan vickers yang menurun akibat kurang rapatnya struktur mikro. Pada daerah logam induk tidak terjadi perubahan sama sekali.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil analisa dan pembahasan di dapatkan bahwa:

Interpass temperatur 50°C - 70°C memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dibanding interpass temperatur 100°C - 120°C . Dengan nilai 232.26 N/mm^2 berbanding 243.14 N/mm^2 . Hal ini ditandakan kontur seluruh patahan spesimen A yang tidak teratur dan patahan tidak mengikuti garis batas daerah lasan dikarenakan parameter pengelasan tiap layer yang tidak sama sehingga sebagian besar patahan berada pada logam las pengelasan interpass temperatur 50°C - 70°C . Pada patahan juga didapati bahwa patahan terjadi di daerah logam las.

Foto struktur mikro pada daerah logam las spesimen A dan spesimen B dengan interpas temperatur 50°C - 70°C dan 100°C - 120°C tidak terlihat perubahan struktur mikro, sedangkan pada daerah HAZ terjadi perubahan struktur mikro akibat pengaruh perbedaan interpas temperatur yang tinggi karena dari nilai kekerasan vickers di daerah HAZ terjadi nilai yang tinggi namun ada nilai kekerasan vickers yang menurun akibat kurang rapatnya struktur mikro. Pada daerah logam induk tidak terjadi perubahan sama sekali.

5.2 Saran

Hendaknya lebih memperhatikan lagi temperatur ruangan dan *infrared thermograf* yang digunakan untuk pengelasan. agar pengukuran suhu parameter interpass temperatur lebih tepat.

Dikarenakan pengelasan GTAW ini memerlukan ketrampilan welder, maka pengaturan travel speed pengelasan seringkali tidak konstan. untuk penelitian seharusnya diperlukan penggunaan travel speed pengelasan yang lebih konstan lagi agar penyambungan tiap layer lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASME II : *Part B Nonferrous Material Specifications*. 2nd. The American Society Of Mechanical Engineers, New York. 2010.
2. ASME II : *Part C Specifications for Welding Rods, Electrode, and Filler Metals*. 2nd. The American Society Of Mechanical Engineers, New York. 2010.
3. ASME IX : *Welding And Brazing Qualifications*. The American Society Of Mechanical Engineers, New York. 2010.
4. ASTM E 340–2000 : *Standard Test Method for Macroetching Metals and Alloys*. American Society fo Testing & Materials, United States. 2002.
5. Callister Jr., William D. *Materials Science And Engineering An Introduction*. John Wiley And Son, Inc. New York. 2007
6. Jatmiko, Bayu Priyo. *Pengaruh Pengelasan Ulang T – Joint Las Mig Pada Aluminium H116 5083 Dengan Filler Er5356 Terhadap Sifat Mekanik*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2012

Biodata Penulis



Penulis merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara, lahir di Lamongan 21 Februari 1991. Pendidikan yang pernah ditempuh meliputi SDN Tambakrigadung 1 Lamongan, SMP Negeri 1 Lamongan, SMA Negeri 2 Lamongan, lalu penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi yaitu DIII Teknik Mesin FTI-ITS mengambil bidang studi Manufaktur (produksi).

Selama dibangku perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan khususnya Himpunan DIII Teknik Mesin (HMDM), saat tahun ke 2 penulis menjabat sebagai staf kewirausahaan. Setelah tahun ke 3 penulis menjabat sebagai kepala divisi di Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) periode 2010-2011. Banyak kegiatan dan pelatihan yang pernah diikuti oleh penulis. Untuk bidang kepelatihan managerial penulis mengikuti LKMM Pra-TD, LKMM TD, TFT.

Untuk mengisi kekosongan waktu penulis senang berolah raga seperti bermain voli atau jogging.

CP : **085655181445** atau
Email : *dikymultazam@ymail.com*

LAMPIRAN 1

TABEL IMPACT

*** 衝擊試驗機能量對照表 ***

公司	PT. ANUGERAH SISTEMA DERKASA				
儀器型式	CHARPY	儀器序號	#7316	製造日期	2005/10/27
儀器能量	10	KG — M	擺錘重量(W)	13.17	KG
擺錘週期(T)	1.49		擺錘搖高角度(α)	140 °	
擺錘轉軸中心至重心距離(R)	0.45	M	衝擊速率(V)	4.370	
擺錘之力距(WR)	5.927		能量損失(L)	0.020	

CAPACITY ABSORBED : KG — M

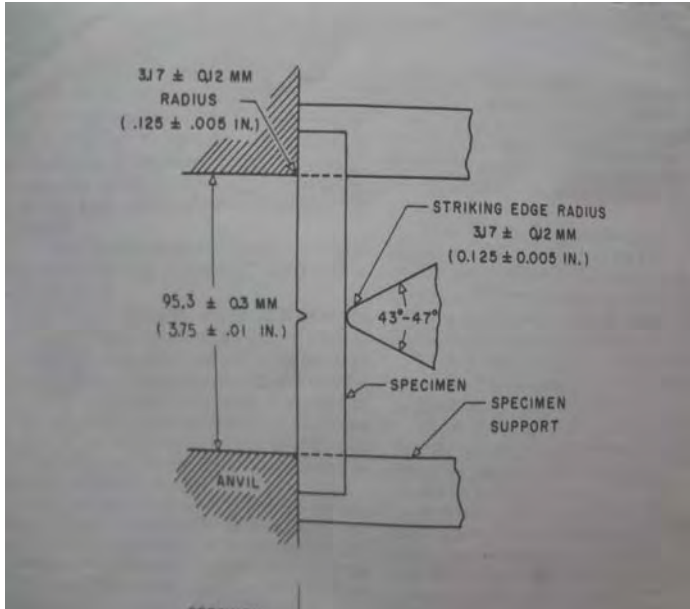
0	10.466	31	9.620	62	7.322	93	4.230	124	1.226
1	10.466	32	9.566	63	7.231	94	4.127	125	1.141
2	10.463	33	9.510	64	7.138	95	4.023	126	1.056
3	10.458	34	9.453	65	7.045	96	3.920	127	0.973
4	10.452	35	9.395	66	6.950	97	3.818	128	0.891
5	10.444	36	9.335	67	6.856	98	3.715	129	0.810
6	10.434	37	9.273	68	6.760	99	3.613	130	0.730
7	10.422	38	9.210	69	6.661	100	3.511	131	0.652
8	10.409	39	9.146	70	6.567	101	3.409	132	0.574
9	10.393	40	9.080	71	6.469	102	3.308	133	0.498
10	10.376	41	9.013	72	6.371	103	3.207	134	0.423
11	10.358	42	8.944	73	6.273	104	3.106	135	0.349
12	10.337	43	8.874	74	6.174	105	3.006	136	0.277
13	10.315	44	8.803	75	6.074	106	2.906	137	0.206
14	10.290	45	8.731	76	5.974	107	2.807	138	0.136
15	10.265	46	8.657	77	5.873	108	2.709	139	0.067
16	10.237	47	8.582	78	5.772	109	2.610	140	0.000
17	10.208	48	8.506	79	5.671	110	2.513		
18	10.176	49	8.428	80	5.569	111	2.416		
19	10.144	50	8.349	81	5.467	112	2.320		
20	10.109	51	8.270	82	5.365	113	2.224		
21	10.073	52	8.189	83	5.262	114	2.129		
22	10.035	53	8.107	84	5.159	115	2.035		
23	9.995	54	8.023	85	5.056	116	1.942		
24	9.954	55	7.939	86	4.953	117	1.849		
25	9.911	56	7.854	87	4.850	118	1.758		
26	9.867	57	7.768	88	4.747	119	1.667		
27	9.821	58	7.681	89	4.643	120	1.577		
28	9.773	59	7.592	90	4.540	121	1.488		
29	9.723	60	7.503	91	4.437	122	1.399		
30	9.672	61	7.413	92	4.333	123	1.312		

*** FORMULA : = W*R*(COS(β)-COS(α)) ***

弘達儀器股份有限公司

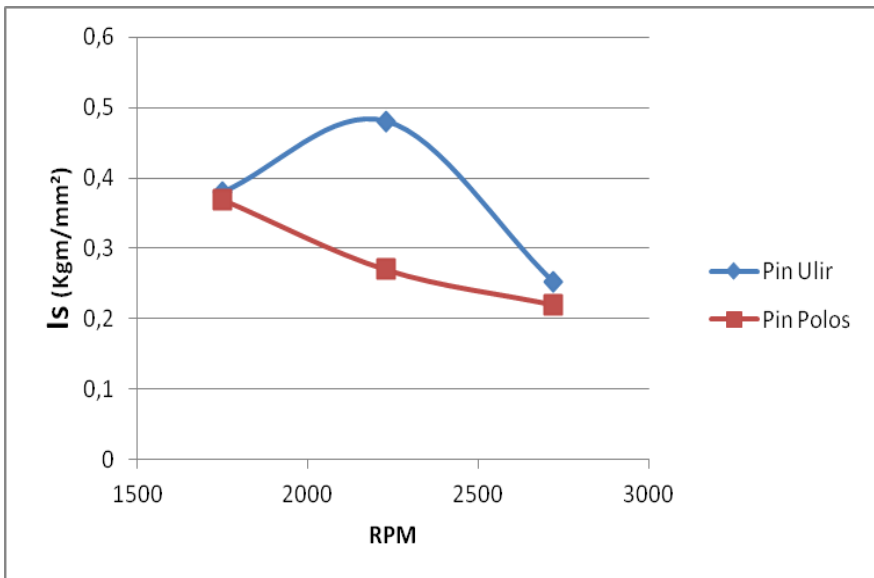
LAMPIRAN 2

PROSES PENGUJIAN IMPACT CHARPY



LAMPIRAN 3

GRAFIK PERBANDINGAN UJI IMPACT ANTARA PIN ULIR DENGAN PIN POLOS



LAMPIRAN 4

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

```
N=152 X= 0.200 Y= 11.900 HARDNESS= 41.5
D1= 26.25 D2= 37.25 HRC=OVER
N=153 X= -0.252 Y= 7.599 HARDNESS= 37.4
D1= 26.41 D2= 36.77 HRC=OVER
N=154 X= -0.444 Y= 0.137 HARDNESS= 41.0
D1= 24.62 D2= 37.02 HRC=OVER
N=156 X= -0.239 Y= -1.259 HARDNESS= 36.0
D1= 40.17 D2= 36.34 HRC=OVER
N=157 X= -0.277 Y= -6.230 HARDNESS= 56.1
D1= 36.36 D2= 31.99 HRC=OVER
N=158 X= -0.477 Y= -19.613 HARDNESS= 33.5
D1= 37.66 D2= 36.41 HRC=OVER
```

```
D1= 37.66 D2= 36.41 HRC=OVER
N=159 X= -0.169 Y= 3.650 HARDNESS= 38.7
D1= 28.30 D2= 39.52 HRC=OVER
N=160 X= -0.260 Y= 4.449 HARDNESS= 36.9
D1= 37.30 D2= 36.34 HRC=OVER
N=161 X= -0.652 Y= -0.352 HARDNESS= 33.9
D1= 40.95 D2= 40.02 HRC=OVER
N=162 X= -0.656 Y= -5.430 HARDNESS= 39.0
D1= 37.33 D2= 36.23 HRC=OVER
N=163 X= -0.199 Y= -9.810 HARDNESS= 41.7
D1= 36.94 D2= 40.13 HRC=OVER
N=164 X= -0.189 Y= -12.518 HARDNESS= 36.6
D1= 39.09 D2= 36.92 HRC=OVER
```

```
*** N=165 X= 0.220 Y= 10.896 HARDNESS= 43.1
D1= 35.56 D2= 35.99 HRC=OVER
N=166 X= -1.809 Y= 5.970 HARDNESS= 37.4
D1= 36.90 D2= 36.25 HRC=OVER
N=167 X= -0.096 Y= 0.407 HARDNESS= 42.3
D1= 34.30 D2= 36.25 HRC=OVER
N=168 X= 0.278 Y= -4.107 HARDNESS= 35.5
D1= 37.90 D2= 40.73 HRC=OVER
N=170 X= -0.111 Y= -9.966 HARDNESS= 39.0
D1= 35.25 D2= 40.30 HRC=OVER
N=172 X= 0.069 Y= -13.285 HARDNESS= 35.3
D1= 39.63 D2= 40.72 HRC=OVER
```

LAMPIRAN 5

GRAFIK PERBANDINGAN UJI KEKERASAN ANTARA PIN ULIR DENGAN PIN POLOS

