



TUGAS AKHIR – VM 180629

**PERBANDINGAN VARIASI GROOVE PADA BAHAN
BAJA KARBON RENDAH SS400 MENGGUNAKAN
METODE PENGELASAN SMAW DENGAN MEDIA
PENDINGIN AIR MENGGUNAKAN ELEKTRODA
E6013 TERHADAP SIFAT MEKANIK**

ANDI LUKMANA SAPUTRA
NRP. 1021160000025

Dosen Pembimbing
Ir. Subowo, M.Sc.
NIP. 19581004 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR – VM 180629

**PERBANDINGAN VARIASI GROOVE PADA BAHAN
BAJA KARBON RENDAH SS400 MENGGUNAKAN
METODE PENGELASAN SMAW DENGAN MEDIA
PENDINGIN AIR MENGGUNAKAN ELEKTRODA
E6013 TERHADAP SIFAT MEKANIK**

ANDI LUKMANA SAPUTRA
NRP. 1021160000025

Dosen Pembimbing
Ir. Subowo, M.Sc.
NIP. 19581004 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



FINAL PROJECT – VM 180629

**THE COMPARISON OF GROOVE VARIATIONS ON
LOW CARBON STEEL SS400 USING SMAW WELDING
METHOD WITH WATER COOLING MEDIA USING
ELECTRODE E6013 ON MECHANICAL PROPERTIES**

ANDI LUKMANA SAPUTRA
NRP. 10211600000025

Lecturer Concellor
Ir. Subowo, M.Sc.
NIP. 19581004 198701 1 001

DIPLOME III MECHANICAL ENGINEERING
VOCATION VACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : ANDI LUKMANA SAPUTRA

NRP : 10211600000025

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

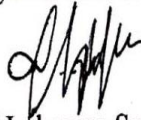
Departemen : Teknik Mesin Industri

Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi - ITS.

Surabaya, Maret 2020

Yang Membuat Pernyataan



Andi Lukmana Saputra

10211600000025

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN VARIASI GROOVE PADA BAHAN
BAJA KARBON RENDAH SS400 MENGGUNAKAN
METODE PENGELASAN SMAW DENGAN MEDIA
PENDINGIN AIR MENGGUNAKAN ELEKTRODA
E6013 TERHADAP SIFAT MEKANIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Mernenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar
Ahli Madya
Pada
Program Studi Diploma III
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANDI LUKMANA SAPUTRA

NRP. 1021160000025



Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing

H. Subowo, M.Sc

NIP. 19581004 198701 1 001

SURABAYA, FEBRUARI 2020

Abstrak

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tepatnya pada teknologi pengelasan dewasa ini telah banyak dipergunakan secara luas pada penyambungan batang -batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Sehingga pengetahuan mengenai teknologi pengelasan sangat diperlukan untuk mencapai kesesuaian antara hasil yang diinginkan dengan proses pengelasan yang mungkin dilakukan agar diperoleh hasil yang optimal.

Dalam tugas akhir ini pengelasan yang digunakan las SMAW dengan media pendingin air menggunakan elektroda E6013. Salah satu jenis sambungan las yang perlu dikaji lebih lanjut adalah sambungan las dengan groove X dan K. Pemilihan jenis groove tersebut didasarkan pada adanya kecenderungan pemakaiannya yang lebih umum. Selanjutnya untuk mengetahui kekuatan sambungan dari kedua bentuk groove dilakukan pengujian berupa tensile test, hardness test dan metallography.

Dari hasil pengujian tarik specimen bentuk X Groove memiliki kekuatan tarik lebih besar yaitu 566,6 MPa. Sedangkan specimen bentuk K Groove memiliki kekuatan tarik lebih rendah yaitu 529,3 MPa. Berdasarkan hasil uji kekerasannya. Nilai kekerasan pada specimen bentuk X Groove lebih besar yaitu 86,91 HRB untuk specimen bentuk K Groove memiliki nilai lebih rendah yaitu 86,33 HRB. Untuk struktur mikro hanya terdapat ferrit dan pearlit .

Kata Kunci : Pengelasan, SMAW, K Groove, X Groove, Pendinginan Air, tensile test, hardness test, dan metallography

Abstract

Development of challenging science and technology in today's welding technology has been widely used in connecting rods to steel building construction and machine construction. Knowledge of welding technology is needed to achieve a match between the desired results and the possible welding process in order to obtain optimal results.

In this final project the welding used by SMAW welding with water cooling media using electrode E6013. One type of connection that needs to be studied further is the welded joint with the X and K grooves. Furthermore, to determine the strength of the relationship of the two groove shapes by switching tensile test, hardness test, and metallography

From the results of tensile testing the X Groove specimens have a greater tensile strength of 566,6 MPa. While K shaped specimens have a lower tensile strength of 529,3 MPa. Based on the results of the failure test. The hardness value in X Groove specimens is larger, 86,91 HRB for K Groove specimens having a lower value of 86,33 HRB. For microstructure only ferrite and pearlite are possessed.

Keywords :Welding, GTAW, K Groove, X Groove, Water Cooling, tensile test, hardness test, and metallography

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

“PERBANDINGAN VARIASI GROOVE PADA BAHAN BAJA KARBON RENDAH SS400 MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN SMAW DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DENGAN ELEKTRODA E6013 TERHADAP SIFAT MEKANIK”

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Subowo, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr.Ir. Heru Mirmanto, M.T selaku ketua Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T selaku koordinator Tugas Akhir.
4. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Tugas Akhir ini.

5. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu serta adik yang selalu memberikan semangat, doa, serta dukungan dalam bentuk apapun.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Teman – teman angkatan 2016, terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini, yang telah memberi bantuan, dukungan, motivasi, dan doa kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Serta berbagai pihak yang belum tertulis, terima kasih atas kerjasamanya dan bantuan yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.
9. Partner Tugas Akhir yaitu Danny, Reza, Adit, Tomas, Guntara, Hangga, Hamzah, terima kasih atas telah memberi semangat dan bantuan dari awal mengerjakan sampai Tugas Akhir ini selesai.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak yang mengembangkan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

Surabaya, Maret 2020

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL (Bahasa Indonesia)	
JUDUL (Bahasa Inggris)	
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Baja Karbon	7
2.2.1 Kandungan karbon	8
2.3 Material SS400 Mild Steel	11
2.4 Definisi Pengelasan	12
2.5 Pengelasan SMAW	13
2.5.1 Siklus Termal	16
2.5.2 Heat Input	19

2.5.3 Multi Layer	20
2.6 Posisi Pengelasan	22
2.7 Kodefikasi Elektroda	25
2.7.1 Bahan Fluks	29
2.8 Sifat Mekanik Material	32
2.9 Tensile Test.....	33
2.9.1 Detail profil uji tarik dan sifat mekanik logam	36
2.10 Uji Metalografi.....	38
2.10.1 Uji Mikro	39
2.11 Uji Kekerasan	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	43
3.2 Diagram Alir Percobaan	43
3.3 Studi Literatur	44
3.4 Persiapan Bahan dan Peralatan	46
3.4.1 Persiapan Bahan	46
3.4.2 Persiapan Peralatan	46
3.4.3 Pembuatan Benda Kerja Pengelasan	47
3.5 Pengelasan	49
3.6 Pembuatan Benda Kerja Pengujian	50
3.6.1 Benda Uji Tarik	50
3.6.2 Benda Uji Kekerasan	51
3.6.3 Benda Uji Mikro Etsa	52
3.7 Pengujian	53
3.7.1 Pengujian Tarik	53
3.7.2 Pengujian Kekerasan	54
3.7.3 Pengamatan Mikrostruktur	56
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Parameter Pengelasan	59
4.2 Data Hasil Pengujian	60

4.2.1 Pengujian Tarik	60
4.2.2 Pengujian Kekerasan	64
4.2.3 Pengujian metalografi	69

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.	73
5.2 Saran.	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Sifat Mekanis	9
Gambar 2.2 Proses Pengelasan SMAW	14
Gambar 2.3 Polaritas pada Las SMAW	16
Gambar 2.4 Daerah Lasan	17
Gambar 2.5 Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (Heat Affected Zone)	18
Gambar 2.6 Silkus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda	19
Gambar 2.7 Karakteristik Hasil Sambungan Las Pada Single Layer	20
Gambar 2.8 Grafik Kekuatan Multi Layer dan Hasil Pengelasan Multi Layer	21
Gambar 2.9 Posisi pengelasan 1G	23
Gambar 2.10 Posisi pengelasan 2G	23
Gambar 2.11 Posisi pengelasan 3G	24
Gambar 2.12 Posisi pengelasan 4G	24
Gambar 2.13 Uji Tarik dan Kurvanya	34
Gambar 2.14 Bentuk Patahan	36
Gambar 2.15 Contoh uji tarik	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3.2 Dimensi Material	46
Gambar 3.3 Mesin Las SMAW	46
Gambar 3.4 Tang <i>Ampere</i>	47
Gambar 3.5 Gerinda Tangan	47
Gambar 3.6 Helm Welder	47

Gambar 3.7 Material Pengelasan	48
Gambar 3.8 Material Pengelasan K Groove	48
Gambar 3.9 Material Pengelasan X Groove	48
Gambar 3.10 Proses Pengelasan	49
Gambar 3.11 Elektroda E6013	49
Gambar 3.12 Proses Pendinginan	49
Gambar 3.13 <i>ASME standart for Tensile</i>	50
Gambar 3.14 Material Uji Tarik K Groove	50
Gambar 3.15 Material Uji Tarik X Groove	51
Gambar 3.16 Material Uji Kekerasan K Groove	51
Gambar 3.17 Material Uji Kekerasan X Groove	52
Gambar 3.18 Benda Uji Mikro Etsa K Groove	52
Gambar 3.19 Benda Uji Mikro Etsa K Groove	53
Gambar 3.20 Alat Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	54
Gambar 4.1 <i>Grafik Ultimate Tensile Strength</i>	61
Gambar 4.2 <i>Grafik Ultimate Tensile Strength</i>	63
Gambar 4.3 Pengujian Tarik pada X Groove	64
Gambar 4.4 Pengujian Tarik pada K Groove	64
Gambar 4.5 Daerah Indentasi Untuk X Groove	65
Gambar 4.6 Grafik hasil kekerasan Untuk X Groove	66
Gambar 4.7 Daerah Indentasi Untuk K Groove	66
Gambar 4.8 Grafik hasil kekerasan Untuk K Groove	67
Gambar 4.9 Grafik hasil rata-rata kekerasan Untuk X dan K Groove	68
Gambar 4.10 Struktur Mikro Daerah Base Metal K Groove	69
Gambar 4.11 Struktur Mikro Daerah <i>HAZ</i> K Groov	69
Gambar 4.12 Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i> K Groove	70
Gambar 4.13 Struktur Mikro Daerah <i>Base Metal</i> X Groove	70

Gambar 4.14 Struktur Mikro Daerah <i>HAZ X Groove</i>	71
Gambar 4.15 Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal X Groove</i>	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon	8
Tabel 2.2 Karakteristik dari Lima Elemen pada Baja	9
Tabel 2.3 <i>ASTM MS Plates Mechanical Physical properties</i>	12
Tabel 2.4 <i>Nilai Chemical Composition</i>	12
Tabel 2.5 Efisiensi Perpindahan Panas	20
Tabel 2.6 Posisi Pengelasan pada Kodefikasi ‘A’	26
Tabel 2.7 Karakteristik Digit Keempat (huruf B) Tipe Flux dan Arus Listrik	27
Tabel 2.8 Syarat Penyimpanan Elektroda Sesuai AWS	29
Tabel 2.9 Beban Indentor dan Skala pada Metode Uji Kekerasan Rockwell	40
Tabel 2.10 Keterangan Skala	41
Tabel 3.1 Etching Reagent Untuk Melihat Microstructure	55
Tabel 4.1 Parameter Pengelasan	59
Tabel 4.2 Heat Input	59
Tabel 4.3 Data Pengujian Tarik Ketika Ada IP	60
Tabel 4.4 Data Pengujian Tarik Ketika Tidak Ada IP	62
Tabel 4.5 Data Pengujian Kekerasan pada X Groove	65
Tabel 4.6 Data Pengujian Kekerasan pada K Groove	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini kemajuan informasi dan didukung adanya kemudahan dalam berkomunikasi membuat perkembangan ilmu pengetahuan semakin maju terutama ilmu dibidang konstruksi yang berkembang pada saat ini. Perkembangan ini harus diikuti dengan sumber daya manusia agar teknologi yang berkembang menjadi semakin baik.

Salah satu contoh teknologi tersebut adalah teknologi Pengelasan. Teknologi pengelasan memegang peranan penting dalam pertumbuhan industri karena teknologi pengelasan dapat mempengaruhi hasil dari suatu proses produksi dan khususnya proses dalam rekayasa penyambungan logam, sehingga proses pemesinan yang dipergunakan untuk melakukan perbaikan baik mempertebal bagian yang aus dan macam-macam reparasi lainya (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

Las (welding) adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan (Widharto, 2001)

Dalam memilih proses pengelasan harus dititik beratkan pada proses yang paling sesuai dengan tiap-tiap sambungan yang diinginkan. Dalam hal ini dasarnya adalah efisiensi tinggi, biaya yang murah, penghematan tenaga, dan penghematan energy sejauh mungkin. Mutu dari hasil pengelasan disamping tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri dan juga juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan. Salah satu faktor adalah jenis sambungan las.

Penggunaan sambungan las sendiri yang tepat, juga akan mempengaruhi hasil dari pengelasan. Tujuan penggunaan sambungan las adalah untuk tempat pengisi bahan lasan juga dapat memperkokoh desain sambungan logam. Sambungan las

berperan penting dalam memperbaiki desain maupun mempengaruhi kekuatan hasil pengelasan, sehingga pemilihannya perlu diperhatikan sesuai dengan syarat dan kriteria yang ada.

Pada penelitian ini pengelasan yang digunakan las Shield Metal Arch Welding (SMAW). Salah satu sambungan yang perlu dikaji adalah sambungan dengan model X groove dan K groove. Pemilihan jenis groove didasarkan pada kecenderungan pemakaiannya yang lebih umum.

Untuk dapat mengetahui pengaruh hasil pengelasan las SMAW pada plat baja terhadap uji tarik, mikro etsa, dan uji kekerasan dari pengelasan maka perlu dilakukan pengujian terhadap benda uji hasil pengelasan.

1.2. Rumusan Masalah

Bertolak dari latar belakang maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

1. Bagaimana nilai uji tarik dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air.
2. Bagaimana nilai kekerasan dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air .
3. Bagaimana hasil mikro etsa dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air .

1.3. Batasan Masalah

Agar dalam penyusunan laporan ini mengarah ke tujuan penelitian, dengan membatasi pokok permasalahan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah plat baja SS400 dengan tebal 10 mm

2. Pengelasan yang dilakukan adalah las SMAW dengan media pendingin air menggunakan elektroda tipe E6013 berdiameter 3.2 mm.
3. Arus yang digunakan 140A
4. Voltase yang digunakan 28 V
5. Jumlah layer yang digunakan adalah dua layer
6. Polaritas yang digunakan DCRP
7. Sudut pengelasan 70°
8. Posisi pengelasan 1G
9. Model groove menggunakan bentuk X Groove dan K Groove, dengan sudut sesuai standart ASME 30° dan 60°.
10. Pengujian sifat mekanik :
 - a. Uji Tarik
 - b. Uji Kekerasan
 - c. Metalografi.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Mengetahui nilai uji tarik dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air.
2. Mengetahui nilai kekerasan dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air .
3. Mengetahui hasil mikro etsa dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, mengharapkan manfaat dengan memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh variasi Groove terhadap nilai tarik dan kekerasan dari material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air .

1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan Penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur Untuk menambah wawasan perlu studi literatur dengan mempelajari buku-buku tentang pengelasan dan pengujian berupa uji tarik, kekerasan, dan mikro etsa.
2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing Dalam penulisan Penelitian ini perlu mengadakan konsultasi atau diskusi dengan dosen pembimbing.
3. Observasi Data Melakukan observasi data-data terkait pengelasan dan benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.
4. Analisa Data Menganalisa hasil pengujian tarik, kekerasan, dan struktur mikro yang terjadi pada bagian logam hasil las, HAZ, dan Base Metal setelah dilakukan pengelasan dengan media pendingin air.
5. Membuat Kesimpulan Setelah menyelesaikan laporan Penelitian dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran jelas, diantaranya:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan data yang diperoleh dari percobaan atau pengujian yang dilakukan, serta analisa tentang hasil-hasil yang telah diperoleh selama percobaan dilakukan, pembahasan mengenai hubungan antara hasil percobaan dengan teori yang telah ada, dan berbagai macam analisa penunjang lain yang diperlukan.

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pengelasan (welding) adalah penyambungan dua atau lebih bahan dengan cara memanaskan permukaan sampai mencair dengan atau tanpa logam pengisi (elektroda) dan dengan atau tanpa tekanan. Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan. Proses penyambungan logam ini banyak dipakai di industri untuk pekerjaan konstruksi, pembuatan mesin, peralatan pabrik, konstruksi perpipaan serta pekerjaan lain yang memerlukan sambungan.

Proses penyambungan lain yang telah dikenal lama selain pengelasan adalah penyambungan dengan cara Brazing dan Soldering. Perbedaannya dengan pengelasan adalah tidak sampai mencairkan logam induk tetapi hanya logam pengisinya saja. Sedangkan perbedaan antara Brazing dan Soldering adalah pada titik cair logam pengisinya. Proses Brazing berkisar 4500C – 9000C, sedangkan untuk Soldering, titik cair logam pengisinya kurang dari 4500C.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan tentang pengelasan, atau lebih dikenal dengan pengelasan busur listrik diantaranya: Menurut Alip (1989), menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan yaitu pemilihan jenis kampuh las yang akan digunakan. Pemilihan jenis kampuh yang sesuai dengan pembebanannya dapat memperpanjang usia konstruksi yang di kerjakan.

2.2. Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan antara besi dan karbon sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada jumlah kadar karbon yang dimilikinya, jika kadar karbon

naik maka kekuatan dan kekerasannya juga akan bertambah tinggi tetapi nilai perpanjangan nya akan menurun. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung 0,3 – 0,45% karbon, dan baja karbon tinggi berisi karbon 0,45 – 1,70% karbon. Oleh karena itu baja karbon diklasifikasikan berdasarkan banyaknya jumlah kadar karbon yang terkandung pada masing – masing baja tersebut.

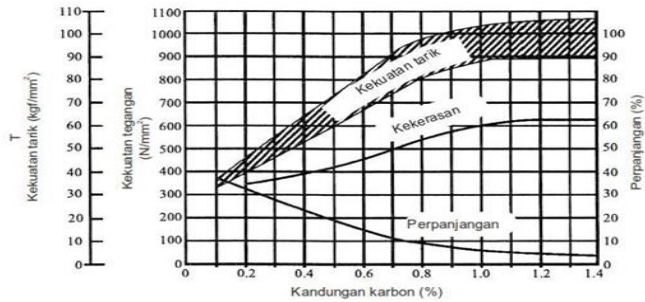
Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon

Jenis	Kandungan karbon	Penggunaan utama
Baja karbon rendah atau baja lunak	0,08% sampai 0,3%	Baja roll biasa atau plat baja, profil, pipa, gulungan.
Baja karbon sedang	0,31% sampai 0,6%	Baja untuk struktur mesin, poros, roda gigi, baut, mur.
Baja karbon tinggi atau baja keras	0,6% sampai 2,0%	Baja rel kereta api, baja perkakas, baja pegas, baja alat ukur

2.2.1. Kandungan karbon

Sifat baja berubah sesuai dengan kondisi pembuatan baja dan metode perlakuan panas. Sifat mekanis dari baja besar perbedaannya sesuai dengan kandungan karbon. Umumnya dengan kandungan karbon yang lebih tinggi menaikkan tegangan tarik, titik mulur dan kekerasan tetapi menurunkan machinability dan

sifat mampu las serta cenderung retak. Maka baja bila akan dilas harus mempunyai kandungan karbon rendah.



Gambar 2.1 Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Sifat Mekanis

Selain karbon, terdapat beberapa kandungan kimia pada baja. Kandungan-kandungan yang ada pada baja tersebut memiliki fungsi atau manfaat yang berbeda. Hal tersebut dapat mempengaruhi kemampuan baja untuk dilas. Berikut kandungan-kandungannya.

Tabel 2.2 Karakteristik dari Lima Elemen pada Baja

Nama elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat mampu las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik, kekerasan tetapi mengurangi kemuluran.	Umumnya kandungan karbon 0,2% atau lebih rendah menjamin sifat mampu las yang lebih baik.

Silikon	Si	Baja dengan kandungan silikon tinggi sukar diroll. Sehingga kandungan silikon tidak boleh lebih dari 0,3%. Penambahan sekitar 0,3% silikon menaikkan sedikit kekuatan dan kekerasan.	Penambahan silikon 0,6% atau lebih rendah tidak mengganggu sifat mampu las.
Mangan	Mn	Menaikkan kekuatan dan kekerasan baja. Normalnya, baja mengandung 0,2% - 0,8% mangan.	Penambahan mangan menjamin sifat mampu las yang baik bila kandungannya tidak lebih dari 1,5%.

Fosfor	P	Untuk baja, fosfor adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak dingin.	Karena penambahan fosfor mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%.
--------	---	---	---

2.3. Material SS400 Mild Steel

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material baja karbon rendah (Mild Steel) SS400. Untuk komposisi kimia dan sifat mekanik nya dapat dilihat pada data dibawah ini :

Specifications	:	ASTM / ASME
Standard	:	AISI, ASTM, BS, DIN, GB, JIS
Thickness	:	6MM to 300MM,
Specialize	:	Shim Sheet, Perforated Sheet, B. Q. Profile.
Length	:	3000mm to 15000mm
Form	:	Coils, Foils, Rolls, Plain Sheet, Shim Sheet, Perforated Sheet, Chequered Plate, Strip, Flats, Blank (Circle), Ring (Flange)
Finish	:	Hot roller plate (HR), Cold roller sheet (CR), 2B, 2D, BA NO(8), SATIN (Met with Plastic Coated)

Hardness : Soft, Hard, Half Hard, Quarter Hard, Spring Hard etc.
 Grade : MS SS400

Tabel 2.3 ASTM MS Plates Mechanical Physical properties:

Standard	Grade	Mechanical Properties		
		Tensile Test		
		Yield Strength MPa	Tensile Strength MPa	Elongation %
GB/T 700	Q235B	≥ 235	370-500	≥ 26
ASTM A36	A36	≥ 250	400-550	≥ 23
JIS G3101	SS400	≥ 235	400-510	≥ 21
ASTM A283	Gr.C	≥ 205	380-515	≥ 22
EN10025	S235JR	≥ 235	350-510	≥ 26

Tabel 2.4 Nilai Chemical Composition

Grade		Fe	Si	C	S	P
SS400	min.	99.25	–	–	–	–
	max.	100	0.4	0.26	0.050	0.040

2.4. Definisi Pengelasan

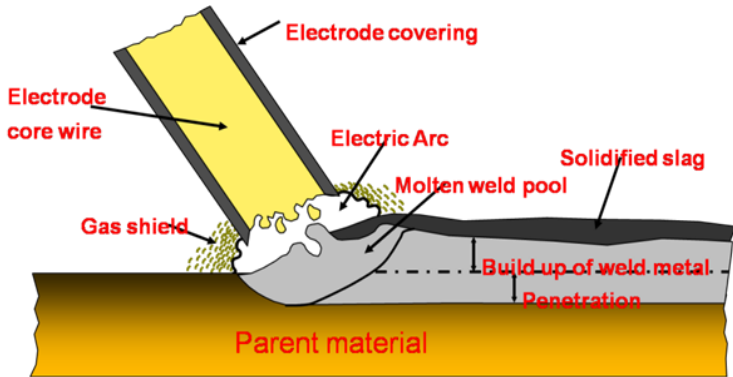
Menurut Deutsche Industry Normen (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain

pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan (Welding) merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang terus menerus. Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan

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, perencanaan dan prosedur pabrikasi, serta sistem pengendalian mutu harus dilakukan mengikuti peraturan yang berlaku dalam standar.

2.5. Pengelasan SMAW

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) juga sering disebut sebagai stick welding. Hal ini dikarenakan elektrodanya yang berbentuk stick. Las SMAW merupakan suatu proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam flux atau slag yang terbentuk.



Gambar 2.2 Proses Pengelasan SMAW

Electric arc adalah arus electron yang kontinu mengalir melalui media yang pendek antara dua elektroda (+ dan -) yang diketahui dengan terjadinya energy panas dan radiasi udara atau gas antara electrode akan diionisi oleh elektron yang dipancarkan oleh katoda. Untuk menimbulkan arc, kedua elektroda dihubungkan singkat dengan cara digoreskan (arc starting) dan pada bagian yang bersentuhan ini akan terjadi pemanasan dan hal tersebut mendorong terjadinya busur listrik. Pancaran electron sendiri dipengaruhi oleh temperature dan kekuatan medan listrik. Beberapa keutungan las SMAW sebagai berikut :

1. Peralatan yang digunakan tidak rumit, tidak mahal, dan mudah dipindahkan
2. Elektrodanya telah mempunyai flux
3. Sensitivitasnya terhadap gangguan pengelasan berupa angin cukup baik
4. Dapat dipakai untuk berbagai posisi pengelasan

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir logam cair yang jatuh ke permukaan benda kerja. Transfer logam cair

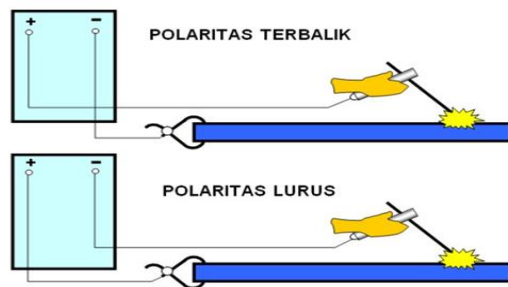
disebabkan oleh gaya gravitasi, ekspansi gas, listrik, dan kekuatan elektromagnetik, dan juga tegangan permukaan. Proses pengelasan dengan process SMAW dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus AC dan DC, dimana arus DC dibedakan atas DCSP (straight polarity atau polaritas langsung) dan DCRP (reverse polarity atau polaritas terbalik). Perbedaan antara SMAW dengan arus AC dan DC adalah sebagai berikut :

1. Pada arus AC (Alternating Current), pada voltage drop panjang kabel tidak banyak pengaruhnya, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai, Secara teknik arc starting lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil.
2. Pada arus DC (Direct Current), voltage drop sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter elektroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, arc starting lebih mudah terutama untuk arus kecil, mayoritas industri fabrikasi menggunakan polarity DC khususnya untuk pengelasan carbon steel. namun pada prinsipnya DC polarity dibagi kedalam dua bagian yaitu DCSP dan DCRP.

DCSP (Straight Polarity) pada dasarnya material dasar (base metal) atau material yang akan dilas dihubungkan dengan kutub positif (+) dari travo, dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif (-) pada travo las DC. Dengan cara ini busur listrik bergerak dari elektrode ke material dasar, yang berakibat 2/3 panas berada di material dasar dan 1/3 panas berada di elektroda. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodanya sehingga hasil las mempunyai penetrasi yang dalam. Sedangkan DCRP (Reversed Polarity) Material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutup positif

(+) dari mesin las DC, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat 2/3 panas berada di elektroda dan 1/3 panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektrode lebih banyak sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal.

Pada penelitian ini polaritas yang digunakan adalah polaritas terbalik atau DCRP. Pemilihan jenis polaritas ini didasarkan pada material dasar yang memang memiliki ketebalan yang dapat dikatan tipis dan elektroda yang digunakan juga mendukung alasan pemilihan polaritas terbalik. Proses pemilihannya juga didasarkan pada standart pengelasan yang digunakan.

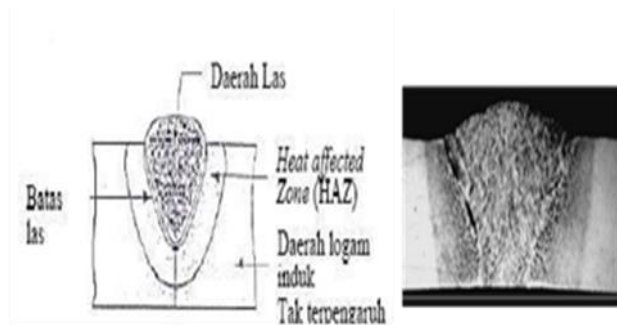


Gambar 2.3 Polaritas pada Las SMAW

2.5.1 Siklus Termal

Siklus termal dalam pengelasan adalah proses pemanasan dan pendinginan pada daerah logam las dan daerah yang dipengaruhi panas atau HAZ (Heat Affected Zone). Karena dengan mengetahui, memungkinkan meramalkan sifatsifat dari logam las. Aspek-aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus benar-benar diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang

kurang baik. Pada proses pengelasan terdapat tiga daerah seperti ditunjukkan pada gambar 2.7.

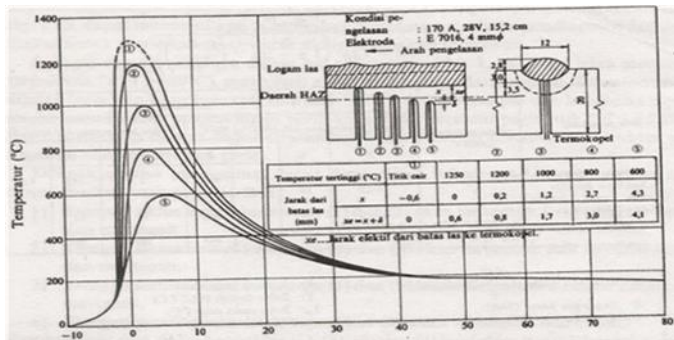


Gambar 2.4 Daerah Lasan

- a) Logam induk (basemetal), merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.
- b) Daerah las / logam las, merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan membeku.
- c) Daerah pengaruh panas atau heat effected zone (HAZ), merupakan logam dasar yang bersebelahan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat
- d) Selain ketiga daerah tersebut, masih ada satu daerah khusus yang membatasi antara logam las dengan daerah pengaruh panas yang disebut batas las atau daerah fusi (fusion line).

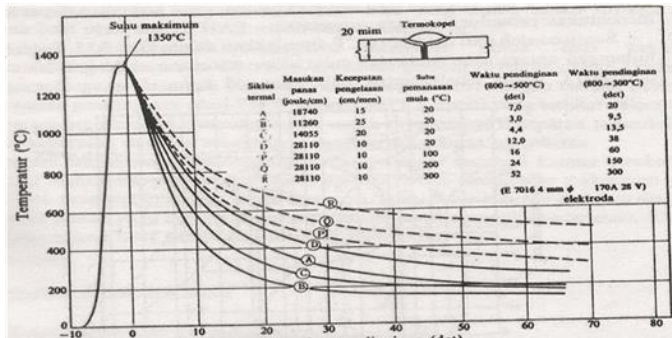
Siklus termal las sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.5 dan gambar 2.6, menunjukkan siklus termal daerah lasan pada gambar 2.5 dapat dilihat siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (Heat Affected

Zone) dengan kondisi pengelasan tetap, sedangkan pada gambar 2.6 menunjukkan siklus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda. Lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal las sangat mempengaruhi kualitas sambungan, karena itu banyak sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan. Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (Heat Affected Zone)

Sifat mekanik dari daerah HAZ sebagian besar tergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 8000C sampai 5000C, sedangkan retak dingin dimana hidrogen memegang peranan penting terjadinya sangat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 8000C sampai 3000C atau 1000C. Sedangkan untuk Siklus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.6 Silikus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda

2.5.2 Heat Input

Heat Input adalah besarnya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil perpaduan dari arus listrik pengelasan, tegangan (voltage) listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan, menghasilkan energi panas yang dikenal dengan masukan panas (heat input). Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan tidak diam ditempat, tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

$$\text{masukan panas : HI} = \frac{V \times I \times \eta}{s} \dots\dots\dots (2.1)$$

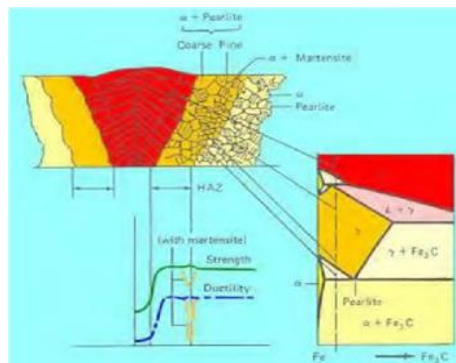
- Dimana: HI = Masukan panas atau energi (J/mm)
 I = Arus (Ampere)
 V = Voltase (Volt)
 η = Efisiensi busur
 s = Kecepatan pengelasan (mm/s)

Nilai η besarnya antara $0 \div 1$ yang tergantung proses pengelasannya.

Tabel 2.5 Efisiensi Perpindahan Panas

Welding process	Arc efficiency factor η
SA welding (steel)	0.90 \div 0.99
SMA welding (steel)	0.66 \div 0.85
GMA welding (steel)	0.75 \div 0.93
GMA welding (CO ₂ -steel)	0.66 \div 0.70
GTA weldng (Ar-steel)	0.25 \div 0.75
GTA welding (He-Al)	0.55 \div 0.80
GTA welding (Ar-Al)	0.22 \div 0.46

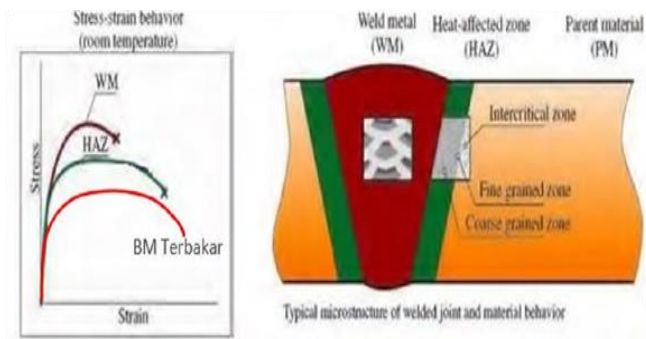
2.5.3 Multi Layer



Gambar 2.7 Karakteristik Hasil Sambungan Las Pada Single Layer

Pengelasan bertumpuk (Multilayer) yaitu proses dimana layer kedua memberikan efek postheat pada layer sebelumnya dan preheat bagi layer sesudahnya. Pengelasan multilayer memberikan efek tempering pada daerah HAZ. Efek preheat dan tempering dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan pada hasil las. Sedangkan untuk daerah Weld Metal sendiri memiliki kekuatan tarik lebih besar daripada Base Metal karena parameter pengelasan yang benar sehingga dari WPS (Welding Procedure System) sudah terpenuhi dan hasil dari pengelasan tidak mengalami cacat las pada sambungan di logam induk.

Perlakuan pengelasan multilayer memberikan sifat mekanis yang berbeda. Pemanasan awal memberikan efek menurunkan kekerasan tetapi menambah keuletan material. Karakteristik HAZ yang terbentuk dari pengelasan multilayer ini sangat berbeda, dimana luas HAZ yang terbentuk ketika pengelasan fill cover lebih luas daripada ketika pengelasan root sebagai tembusan. Hal ini jugalah yang mempengaruhi sifat mekanis material pengelasan



Gambar 2.8 Grafik Kekuatan Multi Layer dan Hasil Pengelasan Multi Layer

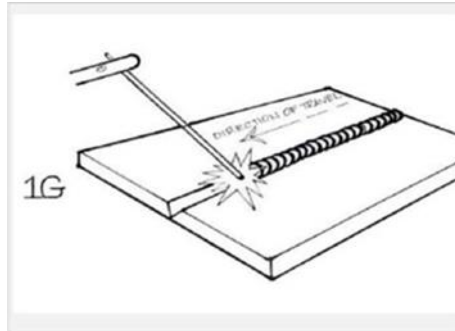
Pada grafik dapat dilihat bahwa kekuatan material pada daerah weld metal paling tinggi daripada HAZ dan base metal. Hal ini merupakan efek dari multi layer yang menyebabkan efek preheat dan postheat pada pengelasan. Jika pada single layer patahan antara weld metal dan HAZ, maka pada multi layer ini weld metal daerah terkuat sehingga patahan akan berada pada daerah HAZ, dan bisa memungkinkan akan patah pada daerah base metal. Apabila dilakukan pengelasan dengan penggunaan filler yang nilainya sama nilai kekuatan base metal, maka patahan berada pada daerah HAZ. Tetapi jika penggunaan filler yang nilainya diatas base metal maka patah akan bergeser ke daerah base metal

2.6. Posisi Pengelasan

Posisi Pengelasan adalah jenis atau posisi sambungan yang akan dilakukan pengelasan, posisi pengelasan ini dilakukan berdasarkan material atau produk yang akan dilas. Dalam teknologi pengelasan, semua itu ada pengkodeannya berdasarkan jenis sambungan. Untuk sambungan groove atau bevel disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G dan 4G.

Posisi 1G

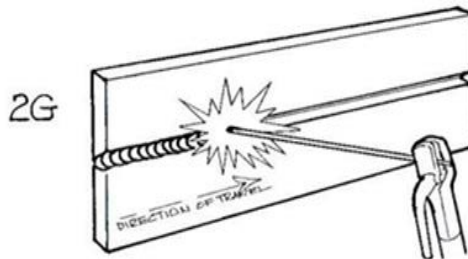
Posisi pengelasan di bawah tangan (down hand position) Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektrod berada di atas benda kerja.



Gambar 2.9 Posisi pengelasan 1G

Posisi 2G

Posisi pengelasan mendatar (horizontal position) Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak .

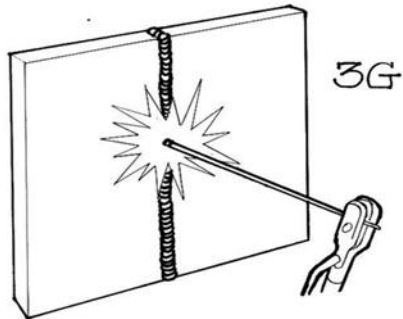


Gambar 2.10 Posisi pengelasan 2G

Posisi 3G

Posisi pengelasan tegak (vertical position) Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti

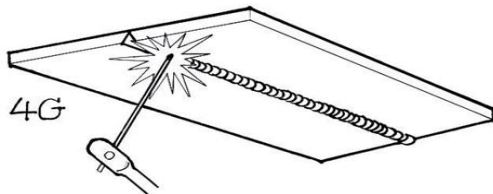
arah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertical position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun.



Gambar 2.11 Posisi pengelasan 3G

Posisi 4G

Posisi pengelasan di atas kepala (over head position) Benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja.



Gambar 2.12 Posisi pengelasan 4G

2.7. Kodefikasi Elektroda

Bagian terpenting dari proses pengelasan adalah kawat las. Jenis kawat las yang digunakan menentukan hasil pengelasan sehingga sangat penting untuk mengetahui jenis-jenis elektroda dan mengetahui sifatnya sebagai acuan dalam pemilihan elektroda las. Berdasarkan selaput pelindungnya elektroda dibagi menjadi dua bagian yaitu elektroda terbungkus dan elektroda tidak terbungkus.

1. Elektroda Berselaput (Terbungkus)

Elektroda jenis ini biasanya banyak digunakan pada aplikasi las busur nyala. Dimana pembungkus kawat terbuat dari beberapa bahan seperti soda silikat, besi mangan, alumunium silikat, titan dioksida, serbuk besi dan sebagainya. Tebal selaput ini berkisar 50-70% dari diameter kawat elektroda, tergantung pada jenis selaput elektroda tersebut. Kegunaan pembungkus ini adalah untuk melindungi cairan las, busur listrik, dan benda kerja dari pengaruh udara luar karena sewaktu terjadi nyala api, pembungkus ini terbakar dan menjadi gas pelindung yang menghasilkan CO .

2. Elektroda Tidak Berselaput (Tidak Terbungkus)

Jenis elektroda ini jarang digunakan karena aplikasinya yang sulit menjaga kestabilan busur. Biasanya elektroda jenis ini digunakan pada pengelasan otomatis karena groove las memiliki bahan pengisi sendiri dan juga elektroda jenis ini menggunakan mesin las tangan yang memiliki arus searah.

Pada pengelasan SMAW, elektroda yang digunakan memiliki panjang yang berbeda-beda tergantung diameter elektroda tersebut. Semakin besar diameter elektroda, semakin panjang pula elektroda tersebut. Elektroda pada SMAW memiliki inti yang berupa logam solid dan pembungkus (fluks)

yang berupa lapisan campuran bahan kimia. Elektroda dengan fluks ini memiliki perbedaan dari satu dan jenis yang lainnya. Perbedaan itu terletak pada komposisi kimia pembungkus dan kekuatan logam solid.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (American Welding Society) dan ASTM (American Society Testing Material).

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut:

Contoh : E XX A B

- E : Menyatakan elektroda busur listrik.
- XX : (dua angka) menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ksi.
- A : (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan.
- B : (angka keempat) menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan

Tabel 2.6 Posisi Pengelasan pada Kodefikasi 'A'

kode angka 1	untuk semua posisi
kode angka 2	untuk posisi flat dan horizontal
kode angka 3	hanya untuk posisi flat

Tabel 2.7 Karakteristik Digit Keempat (huruf B) Tipe Flux dan Arus Listrik

A N G K A	SUMBER ARUS		POLARI TAS ELEKTR ODA		TIPE LARUTAN	DAYA TEMB US	KAD AR SER BUK BESI
	1	AC	DC	+		Cellulose potasium	Kuat
2	AC	DC		-	Rutile Sodium	Mediu m	0- 10%
3	AC	DC	+	-	Rutile Potasium	Lunak	0- 10%
4	AC	DC	+	-	Rutile Iron Powder	Lunak	30- 50%
5		DC	+		Low	Mediu	
					Hydrogen Sodium	m	
6	AC	DC	+	-	Low Hydrogen Potassium	Mediu m	
7	AC	DC	+	-	Iron Oxyde, Iron Powder	Lunak	50%
8	AC	DC	+		Low Hydrogen , Iron Powder	Mediu m	30- 50%

9	AC	DC				
0	Ada pengecualian pada angka terakhir 0, seperti dibawah ini					
E 6 0 1 0		DC	+		Cellulose Sodium	Kuat 0 - 10%
E 6 0 2 0	AC	DC		-	Iron Oxyde Sodium	Mediu m 0 - 10%
E 6 0 3 0	AC	DC		-	Iron Oxyde	Lunak

Elektroda SMAW perlu disimpan pada suhu yang sesuai dengan ketentuan yang ada. Hal itu dilakukan agar kualitas elektroda terjaga. Khususnya low hydrogen, apabila ternyata penyimpanan kurang baik sehingga meningkatkan kelembapan elektroda maka hal tersebut akan berpengaruh pada nyala busur dan kualitas gas dalam melindungi cairan las berkurang. Untuk itu, AWS memiliki standar penyimpanan dan pemanasan agar kondisi elektroda tetap baik hal itu seperti yang tertera pada table 2.7 berikut ini :

Tabel 2.8 Syarat Penyimpanan Elektroda Sesuai AWS

Syarat Penyimpanan Dan Pengeringan Elektroda			
Klasifikasi AWS	Udara luar	Oven Penyimpanan	Pengeringan
E6010, E6011,	Suhu udara luar	Tidak disyaratkan	Tidak disyaratkan
E6012, E6013, E6020, E6022, E6027, E7014, E7024.	80 ± 20° F (30 ± 10° C) dengan kelembaban relatif maksimum 50%.	20° F (10° C) hingga 40° F (20° C) di atas suhu udara luar.	275 ± 25° F (135 ± 15° C) selama 1 jam waktu rendam.
E7015, E7016, E7018, E7028, E7048.	80 ± 20° F (30 ± 10° C) dengan kelembaban relatif maksimum 50%.	50° F (30° C) hingga 250° F (140° C) di atas suhu udara luar.	475 ± 25° F (245 ± 15° C) selama 2 jam waktu rendam.

2.7.1. Bahan Fluks

Pada pengelasan SMAW, elektroda terbungkus oleh elektroda yang mana pembungkus (fluks) itu memiliki peranan penting karena fluks dapat bertindak sebagai :

1. Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam
2. Sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara disekitarnya.
3. Pengatur penggunaan
4. Sumber unsur-unsur paduan

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan tertentu pula. Bahan-bahan yang digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, deoksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan tersebut antara lain oksida-oksida

logam, karbonat, silikat, fluoride, zat organik, baja paduan, dan serbuk besi.

Elektroda yang berada dalam pasaran jumlahnya cukup banyak dengan berbagai variasi bahan fluksnya sesuai dengan fungsi masing-masing. Meskipun jumlahnya sangat banyak, tetapi secara garis besar digolongkan dalam kelas-kelas sebagai berikut :

a) Jenis Oksida Titan

Jenis ini juga disebut rutil atau titania dan berisi banyak TiO₂ didalamnya. Busurnya dihasilkan oleh elektroda yang terbungkus dengan fluks. Jenis ini tidak terlalu kuat, penetrasi atau penembusan cairan logamnya dangkal dan menghasilkan manik yang halus. Karena itu jenis ini tepat untuk pengelasan pelat-pelat tipis atau untuk pengelasan terakhir pada pengelasan pelat tebal.

b) Jenis Titania Kapur

Jenis ini mengandung rutil dan kapur. Disamping punya sifat seperti jenis oksida titan, akan tetapi jenis ini menghasilkan manik yang halus walaupun penetrasinya dangkal. Hasil pengelasannya mempunyai sifat mekanis yang baik. Pengelasan ini dapat dilakukan pada semua posisi, terutama tegak dan posisi diatas kepala.

c) Jenis Ilmenit

Jenis ini terletak diantara jenis elektroda diatasnya, bahan fluks utamanya adalah Ilmenit (Fe Ti O₂). Busur-busur yang dihasilkan sangat kuat sehingga penetrasinya dalam. Derajat dari terak cukup tinggi sehingga dapat menghasilkan sambungan dengan sifat mekanis yang tinggi. Karena sifat-sifatnya yang mencakup penggunaan yang luas, maka

elektroda ini dianggap sebagai elektroda serba guna.

d) Jenis Hidrogen Rendah

Nama lain dari jenis ini adalah jenis kapur, Karena bahan utamanya adalah kapur dan fluorat. Jenis ini menghasilkan sambungan dengan kadar nitrogen rendah sehingga ketangguhannya baik. Digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengamanan tinggi, seperti untuk konstruksi pelat-pelat tebal dan bejana tekan

e) Jenis Selulosa

Bahan ini berisi 30 % bahan organik yang dapat menghasilkan gas dengan volume yang besar. Busurnya kuat dan penetrasinya dalam, terak yang terbentuk hanya sedikit akan tetapi manik yang dihasilkan kurang halus.

f) Jenis Oksida Besi

Bahan utama adalah oksidasi besi. Busur yang dihasilkan terpusatkan dan penetrasinya dalam, karena itu baik untuk pengelasan sudut horizona

g) Jenis Serbuk Oksidasi

Bahan utamanya meliputi 15 - 50 % silicon dan serbuk besi. Pemindahan butir-butir cairan berupa semburan halus dan tidak banyak percikan, kecepatan pengisian sangat tinggi, banyak digunakan untuk pengelasan sudut horizontal dan pengelasan gaya berat.

h) Jenis Serbuk Besi Titania

Bahan jenis ini adalah serbuk besi dan titania. Busur yang sedang menghasilkan manik yang halus. Efisiensi pengelasan tinggi dan sangat baik untuk pengelasan sudut horizontal satu lapis.

2.8. Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik adalah kemampuan suatu bahan untuk menerima beban, gaya, dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Beberapa sifat mekanik antara lain :

A. Kekuatan (Strength)

Merupakan kemampuan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan terbagi kebeberapa macam tergantung jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan torsi dan kekuatan lengkung

B. Kekerasan (Hardness)

Merupakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan, indentasi dan penetrasi. Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

C. Kekenyalan(Elasticity)

Merupakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu benda mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk.

D. Kekakuan (Stiffness)

Merupakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk deformasi atau defleksi

E. Plastisitas (Plasticity)

Merupakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

F. Ketangguhan (Toughness)

Merupakan kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat

dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda pada kondisi tertentu.

G. Kelelahan (Fatigue)

Merupakan kecenderungan dari bahan untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang yang besarnya masih jauh di bawah batas kekuatan elastiknya.

H. Melar (Creep)

Merupakan kemampuan kecenderungan bahan untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

I. Kegetasan (Brittleness)

Merupakan kemampuan sifat bahannya yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanen.

J. Keuletan (Ductility)

Merupakan kemampuan sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan periode tertentu persentase keregangannya

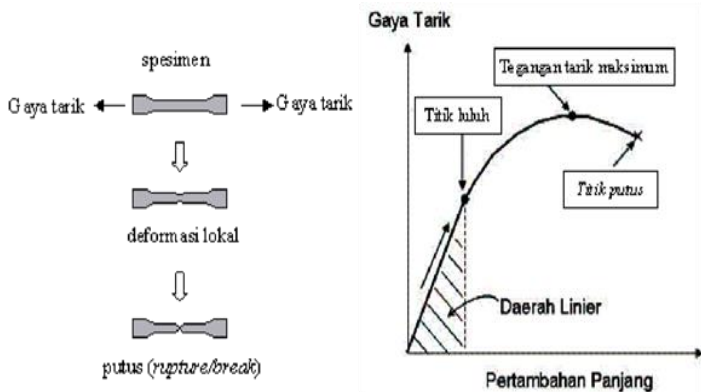
2.9. Tensile Test

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu material dan mengenali karakteristik pada material tersebut dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam suatu garis lurus. Pemberian beban pada kedua arah sumbu diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang diuji ditransmisikan pada pegangan bahan yang diuji. Dimensi dan ukuran beban uji disesuaikan dengan standard baku pengujian.

Pengujian kali ini menggunakan standard ASME IX. Ada banyak hal yang bisa didapatkan dari uji tarik, dengan memberikan gaya tarik pada material sampai putus maka semua susunan struktur material bisa diketahui dengan jelas sehingga dapat menentukan kualitas dari material tersebut. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis suatu material, khususnya logam diantara sifat mekanis yang dapat diketahui dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik
2. Keuletan
3. Ketangguhan
4. Kuat luluh
5. Modulus elastis

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti gambar 2.13. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 2.13 Uji Tarik dan Kurvanya

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut Ultimate Tensile Strength (UTS), atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan tegangan tarik maksimum. Hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linier zone. Di daerah ini kurva penambahan 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 penambahan panjang dibagi panjang awal bahan. Untuk hasil dari elongation dapat dilihat dari rumus dibawah ini :

□ Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya

A = Luas

□ Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

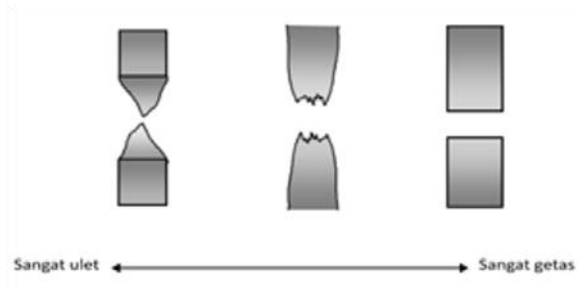
Dimana

ε = Regangan (%)

ΔL = Perpanjangan (mm)

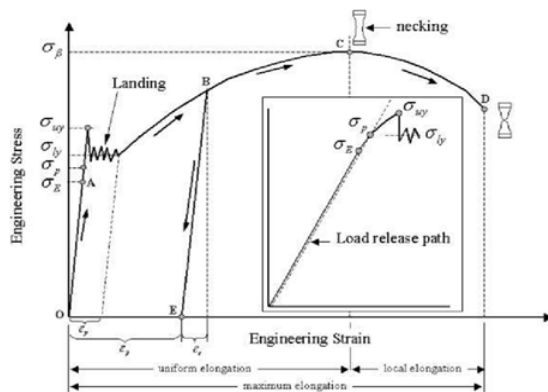
L_0 = Panjang awal (mm)

Dilihat dari spesimen yang putus saat pengujian tarik bentuk patahan dari spesimen dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 2.14 Bentuk Patahan

2.9.1. Detail Profil Uji Tarik dan Sifat Mekanik Logam



Gambar 2.15 Contoh uji tarik

- a. Batas elastis σ_e (elastic limit)
 Dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula yaitu regangan “nol” pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan.

- b. Batas proporsional σ_p (proportional limit)
Titik sampai di mana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.
- c. Deformasi plastis (plastic deformation)
Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semulabila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing.
- d. Tegangan luluh atas σ_{uy} (upper yield stress)
Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- e. Tegangan luluh bawah σ_{ly} (lower yield stress)
Tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (yield stress), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.
- f. Regangan luluh ϵ_y (yield strain)
Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- g. Regangan elastis ϵ_e (elastic strain)
Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- h. Regangan plastis ϵ_p (plastic strain)
Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.
- i. Regangan total (total strain)
Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$. Perhatikan beban

dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik Edan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.

- j. Tegangan tarik maksimum (UTS, ultimate tensile strength)

Ditunjukkan dengan titik C ($\sigma\beta$), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

- k. Kekuatan patah (breaking strength)

Ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

2.10. Uji Metalografi

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu metalurgi dan metalografi. Metalurgi adalah menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur lain atau cara pengolahan logam secara teknis, sehingga diperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan metalografi adalah mempelajari tentang pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan persentase campuran dari logam tersebut. Metalografi meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

1. Cutting, yaitu mengetahui prosedur proses pemotongan sampel dan menentukan teknik pemotongan yang tepat dalam pengambilan sampel metalografi sehingga didapat benda uji yang representatif.
2. Mounting, yaitu menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel.

3. Grinding, yaitu meratakan dan menghaluskan permukaan sampel dengan cara menggosokkan sampel pada kain abrasif atau ampelas.
4. Pemolesan (Polishing), yaitu mendapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat seperti kaca tanpamenggores, sehingga diperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin, menghilangkan ketidakteraturan sampel hingga orde 0,01 μm .
5. Etsa, yaitu mengamati dan mengidentifikasi detail struktur logam dengan bantuan mikroskop optik setelah terlebih dahulu dilakukan proses etsa pada sampel, mengetahui perbedaan antara etsa kimia dengan elektro etsa serat aplikasinya.

2.10.1. Uji Mikro (Microscopic Examination)

Yang dimaksud dengan pemeriksaan mikro ialah pemeriksaan bahan logam di mana bentuk kristal logam tergolong halus sehingga diperlukan angka pembesaran lensa mikroskop antara 50 kali sampai 3000 kali atau lebih dengan menggunakan mikroskop industri.

2.11. Uji Kekerasan

Kekerasan dapat diidentifikasi sebagai ketahanan logam terhadap beban penekanan kedalam yang disebabkan oleh benda tekan yang berbentuk tertentu karena pengaruh gaya tertentu, semakin kecil penekanan (tidak dalam) menunjukkan kekerasan yang semakin besar.

Ada beberapa macam alat pengujian kekerasan yang dipergunakan sesuai dengan bahan, kekerasan ukuran, dan lain-lain suatu produk. Pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini adalah pengujian kekerasan Rockwell. Indentor yang berfungsi sebagai penekan memiliki berbagai macam

bentuk dan bahan pembuatannya. Cara kerja alat ini adalah dengan menekankan indenter kepermukaan yang diukur. Hasil dari penekanan tersebut terdapat pada indikator ukuran yang ada. Untuk bahan-bahan yang memiliki daerah nilai kekerasan yang luas biasanya digunakan penumbuk berupakerucut intan 120° dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan penumbuk Brale, serta bola baja berdiameter - in dan - in, dengan beban yang digunakan sebesar 60, 100, 150 kg. Skala B (bola baja 1,588 mm 1.16") merupakan skala Rockwell yang paling banyak digunakan untuk baja karbon rendah.

Tabel 2.9 Beban Indentor dan Skala pada Metode Uji Kekerasan Rockwell

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,588 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,588 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,588 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

Tabel 2.10 Keterangan Skala

Skala	Pemakaiannya
A	Untuk <i>carbide cementite</i> , baja tipis, dan baja dengan lapisan keras yang tipis
B	Untuk paduan tembaga, baja lunak, paduan aluminium, dan besi tempa
C	Untuk baja, besi tuang keras, besi tempa peritik, titanium, baja dengan lapisan keras yang dalam, dan bahan-bahan lain yang lebih keras daripada skala B-100
D	Untuk baja tipis, baja dengan lapisan keras yang sedang, dan besi tempa peritik
E	Untuk besi tuang, paduan aluminium, magnesium, dan logam-logam bantalan
F	Untuk paduan tembaga yang dilunakkan dan pelat lunak yang tipis
G	Untuk besi tempa, paduan tembaga, nikel-seng, dan tembaga-nikel
H	Untuk aluminium, seng, dan timbal
K	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
L	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
M	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
P	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
R	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
S	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
V	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan Percobaan

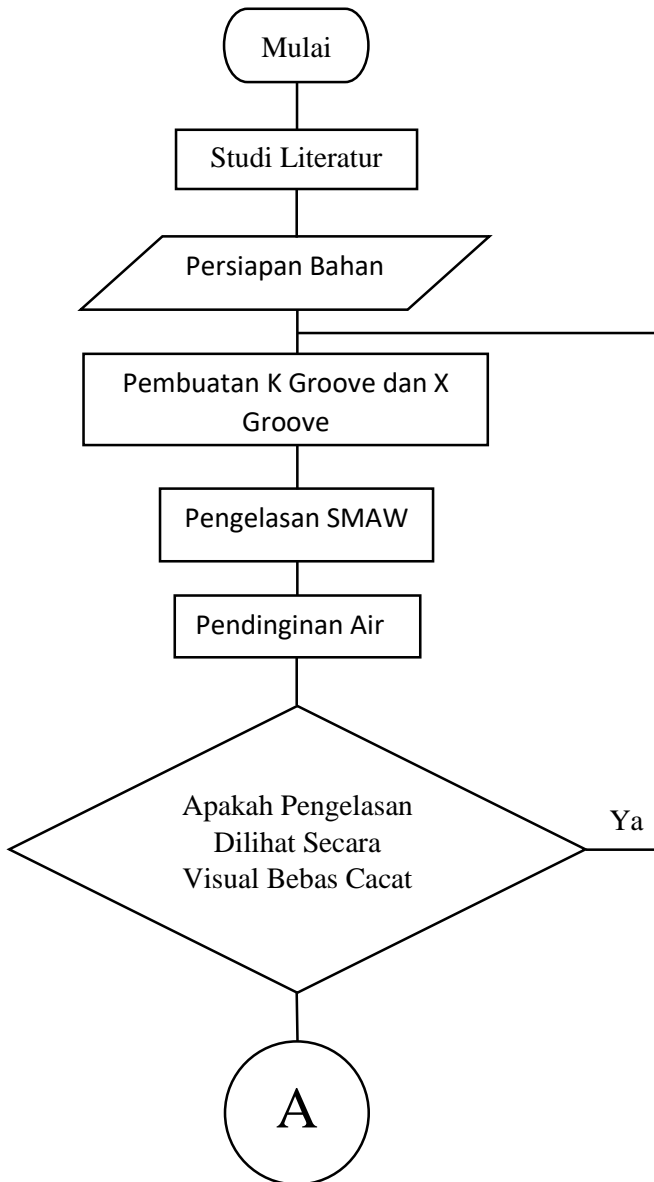
Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan eksperimen untuk mencari pengaruh X groove dan K groove dengan metode pengelasan SMAW menggunakan media pendingin air dengan elektroda E6013 pada material SS400. Eksperimen dan pengujian dilakukan di Workshop Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS dan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.

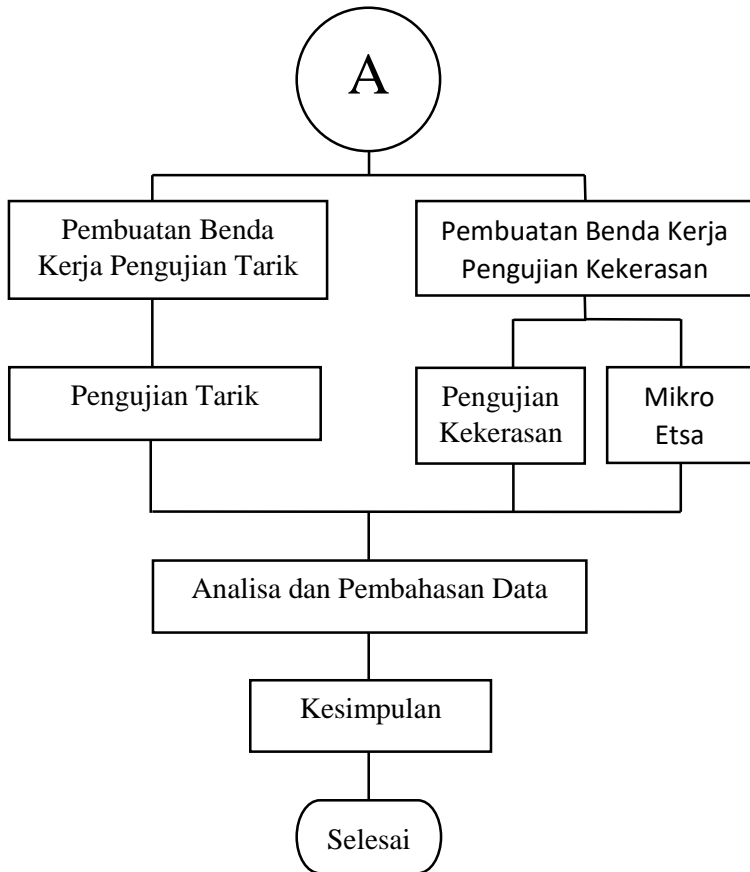
Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai uji tarik dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air.
2. Mengetahui nilai kekerasan dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air .
3. Mengetahui hasil mikro etsa dari pengaruh variasi X Groove dan K Groove pada material SS400 hasil pengelasan SMAW dengan media pendingin air.

3.2. Diagram Alir Penelitian

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 penelitian yang dilakukan pada percobaan ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

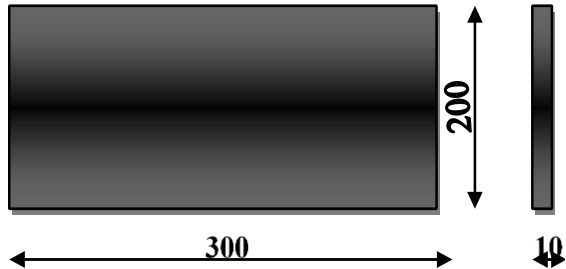
3.3. Studi Literatur

Pada tahapan studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori – teori yang dibutuhkan untuk membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.4. Persiapan Bahan dan Peralatan

3.4.1. Persiapan Bahan

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah plat baja SS400 dengan ukuran 300 x 200 x 10 mm dengan jumlah 4 material.



Gambar 3.2 Dimensi Material

3.4.2. Persiapan Peralatan

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



Gambar 3.3 Mesin Las SMAW



Gambar 3.4 Tang Ampere



Gambar 3.5 Gerinda Tangan

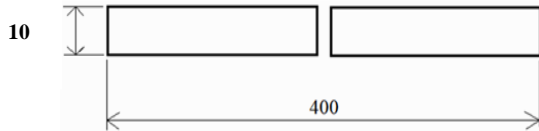


Gambar 3.6 helm welder

3.4.3. Pembuatan Benda Kerja Pengelasan

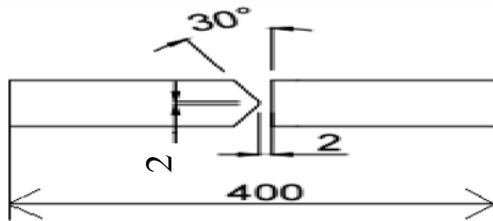
Dalam penelitian ini harus dipersiapkan spesimen awal dengan rincian adalah sebagai berikut :

1. Siapkan benda kerja sebanyak 4 pelat baja SS 400. Kemudian pilih pasangan baja pelat SS400. Sehingga nantinya diperoleh dua benda kerja dengan dimensi 300 x 200 x 10 mm.

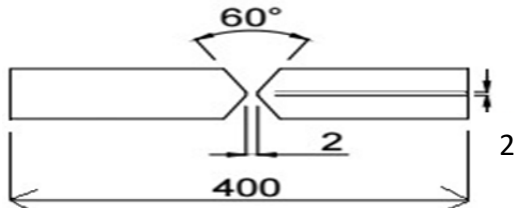


Gambar 3.7 Material Pengelasan

2. Setiap benda kerja dibentuk model groovnya dan juga untuk ukuran rootnya sesuai dengan penelitian yaitu : K dan X Groove.



Gambar 3.8 Material Pengelasan dengan Model K Groove

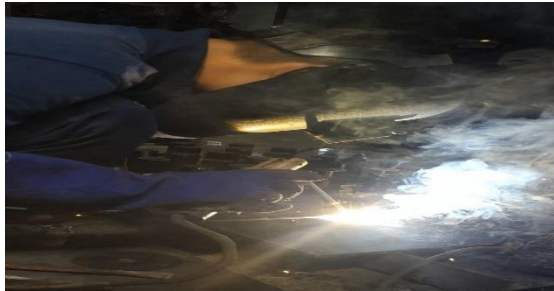


Gambar 3.9 Material Pengelasan dengan Model X Groove

3. Benda kerja siap untuk dilas

3.5. Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan SMAW posisi 1G. Pengelasan pada benda kerja ini menggunakan jenis elektroda E6013 dengan diameter 3,2 mm. Arus yang digunakan adalah 140 A



Gambar 3.10 Proses Pengelasan



Gambar 3.11 Kawat Las E6013

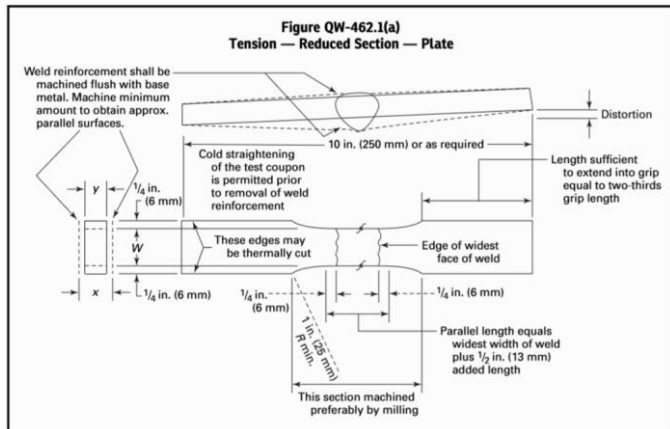


Gambar 3.12 Proses Pendinginan

3.6. Pembuatan Benda Kerja untuk Pengujian

Setelah dilakukan pengelasan dan hasilnya secara visual tidak terjadi cacat las seperti porosity dan pada bagian root tidak tembus, benda kerja dipotong menjadi beberapa bagian untuk pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan metalografi

3.6.1. Benda Uji Tarik



Gambar 3.13 ASME standart for Tensile

Benda pengujian tarik dibentuk sesuai dengan standar ASME. Daerah lasannya digerinda sampai rata dengan logam induk. Benda kerja untuk uji tarik permukaan yang akan dicekam nantinya harus rata dan halus.



Gambar 3.14 Material Uji Tarik K Groove



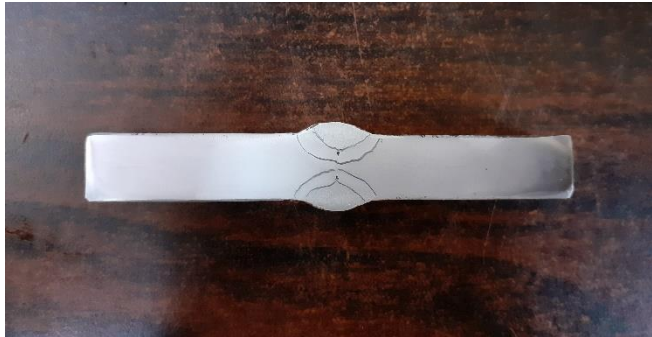
Gambar 3.15 Material Uji Tarik X Groove

3.6.2. Benda Uji Kekerasan

Benda kerja untuk pengujian kekerasan dipersiapkan terlebih dahulu dengan cara pemotongan yang simetris dan tidak bergelombang agar mendapat kerataan yang sama sehingga ketika dilakukan uji kekerasan tidak terjadi kemiringan.



Gambar 3.16 Material Uji Kekerasan K Groove Terdapat Incomplete Penetration

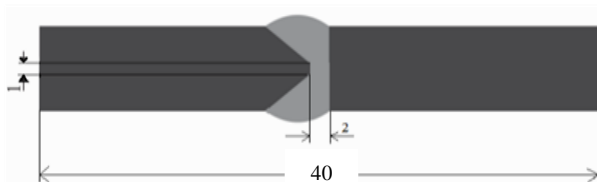


Gambar 3.17 Material Uji Kekerasan X Groove Terdapat Incomplete Penetration

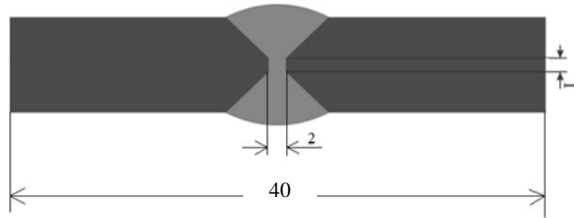
Setelah benda kerja dipotong kemudian dilakukan proses finishing permukaan dengan menggunakan kertas gosok. Langkah selanjutnya adalah pengetsaan pada permukaan benda kerja untuk mengetahui batas antara weld metal, HAZ, dan base metal.

3.6.3. Benda Uji Mikro Etsa

Benda kerja untuk pengujian struktur mikro etsa memiliki ukuran yang sama dan pada benda kerja yang sama juga dengan benda kerja pengujian kekerasan. Hal itu dikarenakan agar nilai kekerasan yang didapat sesuai dengan daerah yang penting dalam menentukan kekerasan yang dimiliki benda kerja.



Gambar 3.18 Benda Uji Mikro Etsa K Groove



Gambar 3.19 Benda Kerja Uji Mikro Etsa X Groove

3.7. Pengujian

Pada tahap ini spesimen yang telah dipotong sesuai dengan ukuran akan dilakukan pengujian sebagai berikut:

3.7.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari logam induk setelah mengalami proses pengelasan. Pengujian tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai benda uji terputus atau patah. Peralatan yang digunakan untuk pengujian tarik adalah alat uji tarik dan jangka sorong. Mesin yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin uji tarik merk. Berikut langkah-langkah pengujian tarik :

1. Menandai bahan kerja las SMAW dalam hal ini untuk mengetahui dimensi yang akan di inputkan ke mesin
2. Dilakukan pengetsaan agar batas daerah las terlihat sehingga memudahkan untuk pengambilan data
3. Menentukan beban yang digunakan yaitu 10000 N, kemudian menentukan panjang total dan lebar benda
4. Nyalakan saklar power utama sehingga lampu indicator menyala

5. Pastikan handle load kontrol pada posisi stop
6. Letakkan alat bantu pada permukaan alat uji dan pelat penahan
7. Pastikan pencekam pada lower crosshead dan naikkan lower crosshead dengan menekan tombol up crosshead sehingga dapat mencekam benda uji tarik dengan baik
8. Atur kecepatan pembebanan
9. Jarum indikator beban akan bergerak terus hingga mencapai titik max load dari benda uji yang diuji kemudian mengalami penurunan dan putusya benda kerja
10. Cacat pembebanan dan pertambahan panjang
11. Kemudian lepaskan benda uji dari tempat pencekam

3.6.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada benda uji masing-masing daerah yaitu daerah lasan, HAZ, dan logam induk. Pengujian kekerasan ini diuji dengan menggunakan alat uji kekerasan Rockwell seperti gambar 3.20



Gambar 3.20 Alat Uji Kekerasan Rockwell

Merk ; AFFRI Seri 206.RT – 206.RTS

Loading ; Maximum 100 KP

Minimum 10 KP

Hrb Load ; 100 KP

Identor ; Bola Baja 1/16.

Berikut langkah-langkah pengujian kekerasan :

1. Hasil dari proses makro etsa, tarik garis sumbu (x,y) pada benda kerja pada salah satu layer.
2. Memasang identor pada penjepit Rockwell hardness tester.
3. Beban penekanan pada mulanya sebesar 150 kgf memakai skala C yang bertujuan melindungi identor agar tidak rusak.
4. Beban penekanan yang dipakai adalah 100 memakai skala B (HRB) karena menggunakan identor skala C tidak menunjukkan nilai kekerasan yang ada.
5. Kemudian menghidupkan power dengan menekan tuas ON
6. Menempatkan benda kerja diatas anvriil dan tegak lurus dengan identornya.
7. Menaikkan anvriil dengan memutar handle searah jarum jam sampai menyentuh identor, kemudian dinaikkan terus identor, kemudian dinaikkan terus sampai jarum kecil pada dial indikator menyentuh titik merah dan tekan tombol pengujian, tunggu hingga beberapa saat (5 detik) sampai jarum panjang akan menunjuk pada angka kekerasan
8. Mencatat hasil pengujian (angka kekerasan)
9. Menurunkan anvriil dengan jalan memutar handle berlawanan dengan arah jarum jam
10. Pengujian ini dilakukan sebanyak titik yang sudah ditentukan sebelumnya.

3.6.3. Pengamatan Mikrostruktur

Pengamatan mikrostruktur mengacu pada standar ASTM E 340-001 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 adalah:

Tabel 3.1 Etching Reagent Untuk Melihat Microstructure

Nama	Komposisi	Durasi	Material
Nital	HNO ₃ 20 ml Alkohol 95% 98 ml	1-3 menit	Carbon Steel

Prosedur pengujian metallography adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen uji Benda kerja dibelah menjadi dua. Dalam penelitian tugas akhir ini, pengujian metallography dilakukan pada permukaan dalam spesimen atau bagian yang dibelah.
2. Grinding Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan menggunakan mesin grinding dengan tingkat kekeasaran gosok mulai dari 200, 500, 1000, 1200 disertai dengan aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melarutkan geram dan permukaan spesimen tidak panas sehingga mengubah struktur mikronya.

3. Polishing Penggosokan diatas piringan kain wool yang berputar, disertai taburan bubuk polishing, sampai goresan-goresan akibat proses grinding hilang sehingga permukaan spesimen uji mengkilat.
4. Etching Etching atau proses etsa dilakukan dengan menggunakan larutan etsa (etsa reagent) natal dengan HNO₃ 20 ml. dengan waktu perendaman selama 1 menit, setelah itu benda dibilas dengan alcohol 98% dan di keringkan menggunakan hair dryer.
5. Pemotretan Pemotretan dilakukan dibawah mikroskop dengan menggunakan lensa objektif 10x, sedangkan lensa okuler 10x, 20x, 50x, dan 100x sehingga dapat menghasilkan pembesaran 100x, 200x, 500x dan 1000x.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana perbandingan Groove pada hasil lasan baja karbon rendah SS400 dengan metode pengelasan SMAW (Gas Metal Arc Welding) dengan media pendingin air melalui 3 pengujian, yaitu uji tarik , uji kekerasan dan metalografi.

4.1. Parameter Pengelasan

Tabel 4.1 Parameter Pengelasan

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	SS400
Tebal	10 mm
AWS Classification	E6013
Diameter Elektroda	3,2 mm
Posisi Pengelasan	1G
Polaritas	DCRP

Tabel 4.2 Heat Input

Bentuk groove	Arus (A)	Voltase (V)	Travel speed (mm/s)	Heat Input (J/mm)
X groove	140	28	2,93	1070,3
K groove	140	28	2,8	1120

4.2. Data Hasil Pengujian

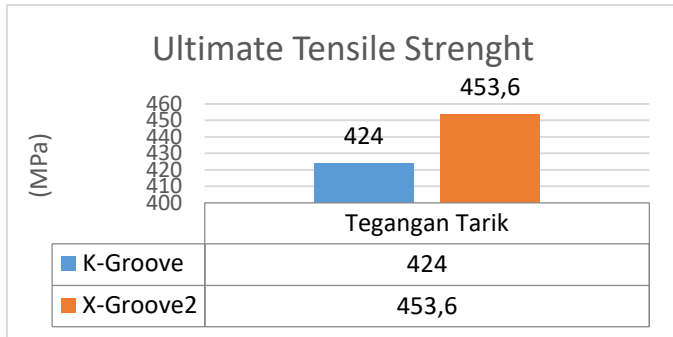
4.2.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pengujian ini dilakukan dengan standart ASME IX.

Tabel 4.3 Data Pengujian Tarik Ketika Ada IP

Groove	<i>width</i> (mm)	thickness (mm)	A_0 (mm ²)	Max Load (kN)	UTS (MPa)	Patah
X- Groove	19	10	190	83	437	WM
	19	10	190	88.84	468	WM
	19	10	190	86.71	456	WM
Rata - rata	19	10	190	86.18	453,6	WM
K- groove	19	10	190	79.36	418	WM
	19	10	190	81.11	427	WM
	19	10	190	81.16	427	WM
Rata - rata	19	10	190	80.54	424	WM

Dari table dan grafik diatas hasil pengujian tarik yang telah dilakukan menunjukkan nilai UTS X groove mengalami patah di Weld metal memiliki nilai UTS rata-rata sebesar 453,6 MPa . Sedangkan K groove mengalami patah di Weld metal memiliki nilai UTS rata-rata sebesar 424 Mpa.



Gambar 4.1 Grafik Ultimate Tensile Strength

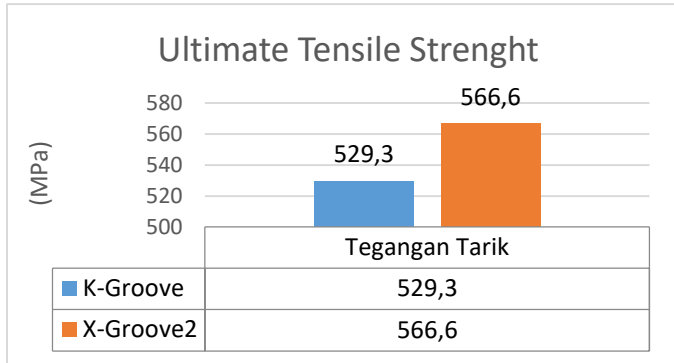
Untuk semua patahannya pada daerah Weld Metal. Hal ini disebabkan karena beberapa factor, antara lain pemilihan elektroda. Pada pengelasan ini menggunakan elektroda E6013 yang mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan base metal.

Kemudian, pada proses awal pengelasan terjadi proses Multi layer dimana layer kedua memberikan efek postheat pada layer sebelumnya dan preheat bagi layer sesudahnya. Efek media pendinginan air juga berdampak pada berubahnya struktur mikro austenit menjadi martensit. Pengelasan multi layer memberikan efek tempering pada daerah HAZ. Efek preheat dan postheat dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan pada hasil las. Sedangkan untuk daerah Weld Metal sendiri memiliki kekuatan tarik lebih kecil daripada Base Metal karena parameter pengelasan yang salah pada saat preparasi yang menyebabkan terjadinya incomplete penetration sehingga dari WPS (Welding Prosedure System) belum terpenuhi dan hasil dari pengelasan mengalami cacat las pada sambungan di logam induk karena tidak ada root space pada sambungan las.

Tabel 4.4 Data Pengujian Tarik Ketika Tidak Ada IP

Groove	<i>width</i> (mm)	thickness (mm)	A_0 (mm ²)	Max Load (kN)	UTS (MPa)	Patah
X- Groove	19	8	152	83	546	HAZ
	19	8	152	88.84	584	HAZ
	19	8	152	86.71	570	HAZ
Rata - rata	19	8	152	86.18	566,6	HAZ
K- groove	19	8	152	79.36	522	HAZ
	19	8	152	81.11	533	HAZ
	19	8	152	81.16	533	HAZ
Rata - rata	19	8	152	80.54	529,3	HAZ

Dari table dan grafik diatas hasil pengujian tarik yang telah dilakukan menunjukkan nilai UTS X groove mengalami patah di HAZ memiliki nilai UTS rata-rata sebesar 566,6 MPa . Sedangkan K groove mengalami patah di Weld metal memiliki nilai UTS rata-rata sebesar 529,3 Mpa.



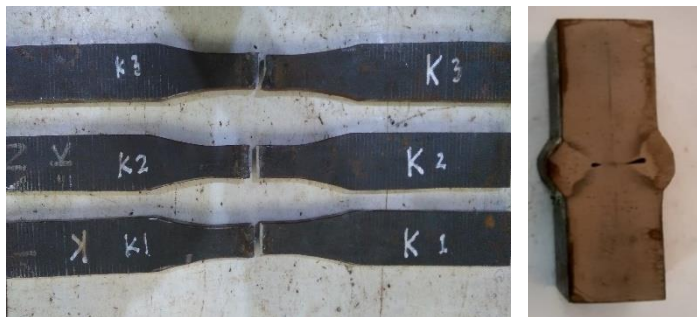
Gambar 4.2 Grafik Ultimate Tensile Strength

Untuk semua patahannya pada daerah HAZ ketika tidak ada Incomplete Penetration. Hal ini disebabkan karena beberapa factor, antara lain pemilihan elektroda. Pada pengelasan ini menggunakan elektroda E6013 yang mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan base metal.

Kemudian, pada proses awal pengelasan terjadi proses Multi layer dimana layer kedua memberikan efek postheat pada layer sebelumnya dan preheat bagi layer sesudahnya. Efek media pendinginan air juga berdampak pada berubahnya struktur mikro austenit menjadi martensit. Pengelasan multi layer memberikan efek tempering pada daerah HAZ. Efek preheat dan postheat dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan pada hasil las. Sedangkan untuk daerah Weld Metal sendiri memiliki kekuatan tarik lebih tinggi daripada Base Metal ketika parameter pengelasan tidak terjadi incomplete penetration sehingga dari WPS (Welding Procedure System) telah terpenuhi.



Gambar 4.3 Pengujian Tarik Pada X Groove Patah diWeld Metal



Gambar 4.4 Pengujian Tarik Pada K Groove Patah diWeld Metal

4.2.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada specimen sebanyak 3x pengujian di garis yang sama dengan menggunakan 2 bidang specimen yang berguna untuk mencari kepastian nilai kekerasan. Selain itu hasil patahan dari uji tarik akan diamati juga.

Pengujian kekerasan dilakukan pada specimen sebanyak 3x pengujian di garis yang sama dengan menggunakan 2 bidang specimen yang berguna untuk

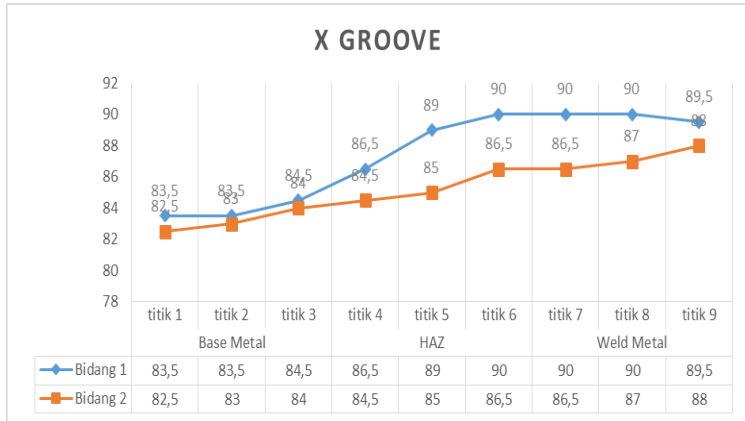
mencari kepastian nilai kekerasan. Selain itu hasil patahan dari uji tarik akan diamati juga.



Gambar 4.5 Daerah Indentasi Untuk X Groove

Tabel 4.5 Data Pengujian Kekerasan pada X Groove

Titik Indentasi	Layer		Rata-rata	
	1	2		
Weld Metal	1	83,5 HRB	82,5 HRB	83 HRB
	2	83,5 HRB	83 HRB	83,25 HRB
	3	84,5 HRB	84 HRB	84,25 HRB
HAZ	4	86,5 HRB	84,5 HRB	85,5 HRB
	5	89 HRB	85 HRB	87 HRB
	6	90 HRB	86,5 HRB	88,25 HRB
Base Metal	7	90 HRB	86,5 HRB	88,25 HRB
	8	90 HRB	87 HRB	88,5 HRB
	9	89,5 HRB	88 HRB	88,75 HRB



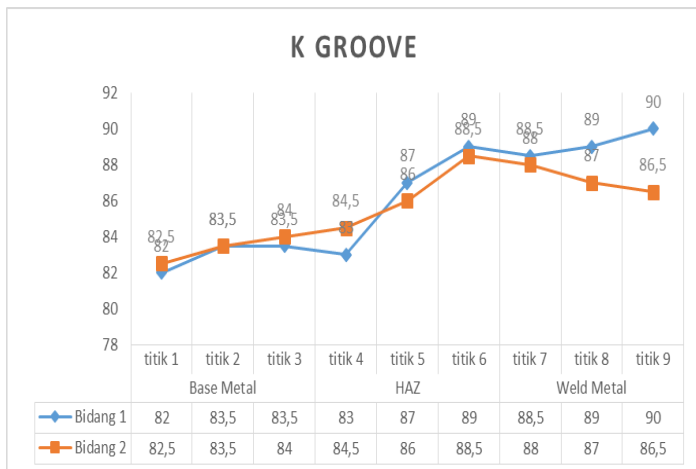
Gambar 4.6 Grafik hasil kekerasan Untuk X Groove



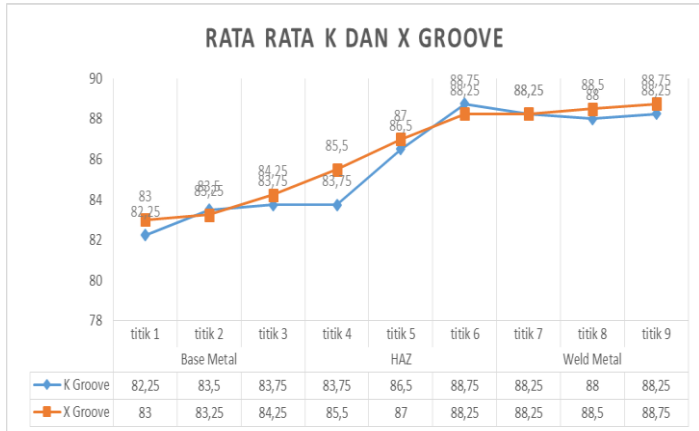
Gambar 4.7 Daerah Indentasi Untuk K Groove

Tabel 4.6 Data Pengujian Kekerasan pada K Groove

Titik Indentasi	Layer		Rata-rata	
	1	2		
Weld Metal	1	82 HRB	82,5 HRB	82,25 HRB
	2	83,5 HRB	83,5 HRB	83,5 HRB
	3	83,5 HRB	84 HRB	83,75 HRB
HAZ	4	83 HRB	84,5 HRB	83,75 HRB
	5	87 HRB	86 HRB	86,5 HRB
	6	89 HRB	88,5 HRB	88,75 HRB
Base Metal	7	88,5 HRB	88 HRB	88,25 HRB
	8	89 HRB	87 HRB	88 HRB
	9	90 HRB	86,5 HRB	88,25 HRB



Gambar 4.8 Grafik hasil kekerasan Untuk K Groove

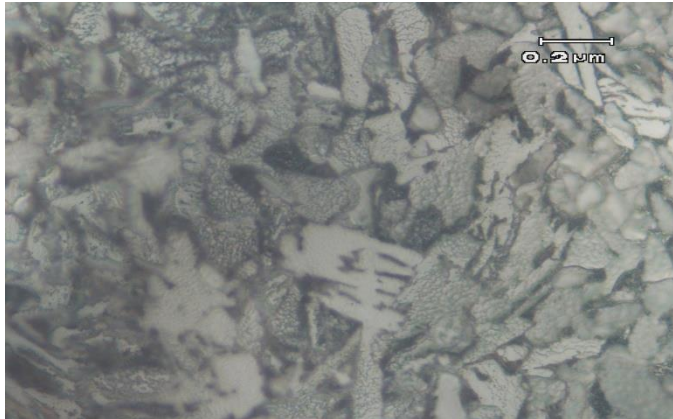


Gambar 4.9 Grafik hasil rata-rata kekerasan Untuk X dan K Groove

Melihat data yang ada, batas nilai kekerasan pada base metal , HAZ dan weld metal terjadi dititik 3 dengan nilai 83,75HRB dan titik 6 dengan nilai 88,75HRB pada K groove. Sedangkan batas nilai kekerasan pada base metal , HAZ dan weld metal pada X groove terjadi dititik 3 dengan nilai 84,25HRB dan titik 6 dengan nilai 88,25HRB. Dilihat dari luasannya, X groove memiliki volume yang lebih besar. Hal tersebut mengakibatkan pada proses pengisian groove lebih lama dibandingkan dengan K groove, sehingga mempengaruhi travel speed. Melihat data dari masukan panas menunjukkan bahwasanya semakin besar masukan panas maka nilai kekerasan akan semakin turun. Tetapi dengan adanya laju pendinginan, X groove memiliki kekerasan yang lebih keras daripada K groove.

4.2.3. Pengujian Metalografi

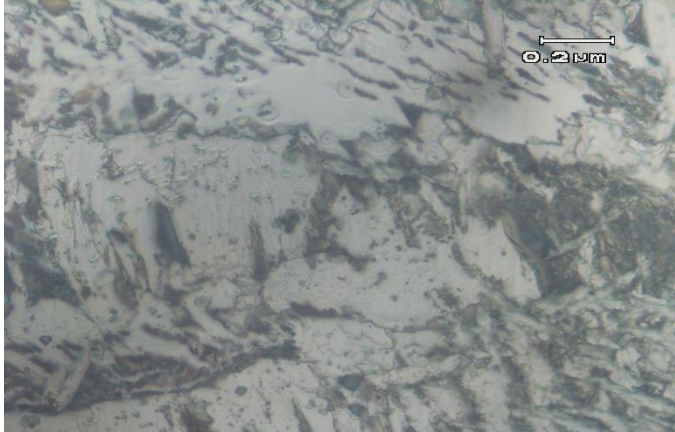
Pada pengujian metalografi ini yang akan dilihat struktur mikronya yaitu daerah base metal, HAZ, weld metal. Untuk hasil pengujian mikroskop akan dibandingkan antara variasi K groove dengan X groove seperti gambar di bawah :



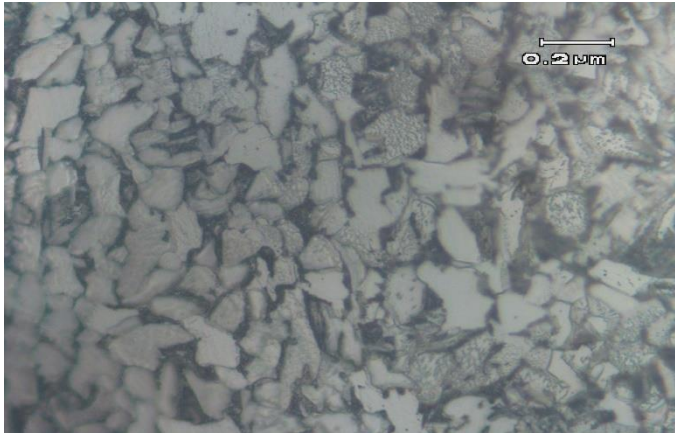
Gambar 4.10 Struktur Mikro Daerah Base Metal K Groove



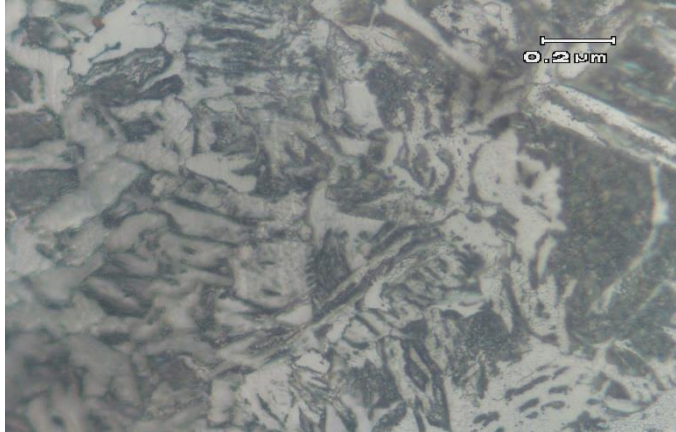
Gambar 4.11 Struktur Mikro Daerah HAZ K Groove



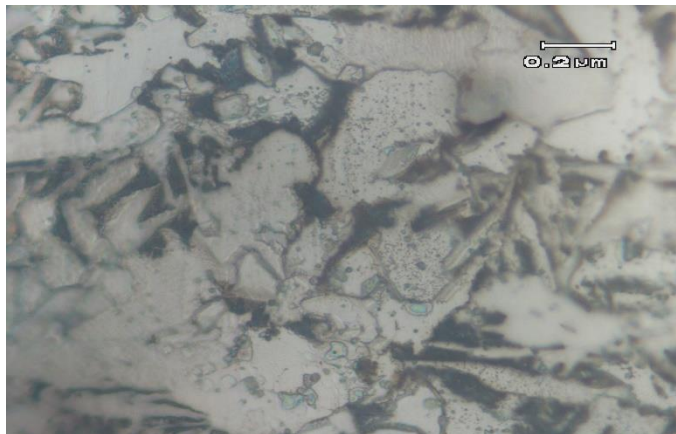
Gambar 4.12 Struktur Mikro Daerah Weld Metal K Groove



Gambar 4.13 Struktur Mikro Daerah Base Metal X Groove



Gambar 4.14 Struktur Mikro Daerah HAZ X Groove



Gambar 4.15 Struktur Mikro Daerah Weld Metal

Dari hasil pengujian mikroskop dengan variasi K groove dan X groove pada daerah base metal, haz, weld metal struktur mikro yang dapat dilihat yaitu ferrit dan pearlit.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian riset dan percobaan perbandingan variasi groove pada pengelasan SMAW dengan media pendingin air menggunakan elektroda E6013 dapat disimpulkan antara lain :

1. Hasil pengujian tarik, specimen X Groove memiliki kekuatan tarik lebih besar yaitu 566,6 MPa, sedangkan specimen bentuk K Groove memiliki kekuatan tarik lebih rendah yaitu 529,3 MPa.
2. Hasil pengujian kekerasan, specimen X Groove memiliki nilai lebih besar yaitu 86,91 HRB, sedangkan specimen bentuk K Groove memiliki nilai lebih rendah yaitu 86,33 HRB.
3. Hasil Pengujian mikro yang dapat dilihat adalah struktur mikro dari ferrit dan pearlit.

5.2 Saran

Dalam pemakaian elektroda pada proses pengelasan dengan variasi groove dengan bentuk K Groove dan X Groove lebih hemat daripada menggunakan single groove dengan ketebalan 10mm.

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Mechanical Engineers Section IX, *Boiler And Pressure Vessel Code An International Code, Materials*, Edition July 2015.

Aji Probo Sutejo, 2019. "Pengaruh X Groove dan K Groove Dengan Metode Multilayer Pada Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda E7016 Pada Material SS400 Terhadap Lebar HAZ, Kekerasan dan Kekuatan Tarik",. Surabaya: ITS

Wirjosumarto, Harsono Prof. Dr. Ir dan Okumura Toshie Prof. Dr. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT pradnya Paramita.

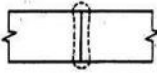
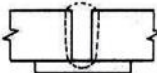
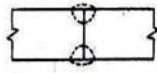
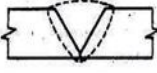

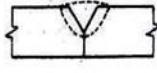
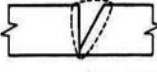
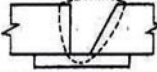
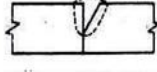
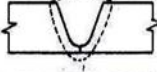





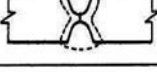
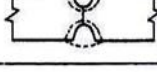

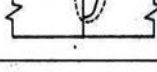
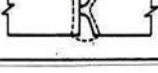
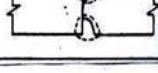
Anonim. 2014. Elektroda (filler atau bahan isi). <http://laslistrik.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 22 Juni 2018.

Sonawan, Hery. 2003. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Alfabeta, cv.

)

Lampiran 1

Tabel Macam-Macam Groove

Jenis lasan Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

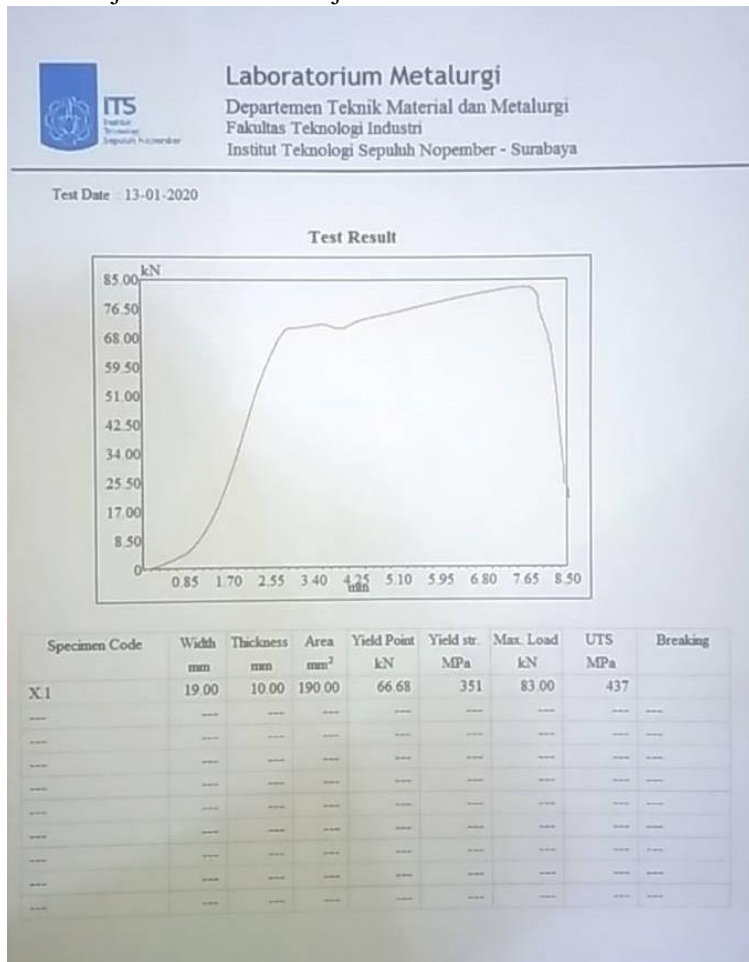
Lampiran 2

Tabel Simbol Groove pada Pengelasan

SYMBOL	FIT UP	WELD

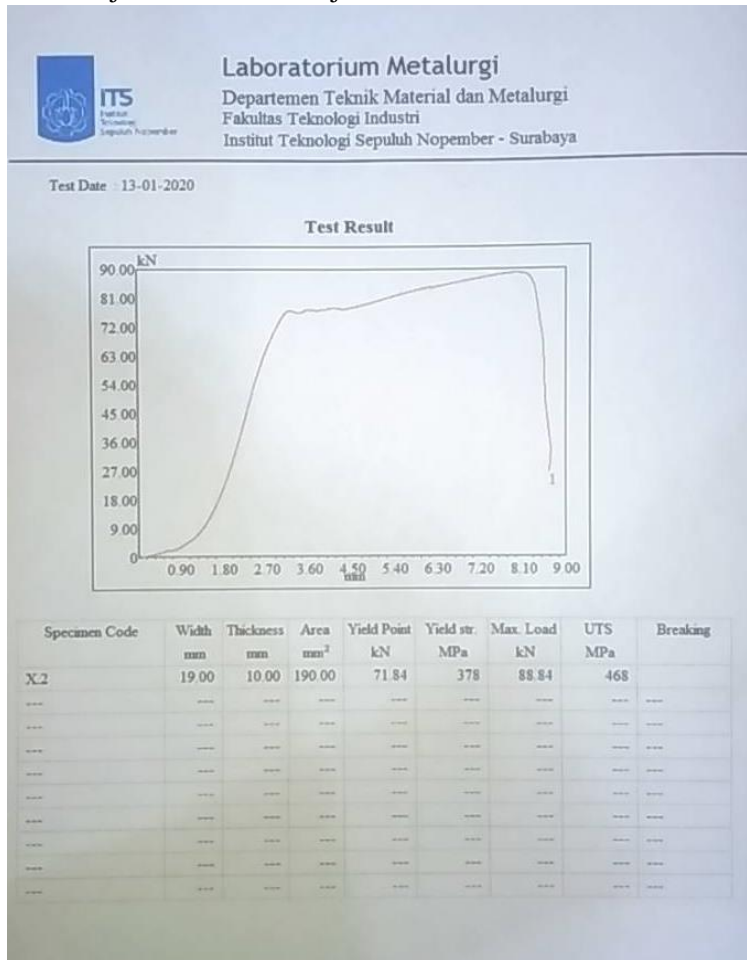
Lampiran 3

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 1 X Groove



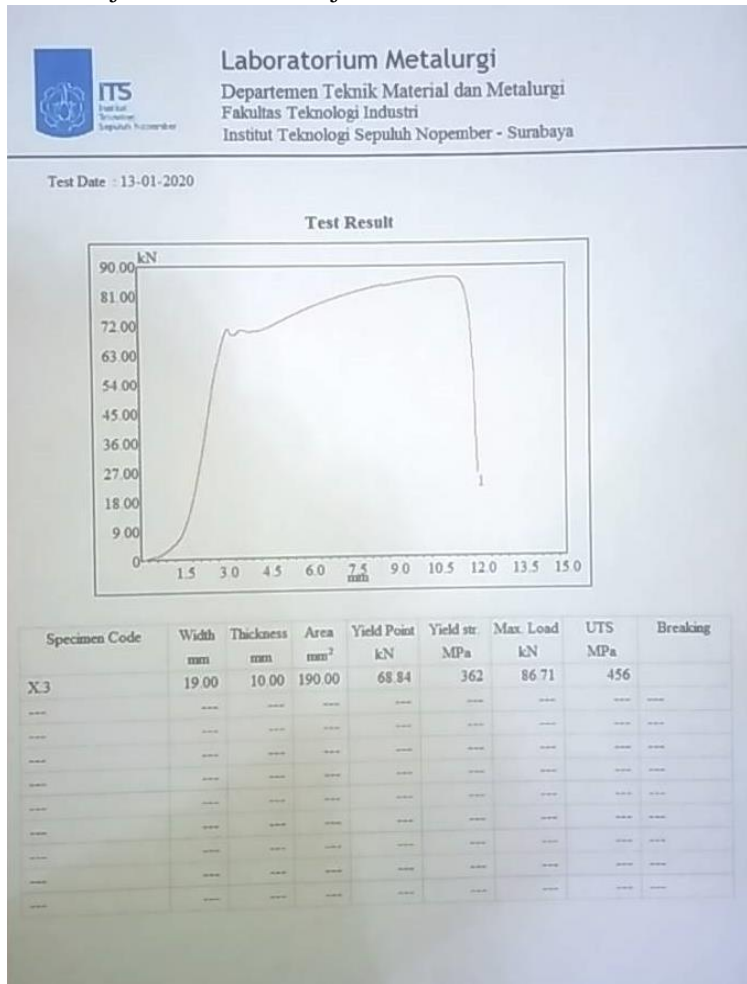
Lampiran 4

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 2 X Groove



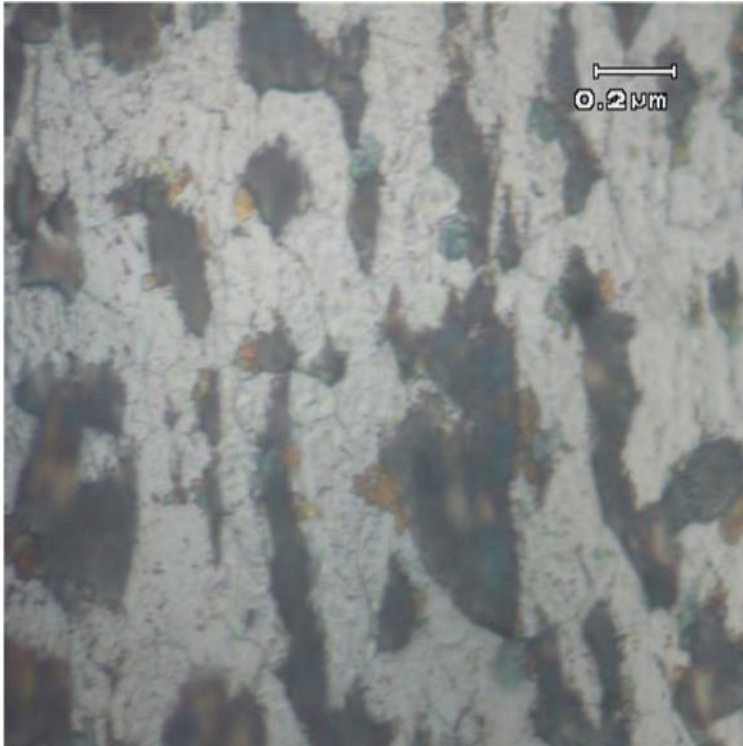
Lampiran 5

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 3 X Groove



Lampiran 9

Foto Mikrostruktur *Base Metal* pada Pengelasan X groove



Lampiran 10

Foto Mikrostruktur *HAZ* pada Pengelasan X groove



Lampiran 11

Foto Mikrostruktur *Weld Metal* pada Pengelasan X groove



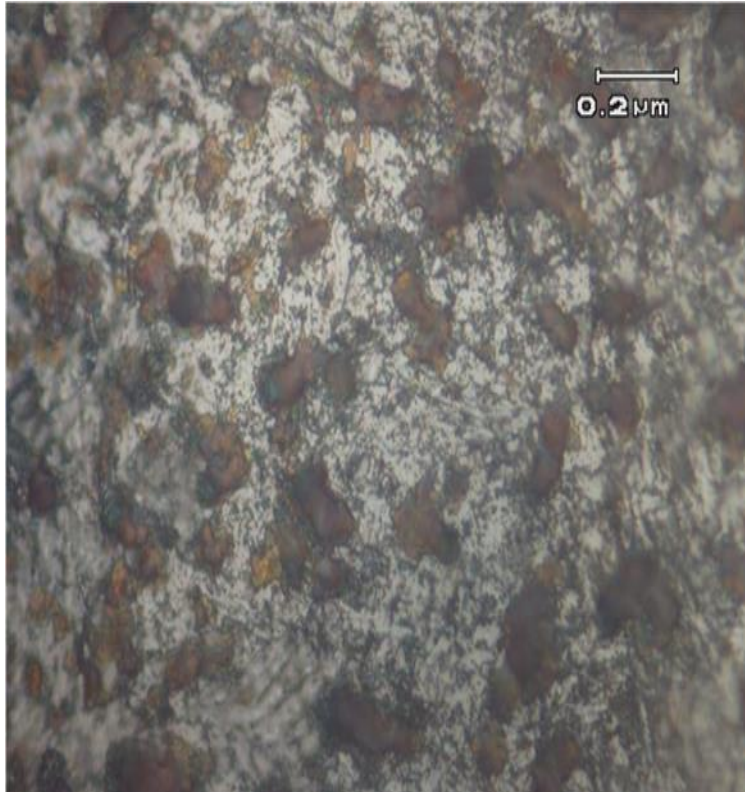
Lampiran 12

Foto Mikrostruktur *Base Metal* pada Pengelasan K Groove



Lampiran 13

Foto Mikrostruktur *HAZ* pada Pengelasan K Groove



Lampiran 14

Foto Mikrostruktur *Weld Metal* pada Pengelasan K Groove



Lampiran 15

Perhitungan Heat Input

Pada spesimen X groove Diketahui :

Arus Listrik = 140A
Tegangan = 28V
 η = 0,8
Travel speed = 2,93 mm/s

Jawab :

$$HI = \frac{V \times I \times \eta}{s}$$
$$= \frac{140A \times 28V \times 0,8}{2,93\text{mm/s}}$$
$$= 1070,3 \text{ J/mm}$$

Pada spesimen K groove Diketahui :

Arus Listrik = 140A
Tegangan = 28V
 η = 0,8
Travel speed = 2,8 mm/s

Jawab :

$$HI = \frac{V \times I \times \eta}{s}$$
$$= \frac{140A \times 28V \times 0,8}{2,8\text{mm/s}}$$
$$= 1120 \text{ J/mm}$$

Lampiran 16

Perhitungan Dilusi

Pada spesimen K groove Diketahui :

$$\text{Dilusi, \% : } \frac{A}{(A + B)}$$

Groove	A	B	A+B	Dilusi
K Groove	200	220	420	47,6%
	165	170	335	49,2%
	210	200	410	51,2%
Rata-rata	49,3%			

Pada spesimen X groove Diketahui :

$$\text{Dilusi, \% : } \frac{A}{(A + B)}$$

Groove	A	B	A+B	Dilusi
X Groove	210	220	430	48,8%
	275	190	465	59,1%
	230	200	430	53,4%
Rata-rata	53,7%			

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 18 Maret 1998 di Banjit, Provinsi Lampung. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN 1 Rantau Jaya , SMPN 4 Banjit, SMK KP Gajah Mada 1 Metro, dan pada tahun 2016 menempuh pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh kuliah di Departemen Teknik Mesin Industri penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi di kampus. Pengalaman organisasi yang penulis ikuti antara lain adalah menjadi Staff Ahli Divisi Teknis BSO Bengkel di Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri 2017/2018. PT. Petrokimia Gresik, merupakan tempat kerja praktek penulis selama satu bulan. Penulis Juga mengikuti beberapa pelatihan yang diadakan baik di jurusan maupun di lingkup ITS yaitu pelatihan Spiritual ITS tahun 2016, PKTI FTI ITS tahun 2016, Pelatihan LKMM Pra TD FTI ITS tahun 2016,. Bagi pembaca yang ingin mengenal lebih luas tentang penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail : andilukmana0330@gmail.com