



TUGAS AKHIR – VM 180629

**PENGARUH PEMOTONGAN SEJAJAR
DAN TEGAK LURUS ARAH ROLL PLAT
A 36 PADA SAMBUNGAN LAS SMAW
DENGAN ELEKTRODA E7018
TERHADAP KEKUATAN TARIK,
KEKUATAN KEKERASAN, DAN MIKRO
ETSA**

**RIZZA BAGUS SETYA AJI
NRP. 102116000000015**

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

**Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



TUGAS AKHIR - VM 180629

**THE EFFECT OF LEGAL CUTTING AND
STRAIGHT UPRIGHT ON ROLL PLAT A 36
DIRECTIONS ON THE SMAW WELD
EXPOSURE WITH E7018 ELECTRODES WITH
TESTING, VIOLENCE, AND ETSA MICRO**

**RIZZA BAGUS S. A.
NRP.10211600000015**

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

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



TUGAS AKHIR - VM 180629

**PENGARUH PEMOTONGAN SEJAJAR DAN
TEGAK LURUS ARAH ROLL PLAT A 36
PADA SAMBUNGAN LAS SMAW DENGAN
ELEKTRODA E7018 TERHADAP KEKUATAN
TARIK, KEKUATAN KEKERASAN, DAN
MIKRO ETSA**

**RIZZA BAGUS S. A.
NRP.1021160000015**

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

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

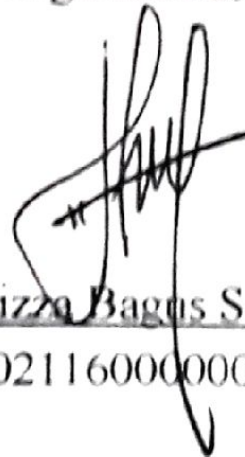
Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizza Bagus Setya Aji
NRP : 10211600000015
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,

Yang membuat pernyataan,



Rizza Bagus Setya Aji

10211600000015

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PEMOTONGAN SEJAJAR DAN TEGAK LURUS ARAH ROLL PLAT A 36 PADA SAMBUNGAN LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKUATAN KEKERASAN, DAN MIKRO ETSA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya

pada

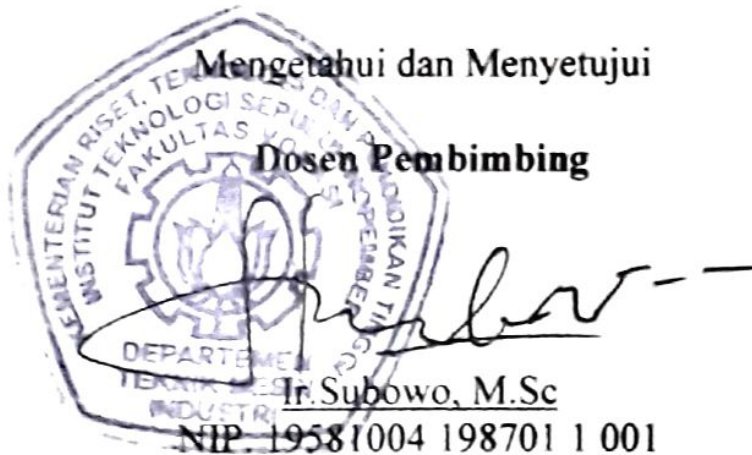
Program Studi Diploma III
Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIZZA BAGUS SETYA AJI
NRP. 102116 00000 015

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

SURABAYA, JULI 2019

Abstrak

Pada penyambungan baja tentu diperlukan suatu proses dan salah satunya pengelasan. Pengelasan sendiri merupakan salah satu proses yang cukup berperan dalam industri manufaktur dengan tujuan untuk proses maintenance maupun proses produksi pada proses pembuatan baja dapat dilakukan proses pengerollan maka dari itu arah pemotongan pada pengerollan dapat mempengaruhi sambungan pengelasan.

Dalam tugas akhir ini pengelasan yang digunakan las SMAW. jenis variasi yang digunakan adalah variasi arah pemotongan pada baja yang telah dilakukan pengerollan baja yang digunakan adalah ASTM A36. Selanjutnya untuk mengetahui kekuatan sambungan dari kedua bentuk variasi tersebut dengan menggunakan pengujian Tarik, kekerasan, dan mikro etsa.

Dari hasil pengujian tarik antara spesimen yang di variasi arah Pengerollan Horizontal memiliki kekuatan tarik lebih besar yaitu 476 N/mm² sedangkan spesimenn yang sudah di varisai dengan arah Pengerollan Vertikal memiliki kekuatan tarik lebih rendah yaitu 466,33 N/mm². Daerah patahan terdapat pada Base Metal dan dilihat dari bentuk patahan spesimen, dapat dikatakan bahwa material bersifat ductile . .Berdasarkan hasil uji kekerasan. Nilai kekerasan pada spesimen yang di variasi arah pengerollan horizontal lebih besar untuk spesimen yang yang sudah divarisai dengan arah vertikal memiliki nilai lebih rendah. Untuk semua spesimen daerah yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada daerah sekitaran Weld Metal dan HAZ sedangkan paling rendah terletak pada daerah Base Metal. Hasil pada hasil mikro yang dapat dilihat adalah struktur mikro dari ferrit dan pearlit.

Kata Kunci : Pengelasan, SMAW, ASTM A36, Arah pengerollan baja

Abstrak

connection with steel, of course, a process is needed and one of them is welding. Welding itself is one of the processes that are quite instrumental in the manufacturing industry with the aim of the maintenance process and the production process in the steel making process can be carried out by the pulverizing process so that the cutting direction on the roller can affect the welding connection.

In this final project the welding used by SMAW welding. the type of variation used is the variation in the direction of cutting on steel which has been carried out in the rolling steel used is ASTM A36. Furthermore, to determine the connection strength of the two forms of variation using tensile, hardness, and micro etching tests.

From the results of tensile testing between specimens in the direction of Pengerollan Horizontal variation has a greater tensile strength of 476 N / mm² while the specimens that have been varicated with Vertical Grinding direction have a lower tensile strength of 466.33 N / mm². The fault area is found on the Base Metal and seen from the shape of the fracture of the specimen, it can be said that the material is ductile. .Based on the results of the hardness test. The hardness values in specimens which are varied in direction of horizontal bending are greater for specimens that have been vertically aligned with lower values. For all regional specimens that have the highest hardness values are found in the area around Weld Metal and HAZ while the lowest is in the area Metal Base. The results of the micro results that can be seen are the microstructure of ferrite and pearlite.

Kata Kunci : Pengelasan, SMAW, ASTM A36, Arah pengerollan baja

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI... iii	iii
LEMBAR PENGESAHAN..... iv	iv
ABSTRAK..... v	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR..... vii	vii
DAFTAR ISI..... viii	viii
DAFTAR GAMBAR..... xii	xii
DAFTAR TABEL..... xv	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 Definisi Pengelasan	7
2.1.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)	7
2.1.2 Posisi Pada Pengelasan	8
2.1.3 Heat Input.....	10
2.1.4 Kodefikasi Elektroda	10
2.1.5 Struktur Mikro Las.....	11
2.2 Baja Karbon.....	12
2.3 Material	19
2.4 Sifat Mekanik	20
2.5 Tensile Test	21
2.5.1 Sifat Uji Tarik Dilihat Dari Patahan	24

2.6 Hardness Test	24
2.6.1 Pengujian Kekerasan Rockwell	25
2.7 Metalography Test.....	28
2.7.1 Macam-Macam Cairan Etsa.....	28
2.7.2 Macam-Macam Pengujian Metelography.....	29
2.8 Pengaruh Layer	31
2.8.1 Single Layer	31
2.8.2 Multi Layer	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Percobaan	35
3.2 Diagram Alir	35
3.3 Waktu Pelaksanaan Penelitian	37
3.4 Tempat Penelitian.....	37
3.5 Langkah Kerja	37
3.5.1 Studi Literatur	37
3.5.2 Persiapan Material	38
3.5.3 Pengelasan.....	39
3.5.4 Persiapan Benda Uji.....	41
3.5.5 Pengambilan Test Piece	41

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Pengelasan.....	49
4.2 Pengujian Tarik	55
4.3 Hardness Test (Uji Kekerasan)	57
4.4 Pengujian Mikro	59

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

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 :

“PENGARUH ARAH PEMOTONGAN TERHADAP Pengerolan PLAT A 36 PADA Sambungan LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7018 DENGAN PENGUJIAN TARIK, KEKERASAN, DAN MIKRO ETSA”

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.

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, 27 Juni 2019

Penulis

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pengelasan SMAW	8
Gambar 2.2	Posisi Pengelasan 1G.	8
Gambar 2.3	Posisi Pengelasan 2G.	9
Gambar 2.4	Posisi Pengelasan 3G	9
Gambar 2.5	Posisi Pengelasan 4G.	9
Gambar 2.6	Fase Diagram Fe ₃ -C	14
Gambar 2.7	Struktur Mikro Ferrit.....	15
Gambar 2.8	Struktur Mikro Cementit	16
Gambar 2.9	Struktur Mikro Perlit	17
Gambar 2.10	Struktur Mikro Martensit	18
Gambar 2.11	Transformasi Fasa Pada Daerah Pengelasan	19
Gambar 2.12	Kurva Tegang-Regang Teknik.....	23
Gambar 2.13	Sifat Base Metal Dari Patahan	24
Gambar 2.14	Prinsip Kerja Rockwell.....	25
Gambar 2.15	Perhitungan Rockwell.	26
Gambar 2.16	Pantulan Sinar Pada Metalograph Test.	30
Gambar 2.17	Alat Penguji Struktur Mikro.....	31
Gambar 2.18	Karakteristik Sambungan Las Pada Single Layer	31
Gambar 2.19	Typical Heat Cycles 5 Δ t 8/5 (Temperatur 800° – 500°/ 300°C) Multi Layer	32
Gambar 2.20	Grafik Kekuatan Multi Layer Dan Hasil Pengelasan Multi Layer.....	33
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	36
Gambar 3.2	Dimensi material	38
Gambar 3.3	Dimensi Sebelum Di Bevel	38
Gambar 3.4	Elektroda Kobe Steel E7018.....	39
Gambar 3.5	Proses pengelasan	40
Gambar 3.6	Tang Ampere	40
Gambar 3.7	Dimensi Spesimen Tarik	42
Gambar 3.8	Spesimen Uji Tarik Arah Vertikal.....	43
Gambar 3.9	Spesimen Uji Tarik Arah Horizontal.....	43
Gambar 3.10	Alat Uji Kekerasan Rockwell.....	44
Gambar 3.11	Lokasi Identasi Uji Kekerasan.....	44
Gambar 3.12	Keras Gosok 180, 220, 500, 800, 1000,	

	1500.....	46
Gambar 3.13	Autosol	46
Gambar 3.14	Spesimen Uji	46
Gambar 3.15	Cawan.....	47
Gambar 3.16	Proses Pengetsaan.....	47
Gambar 3.17	Pengeringan Hair Dryer.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Chemical Composition.....	20
Tabel 2.2	Sifat Mekanik SA 36.....	20
Tabel 2.3	Elektrode Tungsten	12
Tabel 2.4	Skala Uji Kekerasan Rockwell	27
Tabel 2.5	Cairan Etsa.....	28
Tabel 4.1	Record Parameter Searah.....	49
Tabel 4.2	Searah Horizontal Pengelasan.	50
Tabel 4.3	Data Pengujian Tarik.....	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) di era sekarang sangatlah maju. Teknologi pengelasan merupakan suatu jenis teknologi yang sering digunakan dalam proses manufaktur, untuk saat ini proses pengelasan dipergunakan secara luas dalam bidang kerja offshore, onshore dan konstruksi ringan maupun berat dan juga kemajuan ilmu pengetahuan. Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan dua logam menjadi satu akibat proses panas dengan menambah logam pengisi dan tekanan atau tanpa tekanan. Salah satu jenis pengelasan yang sering digunakan yaitu proses dengan proses pengelasan SMAW (Shielding Metal Arc Welding). Komposisi dari logam cair terdiri atas logam dasar dan logam pengisi yg terbentuk tepat diujung elektroda. Logam pengisi ditambahkan selama operasi untuk menambah volume dan kekuatan sambungan las-an. Mutu dari hasil pengelasan disamping tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri dan juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan.

Faktor Pengelasan meliputi jadwal pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan, jenis proses las, jenis sambungan, pemilihan elektroda, dan jenis kampuh [3]. Sambungan las sendiri mempengaruhi kekuatan hasil pengelasan. Pada penelitian ini pengelasan yang digunakan adalah las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan variasi arah pengerollan yang mempengaruhi nilai sifat mekanik. Dalam hot rolling terdapat istilah arah pengerolan.

Arah pengerolan dapat berdampak pada orientasi butir yang arahnya selalu sejajar dengan arah pengerolan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi orientasi butir plat ASTM A36 terhadap pengelasan SMAW. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi butir plat terhadap struktur mikro, dan kekuatan tarik maksimum nilai kekerasan spesimen tersebut.

Maka dari itu untuk mengusahakan hasil pengelasan yang baik dan berkualitas maka perlu diperhatikan faktor tersebut. Untuk itu penelitian tentang pengelasan sangat mendukung dalam rangka memperoleh hasil pengelasan yang baik.

Berkaitan dengan semua latar belakang tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan analisa pada material ASTM A36 untuk mengetahui pengaruh variasi arah pengerollan terhadap hasil pengelasan las SMAW, dengan uji metalografi untuk mengetahui struktur micro, uji kekerasan dan uji tarik.

1.2 Rumusan Masalah

Bertolak dari latar belakang maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

1. Bagaimanakah pengaruh variasi arah pengerollan terhadap kekuatan uji Tarik, uji kekerasan, dan mikro etsa pada material ASTM A36 dengan proses pengelasan SMAW?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penyusunan hasil penelitian lebih jelas mengenai masalah yang dikaji, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah plat baja ASTM A36 dengan tebal 10 mm.
2. Pengelasan yang dilakukan adalah las SMAW dengan elektroda tipe E7018 berdiameter 3.2 mm. Arus yang digunakan 150A
3. Polaritas yang digunakan DCRP
4. Sudut pengelasan (Model groove menggunakan bentuk V groove, dengan sudut sesuai standart ASTM 60°).
5. Posisi pengelasan 1G
6. Pengujian yang dilakukan :
 - a. Uji tarik untuk mengetahui besar nilai kekuatan tarik specimen tersebut
 - b. Uji kekerasan untuk mengetahui besar nilai kekuatan kekerasan specimen tersebut
 - c. Uji mikro etsa untuk mengetahui struktur mikro specimen tersebut

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hasil nilai uji tarik terhadap variasi arah pengerollan pada baja ASTM A36.
2. Mengetahui hasil nilai uji kekerasan terhadap variasi arah pengerollan pada baja ASTM A36.
3. Mengetahui struktur mikro terhadap variasi arah pengerollan pada baja ASTM A36.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi arah pengerollan terhadap besarnya nilai kekuatan mekanik pada plat baja ASTM A 36
2. Dari data-data yang ada dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dan bagi perusahaan yang bekerjasama dengan penulis.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan penulis 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 makro etsa dan pengukuran dial indikator.

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 kekerasan, pengujian tarik dan metalografi setelah dilakukan pengelasan.

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 tugas akhir, 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 ini.

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-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Definisi Pengelasan

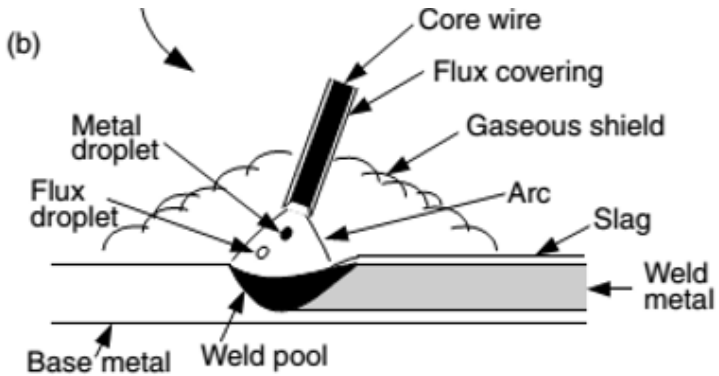
Pengelasan (Welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa tambahan logam lain. Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan sebagian logam, logam pengisi, dan tekanan.

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.

2.1.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

SMAW adalah proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung flux 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. Filler metal atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur

dengan lapisan pembungkus elektroda. Gambar 2.1 memperlihatkan prinsip dasar proses SMAW.

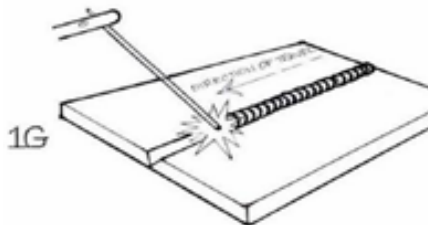


Gambar 2. 1 Proses Pengelasan SMAW

2.1.2 Posisi Pada Pengelasan

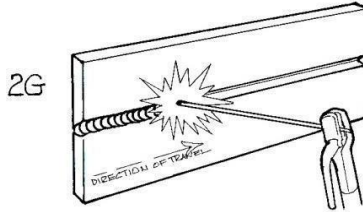
Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Adapun posisi terdiri dari 4 macam yaitu:

1. Posisi (1G)



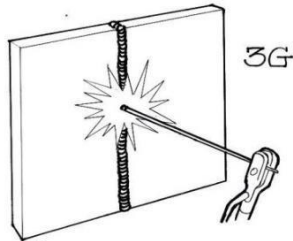
Gambar 2. 2 Posisi pengelasan 1G

2. Posisi (2G)



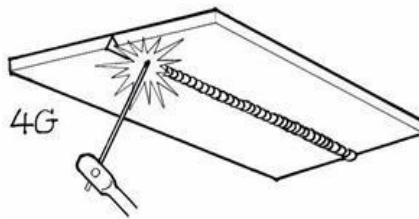
Gambar 2. 3 Posisi pengelasan 2G

3. Posisi (3G)



Gambar 2. 4 Posisi pengelasan 3G

4. Posisi (4G)



Gambar 2. 5 Posisi pengelasan 4G

2.1.3 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).

Masukan panas : $HI = EI/V \dots\dots\dots (2.1)$

Dimana: HI = masukan panas atau energi (J/mm)

I = Arus (Ampere)

$$E = \text{Voltase (Volt)}$$
$$V = \text{Jarak/Waktu (mm/s)}$$

Input panas juga memengaruhi bentuk penampang lintang lasan (bead on plate) yang meliputi besarnya permukaan logam induk yang mencair, permukaan bahan pengisi dan HAZ.

2.1.4 Kodefikasi Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (fluks) dan tidak bersalut yang merupakan pakal untuk menjepitkan tang las. Fungsi fluks atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

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

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam (X1000Psi)

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

2.1.5 Struktur Mikro Las

Pada proses pengelasan, transformasi γ (austenit) menjadi α (ferit) merupakan tahap yang paling krusial karena struktur mikro logam las yang berarti juga sifat-sifat

mekanisanya sangat ditentukan pada tahap ini. Diantara faktor-faktor yang mempengaruhi transformasi γ (austenit) menjadi α (ferit) adalah masukan panas (*heat input*), komposisi kimia logam las, kecepatan pendinginan dari temperatur 800°C – 500°C.

Logam las merupakan daerah yang mengalami perubahan fasa menjadi cair, sedangkan daerah terpengaruh panas atau HAZ merupakan daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro karena panas tetapi tidak sampai mencair. Daerah HAZ terdiri dari butir kasar, butir halus dan daerah transformasi sebagian.

Menurut Abson dan Pargeter (1986), struktur mikro pada logam las biasanya terdiri dari dua atau lebih fasa berikut ini :

1. Ferit batas butir (grain boundary ferrite), terbentuk pertama kali pada transformasi $\gamma - \alpha$, biasanya terbentuk sepanjang batas austenit pada temperatur 1000°C – 650°C.
2. Ferrite Widmanstatten, jika temperaturnya lebih rendah maka akan terbentuk ferit Widmanstatten. Struktur mikro ini terbentuk pada temperatur 750°C – 650°C disepanjang batas butir austenit. Ferit widmanstatten mempunyai ukuran besar dengan orientasi arah yang hampir sama sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak.
3. Ferrite Acicular, berbentuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya acicular ferit terbentuk sekitar temperatur 650oC dan mempunyai ketangguhan paling tinggi.
4. Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada temperatur 500o Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibanding ferit, tetapi lebih rendah dari pada martensit.

5. Martensit, akan terbentuk bila proses pengelasan dengan pendinginan yang sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga ketangguhannya rendah.

2.2 Rolling (Pengerolan)

Rolling atau pengerolan adalah proses pengurangan ketebalan atau proses pembentukan pada benda kerja yang panjang. Proses rolling dilakukan dengan satu set rol yang berputar dan menekan benda kerja supaya terjadi perubahan bentuk. Rolling pertama kali dikembangkan pada tahun 1500an.

Rolling dilakukan dalam dua tahap. Pertama dilakukan pada suhu yang tinggi atau disebut hot rolling. Hot rolling dilakukan untuk mengurangi dimensi bahan baku (ingot) secara besar-besaran. Setelah hot rolling selanjutnya dilakukan cold rolling, yaitu pengerolan pada suhu ruang. Pada cold rolling pengurangan dimensi tidak dilakukan secara besar-besaran karena proses ini memerlukan tenaga yang sangat besar. Cold rolling dilaksanakan sebagai finishing untuk mencapai dimensi yang sesuai, memperhalus permukaan benda kerja, dan meningkatkan sifat mekanis benda kerja.

Pada proses manufaktur modern, rolling biasanya diawali dengan proses pengecoran kontinu. Kombinasi antara pengecoran kontinu dan rolling bisa meningkatkan produktivitas. Di samping itu, kombinasi ini juga dapat mengurangi ongkos produksi

2.2.1 Proses produksi baja slab (*Slab Steel*)

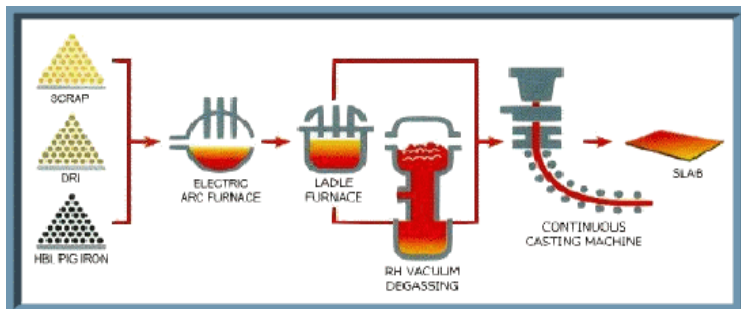
Pabrik baja slab memproduksi lembaran baja yang bahan baku utamanya adalah besi spons dan scrap ditambah dengan batu kapur, serta dicampur dengan unsur-unsur lain seperti C, Fe, dan Si. Pabrik ini juga memanfaatkan peleburan ulang baja-

baja *reject* (rusak) dari pabrik-pabrik yang memproses baja jenis lainnya.

Dalam proses ini baja dicairkan dengan cara memasukkan kedalam furnace (tungku) secara manual dan continues feeding. Cairan baja yang sudah memenuhi komposisi metalurgy dan temperatur, dituang dari canal furnace ke ladle yang diangkut oleh brige crane.

Pabrik ini memproduksi baja slab dengan ukuran : tebal 200 mm, lebar 950 – 2080 mm, dan panjang maksimum 12.000 mm, dengan berat maksimum 30 ton.

Slab baja yang sudah didinginkan dengan udara selama 24 – 36 jam, dipotong sesuai dengan pesanan dengan menggunakan mesin ripping cutting. Kemudian dilakukan inspeksi visual. Apabila ditemukan cacat fisik permukaan maka dilakukan pengupasan permukaan dengan menggunakan Unit Scarfing atau Scarfing machine.



Gambar 2. 6 Proses Produksi Pabrik Baja Slab

2.2.2 Proses pengerolan baja lembaran panas (*Hot Strip Mill*)

Pabrik Baja Lembaran Panas atau Hot Strip Mill (HSM) merupakan pabrik yang menghasilkan baja lembaran tipis berupa coil, plat, dan sheet dengan proses pemanasan sampai

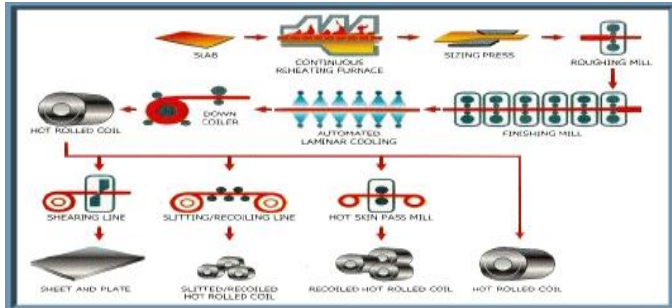
suhu $\pm 1250^{\circ}\text{C}$, yang merupakan pemrosesan lanjutan dari baja lembaran yang dihasilkan oleh pabrik slab baja dan kemudian dilakukan pengerolan panas (milling).

Pabrik Pengerolan Baja Lembaran Panas atau Hot Strip Mill (HSM) mempunyai kapasitas produksi 2 juta ton/tahun. dengan menghasilkan produk dengan ukuran – ukuran sebagai berikut :

1. Tebal : 8 - 25 mm.
2. Lebar : 650 - 2080 mm.
3. Berat maksimal : 30 ton per gulung.

Pengendalian proses dilakukan secara otomatis dengan control set up computer, sehingga dapat menjamin kualitas produk yang dihasilkan dalam hal kekuatan mekanik, toleransi ukuran, maupaun kualitas bentuk (shape). Perlengkapan utama Pabrik Pengerolan Baja Lembaran Panas adalah :

1. Dua buah dapur pemanas dengan kapasitas 300 ton/jam dengan bahan bakar gas alam, yang berfungsi untuk memanaskan slab.
2. Sebuah sizing press yang digunakan untuk mengatur lebar
3. Sebuah roughfing yang dilengkapi flange edgerroll dan water descaler dengan tekanan air 180 bar
4. Sebuah pemotong kepala dan ekor slab crospsnar
5. Enam buah finishing stand yang dilengkapi dengan alat ukur pengontrol lebar, panjang, tebal, dan temperatur strip secara otomatis
6. Dua buah measuring house.



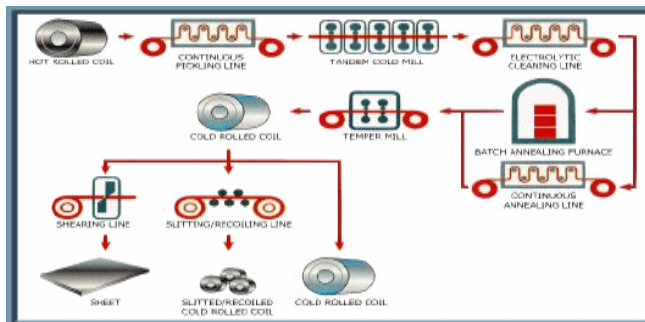
Gambar 2. 7 Proses pengerolan baja lembaran panas (*Hot Strip Mill*)

2.2.3 Proses pengerolan baja lembaran dingin (*Cold Rolling Mill*)

Pabrik Pengerolan Baja Lembaran Dingin atau *Cold Rolling Mill* (CRM) merupakan pabrik yang menghasilkan baja lembaran tipis seperti divisi Hot Strip Mill, tetapi hasil produksinya berdimensi lebih tipis, dengan proses tarik dan tekan yang merupakan pemrosesan lanjutan dari baja produksi HSM. Hasil produksi dalam bentuk gulungan atau *coil*. Kapasitas dari pabrik CRM yaitu 850 ribu ton/tahun.

Coil yang dihasilkan berukuran :

1. Lebar : 600 - 1300 mm
2. Tebal : 0,18 - 3 mm

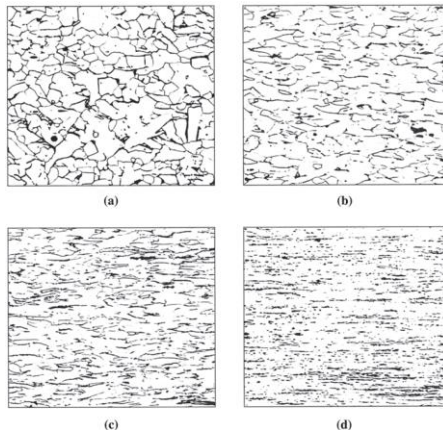


Gambar 2. 8 Proses pengerolan baja lembaran dingin (*Cold Rolling*)

2.2.4 Anisotrop

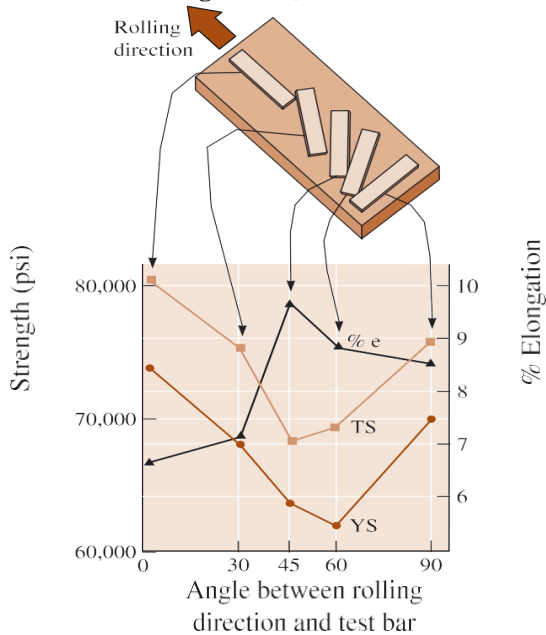
Perilaku anisotrop Selama deformasi, butiran-butiran mengecil serta memanjang, menyebabkan arah kristalografi tertentu untuk menjadi selaras dengan arah di mana stres diterapkan. Akibatnya, orientasi lebih disukai, atau tekstur, mengembangkan dan menyebabkan perilaku anisotrop.

Dalam proses seperti gambar kawat dan ekstrusi, sebuah fiber tekstur diproduksi. Istilah " serat " mengacu pada butir dalam bahan logam yang menjadi memanjang dalam arah paralel dengan sumbu kawat atau produk ekstrusi. Dalam logam BCC, h 110 arah berbaris dengan sumbu kawat. Dalam logam FCC, h 111 atau h 100 arah sejajar. Hal ini memberikan kekuatan tertinggi sepanjang sumbu kawat atau ekstrudat (produk yang diekstrusi, seperti tabung), yang adalah apa yang kita inginkan.



Gambar 2. 9 Struktur butir berserat dari baja karbon rendah yang dihasilkan oleh kerja dingin: (a) 10% kerja dingin, (b) 30% kerja dingin, (c) 60% pekerjaan dingin, dan (d) 90% pekerjaan dingin (250).

(Sumber: Dari ASM Handbook Vol. 9, Metalografi dan Mikro, (1985) ASM International, Bahan Park, OH 44073. Digunakan dengan izin.)



Gambar 2. 10 Perilaku Anisotropik dalam bahan lembaran aluminium-lithium digulung digunakan dalam aplikasi ruang angkasa. sketsa berkaitan posisi bar tarik terhadap sifat mekanik yang diperoleh.

Seperti disebutkan sebelumnya, sebuah effect agak mirip terlihat dalam bahan termoplastik ketika mereka ditarik ke dalam serat-serat atau bentuk lainnya. Penyebabnya, seperti yang dibahas sebelumnya, adalah bahwa rantai polimer berbaris sisi-by-side (yaitu, membentuk daerah kristalin) sepanjang panjang serat. Seperti dalam bahan logam, kekuatan paling besar sepanjang sumbu dari polimer serat.

Dalam proses seperti bergulir, biji-bijian menjadi berorientasi pada arah kristalografi disukai dan pesawat,

memberikan lembar tekstur. Sifat-sifat lembaran digulung atau piring tergantung pada arah di mana properti diukur. Gambar 8-8 merangkum sifat tarik. Untuk paduan ini, kekuatan sejajar tertinggi dengan arah bergulir, sedangkan daktilitas tertinggi pada sudut 45 ke arah bergulir. Penguatan yang terjadi dengan perkembangan anisotropi atau tekstur, dikenal sebagai tekstur penguatan.

2.3 Baja Karbon

Baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya unsur lain.

Baja Karbon berdasarkan prosentase kadar karbonnya dikelompokkan menjadi 3 Macam.

a. **Baja Karbon Rendah.**

Kandungan karbon pada baja ini antara 0.10 sampai 0.25 % . Karena kadar karbon yang sangat rendah maka baja ini lunak dan tentu saja tidak dapat dikeraskan, dapat ditempa, dituang, mudah dilas dan dapat dikeraskan permukaannya (case hardening). Baja dengan prosentase karbon dibawah 0.15 % memiliki sifat mach ability yang rendah dan biasanya digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, dan lainnya.

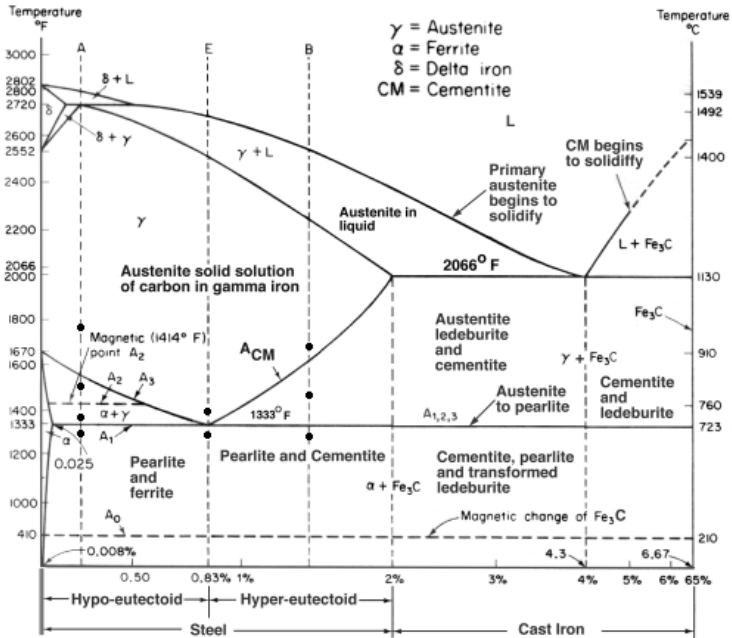
b. **Baja Karbon Menengah**

Kandungan karbon pada baja ini antara 0.25 sampai 0.55 % . Baja jenis ini dapat dikeraskan dan di tempering, dapat dilas dan mudah dikerjakan pada mesin dengan baik. Penggunaan baja karbon menengah ini biasanya digunakan untuk poros / as, engkol dan sparepart lainnya.

c. **Baja Karbon Tinggi.**

Kandungan karbon pada baja ini antara 0.55 sampai 0.70 % . Karena kadar karbon yang tinggi maka baja ini lebih mudah dan cepat dikeraskan dari pada yang lainnya dan

memiliki kekerasan yang baik, tetapi susah dai bentuk pada mesin dan sangat susah untuk dilas. Penggunaan baja ini untuk pegas/per, dan alat-alat pertanian.

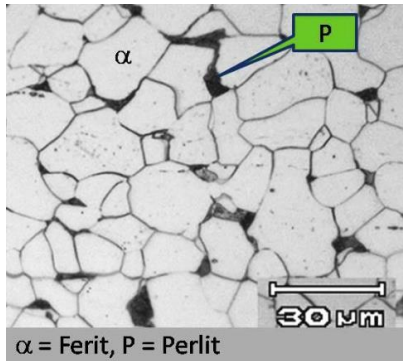


Gambar 2. 11 Fase Diagram Fe3-C

Fasa-fasa yang ada pada diagram fasa besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut:

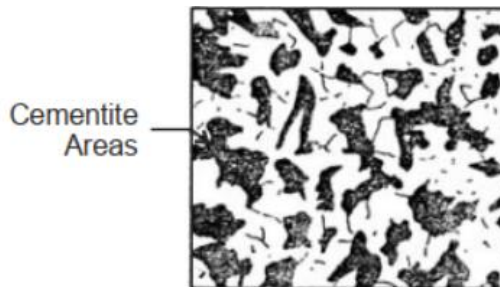
- a. Ferrit (disimbolkan dengan α)

Memiliki bentuk sel satuan BCC, terbentuk pada proses pendinginan lambat dari austenite baja hipoeuctoid (baja dengan kandungan karbon < 0,8%), bersifat lunak, ulet, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktivitas thermalnya tinggi.



Gambar 2. 12 Struktur Mikro Ferrit

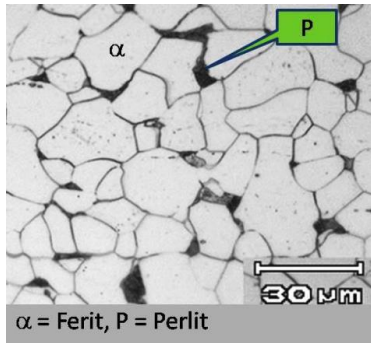
- b. Cementit (disimbolkan dengan Fe_3C)
 Adalah senyawa besi dengan karbon, umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe_3C , bentuk sel satuannya ortorombik, dan bersifat keras (65-68) HRC.



Gambar 2. 13 Struktur Mikro Cementit

- c. Perlit (disimbolkan dngan $\alpha + Fe_3C$)
 Adalah campuran ferit dan cementit berlapis dalam suatu struktur butir, memiliki nilai kekerasan (10-30) HRC. Pendinginan lambat menghasilkan perlit kasar, sedangkan struktur mikro perlit halus terbentuk dari hasil pendinginan cepat. Baja yang memiliki struktur mikro perlit kasar kekuatannya lebih rendah bila dibandingkan

dengan baja yang memiliki struktur mikro perlit halus.



Gambar 2. 14 Struktur Mikro Perlit

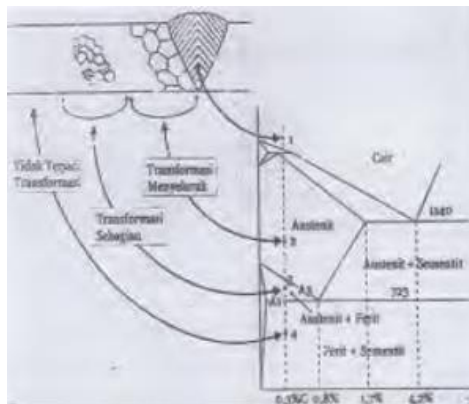
d. Martensit

Terbentuk dari pendinginan cepat fasa austenite sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC, unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu, hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro martensit seperti bentuk jarum- jarum halus, bersifat keras (20-67) HRC, dan getas.



Gambar 2. 15 Struktur Mikro Martensit

- e. Austenite (disimbolkan dengan γ)
 Memiliki bentuk sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon hingga maksimum 1,7%. Transformasi fasa pada daerah pengelasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 16, dapat dianalisa secara eksperimental dengan menggunakan diagram CCT (Continuous Cooling Transformation), karena kecepatan pendinginan dari temperatur austenite sampai ke temperatur ruangan berlangsung secara cepat. Kecepatan pendinginan tersebut berpengaruh pada kekuatan sambungan las, karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk



Gambar 2. 16 Transformasi Fasa Pada Daerah Pengelasan.

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi.

2.4 Material

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material A 36 dimana material ini memiliki kandungan komposisi kimia dan sifat mekanik yaitu, ditunjukkan pada tabel 2.1- tabel 2.2.

Tabel 2.1 Nilai Chemical Composition

SA 36					
Chemical Composition					
C	Mn	P	S	Si	Cu
0,25	-	0,04	0,05	0,40	0,20

Dari nilai hasil perhitungan CE (Carbon Equivalent) telah ditentukan bahwa plat SA 36 dengan tebal 10 mm memiliki nilai CE sebesar 0,265%.

Tabel 2.2 Sifat Mekanik SA 36

SA 36	
Tensile Strengt	
YS (Newton/mm ²)	TS (Newton/mm ²)
250	400-550

2.5 Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (tentunya

juga komponen bahan tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan atau komponen tersebut. Sifat logam dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian terhadap logam tersebut. Pengujian biasanya dilakukan terhadap spesimen/batang uji dengan bentuk dan ukuran yang standard, demikian juga prosedur pengujian yang dilakukan. Sering kali bila suatu bahan mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lain maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan berbagai cara. Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain :

1. Kekuatan (strength) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis bahan yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi dan kekuatan lengkung.
2. Kekerasan (hardness) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (wear resistance).

2.6 Tensile test

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

pengujian tarik dibutuhkan batang tarik. Batang tarik, dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasikan, dibubut dari spesimen yang akan diuji. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (Universal Testing Machine) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah. Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat- sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{F}{A_o}$$

Dimana

σ_t = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A_o = Luasan Awal (mm²)

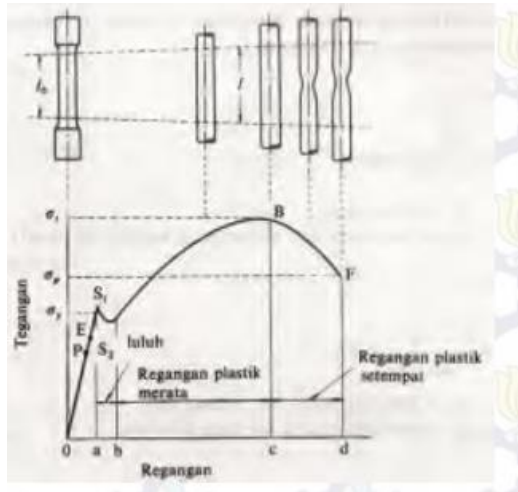
$$\varepsilon = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

L_o = Panjang mulai dari batang uji (mm)

L = Panjang batang uji yang dibebani

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 2.17 Titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas elastic. Titik E sukar ditentukan dengan tepat

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

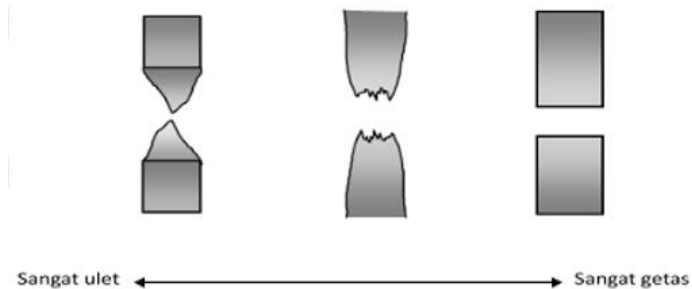


Gambar 2. 17 Kurva Tegang-Regang Teknik

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan universal testing machine . Benda uji dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban static dinaikkan secara bertahap sampai spesimen putus. Besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan plotter, sehingga diperoleh grafik tegangan (Mpa) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan luluh (σ_{ys}), tegangan ultimate (σ_{ult}), modulus elastisitas bahan (E), ketangguhan dan keuletan sambungan las yang diuji tarik.

2.6.1 Sifat uji Tarik dilihat dari patahan

Dilihat dari specimen yang putus saat pengujian tarik bentuk patahan dari specimen dapat dilihat sebagai berikut digambar bawah ini.



Gambar 2. 18 Sifat Base Metal dari patahan

2.7 Hardness Test

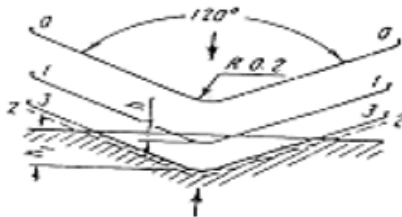
Kekerasan suatu bahan adalah kemampuan sebuah material untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi plastis yaitu tahan terhadap indentasi, tahan terhadap penggosokan, tahan terhadap aus, tahan terhadap pengikisan (abrasi). Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena kekerasan dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain, yaitu strength (kekuatan). Bahkan nilai kekuatan tarik yang dimiliki suatu material dapat dikonversi dari kekerasannya. Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, yaitu :

1. Metode Pengujian Kekerasan Brinell
2. Metode Pengujian Kekerasan Vickers
3. Metode Pengujian Kekerasan Rockwell

Dari ketiga metode tersebut yang sering digunakan hanya dua saja, Brinell dan vickers, namun pada penelitian kali ini akan menggunakan, metode Rockwell.

2.7.1 Pengujian Kekerasan Rockwell

Pada pengujian kekerasan rockwell, angka kekerasan yang di peroleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada specimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode rockwell dapat digunakan dua bentuk indendtor, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan bentuk kerucut dari intan (diamond cone). Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indendtor, seperti tercantum pada tabel 2.1. pengujian ini banyak dilakukan di industri karena pelaksanaannya lebih cepat, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung pada mesin.



Gambar 2. 19 Prinsip Kerja Rockwell

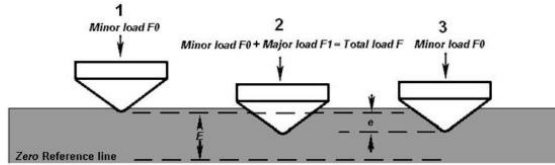
Keterangan :

0-0 Posisi sebelum indentasi

1-1 Penetrasi pada saat beban awal P1

2-2 Penetrasi pada pada saat beban penuh (P1+P) 3-3 Penetrasi setelah beban utama dilepas P1

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi dengan satu huruf depan seperti pada tabel 2.1 yang menyatakan kondisi pengujian. Angka skala pada mesin terdiri dari dua skala, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi 100 divisi, dimana setiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0,002 mm. Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi (h1) dapat ditulis sebagai berikut.



$$HR = E - e$$

dimana:

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness

E = Jarak antara indenter saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indenter berbeda-beda

e = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002 mm

Gambar 2. 20 Perhitungan Rockweel

Table 2.3 Skala 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 1,558 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 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 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

2.8 Metalography Test

2.8.1 Macam-Macam Cairan Etsa

Table 2.4 Cairan Etsa

NO	NAMA	KOMPOSISI	CARA	PENGGUNAAN
Besi dan Baja (MICRO)				
1.	Nital	HNO_3 : 1-5 ml	Beberapa detik s/d 1 menit	Baja karbon
2.	Picral	Alkohol : 100 ml 95% Picric acid :	Beberapa detik s/d 1 menit	Baja karbon & low alloy hasil heat treatment
3.	Aqua Regia	4 gr Alkohol : 100 ml 95% HNO_3 : 20 ml HCl : 60 ml	Beberapa detik	Stainless steel
Besi dan Baja (MACRO)				
1.	Hidrochloric acid	HCl : 50 ml H_2O : 50 ml	1-60 menit pada temperatur $75^\circ C$	Crack, porosity dan depth of hardness
2.	Nitric acid	HNO_3 : 0,5 – 1% dalam H_2O	30 – 60 detik setelah digrinding baja	Struktur las-lasan
Al Alloy				
1.	Sodium Hidroksida	$NaOH$: 1 gr H_2O : 99 ml	10 detik	Umum (micro)
2.	Nitric acid	HNO_3 : 25	Beberapa puluh	Al Fe Si (micro)
3.	Tuckar's	ml HF : 15 ml HCP : 45 ml HNO_3 : 25 ml H_2O : 25 ml	detik 15 detik	Macro

<i>Cu Alloy</i>				
1.	<i>Aluminium Hydroxide</i>	<i>Diluted solution 25%</i>	<i>Beberapa detik</i>	<i>Brass, bronze</i>
2.	<i>Chromic acid</i>	<i>NH₄OH (dengan beberapa H₂O₂) Saturated aqueous solution (Cr₂O₃)</i>	<i>Beberapa detik</i>	<i>Copper</i>

2.8.2 Macam-macam Pengujian Metalography

Ilmu logam secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu metalurgi dan metalography.

Metalurgi yaitu ilmu yang mempelajari tentang perpaduan logam dengan unsur-unsur tertentu seperti titanium, copper, yang bertujuan untuk memperkuat atau dan menambah ketangguhan logam, yang digunakan untuk berbagai kebutuhan khusus seperti engine blok piston dll.

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan miroskop optis dan mikroskop electron dengan perbesaran 50 – 3000 kali. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu.

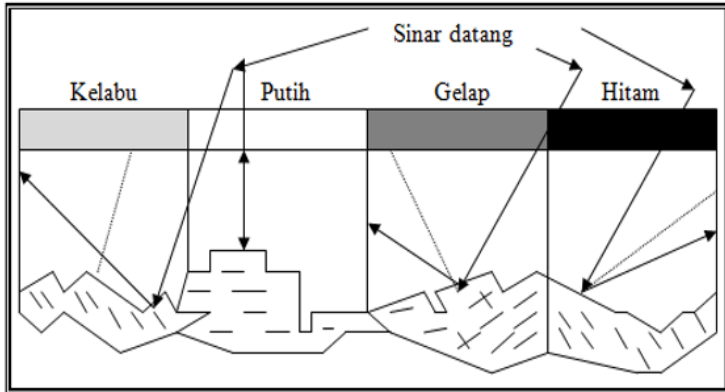
Pengujian metalography dibagi menjadi dua jenis yaitu pengujian makro dan pengujian mikro

1. Pengujian makro

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu

2. Pengujian mikro

Pengujian mikro bertujuan untuk melihat butiran struktur kristal dari logam yang diuji dengan menggunakan mikroskop mulai perbesaran 50-3000 kali, sehingga dapat diketahui sifat, dan struktur dari logam tersebut.



Gambar 2. 21 Pantulan Sinar Pada Metalograph Test



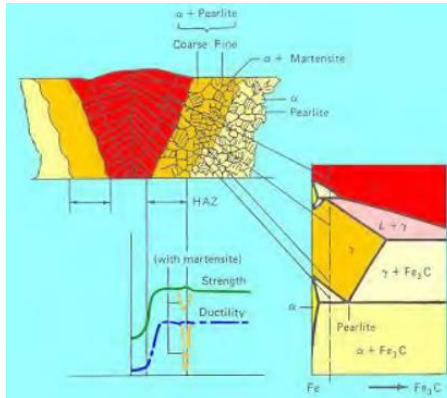
Gambar 2. 22 Alat Penguji Struktur Mikro

Keterangan Gambar :

1. Landasan specimen
2. Lengan pengatur kedudukan
3. Lensa pengatur perbesaran
4. Lensa untuk melihat
5. Tuas pengatur perbesaran

2.9 Pengaruh Layer

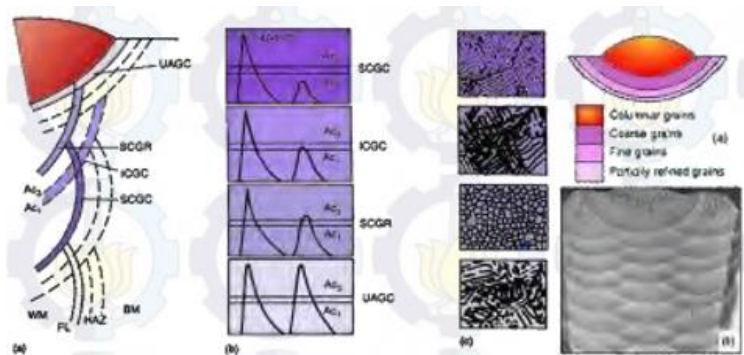
2.9.1 Single Layer



Gambar 2. 23 Karakteristik Sambungan Las Pada Single Layer

Gambar 2.23 yang dilampirkan merupakan struktur dari hasil pengelasan single layer. Dapat dilihat bahwa kekuatan pada daerah weld metal lebih rendah daripada daerah HAZ maupun base metal. Sehingga apabila dilakukan pengujian Tarik, maka daerah patahan akan berada pada weld metal tersebut. Untuk menghindari patahan pada daerah weld metal maka diperlukan perbaikan pada WPS pengelasan, sehingga nantinya apabila dilakukan pengujian tarik maka daerah patahan akan bergeser ke daerah HAZ. Sehingga dapat dikatakan sambungan las lolos uji, karena tidak patah pada daerah weld metal.

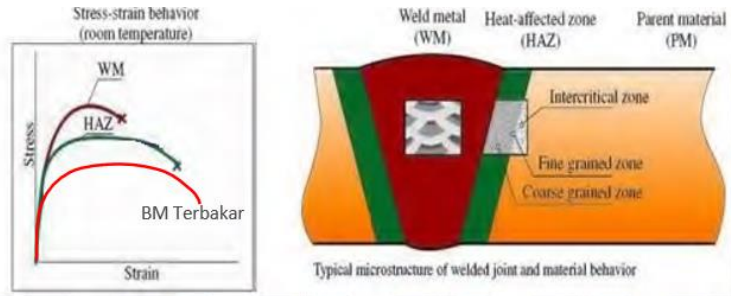
2.9.2 Multi Layer



Gambar 2. 24 Typical Heat Cycles 5 Δt 8/5 (Temperatur 800o – 500o/ 300o C) Multi 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 Prosedure 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. 25 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.

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 bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arah pengerolan plat A 36 pada sambungan las SMAW dengan elektroda E7018 terhadap sifat mekanik

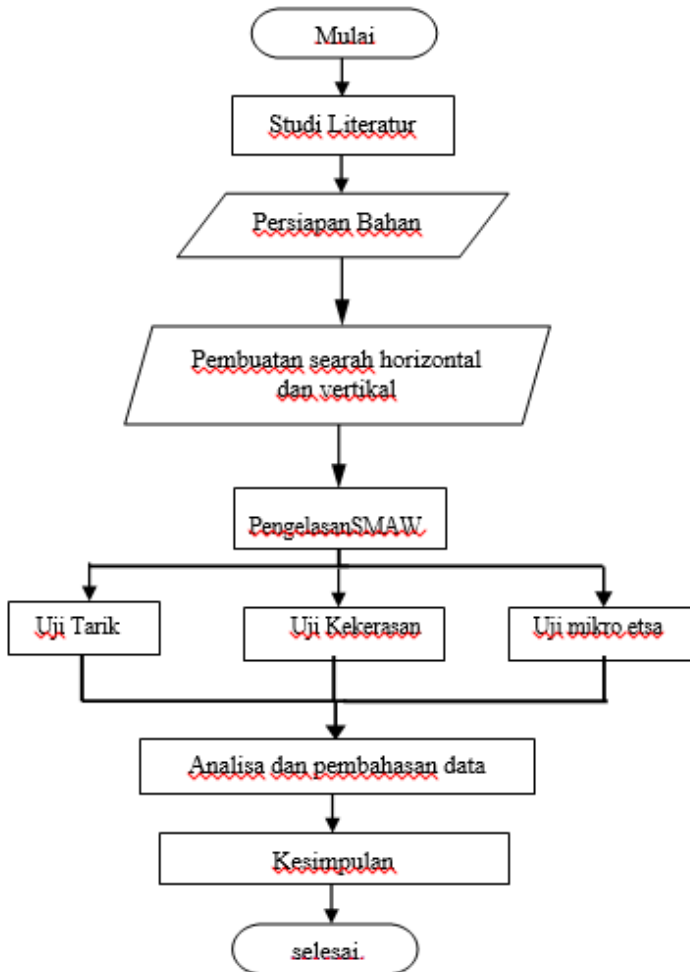
Penelitian dilakukan di Workshop Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS Surabaya dan PT. Trias Persada dan Lab Material dan Metalurgi.

3.1.1 Hasil yang akan diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Uji Tarik ; menganalisa hasil uji Tarik yang terjadi setelah proses pengelasan dengan menggunakan pengujian standart ASME IX
2. Uji Kekerasan ; menganalisa nilai kekerasan yang terjadi setelah proses pengelasan dengan menggunakan pengujian Rockwell
3. Mikro Etsa ; menganalisa untuk butiran struktur kristal dari logam yang diujisetelah proses pengelasan

3.2 Diagram Alir Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan flow chart, bisa dilihat pada gambar 3.2 diagram di bawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2018/2019 yaitu pada bulan Januari sampai Agustus

3.4 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lab uji bahan teknik Kampus D3 Teknik Mesin FTI-ITS dan lab Teknik Material dan Metalurgi

3.5 Langkah Kerja

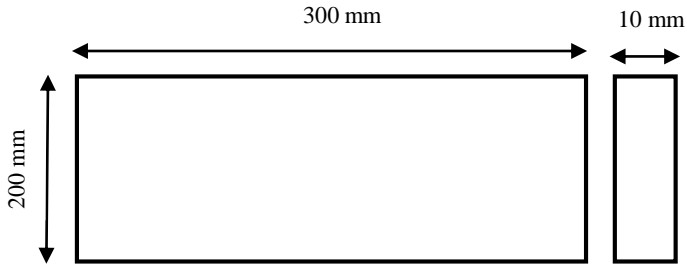
Dalam mengerjakan tugas akhir ini, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan seperti studi literatur mengenai proses pengelasan SMAW, langkah-langkah pengerjaan pengelasan serta pengujian yang tepat untuk hasil pengelasan. Untuk memperjelas, berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan.

3.5.1 Studi Literatur

Tahapan studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.5.2 Persiapan material

Material yang digunakan adalah A 36 dengan dimensi 200 mm x 150 mm dan tebal 10 mm. Material tersebut disambung dengan kampuh V menggunakan sudut single V groove 60° seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3. 2 Dimensi Material.



Gambar 3. 3 Dimensi Sebelum di Bevel



Gambar 3. 4 Elektrode Kobe Steel E7018

3.5.3 Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan SMAW (DC+, DC-) posisi 1G dalam penelitian kali ini terdapat perbedaan variasi panas yaitu:

1. Variasi Arah Pengrollan Vertical

Pengelasan dilakukan dengan menggabungkan 2 spesimen yang sudah dilakukan pemotongan pada posisi vertical lalu digabungkan dengan pengelasan SMAW

2. Variasi Arah Pengerollan Horizontal

Pengelasan dilakukan dengan menggabungkan 2 spesimen yang sudah dilakukan pemotongan pada posisi horizontal lalu digabungkan dengan pengelasan SMAW

Proses pengelasan dilakukan setelah dilukanya pembuatan groove pada masing-masing plat berikut ini proses pengelasan yang dilakukan:



Gambar 3.5 proses pengelasan



Gambar 3.6 Tang Ampere

3.5.4 Persiapan benda uji

Spesimen yang diambil harus dari lokasi sampel, sehingga mereka mewakili bahan yang diuji, namun sampling harus sebagian besar sesuai dengan standart (ASME 9).

Dalam melakukan tes untuk mensimulasikan benda uji itu penting dan perlu diperhatikan ketebalannya, itu sehubungan dengan arah langkah kerja dari pengujian dan permukaannya, sehingga sesuai dengan aplikasinya.

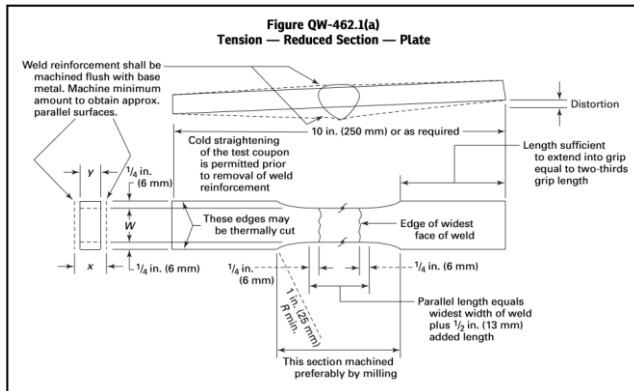
3.5.5 Pengambilan Test Piece

Untuk pengambilan spesimen, dilakukan dengan memperhitungkan jumlah pengujian yang akan digunakan. Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah Uji tarik (Tensile), Kekerasan (Hardness), dan Metalography(Makro dan Mikro Etsa)

1. Pengujian Tarik

Untuk pengujian tarik dilakukan pengambilan spesimen total 6 spesimen yang akan diuji masing-masing variasi berjumlah 3 spesimen yaitu Base Metal. Untuk dimensi

spesimen disesuaikan dengan ASME Section 9 untuk tensile test.



Gambar 3.7 Dimensi Spesimen Tarik

Langkah-langkah pengujian Tarik :

1. Menyiapkan specimen
 - a. Ambil specimen dan jepit pada ragum
 - b. Bersihkan bekas-bekas machining denganikir
 - c. Lakukan langkah diatas untuk seluruh specimen
2. Pengukuran dimensi
 - a. Ambil specimen ukur dimensinya
 - b. Catat dan beri kode untuk masing -masing specimen.
 - c. Lakukan langkah diatas untuk seluruh specimen
3. Pengujian pada specimen.
 - a. Mencatat data mesin pada benda kerja.
 - b. Penempatan bandul pada posisi awal.
 - c. Atur jarum penunjuk pada posisi 0.
 - d. Ambil specimen dan letakkan pada tempatnya.
 - e. Amati datanya dan catat.
 - f. Ulangi langkah diatas unruk seluruh specimen.

Berikut *specimen* bahan pengujian Tarik :



Gambar 3.8 Spesimen Uji Tarik Arah Vertikal



Gambar 3.9 Spesimen Uji Tarik Arah Horizontal

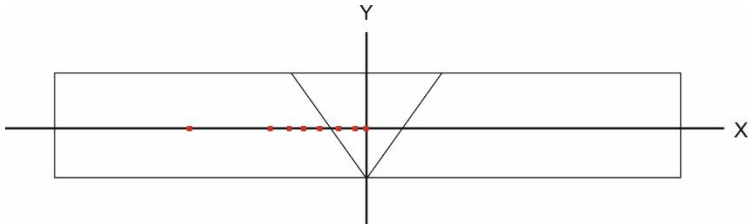
2. Pengujian Kekerasan.

Dalam pengujian kekerasan, jumlah titik yang diambil ialah 10 titik yaitu pada daerah, 1 weld metal, 6 HAZ, dan 3 base metal



Gambar 3.10 Alat Uji Kekerasan Rockwell

Merk : AFFRI Seri 206.RT – 206.RTS
Loading : Maximum 100 KP
Minimum 10 KP
Hrb Load : 100 KP
Indentor : Bola Baja 1/16.



Gambar 3.11 Lokasi Indentasi Uji Kekerasan

3. Pengujian Mikro Etsa

Mikro test bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik material dari proses pengelasan setelah dilakukan pengetesan melalui kaca pembesar lensa mikroskop. Sehingga dari permukaan bahan logam yang sangat halus dan bersih akan terlihat bentuk Kristal molekul-molekulnya.

Prosedur pengujian metalografi adalah sebagai berikut:

- a. Pemotongan spesimen uji
Benda kerja di belah menjadi dua. Dalam penelitian tugas akhir ini, pengujian metalografi dilakukan pada 2 bidang pada satu spesimen.
- b. Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan dilakukan menggunakan mesin gerinding dengan tingkat kekasaran kertas gosok mulai dari 180, 220, 500, 800, 1000, 1500 dengan disertai aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melautkan geram. Setelah menggunakan kertas gosok,

spesimen dipoles dengan menggunakan autosol dan kain jeans.

- c. Spesimen yang sudah mengkilap disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol. Kemudian direndam dalam cairan etsa selama ± 5 menit sampai weld metal, HAZ, dan base metal terlihat. Kemudian specimen dikeringkan dengan hair dryer dengan cepat. Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk pengetsaan benda uji (Test piece):



Gambar 3.12 Kertas Gosok 180, 220, 500, 800, 1000, 1500



Gamabar 3.13 Autosol



Gambar 3.14 Spesimen Uji



Gambar 3.15 Cawan



Gambar 3.16 Proses Pengetsaan



Gambar 3.17 Pengeringan Hair Dryer

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan di workshop Departemen Teknik Mesin Industri, PT. Trias Persada dan Lab Teknik Material Metalurgi. Pada masing-masing material ASTM A36 Tebal 10mm, untuk searah sejajar roll dan tegak lurus arah rolln (Tabel 4.1, Tabel 4.2). Menggunakan pengelasan SMAW dengan elektrode E7018 diameter 3,2 mm

Tabel 4.1 Record Parameter Searah Vertical pengerollan

Nama	Keterangan
Material	ASTM A36
Tebal	10 mm
Panjang	300 mm
AWS Classification	E 7018
Diameter filler	3,2 mm
Posisi Pengelasan	1 G
Polaritas	DCRP
Layer Number	2

Proses Pengelasan	SMAW
Ampere	150 A
Voltage	28 V
Travel Speed	1.23 mm/s
Koefisien Las SMAW	0.8
Heat Input	2528.279 J/mm

Tabel 4.2 Searah Horizontal Pengelasan

Nama	Keterangan
Material	ASTM A36
Tebal	10 mm
Panjang	300 mm
AWS Classification	E 7018
Diameter filler	3,2 mm dan 4 mm
Posisi Pengelasan	1 G
Polaritas	DCRP
Layer Number	2

Proses Pengelasan	SMAW
Ampere	150 A
Voltage	28 V
Travel Speed	1.19 mm/s
Koefisien Las SMAW	0.8
Heat Input	2612.387 mm

4.2 Pengujian Tarik

Data ini didapatkan dari hasil uji tarik, dimana pengujian dilakukan dengan standart ASME.

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil pengujian tarik, maka dapat ditentukan kekuatan tarik (σ) dihasilkan dengan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\text{Max Load}}{\text{Lebar gauge} \times \text{tebal plat}}$$

Dimana : σ = Kekuatan Tarik (kgf/mm²)

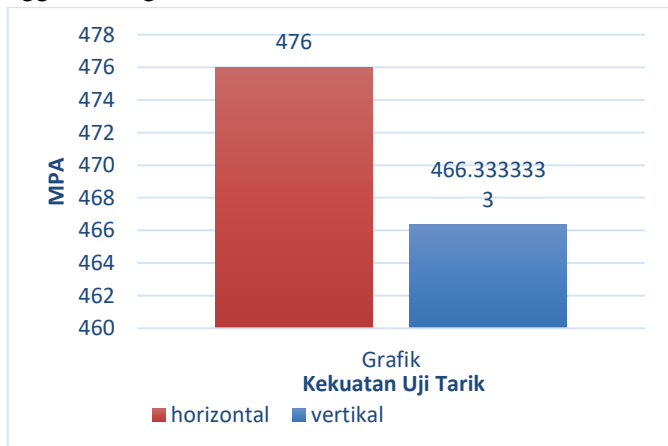
F = Pembebanan (kgf)

A = Luas Penampang (mm^2)

Tabel 4.3 Data Pengujian Tarik

Variasi	NO	Lebar	Tebal	Luas Penampang	Max Load	Yield	Yield	Ultimate	Lokasi Patah
		(mm)	(mm)	(mm^2)	(N)	Point (N)	Strength ($\frac{N}{\text{mm}^2}$)	Tensile Strength ($\frac{N}{\text{mm}^2}$)	
Horizontal	1	19.68	9.75	191.88	92.09	60.67	316	480	BM
	2	19.53	9.71	189.64	89.6	59.56	314	472	BM
	3	19.68	9.79	192.67	91.72	62.56	325	476	BM
Rata rata		19.63	9.75	191.396667	91.1366667	60.93	318.333333	476	
Vertikal	1	18.64	9.98	186.03	84.1	56.76	305	452	BM
	2	19.62	9.76	191.49	89.09	59.7	312	465	BM
	3	19.63	9.55	187.47	90.38	60.9	325	482	BM
Rata rata		19.2966667	9.76333333	188.33	87.8566667	59.12	314	466.333333	

Dalam perhitungan kekuatan tarik diambil nilai rata-rata dari hasil benda uji tarik. Sehingga dapat disimpulkan menggunakan grafik berikut :



Gambar 4. 1 Grafik Ultimate Tensile Strength

Jadi jika dilihat dari grafik di atas bahwa tegangan tarik terbesar berada pada spesimen horizontal dan pada specimen vertikal mengalami penurunan tegangan tarik.

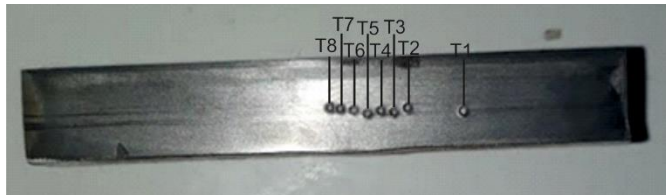
Dari 3 gambar hasil patahan spesiemen uji Tarik , dilihat dari bentuk putusnya dapat dikatakan bahwa material SA36 bersifat ductile.

Dari data yang sudah ada bahwa rata-rata hasil pengujian tarik antara sambungan las pengelasan SMAW menggunakan material A 36 yang searah horizontal masing-masing ialah sebesar 476 N/mm² untuk Material A 36 dengan berlawanan arah vertical dari pengerollan adalah 466,33N/mm² .Bisa kita simpulkan bahwa variasi arah pemotongan plat pada material sebelum pengelasan mempengaruhi nilai dari hasil pengujian Tarik dan dapat dilihat dari semua bentuk patahannya di atas bahwa material A 36 bersifat *ductile*. Untuk semua daerah putusnya pada daerah Base Metal, karena pada proses awal pengelasan terjadi proses Multi layer dimana layer kedua memberikan efek postheat pada layer sebelumnya dan preheat bagi layer sesudahnya. 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 besar daripada Base Metal karena parameter pengelasan yang benar sehingga dari WPS (Welding Prosedure System) sudah terpenuhi dan hasil dari pengelasan tidak mengalami cacat las pada sambungan las.

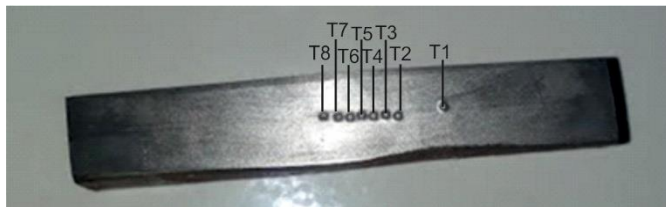
4.3 Hardness Test (Uji Kekerasan)

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

daerah salib sumbu sebagai acuan untuk uji kekerasan. Bentuk pengujian kekerasan pada spesimen menggunakan letak indentasi seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Daerah Indentasi pada Variasi Sejajar Arah Roll



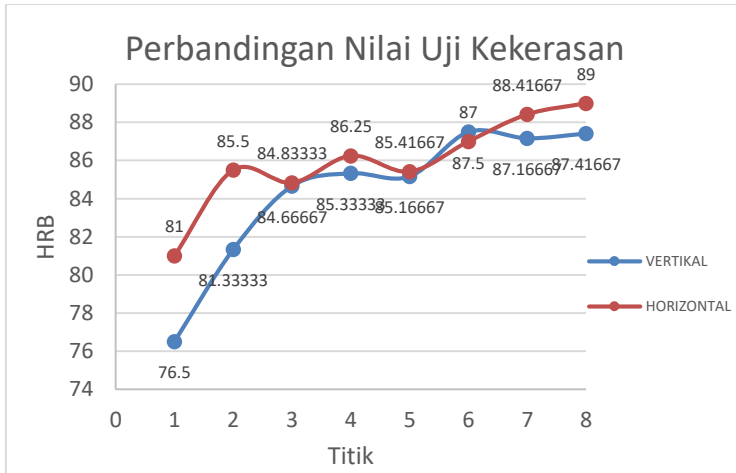
Gambar 4.3 Daerah Indentasi pada Variasi Tegak Lurus Arah Roll

Tabel 4.4 Uji Kekerasan

Variasi		Base Metal	HAZ					Weld Metal		
HORIZON TAL	Bidang	T1/X1	T2/X2	T2/X3	T2/X4	T2/X5	T2/X6	T2/X7	T2/X8	
	1	86	86.5	85	87.5	88	90.5	91	93	
	2	82.5	89.25	87.5	87	86.25	84.5	89	87.25	
	3	74.5	80.75	82	84.25	82	86	85.25	86.75	
Rata-rata		81	85.5	84.83333	86.25	85.41667	87	88.41667	89	

Tabel 4.5 Uji Kekerasan

Variasi		Base Metal	HAZ					Weld Metal		
VERTIKAL	Bidang	T1/X1	T2/X2	T2/X3	T2/X4	T2/X5	T2/X6	T2/X7	T2/X8	
	1	71.5	82.5	87	85.5	85	87.5	88	88.5	
	2	72	76	79.5	80.5	79	86	85.5	84	
	3	86	85.5	87.5	90	91.5	89	88	89.75	
Rata-rata		76.5	81.33333	84.66667	85.33333	85.16667	87.5	87.16667	87.41667	



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai Uji Kekerasan

4.4 Pengujian Mikro

Untuk pengujian mikro maka didapatkan hasil acuan letak uji sebagai berikut



Gambar 4.4 Struktur Mikro Weld Metal pada Variasi Horizontal



Gambar 4. 5 Struktur Mikro HAZ pada Variasi Horizontal



Gambar 4. 6 Struktur Mikro Base Metal pada Variasi Horizontal



Gambar 4. 7 Struktur Mikro Weld Metal pada Variasi Vertical

Gambar 4. 8 Struktur Mikro HAZ pada Variasi Vertical

Gambar 4. 9 Struktur Mikro Base Metal pada Variasi Vertical

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana perbedaan pengaruh variasi pemotongan sejajar dan tegak lurus arah roll plat A36 pada sambungan las SMAW dengan elektroda E7018 terhadap, kekuatan Tarik, kekuatan kekerasan dan mikro etsa adalah :

1. Kekuatan Tarik Antara variasi searah sejajar lebih kuat dibandingkan tegak lurus arah pengerollan. pengelasan multilayer semua spesimen patah pada lokasi base metal. Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah logam las dan HAZ dengan metode pengelasan multilayer terjadi perbaikan kualitas sruktur mikro sehingga kekuatannya melampaui kekuatan base metal dan sesuia dengan struktur butinnya yang searah sejajar lebih kuat dibandingkan yg tegak lurus arah pengerollan.
2. Kekerasan Antara sejajar pengerollan dengan tegak lurus pengerollan pengaruhnya tidak signifikan dan nilai kekuatannya lebih tinggi searah sejajar dibandingkan tegak lurus arah pengerollan.
3. Hasil pada hasil mikro yang dapat dilihat adalah struktur mikro dari ferrit dan pearlit.

5.2 Saran

Sebaiknya untuk pengujian kedepannya disarankan untuk mengganti variasi sudut atau variasi lainnya dan juga bisa untuk mengganti base metalnya

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Kou, Sindo. 2003. *Welding Metallurgy Second Edition*.
America: John Wiley

Surdia, Tata. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta:
Pradnya Paramita

Okumura T, Wiryosumarto H. 1994. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita

Dieter, George.E. 1986. *Metalurgi Mekanik Jilid 2*.
Diterjemahkan. Jakarta : Penerbit Erlangga

[01] ASTM. 1994. *Standard Test Method for Notched Bar Impact of Metallic Materials*. USA

[02] Samuel, Sisworo dan Muhammad Zaki Prawira. 2015.
Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekeuatan Impact Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas.
Semarang: Universitas Diponegoro

[03] Setyanto, Ignatius Yosef. 2016. *Laporan Praktikum TKI 238 Praktikum Pengetahuan Material*. Jakarta: Atma Jaya

[04] Sakroni, Imam. 2017. *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Reforming Terhadap Kekuatan Impak dan Kekerasan pada Baja SS400*. Surabaya: ITS

[05] Widiyono, Eddy. 2009. *Pengetahuan Bahan Teknik*.
Surabaya: ITS

BIODATA PENULIS

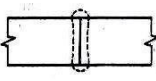
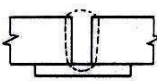
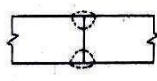
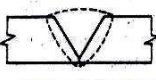
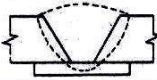
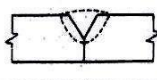
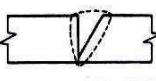
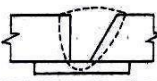
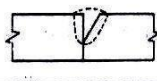
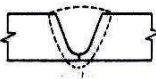
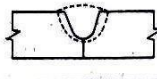
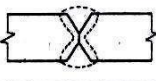
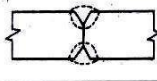
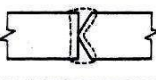
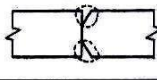
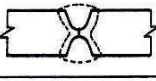
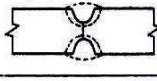
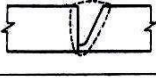
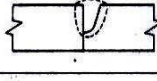
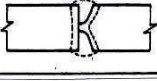
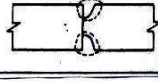


Penulis dilahirkan di Jombang, 09 Agustus 1998 dari pasangan Bapak Purnomo dan Ibu Munaikah anak pertama dari 2 bersaudara, penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Gedangan 1, SMPN 1 Sumobito, SMAN KESAMBEN JOMBANG, pada tahun 2016 penulis berhasil diterima kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tepatnya di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 1021160000015. Penulis mengambil Tugas Akhir Motor Pembakaran Dalam, penulis pernah kerja praktek di PT PDSI, penulis juga mengikuti berbagai pelatihan diantaranya LKMM Pra-TD FTI-ITS, PKTI TD FTI-ITS, LKMM TD DTMI FV-ITS. Organisasi yang pernah diikuti oleh penulis adalah magang *staff Sponsorship and Media* Nogogeni ITS Team 17/18, koordinator divisi *Electrical and Propulsion System* Nogogeni ITS Team 18/19. Perlombaan yang pernah diikuti oleh penulis antara lain KMHE (Kontes Mobil Hemat Energi) 2018 di Universitas Negeri Padang dan berhasil mendapat juara 3 dalam kategori *Urban Electric*, SEM Asia (Shell Eco Marathon) Asia yang diselenggarakan di Sirkuit Internasional Sepang Malaysia dan berhasil mendapat juara 2 dalam kategori *Urban Electric*.

Email : rizzabagus98@gmail.com

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