



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**PENGARUH LAJU PENDINGINAN MEDIA AIR GARAM  
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN MAKRO ETSA  
PADA LAS SMAW *LOW CARBON STEEL* ASTM36  
MENGUNAKAN ELEKTRODA E7016**

**IQBAL FEBRIAN VAELNTINO**  
**NRP. 102115 00000 119**

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. GATHOT DWI WINARTO, MT**  
**NIP. 19581004 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2019**





**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**PENGARUH LAJU PENDINGINAN MEDIA AIR GARAM  
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN MAKRO ETSA  
PADA LAS SMAW *LOW CARBON STEEL* ASTM36  
MENGUNAKAN ELEKTRODA E6017**

**IQBAL FEBRIAN VALENTINO  
NRP. 102115 00000 119**

**Dosen Pembimbing  
Ir. GATHOT DWI WINARTO, MT  
NIP. 19580915 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019**



## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PENGARUH LAJU PENDINGINAN AIR GARAM TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN MAKRO ETSA PADA LAS SMAW LOW CARBON STEEL ASTM36 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E7016**

#### **TUGAS AKHIR**

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

Oleh :  
**IQBAL FEBRIAN VALENTINO**  
**NRP. 1021150000119**

Mengetahui dan Menyetujui

**Dosen Pembimbing 1**

Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
NIP. 19580915 198701 1 001

**SURABAYA,  
JULI 2019**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Iqbal Febrian Valentino  
NRP : 10211500000119  
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, Fak. Vokasi – ITS

Surabaya 11 Juli 2019  
Yang membuat pernyataan,

Iqbal Febrian Valentino  
NRP. 10211600000110

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, penulis panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, serta tak lupa sholawat dan salam saya ucapkan kepada Rasullullah Muhammad SAW. Berkat rahmat dan karunia Allah SWT sehingga, penulis dapat menyelesaikan seluruh pengerjaan tugas akhir dengan judul: **“ANALISA PENGARUH LAJU PENDINGINAN AIR GARAM PADA LOW CARBON STEEL ASTM 36 MENGGUNAKAN LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7016 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN MAKRO ETSA ”**.

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan kerja sama yang baik dari semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat di dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga besar penulis, terutama kedua orang tua tercinta atas kasih sayang, doa, dan dukungannya, baik moral maupun finansial yang tak ada hentinya.
2. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, M.T. Selaku Dosen pembimbing yang sabar membimbing penulis sejak menjadi mahasiswa baru sampai berakhirnya masa studi penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
4. Bapak Ir. Suhariyanto MT. Selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
5. Bapak/Ibu dosen dan Karyawan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan Tugas Akhir ini., yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama duduk dibangku kuliah.

6. Ahmad Zuhron P, Hafizh Izzudin, Isa Auliya, selaku partner tugas akhir, yang membantu menyelesaikan tugas akhir ini
7. Fithrah Maulana, selaku partner kerja praktek
8. Afim , alifn, Aji, rizza, deddi, annedy ega, adiska, apil dan teman-teman 120 yang mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman D3MITS khususnya angkatan 2015 dan 2016 terimakasih atas bantuan yang sudah diberikan.
10. Teman-teman NATEMI *Coffe and Bar*
11. Serta semua pihak yang belum tertulis yang telah berperan dalam pengerjaan laporan ini.

Semoga semua doa, semangat dan bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Saya sebagai makhluk Allah SWT, manusia biasa. Saya menyadari bahwasannya penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan serta kekurangan. Oleh karena itu , saya mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk penulis dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2019

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metodologi Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Definisi Pengelasan.....	7
2.2 Shielded Metal Arc Welding .....	8
2.2.1 Shielded Metal Arc Welding AC.....	8
2.2.2 Shielded Metal Arc Welding DC .....	9
2.3 Parameter Pengelasan .....	9
2.3.1 Jenis dan Diameter Elektroda.....	10
2.3.2 Tegangan Busur Las .....	10
2.3.3 Besar Arus Listrik .....	10
2.3.4 Kecepatan Pengelasan.....	10
2.3.5 Polaritas Listrik .....	10
2.4 Posisi Pengelasan .....	11

2.5 Heat Input .....	12
2.6 Kodefikasi Elektroda .....	13
2.7 Material SA36 .....	15
2.8 Daerah Las .....	19
2.8.1 Base Metal .....	19
2.8.2 Weld Metal .....	19
2.8.3 Heat Affected Zone .....	19
2.9 Diagram Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	20
2.10 Uji Metalografi .....	23
2.11 Tensile Test (Uji Tarik) .....	24

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	27
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian .....	28
3.3 Tempat Penelitian .....	28
3.4 Langkah Kerja .....	28
3.4.1 Studi Literatur .....	28
3.4.2 Persiapan Material .....	28
3.4.3 Mesin Pengelas SMAW .....	29
3.4.4 Pengelasan .....	32
3.5 Pembuatan Benda Kerja Pengelasan .....	33
3.6 Pembuatan Benda Kerja untuk Pengujian .....	34
3.6.1 Benda Uji Tarik .....	34
3.7 Pengujian Benda Kerja .....	35
3.7.1 Pengujian Tarik .....	35
3.7.2 Pengujian Makro Etsa .....	36
3.7.3 Pengujian Mikro Etsa .....	37

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Parameter Pengelasan .....	43
4.2 Data Hasil Penelitian .....	44
4.2.1 Pengujian Tarik .....	44
4.2.2 Makro Etsa .....	47

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 53

5.2 Saran..... 53

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Posisi pengelasan pada kodefikasi “A” .....14
Tabel 2.2	Jenis selaput dan jenis arus pada kodefikasi “B” .....15
Tabel 2.3	Nilai komposisi kimia pada SA 36 dalam persen.....15
Tabel 2.4	Klasifikasi baja karbon .....16
Tabel 2.5	Karakteristik dari lima elemen pada baja .....16
Tabel 3.1	Logam induk dan pengisi .....29
Tabel 3.2	Parameter Pengelasan .....32
Tabel 3.3`	Variasi volume air .....33
Tabel 4.1	Parameter Pengelasan .....43
Tabel 4.2	Masukan Panas .....44
Tabel 4.3	Data Pengujian Tarik .....44
Tabel 4.4	Lebar HAZ hasil pengujian makro pada benda dengan pendinginan Air 18 Liter tanpa Garam .....48
Tabel 4.5	Lebar weld metal pendinginan Air 18 Liter tanpa Garam.....48
Tabel 4.6	Lebar HAZ hasil pengujian makro pada benda laju pendinginan air 18 Liter dengan garam 10% .....49
Tabel 4.7	Lebar weld metal laju pendinginan 18 Liter dengan garam 10% .....49
Tabel 4.8	Lebar HAZ hasil pengujian makro pada benda laju pendinginan air 18 Liter dengan garam 15% .....50
Tabel 4.9	Lebar weld metal laju pendinginan air 18 Liter dengan garam 15% .....50
Tabel 4.10	Lebar HAZ hasil pengujian makro pada benda laju pendinginan air 18 Liter dengan garam 20% .....51
Tabel 4.11	Lebar weld metal .....51

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALISA PENGARUH LAJU PENDINGINAN AIR GARAM  
PADA LOW CARBON STEEL ASTM 36 MENGGUNAKAN LAS  
SMAW DENGAN ELEKTRODA E7016 TERHADAP KEKUATAN  
TARIK DAN MAKRO ETSA**

**Nama Mahasiswa** : IQBAL FEBRIAN VALENTINO  
**NRP** : 1021150000119  
**Jurusan** : Departemen Teknik Mesin Industri  
**Dosen Pembimbing** : Ir. GATHOT DWI WINARTO, M.T.

**Abstrak**

*Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) 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. Hal yang perlu dikaji adalah pengaruh media air garam sebagai media pendinginan pada proses pengelasan, pemilihan media air garam ini dipilih karena adanya kecenderungan terhadap pemilihan air sebagai media pendinginan pada umumnya.*

*Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pengelasan SMAW pada baja ASTM 36 dengan elektroda E7016 menggunakan laju pendinginan air dan garam, dapat diketahui bahwa kekuatan tarik pendinginan tanpa garam lebih besar daripada pendinginan menggunakan campuran air garam, dengan nilai 485,663 mpa*

**Kata kunci** : Pendinginan air garam, SMAW, Tegangan tarik dan SA36.

**THE ANALYSYT OF SALT WATER COOLING RATE AT LOW CARBON STEEL ASTM 36  
USING SMAW WELDING WITH E 7016 ELECTRODE TOWARD TENSILE STRENGHT  
AND MACRO ETCHING**

**Name** : IQBAL FEBRIAN VALENTINO  
**NRP** : 10211500000119  
**Department** : Industrial Mechanical Engineer ITS  
**Advisor** : Ir. GATHOT DWI WINARTO, M.T.

*Abstract*

*The development of science and technology (IPTEK) precisely in today's welding technology has been widely used widely in connecting rods in steel building construction and machine construction. So that knowledge of welding technology is needed to achieve the match between the desired results and the possible welding process in order to obtain optimal results.*

*In this final project the welding used was SMAW welding. The thing that needs to be studied is the influence of salt water media as a cooling medium in the welding process, the selection of salt water media was chosen because of the tendency towards the selection of water as a cooling medium much higher than the mixture of water and salt .*

*the results from test conducted with SMAW welding on ASTM 36 steel with E7016 electrodes using the cooling rate of water and salt mixture, it can be seen that the tensile strength without salt is greater than cooling using a mixture of salt water, with a value of 485,663 mpa.*

**Keywords : Science and Technology, Welding, SMAW, Salt Water, Cooling Rate, Tensile Strenght , SA36.**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) di era saat ini sangatlah maju. Perkembangan teknologi yang pesat ini harus diimbangi oleh sumber daya manusia yang ada. Teknologi pengelasan merupakan suatu jenis teknologi yang tak luput dipergunakan dalam proses manufaktur. Teknologi pengelasan memberikan pengaruh yang sangat besar dalam kemajuang ilmu pengetahuan. Seiring dengan perkembangan suatu teknologi, berbagai metode pengelasan juga berkembang dan ikut andil dalam menghasilkan produk yang berkualitas. Sehingga pengetahuan mengenai tekonologi pengelasan sangat diperlukan untuk mencapai kesesuaian antara hasil yang diinginkan dengan proses pengelasan yang akan dilakukan sehingga diperoleh hasil yang optimal dan berkualitas tinggi.

Pada area industrialisasi saat ini teknik pengelasan telah banyak dipergunakan secara luas pada penyambungan batang maupun plat pada konstruksi bangunan baja maupun konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik penyambungan las menjadi lebih mudah dan lebih sederhana dalam proses pengerjaanya. Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan pada sektor industri karena memegang peran utama dalam rekayasa dan reparasi produk logam. Prosedur pengelasan sendiri menurut kelihatannya sangat lah sederhana, tetapi sebenarnya didalamnya, banyak masalah yang perlu diperhatikan dan diatasi. Karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus berperan serta seiring berjalanya suatu praktek.

Dalam memilih proses pengelasan kita harus menitik beratkan pada proses yang paling sesuai dengan tiap-tiap sambungan yang diinginkan. Dalam hal ini dasarnya adalah efisiensi, biaya yang murah, penghematan tenaga, dan penghematan energi sejauh mungkin. Kualitas dari hasil pengelasan disamping tergantung dari pengerjaan las dan persiapan bahan serta metode sebelum melakukan las itu sendiri, juga sangat tergantung pada perlakuan setelah melakukan proses pengelasan tersebut, salah satunya adalah proses perlakuan panas ataupun proses pendinginannya, karena, proses ini berpengaruh besar terhadap sifat mekanik yang akan diperoleh pada benda kerja setelah proses pengelelasan dilakukan .

Pada penelitian ini pengelasan yang digunakan adalah las Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Hal yang perlu dikaji adalah pengaruh air garam pada proses laju pendinginan suatu pengerjaan las dibandingkan media air biasa pada umumnya. Maka dari itu untuk mengusahakan hasil pengelasan yang baik dan berkualitas maka perlu memperhatikan sifat-sifat bahan yang akan dilas. Untuk itu penelitian tentang pengelasan sangat mendukung dalam rangka memperoleh hasil pengelasan yang baik.

Untuk dapat mengetahui pengaruh hasil pengelasan las SMAW pada plat baja terhadap uji Tarik dan makro etsa, 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; Bagaimanakah perubahan sifat mekanik yang terjadi pada plat baja SA 36 yang dilakui laju pendinginan dengan variasi air dan air garam?

### **1.3 Batasan Masalah**

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini lebih mengarah ke tujuan penelitian dengan membatasi pokok permasalahan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah plat baja SA 36 dengan tebal 10 mm.
2. Pengelasan yang dilakukan adalah las SMAW dengan elektroda tipe E7016 berdiameter 2.8 mm.
3. Arus yang digunakan 110A
4. Voltase yang digunakan 20-30V
5. Jumlah layer yang digunakan adalah 4 layer
6. Polaritas yang digunakan DCRP
7. Sudut pengelasan  $70^\circ$
8. Posisi pengelasan 1G
9. Model groove menggunakan sudut sesuai standart ASME  $60^\circ$ .
10. Pengujian sifat mekanik :
  - a. Uji tarik
  - b. Uji makro etsa

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik serta mengamati nilai kekuatan tarik dan struktur makro pada proses penyambungan plat SA 36 menggunakan las SMAW dengan variasi laju pendinginan air dan air garam

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui sifat mekanik dari pengelasan menggunakan las SMAW dengan variasi pendinginan menggunakan air

dan air garam yang didapatkan dari pengujian tarik, kekerasan, dan makro etsa yang terjadi pada plat baja SA 36.

2. Dari data-data yang ada dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya.

## **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 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 dan struktur mikro yang terjadi pada bagian logam hasil las, *HAZ*, dan *Base Metal* 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**

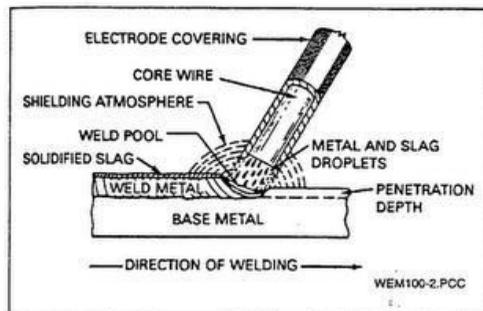
#### **2.1 Definisi Pengelasan**

Pengelasan (Welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang terus menerus (Wiryosumarto & Okumura, 2000). Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran dan sebagainya. Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada besi tuang. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya.

Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan disekitarnya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu didalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan.

## 2.2 Shielded Metal Arc Welding

SMAW adalah 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. 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). Filler 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** Proses Pengelasan SMAW

### **2.2.1 Shielded Metal Arc Welding AC**

Untuk 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.

### **2.2.2 Shielded Metal Arc Welding DC**

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:

#### 1. DCSP (Straight Polarity)

Prinsip dasarnya material dasar 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.

#### 2. DCRP (Reversed Polarity)

Material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif (+) dari mesin las DC, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat 2/3 panas

berada di elektroda dan  $\frac{1}{3}$  panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektrode lebih banyak sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal.

### **2.3 Parameter Pengelasan**

Hal penting terkait prosedur pengelasan adalah mengatur parameter pengelasan. Apabila jenis material yang akan disambung sudah diketahui maka sebelum pengelasan dilakukan harus diperhatikan beberapa parameter pengelasan.

#### **2.3.1 Jenis dan Diameter Elektroda**

Pemilihan jenis elektroda disesuaikan dengan bahan yang akan dilakukan pengelasan, posisi pengelasan, dan polaritas listriknya. Diameter elektroda sangat mempengaruhi besar kecilnya arus listrik yang akan digunakan.

#### **2.3.2 Tegangan Busur Las**

Tingginya tegangan busur tergantung pada jenis elektroda yang digunakan dan panjang busur yang diinginkan. Tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur.

#### **2.3.3 Besar Arus Listrik**

Besarnya arus listrik yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari sambungan las, geometri sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda. Besarnya arus listrik yang akan digunakan dapat pada spesifikasi elektroda yang sudah direkomendasikan oleh fabrikasi pembuat elektroda.

### 2.3.4 Kecepatan Pengelasan

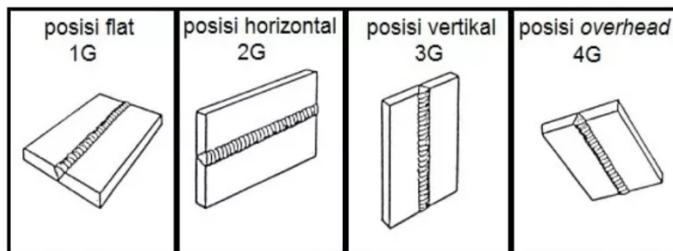
Kecepatan pengelasan adalah laju dari elektroda pada waktu proses pengelasan. Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan dan ketelitian sambungan.

### 2.3.5 Polaritas Listrik

Pemilihan polaritas tergantung pada jenis bahan pembungkus elektroda, kapasitas panas sambungan. Bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas panas besar sebaiknya digunakan polaritas lurus, sedangkan bila kapasitas panas kecil seperti pada plat tipis maka dianjurkan menggunakan polaritas terbalik.

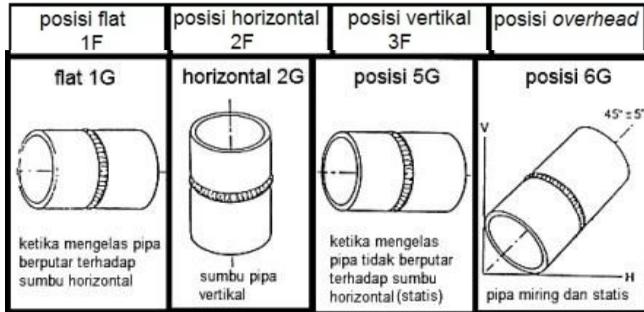
## 2.4 Posisi Pengelasan

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, terdapat berbagai macam posisi pengelasan yaitu pengelasan pelat, fillet, dan pipa. Adapun macam-macam posisinya dapat disebutkan sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Posisi pengelasan pada pelat

**Gambar 2.3** Posisi pengelasan pada fillet



**Gambar 2.4** Posisi pengelasan pada pipa

## 2.5 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. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut heat input. Persamaan dari heat input hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

Masukan panas : 
$$HI = \frac{V \times I \times 60}{s \times 1000}$$
 .....

(2.1)

Dimana	:	HI	=	Masukan panas atau energi (kj/mm)
		I	=	Arus (Ampere)
		V	=	Voltase (Volt)
		S	=	Kecepatan pengelasan (mm/s)

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

## 2.6 Kodefikasi Elektroda

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

### 1. Elektroda Berselaput (Terbungkus)

Elektoda jenis ini biasanya banyak digunakan pada aplikasi las busur nyala. Dimana pembungkus kawat terbuat dari beberapa bahan seperti soda silikat, besi mangan, aluminium 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<sub>2</sub>.

## 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.

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 (x 1000 psi)

A: (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan

B: (angka keempat) menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan

**Tabel 2.1** 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 2.2** Jenis Selaput dan Jenis Arus pada Kodefikasi ‘B’

Digit akhir	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Suplay daya	(a)	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC
Tipe terak	(b)	Organik	Rutile *	Rutile*	Rutile*	Hidrogen rendah	Hidrogen rendah	Mineral	Hidrogen rendah
Tipe busur	Digging (penembusan)	Digging (penembusan)	Sedang	Lunak	Lunak	Sedang	Sedang	Lunak	Sedang
Penetrasi	(c)	(Deep) Dalam	Sedang	Ringan	Ringan	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Tepung besi pelapisan	0-10%	-	0-10%	0-10%	30-50%	-	-	50%	30-50%

(Rohyana,2004)

## 2.7 Material SA36

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material plat SA 36. Material SA 36 sendiri merupakan baja karbon rendah yang memiliki kandungan karbon 0.12% sesuai dengan mill certificate bahan dan memiliki kekuatan luluh minimal 36 ksi atau setara dengan 249 MPa. Untuk komposisi kimia dan sifat mekaniknya dapat dilihat pada data dibawah ini:

**Tabel 2.3** Nilai Komposisi Kimia pada SA 36 dalam persen

C	Si	Mn	P	S	Nb	Cu	Cr	Ni
$x 10^{-2}$			$x 10^{-3}$			$x 10^{-3}$		

1	23	74	13	8	1	2	0	2
2								

Menurut kandungan karbon, baja karbon diklasifikasikan menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Baja karbon juga dapat diklasifikasikan menjadi baja keras yang dapat dikeraskan dan baja lunak yang tidak dapat dikeraskan.

**Tabel 2.4** 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 0,59%	Baja untuk struktur mesin, poros, roda gigi, baut, mur
Baja karbon tinggi atau baja keras	0,6% sampai 2,0%	Baja untuk rel kereta api, baja perkakas, baja pegas, baja alat ukur

**Tabel 2.5** Karakteristik dari Lima Elemen pada Baja

Nama Elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat Mampu Las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik,	Umumnya kandungan karbon 0,2% atau lebih rendah menjamin sifat

		kekerasan tetapi mengurangi kemuluran.	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%.
Belangan	S	Untuk baja, belangan adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak panas.	Karena penambahan belangan mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%. Kandungan belangan yang lebih tinggi juga menyebabkan pembentukan ikatan belangan yang menyebabkan baja retak.

## 2.8 Daerah Las

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas (Heat Affected Zone). Pengelasan logam akan menghasilkan konfigurasi logam lasan dengan tiga daerah pengelasan yaitu :

### 2.8.1 Base Metal

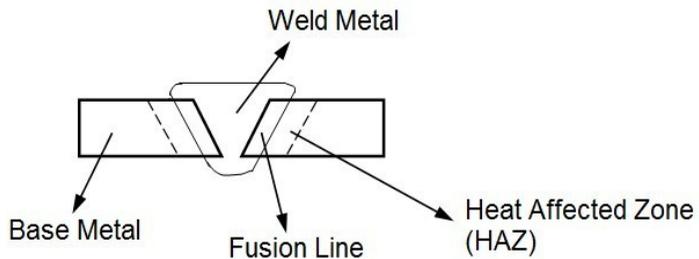
Base metal merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur yang disebabkan panas dan suhu dari proses pengelasan

### 2.8.2 Weld Metal

Merupakan daerah yang terkena las dan tempat terjadinya proses pencairan base metal yang kemudian bercampur dengan logam las. Komposisi weld metal terdiri dari base metal dan bahan tambah dari elektroda.

### 2.8.3 Heat Affected Zone

Daerah terpengaruh panas atau disebut heat affected zone (HAZ) merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro karena pengaruh panas saat pengelasan dan pendinginan setelah pengelasan. HAZ merupakan daerah yang paling kritis dari sambungan las, karena selain terjadi perubahan mikrostruktur juga terjadi perubahan sifat. Secara umum daerah HAZ dipengaruhi oleh lamanya pendinginan dan komposisi logam las



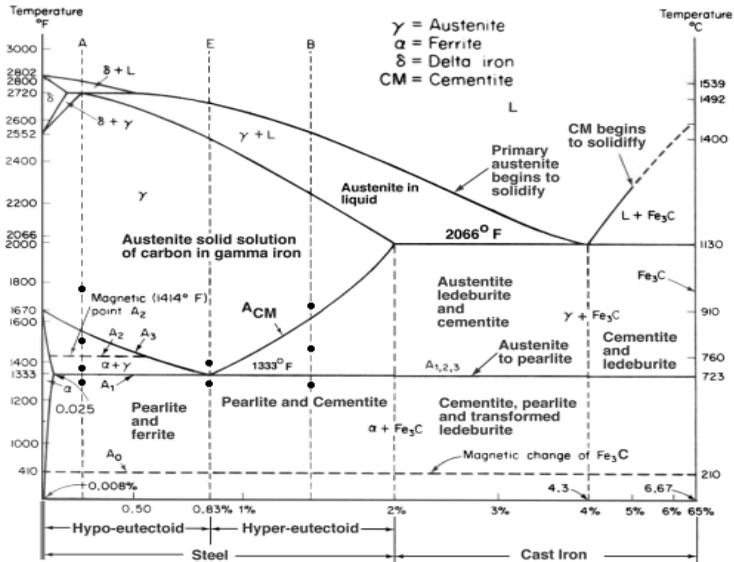
**Gambar 2.5** Daerah hasil pengelasan

Daerah HAZ merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah ini. Secara umum struktur dan sifat daerah panas efektif dipengaruhi dari lamanya pendinginan dan komposisi dari logam induk itu sendiri.

## 2.9 Diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C

Dalam kondisi cair karbon dapat larut dalam besi, tetapi dalam keadaan padat kelarutan karbon dalam besi akan terbatas. Selain sebagai larutan padat, besi dan karbon juga dapat membentuk senyawa interstisial, eutektik (campuran austenite ( $\gamma$ ) dan cementite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )), dan juga eutektoid (campuran ferrite ( $\alpha$ ) dan cementite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )), atau mungkin juga karbon akan terpisah sebagai grafit. Diagram keseimbangan sistem paduan besi-karbon cukup kompleks, tetapi hanya sebagian yang digunakan yaitu bagian antara besi murni sampai senyawa interstisialnya. Diagram fase yang banyak digunakan adalah diagram fase Fe-  $\text{Fe}_3\text{C}$  (besi-karbida besi)

**Gambar 2.6** Diagram Fe- $\text{Fe}_3\text{C}$



Secara garis besar sistem paduan besi-karbon dapat dibedakan menjadi dua yaitu baja dan besi tuang (cast iron). Dari diagram tampak bahwa baja tidak mengandung struktur eutektik, itu

yang membuat sifatnya berbeda sekali dengan besi tuang. Nama/istilah yang terdapat pada diagram Fe- Fe<sub>3</sub>C dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Cementite adalah karbida besi (Fe<sub>3</sub>C), merupakan senyawa interstisial, dengan kadar karbon 6,67%. Struktur paling keras pada diagram Fe- Fe<sub>3</sub>C dan getas. Kekuatan tarik rendah. Kekuatan tekan tinggi. Struktur kristal orthorhombic
- Austenite adalah larutan padat karbon dalam besi  $\gamma$ . Ketangguhan tinggi. Kekuatan tarik  $\pm 1050 \text{ kg/cm}^2$ . Biasanya tidak stabil pada temperatur kamar. Struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*)
- Ledeburite adalah campuran eutektik yang terdiri dari austenite dan cementite. Mengandung 4,3% berat karbon. Terbentuk pada temperatur 1130°C
- Ferrite adalah larutan padat karbon dalam besi  $\alpha$ . Pada temperatur 723°C, batas kelarutan karbon 0,025%. Pada temperatur 1492°C, batas kelarutan karbon 0,1%. Kekuatan tarik rendah. Keuletan tinggi. struktur paling lunak pada diagram Fe- Fe<sub>3</sub>C, nilai kekerasan kurang dari 90 HRB
- Pearlite adalah campuran eutektoid yang terdiri dari ferrit dan cementite. Terjadi pada temperatur 723°C. Mengandung 0,8% karbon
- Lower Critical Temperature (temperatur kritis bawah) A<sub>1</sub>, temperatur reaksi eutektoid. Pada diagram Fe- Fe<sub>3</sub>C tampak berupa garis mendatar di temperatur 723°C
- Upper Critical Temperatur (temperatur kritis atas) A<sub>3</sub>, temperatur terjadinya perubahan allotropic dari  $\alpha$  ke  $\gamma$
- Garis Solvus A<sub>CM</sub> merupakan batas kelarutan karbon dalam austenite.

- Garis Liquidus adalah garis yang menunjukkan temperatur terendah saat logam dalam keadaan cair atau temperatur dimana awal dari proses pendinginan.
- Garis Solidus adalah garis yang menunjukkan temperatur tertinggi suatu logam dalam keadaan padat atau temperatur terendah dimana masih terdapat fasa cair
- Garis Solvus adalah garis yang menunjukkan temperatur tertinggi suatu logam dalam keadaan fasa padat yang kedua atau temperatur terendah dimana masih terdapat fasa padat yang pertama
- Garis A0 = garis temperatur dimana terjadi transformasi magnetik pada cementite
- Garis A1 = garis temperatur dimana terjadi perubahan austenite menjadi ferrit pada pendinginan
- Garis A2 = garis temperatur dimana terjadi transformasi magnetik pada ferrit
- Garis A3 = garis temperatur dimana terjadi perubahan ferrit menjadi austenite pada pemanasan

## 2.10 Uji Metalografi

Pengujian metalografi adalah penganalisaan struktur logam suatu material dengan cara memperbesar dengan menggunakan mikroskop, sehingga kita bisa mengetahui jenis dan sifat material tersebut. Hasil pengamatan tersebut dinamakan mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan kepada benda uji yang telah diproses sebelumnya sehingga bisa diamati mikrostrukturnya.

Pengujian metalografi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu pengujian makro dan pengujian mikro.

### A. Pengujian Makro

Yang dimaksud dengan pemeriksaan makro adalah pemeriksaan bahan dengan mata kita langsung atau

memakai kaca pembesar yaitu yang dengan pembesaran rendah. Kegunaannya untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya. Angka pembesaran pemeriksaan makro antara 0,5 kali sampai 50 kali.

Pemeriksaan secara makro biasanya untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar dan kasar, seperti misal logam hasil coran atau tuangan, serta bahan-bahan yang termasuk non metal

#### B. Pengujian Mikro

Pengujian mikro bertujuan untuk melihat butiran struktur kristal dari benda uji menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50 – 3000 kali sehingga dapat diketahui fasa – fasa yang ada pada benda uji dan ukuran butiran rata – rata benda uji melalui suatu metode perhitungan

### **2.11 Tensile Test(Uji Tarik)**

Uji tarik merupakan kemampuan maksimum material dalam menahan beban. Pembuatan spesimen uji pada pengujian ini harus sesuai dengan standar. Titik luluh (*yield point*) yakni dimana logam mengalami pertambahan panjang tanpa pertambahan beban. Dapat diartikan bahwa titik luluh merupakan keadaan dimana spesimen terdeformasi dengan beban minimum.

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari material. Alat eksperimen untuk uji tarik harus mempunyai cengkraman yang kuat dan kekakuan yang tinggi. Bahan yang akan diuji tarik mula-mula dibuat menjadi material uji (batang) dengan bentuk yang sesuai standar. Pada bagian tengah darispesimen uji merupakan bagian yang menerima tegangan dan pada bagian ini

diukurkan “panjang uji” (*gauge length*), yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh dari pembebanan, serta bagian ini yang selalu diukur panjangnya selama proses pengujian berlangsung.

Dari pengujian tarik ini, hasil yang dapat diketahui adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik
2. Kuat luluh dari material
3. Keuletan dari material

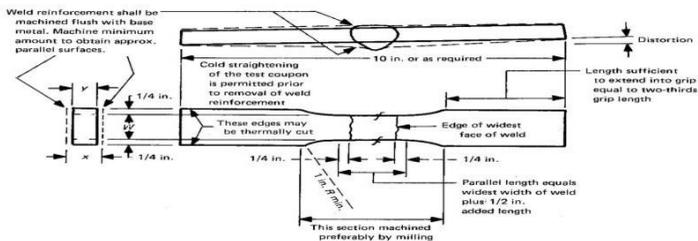
Tegangan, dalam persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

keterangan:

F = Bebab (KG)

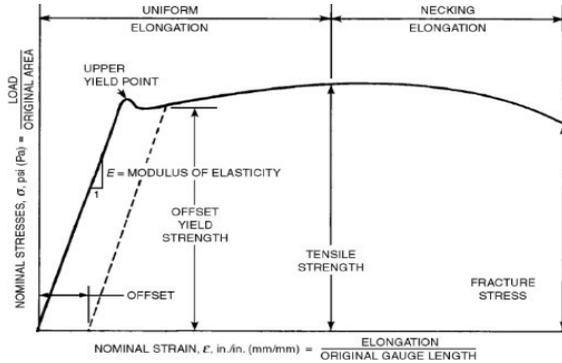
A<sub>0</sub> = Luas Penampang(mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.11** Standar Dimensi Benda Uji Tarik

Hasil dari pengujian tarik digambarkan pada sebuah diagram tegangan regangan seperti pada Gambar 2.11. Diagram ini menunjukkan deformasi yang terjadi pada material yaitu deformasi plastis dan elastis. Dikatakan deformasi elastis, jika material diberi beban (ditarik) lalu beban dihilangkan dan

material akan kembali ke bentuk semula. Sedangkan dikatakan deformasi plastis, jika setelah beban dihilangkan dan material tidak kembali ke bentuk semula



**Gambar 2.12.** Diagram Tegangan-Regangan (AWS *Welding Handbook volume 1- 9th Edition, 2001*)

Pada perencanaan konstruksi, nilai tegangan luluh ini sangat penting, karena nilai ini menjadi acuan untuk desain sebuah konstruksi, sehingga beban yang diterima konstruksi tersebut berada di bawah kisaran nilai tegangan luluh dari material. Apabila material tersebut menerima beban yang melebihi tegangan luluh, maka akan terjadi deformasi plastis hingga pada akhirnya material tersebut mengalami kepecahan. Sifat mekanik setelah proses pengujian tarik dapat diketahui dengan cara melakukan perhitungan sesuai rumus berikut :

$$\sigma_{Ultimate} = \frac{P_{ultimate}}{A} N/m^2 \quad (2.3)$$

$$\sigma_{yield} = \frac{p_{yield}}{A} = N/m^2$$

(2.4)

$$\sigma_{elongation} = \frac{(L_i - L_o)}{L} (\%)$$

(2.5)

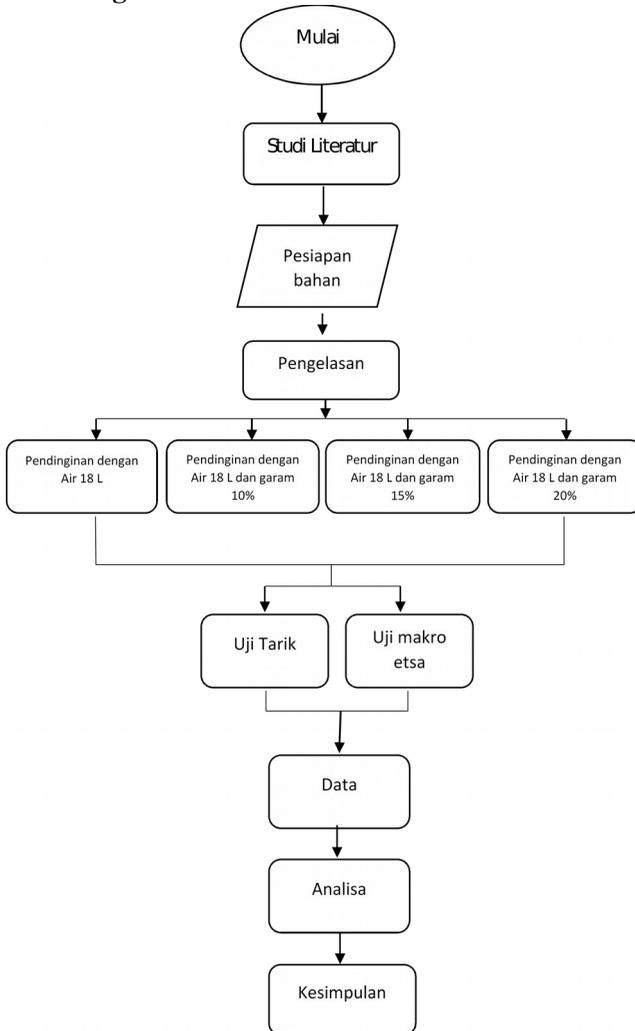




# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



### Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian

#### 3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2018/2019 yaitu pada bulan Februari sampai dengan bulan Juli 2019

#### 3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lab. Metalurgi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

#### 3.4 Langkah Kerja

Dalam mengerjakan tugas akhir ini, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan, langkah pertama adalah studi literatur mengenai proses pengelasan SMAW, langkah-langkah pengerjaan pengelasan serta pengujian yang tepat untuk hasil pengelasan. Langkah selanjutnya yaitu melakukan percobaan pada benda uji. Untuk memperjelas, berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan

##### 3.4.1 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

##### 3.4.2 Persiapan Material

Didalam penelitian ini bahan uji yang digunakan adalah pelat baja SA 36 dengan ukuran 150 x 150 x 10 mm berjumlah 8 material. Material diberikan *V groove 60°*

**Tabel 3.1** Logam Induk dan Pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	SA 36
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 7016
Filler metal diameter (mm)	2,6
Posisipengelasan	1G

### 3.4.3 Mesin Pengelasan SMAW

Padapenelitianinimenggunakan proses lasdengan SMAW.



**Gambar 3.2** Mesin Las SMAW

Berikutinibeberapaperalatanbantupadapengelasan SMAW :



**Gambar 3.3** Palu Terak



**Gambar 3.4** Sarung Tangan, Helm Welder, Sikat



**Gambar 3.5** Tang Ampere

### **3.3.3 Elektroda**

Elektroda yang digunakan adalah elektroda E7016 yang manamemilikikandunganhidrogenrendahdandapatdigunakanpadapolaritasterbalikmaupunpolaritaslurus.

### 3.3.4 Alat Pemotong

Alat pemotong yang digunakan adalah gerinda dan beberapa alat bantu sepertiikir dan ragum sebagai pencekambendakerja.



**Gambar 3.6** Alat Pemotong

### 3.3.5 Kertas Gosok

Dalam penelitian ini telah dilakukan penggosokan dengan berbagai macam ukuran kertas gosok dari ukuran 280, 800, 1000, 1500, dan 2000 guna mendapatkan permukaan yang halus dan bersih agar memudahkan dalam melihat struktur mikro yang ada.



**Gambar 3.7** Kertas Gosok

### 3.4.3 Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan SMAW dengan variasi volume air dan garam pada laju pendinginan, yaitu:

1. Variasi laju pendinginan air dengan volume 18 liter
2. Variasi laju pendinginan air dengan volume 18 liter dan Garam 10%
3. Variasi laju pendinginan air dengan volume 18 liter dan Garam 15%
4. Variasi laju pendinginan air dengan volume 18 liter dan Garam 20%

**Tabel 3.2** Parameter Pengelasan

Parameter	Layer	
	1 (root)	2 (fill &caping)
Number/pass	1 (root)	2 (fill &caping)
Proses	SMAW	SMAW
Travel speed,mm/min	100 – 150	100 - 150
Amperage	100 – 120	100 - 120
Polaritas AC/DC	DC (+)	DC (+)
Voltage	20 – 24	20 - 24
Electrode diameter (mm)	2,6	2,6

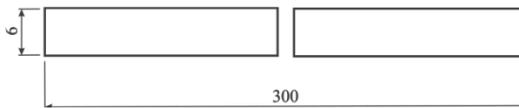
**Tabel 3.3** Variasi Volume Air dan Kadar Garam

Kadar Garam	Volume
TanpaGaram	18 Liter
Kadar Garam 10%	18 Liter
Kadar Garam 15%	18 Liter
Kadar Garam 20%	18 Liter

### 3.5 Pembuatan Benda Kerja Pengelasan

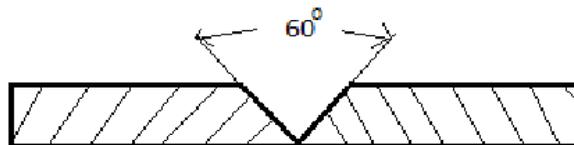
Bahan dalam penelitian pengelasan ini adalah pelat baja SA 36 yang memiliki dimensi 150 x 150 x 10 mm sebanyak 8 pelat baja. Kemudian nantinya masing-masing dijoint sehingga benda kerja yang didapat setelah pengelasan ada empat dengan perbedaan pada variasi laju pendinginannya.

1. Siapkan benda kerja sebanyak 8 pelat baja SA 36. Kemudian pilih pasangan baja pelat SA 36. Sehingga nantinya diperoleh dua benda kerja dengan dimensi 300 x 150 x 12 mm.



Gambar 3.8 Material Pengelasan

2. Setiap benda kerja dibentuk model groovenya sesuai dengan penelitian yaitu :



(a) Single V-weld groove

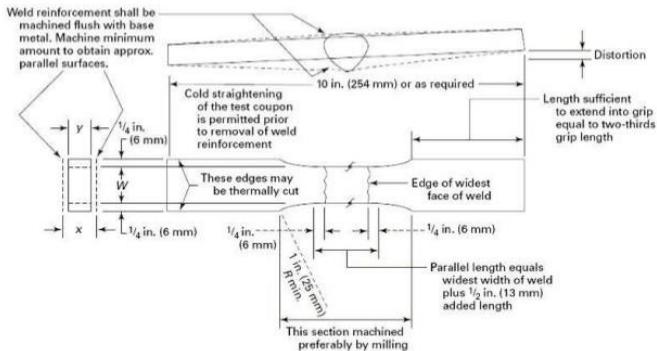
Gambar 3.9 Material Pengelasan dengan Model V groove

### 3. Benda kerja siap untuk di las

#### 3.6 Pembuatan Benda Kerja untuk Pengujian

Setelah dilakukan pengelasan dan hasilnya secara visual tidak terjadi cacat las seperti undercut dan pada bagian root tidak tembus, benda kerja dipotong menjadi beberapa bagian untuk pengujian tarik, dan makro etsa.

##### 3.6.1 Benda Uji Tarik



**Gambar 3.10** ASME standard 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.

### 3.6 Pengujian Benda Kerja

#### 3.7.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan antar ikdarilogam induk setelah mengalami proses pengelasan.

Pengujian tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai bendauji terputus atau patah.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian tarik adalah alat uji tarik dan jangkasorong.

Mesin yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin uji tarik merk k. Berikut langkah-langkah pengujian tarik :

1. Menandaibahan kerjalar SMAW dalam hal ini untuk mengetahui dimensi yang akan di inputkan ke mesin
2. Dilakukan pengeasaan agar batas daerah terlihat sehingga memudahkan untuk pengambilan data
3. Menentukan beban yang digunakanyaitu 10000 N, kemudian menentukan panjang total dan lebar benda
4. Nyalakan saklar power utamasehingga lampu indicator menyala
5. Pastikan handle load kontrol pada posisi stop
6. Letakkan alat bantu pada permukaan alat uji dan pelat penahan
7. Pastikan pencekampa pada lower crosshead dan naikkan lower crosshead dengan menekantombol up crosshead

sehingga dapat mencekambenda uji tarik dan gan baik

8. Atur kecepatan pembebanan
9. Jarum indikator beban akan bergerak ke arah ushingga mencapai titik max load dari benda uji yang diujikemudian mengalami penurunan dan putusnyabenda kerja
10. Cacat pembebanan dan pertambahan panjang
11. Kemudian lepaskan benda uji dari tempat pencekam

### 3.7.2 Pengujian Makro Etsa

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu. Adanya proses pengetsa andaerahas lebih jelas terlihat. Berikut langkah-langkah makro etsa :

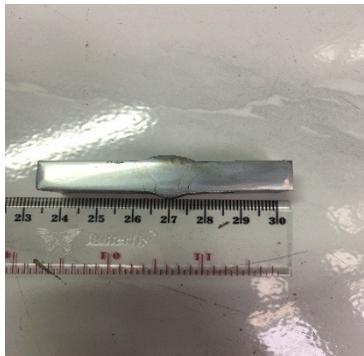
1. Menggosok benda uji dengan menggunakan amplas hingga benda uji benar-benar halus dan rata
2. Mempersiapkan peralatan untuk makro etsa
3. Pengetsaan benda kerja dengan melarutkan larutan alcohol dengan  $\text{HNO}_3$  yang manaperbandingannya adalah 98 ml untuk alcohol dan 2 ml untuk  $\text{HNO}_3$
4. Adukinggatercampurdengan rata
5. Kemudian bersihkan benda kerja dengan cara merendam benda kerja dengan alcohol 96% selama 2 menit

6. Setelah itu, benda kerja dimasukkan ke dalam larutan etsa selama 3-5 menit
7. Ketika sudah terlihat daerah hasil lasan, angkat dan celupkan ke dalam alkohol sebentar lalu keringkan dengan *hair dryer*
8. Setelah itu amati hasilnya.

### 3.7.3 Pengujian Mikro Etsa

#### Mikro test

Bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik material dari proses pengelasan setelah dilakukan pengetsaan melalui mikroskop. Sehingga dari permukaan bahan akan terlihat bentuk kristal molekul-molekulnya. Benda kerja untuk pengujian struktur makro etsa memiliki ukuran panjang 60mm, lebar 20mm dan tebal 10mm



**Gambar 3.11** Material Uji Makro Etsa

Prosedur pembuatan benda uji dan pengujian adalah sebagai berikut:

A. Material

- 1) Pastikan permukaan benda kerja rata
- 2) Lakukan pengamplasan kering hal ini dilakukan untuk menghilangkan goresan hasil pengerindaan / pengergajian sebelumnya sampai didapatkan alur goresan segaris
- 3) Lakukan pengamplasan basah (dengan menggunakan air) sampai benda kerja mengkilat
- 4) *Polishing* benda kerja menggunakan *Autosol* dengan kain jeans/bludru hingga goresan pada permukaan benda kerja menghilang, pada proses *Polishing* sebaiknya benda kerja diputar-putar untuk menghindari *Shadow Effect*. Lakukan *Polishing* hingga permukaan benda kerja rata dan mengkilat tidak ada bekas amplas
- 5) Bersihkan permukaan benda kerja dengan air mengalir kemudian dengan menggunakan alkohol, lalu keringkan permukaan benda kerja.

B. Etching

Pengetsaan adalah proses mereaksikan benda kerja dengan larutan kimia.

- 1) Cuci benda kerja menggunakan sabun untuk memastikan bekas Autosol telah hilang, lalu keringkan menggunakan tisu.
- 2) Rendam benda kerja di dalam cairan alkohol selama 3 menit
- 3) Rendam benda kerja kedalam cairan etsa dengan komposisi HNO<sub>3</sub> 2 ml dan Alkohol

- 98 ml yang berada dalam cawan keramik, rendam selama kurang lebih 1 menit.
- 4) Angkat benda kerja menggunakan tang penjepit, lalu rendam benda kerja ke dalam cairan alkohol baru.
  - 5) Keringkan benda kerja menggunakan udara panas (dari Hair Dryer), Pastikan benda kerja benar-benar Kering



**Gambar 3.12** Proses perendam dengan Alkohol

### C. Mikroskop

Mikroskop digunakan untuk melihat struktur mikro, adapun langkah-langkah yang dalam mengoperasikan mikroskop adalah :

- 1) Nyalakan komputer terlebih dahulu.
- 2) Pastikan kabel konektor (USB) yang menghubungkan mikroskop dan komputer terpasang dengan baik.



**Gambar 3.13**Olympus

- 3) Nyalakan Control Box (Olympus Video) terlebih dahulu sebelum menyalakan mikroskop dengan menekan tombol power.
- 4) Kemudian nyalakan mikroskop dengan menekan tombol power pada mikroskop tersebut.



**Gambar 3.14**Mikroskop

- 5) Setelah Control Box dan mikroskop dalam kondisi menyala, periksalah koneksi sekali lagi antara komputer dan mikroskop. Apabila belum terkoneksi, periksalah kembali sambungkan kabel konektor tersebut.
- 6) Terkadang koneksi tidak terdeteksi secara otomatis pada komputer, oleh karena itu anda perlu mengaktifkan Add Hardware pada Control Panel komputer anda. Setelah itu pastikan terdeteksi pada komputer (ditandai dengan bunyi "ding-ding" pada komputer). Hal ini hanya dilakukan bila koneksi tidak terjadi secara otomatis!
- 7) Setelah semua sambungan terkoneksi dengan baik, ambilah gambar struktur mikro yang terlihat pada Olympus Video atau pada mikroskop dengan menekan tombol Expose

(berwarna hijau) pada Olympus Video. Biarkan beberapa saat sampai proses selesai.

- 8) Untuk pengambilan gambar, pastikan tanda strip putih pada pojok kiri bawah layar Control Box (Olympus Video) mendekati garis merah
- 9) Lakukan pengambilan gambar sesuai yang dibutuhkan.
- 10) Untuk mentransfer gambar pada komputer tekanlah icon OLYMP 12 pada Desktop. lalu klik dobel pada folder My Camera, setelah itu klik pada folder DCIM diteruskan dengan mengklik folder 100 OLYMP. Tunggu beberapa saat, biarkan sampai semua gambar tertera pada Software tersebut.
- 11) Untuk menyimpan gambar, silakan drag gambar struktur mikro pada folder dimana anda ingin menyimpannya
- 12) Setelah semua proses selesai, matikan terlebih dahulu power mikroskop lalu Olympus Video

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana perbedaan pengaruh variasi pendinginan air dan air garam pada pengelasan SMAW menggunakan elektroda E7016 pada material SA 36 terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur makro etsa

#### **4.1 Parameter Pengelasan**

Pada penelitian ini, hasil pengelasan dipengaruhi oleh beberapa parameter pengelasan. Penentuan parameter ini sesuai dengan standar yang ada. Berikut parameter pengelasan pada penelitian ini :

**Tabel 4.1** Parameter Pengelasan

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASTM 36
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 7016
Filler Metal Diameter	2,6 mm
Posisi Pengelasan	1G
Sudut Pengelasan	70°
Polaritas	DCEP/DCRP
Ampere	100-110
Jumlah Layer	3

**Tabel 4.2**Masukan panas

Type Pendinginan	Arus (I)	Voltase (E)	Travel speed (V)	Hnet
<b>Air tanpa Garam</b>	100-110 Ampere	24 Volt	1.77 mm/s	1084.74 J/mm
<b>Kadar Garam 10%</b>	100-110Ampere	24 Volt	1.51 mm/s	1271.52 J/mm
<b>Kadar Garam 15%</b>	100-110 Ampere	24 Volt	1.54mm/s	1246.75 J/mm
<b>Kadar Garam 20%</b>	100-110Ampere	24 Volt	1.49 mm/s	1288,59 J/mm

## 4.2 Data Hasil Penelitian

### 4.2.1 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 ( $\sigma$ ) dihasilkan dengan rumus :

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

Dimana :

$\sigma$  = Kekuatan Tarik (kgf/mm<sup>2</sup>)

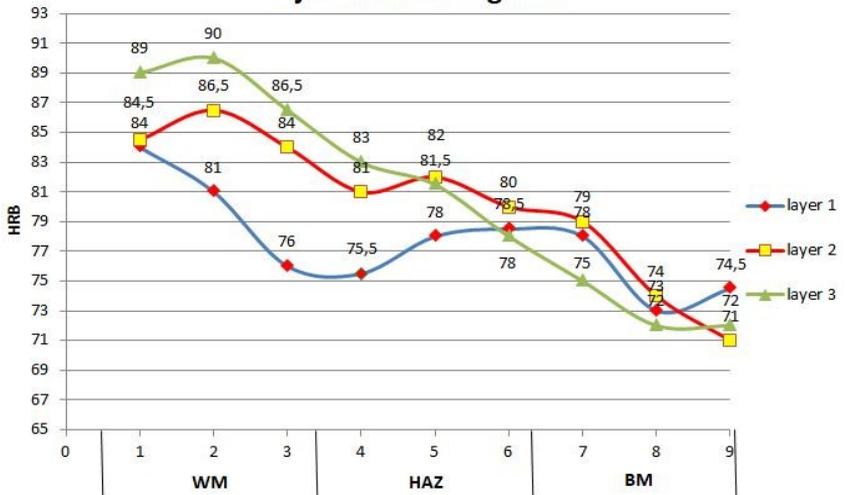
$F$  = Pembebanan (kgf)

$A$  = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

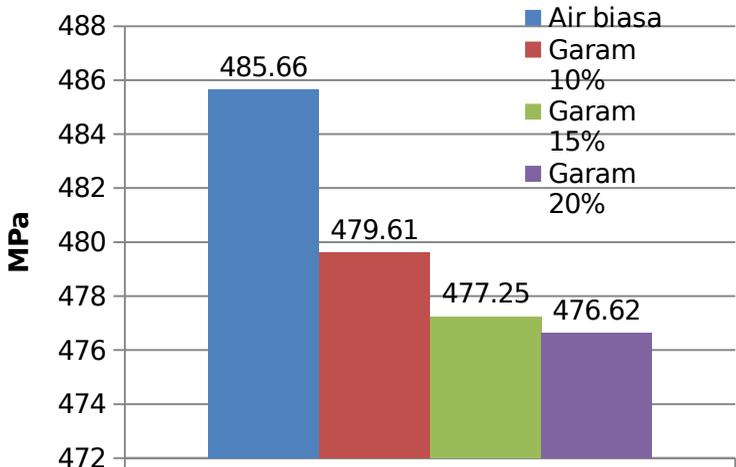
Tabel 4.2 Data Pengujian Tarik

Variasi Pendinginan	N O	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Max Load (N)	Yield Point (N)	Yield Strength $\sigma$ ( $\frac{N}{mm^2}$ )	Ultimate Tensile Strength ( $\frac{N}{mm^2}$ )	Lokasi Patah
Air Biasa	1	19.8	9.8	194.04	94000	69000	355.59	484.43	BM
	2	19.7	9.8	193.06	94000	69000	357.40	486.897	BM
Rata rata		19.75	9.8	193.55	94000	69000	356.495	485.663	
Kadar garam 10%	1	19.9	9.9	197.01	94000	68500	347.69	477.13	BM
	2	19.8	9.9	196.02	94500	62000	316.29	482.09	BM
Rata rata		19.85	9.9	196.51	94250	65250	331.99	479.61	
Kadar garam 15%	1	19.9	10	199	95000	69000	346.73	477.38	BM
	2	19.9	9.9	197.01	94000	61000	309.62	477.13	BM
Rata rata		19.9	9.95	198.005	94500	65000	328.17	477.25	
Kadar garam 20%	1	19.9	9.9	197.01	93800	64000	324.85	476.11	BM
	2	19.9	9.9	197.01	94000	65000	329.93	477.13	BM
Rata rata		19.9	9.9	197.01	93900	64500	327.39	476.62	

uji kekerasan v groove



## Grafik kekuatan tarik



**Gambar 4.1** Grafik *Ultimate Tensile Strength*

Dengan melihat grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semua spesimen uji tarik dengan media pendingin campuran air tanpa garam maupun dengan garam patah di daerah **base metal**. Sehingga dari data hasil pengujian tarik ini dapat dijadikan acuan untuk menyimpulkan bahwa lebih kuat mana antara pendinginan air tanpa garam , jumlah kadar garam 10%, kadar garam 15%, dan kadar garam 20% karena patah di daerah **base metal** yang bukan merupakan efek dari parameter pengelasan. Hal ini disebabkan karena pada pengelasan ini menggunakan metode multilayer yaitu sejumlah 3 layer. Sehingga layer pertama menjadi pre-heat layer ke 2 dan layer kedua menjadi post-heat layer pertama, lalu layer ke 2 menjadi pre-heat layer ke 3 dan layer ke 3 menjadi post-heat layer ke 2

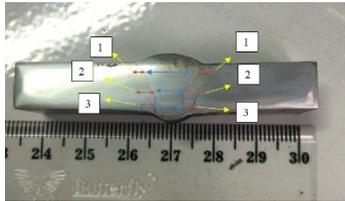
begitupun seterusnya. Hal ini mengakibatkan struktur martensite yang ada di layer pertama mengalami martensite temper yang mengakibatkan struktur martensit berubah menjadi struktur lain sehingga daerah Weld metal dan HAZ mengalami perbaikan struktur. Hal ini menyebabkan daerah HAZ lebih kuat dari pada base metal sehingga ketika di uji tarik patahnya di daerah base metal.



**Gambar 4.2**Spesimen uji tarik

#### **4.2.2 Makro Etsa**

Pengujian makro dilakukan dengan cara mengetsa benda terlebih dahulu dan setelah daerah las terlihat diukur dengan alat ukur panjang berikut hasil dari pengujian makro.



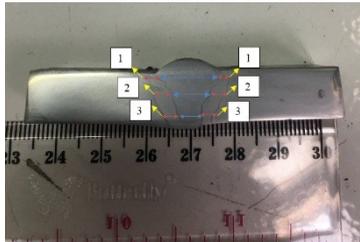
**Gambar 4.1** Lebar HAZ Pendinginan Air 18 Liter tanpa Garam

**Tabel 4.3** Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Benda dengan pendinginan Air 18Liter tanpa garam

Posisi	No	Lebar HAZ (mm)
Kiri	1	2,8
	2	4.2
	3	3,1
Kanan	1	2,6
	2	3,4
	3	2,7

**Tabel 4.4** Lebar Weld Metal pendinginan Air 18 liter tanpa garam

No	Lebar Weld Metal
a	12
b	7
c	4



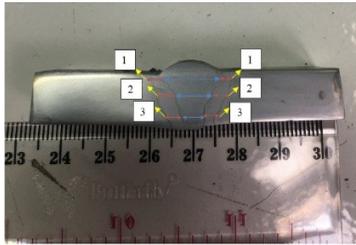
**Gambar 4.2** Lebar HAZ Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 10%

**Tabel 4.5** Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Benda Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 10%

Posisi	No	Lebar HAZ (mm)
Kiri	1	3,2
	2	4,3
	3	3,1
Kanan	1	2,5
	2	3,5
	3	2,7

**Tabel 4.6** Lebar Weld Metal Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 10%

No	Lebar Weld Metal
a	12,7
b	8
c	4,2



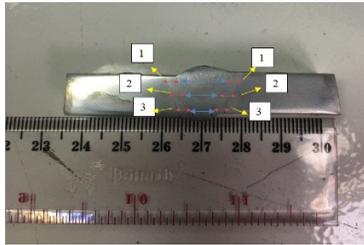
**Gambar 4.3** Lebar HAZ Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 15%

**Tabel 4.7** Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Benda Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 15%

Posi si	No	Lebar HAZ (mm)
Kiri	1	3,4
	2	4,3
	3	3,5
Kan an	1	2,7
	2	3,6
	3	3,1

**Tabel 4.8** Lebar Weld Metal Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 15%

No	Lebar Weld Metal
a	13
b	8,2
c	5



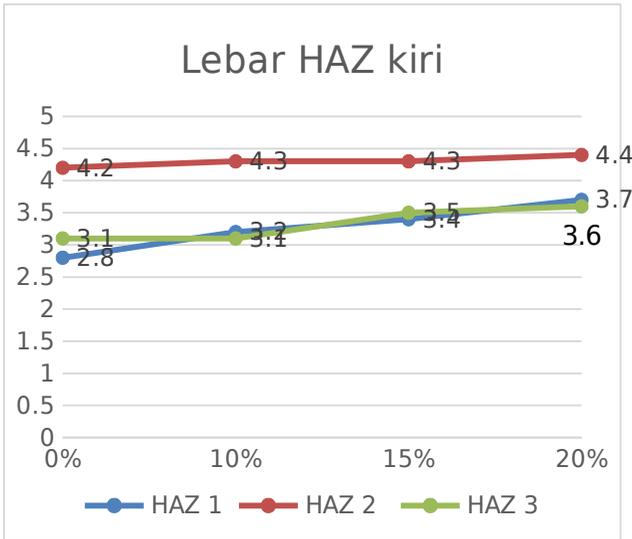
**Gambar 4.4** Lebar HAZ Laju Pendinginan Air Air 18L dengan garam 20%

**Tabel 4.9** Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Benda Laju Pendinginan Air 18L dengan garam 20%

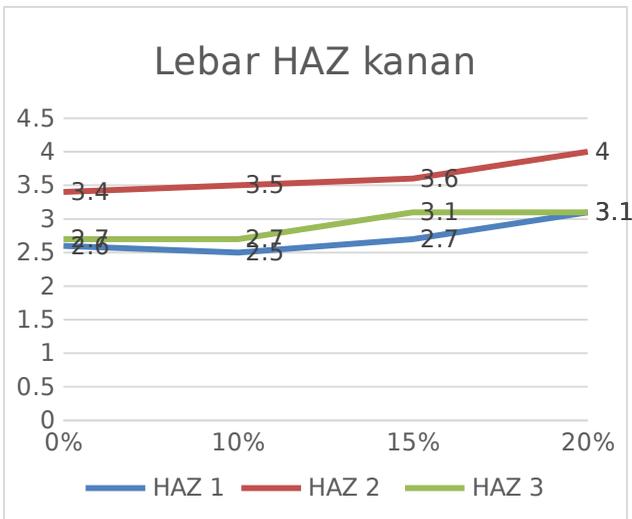
Posisi	No	Lebar HAZ (mm)
Kiri	1	3,7
	2	4,4
	3	3,6
Kanan	1	3,1
	2	4
	3	3,1

**Tabel 4.10** Lebar Weld Metal

No	Lebar Weld Metal
a	13
b	8,1
c	5,1



**Gambar 4.5** Garfik Lebar HAZ Kiri



**Gambar 4.6** Grafik Lebar HAZ Kanan



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh media pendingin campuran air dan garam pengelasan SMAW pada material ASTM 36 menggunakan elektroda E7016 terhadap kekuatan tarik dan lebar HAZ, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada pengujian kekuatan tarik, hasil untuk pendinginan las variasi kadar garam 10% didapatkan kekuatan tarik sebesar 479.61 mpa , variasi kadar garam 15% didapatkan kekuatan tarik sebesar 477.25 mpa , variasi kadar garam 20% didapatkan kekuatan tarik sebesar 476.62 mpa dan variasi air tanpa garam didapatkan kekuatan tarik sebesar 485,663 mpa sehingga dapat disimpulkan, peningkatan kadar garam dalam media pendinginan suatu proses las menurunkan sedikit kekuatan tarik suatu sambungan,  
Karenaterhambatnyalajuperpindahanpanas
2. Berdasarkan pengujian makro etsa terlihat bahwa lebar HAZ pada variasi kadar garam 20% lebih besar dibandingkan variasi volume yang lainnya.

#### **5.2 Saran**

Dalam penelitian ini masih banyak hal yang perlu dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya. Oleh karena itu diberikan

saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan uji coba dengan kandungan garam yang lebih tinggi agar lebih terlihat pengaruh yang ditimbulkan pada struktur hasil lasan.
2. Dalam pengelasan SMAW penggunaan parameter las harus diperhatikan yaitu mengenai kecepatan las, besar arus, jenis arus dan parameter lainnya untuk mendapatkan hasil lasan yang maksimal serta untuk mengurangi kesalahan atau cacat las pada logam las yang akan terjadi.



## DAFTAR PUSTAKA

Wirjosumarto, Harsono, Prof., Dr., Ir., dan Toshie Okomura, Prof., Dr., (1985), *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta, PT.

Pradnya Paramita.

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

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.

Suratman, M, 2007. *Teknik Mengelas Asetelin, Brazing, dan Las Busur Listrik*. Bandung: CV Pustaka Grafika

Hamzah nur, 2007 Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam pada Perlakuan Panas terhadap Kekerasan Baja ST 60

<http://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/viewFile/7480/4351>

Bayu vianoro, 2016 *pengaruh media pendinginan air garam (Nacl) sebagai media pendinginan las mig terhadap kekuatan tarik sambungan plat baja ST.41*, <https://docplayer.info/47581368-Pengaruh-kadar-garam-dapur-nacl-sebagai-media-pendingin-las-mig-terhadap-kekuatan-tarik-sambungan-plat-baja-st-41.html>

# Lampiran

## *Lampiran 1. Perhitungan Heat Input*

Untuk spesimen laju pendinginan air tanpa garam panjang pengelasan 300 mm

- Kecepatan pengelasan pada layer pertama (mm/s)  
Waktu : 2 menit 00 detik  
(3 x 60 detik) + 00 detik = 60 detik  
Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$

$$\frac{300 \text{ mm}}{180 \text{ second}}$$
$$= 1.66 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer kedua (mm/s)  
Waktu : 162 detik  
(Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$ )

$$\frac{300 \text{ mm}}{162 \text{ second}}$$
$$= 1.85 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer ketiga (mm/s)  
Waktu : 165 detik  
Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$

$$\frac{300 \text{ mm}}{165 \text{ second}}$$

$$= 1.81 \text{ mm/s}$$

❖ Maka didapat rata – rata kecepatan pengelasan

$$\frac{1.66 + 1.85 + 1.81}{3}$$

$$= 1.77 \text{ mm / s}$$

❖ Maka didapatkan heat input sebesar

Volt (V)	: 24 v
Arus (I)	: 100 A
$\eta$	: 0.8
Travel speed (s)	: 1.77 mm/s

➤  $HI = \frac{V \times I \times \eta}{s}$

$$= \frac{24 \times 100 \times 0.8}{1.77}$$

$$= 1084,74 \text{ J/mm}$$

Untuk spesimen laju pendinginan 18L dengan kadar air garam 10% panjang pengelasan 300 mm

- Kecepatan pengelasan pada layer pertama (mm/s)

Waktu : 2 menit 30 detik

(3x 60 detik) + 30 detik = 210 detik

Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$

$$\frac{300 \text{ mm}}{210 \text{ second}}$$

$$= 1.42 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer kedua (mm/s)  
Waktu : 3 menit 6 detik  
(3 x 60 detik) + 42detik = 222 detik
- (Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$ )

$$\frac{300 \text{ mm}}{222 \text{ second}}$$

$$= 1.35 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer ketiga (mm/s)  
Waktu : 168 detik  
Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$

$$\frac{100 \text{ mm}}{168 \text{ second}}$$

$$= 1.78 \text{ mm/s}$$

❖ Maka didapat rata – rata kecepatan pengelasan

$$\frac{1.42 + 1.35 + 1.78}{3}$$

$$= 1.51 \text{ mm / s}$$

❖ Maka didapatkan heat input sebesar

Volt (V)	: 24 v
Arus (I)	: 100 A
$\eta$	: 0.8
Travel speed (s)	: 1.69 mm/s

➤  $HI = \frac{V \times I \times \eta}{s}$

$$= \frac{24 \times 100 \times 0.8}{1.51}$$

$$= 1271,52 \text{ J/mm}$$

Untuk spesimen laju pendinginan Air dengan garam 15% panjang pengelasan 300 mm

- Kecepatan pengelasan pada layer pertama (mm/s)

Waktu : 4 menit 32 detik

(4 x 60 detik) + 32 detik = 272 detik

$$\text{Kecepatan pengelasan : } \frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$$

$$\frac{300 \text{ mm}}{272 \text{ second}}$$

$$= 1.10 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer kedua (mm/s)

Waktu : 165 detik

$$(\text{Kecepatan pengelasan : } \frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}})$$

$$\frac{300 \text{ mm}}{165 \text{ second}}$$

$$= 1.81 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer ketiga (mm/s)

Waktu : 171 detik

$$\text{Kecepatan pengelasan : } \frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$$

$$\frac{300 \text{ mm}}{171 \text{ second}}$$

$$= 1.71 \text{ mm/s}$$

- ❖ Maka didapat rata – rata kecepatan pengelasan

$$\frac{1.10 + 1.81 + 1.71}{3}$$

$$= 1.54 \text{ mm / s}$$

- ❖ Maka didapatkan heat input sebesar

Volt (V)	: 24 v
Arus (I)	: 100 A
$\eta$	: 0.8
Travel speed (s)	: 1.54 mm/s

$$\text{HI} = \frac{V \times I \times \eta}{s}$$

$$= \frac{24 \times 100 \times 0.8}{1.54}$$

$$= 1246,75 \text{ J/mm}$$

Untuk spesimen laju pendinginan 18 L air dengan kadar garam 20% panjang pengelasan 300 mm

- Kecepatan pengelasan pada layer pertama (mm/s)  
Waktu : 3 menit 46 detik  
(3 x 60 detik) + 46 detik = 226 detik  
Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$

$$\frac{300 \text{ mm}}{226 \text{ second}}$$

$$= 1.32 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer kedua (mm/s)  
Waktu : 194 detik  
(Kecepatan pengelasan :  $\frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$ )

$$\frac{300 \text{ mm}}{194 \text{ second}}$$

$$= 1.54 \text{ mm/s}$$

- Kecepatan pengelasan pada layer ketiga (mm/s)

Waktu : 186 detik

$$\text{Kecepatan pengelasan : } \frac{\text{Panjang pengelasan}}{\text{Waktu pengelasan}}$$

$$\frac{300 \text{ mm}}{186 \text{ second}}$$

$$= 1.61 \text{ mm/s}$$

- ❖ Maka didapat rata – rata kecepatan pengelasan

$$\frac{1.54 + 1.32 + 1.61}{3}$$

$$= 1.49 \text{ mm / s}$$

- ❖ Maka didapatkan heat input sebesar

Volt (V) : 24 v

Arus (I) : 100 A

$\eta$  : 0.8

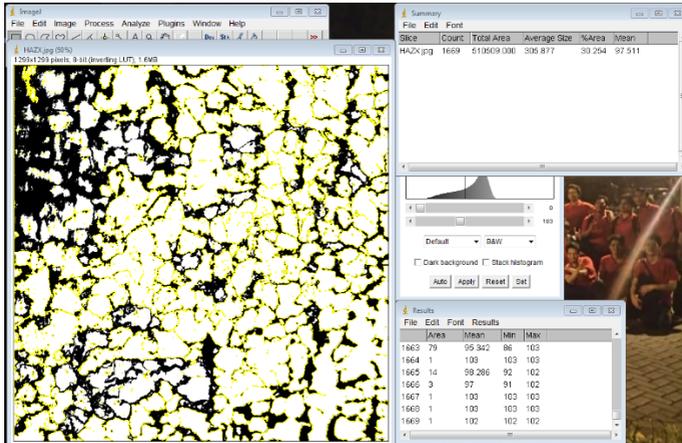
Travel speed (s) : 1.49 mm/s

$$\text{➤ HI} = \frac{V \times I \times \eta}{s}$$

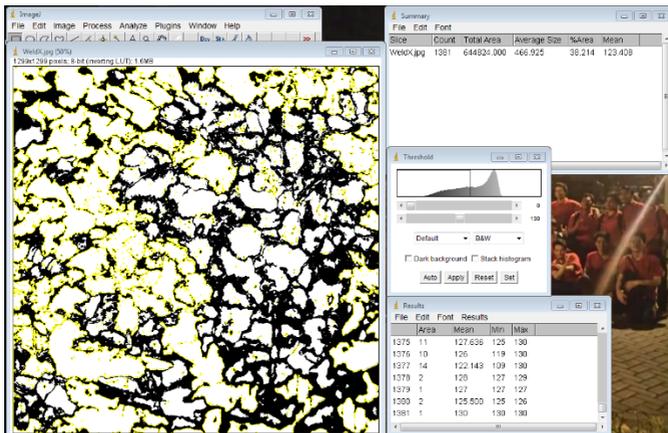
$$= \frac{24 \times 100 \times 0.8}{1.49}$$

$$= 1288,59 \text{ J/mm}$$

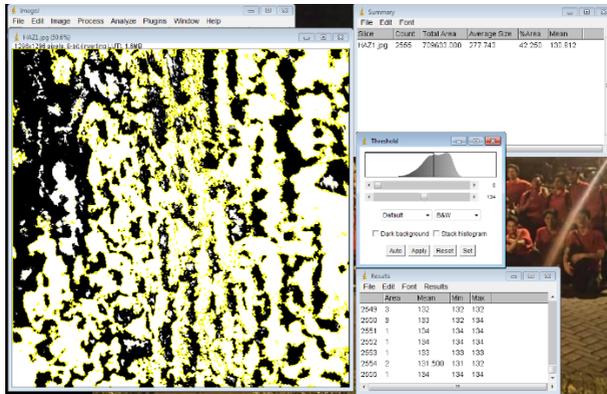
## Lampiran 2. Analisa pearlite & ferrit menggunakan software image J



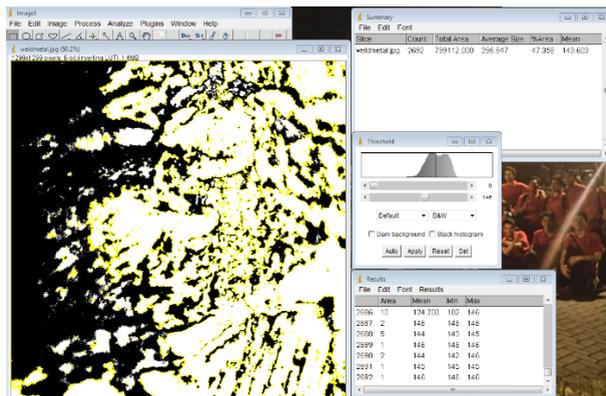
Gambar. 1 HAZ pendinginan Air 18L non garam



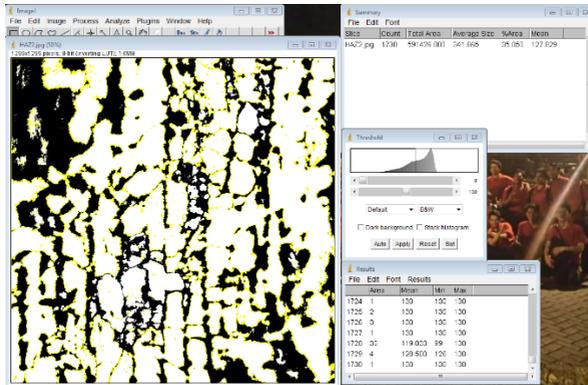
Gambar 2 pendinginan Air 18L non garam



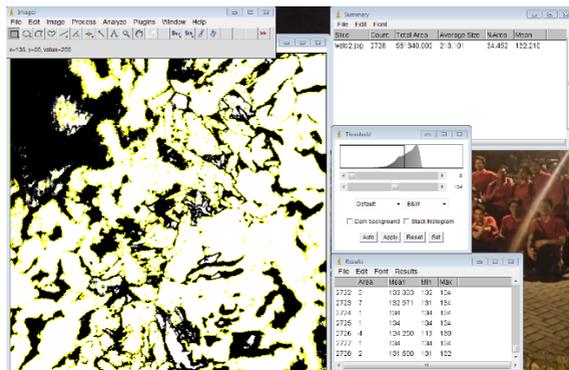
Gambar 3. HAZ pendinginan Air 18L dengan kadar garam 10%



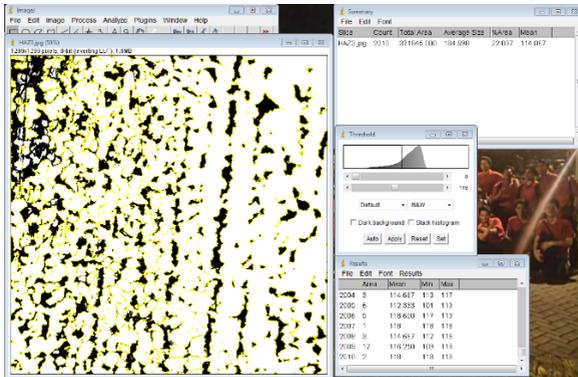
Gambar 4 Weld metal pendinginan Air 18 L dengan kadar garam 10%



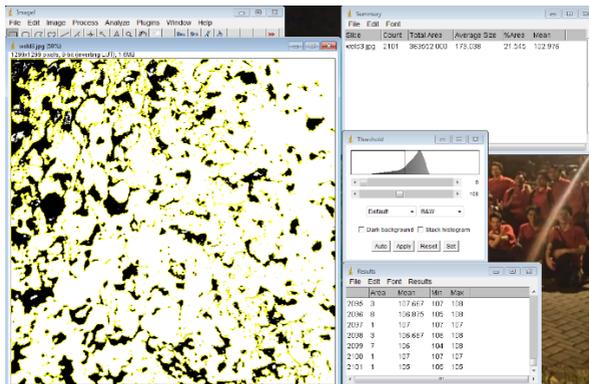
Gambar 5, HAZ pendinginan Air 18L dengan kadar garam 15%



Gambar 6. WeldMetal pendinginan Air 18L dengan kadar garam 15%



Gambar 7. HAZ pendinginan Air 18 L dengan kadar garam 20%



Gambar 7. WeldMetal pendinginan Air 18 L dengan kadar garam 20%





LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL  
 JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp./Fax. 031 599 4933

REPORT ON TEST RESULT NO. : **IT2.4.1.1/PM.05.02/20**

DATE :  
 ORDER FROM :  
 TEST STANDARD :  
 MATERIAL SPECS. :

: ASME IX  
 : A 36  
 : 10 mm E 7016

PROJECT :

1. TENSION TEST										
NO.	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH (mm)	THICK (mm)	DIA. (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	YIELD STRESS (MPa)	ULTIMATE STRESS (MPa)	ELONGATION (%)	REDUCT. of AREA (%)	
	SA 36 1	14.8	9.9		196	313.99	473.59	/	/	base metal
	SA 36 2	14.9	9.9		197	314.92	473.7	/	/	base metal
		F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1/Wd.1	Th.1	A1
NO		KN	N	KN	N					
		68.5		94						
		62		94.5						
2. BENDING TEST, ANGLE OF BEND : ° DIAMETER of FORMER : mm										
NO	SAMPLE MARK	IDENTIFICATION	WIDTH (mm)	THICK (mm)	TEST RESULTS					
					OPEN DEFECT (mm)	CRACK (mm)				
Witnessed by :						The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS				
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										



Gambar.2 hasil uji tarik pendinginan air dengan kadar garam 10%



LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL  
 JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp./Fax. 031 599 4933

REPORT ON TEST RESULT NO. :

IT2.4.1.1/PM.05.02/20

DATE :  
 ORDER FROM :  
 TEST STANDARD :  
 MATERIAL SPECS. :

:  
 :  
 : ASME IX  
 : A 36 E 7011  
 : 10 mm

PROJECT :

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH (mm)	THICK (mm)	DIA. (mm)	CSA (mm <sup>2</sup> )	YIELD STRESS (MPa)	ULTIMATE STRESS (MPa)	ELONGATION (%)	REDUCT. OF AREA (%)	
	S235	2.1	19.9	19.8	169	316.73	477.38	/	/	base metal
		2.2	19.9	19.8	169	309.62	477.13	/	/	base metal

NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
	Eg		95.8						
	E1		94						

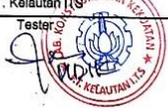
2. BENDING TEST, ANGLE OF BEND : ° DIAMETER OF FORMER : mm

NO	SAMPLE MARK	IDENTIFICATION	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	TEST RESULTS	
					OPEN DEFECT (mm)	CRACK (mm)

Witnessed by :  
 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_

The Laboratory Of Ships Strength And Construction  
 FT. Kelautan ITS

Tester :  

Gambar.3 hasil uji tarik pendinginan air dengan kadar garam 15%



## **BIODATA PENULIS**

Penulis yang memiliki nama lengkap Iqbal Febrian Valentino dilahirkan di Lamongan, 14 Februari 1997, merupakan anak Tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, TK Aisyiyah VII Moropelang, MI Muhammadiyah 04 Moropelang, MTs Negeri Model Babat, dan SMA Negeri 2 Lamongan. Pada tahun 2015 Penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 1021150000119.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikutinya antara lain : Menjadi Staff BSO KWU HMDM FV-ITS Periode 2016-2017, PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur merupakan tempat kerja praktek penulis selama satu bulan pada tanggal 2 Juli s/d 31 Agustus 2017 di bidang perawatan .

Pelatihan yang pernah diikuti penulis : Pelatihan Karya Tulis Ilmiah HMDM FTI-ITS (2015), Pelatihan Motor Bakar HMDM FTI-ITS (2015), Pelatihan LKMM Pra-Tingkat Dasar (Pra-TD) FTI-ITS (2015) , dan beberapa event diluar kampus

*Email : iqbalfv11@gmail.com*