



TUGAS AKHIR - MN 141581

**STUDI PENGARUH SUHU *INTERPASS* PADA  
PENGELASAN BAJA ASTM A36 TERHADAP SIFAT  
MEKANIS DENGAN MENGGUNAKAN PROSES LAS SMAW**

Ridwan Habibi  
NRP 04111440000055

Dosen Pembimbing  
Wing Hendroprasetyo A.P, S.T., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019





TUGAS AKHIR - MN 141581

**STUDI PENGARUH SUHU *INTERPASS* PADA  
PENGELASAN BAJA ASTM A36 TERHADAP SIFAT  
MEKANIS DENGAN MENGGUNAKAN PROSES LAS SMAW**

Ridwan Habibi  
NRP 04111440000055

Dosen Pembimbing  
Wing Hendroprasetyo A.P, S.T., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019



FINAL PROJECT - MN 141581

**STUDY OF THE EFFECT OF INTERPASS TEMPERATURE  
ON STEEL WELDING ASTM A36 OF MECHANICAL  
PROPERTIES USING SMAW WELDING PROCESS**

Ridwan Habibi  
NRP 04111440000055

Supervisor  
Wing Hendroprasetyo A.P, S.T., M.Eng.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019

## LEMBAR PENGESAHAN

# STUDI PENGARUH SUHU *INTERPASS* PADA PENGELASAN BAJA ASTM A36 TERHADAP SIFAT MEKANIS DENGAN MENGUNAKAN PROSES LAS SMAW

### TUGAS AKHIR

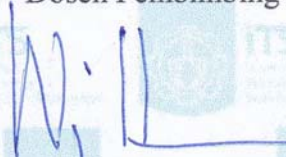
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RIDWAN HABIBI**  
NRP 0411144000055

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.  
NIP 19700615 199512 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Dwi Arsyas Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 10 JULI 2019

## LEMBAR REVISI

# STUDI PENGARUH SUHU *INTERPASS* PADA PENGELASAN BAJA ASTM A36 TERHADAP SIFAT MEKANIS DENGAN MENGUNAKAN PROSES LAS SMAW

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 03 Juli 2019

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RIDWAN HABIBI**  
NRP 0411144000055

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

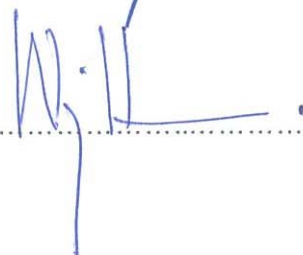
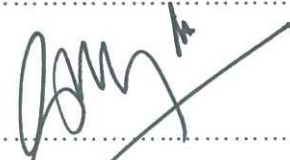
1. Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D.

2. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

3. Totok Yulianto, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Wing Hendroprasetyo A.P, S.T., M.Eng.



SURABAYA, 10 JULI 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan kedua saudara saya atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas karunia dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI PENGARUH SUHU *INTERPASS* PADA PENGELASAN BAJA ASTM A36 TERHADAP SIFAT MEKANIS DENGAN MENGGUNAKAN PROSES LAS SMAW”** dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, ilmu dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
3. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T, Bapak Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D, dan Bapak Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Totok Yulianto, S.T, M.T, selaku Kepala Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS, serta selaku dosen wali penulis atas bantuannya selama masa perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini dengan ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
5. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
6. Orang tua dan kedua saudara keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi dan kasih sayang;
7. Pak Pardi, Pak Deny, Pak Didik, Pak Fairil, Mas Agil, Mas Joko, Mas Ergie atas segala saran dan waktu yang diberikan untuk membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir;



8. Keluarga P-54 (DEADRIFE) yang selalu mendukung dan berjuang bersama mulai awal masuk perkuliahan hingga lulus walaupun lulusnya tidak bersama;
9. Para penyanyi biduan dangdut khususnya Vita Alvia, Via Vallen, dan Nella Kharisma atas lagu dangdutnya yang selalu menemani penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir;

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 10 Juli 2019

Ridwan Habibi

# STUDI PENGARUH SUHU *INTERPASS* PADA PENGELASAN BAJA ASTM A36 TERHADAP SIFAT MEKANIS DENGAN MENGGUNAKAN PROSES LAS SMAW

Nama Mahasiswa : Ridwan Habibi  
NRP : 04111440000055  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Wing Hendroprasetyo A.P, S.T., M.Eng.

## ABSTRAK

Di Indonesia terdapat industri perkapalan yang semakin maju, dimana kualitas pengelasan menjadi salah satu faktor penilaian kualitas kapal tersebut. Pengelasan adalah teknologi manufaktur dasar yang diperlukan untuk setiap sektor industry perkapalan. Baja ASTM A36 merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada pembuatan kapal. Salah satu teknik pengelasan yang banyak dipakai untuk penyambungan pada konstruksi lambung kapal adalah las busur *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).

Menurut aturan BKI vol. VI sec. 9, suhu *interpass* maksimal sebesar 250°C. Tapi dalam kondisi aktual suhu *interpass* sering kali tidak diperhatikan, dimana saat dilakukan pengelasan suhu *interpass* melebihi 250°C, welder langsung melanjutkan pengelasan tersebut. Suhu *interpass* pada pengelasan dapat mempengaruhi laju pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk pada daerah las. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu *interpass* (200°C, 300°C, dan 450°C) terhadap struktur mikro dan sifat mekanis material. Selanjutnya dilakukan pengujian yang mencakup : uji tarik, uji kekerasan, uji *impact*, dan uji metalografi.

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa nilai kuat tarik tertinggi sebesar 523.70 MPa pada material dengan suhu *interpass* 200°C dan nilai kuat tarik terendah sebesar 506.44 MPa pada material dengan suhu *interpass* 450°C. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah *weld metal* dengan suhu *interpass* 200°C sebesar 182.00 HV dan nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah *base metal* dengan material suhu *interpass* 450°C sebesar 147.00 HV. Hasil pengujian *impact* pada *weld metal* diketahui bahwa energi *absorb* semakin besar, dimana semakin tinggi suhu *interpass* maka nilai energi *absorb* akan semakin rendah. Nilai energi *absorb* terendah terdapat pada material dengan suhu *interpass* 200°C sebesar 137.83 Joule dan nilai energi *absorb* tertinggi pada material dengan suhu *interpass* 450°C sebesar 140.17 Joule. Dari hasil uji metalografi dapat diamati bahwa butiran *pearlite* dan *ferrite* terbentuk semakin besar karena adanya pengaruh suhu *interpass* yang semakin tinggi, dimana semakin besar ukuran butir maka akan semakin kecil angka kekerasan pada sebuah material.

**Kata kunci:** ASTM A36, SMAW, Suhu *Interpass*, kuat tarik, kekerasan, *impact*, metalografi.

# **STUDY OF THE EFFECT OF INTERPASS TEMPERATURE ON STEEL WELDING ASTM A36 OF MECHANICAL PROPERTIES USING SMAW WELDING PROCESS**

Author : Ridwan Habibi  
Student Number : 0411144000055  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Wing Hendroprasetyo A.P, S.T., M.Eng.

## **ABSTRACT**

Nowadays there is an increasingly advanced shipping industry in Indonesia, where welding quality is one of the factors in evaluating the quality of the ship. Welding is the basic manufacturing technology needed for each shipping industry sector. ASTM A36 steel is one of the materials that are widely used in ship production. One of the welding techniques that are widely used for connecting hull construction is Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

According to BKI rules vol. VI sec. 9, the maximum interpass temperature is 250°C. But in actual conditions, the interpass temperature is often ignored. Welders usually continue the job even if the interpass temperature has reached 250°C or more. Interpass temperature in welding can affect the rate of cooling and microstructure formed in the weld area. This study was conducted to determine the effect of interpass temperature variations (200°C, 300°C, and 450°C) on microstructure and mechanical properties. Further mechanical tests were: tensile test, hardness test, impact test, and metallographic test.

Based on the test results it is known that the highest tensile strength is 523.70 N / mm<sup>2</sup> on materials with interpass temperatures of 200°C and the lowest tensile strength values of 506.44 N / mm<sup>2</sup> on materials with an interpass temperature of 450°C. The highest hardness value is found in the weld metal area with an interpass temperature of 200°C of 182.00 HV and the lowest hardness value is found in the base metal area with an interpass temperature of 450°C of 147.00 HV. The impact test results on weld metal are known that the absorbed energy is higher, with the lowest absorbed energy value in the material with an interpass temperature of 200°C of 137.83 Joule and the highest absorbed energy value in the material with an interpass temperature of 450°C of 140.17 Joules. From the results of metallographic tests it can be observed that pearlite and ferrite granules are formed larger due to the influence of the higher interpass temperature, where the larger the grain size then the hardness of a material will be smaller.

**Keywords:** ASTM A36, SMAW, interpass temperature, tensile strength, hardness, impact, metallographic.

# DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah .....	2
I.3. Tujuan .....	2
I.4. Batasan Masalah .....	2
I.5. Manfaat .....	3
I.6. Hipotesis.....	3
Bab II STUDI LITERATUR .....	5
II.1. Dasar Teori .....	5
II.1.1. Teori Dasar Pengelasan .....	5
II.1.2. <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	6
II.1.3. Elektroda .....	8
II.1.4. Baja Karbon A36.....	9
II.1.5. Suhu <i>Interpass</i> .....	10
II.1.6. Sifat Mekanik .....	11
II.1.7. Pengujian Tarik .....	11
II.1.8. Pengujian Kekerasan .....	13
II.1.9. Pengujian Metalografi .....	14
II.1.10. Pengujian <i>Impact</i> .....	15
II.1.11. <i>Hall Petch Equation</i> .....	16
II.2. Tinjauan Pustaka .....	17
Bab III METODOLOGI .....	19
III.1. Bahan dan Peralatan.....	19
III.1.1. Bahan Penelitian .....	19
III.1.2. Peralatan Penelitian.....	19
III.1.2.1. Peralatan Persiapan Material.....	19
III.1.2.2. Peralatan Proses Pengelasan .....	19
III.1.2.3. Peralatan Pembuatan Spesimen Uji .....	20
III.1.2.4. Peralatan Proses Pengujian .....	20
III.2. Proses Pengelasan .....	20
III.2.1. Pelaksanaan Pengelasan.....	21
III.2.1.1. Tahap Persiapan.....	22
III.2.1.2. Tahap Pengelasan .....	23
III.3. Prosedur Penelitian .....	24
III.3.1. Pemotongan Material .....	25

III.3.2.Pembuatan Spesimen Uji .....	26
III.3.3.Pengujian Tarik .....	27
III.3.4.Pengujian <i>Impact</i> .....	28
III.3.5.Pengujian Metalografi dan <i>Hardness</i> .....	28
III.4.Lokasi Pengelasan dan Pengujian .....	29
III.5.Bagan Alir .....	30
Bab IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	32
IV.1.Analisa Hasil Pengujian Tarik .....	32
IV.2.Analisa Hasil Pengujian Kekerasan .....	35
IV.3.Analisa Hasil Pengujian <i>Impact</i> .....	37
IV.4.Analisa Hasil Pengujian Metalografi .....	39
IV.5.Analisa Perbandingan Hasil Pengujian.....	42
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN .....	44
V.1.Kesimpulan .....	44
V.2.Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A PERALATAN DAN BAHAN	
LAMPIRAN B WPS DAN MILL TEST CERTIFICATE	
LAMPIRAN C DATA HASIL PENGUJIAN	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Pengaturan Mesin Las SMAW .....	7
Gambar II.2 Proses Deposit SMAW .....	8
Gambar II.3 Diagram Regangan-Tegangan.....	13
Gambar II.4 <i>Typical Pendulums and Anvils for Charpy Machines</i> .....	16
Gambar III.1 Material ASTM A36.....	19
Gambar III.2 Pembevelan Material .....	22
Gambar III.3 Pemasangan <i>Stopper</i> .....	23
Gambar III.4 Variasi Suhu 200°C .....	23
Gambar III.5 Variasi Suhu 300°C .....	24
Gambar III.6 Variasi Suhu 450°C .....	24
Gambar III.7 Contoh Pengambilan Spesimen pada <i>Test Coupon</i> .....	25
Gambar III.8 Proses Pemotongan <i>Test Coupon</i> .....	26
Gambar III.9 Hasil Pemotongan Spesimen .....	27
Gambar III.10 Spesimen Uji Tarik.....	28
Gambar III.11 Spesimen Uji <i>Impact</i> .....	28
Gambar III.12 Mikro Pembesaran 400x.....	29
Gambar III.13 Pengujian <i>Hardness</i> .....	29
Gambar III.14 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar IV.1 Grafik Pengujian Tarik.....	34
Gambar IV.2 Grafik Pengujian Kekerasan.....	36
Gambar IV.3 Grafik Pengujian <i>Impact</i> .....	38
Gambar IV.4 Foto Mikro Material 1 (200°C) Daerah HAZ Pembesaran 100x dan 400x .....	39
Gambar IV.5 Foto Mikro Material 2 (300°C) Daerah HAZ Pembesaran 100x dan 400x .....	39
Gambar IV.6 Foto Mikro Material 3 (450°C) Daerah HAZ Pembesaran 100x dan 400x .....	40
Gambar IV.7 Foto Mikro Material 1 (200°C) <i>Weld Metal</i> Pembesaran 100x dan 400x.....	40
Gambar IV.8 Foto Mikro Material 2 (300°C) <i>Weld Metal</i> Pembesaran 100x dan 400x.....	41
Gambar IV.9 Foto Mikro Material 3 (450°C) <i>Weld Metal</i> Pembesaran 100x dan 400x.....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1. Komposisi Kimia ASTM A36 .....	9
Tabel III.1 Parameter Pengelasan <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	21
Tabel IV.1 Data Pengujian Tarik.....	33
Tabel IV.2 Data Pengujian Kekerasan .....	35
Tabel IV.3 Data Pengujian <i>Impact</i> .....	37
Tabel IV.4 Data Pengujian dengan Suhu <i>Interpass</i> .....	43
Tabel IV.5 Data Pebandingan Hasil Penelitian Tugas Akhir .....	43





# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

Di Indonesia terdapat industri perkapalan yang semakin maju, dimana penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan baik pada konstruksi bangunan, perpipaan maupun konstruksi mesin. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las. Pengelasan dan penyambungan adalah teknologi manufaktur dasar yang diperlukan untuk setiap sektor industry perkapalan. Salah satu teknik pengelasan yang banyak dipakai untuk penyambungan pada konstruksi baja adalah las busur *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Luasnya penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan SMAW disebabkan oleh biaya lebih murah, dapat dipakai pada semua material dan dapat dikerjakan pada ketebalan material berapapun, serta pengelasan SMAW sangat cocok di pakai pada pengelasan di lapangan karena fleksibilitasnya tinggi.

Baja ASTM A36 merupakan salah satu material yang digunakan pada pembuatan kapal. Baja ASTM A36 termasuk kedalam baja karbon rendah dengan kandungan karbon  $\%C < 3\%$  dan unsur penyusun utamanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) serta unsur lain seperti Mn, Si, Ni, Cr, V dan lain sebagainya dalam persentase kecil. Baja karbon rendah mempunyai sifat mekanis yang baik, kekuatan tarik relatif tinggi yaitu antara 415 – 550 MPa (60.000 – 80.000 psi), ketangguhan baik dan relatif ulet.

Suhu *Interpass* menurut AWS (American Welding Society) adalah suhu saat proses pengelasan pertama selesai dan akan dilakukan pengelasan selanjutnya. Jadi bisa dikatakan bahwa suhu *interpass* merupakan proses mengontrol suhu logam las sebelum dilakukan pengelasan berikutnya pada logam las yang sebelumnya, dalam artian bila suhu logam las dibawah suhu *interpass* yang disyaratkan maka logam las tersebut harus dipanaskan sebelum pengelasan dimulai. Prosedur dapat menentukan suhu *interpass* maksimum yang dilakukan untuk mengontrol pengembangan mikrostruktur logam las. Suhu *interpass* minimum dipertahankan untuk mengontrol retakan hidrogen, dan dalam banyak kasus mirip dengan suhu pemanasan awal (*Pre-heating*).

Kesalahan dalam proses pengelasan baik kesalahan pada penggunaan elektrode dan kesalahan penerapan logam pengisi (*filler*) yang tidak sesuai dapat menjadi faktor penyebab

terjadinya cacat las. Kemudian perkembangan proses pengelasan dengan menggunakan variasi suhu seperti halnya *preheat* mulai banyak digunakan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari produksi serta untuk meningkatkan kualitas produk hasil lasan. Namun dalam proses pengelasan tersebut suhu *interpass* sering kali tidak diperhatikan. Maka dalam tugas akhir ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu *interpass* terhadap pengelasan baja ASTM A36 ditinjau dari sifat mekanik.

## **I.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh suhu *interpass* terhadap hasil pengelasan pada baja ASTM A36?
2. Bagaimana sifat mekanis logam las material baja ASTM A36 akibat variasi suhu *interpass*?

## **I.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh suhu *interpass* terhadap hasil pengelasan pada baja ASTM A36.
2. Mengetahui sifat mekanis pada logam las material baja ASTM A36 akibat dari variasi suhu *interpass*.

## **I.4. Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini permasalahan difokuskan pada:

1. Material yang digunakan adalah baja ASTM A36 dengan bentuk sambungan butt joint (*single v*).
2. Ukuran *test coupon* 300x150x12 mm 6 buah.
3. *Electrode* yang digunakan pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) adalah E7018.
4. Suhu *interpass* ditentukan 200°C, 300°C, dan 450°C.
5. Pengujian kekerasan permukaan dilakukan dengan metode hardness vickers pada 27 titik pada *test piece* tiap *test coupon*.
6. Jumlah *test piece* pada pengujian tarik sebanyak 2 *piece* tiap *test coupon*.
7. Jumlah *test piece* pada pengujian impact sebanyak 6 *piece* tiap *test coupon* dengan lokasi takik pada *weld metal* dan HAZ.
8. Pengujian struktur mikro dilakukan pada lokasi *base metal*, *weld metal*, dan HAZ.

### **I.5. Manfaat**

1. Dapat dijadikan referensi dalam menentukan pengaruh suhu *interpass* pada pengelasan baja ASTM36 dengan variasi yang berbeda-beda.
2. Membantu welder dengan dijadikan acuan untuk proses pengelasan SMAW.

### **I.6. Hipotesis**

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah:

1. Suhu *interpass* akan berpengaruh pada struktur mikro material.
2. Besarnya suhu *interpass* juga dapat mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan, dimana nilai kuat tarik akan semakin kecil jika nilai suhu *interpass* semakin besar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **II.1. Dasar Teori**

##### **II.1.1. Teori Dasar Pengelasan**

(DIN) *Deutsche Industrie Normen* mendefinisikan las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan pada keadaan lumer atau cair. Dari definisi diatas dapat dijabarkan bahwa las adalah sambungan setempat dari berbagai batang logam dengan menggunakan energi panas (Wiryo Sumarto, 2000).

Pengelasan adalah seperti yang diketahui oleh kebanyakan orang, dimana sarana utama untuk membuat produk dari logam ini dengan menggabungkan potongan kecil menjadi benda yang lebih besar. Dalam arti luasnya, pengelasan mencakup segala proses yang menyebabkan bahan bergabung melalui aksi atraktif dari gaya interatomik atau antarmolekul, yang bertentangan dengan gaya saling mekanik murni makroskopis atau bahkan mikroskopis. Dengan demikian, pengelasan sangat penting dalam pembuatan modern dari sudut pandang teknologi maupun ekonomi (Messler Jr, 2004).

Definisi pengelasan menurut *American Welding Society* adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur pencairan yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), atau dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*). Dari definisi tersebut dapat diambil pengertian jika pengelasan merupakan proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan daerah setempat yang akan disambung hingga mencair dan selanjutnya terjadi ikatan metalurgi pada logam tersebut (AWS A3, 2009).

Pengelasan adalah proses penyambungan secara metalurgi dengan mengaplikasikan beberapa jenis sumber panas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai “sebuah proses penyambungan yang dapat menghasilkan penggabungan dari material-material dengan memanaskannya hingga temperatur pengelasan dengan atau tanpa adanya tekanan atau hanya dengan menggunakan tekanan, dan dengan atau tanpa penggunaan logam pengisi,” (Winarto, 2011).

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan dua logam menjadi satu dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan dengan menggunakan logam pengisi (*filler*) tanpa mengurangi kekuatan dan bentuk dari material logam tersebut dan menghasilkan

sambungan yang kontinu. Selain itu, pengelasan cukup ekonomis dan efisien karena cara penyambungannya dengan cara tetap, artinya tidak mudah untuk melepas membongkar kembali.

### **II.1.2. *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)***

Proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk. Dengan cara menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas yang ditimbulkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda. Dengan kata lain teknik pengelasan ini memanfaatkan panas busur listrik yang timbul karena perbedaan tegangan antara elektroda terbungkus dengan material yang akan disambung (Wirjosumarto, 2000).

Pengelasan SMAW pada umumnya disebut las stik, adalah proses las manual dimana busur dibentuk antara fluks yang membungkus elektroda dengan benda kerja. Proses ini menggunakan dekomposisi dari fluks untuk membentuk gas pelindung (*shielded gas*) dan untuk melindungi cairan las (ASM International, 1991).

Proses SMAW merupakan pengelasan yang paling banyak digunakan daripada proses lainnya, dimana proses pengelasan yang paling sederhana dalam hal peralatan. Namun yang menjadi tersulit mungkin dalam hal elektrodanya mudah ditemukan di pasaran, dan hampir semua aplikasi dalam manufaktur, konstruksi, dan perawatan. SMAW mempunyai fleksibilitas untuk semua posisi pengelasan (*flat, horizontal, vertical, dan overhead*), dengan ketebalan base metal minimum 1,6 mm dan ketebalan maksimum yang tidak terbatas (ASM International, 1991).

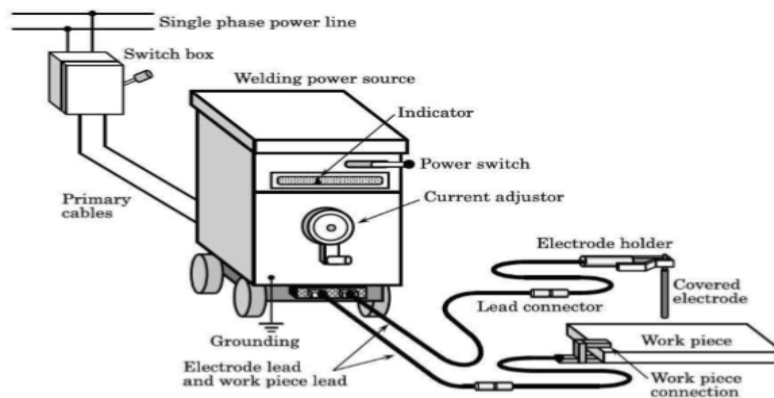
Kualitas lasan tergantung pada desain dan aksesibilitas sambungan, serta pada elektroda, teknik, dan keterampilan tukang las. Karena pada dasarnya SMAW adalah proses manual, skill dari juru las adalah yang paling utama. Faktor lain yang juga mengurangi kualitas adalah pembersihan interbead yang tidak benar, lokasi manik-manik las yang buruk di dalam sambungan, termasuk fluks yang hilang sebagian, dan kabel inti yang tidak terpusat pada penutup fluks. Namun *duty cycle* pada proses ini relatif rendah, karena juru las harus sering melepas elektroda yang akan habis dengan yang baru hampir tiap dua menit sekali, menghilangkan *slag*, membersihkan kotoran dengan sikat besi. Hal tersebut dapat mengurangi efisiensi pekerjaan hingga 25% (ASM International, 1991).

Adapun keuntungan dari pengelasan SMAW sebagai berikut: (O'Brien, 2004)

1. Peralatannya relatif sederhana, murah, dan portabel;

2. Elektroda SMAW menyediakan pelindung dan logam pengisi untuk membuat suara pengelasan;
3. Dimensi dari elektroda SMAW adalah ideal untuk menjangkau daerah dengan akses terbatas;
4. Pengelasan dapat disemua logam atau material;
5. Proses yang fleksibel karena dapat diterapkan berbagai variasi sambungan dan posisi pengelasan;
6. Hasil optimal dapat diperoleh dengan mudah dan andal.

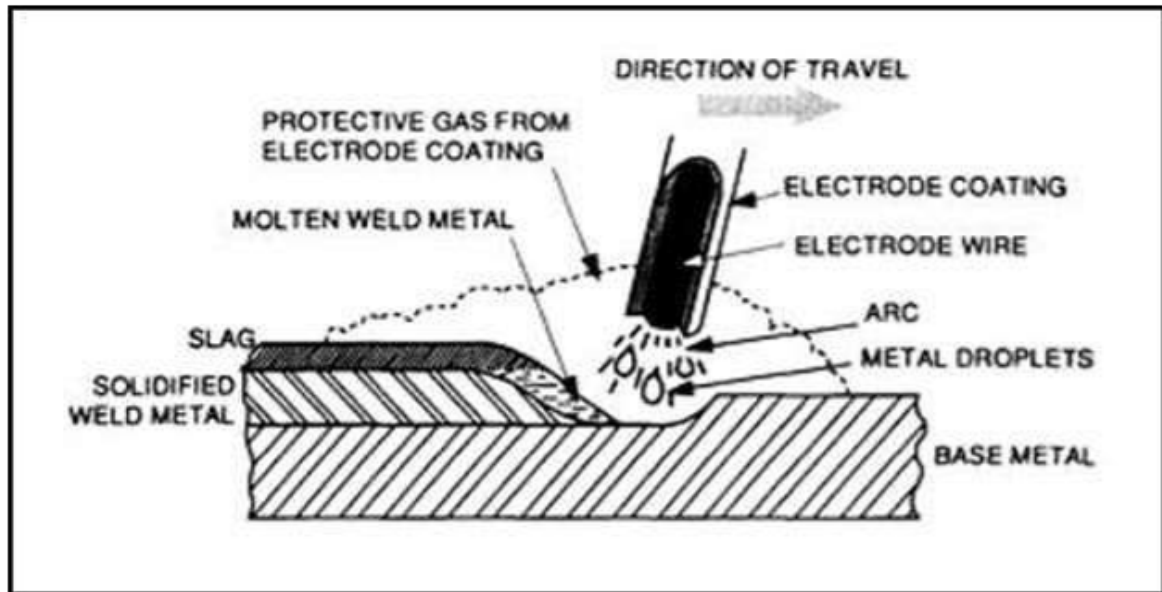
Pada SMAW, pemilihan elektroda merupakan faktor yang penting untuk menentukan hasil lasan. Agar tidak terjadi kesalahan saat memilih elektroda, maka *welder* harus memiliki informasi yang tepat dalam memilih sifat-sifat elektroda terbungkus (*cover edelectrode*). Elektroda tersebut terbuat dari sebuah inti logam dan pembungkus fluks. Busur akan dipertahankan diantara ujung elektroda dan benda kerja. Busur tersebut akan melelehkan inti logam dan fluks. Gas pelindung yang dihasilkan dari pembakaran fluks dan dekomposisi pelapis elektroda akan melindungi logam cair dari udara. Sehingga permukaan hasil lasan tertutup oleh terak (terutama dari fluks yang mencair dan membeku). Terak harus dihilangkan setelah pengelasan selesai. Seperti pada gambar II.1, pengelasan SMAW umumnya banyak diaplikasikan di industri karena relatif simpel dan sederhana peralatannya (Winarto, 2011).



**Gambar II.1 Pengaturan Mesin Las SMAW**

Sumber: JWES-IWS, 2011

Proses pengelasan SMAW diawali dengan mengetukkan atau menggesekkan elektroda ke benda kerja (*base metal*). Proses pengetukan menghasilkan busur awal (*arc starting*) yang akan melelehkan *base metal* dan ujung elektroda secara bersamaan. Lelehan elektroda serta fluks berpindah melewati busur menuju *base metal*, dimana lelehan elektroda tersebut menjadi deposit las yang terlindungi oleh *slag* dari pembungkus elektroda. Deposit las dapat dilihat pada Gambar II.2 (ASM International, 1991).



**Gambar II.2 Proses Deposit SMAW**

Sumber: ASM International Vol 6, 1991

### II.1.3. Elektroda

Elektroda yang digunakan dalam proses SMAW memiliki banyak perbedaan, baik komposisi kawat las maupun jenis fluks. Diameter standard (diameter kawat las) bervariasi mulai dari 1.6 mm hingga 8 mm, sedangkan panjangnya mulai dari 230 mm hingga 455 mm. elektroda las tidak hanya merupakan kawat logam tetapi juga dilindungi atau diselimuti oleh fluks. Pada saat pengelasan, fluks ini ikut mencair dan bercampur dengan cairan logam yang berasal dari logam induk dan kawat las. Lapisan pelindung pada elektroda berfungsi sebagai: (ASM International, 1991)

- Penghasil gas, biasanya karbon dioksida, yang dibuat dari dekomposisi fluks untuk melindungi busur dan area pengelasan dari atmosfer.
- Penghasil deoksidasi, sebagai pengangkat kotoran dan pemurni logam las.
- Penghasil *slag*, berfungsi sebagai pelindung logam las dari oksidasi dan membantu membentuk alur las.
- Elemen paduan untuk menghasilkan karakteristik khusus yang lebih baik pada logam las.

Elektroda dalam pengerjaan tugas akhir ini memakai elektroda E7018. AWS (*American Welding Society*) telah menerapkan sebuah sistem identifikasi klasifikasi dari berbagai tipe elektroda. Semua SMAW menggunakan awalan E pada jenis elektroda. Berbagai simbol setelah awalan E menunjukkan kriteria dari elektroda, antara lain komposisi



kimia dari logam las, sifat mekanis logam, dan proses pengelasan. Berdasarkan klasifikasi AWS E7018 memiliki arti sebagai berikut: (ASM International, 1991)

- E70XX : Minimum *tensile strength* 70-72 ksi, minimum *yield strength* 390-420 Mpa, serta minimum *elongation* 17-25%.
- EXX1X : Dapat digunakan disemua posisi (*flat, vertical up dan down, horizontal, dan overhead*).
- EXXX8 : Dapat menggunakan arus DCEP atau AC, penetrasi medium, komposisi pelindung low hydrogen, komposisi slag menggunakan potassium, serta terdapat iron powder 25-40% pada elektroda.

#### II.1.4. Baja Karbon A36

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0.30%, baja karbon sedang mengandung 0.30-0.45% karbon, dan baja karbon tinggi mengandung 0.45-1.7%. Semakin tinggi kadar karbon dalam material, kekuatan dan kekerasan akan semakin besar tetapi perpanjangannya menurun. Kemampuan baja untuk dikerjakan dalam keadaan dingin dan kemampuan baja untuk dilas secara cepat akan menurun seiring bertambahnya kandungan karbon didalam baja (Wiryosumarto, 2000).

Dengan demikian baja ASTM A36 merupakan baja karbon yang tergolong baja karbon rendah. Karena besar kadar karbon dalam baja ASTM A36 adalah 0.25%. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel II.1, dimana menjelaskan komposisi kimia yang terdapat dalam ASTM A36.

**Tabel II. 1. Komposisi Kimia ASTM A36**

<i>Element</i>	<i>Content</i>
Carbon, C, max, %	0.25%
Copper, Cu, min, %	0.20%
Phosphorus, P, max, %	0.04%
Silicon, Si, %	0.40%
Sulfur, S, max, %	0.05%

Sumber: ASTM A36 Sec.II, 2001

### II.1.5. Suhu *Interpass*

Definisi *preheat* menurut AWS (*American Welding Society*) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara *preheat temperature*. Pada *multipass* weld definisi *preheat temperature* adalah suhu sesaat sebelum pengelasan pada pass selanjutnya dimulai. Pada *multipass* weld disebut juga sebagai *interpass temperature*. Dengan demikian suhu *interpass* adalah suhu saat proses pengelasan pertama selesai dan sebelum dilakukan pengelasan berikutnya. Dimana suhu *interpass* mengacu pada suhu material ketika akan dilakukan pengelasan selanjutnya didaerah lasan. Dalam prakteknya, suhu *interpass* minimum ditentukan sering sama dengan suhu awal (*preheat*). Nilai tinggi suhu *interpass* cenderung mengurangi kekuatan logam las dan juga akan memberikan pengaruh pada struktur butiran/mikro material tersebut (AWS D1.1, 2015).

Penggunaan suhu *interpass* berdasarkan (BKI Volume VI, 2015) yang menyebutkan bahwa untuk baja dengan kekuatan normal maupun tinggi untuk struktur *hull* (lambung kapal) ditentukan suhu *interpass* maksimum pada suhu 250°C. Jarak pengukuran sama halnya dengan pengukuran yang diambil menggunakan alat *infrared thermometer* terhadap material yang dilakukan pengelasan dimana masing-masing titik tersebut berjarak 100 mm dari alur las. Tidak terdapat aturan yang mengatur untuk jarak minimum ataupun maksimum dalam pengukuran suhu.

Suhu *Interpass* merupakan proses mengontrol suhu minimum awal logam las sebelum dilakukan pengelasan berikutnya pada logam las yang sebelumnya (*preheat*). Metode yang umum dilakukan adalah memonitor suhu logam lasan serta memasang *thermal blanket* bila diperlukan. Dalam artian bila suhu logam las dibawah suhu *interpass* yang disyaratkan maka logam las tersebut harus dipanaskan sebelum pengelasan dimulai dan berlaku pula sebaliknya. Pengontrolan suhu *Interpass* perlu dilakukan dengan tujuan : (AWS D1.1, 2015)

- Melarutkan hidrogen yang terperangkap saat dilakukan proses pengelasan.
- Mengurangi laju pendinginan
- Untuk mendapatkan ukuran butir yang lebih baik atau struktur mikro yang diharapkan.

Beberapa material *high alloy* seperti *chrome steel* atau beberapa jenis *stainless steel* memerlukan kontrol suhu *interpass* yang ketat untuk menghindari keretakan ataupun menurunnya kualitas properties mekanik seperti kekuatan atau ketangguhan ataupun properties engineering seperti kemampuan tahan korosi atau tahan suhu tinggi.

### II.1.6. Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban/gaya sampai menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting adalah: (AWS Part A, 2008)

- Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan patah. Ada banyak jenis kekuatan, masing-masing tergantung pada bagaimana beban diterapkan pada material seperti kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan torsional, kekuatan dampak dan kekuatan kelelahan.
- Kekerasan (*hardness*) menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan, indentensi atau penetrasi. Kekerasan logam juga memungkinkan pendekatan pada kekuatan tariknya.
- Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan kerusakan. Selain itu juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja pada suatu kondisi tertentu.
- Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang yang besarnya masih jauh dibawah kekuatan elastisnya. Kelelahan logam disebabkan oleh tindakan mekanik siklik atau berulang pada daerah yang sama. Beban berganti-ganti secara bergantian antara tegangan yang tinggi dan beberapa tekanan yang lebih rendah atau sebaliknya. Tindakan ini dapat terjadi dengan cepat ataupun secara perlahan yang berkelanjutan.
- Kekenyalan (*ductility*) merupakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi. Dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.

### II.1.7. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu metode pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahannya dari suatu logam terhadap gaya tarik yang diberikan. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Hasil yang diperoleh dari proses

pengujian tarik adalah kurva tegangan, regangan, parameter kekuatan, dan perpanjangan (Winarto, 2011).

Pada tahap awal dari uji tarik, terdapat hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Sehingga didapatkan kurva pertambahan panjang vs beban. Dengan mengikuti aturan Hukum Hooke yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan. Sedangkan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

Perubahan panjang dalam kurva disebut regangan ( $\epsilon$ ), dimana didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik ( $\Delta L$ ) terhadap panjang batang mula-mula ( $L_0$ ). Tegangan yang dihasilkan disebut tegangan ( $\sigma$ ), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi ( $P$ ) pada suatu luas penampang awal ( $A_0$ ). Tegangan normal tersebut akibat beban tarik statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan: (Winarto, 2011)

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan normal akibat beban tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = Beban tarik (N)

$A_0$  = Luas penampang spesimen mula-mula (mm<sup>2</sup>)

Regangan akibat beban tarik statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2)$$

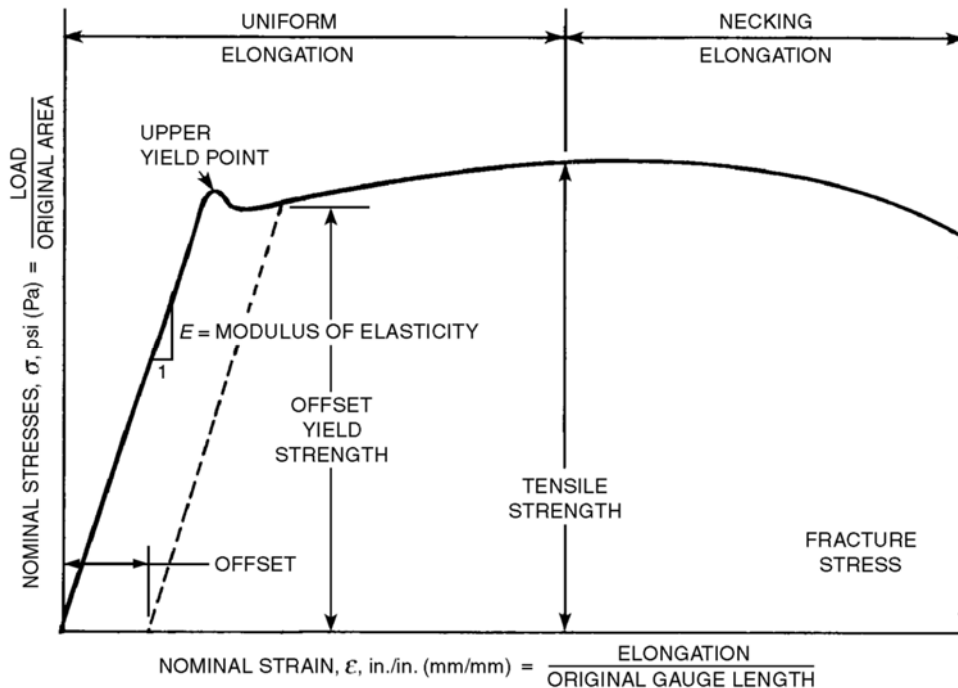
Dimana:  $L-L_0 = \Delta L$

Keterangan:

$\epsilon$  = Regangan akibat beban tarik

$L$  = Perubahan panjang spesimen akibat beban tarik (mm)

$L_0$  = Panjang spesimen mula-mula (mm)



**Gambar II.3 Diagram Regangan-Tegangan**

Sumber: AWS IX edition Vol.1, 2001

“*Ultimate Tensile Strength*” dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum, dimana dapat dirumuskan beban maksimum dibagi dengan luas penampang asli spesimen. Beban maksimum dapat diambil langsung dari penunjuk beban mesin uji ketegangan. Pada pengujian tarik, akan didapatkan hasil pengujian berupa data, di antaranya adalah tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), tegangan luluh (*yield strength*), regangan (*elongation*), pengurangan luas penampang (*reduction of area*), lokasi dan mode kepecahan, dan diagram tegangan-regangan yang dapat dilihat pada Gambar II.3 (Jenney et al., 2001).

### II.1.8. Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan istilah yang digunakan dalam dunia industri, yang dapat diartikan sebagai kemampuan sebuah material untuk menahan indentasi permanen atau deformasi ketika kontak dengan beban indenter. Secara umum dapat diartikan sebagai penekanan sebuah indenter yang mempunyai geometri dan sifat mekanik pada sebuah bahan uji material. Sebuah indenter dapat berbentuk bola (*spherical, brinell test*), berbentuk segilima (*pyramidal, vickers test atau knoop test*), atau berbentuk kerucut (*rockwell test*). Ada tiga dasar metode penentuan kekerasan metal yaitu *brinell*, *rockwell*, *vickers* dan *microhardness*. *Microhardnes* sendiri dibagi dua yaitu *vickers* dan *knoop* (Jenney et al., 2001).

Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*indentor*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (*speciment*). Idealnya pengujian *Brinell* diperuntukan bagi material yang memiliki kekerasan *Brinell* sampai 400 HB. Angka Kekerasan *Brinell* (HB) didefinisikan sebagai hasil bagi (Koefisien) dari beban uji (F) dalam *Newton* yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi (Jenney et al., 2001).

Metode *rockwell* ini meliputi beberapa variasi prinsip dasar tetapi menggunakan beberapa diameter indentor yang berbeda. Indentor yang digunakan pada metode ini adalah berlian Brale dan 1/16, 1/8, 1/4, dan 1/2 in. diameter bola baja. Indentasi yang dihasilkan oleh metode *rockwell* lebih kecil jika dibandingkan dengan metode *brinell*, hal tersebut memungkinkan untuk pengetesan pada material yang lebih sempit. Menggunakan macam-macam indentor tadi, berbagai macam beban bisa di aplikasikan hampir disemua material. Beban yang diberikan memang lebih kecil dibandingkan dengan metode *brinell* yaitu hanya di antara rentang 60 – 150 kg (Jenney et al., 2001).

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136 Derajat yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam *Newton* yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan bola baja (A) dalam milimeter persegi (Jenney et al., 2001).

Metode yang terakhir adalah metode *microhardness*, alasan dinamakan *microhardness* karena hasil dari pengujian ini perlu adanya pembesaran melalui *microscope*. Pada pengujian ini indentornya menggunakan intan kasar yang dibentuk menjadi piramida. Bentuk lekukan intan tersebut adalah perbandingan diagonal panjang dan pendek dengan skala 7:1. Pengujian ini untuk menguji suatu material adalah dengan menggunakan beban statis. Bentuk indentor yang khusus berupa knoop memberikan kemungkinan membuat kekuatan yang lebih rapat dibandingkan dengan lekukan *Vickers*. Hal ini sangat berguna khususnya bila mengukur kekerasan lapisan tipis atau mengukur kekerasan bahan getas dimana kecenderungan menjadi patah sebanding dengan volume bahan yang ditegangkan (Jenney et al., 2001).

### **II.1.9. Pengujian Metalografi**

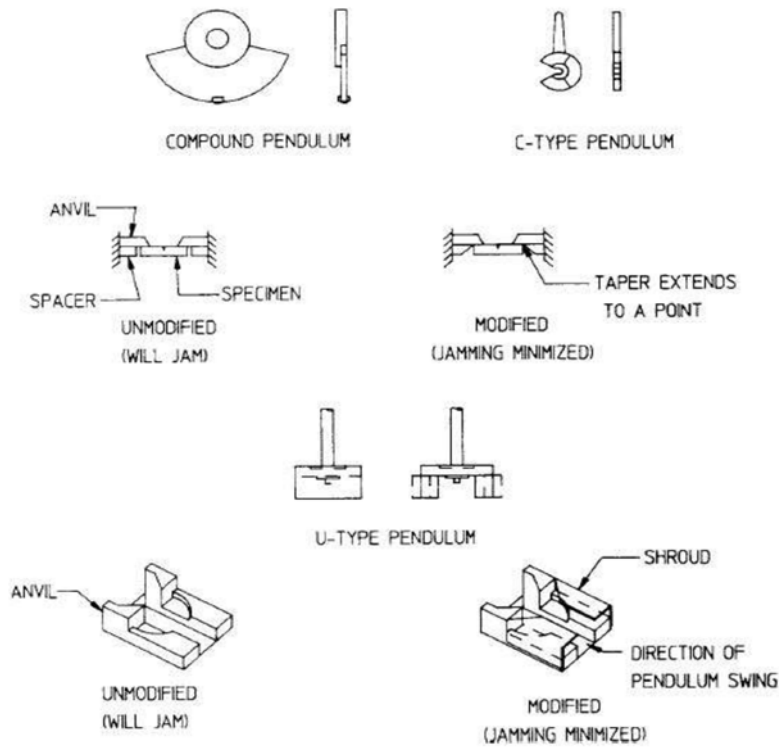
Pengujian metalografi adalah suatu teknik atau ilmu untuk melihat struktur mikro dan makro material. Pengujian metalografi pada dasarnya terdiri dari pengujian makro dan

pengujian mikro. Pengujian mikro bertujuan untuk mengetahui kondisi struktur mikro penyusun logam akibat proses pengelasan, pemanasan, dan pendinginan. Struktur mikro berupa butiran-butiran yang dipisahkan oleh batas butir (*grain boundary*). Tahapan untuk melakukan pengujian mikro adalah sebagai berikut: (ASM International, 2004)

- *Cutting* merupakan pemotongan benda uji disesuaikan dengan penampang yang akan diamati.
- *Mounting* (pemingkaian) merupakan untuk memudahkan pemegangan terhadap benda uji yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan.
- *Grinding* merupakan proses meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan kertas amplas anti air. Selama *grinding* diberi air untuk mencegah terjadinya oksidasi pada permukaan benda uji.
- *Polishing* merupakan menghaluskan serta menghilangkan goresan-goresan selama proses *grinding* dengan menggunakan kain bludru (*polishing cloth*). Sebagai media pendingin digunakan alkohol.
- *Etching* merupakan proses mereaksikan benda uji dengan bahan etsa sehingga dapat memunculkan gambar struktur mikro dengan jelas.
- *Viewing* merupakan pengamatan yang dilakukan dengan mikroskop optik atau mikroskop elektron.

#### **II.1.10. Pengujian *Impact***

Uji *Impact* adalah metode untuk mengevaluasi ketangguhan dan kepekaan takik bahan material. Biasanya digunakan untuk menguji ketangguhan logam, tetapi tes serupa digunakan untuk polimer, keramik, dan komposit. Pengujian ini berguna untuk melihat efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya takikan, bentuk takikan, temperatur, dan faktor-faktor lainnya. Prinsip pengujian ini adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan uji yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik. Metode paling umum untuk pengujian *impact* adalah *charpy test* dan *izod test*. Tetapi juga terdapat metode lain dalam pengujian *impact*, yaitu uji takik dalam, uji takik ganda, uji rambat retak, dll (Wiryosumarto, 2000).



**Gambar II.4 Typical Pendulums and Anvils for Charpy Machines**

Sumber: (ASTM E23, 2007)

Pengujian *impact* menggunakan metode *charpy* (Gambar II.4), juga dikenal sebagai tes *V-notch Charpy*, adalah standar pengujian yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh material selama fraktur. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan takik bahan tertentu dan bertindak sebagai kondisi untuk mengamati energi yang diserap pada suhu transisi. Hal ini banyak digunakan pada industri, karena mudah untuk dilakukan dan hasilnya dapat diperoleh dengan cepat dan murah. Pada metode ini bahan uji diletakkan mendatar dan kedua ujung bahan uji ditumpu pada suatu landasan. Letak takikan (*notch*) tepat ditengah dengan arah pemukulan dari belakang takikan. Sedangkan metode *izod*, bahan uji dijepit pada salah satu ujungnya dan diletakkan tegak. Arah pemukulan dari depan takikan (ASTM E23, 2007).

#### II.1.11. Hall Petch Equation

Penguatan batas butir (atau penguatan Hall-Petch) adalah metode memperkuat material dengan mengubah ukuran kristal (butir) rata-rata. Hal ini didasarkan pada pengamatan bahwa batas butir menghambat gerakan dislokasi dan bahwa jumlah dislokasi dalam sebutir memiliki efek pada seberapa mudah dislokasi dapat melintasi batas butir dan bergerak dari biji ke biji-bijian. Jadi, dengan mengubah ukuran butir satu dapat mempengaruhi gerakan dislokasi dan menghasilkan kekuatan. Sehingga semakin kecil ukuran butir pada material maka material tersebut memiliki angka kekerasan yang tinggi.



## II.2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka diperlukan sebagai acuan dari pengalaman yang telah dikerjakan oleh peneliti sebelumnya guna mempermudah dalam menyelesaikan penelitian yang sedang dikerjakan oleh peneliti sekarang. Selain itu, studi literatur ini bertujuan untuk mendapatkan informasi atau data yang berlaku sesuai dengan bidang pada penelitian. Literatur yang berkaitan dan menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Menurut (Amin, 2016) yang melakukan penelitian dengan judul “*Pengaruh Variasi Temperatur Interpass Terhadap Struktur Mikro Dan Fraktografi HAZ Hasil Pengelasan GMAW Metode Temper Bead Welding Pada Baja Karbon Sedang*” bahwa penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *interpass* dengan metode *temper bead welding* yang dilakukan secara berlapis menyebabkan terjadi pendinginan yang tidak kontinyu. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa peningkatan temperatur *interpass* memperlihatkan pengurangan jumlah struktur *ferrite* dan penambahan jumlah struktur *bainit* dan peningkatan temperatur *interpass* memberikan bentuk *cleavage* yang semakin lebar disertai adanya bentuk seperti *dimple*.
2. Menurut (Ermawati, 2009) yang melakukan penelitian dengan judul “*Pengendalian Temperature Interpass Pada Pengelasan Multi Layer Atau Multipass Material AH36*” bahwa penelitian ini dilakukan variasi temperatur *interpass* 75°C, 125°C, dan 150°C pada material AH36 dengan jenis sambungan las tumpul *butt joint*. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa faktor yang sangat berpengaruh dalam proses pengelasan untuk menghasilkan kualitas pengelasan dan ketangguhan yang baik adalah masukan panas *heat-input* dan perlakuan pada saat pengelasan.
3. Menurut (Wienpy, Pradesta, 2017) yang melakukan penelitian dengan judul “*Analisa Pengaruh Post Weld Heat Treatment terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Pengelasan Ulang Baja Karbon A36 pada Pondasi Mesin Kapal*”, dalam penelitian ini dilakukan pengelasan ulang sebanyak 3 kali dengan perlakuan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) dengan suhu sebesar 595°C. Proses pengelasan menggunakan SMAW dengan ketebalan material 16 mm. Bahwa berdasarkan hasil pengujian tarik yang dilakukan nilai *ultimate tensile strength* dan *yield strength* setiap dilakukan pengelasan ulang mengalami penurunan, dimana proses PWHT berpengaruh terhadap penurunan nilai cenderung lebih stabil. Nilai kekerasan juga

mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan akibat pengaruh PWHT. Nilai energi *absorb* mengalami kenaikan dikarenakan pengaruh PWHT membuat material menjadi ulet. Butiran *pearlite* dan *ferrite* terbentuk semakin kecil dan rapat akibat pengaruh pengelasan ulang dan PWHT, dimana semakin kecil butir akan semakin besar angka dari kekerasan sebuah material.

4. Menurut (Weber, R. A., 1981) yang melakukan penelitian dengan judul “*Weldability Characteristics of Construction Steel A36, A514, and A516*” dalam penelitian ini dilakukan pengujian kemampuan pengelasan pada baja ASTM A36, A514, dan A516 dengan menggunakan elektroda E7018 serta proses pengelasan yang digunakan adalah SMAW dan GMAW. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dalam pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 mempunyai nilai tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) adalah 89.3 Ksi (615.70 MPa) dan Yield Strength 77.4 Ksi (533.65 Mpa). Sedangkan nilai *Charpy V-notch (weld metal)* adalah 122 Joule dan nilai kekerasan material adalah 194 HV.

## **BAB III METODOLOGI**

### **III.1. Bahan dan Peralatan**

#### **III.1.1. Bahan Penelitian**

Material yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah baja karbon rendah A36 dengan ukuran 300 x 150 x 12 mm sejumlah 6 buah dapat dilihat pada Gambar III.1



**Gambar III.1 Material ASTM A36**

#### **III.1.2. Peralatan Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan peralatan yang memiliki fungsi masing-masing sesuai dengan kegunaannya mulai pada tahap persiapan material, proses pengelasan, pembuatan spesimen uji dan proses pengujian.

##### **III.1.2.1. Peralatan Persiapan Material**

1. Mesin Scater ESAB CG1-30 straight line cutter
2. Mesin gerinda
3. Penggaris

##### **III.1.2.2. Peralatan Proses Pengelasan**

1. Mesin las DC SMAW merk ESAB LHE 300
2. Kawat Las (elektroda E7016 & E7018)
3. Gas  $O_2$

4. Gas LPG
5. *Oxygen Acetylene Gas*
6. Heating Torch LPG 900 mm merk Krisbow
7. *Infrared Thermometer*
8. *Welding Helmet*
9. Sikat
10. *Stopper*
11. *Steel Marker*

#### **III.1.2.3. Peralatan Pembuatan Spesimen Uji**

1. Gergaji
2. Mesin *Scrub*
3. Mesin Poles
4. Ragum
5. Kertas Gosok
6. Larutan Etsa
7. Jangka Sorong
8. Kikir

#### **III.1.2.4. Peralatan Proses Pengujian**

1. *Universal Testing Machine*
2. Mesin Pengujian Impact
3. *Optical Microscope*
4. Mesin Pengujian *Hardness Vickers*

### **III.2. Proses Pengelasan**

Proses pengelasan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Pada proses pengelasan menggunakan *filler metal* E7018. Parameter yang digunakan dalam proses pengelasan dapat dilihat pada Tabel III.

**Tabel III.1 Parameter Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)**

<i>Joints</i>	
1. <i>Joints Design</i>	<i>Butt Joint</i>
2. <i>Type</i>	<i>Single V</i>
3. <i>Backing</i>	NA
4. <i>Root Opening</i>	1 – 2 [mm]
5. <i>Root Face Dimension</i>	1 – 2 [mm]
6. <i>Groove Angle</i>	60°
7. <i>Back Weld</i>	<i>Yes</i>
<i>Base Metal</i>	
8. <i>Plate Thickness</i>	12 [mm]
9. <i>Type Grade</i>	A36
10. <i>Interpass Temperature</i>	200°,300°,450° [C]
<i>Position</i>	
11. <i>Filler Metal</i>	3G
<i>AWS Classification</i>	
12. <i>Electrical Characteristics</i>	E 7016 dan E 7018
13. <i>Ampere Range</i>	DCEN
14. <i>Voltage Range</i>	150 – 300 [A]
15. <i>Travel Speed Range</i>	22 – 32 [V]
16. <i>Shielding</i>	90 – 150 [mm/min]
<i>Gas</i>	
17. <i>Composition</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>
18. <i>Flux</i>	75%
19. <i>Electrode-Flux (Class)</i>	NA
20. <i>Flow Rate</i>	NA

### **III.2.1 Pelaksanaan Pengelasan**

Berdasarkan parameter pengelasan yang telah ditetapkan, selanjutnya sebelum dilakukan proses pengelasan terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan. Tahapan sebelum dilakukan pengelasan tersebut adalah sebagai berikut:

### III.2.1.1. Tahap Persiapan

- a. Penyiapan material (*test coupon*) dengan ukuran 300 x 150 x 12 mm sejumlah 6 buah yang telah dilakukan bevel pada alur lasnya. Dapat ditunjukkan pada Gambar III.2
- b. Pemeriksaan kelurusan material, *root opening*, *root face dimension* sesuai dengan parameter pengelasan. Kemudian dilakukan proses gerinda pada bagian material yang akan di las (bevel) yang bertujuan untuk membersihkan bagian tersebut, dimana saat dilakukan pengelasan material harus keadaan bersih. Dan dilakukan pemasangan *stopper* yang bertujuan agar material pada saat dilakukan pengelasan tidak mengalami deformasi. Ditunjukkan pada Gambar III.3
- c. Persiapan mesin las SMAW dan kawat las E 7016, dengan tipe polaritas DCEN, ampere sebesar 150-300 [A] dan voltase sebesar 22-32 [V] sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.



**Gambar III.2 Pembevelan Material**



**Gambar III.3 Pemasangan Stopper**

### **III.2.1.2. Tahap Pengelasan**

Setelah tahapan persiapan selesai dilakukan, maka selanjutnya dilakukan tahap pengelasan. Pada Gambar III.4 merupakan salah satu contoh proses pengelasan *Shilde Metal Arc Welding* (SMAW). Dalam proses pengelasan terdapat tahapan sebagai berikut:

- a. Pada *test coupon* 1 dilakukan pengelasan langsung secara terus-menerus sampai empat layer dengan suhu *interpass* 200°C. Dimana tidak dilakukan pengukuran suhu pada proses *backwel*, tapi pengukuran suhu dimulai tepat setelah proses *backwel* dan akan dilakukan pengelasan layer pertama. Proses pengelasan memperhatikan suhu yakni peningkatan suhunya berbeda-beda setiap layer. Apabila pengukuran suhu pada material sebelum dilakukan pengelasan menunjukkan suhu mendekati 200°C seperti yang dapat dilihat pada Gambar II.4, maka didiamkan sejenak hingga suhu berada  $\pm 160^\circ\text{C}$ . Karena pada proses pengelasan satu elektroda, suhu bisa naik sebesar 30°C-50°C.



**Gambar III.4 Variasi Suhu 200°C**

- b. Pada *test coupon* 2 dilakukan pengelasan dengan suhu *interpass* 300°C. Dimana pengukuran suhu dilakukan setelah pengelasan *backwel*, tepat setelah dilakukan pengelasan satu elektroda. Apabila suhu masih kurang dari yang ditentukan, maka

dilakukan pemanasan pada material dengan *barner*. Kemudian dilanjutkan pengelasan sampai empat layer dan dilakukan pengontrolan suhu tertentu secara bersamaan. Jika suhu material berada diatas 300°C (Gambar III.5), maka pengelasan dihentikan sejenak hingga suhu berada  $\pm 250^\circ\text{C}$ .



**Gambar III.5 Variasi Suhu 300°C**

- c. Pada *test coupon* 3 dilakukan pengelasan dengan suhu *interpass* 450°C. Dimana pengukuran suhu dilakukan setelah pengelasan *backwel*, tepat setelah dilakukan pengelasan satu elektoda. Proses pengelasannya sama seperti *test coupon* 2 hanya berbeda besar suhu yakni 450°C. Dapat dilihat pada Gambar III.6.

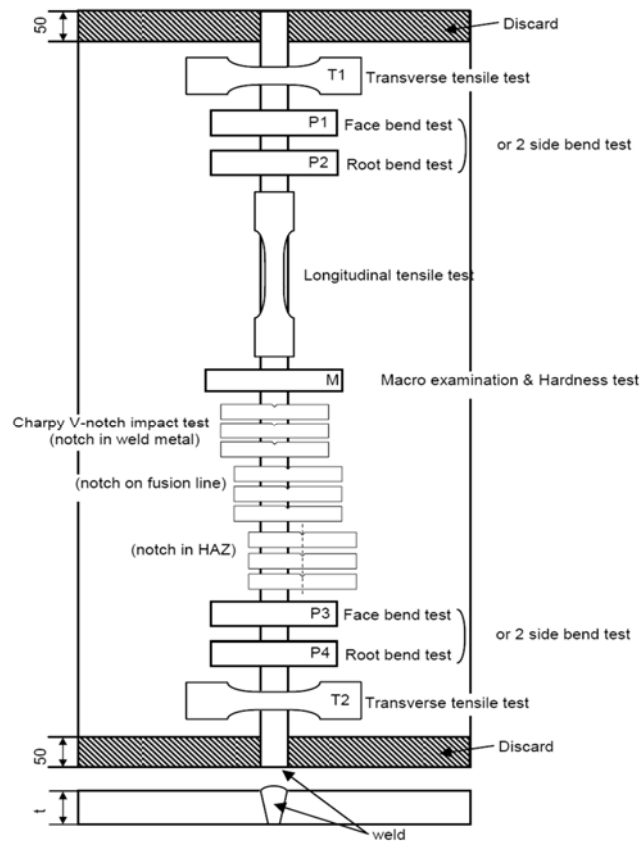


**Gambar III.6 Variasi Suhu 450°C**

### III.3. Prosedur Penelitian

Setelah dilakukan pengelasan pada material, selanjutnya dilakukan pemotongan material untuk dibuat spesimen uji. Pengambilan *test piece* untuk dilakukan pengujian didasarkan pada [BKI volume VI sectoin 12 tahun 2015]. Contoh detail pengambilan *test piece* dapat dilihat pada Gambar III.7.





**Gambar III.7 Contoh Pengambilan Spesimen pada *Test Coupon***  
 Sumber: BKI Vol. VI Sec. 12, 2015

Pengujian yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian *impact* dan pengujian metalografi. Pengujian ini disesuaikan dengan tujuan dari penelitian untuk mengetahui sifat mekanis pada material berdasarkan aturan pada AWS (*American Welding Society*) D1.1 tahun 2015, dimana terdapat jumlah spesimen yang dibutuhkan untuk masing-masing pengujian. Dalam penelitian ini untuk spesimen pengujian dalam satu variasi terdapat pengujian tarik sejumlah 2 spesimen, pengujian kekerasan sejumlah 1 spesimen, dan pengujian *impact* sejumlah 6 spesimen. Serta pada pengujian metalografi sejumlah 1 spesimen.

### III.3.1. Pemotongan Material

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, dilanjutkan dengan proses pemotongan material. Proses pemotongan material dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mengukur dimensi spesimen pada material (*test coupon*) yang akan dipotong menggunakan penggaris dengan menyesuaikan jenis dan jumlah pengujian yang akan dilakukan selanjutnya.

2. Material (*test coupon*) yang telah dilakukan pengukuran dimensi selanjutnya diletakkan pada mesin gergaji dengan kondisi dijepit mesin tersebut (Gambar III.8)
3. Memastikan bahwa material (*test coupon*) yang telah dijepit tepat sesuai dengan ukuran sebelum dilakukan proses pemotongan.
4. Dilakukan proses pemotongan berdasarkan dimensi specimen yang telah diukur.
5. Material yang telah dipotong dilakukan pengukuran dimensi kembali untuk memastikan ukurannya telah sesuai dengan dimensi yang ditentukan.
6. Apabila terdapat kelebihan dimensi setelah dilakukan proses pemotongan material, maka dapat dilakukan proses *machining* pada specimen yang bertujuan untuk menyesuaikan ukuran dimensi material sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.



**Gambar III.8 Proses Pemotongan *Test Coupon***

### **III.3.2. Pembuatan Spesimen Uji**

Dalam pembuatan spesimen uji, semula dilakukan pengukuran dimensi specimen pada setiap material (*test coupon*) pengujian dan selanjutnya dilakukan proses pemotongan material. Lokasi pemotongan material dan pembuatan spesimen uji dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan 4 (empat) jenis proses pengujian disesuaikan dengan tujuan dari tugas akhir ini. Berikut daftar dan jumlah spesimen uji yang digunakan dalam penelitian ini:

1. *Tensile Test* berjumlah 6 buah (2 buah/pelat)
2. *Impact Test* berjumlah 18 buah (6 buah/pelat, *notch* terletak pada *weld metal* dan HAZ)
3. *Metalography Test* berjumlah 3 buah (1 buah/pelat, pada daerah *base metal*, *weld metal*, dan HAZ)

4. *Hardness Test* berjumlah 3 buah (1 buah/pelat, 27 titik/buah pada daerah *base metal*, *weld metal*, dan HAZ)



**Gambar III.9 Hasil Pemotongan Spesimen**

### **III.3.3. Pengujian Tarik**

Pengujian tarik (*tensile test*) menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Dalam pengujian tarik terdapat sebanyak 6 buah spesimen, dimana pada setiap material (*test coupon*) atau setiap variasi perlakuan suhu *interpass* yang berbeda pada material masing-masing terdapat 2 buah spesimen uji. Tujuan terdapat 2 buah spesimen setiap variasi perlakuan suhu *interpass* adalah sebagai pembandingan data yang dihasilkan dari hasil pengujian tarik sehingga dapat diambil rata-rata dari kedua data tersebut.

Sebelum dilakukan proses pengujian, potongan spesimen uji tarik hasil dari proses pemotongan selanjutnya dibentuk spesimen dengan menggunakan mesin *scrub* yang dapat mempermudah pengerjaan untuk bisa menghasilkan bentuk spesimen seperti pada Gambar III.9. Proses pembentukan spesimen uji tarik dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan Departemen Teknik Perkapalan. Selanjutnya setelah terbentuk spesimen uji tarik yang sesuai dengan aturan yang digunakan seperti pada Gambar III.10, maka dapat dilakukan pengujian tarik. Aturan yang digunakan dalam pembentukan spesimen uji tarik ini berdasarkan pada peraturan BKI Vol. VI Sec. 11 *Rules for Welding*.



**Gambar III.10 Spesimen Uji Tarik**

#### **III.3.4. Pengujian *Impact***

Dalam pengujian *impact*, penelitian ini menggunakan metode *charpy* dengan spesimen uji berbentuk dan berukuran seperti pada gambar Gambar III.11. Pembentukan spesimen dalam pengujian *impact* yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan peraturan BKI Vol. VI Sec.11 *Rules for Welding* dan toleransi yang diijinkan untuk dimensi spesimen berdasarkan BKI Vol. V Sec. 2 *Rules for Materials*.

Spesimen uji *impact* berjumlah 9 buah, dimana terdapat 3 spesimen setiap *test coupon* atau variasi perlakuan suhu *interpass* pada setiap material dengan *notch* dibuat pada daerah *weld metal*. Tujuan *notch* hanya terletak pada daerah *weld metal* dikarenakan penyesuaian dengan tujuan dari penelitian tugas akhir ini yakni untuk mengetahui sifat mekanis pada logam las material akibat dari pengaruh suhu *interpass* pada baja ASTM A36.

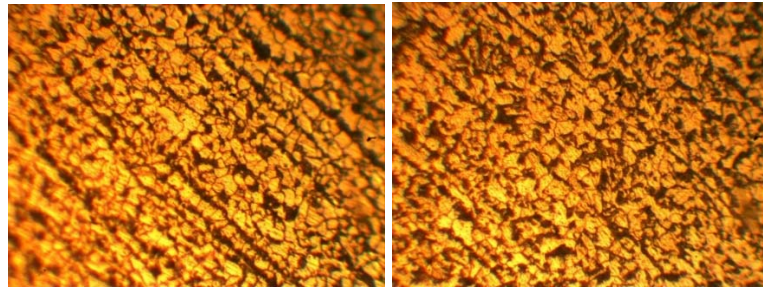


**Gambar III.11 Spesimen Uji *Impact***

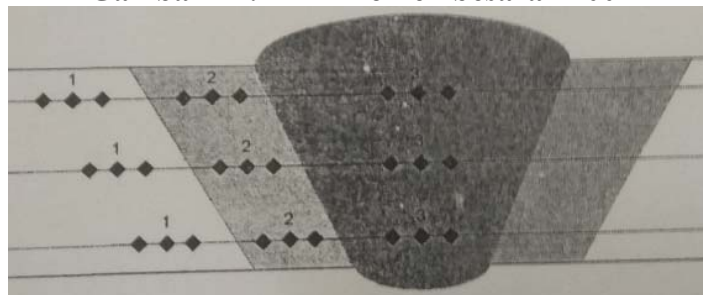
#### **III.3.5. Pengujian Metalografi dan *Hardness***

Pengujian metalografi dan *Hardness* (kekerasan) material diuji pada potongan melintang meliputi daerah *weld metal* dan HAZ setiap material. Dimana pada setiap material (*test coupon*) atau setiap variasi perlakuan suhu *interpass* yang berbeda pada material masing-masing terdapat 1 buah spesimen uji. Dikarenakan luasan material (*test coupon*) terbatas, jadi cukup 1 buah spesimen uji untuk dilakukan kedua pengujian. Dimana dengan dilakukan bergantian, yakni 1 spesimen uji setelah dilakukan pengujian metalografi selanjutnya

dilakukan pengujian *hardness*. Pengujian *hardness* pada penelitian ini menggunakan metode *vickers* dengan jumlah 27 titik diambil pada daerah *base metal*, *weld metal* dan HAZ (dapat dilihat Gambar III.12). Sedangkan pengujian metalografi dilakukan foto *microstructure* diambil pada daerah *base metal*, *weld metal*, dan HAZ dengan menggunakan *optical microscope* (dapat dilihat Gambar III.13). Kedua pengujian ini dilakukan berdasarkan pada peraturan BKI Vol. VI Sec. 11 *Rules for Welding*.



**Gambar III.12 Mikro Pembesaran 400x**



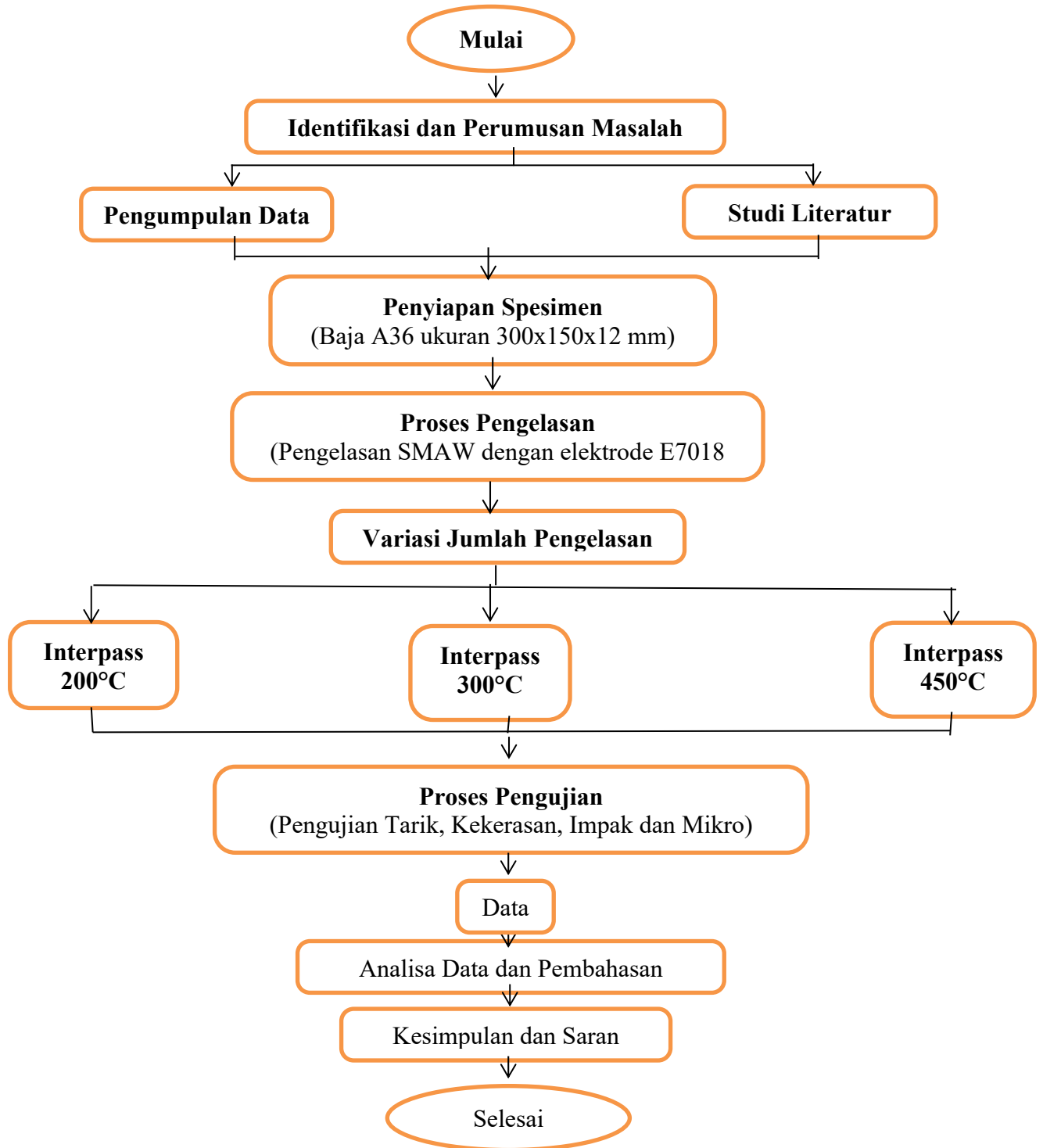
**Gambar III.13 Pengujian *Hardness***

#### **III.4. Lokasi Pengelasan dan Pengujian**

Pada penelitian ini untuk menyelesaikan proses pengelasan dilakukan pada Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan dan untuk proses pengujian dilakukan pada Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### III.5. Bagan Alir

Dalam pengerjaan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*) sebagai berikut:



Gambar III.14 Diagram Alir Penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Dimulai dengan tahap persiapan material baja ASTM A36 dengan ukuran yang telah ditentukan pada penelitian ini yaitu ukuran 300 x 150 x 12 mm sejumlah 6 buah. Selanjutnya material dilakukan proses pembuatan bevel *single v* yang digunakan sebagai alur pengelasan. Material yang telah di bevel, dilanjutkan dengan proses pemasangan stopper sepanjang lebar dari material (*test coupon*) pada sisi sebaliknya dari alur las yang bertujuan untuk menghindari terjadinya *bending* atau deformasi pada material (*test coupon*).

Pada penelitian ini dilakukan perlakuan variasi suhu *interpass*, dimana pengaplikasian pada material saat dilakukan pengelasan. Suhu pemanasan *interpass* ditentukan pada penelitian ini 200°C, 300°C, dan 450°C. Sesuai dengan parameter pengelasan yang telah ditentukan sebelumnya, pengontrolan suhu *interpass* dilakukan saat proses pengelasan berlangsung. Dimana dilakukan pengelasan secara terus-menerus hingga suhu mencapai pada sekitar variasi yang ditentukan dan apabila suhu melebihi dari batasan yang ditentukan maka pengelasan diberhentikan sejenak hingga suhu material menurun  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  dibawah variasi suhu yang ditentukan.

Setelah pengelasan selesai dilanjutkan dengan pemotongan material menjadi spesimen uji. Pada penelitian ini dilakukan 4 (empat) kali pengujian yang meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian *impact* dan pengujian metalografi. Berikut hasil dan penjelasan masing-masing pengujian yang telah dilakukan.

#### **IV.1. Analisa Hasil Pengelasan Baja ASTM A36**

Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan pengontrolan suhu *interpass* pada pengelasan baja ASTM A36, dimana suhu *interpass* dalam kondisi aktual (galangan kapal) sering kali tidak diperhatikan. Berdasarkan hasil pengelasan yang telah dilakukan bahwa pengontrolan suhu *interpass* tidak begitu berpengaruh pada hasil pengelasan baja ASTM A36. Tapi terdapat sedikit cacat las berupa *undercut* pada variasi suhu *interpass* 450°C. Hal tersebut bukan berarti bahwa suhu *interpass* yang nilainya semakin tinggi dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja ASTM A36, namun bisa dikatakan salah satunya karena kesalahan welder yang kurang cermat dalam melakukan pengelasan.

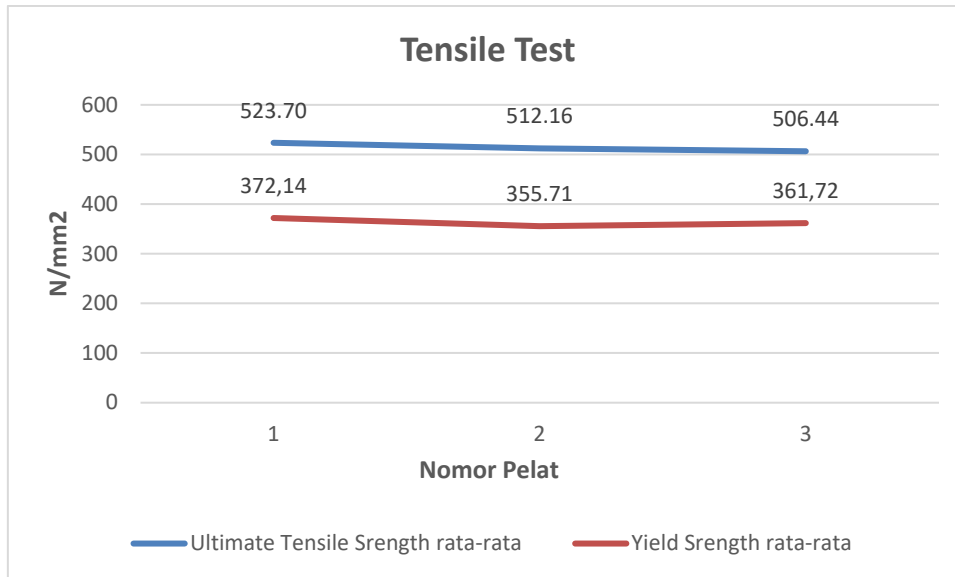


## IV.2. Analisa Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dan kekuatan luluh (*yield strength*) dari material uji. Data hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel IV.1. dan Gambar IV.1.

**Tabel IV.1 Data Pengujian Tarik**

Variasi Pengelasan	Kode	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Lokasi Patahan	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Ultimate Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Yield Strength rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	Ultimate Tensile Strength rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
1 (200°C)	1A	23.92	11.53	257.79	Base Metal	373.47	527.58	372.14	523.70
	1B	25.07	11.51	288.57	Base Metal	370.81	519.83		
2 (300°C)	2A	25.34	11.56	292.93	Base Metal	348.21	512.07	355.71	512.16
	2B	25.29	11.54	291.85	Base Metal	363.20	512.25		
3 (450°C)	3A	25.21	11.65	293.69	Base Metal	364.33	505.64	361.72	506.44
	3B	25.62	11.63	297.96	Base Metal	359.11	507.24		



**Gambar IV. 1 Grafik Pengujian Tarik**

Berdasarkan data hasil pengujian tarik yang dapat dilihat pada Tabel IV.1 dan Gambar IV.1 diatas, dapat dianalisa bahwa nilai *yield strength* dan *ultimate tensile strength* tertinggi terdapat pada pelat nomor 1 dengan perlakuan variasi suhu *interpass* normal (sesuai *rule BKI*) yakni 200°C sebesar 372.14 N/mm<sup>2</sup> (*yield strength*) dan 523.70 N/mm<sup>2</sup> (*ultimate tensile strength*). Sedangkan untuk nilai *yield strength* terendah terdapat pada pada pelat nomor 2 dengan perlakuan variasi suhu *interpass* 300°C sebesar 355.71 N/mm<sup>2</sup> (*yield strength*). Dan untuk nilai *ultimate tensile strength* terendah terdapat pada pada pelat nomor 3 dengan perlakuan variasi suhu *interpass* 450°C sebesar 506.44N/mm<sup>2</sup> (*ultimate tensile strength*).

Pada Tabel IV.1 dan Gambar IV.1 menunjukkan bahwa secara keseluruhan hasil pengujian tarik mengalami penurunan nilai *ultimate tensile strength*. Penurunan tersebut terjadi akibat dilakukannya perlakuan panas pada pengelasan material, akan tetapi nilai penurunan tidak terlalu signifikan. Hal tersebut menjelaskan bahwa material yang dilakukan perlakuan suhu *interpass* lebih tinggi pada pengelasan material akan terjadi berkurangnya nilai kuat tarik pada material tersebut.

Apabila ditinjau dari segi lokasi patahnya material saat pengujian tarik, semua spesimen uji tarik pada setiap variasi pengelasan mengalami patah pada lokasi *base metal*. Hal tersebut dikarenakan nilai kuat tarik *weld metal* lebih besar jika dibandingkan dengan nilai kuat tarik *base metal*. Dengan kata lain, nilai kuat tarik dari *filler metal* E7018 berada diatas nilai kuat tarik baja ASTM A36 yang menyebabkan lokasi patahnya pada umumnya terletak pada daerah *base metal*. Jadi dapat disimpulkan bahwa perlakuan suhu *interpass* pada

baja ASTM A36 dengan menggunakan *filler metal* E7018, pada pengujian tarik masih termasuk dalam standart yang ditentukan. Hal tersebut dikarenakan penelitian difokuskan untuk mengetahui sifat mekanis pada logam las material baja ASTM A36 akibat perlakuan suhu *interpass*.

### IV.3. Analisa Hasil Pengujian Kekerasan

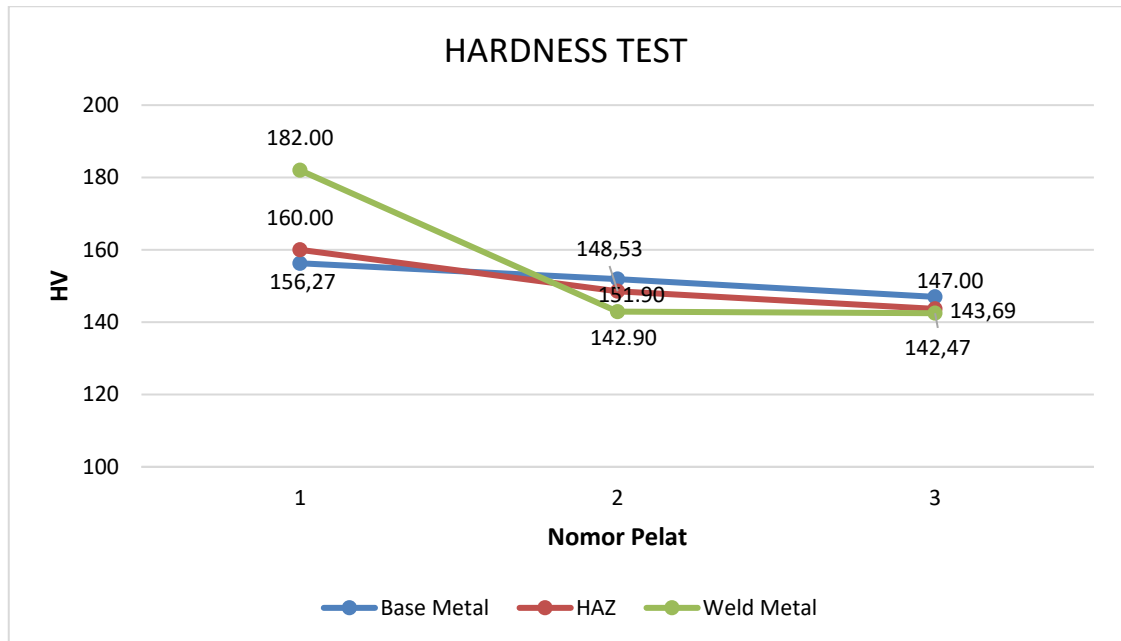
Pada Labotarium Konstruksi dan Kekuatan Kapal terdapat dua alat uji kekerasan, yakni *vickers* dan *Brinell*. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode *vickers*, dimana bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap *identor* yang ditekan pada permukaan material uji (*speciment*) tersebut. Dalam pengujian kekerasan ini dilakukan dengan bahan uji berjumlah 1 buah setiap variasi suhu *interpass* (*test coupon*), dimana terdapat tiga lokasi pengujian yaitu: *base metal*, *weld metal*, dan HAZ.

Data hasil pengujian kekerasan dapat ditunjukkan pada Tabel IV.2. dan Gambar IV.2.

**Tabel IV.2 Data Pengujian Kekerasan**

Pelat	Lokasi Titik Identifikasi		Angka Kekerasan (HV)	Angka Kekerasan rata-rata (HV)
1 (200°C)	Base Metal	Top	157.60	156.27
		Center	158.10	
		Bottom	153.10	
	HAZ	Top	160.20	160.00
		Center	157.10	
		Bottom	162.70	
	Weld Metal	Top	188.70	182.00
		Center	173.60	
		Bottom	183.70	
2 (300°C)	Base Metal	Top	138.00	151.90
		Center	144.60	
		Bottom	173.10	
	HAZ	Top	142.80	148.53
		Center	146.20	
		Bottom	156.60	
	Weld Metal	Top	159.20	142.90
		Center	134.40	
		Bottom	135.10	
3 (450°C)	Base Metal	Top	148.60	147.00
		Center	148.60	
		Bottom	143.80	
	HAZ	Top	133.90	143.69
		Center	154.20	
		Bottom	142.97	
	Weld Metal	Top	144.50	142.47
		Center	140.70	
		Bottom	142.20	

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pelat baja A36 yang disajikan pada Tabel IV.2 diatas, dapat dianalisa bahwa nilai kekerasan terbesar dimiliki pada material 1 (200°C) sebesar 156.27 HV pada daerah *base metal*, 160 HV pada daerah HAZ dan 182 HV pada daerah *weld metal*. Sedangkan untuk nilai kekerasan terendah dimiliki pada material 3 (450°C) sebesar 147 HV pada daerah *base metal*, 143.69 HV pada daerah HAZ dan 142.47 HV pada daerah *weld metal*.



**Gambar IV. 2 Grafik Pengujian Kekerasan**

Dilihat dari Gambar IV.2 Grafik Pengujian Kekerasan bahwa secara keseluruhan nilai kekerasan material berkurang seiring dilakukannya perlakuan suhu *interpass* yang berbeda pada pengelasan baja ASTM A36. Hal tersebut disebabkan material menerima pengaruh panas yang berlebih pada saat dilakukannya pengelasan. Sehingga dapat dikatakan bahwa suhu *interpass* pada pengelasan dapat mempengaruhi besarnya nilai kekerasan material. Hal tersebut berlaku pada keseluruhan material baik pada *base metal*, HAZ maupun pada *weld metal*.

Pada Gambar IV.2 terlihat bahwa penurunan nilai kekerasan pada setiap pengelasan tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan material yang diberikan perlakuan suhu *interpass* yang tidak berbeda jauh saat dilakukan pengelasan pada daerah *weld metal* sehingga penurunan nilai kekerasan tidak terlalu signifikan. Hal tersebut ada hubungannya dengan hasil pengujian tarik pada sub bab IV.1, yaitu *tensile strength* pada material 1 (200°C) lebih besar daripada material 3 (450°C). *Tensile strength* mengindikasikan sebagai tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum patah. Hal ini ada hubungannya dengan

kekerasan material, dimana semakin kecil nilai pada uji tarik (*tensile strength*), maka nilai kekerasan yang dimiliki akan semakin kecil pula yang dimiliki oleh material tersebut.

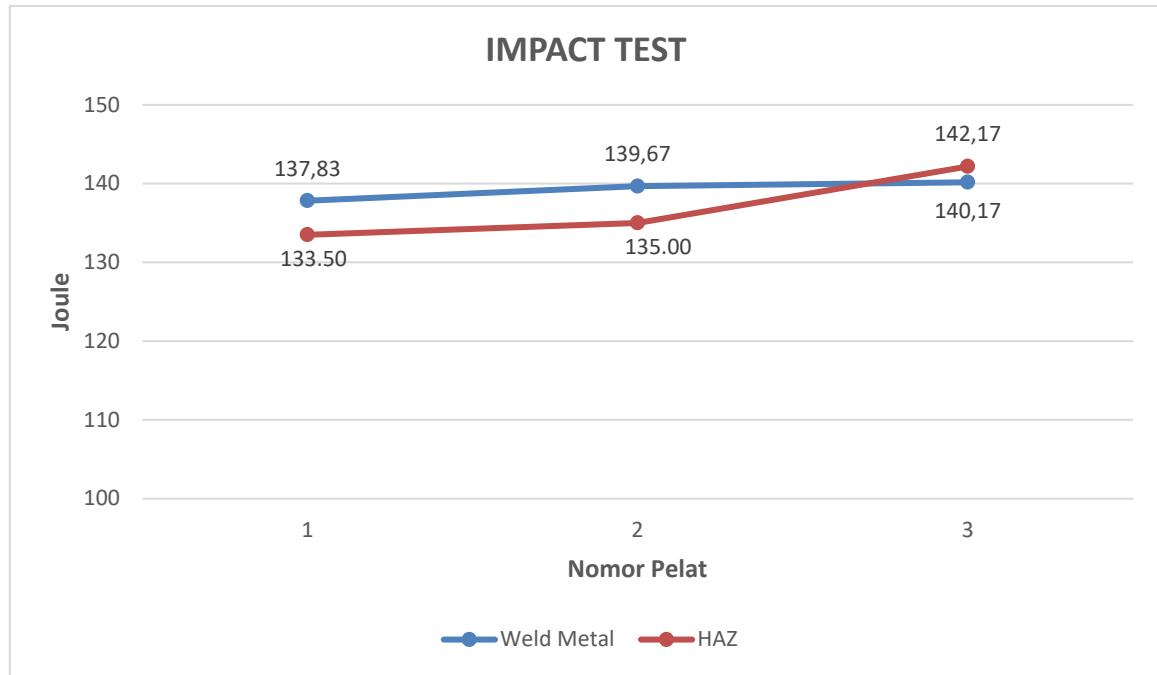
#### IV.4. Analisa Hasil Pengujian *Impact*

Pengujian *Impact* merupakan salah satu pengujian yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh material selama fraktur. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan takik bahan tertentu dan bertindak sebagai kondisi untuk mengamati energi yang diserap pada suhu transisi. Pengujian *impact* bertujuan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan uji yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik. Pada penelitian ini dilakukan pengujian *impact* dengan bahan uji berjumlah 6 buah setiap variasi suhu *interpass* pengelasan (*test coupon*), dimana bahan uji dilakukan pengujian pada daerah *weld metal* dan HAZ.

Data hasil pengujian *impact* dapat ditunjukkan pada Tabel IV.3 dan Gambar IV.3 yang disajikan dalam diagram kurva. Selanjutnya dilakukan analisa pada hasil pengujian *impact*.

**Tabel IV.3 Data Pengujian *Impact***

Pelat	Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Energi <i>absorb</i> (J)	Energi <i>absorb Rata-rata</i> (J)	
1 (200°C)	1 W 1	55.13	10.14	8.04	142.50	137.83	
	2 W 1	55.36	10.21	8.04	134.00		
	3 W 1	55.28	10.21	8.06	137.00		
	1 H 1	1 H 1	55.14	10.20	8.06	130.50	133.50
		2 H 1	55.34	10.32	8.03	129.00	
		3 H 1	55.36	10.30	8.05	141.00	
2 (300°C)	1 W 2	55.31	10.02	8.04	139.00	139.67	
	2 W 2	55.58	9.86	8.01	139.50		
	3 W 2	55.54	9.91	8.03	140.50		
	1 H 2	1 H 2	55.20	9.78	8.06	142.00	135.00
		2 H 2	55.06	10.12	8.05	131.00	
		3 H 2	55.21	10.15	8.02	132.00	
3 (450°C)	1 W 3	55.49	10.23	8.02	141.50	140.17	
	2 W 3	55.48	9.86	8.00	138.50		
	3 W 3	55.49	10.16	8.03	140.50		
	1 H 3	1 H 3	55.55	10.28	8.03	141.50	142.17
		2 H 3	55.56	10.32	8.03	143.00	
		3 H 3	55.54	10.31	8.02	142.00	



**Gambar IV. 3 Grafik Pengujian *Impact***

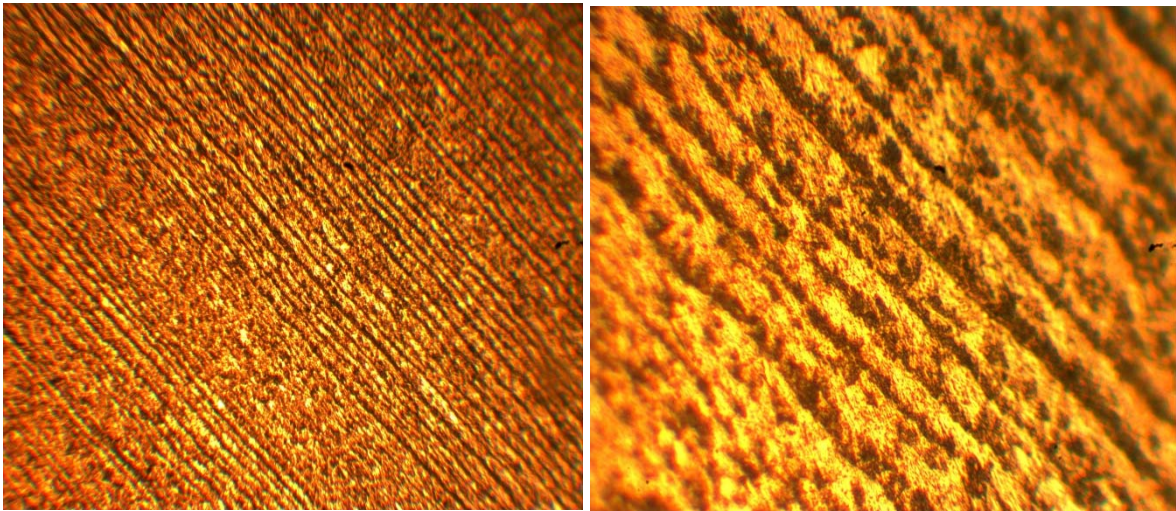
Berdasarkan data yang ditunjukkan pada pengujian *impact* diatas dapat dianalisa bahwa pelat baja ASTM A36 menghasilkan energi *absorb* pada daerah *weld metal* dan HAZ. Energi *absorb* tertinggi dimiliki pada pelat nomor 3 (450°C) sebesar 140.17 Joule untuk daerah *weld metal* dan 142.17 Joule untuk daerah HAZ. Sedangkan untuk energi *absorb* terendah dimiliki pada pelat nomor 1 (200°C) sebesar 137.83 Joule untuk daerah *weld metal* dan 133.50 Joule untuk daerah HAZ.

Pada Tabel IV.3 dan Gambar IV.3 menunjukkan bahwa energi *absorb* mengalami kenaikan. Kenaikan energi *absorb* tersebut akibat adanya pengaruh suhu *Interpass* pada pengelasan material A36, dimana hal tersebut dapat membuat nilai kekerasan material berkurang dan nilai energi *absorb* bertambah yang membentuk sifat material menjadi ulet.

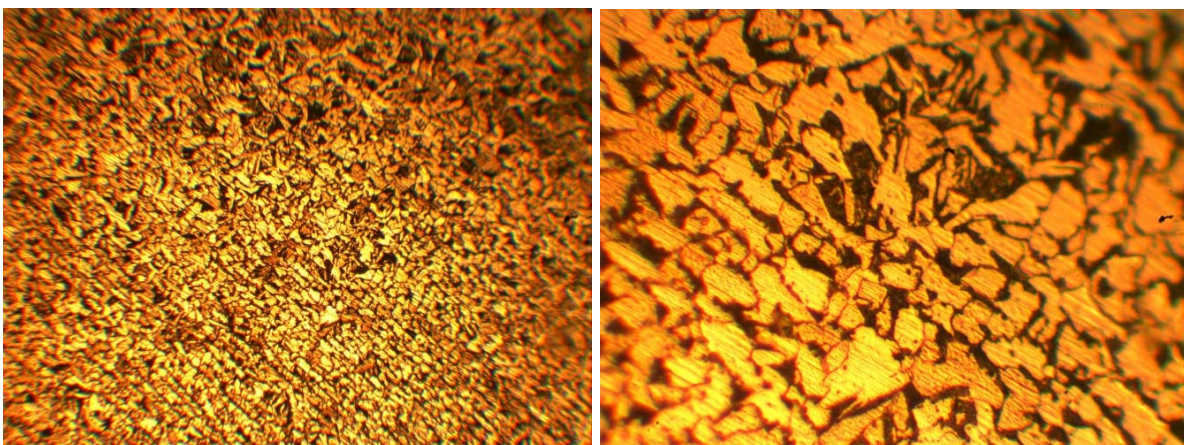
Hal tersebut dapat dibuktikan dengan pernyataan pada Sub Bab IV.2 tentang analisa hasil pengujian kekerasan, dimana nilai kekerasan pada pelat nomor 3 (450°C) dibandingkan dengan pelat nomor 1 (200°C) berkurang seiring dilakukannya pertambahan besarnya nilai suhu *interpass* pada pengelasan material A36. Sedangkan pada pengujian *impact* besarnya nilai energi *absorb* berkebalikan yakni pelat nomor 3 (450°C) lebih besar daripada pelat nomor 1 (200°C). Dapat disimpulkan bahwa dimana material dengan nilai kekerasan semakin menurun akibat dilakukan perlakuan panas yang berbeda (suhu *interpass*), maka semakin naik nilai energi *absorb* material dan membuat material tersebut menjadi lebih ulet.

#### IV.5. Analisa Hasil Pengujian Metalografi

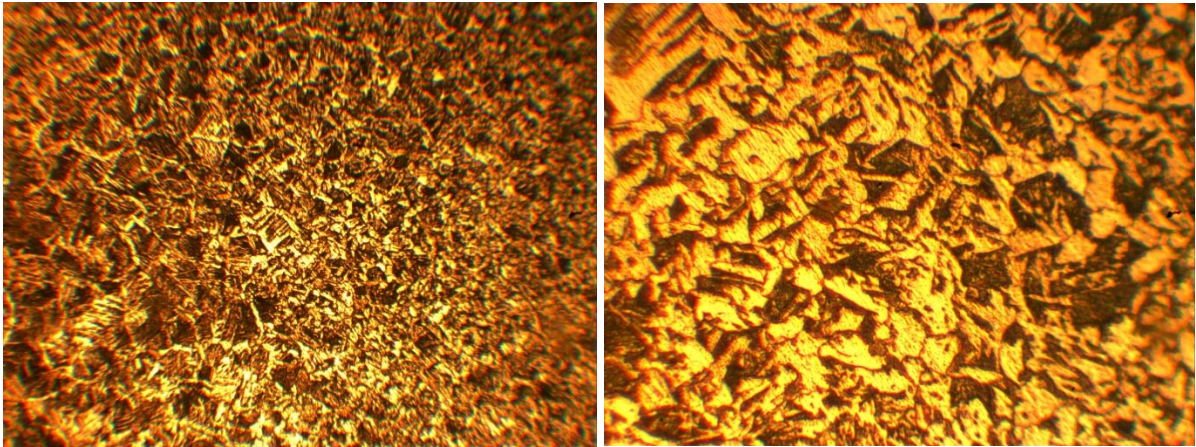
Pengujian metalografi ini dikhususkan untuk melihat struktur mikro hasil pengelasan pada material. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual dari batas butir (*grain boundary*) yang terdapat pada suatu material. Hal tersebut berkaitan dengan sifat mekanis pada baja karbon. Komposisi antara *ferrite* dan *pearlite* menjadi fokus analisa pada pengujian ini. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan *optical microscope*. Data hasil pengujian struktur mikro dapat ditunjukkan pada Gambar IV.4, IV.5, IV.6 yang merupakan foto mikro pada daerah HAZ dengan pembesaran 100x dan 400x. Gambar IV.7, IV.8, IV.9, merupakan foto mikro pada daerah *weld metal* dengan pembesaran 100x dan 400x.



**Gambar IV.4 Foto Mikro Material 1 (200°C) Daerah HAZ Pembesaran 100x dan 400x**



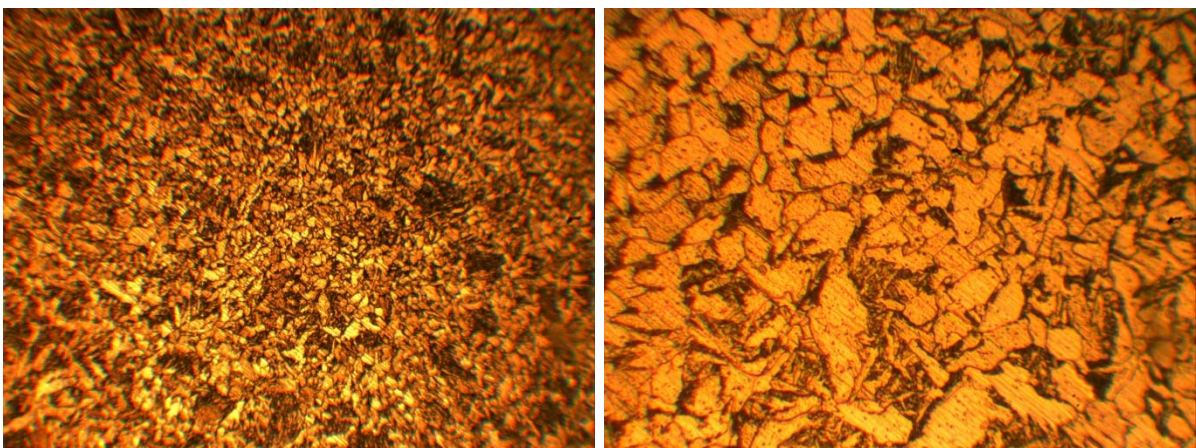
**Gambar IV.5 Foto Mikro Material 2 (300°C) Daerah HAZ Pembesaran 100x dan 400x**



**Gambar IV.6 Foto Mikro Material 3 (450°C) Daerah HAZ Pembesaran 100x dan 400x**

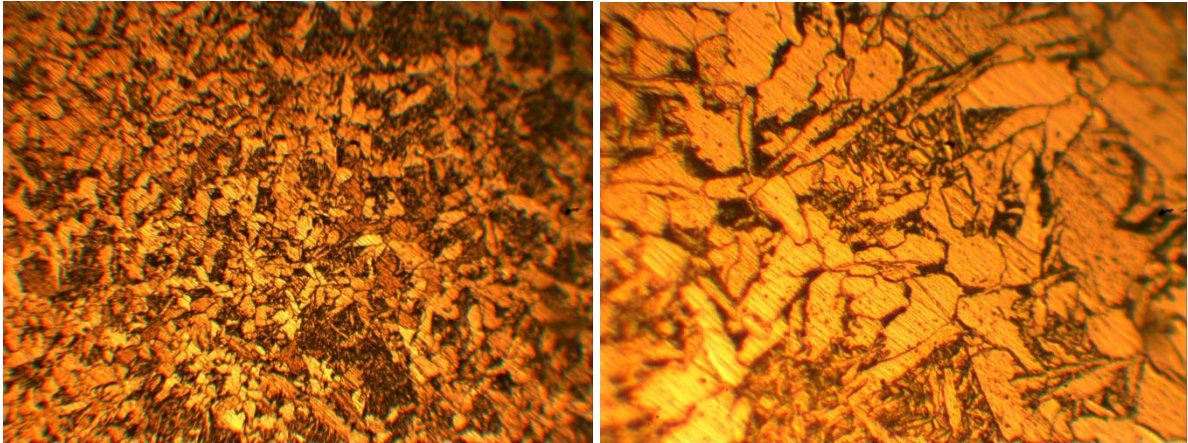
Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), dapat diperhatikan bahwa butiran yang terbentuk terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*, dimana *ferrite* butirannya berwarna terang sedangkan *pearlite* butirannya berwarna gelap. Jika diperhatikan pada Gambar IV.4, IV.5, IV.6, bahwa pada daerah HAZ baik pada material 1(200°C), material 2 (300°C), dan material 3 (450°C) terdapat sebuah perubahan yang sangat signifikan untuk komposisi *ferrite* dan *pearlite*. Dimana material kedua dan ketiga memiliki ukuran butirnya semakin besar.

Hal tersebut diakibatkan adanya pengaruh yang diberikan perlakuan suhu *interpass* dengan nilai lebih tinggi pada pengelasan baja ASTM A36. Sehingga dapat dikatakan bahwa suhu *interpass* memberikan pengaruh yang besar pada pengelasan ditinjau pada daerah HAZ material baja ASTM A36.

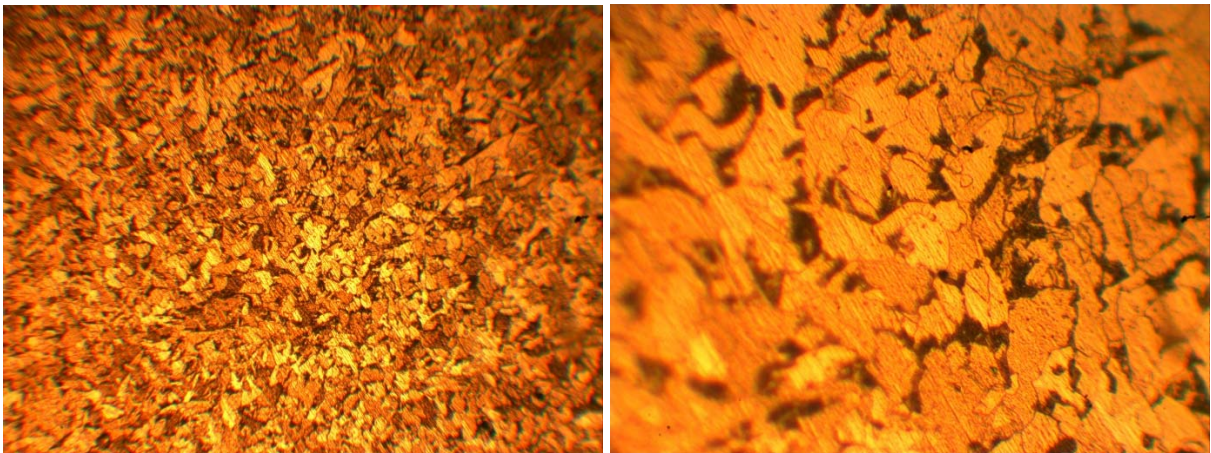


**Gambar IV. 7 Foto Mikro Material 1 (200°C) Weld Metal Pembesaran 100x dan 400x**





**Gambar IV.8 Foto Mikro Material 2 (300°C) *Weld Metal* Pembesaran 100x dan 400x**



**Gambar IV.9 Foto Mikro Material 3 (450°C) *Weld Metal* Pembesaran 100x dan 400x**

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada daerah *weld metal*, dapat diperhatikan bahwa butiran yang terbentuk terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*, dimana *ferrite* butirannya berwarna terang sedangkan *pearlite* butirannya berwarna gelap. Pernyataan tersebut juga berlaku pada daerah *weld metal*. Jika diperhatikan pada Gambar IV.7, IV.8, IV.9, bahwa pada daerah *weld metal* baik pada material 1 (200°C), material 2 (300°C), dan material 3 (450°C) terdapat sebuah perubahan yang tidak terlalu signifikan untuk komposisi *ferrite* dan *pearlite* ukuran butirnya semakin besar dan pada material 3 untuk komposisi *pearlite* semakin berkurang yang berarti bahwa nilai kekerasan material tersebut semakin rendah. Tetapi, bila dibandingkan dengan material tanpa adanya perlakuan panas (suhu *interpass*) akan ada perbedaan yang jauh. Dimana material tersebut mempunyai komposisi *ferrite* dan *pearlite* dengan ukuran yang kecil.

Dengan demikian suhu *interpass* pada pengelasan baja ASTM A36 memberikan sedikit pengaruh pada struktur mikro material ditinjau pada daerah *weld metal* material baja ASTM A36. Dimana komposisi *ferrite* dan *pearlite* semakin membesar dan untuk komposisi

*pearlite* semakin berkurang apabila suhu *interpass* semakin tinggi. Sehingga material cenderung mempunyai sifat kekerasan yang semakin menurun.

Terdapat hubungan antara hasil pengujian struktur mikro dengan hasil pengujian kekerasan bahwa perbedaan besaran butir tersebut akan menghasilkan angka kekerasan yang berbeda, semakin besar ukuran butir pada material maka akan semakin kecil angka kekerasan yang dimiliki oleh material tersebut. Pernyataan tersebut mendukung hasil dari pengujian kekerasan yang dijelaskan pada Sub Bab IV.2 dimana material 1 (200°C) memiliki angka kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan material 3 (450°C). Dengan demikian penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran butir pada material maka angka kekerasan material akan semakin menurun atau kecil.

#### **IV.6. Analisa Perbandingan Hasil Pengujian**

Berdasarkan hasil keseluruhan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat dibandingkan hasil pengelasan baja ASTM A36 akibat perlakuan suhu *interpass* dengan “*Construction Engineering Research Laboratory*”. Pada penelitian tersebut dilakukan pengelasan baja ASTM A36 dengan elektroda E7018 (travel speed=11.5) menghasilkan nilai kuat tarik 89.3 Ksi (615.70 MPa) dan Yield Strength 77.4 Ksi (533.65 Mpa). Sedangkan nilai *Charpy V-notch (weld metal)* adalah 122 Joule dan nilai kekerasan (HAZ) adalah 194 HV.

Dalam penelitian tugas akhir ini mengacu pada peraturan (BKI Volume VI, 2015) dengan pengujian tarik dilakukan dua spesimen yang diambil pada *test coupon* setiap variasi pengelasan. Tujuan diambil dua spesimen pada setiap *test coupon* adalah sebagai data pembanding antara kedua hasil pengujian sehingga dapat diambil nilai rata-rata dari data tersebut. Untuk pengujian *impact* dilakukan tiga spesimen setiap variasi pengelasan dan pengujian kekerasan dilakukan satu spesimen (27 titik) setiap variasi pengelasan.

Berdasarkan keseluruhan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, terdapat keterkaitan antara pengujian satu dengan pengujian yang lain. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai hasil dari setiap pengujian material 1 (200°C), material 2 (300°C), dan material 3 (450°C) didapatkan bahwa nilai hasil pengujian tarik yang semakin menurun akibat suhu *interpass* semakin tinggi, nilai kekerasan material juga akan semakin menurun, dan nilai energi absorb yang semakin besar atau meningkat seiring dilakukannya perlakuan panas pada pengelasan. Serta ukuran butir material yang semakin besar perubahannya menjadikan nilai kekerasan material semakin menurun. Dan terdapat cacat las berupa *undercut* yakni pada spesimen variasi ketiga, dimana cacat las tersebut terletak pada ujung spesimen.

Hasil seluruh pengujian dari penelitian tugas akhir ini dapat disajikan dalam tabel sederhana sebagai berikut:

**Tabel IV. 4 Data Pengujian dengan Suhu *Interpass***

Pengelasan dengan Variasi Suhu <i>Interpass</i>			
Variasi Pengelasan	Ultimate Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Energi <i>Absorb</i> (J)	Uji Kekerasan (HV)
	Base Metal	Weld Metal	HAZ
1 (200°C)	523.70	137.83	160.00
2 (300°C)	512.16	139.67	148.53
3 (450°C)	506.44	140.17	143.69

Jika dibandingkan antara hasil penelitian pada tugas akhir diatas dengan hasil pengujian laboratorium, didapatkan persentase yang disajikan dalam bentuk tabel sederhana seperti berikut:

**Tabel IV. 5 Data Perbandingan Hasil Penelitian Tugas Akhir**

Perbandingan Variasi Suhu <i>Interpass</i> dengan Penelitian Sebelumnya			
Variasi Pengelasan	Ultimate Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Energi <i>Absorb</i> (J)	Uji Kekerasan (HV)
	Base Metal	Weld Metal	HAZ
1 (200°C)	-0.15%	0.13%	-0.18%
2 (300°C)	-0.17%	0.14%	-0.23%
3 (450°C)	-0.18%	0.15%	-0.26%

Berdasarkan persentase perbandingan hasil pengujian yang terdapat pada Table IV.5 diatas, maka dapat disimpulkan bahwa suhu *interpass* berpengaruh sedikit atau tidak terlalu signifikan terhadap pengelasan baja ASTM A36 dengan menggunakan elektroda E7018. Sedangkan untuk hasil pengujian metalografi pada daerah HAZ dan *weld metal* ukuran butir *ferrite* dan *pearlite* semakin bertambah besar, dimana perubahan paling signifikan terjadi pada daerah HAZ dan untuk daerah *weld metal* terjadi perubahan ukuran juga walaupun perubahan tersebut tidak terlalu signifikan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan pengujian dan menganalisa hasil pengujian, maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan adanya perlakuan variasi suhu *interpass* yang berbeda, didapatkan hasil pengelasan pada baja ASTM A36 bahwa pada variasi suhu *interpass* 450°C mengalami cacat las berupa *undercut*. Dimana cacat las tersebut terletak pada bagian tepi material/spesimen dan cacat las tersebut bukan karena adanya pengaruh pengontrolan suhu *interpass*, namun bisa dikatakan karena kesalahan welder yang kurang cermat dalam melakukan pengelasan.
2. Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan suhu *interpass* dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja ASTM A36 bahwa :
  - Material yang dilakukan perlakuan suhu *interpass* semakin tinggi pada proses pengelasannya maka nilai kuat tariknya akan semakin berkurang.
  - Semakin tinggi nilai suhu *interpass* yang dilakukan pada proses pengelasan material maka nilai kekerasan material akan berkurang. Dimana penurunan nilai kekerasan tersebut tidak terlalu signifikan.
  - Semakin tinggi nilai suhu *interpass* yang dilakukan pada proses pengelasan material maka nilai kekerasan material akan berkurang. Dan penurunan nilai kekerasan tersebut tidak terlalu signifikan.
  - Terjadi kenaikan energi *absorb* akibat dilakukannya perlakuan panas (suhu *interpass*) pada proses pengelasan. Hal tersebut dapat menaikkan energi *absorb* pada material dan membuat sifat material menjadi lebih ulet. Sehingga nilai hasil pengujian *impact* akan naik jika dilakukan suhu *interpass* yang semakin tinggi.
  - Material yang diberikan perlakuan suhu *interpass* semakin tinggi pada proses pengelasannya maka butiran *pearlite* dan *ferrite* yang terbentuk akan semakin besar.

## **V.2. Saran**

Saran yang dapat dilakukan pada percobaan selanjutnya agar dapat lebih baik dan dapat menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah melakukan perbandingan pada salah satu material yang proses pengelasannya tidak diberikan perlakuan suhu *interpass* (pengelasan normal).

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. (2016). *Pengaruh Variasi Temperatur Interpass Terhadap Struktur Mikro Dan Fraktografi HAZ Hasil Pengelasan GMAW Metode Temper Bead Welding Pada Baja Karbon Sedang*. Kediri: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Kotabaru.
- ASM International. (1991). *ASM Metal Handbook Volume 6 Welding, Brazing and Soldering*. Ohio: ASM International Handbook Committee.
- ASM International. (2004). *ASM Metal Handbook Volume 9 Metallography and Microstructures*. Ohio: ASM International Handbook Committee.
- ASTM A36. (2001). *Standart Specification of Carbon Structural Steel*. Washington: American Society for Testing and Material.
- ASTM E23. (2007). *Standart Test Method for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. West Conshohocken: ASTM International.
- AWS A3. (2009). *Standard Welding Terms and Definitions*. United States of America: American Welding Society.
- AWS D1.1. (2015). *Structural Welding Code AWS D1.1*. United States of America: American Welding Society Education Department.
- AWS Part A. (2008). *Welding Inspection Technology Fifth Edition*. United States of America: American Welding Society Education Department.
- BKI Volume VI. (2015). *Rules for Welding*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Ermawati, E. Y. (2009). *Pengendalian Temperatur Interpass Pada Pengelasan Multi Layer Atau Multipass Material AH36*. Surabaya: Undergraduate Thesis, Naval Architecture and Shipbuilding Department.
- Jenney, Cynthia L. dan Annette O'Brien. (2001). *Welding Handbook Ninth Edition Volume 1 Welding Science and Technology*. United States of America: American Welding Society Education Department.
- Messler J., Robert W. (2004). *Joining of Materials and Structures*. United States of America: Elsevier.
- O'Brien, Annette. (2004). *Welding Handbook Ninth Edition Volume 2 WELDING PROCESSES, PART 1*. United States of America: American Welding Society.
- Weber, R. A. (1981). *Weldability Characteristics Of Construction Steel A36, A514, and A516*. America: Construction Engineering Research Laboratory.
- Wienpy, Pradesta. (2017). *Analisa Pengaruh Post Weld Heat Treatment terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Pengelasan Ulang Baja Karbon A36 pada Pondasi Mesin Kapal*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapal, ITS.
- Winarto, J.-I. (2011). *Teknologi Pengelasan*. Tokyo: Japan Welding Society.
- Wiryosumarto, H. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.

# **LAMPIRAN**

LAMPIRAN A PERALATAN DAN BAHAN




LAMPIRAN B WPS DAN MILL TEST CERTIFICATE

LAMPIRAN C DATA HASIL PENGUJIAN

## LAMPIRAN A PERALATAN DAN BAHAN

Pada lampiran A terdapat alat dan bahan yang digunakan selama proses penelitian. Dimulai dari bahan utama pengujian, peralatan persiapan material dan pembuatan spesimen, peralatan proses pengelasan, peralatan pembuatan spesimen uji, dan peralatan saat proses pengujian yang dilakukan.


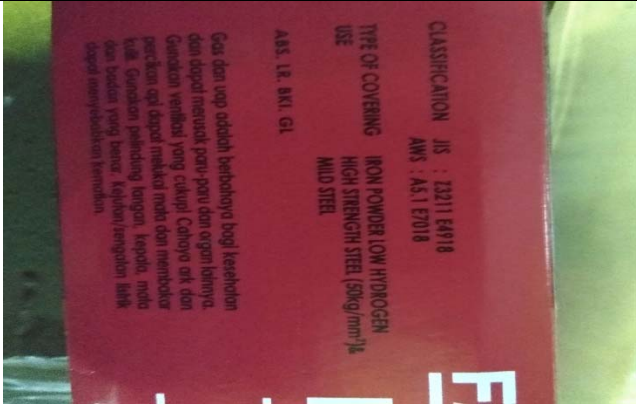
### Peralatan Penelitian





No	Nama Alat	Gambar
1	<i>Grooving Machine</i>	
2	Batu Gerinda	
3	Kertas Gosok	





4	Bahan Etsa Material	
---	---------------------	--



### Peralatan Pengelasan





No	Nama Alat	Gambar
1	Mesin Las SMAW	
2	Kawat Las E7018	 <p>         Gas dan uap adalah berbahaya bagi kesehatan dan dapat merusak paru-paru dan organ lainnya. Gunakan ventilasi yang cukup! Cahaya ark dan percikan api dapat membuat mata dan memukul kulit. Gunakan pelindung tangan, kepala, muka dan badan yang benar. Lepaskan pengaman listrik dengan segera setelah selesai pemrosesan.       </p> <p>         ASS. LR. BK1. GI          TYPE OF COVERING IRON POWDER LOW HYDROGEN          HIGH STRENGTH STEEL (50kg/mm<sup>2</sup>)          MILD STEEL          CLASSIFICATION JIS : J2211 E4918          AWS : A5.1 E7018       </p>

<p><b>3</b></p>	<p><i>Oxy Acetylene Gas</i></p>	
<p><b>4</b></p>	<p><i>Torch</i></p>	
<p><b>5</b></p>	<p><i>Infrared Thermometer</i></p>	
<p><b>6</b></p>	<p><i>Welding Helmet</i></p>	




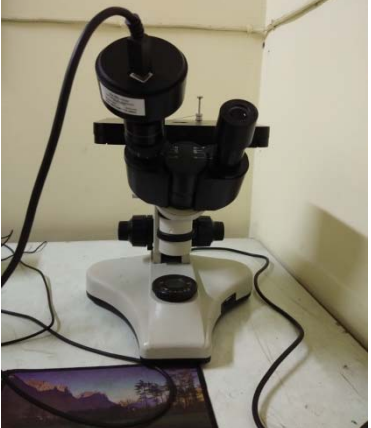
7	<b>Welding Glove</b>	
8	<b>Palu dan Sikat</b>	

**Peralatan Persiapan Material Uji**

No	Nama Alat	Gambar
1	<b>Mesin Gergaji</b>	
2	<b>Mesin Gerinda</b>	

3	<b>Ragum</b>	
4	<b>Mesin Poles</b>	
5	<b>Kikir</b>	
6	<b>Jangka Sorong</b>	
7	<b><i>Hair Dryer</i></b>	

## Peralatan Pengujian

No	Nama Alat	Gambar
1	<i>Universal Testing Machine</i>	 A green universal testing machine with a large circular dial on the left side and a vertical frame structure.
2	Alat Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	 A Vickers hardness tester with a digital display and a microscope-like structure, sitting on a desk with technical documents.
3	Alat Uji <i>Impact</i>	 An impact testing machine with a large metal frame and a circular dial, positioned on a tiled floor.
4	<i>Optical Microscope</i>	 A black and white optical microscope with a large objective lens and a base, sitting on a desk.

## **LAMPIRAN B**

### **WPS DAN MILL TEST CERTIFICATE**

Pada lampiran B terlampir WPS pengelasan yang dilakukan di laboratorium teknologi produksi dan manajemen perkapalan serta mill test certificate baja ASTM A36.

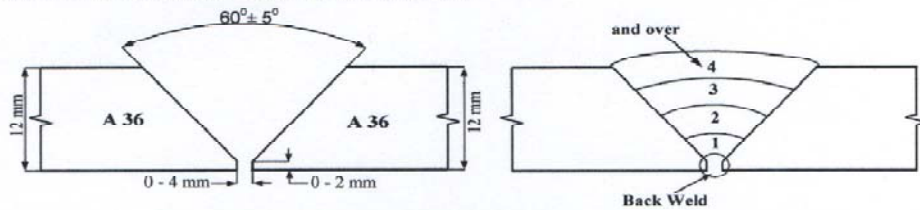
## WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

Manufacturer	RIDWAN HABIBI	Rev.	0	Date	December 28, 2018
WPS No.	-			Date	-
Supporting PQR No.	-				
Reference	RINA Class				
Welding Process (cs)	SMAW	Type	Manual		

### JOINTS

Type	Butt Welding, Both Side, With Gouging	Root Opening	0 - 4 mm
Single / Double Weld	Double	Root Face Dimension	0 - 2 mm
Backing	N/A	Groove Angle	$60^\circ \pm 5^\circ$
Backing Material	N/A	Back Gouging	Back Weld
		Method	Grinding

### WELD PREPARATION DETAILS / WELDING SEQUENCE



### BASE METALS

Material specification	A 36 to A 36
Type or Grade	- to -
Thickness Range :	
Base Metal	Groove 3 mm to 24 mm
Pipe Dia. Range	N/A
Fillet	N/A

### FILLER METALS

	<b>SMAW</b>
Specification No. (SFA)	A 5.1
AWS No. (Classification)	E 7018
Size of Filler Metals (mm)	Ø 3.2 - 4.0
Weld Metal Thickness (mm)	
Groove	24 mm maximum
Fillet	
Trade Name	KOBE or equivalent
Consumable Insert	N/A

### WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. \_\_\_\_\_ Rev. 0

<b>POSITION</b>		<b>POST WELD HEAT TREATMENT</b>						
Position(s) of Welding	PF / Vertical	Temperature Range	N/A					
Welding Progression	Upward	Time Range	N/A					
Position(s) of Fillet	-	Rate of heating	N/A					
		Rate of heating/cooling	N/A					
<b>PREHEAT</b>		<b>GAS</b>						
Preheat Temperature Min.	Natural	Shielding	Gas(es)	Mixture Composition (%)	Flow Rate (Liter/Minute)			
Interpass Temperature Max.	200°C, 300°C, 450°C		Trailing	N/A	N/A	N/A		
Preheat Maintenance	N/A		Backing	N/A	N/A	N/A		
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>								
Current AC or DC	DC		Polarity	EP				
Ampere (Range)	70 - 170		Volts (Range)	22 - 27				
Tungsten Electrode Size and Type	N/A							
Mode of Metal Transfer for GMAW	N/A							
Electrode Wire Feed Speed Range	N/A							
<b>TECHNIQUE</b>								
String or Weave Bead	Both							
Orifice or Gas Cup Size	N/A							
Initial and Interpass cleaning	Brushing & Grinding							
Method of Back Gouging	Grinding & Back Weld							
Oscillation	N/A							
Contact Tube to Work Distance	N/A							
Multiple or Single Pass (per side)	Multiple							
Multiple or Single Electrodes	Single							
Travel Speed (Range)	See Table							
Pecning	N/A							
Other	N/A							
<b>Weld Layer</b>	<b>Process</b>	<b>Filler Metal</b>		<b>Current</b>		<b>Volt Range</b>	<b>Travel Speed Range (mm/minute)</b>	<b>Heat Input Range (J/mm)</b>
		<b>Class</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Type of Polarity</b>	<b>Ampere Range</b>			
1st	SMAW	E 7018	3.2 - 4.0	DCEP	70 - 135	22 - 25	50 - 90	1848 - 2250
2nd	SMAW	E 7018	3.2 - 4.0	DCEP	90 - 150	23 - 26	70 - 150	1560 - 1774
3rd	SMAW	E 7018	3.2 - 4.0	DCEP	100 - 170	24 - 27	70 - 135	2040 - 2057
4th & over	SMAW	E 7018	3.2 - 4.0	DCEP	100 - 170	24 - 27	70 - 135	2040 - 2057
<b>Back Weld</b>	SMAW	E 7018	3.2 - 4.0	DCEP	90 - 170	23 - 27	70 - 135	1774.3 - 2040
Prepared by, RIDWAN HABIBI			Reviewed by,			Witnessed by, RINA Class		



Mill Test Certificate  
Sertifikat Pengujian Pabrik

Certificate No./No.Sertifikat : 141109-FPQ8|I-00002-0001  
Date of Issue/Tanggal Penerbitan : Nov., 09, 2014

Order No./No.Pemesanan : Q8S1001199

PO No./No.Pemesanan Pembelian : III/23/9/14

Supplier /Pemasok : PT BENTENG ANUGERAH SEJAHTERA

Commodity /Komoditas : PLATE

Customer /Pelanggan : PT BENTENG ANUGERAH SEJAHTERA

Spec & Type /Jenis dan spesifikasi : K1-A

Size/Ukuran	Product No. /No.Produk	Quantity /Kuantitas	Weight /Berat (kg)	Heat No. /No.Charge	Position	Tensile Test			Chemical Composition (%)										
						YP (lb)	TS (lb)	EL (%)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	CEQ	
14x1524x6096	PK04904001-4002	2	2,042	SK04881	T	301	446	30	L	0.1519	0.221	0.691	0.0116	0.0032	0.010	0.000	0.007	0.000	0.267
14x1524x6096	PK04904005-4006	2	2,042	SK04881	T	301	446	30	L	0.1519	0.221	0.691	0.0116	0.0032	0.010	0.000	0.007	0.000	0.267
14x1524x6096	PK04903801-3808	6	6,126	SK04904	T	299	454	30	L	0.1517	0.241	0.687	0.0121	0.0026	0.010	0.000	0.006	0.000	0.266
	Sub Total (010) ***	10	10,210 (kg)							CEQ (A) = C + Mn/6									
16x1524x6096	PK04806001-0806	6	7,002	SK04345	T	287	449	33	L	0.1516	0.245	0.663	0.0143	0.0030	0.010	0.000	0.004	0.000	0.262
16x1524x6096	PK04805001-0906	6	7,002	SK04349	T	282	442	31	L	0.1535	0.247	0.664	0.0146	0.0032	0.010	0.000	0.004	0.000	0.269
16x1524x6096	PK04903803-3805	3	3,691	SK04904	T	299	454	30	L	0.1517	0.241	0.687	0.0121	0.0026	0.010	0.000	0.006	0.000	0.266
	Sub Total (020) ***	15	17,695 (kg)							CEQ (A) = C + Mn/6									
20x1524x6096	PK04926201-6205	5	7,296	SK04881	T	301	446	30	L	0.1519	0.221	0.691	0.0116	0.0032	0.010	0.000	0.007	0.000	0.267
20x1524x6096	PK04926301-6305	5	7,295	SK04881	T	301	446	30	L	0.1519	0.221	0.691	0.0116	0.0032	0.010	0.000	0.007	0.000	0.267
	Sub Total (030) ***	10	14,590 (kg)							CEQ (A) = C + Mn/6									
25x1524x6096	PK04673201-3205	5	9,115	SK04859	T	301	444	30	L	0.1482	0.204	0.657	0.0111	0.0038	0.010	0.000	0.015	0.000	0.291
25x1524x6096	PK04673301-3305	5	9,115	SK04859	T	307	450	30	L	0.1445	0.192	0.653	0.0112	0.0035	0.010	0.000	0.014	0.000	0.287
	Sub Total (040) ***	10	18,230 (kg)							CEQ (A) = C + Mn/6									

\* Position : T : Top, M : Middle, B : Bottom  
 \* Tensile Test Direction : Transversal, Gauge Length : 200mm(Rektangular),  
 \* Method : Upper Point  
 \* Divisyon : Middle Analysis  
 \* Sluip Condition : As Treated unless otherwise Heat Treated.  
 \* IACS UR W13 applied. Actual Average Thickness ± Nominal Thickness

We hereby certify that the material has been made by an approved process in accordance with the rules of BIRO KLASIFIKASI INDONESIA and has been satisfactorily tested in the presence of the Society's representative.  
 No repair welding was performed to the products.  
 This material is fine grained steel.  
 This material has been fully killed and made by basic oxygen process.  
 Test Certificate is issued according to EN10204 3.2.

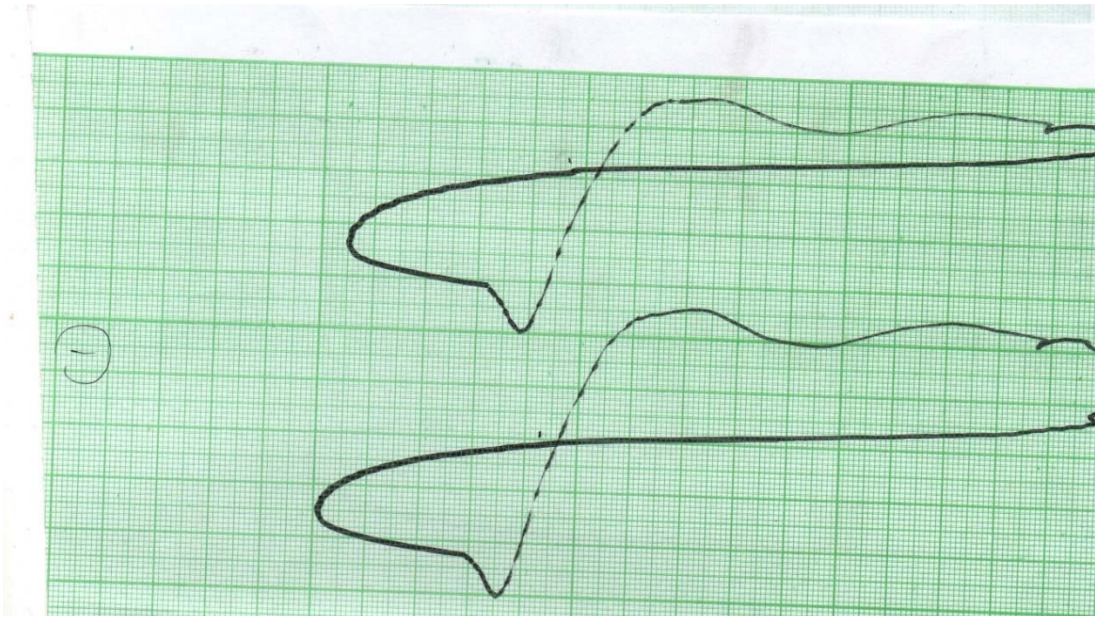
Subjektor To : BKI

This Mill Test Certificate cannot be copied for any purpose.

## **LAMPIRAN C**

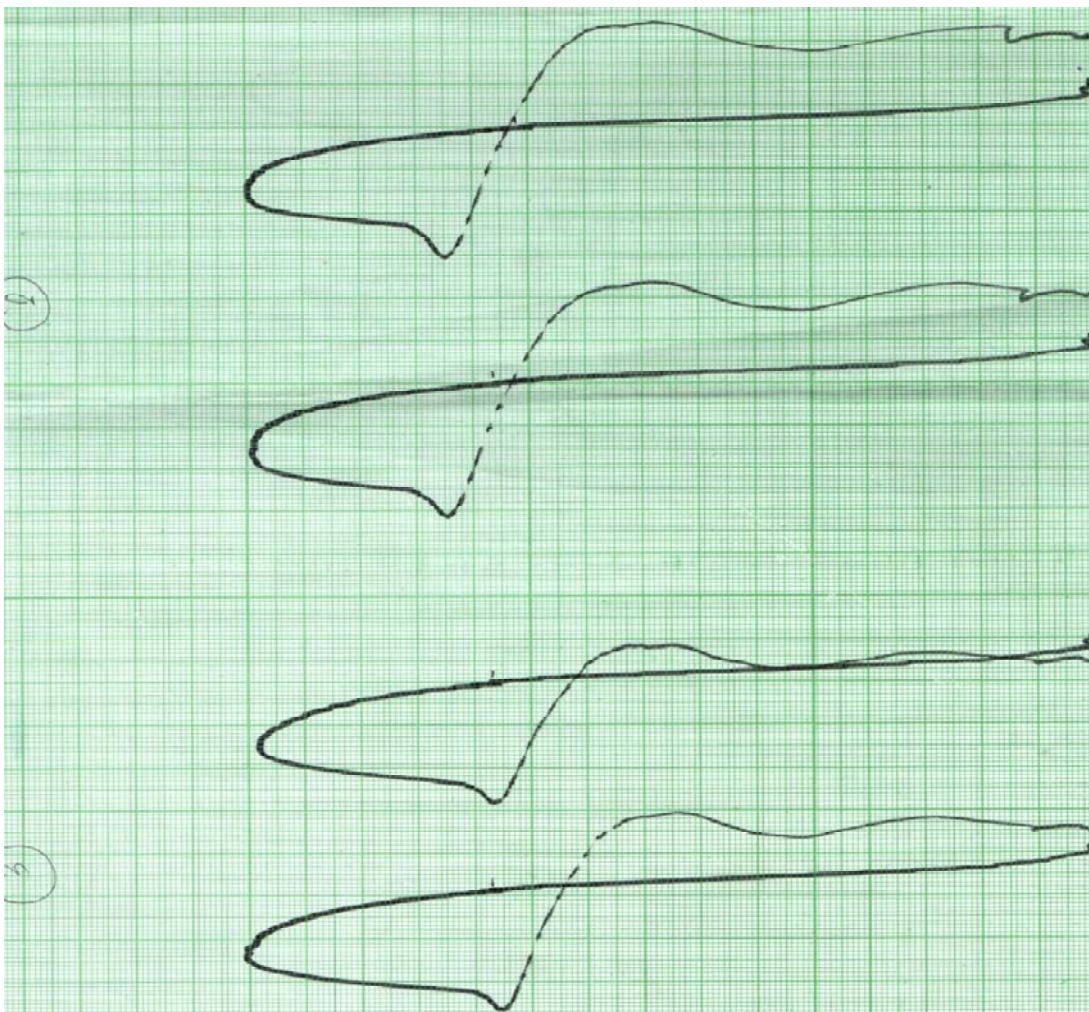
### **DATA HASIL PENGUJIAN**

Pada lampiran C terdapat data-data hasil dari pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian *impact* yang mendukung dalam pengerjaan tugas akhir.



1A

1B



2A

2B

3A



3B



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 : 18 Desember 2008  
 ORDER FROM : Ridwan Habibi  
 TEST STANDARD : BKI  
 MATERIAL SPECS. : ASTM A36  
 PROJECT : Tugas Akhir

IMPACT TEST								
NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR ( °C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1.	1 W 1	55,13	10,14	8,04	142,5	28		
2.	1 W 2	55,36	10,21	8,04	139	28		
3.	1 W 3	55,28	10,21	8,06	137	28		
	1 H 1	55,14	10,20	8,06	130,5	28		
	1 H 2	55,39	10,32	8,03	129	28		
	1 H 3	55,36	10,30	8,05	141	28		
Witnessed by :					The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS			
1.		Tester  Dimas B. 						
2.								
3.								
4.								
5.								

2




ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

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/PM.05.02/20

DATE : 18 Desember 2008  
 ORDER FROM : Ridwan Habibi  
 TEST STANDARD : BKR  
 MATERIAL SPECS. : ASTM A36  
 PROJECT : Tugas Akhir

IMPACT TEST								
NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR ( °C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
	2W1	55,31	10,02	8,09	139	28		
	2W2	55,58	9,86	8,01	139,5	28		
	2W3	55,59	9,91	8,03	140,5	28		
	2H1	55,20	9,78	8,06	142	28		
	2H2	55,06	10,12	8,05	131	28		
	2H3	55,21	10,15	8,02	132	28		
Witnessed by :					The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS			
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

3



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

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 : 18 Desember 2018  
ORDER FROM : Ridwan Habibi  
TEST STANDARD : BKI  
MATERIAL SPECS. : ASTM A36  
PROJECT : Tugas Akhir

IMPACT TEST								
NO	IDENTIFICATION	LENGTH	WIDTH	THICK.	IMPACT ENERGI	TEMPERATUR	Wd 1	LATERAL EXPANTION
		(mm)	(mm)	(mm)	( JOULE )	( °C )	(mm)	
	3W 1	55,99	10,23	8,02	141,5	28		
	3W 2	55,98	9,86	8,0	138,5	28		
	3W 3	55,99	10,16	8,03	140,5	28		
	3H 1	55,55	10,28	8,03	141,5	28		
	3H 2	55,56	10,32	8,03	143	28		
	3H 3	55,59	10,31	8,02	142	28		

Witnessed by :

The Laboratory Of Ships Strength And Construction  
FT. Kelautan ITS

Tester

Dimas

1



**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.I.1/PM.05.02/20**

DATE : 18 Desember 2018  
 ORDER FROM : Ridwan Habibi  
 TEST STANDARD : BK1  
 MATERIAL SPECS. : ASTM A36  
 PROJECT : Tugas Akhir

**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 (%)	
1.	1A	23,92	11,53		275,79	373,47	527,575	—	—	BM
2.	1B	25,07	11,51		288,556	370,81	519,829	—	—	BM
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wp.1	Th.1	A1	
	KN	N	KN	N						
1.	103		145,5							
2.	103		150							

**2. BENDING TEST, ANGLE OF BEND : 0° 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

Tester  
 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_



2



**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.I.1/PM.05.02/20.**

DATE : 18 Desember 2018  
 ORDER FROM : Ridwan Habibi  
 TEST STANDARD : B1C1  
 MATERIAL SPECS. : ASTM A36  
 PROJECT : Tugas Akhir

1: TENSION TEST										
NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	CSA	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	2A	25,39	11,56		292,93	398,21	512,068			BM
2	2B	25,29	11,59		291,847	363,20	512,259			BM
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1	
	KN	N	KN	N						
1.	102		150							
2.	108		149,5							

2. BENDING TEST, ANGLE OF BEND : 0° 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  
 Tester: \_\_\_\_\_  
 Dimas





3



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**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.**

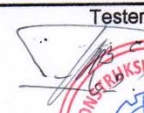

DATE : 18 Desember 2018  
ORDER FROM : Ridwan Habiki  
TEST STANDARD : BK1  
MATERIAL SPECS. : ASTM A36  
  
PROJECT : Tugas Akhir

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 (%)	
1.	3A	25,21	11,65		293,69	364,33	505,635			BM
2.	3B	25,62	11,63		297,96	359,11	507,239			BM
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1	
	KN	N	KN	N						
1.	107		198,5							
2.	107		151							

2. BENDING TEST, ANGLE OF BEND : 0° 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.					<p style="text-align: center;">Tester</p>  					
2.										
3.										
4.										
5.										



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

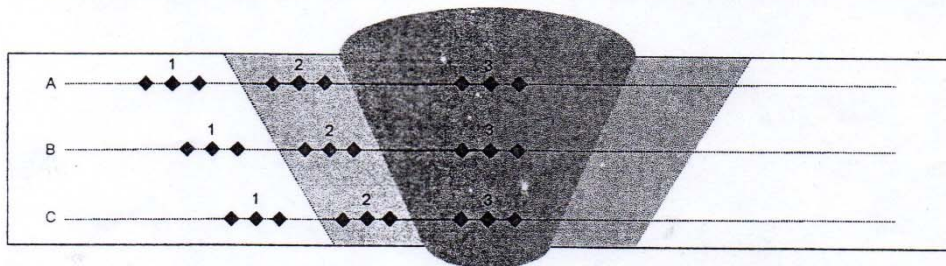
LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL  
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. :

/IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Desember 2018  
ORDER FROM : Ridwan Habibi  
TEST STANDARD : BKI  
MATERIAL SPEC. : ASTM A36  
THICKNESS : 12 mm  
WELDING PROCESS : SMAW  
TEST POSITION : 3G  
WELDER : Pak Paradi

**HARDNESS TEST**



Location	Vickers Hardness Number (HV. 10)								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
	1			2			3		
A	159,8	166,8	146,2	162,0	159,5	169,1	200,5	178,9	186,6
Average	157,6			160,2			188,67		
B	151,2	169,1	159,0	153,3	158,8	159,9	174,0	173,8	173,1
Average	158,1			157,1			173,63		
C	161,1	151,7	147,1	166,3	171,7	150,2	172,9	193,1	185,0
Average	153,3			162,73			183,67		

Equipment: Hardness Tester "Karl Frank GmbH"

Witnessed by :

The Laboratory of Ship Strength and Construction  
FT. Kelautan - ITS

Tester



2

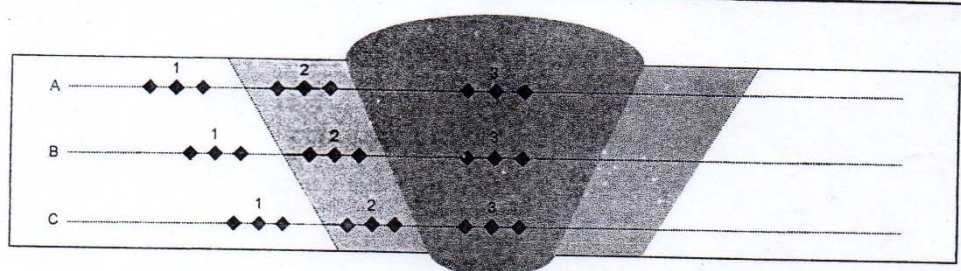


LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL  
 JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Desember 2018  
 ORDER FROM : Ridwan Habibi  
 TEST STANDARD : BK1  
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36  
 THICKNESS : 12 mm  
 WELDING PROCESS : SMAW  
 TEST POSITION : 3G  
 WELDER : Pak Pardi

HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 10)								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
	1			2			3		
A	138,2	142,6	133,2	156,1	138,0	134,4	155,9	169,0	152,8
Average	138			142,83			159,23		
B	158,7	128,82	146,9	148,2	141,5	148,9	134,4	122,8	146,1
Average	144,6			146,2			139,13		
C	190,7	177,8	150,7	180,9	147,7	141,3	129,1	126,2	149,9
Average	173,07			156,63			135,07		

Equipment: Hardness Tester "Karl Frank GmbH"

Witnessed by :  
 The Laboratory of Ship Strength and Construction  
 FT. Kelautan - ITS  
 Tester  
 Dimas





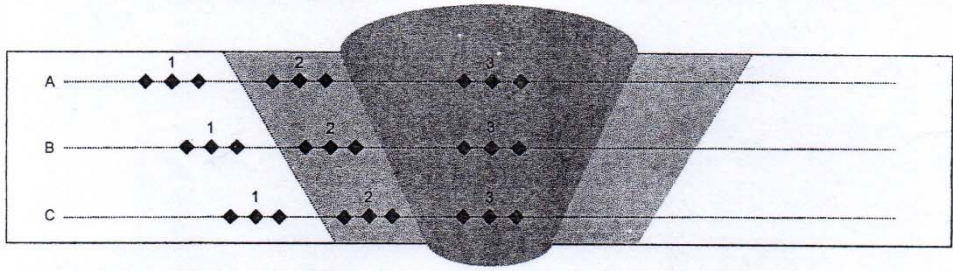
**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

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, Email: labkonjtp@gmail.com

**REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20**

DATE : 17 Desember 2008  
 ORDER FROM : Riclewan Habibi  
 TEST STANDARD : BKT  
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36  
 THICKNESS : 2 mm  
 WELDING PROCESS : SMAW  
 TEST POSITION : 3G  
 WELDER : Pak Pardi

**HARDNESS TEST**



Location	Vickers Hardness Number (HV. 10)								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
	1			2			3		
A	152,3	148,9	144,6	134,5	143,4	123,7	138,9	139,7	154,9
Average	148,6			133,87			144,5		
B	161,6	144,5	139,7	146,7	154,3	161,6	142,8	138,6	140,6
Average	148,6			154,2			140,667		
C	144,9	141,9	141,6	139,4	143,7	145,8	143,6	149,7	133,4
Average	143,8			142,967			142,233		

Equipment: Hardness Tester "Karl Frank GmbH"

Witnessed by : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

The Laboratory of Ship Strength and Construction  
 FT. Kelautan - ITS

Tester

## BIODATA PENULIS



RIDWAN HABIBI, Dilahirkan di Banyuwangi, 29 September 1995 dan mempunyai banyak nama panggilan mulai tole, bibeh, armakinal dll. Dibesarkan di Banyuwangi dan merupakan anak terakhir yakni ketiga dari tiga bersaudara dengan orang tua Amanollah dan Nur Hayati. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari TK Assa'addah Maron (2000-2002), SDN 5 Genteng (2002-2008), SMPN 1 Genteng (2008-2011), SMAN 1 Genteng (2011-2014) dan pada tahun 2014 setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjabat sebagai anggota dan *staff* Urusan Khusus SATUAN MENWA 802 ITS 2015-2017. Selan itu, Penulis juga pernah mengikuti pelatihan LKMM Pra-TD dan LKMM TD FTK ITS serta mengikuti kepanitiaan sebagai anggota SAMPANESIA SAMPAN 9 ITS (Semarak Mahasiswa Perkapalan).

Untuk memenuhi persyaratan menjadi seorang Sarjana Teknik, Penulis mengambil Tugas Akhir dengan judul “Studi Pengaruh Suhu *Interpass* pada Pengelasan Baja ASTM A36 Terhadap Sifat Mekanis Menggunakan Proses Las SMAW”.

Email: [ridwanhabibi95@gmail.com](mailto:ridwanhabibi95@gmail.com) (+62)89668959932