

**SIFAT MEKANIK BAJA ASTM A36 SAMBUNGAN  
SMAW KAMPUH X AKIBAT *NORMALIZING* DAN  
*TEMPERING***



**DUTY MARSULAN**

**5315122798**



**Skripsi Ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam  
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI SI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2017**




## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Sifat Mekanik Baja ASTM A36 Sambungan SMAW Kampuh X Akibat  
Normalizing dan Tempering  
Nama : Duty Marsulan  
NIM : 5315122798

### DOSEN PEMBIMBING

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Dosen Pembimbing I		
1. Ferry Budhi Susetyo, ST, MT., M.Si NIP. 198202022010121002		1. 30/8/17
Dosen Pembimbing II		
2. Triyono, ST., M.Eng NIP. 197508162009121001		2. 29/8/17

### DOSEN PENGUJI

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua		
1. Dr. Riza Wirawan, M.T. NIP. 197804112005011003		1. 29/8/17
Sekretaris		
2. Ragil Sukarno, S.T., M.T. NIP. 197812122006042002		2. 29/8/17
Dosen Ahli		
3. Drs. Sirojuddin, M.T NIP. 196010271990031003		3. 29/8/17

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta



## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Duty Marsulan

NIM : 5315122798

Prodi : Pendidikan Teknik Mesin (SI)

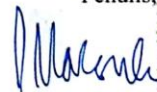
Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : "Sifat mekanik baja ASTM A36 sambungan kampuh X SMAW akibat *Normalizing* dan *Tempering*".

Dengan ini, saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir skripsi ini benar – benar penelitian saya sendiri dan tidak terdapat penelitian yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan dalam daftar pustaka.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis,



Duty Marsulan  
NIM.5315122798

## ABSTRAK

**Marsulan, Duty. 2017.** “Sifat Mekanik Baja ASTM A36 Sambungan Kampuh X SMAW akibat *Tempering* dan *Normalizing*”. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adakah pengaruh perlakuan panas *tempering* dan *normalizing* terhadap sifat mekanik baja ASTM A36 yang menyangkut kekuatan tarik, ketangguhan serta nilai kekerasan. Penelitian ini menggunakan jenis baja berkarbon rendah yang mengandung unsur kimia 0,158% C, 0,013% Si, 0,86% Mg, 0,015% Fosfor, 0,016 % S dan 98,9% Fe. Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengelasan menggunakan jenis las SMAW. Kemudian dilakukan perlakuan panas *tempering* pada temperature 450°C dan ditahan selama 70 menit, dan didinginkan di udara. Selain itu juga dilakukan *normalizing* pada temperature 910°C ditahan selama 70 menit kemudian didinginkan di udara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang tidak dilakukan perlakuan panas, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 49,03 Kgf/mm<sup>2</sup>. Pengamatan struktur mikro pada material yang tidak dilakukan perlakuan panas didapatkan dominasi butir ferrit dan pearlit dengan batas butir yang berdekatan membentuk ikatan yang kuat sehingga material mempunyai sifat kuat.

Kekuatan impak paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *tempering* dan ditahan selama 70 menit, dengan nilai impak sebesar 3,758 joule/mm<sup>2</sup>. Pengamatan struktur mikro pada material yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* didapatkan butir ferrit yang mendominasi, sehingga menyebabkan material ini mempunyai sifat lunak dan ulet.

Uji kekerasan pada *base metal* paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *normalizing* dan ditahan selama 70 menit, dengan nilai kekerasan sebesar 81,1 VHN. Uji kekerasan pada *weld metal* paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *tempering* dan ditahan selama 70 menit dengan nilai kekerasan sebesar 88,5 VHN. Pengamatan struktur mikro

pada *base metal* material yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* ditemukan batas antar butir ferrit dan pearlit yang berdekatan , yang membuat ikatan menjadi kuat dan keras. Serta, Pengamatan struktur mikro pada *weld metal* material yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* ditemukan pearlit yang bersifat keras menyebar di seluruh permukaan.Serta batas antar butir ferrit dan pearlit yang berdekatan , yang membuat ikatan menjadi kuat dan keras.

**Kata kunci : SMAW, ASTM A36, *Tempering*, *Normalizing*, Struktur Mikro, Kekuatan Tarik, Nilai Impak dan Kekerasan**

## **ABSTRACT**

**Marsulan, Duty. 2017.** *"Mechanical Properties of Steel ASTM A36 SMAW connection of X effect by Tempering and Normalizing". Thesis, Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, State University of Jakarta. This study aims to determine whether the influence of heat treatment tempering and normalizing the mechanical properties of steel ASTM A36 which involves tensile strength, toughness and the value of violence. This research uses low carbon steel type containing chemical element 0,158% C, 0,013% Si, 0,86% Mg, 0,015% Phosphorus, 0,016% S and 98,9% Fe. Method in this research is experiment method. Welding using SMAW welding type. Tempering heat is then performed at 450 ° C and held for 70 minutes, and cooled in air. It was also performed normalizing at 910 ° C for 7 minutes and then cooled in air.*

*The results showed that the highest tensile strength was found in the SMAW steel plate of ASTM A36 steel plate which was not treated by heat, with a tensile strength value of 49.03 Kgf /mm<sup>2</sup>. Observation of microstructure on material that is not done heat treatment obtained the dominance of ferrite and pearlit grains with adjacent grain boundaries form strong bonds so that the material has strong properties.*

*The highest impact strength was found in the SMAW steel plate of ASTM A36 steel plate made by heat treatment of tempering and retained for 70 minutes, with impact value 3,758 joules / mm<sup>2</sup>. Observation of microstructure on material conducted by Tempering heat treatment obtained ferrit grain which dominates, thus causing this material have soft and ductile nature.*

*The highest base metal hardness test was found in SMAW connection of ASTM A36 steel plate made by normalizing heat treatment and retained for 70 min, with hardness value of 81,1 VHN. The highest hardness test of weld metal is found in SMAW steel plate ASTM A36 steel plate heat treatment tempering and retained for 70 minutes with a hardness value of 88.5 VHN. Observation of microstructure on base metal material made by heat treatment Normalizing found boundary between adjacent ferrit and pearlit grains, which makes bond become strong and hard. Also, the observation of the microstructure on the weld metal*

*material by Tempering heat treatment was found that the hard pearlit spread throughout the surface. As well as the boundary between the adjacent ferrit and pearlit grains, which made the bonds strong and hard.*

***Keywords: SMAW, ASTM A36, Tempering, Normalizing, Micro Structure, Tensile Strength, Impact Value and Hardnees Value.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kebahagiaan dalam menyelesaikan skripsi dengan judul Sifat Mekanik Baja ASTM A36 Sambungan SMAW Kampuh X akibat *Normalizing* dan *Tempering* .

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga.,S.T.,M.T sebagai Penasehat Akademik yang telah memberikan saran dan arahan yang berguna dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ferry Budhi Susetyo, ST., MT.,M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak dukungan, waktu, arahan, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Triyono, S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, bimbingan dan arahnya yang juga sangat berguna dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Kepada Kepala Industri Bahan dan Barang Teknik ,Dinas Perindustrian dan Energi DKI Jakarta di Cempaka Putih. Terutama kepada Bapak Bagus dan semua pihak yang sangat membantu dalam pelaksanaan Pengujian Tarik.



6. Kedua orang tuaku di Gombang, cinta dan kasih yang selalu kalian pancarkan dari kejauhan ,membuatku selalu ingin bernyanyi.  
Terimakasih. Terimakasih. Terimakasih
7. Serta teman-temanku Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta terutama kontrakan *Berkley* yang dihuni makhluk – makhluk Mesin B angkatan 2012 selalu bertegur sapa dan tak bosan untuk selalu menawarkan kebahagiaan.
8. Keluargaku di Jakarta, G 301 KMHB, Lembaga Pers Mahasiswa Didaktika di G304 dan semua unit kegiatan mahasiswa di Gd. G - UNJ yang mengajarku arti persekawanan dan semua tentang kebersamaan.
9. Keluarga besar JAYA KG yang selalu kasih kesempatan untuk aku mengenal sesuatu yang baru.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini dapat menjadi suatu informasi yang berguna dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	7
1.3 Pembatasan Masalah .....	8
1.4 Rumusan Masalah .....	9
1.5 Tujuan Penelitian.....	9
1.6 Manfaat Penelitian.....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	11
2.1 Klasifikasi Baja Karbon .....	11
2.2 Baja ASTM A36.....	13
2.3 <i>Post Heating</i> .....	14
2.4 <i>Normalizing</i> .....	15
2.5 <i>Tempering</i> .....	16
2.6 Pengelasan.....	16
2.7 SMAW .....	18
2.8 Pemilihan Elektroda .....	20
2.9 Prosedur Pengelasan.....	23
2.10 Pengujian Tarik .....	24
2.11 Struktur Mikro.....	27
2.12 Pengujian Impak.....	30

2.13 Pengujian Kekerasan .....	33
2.14 Pemilihan Kampuh.....	36
2.15 Kerangka Berfikir.....	37
2.16 Penelitian Relevan.....	38
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
3.1 Tujuan Operasional Penelitian .....	40
3.2 Metode Penelitian.....	40
3.3 Waktu dan tempat Penelitian .....	41
3.4 Alat.....	42
3.5 Bahan .....	43
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	44
3.7 Uraian Prosedur Penelitian.....	45
3.8 Teknik Pengumpulan Data.....	54
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>55</b>
4.1 Pemeriksaan Hasil Visual .....	55
4.2 Analisa Pengujian Tarik.....	68
4.2.1 Spesimen Uji Tarik .....	68
4.2.2 <i>Tensile Strength</i> .....	71
4.3 Analisa Pengujian Impak .....	76
4.3.1 Spesimen Uji Impak.....	76
4.3.2 Kekuatan Impak .....	78
4.4 Analisa Hasil Pengujian kekerasan .....	81
4.4.1 Uji Kekerasan.....	82
4.5 Pengamatan Struktur Mikro .....	89
4.5.1 Struktur Mikro pada Logam Induk tanpa perlakuan panas. ....	89
4.5.2 Struktur Mikro diantara logam HAZ dan logam lasan tanpa perlakuan panas. ....	90
4.5.3 Struktur Mikro pada Logam las tanpa perlakuan panas. ....	91
4.5.4 Struktur Mikro pada Logam Induk akibat <i>Tempering</i> . ....	92
4.5.5 Struktur Mikro pada daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam lasan akibat <i>Tempering</i> . ....	93
4.5.6 Struktur Mikro pada logam lasan akibat <i>Tempering</i> .....	94

4.5.7 Struktur Mikro pada Logam Induk akibat <i>Normalizing</i> .....	95
4.5.8 Struktur Mikro pada daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam lasan akibat <i>Normalizing</i> .....	97
4.5.6 Struktur Mikro pada logam lasan akibat <i>Normalizing</i> .....	98
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran.....	101
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	102
<b>LAMPIRAN</b> .....	103

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Las SMAW.....	20
Gambar 2.2. Elektroda .....	20
Gambar 2.3. Spesifikasi Elektroda.....	23
Gambar 2.4. Kampuh X .....	23
Gambar 2.5. Amplas dan Mesin Poles .....	28
Gambar 2.6. Autosol .....	28
Gambar 2.7. Struktur Mikro Ferit dan Perlit serta Martensit.....	29
Gambar 2.8. Dimensi Kampuh X.....	37
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	44
Gambar 3.2. Pembuatan Kampuh X .....	45
Gambar 3.3. Proses Pengelasan .....	46
Gambar 3.4. Proses Pemotongan .....	47
Gambar 3.5. ASTM E8 .....	49
Gambar 3.6. ASTM E23 .....	49
Gambar 3.7. Furnace Logam .....	51
Gambar 3.8. Amplas dan Mesin Poles .....	52
Gambar 4.1. Material <i>Normalizing</i> sisi A .....	57
Gambar 4.2. Material <i>Normalizing</i> sisi B .....	57
Gambar 4.3. Material <i>Tempering</i> sisi A.....	61
Gambar 4.4. Material <i>Tempering</i> sisi B.....	61
Gambar 4.5. Material <i>Non Heating</i> sisi A .....	64
Gambar 4.6. Material <i>Non Heating</i> sisi B.....	64
Gambar 4.7. Spesimen Uji Tarik tanpa dilakukan Perlakuan Panas.....	68
Gambar 4.8. Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan <i>Tempering</i> .....	69
Gambar 4.9. Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan <i>Normalizing</i> .....	70
Gambar 4.10. Grafik Pengujian Tarik Untuk <i>Tensile Strenght</i> .....	73
Gambar 4.11. Grafik Rata-Rata Pengujian Tarik Untuk <i>Tensile Strenght</i> .....	73
Gambar 4.12. Spesimen Uji impak tanpa dilakukan Perlakuan Panas .....	76
Gambar 4.13. Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan <i>Tempering</i> .....	77
Gambar 4.14. Spesimen Uji Impak setelah dilakukan <i>Normalizing</i> .....	77

Gambar 4.15. Grafik Pengujian Untuk Uji Impak .....	79
Gambar 4.16. Grafik Rata-Rata Pengujian Untuk Uji Impak .....	79
Gambar 4.17. Grafik Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada <i>Base Metal</i> .....	83
Gambar 4.18. Grafik Rata-Rata Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada <i>Base Metal</i> ..	83
Gambar 4.19. Grafik Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada <i>Weld Metal</i> .....	86
Gambar 4.20 Grafik Rata-Rata Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada <i>Weld Metal</i> ..	87
Gambar 4.21. Struktur Mikro logam induk <i>NonTreatment</i> .....	89
Gambar 4.22. Struktur Mikro diantara logam HAZ dan logam lasan tanpa perlakuan panas.....	90
Gambar 4.23. Struktur Mikro pada Logam las tanpa perlakuan panas. ....	91
Gambar 4.24. Struktur Mikro pada Logam Induk akibat <i>Tempering</i> .....	92
Gambar 4.25 Struktur Mikro diantara logam HAZ dan logam lasan perlakuan panas <i>Tempering</i> .....	93
Gambar 4.26. Struktur Mikro pada logam lasan akibat <i>Tempering</i> .....	94
Gambar 4.27. Struktur Mikro pada logam induk akibat <i>Normalizing</i> . ....	95
Gambar 4.28 Struktur Mikro diantara logam HAZ dan logam lasan perlakuan panas <i>Normalizing</i> .....	93
Gambar 4.29. Struktur Mikro pada Logam Lasan akibat <i>Normalizing</i> .....	98

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Unsur Kimia Baja ASTM A36.....	14
Tabel 2.2. <i>Tensile Test</i> Material .....	14
Tabel 3.1. Kekuatan Tarik.....	54
Tabel 3.2. Kekuatan Impak .....	55
Tabel 3.3. Nilai Kekerasan pada <i>Base Metal</i> .....	56
Tabel 3.4. Nilai Kekerasan pada <i>Weld Metal</i> .....	56
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tarik .....	71
Tabel 4.2. <i>Tensile Strenght</i> .....	72
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Impak .....	78
Tabel 4.4. Nilai Kekerasan pada <i>Base Metal</i> .....	82
Tabel 4.5. Nilai Kekerasan pada <i>Weld Metal</i> .....	86

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG MASALAH**

Pada dunia industri sekarang ini, kegiatan pengelasan merupakan proses yang selalu berkaitan dengan kegiatan industri. Pada awalnya kegiatan pengelasan banyak digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan semua alat yang terbuat dari logam, baik itu proses penambalan retak, penyambungan, maupun sebagai alat pemotongan bagian-bagian yang dibuang atau diperbaiki.

Kemajuan teknologi yang semakin pesat seperti sekarang ini, sangat dibutuhkan teknik pengelasan yang baik agar mendapatkan hasil pengelasan yang maksimal. Perkembangan teknologi dapat dilihat dari semakin kompleksnya metode penyambungan logam dengan proses las. Hasil yang baik menjadi tantangan keilmuan dalam teknik pengelasan untuk menjamin sambungan berfungsi dengan baik.

Menjamin hasil sambungan logam, tentunya harus dilakukan uji sambungan sebelum sambungan tersebut digunakan dalam kehidupan sehari – hari. Hal itu untuk menjamin keselamatan pengguna dari hal – hal yang bisa membahayakan manusia. Dalam pengujian sambungan, yang paling sering dilakukan andalan pengujian sifat mekanik logam seperti uji kekuatan, uji ketangguhan dan uji kekerasan.

Metode pengelasan yang sering digunakan secara umum biasanya pengelasan dengan metode busur nyala logam terlindung atau biasa disebut



*Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode SMAW dianggap lebih praktis dan efisien dalam penggunaannya dan dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan.

Di dalam teknik pengelasan, mesin las SMAW itu sendiri ada pengelompokannya, seperti menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam, yaitu mesin las arus searah atau *direct current* ( DC ), mesin las arus bolak – balik atau *alternating current* ( AC ) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah ( DC ) dan pengelasan dengan arus bolak – balik ( AC ).

Hasil pengelasan yang baik dapat dilihat dari karakteristik hasil sambungan las, seperti ketangguhan, kekuatan, kekerasan dan sebagainya. Kualitas hasil pengelasan sangat tergantung pada proses pengelasan. Tentunya kita semua mengharapkan hasil yang maksimal dari proses pengelasan.

Salah satu baja karbon rendah ialah baja ASTM A36, yang tentunya harus memiliki sifat mampu las yang baik. Faktor – faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak las. Dengan demikian hasil sambungan seharusnya memiliki sifat yang baik sesuai dengan kegunaannya.

Di masyarakat baja ASTM A36 lebih dikenal dengan nama pelat kapal, dimana pelat baja ini secara fungsi digunakan sebagai material untuk membuat bagian dari dinding bawah dari sebuah kapal atau biasa disebut dengan lambung kapal. Sebagai bagian dari lambung atau dinding kapal , pelat baja ASTM A36 ini

harus mempunyai sifat mekanik terutama sisi ketangguhan agar dapat menerima beban dengan baik.

Pada Tesis yang ditulis oleh Sulaiman dari Universitas Diponegoro yang berjudul “ Pengaruh Proses Pelengkungan dan Pemanasan Garis Pelat Baja Kapal AISI E 2512 terhadap Nilai kekerasan dan Laju Korosi”, dikatakan bahwa konstruksi bagian lambung kapal harus kuat agar dapat menahan beban dari kapal sendiri maupun muatan, dan juga tekanan dari luar ( terutama air laut untuk daerah bagian lambung kapal yang tercelup ). Baja kapal yang digunakan untuk kapal harus mempunyai kekuatan tinggi sesuai dengan peraturan – peraturan Biro Klasifikasi Indondonesia. Baja yang digunakan untuk bagian lambung kapal ada dua (2) macam yaitu baja dengan kekuatan tarik 48 kg/mm<sup>2</sup> – 60 kg/mm<sup>2</sup> serta baja dengan kekuatan tarik 50 kg/mm<sup>2</sup> – 63 kg/mm<sup>2</sup> (BKI,2006)<sup>1</sup>.

Dalam menerima pembebanan dari luar selain dibutuhkan kekuatan tarik ,keuletan bahan untuk menerima pembebanan tiba – tiba juga dibutuhkan agar material tersebut menjadi ulet dan tidak mudah untuk berubah bentuk. Jika suatu material dalam contoh kasus ini, pelat baja ASTM A-36 sebagai dinding kapal tidak mempunyai keuletan yang baik, maka dia akan mudah terdeformasi / berubah bentuk ,misalnya terjadinya pelengkungan dinding kapal.

Pada saat proses pengelasan menyebabkan logam di sekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal, yang sangat erat dengan ketangguhan, cacat las, retak dan lain sebagainya yang pada

---

<sup>1</sup> Sulaiman, Pengaruh Proses Pelengkungan dan Pemanasan Garis Pelat Baja Kapal AISI E 2512 terhadap Nilai kekerasan dan Laju Korosi, Tesis Undip, 2010

umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas<sup>2</sup>. Menurut Wiryono Sumarto dan Okumura, terdapat 2 cara untuk membebaskan tegangan sisa yaitu dengan cara mekanik dan termal<sup>3</sup>.

Dari kedua cara tersebut, cara termal atau proses perlakuan panas adalah cara yang paling sering digunakan. Pada proses perlakuan panas, waktu penahanan, suhu pemanasan, dan laju pendinginan adalah faktor yang sangat penting. Di dalam pengelasan, yang tidak kalah penting ialah pemilihan bahan. Bahan yang sering digunakan untuk konstruksi umum ialah baja karbon rendah.

Banyak jenis perlakuan panas yang dapat membebaskan tegangan sisa dan meningkatkan sifat mekanis bahan. Penelitian yang dilakukan oleh Hasan MF di tahun 2016 pada jurnal *Khulna University of Engineering and Technology*, yang membahas tentang *Analysis of Mechanical Behavior and Microstructural Characteristics Change of ASTM A36 Steel Applying Various Heat Treatment*.

Dimana Hasan MF meneliti perubahan sifat mekanik dan karakteristik mikrostruktur baja ASTM A36 dengan menggunakan tanpa perlakuan panas dan variasi perlakuan panas *Annealing, Normalising, Hardening, dan Tempering* pada baja ASTM A36 untuk mengetahui karakteristik sifat mekanis material baja ASTM A36. Dari kesimpulan penelitian ini masing – masing perlakuan panas memberikan perubahan terhadap sifat mekanik bahan<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Wiryosumarto dan Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam* (Cet.8, Jakarta: Pradnya Paramita, 2000) h.43

<sup>3</sup> Ibid; h.144

<sup>4</sup> Hasan MF, *Analysis of Mechanical Behavior and Microstructural Characteristics Change of ASTM A36 Steel Applying Various Heat Treatment, Jurnal of Material and Science Engineering*, 2016

Dari perlakuan panas yang dilakukan oleh Hasan MF, *normalizing* mempunyai pengaruh yang baik untuk meningkatkan sifat mekanis bahan. Hanya saja, menurut penulis penelitian tersebut, perlu dikembangkan untuk diterapkan pada sambungan. Pada sambungan, tentunya setiap perlakuan panas berdampak pada sifat material dan dapat digunakan untuk menganalisis kekuatan tarik, ketangguhan, kekerasan dan sifat – sifat material lainnya.

Penelitian tentang perlakuan panas lainnya diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Hendri Hestiawan dan Ahmad Fauzan Suryono pada tahun 2014 yang membahas tentang pengaruh pengaruh *preheat* dan *post welding heat treatment* terhadap sifat mekanik yaitu mengenai nilai tegang tarik dan regangan sambungan las SMAW baja amutit K-460. Dimana *PWHT* dilakukan dengan proses *tempering* pada temperatur 550°C dan 650°C dengan waktu penahanan 30 menit. Dari kesimpulan penelitian ini disebutkan bahwa perlakuan *PWHT* dapat meningkatkan sifat mekanis bahan<sup>5</sup>.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Dedy Hernawan tahun 2015 tentang pengaruh variasi suhu proses *annealing* pada sambungan SMAW terhadap ketangguhan las baja K945 EMS 45, dimana *PWHT* dilakukan dengan proses *annealing* dengan variasi suhu 500°C, 600°C, 700°C dengan waktu penahanan 60 menit. Dari kesimpulan penelitian ini disebutkan bahwa kenaikan suhu *annealing* dapat meningkatkan nilai ketangguhan lasan<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Hendri Setiawan dan Ahmad Fauzan Suryono, Pengaruh *Preheat* dan *Post Welding Heat Treatment* terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las SMAW pada Baja Amutit K-460, Jurnal Mekanikal, Vol.5, No.1, 2014

<sup>6</sup> Dedy Hernawan, Pengaruh Variasi Suhu *Annealing* pada Sambungan SMAW terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS 45, Skripsi, 2015

Penelitian – penelitian diatas yang sama-sama membahas tentang sambungan pengelasan dan menggunakan proses perlakuan panas yaitu *annealing* dan *tempering*. Penelitian Hasan MF menggunakan semua perlakuan panas, namun tidak pada sambungan. Sehingga, ada beberapa perlakuan panas yang perlu untuk diteliti pada sambungan terutama harus memperhatikan besaran arus. Karena besaran arus berpengaruh pada hasil sambungan pengelasan. Dan menurut penulis perlu dilakukan perlakuan panas *Tempering dan Normalizing* untuk mengetahui adakah pengaruh *Tempering dan Normalizing* dengan sifat mekanis bahan terkait adanya peningkatan sifat mekanis bahan dari penelitian Hasan MF .

Dari uraian diatas melatar belakangi penulis untuk melakukan studi dengan judul “Sifat Mekanik Baja ASTM A36 Sambungan SMAW akibat *Normalizing dan Tempering* dengan Sudut Kampuh X”.

## **1.2 IDENTIFIKASI MASALAH**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah yang akan terjadi, yaitu :

- A. Standar apa yang digunakan dalam pengujian tarik untuk hasil pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018 ?
- B. Bagaimanakah hasil uji tarik pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018?
- C. Apakah perlakuan panas proses *Normalizing* mempengaruhi hasil pengujian tarik pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018?
- D. Apakah perlakuan panas proses *Tempering* mempengaruhi hasil pengujian tarik pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018?

- E. Standar apakah yang digunakan dalam pengujian impact untuk hasil pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018 ?
- F. Bagaimanakah hasil uji impact pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018?
- G. Apakah perlakuan panas proses *Normalizing* mempengaruhi hasil pengujian impact pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E7018 ?
- H. Apakah perlakuan panas proses *Tempering* mempengaruhi hasil pengujian impact pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E7018 ?
- I. Standar apakah yang digunakan dalam pengujian kekerasan untuk hasil pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018 ?
- J. Bagaimanakah hasil uji kekerasan pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektroda E 7018 ?
- K. Apakah perlakuan panas proses *Normalizing* mempengaruhi hasil pengujian kekerasan pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektrode E 7018 ?
- L. Apakah perlakuan panas proses *Tempering* mempengaruhi hasil pengujian kekerasan pada proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan elektrode E 7018 ?
- M. Apakah perlakuan panas *Normalizing dan Tempering* mempengaruhi pengujian tarik, pengujian impact dan pengujian kekerasan ?

### 1.3 BATASAN MASALAH

Banyaknya bahan kajian, sehingga dalam penelitian ini penulis membatasi ruang lingkup permasalahannya dengan tujuan untuk memaksimalkan penyusunan laporan penelitian.

Adapun batasan-batasan masalahnya, yaitu :

1. Penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36 dengan tebal 10 mm.
2. Penelitian ini menggunakan hasil pengelasan SMAW elektroda terbungkus E7018.
3. Pemilihan jenis sambungan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan kampuh X atau *Double V* dengan sudut  $60^\circ$ .
4. Perlakuan panas yang digunakan adalah *Normalizing* pada  $910^\circ$  dan ditahan selama 70 menit dan perlakuan panas *Tempering* pada  $450^\circ$  dan ditahan selama 70 menit.
5. Sifat mekanik yang diuji yaitu kekuatan tarik , keuletan (kekuatan bentur) dan kekerasan.
6. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik yang dilakukan pada daerah logam las dengan spesimen uji tarik.
7. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM E8.
8. Pengujian yang dilakukan adalah uji impak yang dilakukan pada daerah logam las dengan spesimen uji impak.
9. Pengujian impak menggunakan standar ASTM E23.
10. Pengujian yang dilakukan adalah uji keras yang dilakukan pada daerah permukaan logam las dengan spesimen uji keras.
11. Uji kekerasan menggunakan standar uji kekerasan vickers ASTM E92.

#### **1.4 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah, maka timbul perumusan masalah yaitu, ”Bagaimanakah pengaruh *Normalizing* dan *Tempering* pada hasil SMAW baja ASTM A36 terhadap sifat mekanik ?”.

#### **1.5 TUJUAN PENELITIAN**

1. Mengetahui pengaruh *Normalizing* pada sambungan SMAW terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36.
2. Mengetahui pengaruh *Normalizing* pada sambungan SMAW terhadap kekuatan impak baja ASTM A36.
3. Mengetahui pengaruh *Normalizing* pada sambungan SMAW terhadap kekerasan baja ASTM A36.
4. Mengetahui pengaruh *Tempering* pada sambungan SMAW terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36.
5. Mengetahui pengaruh *Tempering* pada sambungan SMAW terhadap kekuatan impak baja ASTM A36.
6. Mengetahui pengaruh *Tempering* pada sambungan SMAW terhadap kekerasan baja ASTM A36.
7. Memenuhi salah satu syarat kelulusan pada program studi SI Pendidikan Teknik Mesin.

#### **1.6 MANFAAT PENELITIAN**

1. Memberikan tambahan ilmu pengetahuan tentang pengelasan logam dan dunia pendidikan.
2. Dapat digunakan sumber informasi penting untuk peningkatan kualitas hasil pengelasan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Klasifikasi Baja Karbon

Baja sekarang ini merupakan salah satu material logam yang sangat penting yang banyak dipakai hampir di semua aspek kehidupan terutama pada bidang industri. Secara umum baja karbon adalah baja dengan unsur utamanya besi dan unsur karbon.

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya, yaitu<sup>7</sup>:

##### a. Baja Karbon Rendah

Baja ini disebut baja ringan (*Mild Steel*) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, dan penggunaan yang hampir sama. Penggilangan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dalam keadaan panas. Hal itu dapat ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya di bagian permukaan yang berwarna hitam.

Baja juga dapat diselesaikan dengan pengerjaan dingin dengan cara merendam atau mencelupkan baja ke dalam larutan asam yang berguna

---

<sup>7</sup> Hari Amanto dan Daryanto, *Ilmu Bahan* (Cet.3, Jakarta: Bumi Aksara. 2006) h.33

untuk mengeluarkan lapisan oksidanya. Setelah itu baja diangkat dan digiling sampai ukuran yang dikehendaki, selanjutnya didinginkan. Proses ini menghasilkan baja yang lebih licin, sehingga lebih baik sifatnya dan bagus untuk dibuat mesin perkakas.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3% - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan cara digilin. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sungkup, dan alat angkat presisi.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0,6% - 1,5 %,dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

## 2.2 Baja ASTM A36

Persyaratan baja konstruksi yang harus dipenuhi adalah sifat mampu las yang memuaskan, mendorong pembuatan baja dengan kadar karbon yang lebih rendah. Baja ASTM A-36 merupakan contoh dari baja karbon rendah. Baja ASTM A-36 merupakan baja paduan mikro berkadar karbon rendah (0,05 - 0,30% C). Kadar karbon yang rendah dapat menurunkan kekuatan dan hal ini dapat diperbaiki dengan memperhalus ukuran butir.

Di masyarakat baja ASTM A36 ini lebih dikenal dengan nama pelat kapal, dimana pelat baja ini secara fungsi digunakan sebagai material untuk membuat bagian dari dinding bawah dari sebuah kapal atau biasa disebut dengan lambung kapal. Sebagai bagian dari lambung atau dinding kapal, pelat baja ASTM A36 ini harus mempunyai sifat mekanik terutama sisi ketangguhan agar dapat menerima beban dengan baik.

Baja karbon rendah atau yang juga disebut baja lunak banyak sekali digunakan untuk konstruksi umum. Baja ASTM A36 mempunyai karakteristik mudah untuk dijadikan bahan konstruksi karena memiliki sifat perlakuan pengelasan yang baik. Karena baja ini sering dipakai, maka sebaiknya mempunyai sifat mekanik yang baik seperti kekuatan, ketangguhan dan kekerasan.

Dari lampiran sertifikat yang diperoleh dari toko material, dimana sertifikat ini dikeluarkan oleh PT. Jaya Pari Steel, baja ASTM A36 memiliki unsur kimia dan *Tensile test* sebagai berikut :

Tabel 2.1

Besi (Fe)	98.9 %
Karbon (C)	0,158 %
Silikon (Si)	0,013 %
Mangan (Mn)	0,86 %
Fosfor (P)	0,015 %
Sulfur (S)	0,016 %

Adapun *tensile test* material baja A36 menurut ASTM adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2

<i>Tensile Tes</i>		
<i>Tensile Strength (T.S)</i>	<i>Yield Point(Y.S)</i>	<i>Elongation (EL)</i>
(Mpa)	(Mpa)	(%) 200mm
400-550	250	20

### 2.3 *Post Heating*

*Post Heating* adalah proses perlakuan panas setelah proses pengelasan. Tujuan dari *post heating* adalah untuk melunakan daerah kena pengaruh panas las, meningkatkan mampu tempa dan ketangguhan *notch* dari daerah las, menghindari retak tegangan korosi dan menghilangkan tegangan sisa las<sup>8</sup>. Secara sederhana, *post heating* dapat diartikan sebagai bagian dari *heat treatment* yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk setelah proses pengelasan selesai.

<sup>8</sup> Daryanto, *Teknik Las* (Cet.2, Bandung: Alfabeta. 2013) h.157

Proses perlakuan panas setelah pengelasan juga dapat diartikan sebagai proses pemanasan dan pendinginan pada logam untuk mendapatkan sifat – sifat tertentu yang diperlukan untuk suatu konstruksi, misalnya kekuatan, kelunakan dan kekerasan.

Prinsip dasar proses perlakuan panas setelah pengelasan<sup>9</sup> :

- a) *Heating* merupakan proses pemanasan sampai diatas atau dibawah temperatur kritis suatu material.
- b)  *Holding* adalah menahan material pada temperatur pemanasan untuk memberikan kesempatan adanya perubahan struktur mikro.
- c) *Cooling* adalah mendinginkan dengan kecepatan tertentu tergantung pada sifat akhir material yang diinginkan.

#### **2.4 Normalizing**

Proses *normalizing* adalah salah satu bagian dari perlakuan panas. Menurut beberapa sumber *normalizing* ialah memanaskan material logam hingga mencapai fasa *austenite* ,kemudian ditahan selama beberapa waktu, setelah itu didinginkan perlahan menggunakan media udara .Proses ini bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa,serta untuk mendapatkan struktur mikro dengan butir yang seragam.

---

<sup>9</sup> Yustiasih Purwaningrum, *Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 Sebelum dan Sesudah PWHT*, Jurnal Teknoin, Vol.11, No.3, 2006

## **2.5 Tempering**

Proses *tempering* adalah salah satu bagian dari perlakuan panas. *Tempering* adalah pemanasan sampai temperatur tertentu dilanjutkan dengan pendinginan secara lambat. Media pendingin untuk memperlambat digunakan media udara. Proses ini bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa, serta dapat menambah keuletan dari sebuah material.

## **2.6 Pengelasan**

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom<sup>10</sup>. Menurut definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair<sup>11</sup>. Dari kedua definisi tersebut, dapat diuraikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Secara sederhana, mengelas adalah menyatukan dua bagian logam atau lebih dengan mengadakan ikatan metalurgi dibawah pengaruh panas.

Sampai sekarang ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal-hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut pada waktu ini dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan

---

<sup>10</sup> Ibid; h.51

<sup>11</sup> Wiryosumarto dan Okumura., Op Cit. h.1

cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Klasifikasi cara kerja membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain – lainnya.

Sedangkan klasifikasi berdasarkan energi membedakan adanya kelompok – kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut diatas akan terbaaur dan akan terbentuk kelompok – kelompok yang banyak sekali.

Diantara kedua cara klasifikasi tersebut diatas, kelihatannya klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan. Berdasarkan klasifikasi cara kerja pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama, yaitu<sup>12</sup> :

#### A. Pengelasan Cair

Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.

#### B. Pengelasan Tekan

Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

#### C. Pematrian

Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

Untuk memperoleh hasil sambungan las yang maksimal, keahlian individu sangat diperlukan, mulai dari perencanaan las sampai operasi pengelasan. Perlu

---

<sup>12</sup> Ibid; h.7

sekali kita memperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas sambungan seperti sifat mekanis sambungan las . Disamping itu, kita perlu memperhatikan tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan sebagainya.

## **2.7 SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)**

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam<sup>13</sup>. Jenis las SMAW paling sering dipakai dimana – mana untuk hampir semua keperluan pengelasan. Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektrode dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las.

SMAW adalah proses las busur yang paling sederhana dan paling serba guna. Karena sederhana dan mudah dalam mengangkut peralatan dan perlengkapannya, membuat proses SMAW ini mempunyai aplikasi luas seperti untuk proses pengelasan dibawah laut. SMAW dapat dilakukan pada berbagai posisi atau lokasi yang bisa dijangkau dengan sebatang elektroda .

Sambungan – sambungan pada daerah dimana pandangan mata terbatas masih bisa di las dengan cara membengkokkan elektroda. Proses SMAW ( *Shielded Metal Arc Welding* ) digunakan untuk mengelas berbagai macam logam, termasuk baja karbon dan baja paduan rendah. Las listrik ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambahan.

Las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Dalam cara pengelasan ini yang digunakan kawat elektroda logam

---

<sup>13</sup> Sriwidharto, *Petunjuk Kerja Las* (Jakarta:Pradnya Paramita, 1987) h.13



yang dibungkus dengan *fluks*. Karena panas dari busur ini maka, logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama<sup>14</sup>.

Panas yang dihasilkan dari busur nyala listrik ini sangat tinggi (jauh diatas titik lebur baja) sehingga dapat mencairkan baja dalam sekejap<sup>15</sup>. Sumber panas ini paling populer dipergunakan untuk pengelasan berbagai jenis baja, paduan baja dan jenis *metal non ferrous*. Mengelas dengan listrik memerlukan kawat las (*electrode*) yang terdiri dari teras logam yang dilapisi campuran beberapa zat kimia<sup>16</sup>.

Pemilihan arus yang digunakan untuk pengelasan SMAW harus diperhatikan, karena kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti juga dipengaruhi oleh arus las. Las SMAW bisa menggunakan arus searah dan arus bolak – balik. Ada dua jenis polaritas pada las SMAW yang digunakan yaitu polaritas langsung dan polaritas terbalik. Pada polaritas langsung elektroda berhubungan dengan terminal negatif. Sedangkan pada polaritas terbalik elektroda berhubungan dengan terminal positif.

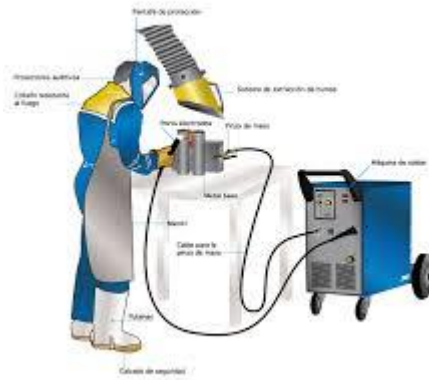
Besar kecilnya arus dapat diatur dengan mesin las itu sendiri. Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan las yang rendah. Sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan melebarnya cairan las dan deformasi yang besar dalam pengelasan.

---

<sup>14</sup> Wiryosumarto dan Okumura.,Op Cit. h.9

<sup>15</sup> Ibid; h.2

<sup>16</sup> Sunari,*Teknik Pengelasan Logam* (Jakarta:Ganeca Exact, 2007) h.3



Gambar 2.1 Las SMAW

## 2.8 Pemilihan Elektroda

Pemilihan elektroda juga harus diperhatikan, pemilihan didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las. Pengelasan listrik dengan busur langsung, seperti yang kita pakai dan sedang kita pelajari, menggunakan kawat las. Kawat las berfungsi sebagai pembakar yang menimbulkan busur api, sekaligus sebagai bahan penambah logam, karena ia sendiri melebur bersama logam yang dilas dan berpadu satu sama lain.



Gambar 2.2 Elektroda

Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir – butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Besar

kecilnya arus listrik sangat berpengaruh, jika arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus.

Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Faktor yang sangat penting di dalam pengelasan adalah bahan *fluks* dan jenis listrik yang digunakan.

#### 1. Bahan *Fluks*<sup>17</sup> :

Jenis pengelasan elektroda terbungkus *fluks* memegang peranan penting karena *fluks* dapat bertindak sebagai :

- a) Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir – butir cairan logam.
- b) Sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara di sekitarnya.
- c) Pengatur penggunaan.
- d) Sumber unsur – unsur paduan.

---

<sup>17</sup> Wiryosumarto dan Okumura., Loc.Cit. h.9

Fluks biasanya terdiri dari bahan – bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan – bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, unsur paduan dan bahan pengikat. Elektroda las yang ada di pasaran biasanya dibungkus dengan campuran bahan – bahan fluks tertentu yang tergantung dari penggunaannya.

Bahan fluks yang digunakan untuk jenis E7018 adalah serbuk besi dan hidrogen rendah. Elektroda ini menghasilkan sambungan dengan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah.

Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektrode (fluks), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan .

Bab 2. Cara-cara Mengelas Dan Memotong

14

**Tabel 2.5 Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak. (AWS A5.1 – 64T)**

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi <sup>1)</sup> pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm <sup>2</sup>						
E6010	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011	Kalsium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012	Natrium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013	Kalsium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
E6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S	AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm <sup>2</sup>						
E7014	Serbuk besi, titanium	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016	Kalsium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024	Serbuk besi, titanium	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22
		Klasifikasi AWS-ASTM		Kekuatan tumbuk terendah		*1 Arti simbol: F = datar V = vertikal OH = atas kepala H = horizontal H-S = horizontal las sudut
E6010, E6011				2,8 kg-m pada 28,9°C		
E6027, E7015				2,8 kg-m pada 28,9°C		
E7016, E7018				2,8 kg-m pada 17,8°C		
E7028				tidak disyaratkan		
E6012, E6013				tidak disyaratkan		
E6020, E7014				tidak disyaratkan		
E7024				tidak disyaratkan		

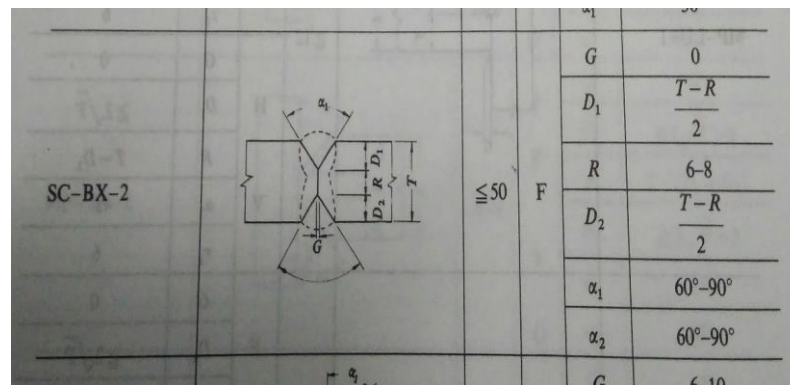
Gambar 2.3 Spesifikasi Elektroda<sup>18</sup>

## 2.9 Prosedur Pengelasan

Langkah pertama dalam melakukan pengelasan yaitu potong pelat baja sesuai dengan ukuran yang diperlukan dalam penelitian ini pelat baja dipotong

<sup>18</sup> Wiryosumarto dan Okumura., Loc.Cit. h.14

dengan ukuran awal 10 cm x 30 cm x 10 mm, di sisi yang akan dilas diberi kemiringan dengan sudut kampuh 30°.



Gambar 2.4 Kampuh V Ganda / Kampuh X<sup>19</sup>

Langkah selanjutnya adalah menyalakan mesin las, arus las diatur sesuai keinginan dan disesuaikan dengan bahan yang akan dilas. Selanjutnya plat – plat yang akan dilas disejajarkan dan diletakan pada meja las, kemudian dilas titik pada ujung plat tersebut agar menempel. Setelah persiapan tadi selesai pengelasan bisa dimulai dari salah satu ujung pelat.

Satu jalur dari titik las pertama sampai titik las kedua dari kampuh X yang dibentuk dari kedua plat. Butir las pertama dan mulai pengelasan kedua dilakukan dengan gerakan perlahan, kemudian ayunkan busur las diatas kampuh. Mulai pengelasan ketiga, dilakukan dengan perlahan lebih lebar, jangan biarkan las menjadi terlalu lebar. Sebenarnya tinggi dari permukaan las boleh sedikit lebih tinggi daripada jarak puncak kampuh X.

## 2.10 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu uji mekanik logam pada konstruksi las yang merusak. Pengujian merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap

<sup>19</sup> Ibid. h.404

model dari konstruksi atau pada batang – batang uji yang telah dilas dengan cara yang sama dengan proses pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji<sup>20</sup>. Tujuan utama dari proses pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji.

Setelah dilakukan pengujian tarik, diharapkan bahan yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Deformasi bahan disebabkan oleh gaya tarik adalah dasar dari pengujian – pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan, hal ini disebabkan beberapa alasan<sup>21</sup> :

- a) Mudah dilakukan .
- b) Menghasilkan tegangan uniform pada penampang.
- c) Kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima beban tegangan tarik yang uniform pada penampang.

Maka hasil dalam pengujian bahan industri paling sering ditentukan oleh kekuatan tarik bahan. Proses pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Dalam sambungan las sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat – sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> Wiryosumarto dan Okumura.,Op.cit. h.361

<sup>21</sup> T.Surdia dan Shinroku,*Pengetahuan Bahan Teknik* (Jakarta:Pradnya Paramita, 1999) h.7

<sup>22</sup> Wiryosumarto dan Okumura.,Op.cit. h.181

Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari logam induknya. Pengujian tarik untuk kekuatan kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatan dan dimana letak putus dari suatu sambungan las.

Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda. Akibat yang ditimbulkan oleh penarikan gaya terhadap bahan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk bahan tersebut. Kemungkinan ini akan diketahui melalui proses pengujian tarik.

Proses terjadinya perubahan bentuk (deformasi) pada bahan uji ini adalah proses pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Penyusunan butir kristal logam yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya elektromagnetik, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut. Dengan demikian sangat beralasan jika dalam pengujian bahan teknik, kekuatan suatu bahan sering ditentukan oleh kekuatan tarik.

Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. Kemudian sifat – sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (1)^{23}$$

Dimana :  $\sigma$  = Tegangan Tarik (kgf/mm<sup>2</sup>)

F = Beban (kg)

A<sub>0</sub> = Luas mula dari penampang batang uji (mm<sup>2</sup>)

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots\dots (1.1)^{24}$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan

L<sub>0</sub> = Panjang mula dari batang uji

L = Panjang batang uji yang dibeban

## 2.11 Struktur Mikro

Material las terbagi menjadi tiga daerah yaitu daerah logam induk, daerah antara pengaruh panas (*Heat Affected Zone*) dan logam lasan, serta daerah logam lasan itu sendiri. Logam induk adalah bagian logam dasar yang tidak terpengaruh oleh panas dan suhu pengelasan, sehingga tidak menyebabkan perubahan struktur mikro karena panas yang disebabkan oleh proses pengelasan. Kemudian yang dimaksud dengan daerah HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam lasan, yang pada saat proses pengelasan berlangsung, daerah ini terpengaruh panas yang dihasilkan oleh proses pengelasan. Sedangkan logam lasan adalah bagian logam yang mencair dan kemudian membeku pada saat proses pengelasan berlangsung.

---

<sup>23</sup> Wiryosumarto dan Okumura.,Ibid. h.181

<sup>24</sup> Ibid. h.181

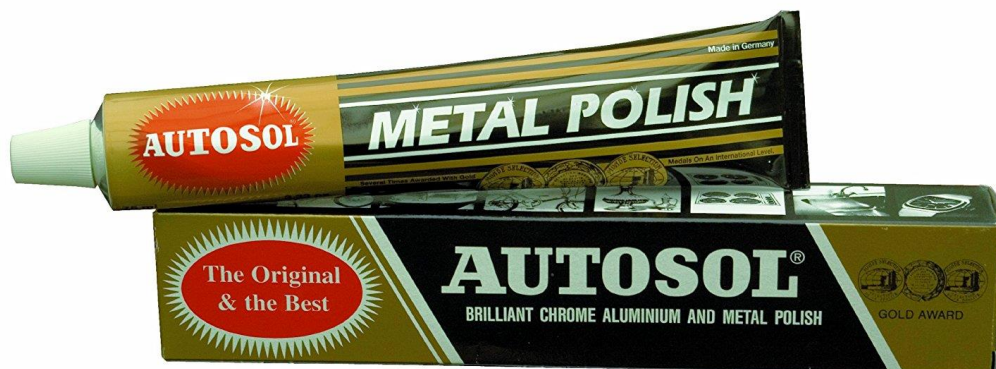


Sebelum melakukan pengamatan struktur mikro, spesimen harus melewati beberapa tahap. Yang pertama, spesimen harus diampas mulai dari ampas dengan ukuran tingkat kehalusan 100 s/d 1500.



Gambar 2.5 Ampas dan Mesin Poles

Setelah diampas dengan ampas dengan tingkat kehalusan minimal ampas ukuran 1000 atau dapat juga dilihat dengan mikroskop optik sudah tidak terlalu banyak garis – garis, langkah selanjutnya adalah menggosokkan permukaan spesimen uji dengan autosol diatas kain.



Gambar 2.6 Autosol

Setelah permukaan spesimen mengkilap, dan dicek menggunakan mikroskop optik dan tidak ada garis – garis kasar. Maka langkah selanjutnya dilakukan proses etsa. Dimana pada proses etsa menggunakan asam nitric (HNO<sub>3</sub>) sejumlah 25% dan dicampur dengan air. Proses etsa yaitu dengan mencelupkan permukaan spesimen benda uji ke dalam campuran tersebut. Dari proses etsa kita dapat melihat daerah logam induk, daerah HAZ dan daerah logam lasan. Untuk selanjutnya dapat dilakukan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik.

Didalam pengamatan struktur mikro material ada fasa – fasa yang tersusun yaitu fasa austenite, ferit, sementit, perlit dan martensite. Fasa austenite terbentuk pada baja dengan temperatur tinggi. Jika fasa austenite didinginkan secara lambat maka akan terbentuk fasa ferit dan perlit. Fasa ferit hanya dapat menampung unsur karbon 0,025% dan bersifat lunak.

Sedangkan fasa sementit tidak seperti ferit dan austenite, sementite merupakan senyawa yang bersifat sangat keras.



Gambar 2.7 Struktur Mikro Ferit dan Perlit Serta Martensit

## 2.12 Pengujian Impak

Ketangguhan adalah ketahanan suatu material terhadap beban kejut. Pengujian ini untuk mengetahui ketangguhan material dengan menggunakan uji impact. Dasar pengujian *impact* ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi.

Pengujian ini juga biasa disebut pengujian pukul takik. Proses pengujian pukul takik termasuk salah satu proses pengujian sifat mekanik suatu bahan. Melalui pengujian ini dapat kita ketahui sifat suatu materi atau bahan benda kerja mengenai kerapuhan, keuletan, atau ketahanan bahan terhadap pembebanan bila diberikan secara tiba - tiba<sup>25</sup>.

Secara umum metode pengujian impact terdiri dari 2 jenis yaitu metode Charpy dan metode Izod. Metode Charpy itu sendiri adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan horizontal atau mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan, sedangkan metode Izod adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Perbedaan kedua metode terletak pada peletakan spesimen ujinya.

Pengujian impact atau juga biasa disebut dengan uji pukul takik ini mempunyai syarat – syarat yang ditentukan oleh standar industri internasional seperti pengujian mekanik lainnya. Pembebanan pada pengujian impact dimaksudkan sebagai ukuran kekuatan bahan terhadap pembebanan kejut atau nilai impact. Yang perlu diperhatikan dalam pengujian impact adalah seberapa

---

<sup>25</sup> Drs Engkos Koswara, Drs Hardi Sudjana, Pengujian Logam ( Bandung: Humaniora Utama Press 1999), h.181

besar gaya yang diperlukan sampai material uji mengalami perubahan bentuk atau deformasi, serta berapa luas penampang bidang yang mengalami proses pembebanan hingga terjadi perubahan bentuk tersebut.

Dalam pengujian impak atau pukul takik dengan metode *Charpy*, bahan uji ditempatkan pada landasan pesawat uji dengan arah takikan menghadap ke arah pukulan, sehingga pemukulan dilakukan dari belakang takikan. Proses ini menghasilkan data dari mulai gaya yang bekerja secara maksimal sampai material uji mengalami perubahan bentuk.

Besarnya gaya yang bekerja dapat dibaca dari skala ukur mesin pesawat uji tersebut, sehingga nilai impaknya dapat dihitung dari kekuatan bahan terhadap pembebanan kejut melalui bidang yang ada di bawah takikan. Tetapi pada mesin pesawat uji lainnya, besarnya gaya harus dihitung terlebih dahulu. Sebab, mesin tersebut hanya dapat menunjukkan besar sudut yang dibentuk oleh gerakan pendulum.

Kita dapat mengetahui sifat ketangguhan bahan terhadap energi benturan yang diberikan. Jika hasil perubahan bentuk berupa sudut besar berarti bahan uji tersebut semakin rapuh. Begitu sebaliknya, apabila sudut perubahan bentuk dari uji pembenturan kecil pada spesimen uji artinya bahan uji tersebut semakin ulet atau tangguh.

Perhitungan untuk nilai impak adalah sebagai berikut :

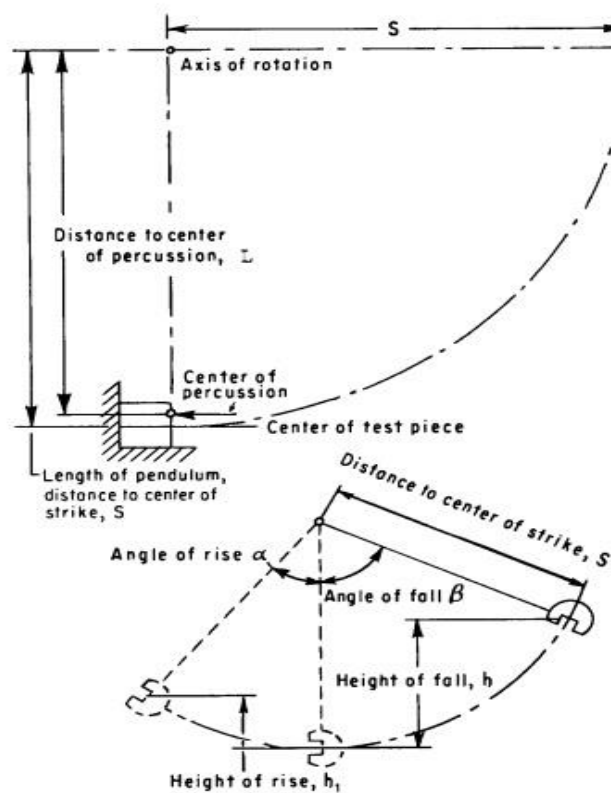
$$\text{Nilai Impak} = \frac{\text{Energi yang diserap (E)}}{\text{Luas dibawah takikan (A0)}}$$

Keterangan :

$E$  = Energi yang diserap dengan satuan (Joule )

Nilai Impak = dengan satuan (Joule/mm<sup>2</sup>)

$A_0$  = Luas penampang bawah takikan



Gambar 2.8 Mekanisme pengujian impak<sup>26</sup>

Dimana ,  $h = S (1 - \cos \beta)$

$$h_1 = S (1 - \cos \alpha)$$

$h$  = Tinggi jatuh sebelum membentur benda uji (m)

$h_1$  =Tinggi Ayunan Setelah membentur benda uji (m)

$S$  = Jarak pendulum ke titik putar (m)

$\alpha$  = Sudut Jatuh (°)

$\beta$  = Sudut Ayun (°)

Kemudian Energi yang terserap benda uji adalah :

$$E = m.g.(h-h_1).....(\text{Joule})$$

<sup>26</sup> ASTM E23 tentang Uji Impak

Dimana ,E = Energi yang terserap oleh benda kerja ....( Joule)

m = massa pendulum ...(kg)

Biasanya pada mesin uji impak terkini, energi yang terserap oleh benda kerja dapat dilakukan pembacaan langsung pada mesin tersebut.

### **2.13 Pengujian Kekerasan**

Metode pengujian kekerasan didenifisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban penetrasi atau penekanan. Ketika suatu benda yang akan diuji diberi gaya tertentu dengan mendapat pengaruh pembebanan, benda uji akan mengalami deformasi<sup>27</sup>. Dengan kata lain, besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan adalah hasil nilai dari tingkat kekerasan.

Sebelum kita melakukan pengujian untuk kekerasan, kita juga harus mempertimbangkan material dasar untuk spesimen uji keras. Apakah material atau bahan spesimen uji keras tergolong material keras atau lunak. Untuk pengujian kekerasan lebih baik menggunakan bahan dengan tingkat kekerasan yang tinggi, karena pada umumnya logam dengan tingkat kekerasan yang tinggi lebih kuat daripada logam yang lunak.

Tetapi sifat untuk logam dengan tingkat kekerasan yang tinggi cenderung lebih rapuh. Berbeda dengan logam dengan tingkat kekerasan yang rendah atau sering disebut dengan logam lunak yang memiliki sifat lebih ulet dan elastis. Keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan, bergantung pada penggunaan atau manfaat digunakan untuk apa nanti setelah pengujian.

---

<sup>27</sup> Drs Engkos Swara, Drs Hardi Sudjana, *Pengujian Logam* (Bandung :Humaniora Utama Press, 1999) h.13

Setelah kita mengetahui nilai dari tingkat kekerasan dari suatu bahan. Nilai kekerasan yang tinggi dari suatu bahan tidak menjamin untuk nantinya bahan tersebut dapat menerima beban atau memiliki kekuatan yang tinggi pula dalam aplikasi proses permesinan. Karena tingkat kekerasan yang tinggi cenderung getas, maka untuk menerima pembebanan terkait dengan kekuatan atau ketahanan untuk menerima beban.

Pengujian kekerasan pada prinsipnya adalah menekankan penekan tertentu terhadap spesimen benda uji dengan beban tertentu kemudian dilakukan pengukuran pada bekas penekanan yang terbentuk di atasnya. Pada umumnya pengujian kekerasan ada tiga (3) jenis yaitu pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*, pengujian kekerasan dengan metode Brinell serta pengujian kekerasan dengan metode *Vickers*.

Semua jenis metode pengujian tentunya memiliki keunggulan dan kelemahan. Perbedaan yang mendasar dari ketiga metode pengujian kekerasan adalah pada penentuan angka kekerasan yang disepakati untuk dijadikan tolak ukur. Misalnya untuk pengujian kekerasan dengan metode Brinell dan metode pengujian *Vickers* yang menggunakan prinsip pada perhitungan kekuatan bahan terhadap pembebanan setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan.

Kemudian untuk pengujian kekerasan dengan metode Rockwell menggunakan prinsip kedalaman hasil penekanan alat penekan atau *indentor* yang membentuk bekas pada benda uji. Karena perbedaan untuk setiap metode pengujian kekerasan maka satuan untuk hasil tingkat dari kekerasan sebuah benda uji juga berbeda – beda. Maka dari itu semua metode pengujian kekerasan

mempunyai satuan sendiri – sendiri sesuai proses penekanannya yang sudah mendapat pengakuan dari Standar Internasional.

Untuk pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* digunakan penekan intan berbentuk piramida yang diberi beban 1 – 120 kg, tergantung pada kekerasan dan ketebalan benda. Jarak diukur dan dengan rumus tertentu dapat dihitung nilai kekerasan *Vickers*<sup>28</sup>.

Angka kekerasan *Vickers* (HV) didenifisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas penekanan (Injakan) dari penekan (identor) / (A) yang dikalikan dengan sin (136°/2).

Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode *Vickers*, yaitu :

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2} \dots\dots\dots(3)^{29}$$

$$HV = \frac{F \cdot \sin 136^\circ / 2}{d^2 / 2} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

HV = Angka kekerasan *Vickers*

---

<sup>28</sup> B.H Amstead dkk, *Teknologi Mekanik*, (Jakarta : Erlangga, 1997) h.30

<sup>29</sup> B.H Amstead dkk., *Op.Cit.* h.30

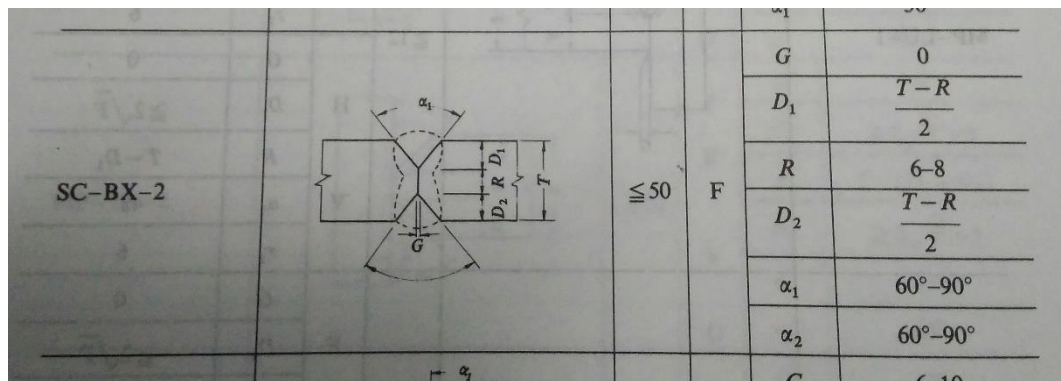


F = Beban (kgf)

d = Diagonal (mm)

## 2.14 Pemilihan Kampuh / Sambungan Las

Jenis kampuh atau sambungan dalam pengelasan beraneka ragam, tergantung dari bentuk, posisi, dan fungsi dari benda itu sendiri. Untuk spesimen yang tidak membutuhkan keseimbangan yang tinggi cukup menggunakan kampuh V ganda atau kampuh X. Contohnya pada spesimen pengujian tarik. Pada kampuh V ganda atau bisa jga disebut dengan kampuh X biasanya menggunakan sudut  $30^\circ$  -  $45^\circ$ .



Gambar 2.8 Dimensi Kampuh V Ganda<sup>30</sup>

## 2.15 Kerangka Berfikir

Pengelasan pada saat ini adalah salah satu cara yang paling banyak digunakan untuk menyambung logam. Proses pengelasan mempunyai banyak dampak yang dapat mempengaruhi sifat mekanis seperti kekuatan dan keuletan

<sup>30</sup> Wiryosumarto dan Okumura., Loc.Cit. h.404

bahan tersebut. Hal ini terjadi karena proses pengelasan meninggalkan tegangan sisa. Oleh karena itu setelah proses pengelasan dilakukan proses perlakuan panas dan dipilih variasi perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* agar dapat memperoleh hasil pengelasan dapat maksimal.

Setelah dilakukan proses perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* maka dilakukan pengujian. Pengujian di sini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan impak hasil lasan tersebut. Pengujian tersebut membandingkan apakah proses *Tempering* dan *Normalizing* berpengaruh pada sifat mekanis seperti kekuatan tarik dan kekuatan impak serta kekerasan atau tidak.

Dari pengujian ini akan didapat hasil dari pengaruh proses *Tempering* dan *Normalizing* terhadap kekuatan tarik, kekuatan impak dan kekerasan baja ASTM A36 sambungan SMAW.

## **2.16 Penelitian yang Relevan**

Penelitian yang dilakukan oleh Hendri Hestiawan dan Ahmad Fauzan Suryono di tahun 2014 yang membahas tentang pengaruh *preheat* dan *post welding heat treatment* terhadap sifat mekanik yaitu mengenai nilai tegang tarik dan regangan sambungan las SMAW baja amutit K-460.

Dimana *PWHT* dilakukan dengan proses *tempering* pada temperatur 550°C dan 650°C dengan waktu penahanan 30 menit. Dari kesimpulan penelitian ini disebutkan, bahwa perlakuan *PWHT* dapat meningkatkan sifat mekanis bahan<sup>31</sup>.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Dedy Hernawan di tahun 2015 tentang pengaruh variasi suhu proses *annealing* pada sambungan SMAW terhadap

---

<sup>31</sup> Hendri Setiawan dan Ahmad Fauzan Suryono, Pengaruh *Preheat* dan *Post Welding Heat Treatment* terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las SMAW pada Baja Amutit K-460, Jurnal Mekanikal, Vol.5, No.1, 2014

ketangguhan las baja K945 EMS 45, dimana PWHT dilakukan dengan proses annealing dengan variasi suhu 500°C, 600°C, dan 700°C dengan waktu penahanan 60 menit. Dari kesimpulan penelitian ini disebutkan bahwa kenaikan suhu *annealing* dapat meningkatkan nilai ketangguhan lasan<sup>32</sup>.

Serta penelitian yang dilakukan oleh Hasan MF di tahun 2016 pada jurnal *Khulna University of Engineering and Technology*, yang membahas tentang *Analysis of Mechanical Behavior and Microstructural Characteristics Change of ASTM A36 Steel Applying Various Heat Treatment*, dimana Hasan MF meneliti perubahan sifat mekanik dan karakteristik mikrostruktur baja ASTM A36 dengan menggunakan tanpa perlakuan panas dan variasi perlakuan panas *Annealing, Normalising, Hardening, dan Tempering* pada baja ASTM A36 untuk mengetahui karakteristik sifat mekanis material baja ASTM A36. Dari kesimpulan penelitian ini masing – masing perlakuan panas memberikan perubahan terhadap sifat mekanik bahan<sup>33</sup>.

Dari penelitian yang diuraikan diatas sama - sama membahas tentang proses perlakuan panas. Dimana, penelitian yang dilakukan oleh Hendri Hestiawan dan Ahmad Fauzan Suryono serta penelitian yang dilakukan oleh Dedy Hernawan memiliki persamaan yaitu dengan perlakuan panas *Annealing* dan *Tempering* pada sambungan yang sama - sama menggunakan satu variasi waktu penahanan. Serta penelitian yang dilakukan oleh Hasan MF yang dilakukan pada material bukan sambungan. Oleh karena itu, ada yang kurang menurut penulis dimana perlu

---

<sup>32</sup> Dedy Hernawan, Pengaruh Variasi Suhu *Annealing* pada Sambungan SMAW terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS 45, Skripsi, 2015

<sup>33</sup> Hasan MF, *Analysis of Mechanical Behavior and Microstructural Characteristics Change of ASTM A36 Steel Applying Various Heat Treatment*, *Jurnal of Material and Science Engineering*, 2016

dilakukan penelitian proses perlakuan panas jenis lain pada sambungan, dipilih *Tempering* dan *Normalizing* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanis bahan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Operasional Penelitian**

Berdasarkan pada masalah – masalah yang telah dirumuskan sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi dan data untuk mengetahui pengaruh *Normalizing dan Tempering* terhadap sifat mekanis baja ASTM A36 sambungan SMAW.

#### **3.2 Metode Penelitian**

Dalam kegiatan penelitian ini, metode penelitian digunakan sebagai pertanggungjawaban hasil penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Metode eksperimen adalah prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan sebab akibat antara variabel bebas dan terikat.

Metode eksperimen yang dilakukan adalah adalah meneliti pengaruh *Tempering* pada suhu 450°C dengan waktu penahanan 70 menit terhadap nilai kekuatan tarik , kekuatan impact dan kekerasan baja ASTM A36 yang didapat dari pengujian sifat mekanik dengan melihat perubahan pada perlakuan panas yang dilakukan tersebut.

Kemudian juga dilakukan pengaruh *Normalizing* pada suhu 910°C dengan waktu penahanan 70 menit terhadap nilai kekuatan tarik , kekuatan impact dan kekerasan baja ASTM A36 yang didapat dari pengujian sifat mekanik dengan melihat perubahan pada perlakuan panas yang dilakukan tersebut.

#### **3.3 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2017 sampai dengan selesai, tempat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pembelian material baja ASTM A36 di toko Putra Sathia yang beralamat di Jalan Pangeran Jayakarta No.71, Jakarta – Barat 11110.
2. Proses pengelasan dilakukan di Laboratorium Produksi , Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknik – Universitas Negeri Jakarta.
3. Proses pembuatan kampuh X dilaksanakan di Laboratorium Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik – Universitas Negeri Jakarta.
4. Pembuatan spesimen uji tarik dan spesimen uji impak di Laboratorium Produksi Politeknik Manufaktur Astra ,Sunter – Jakarta.
5. Perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* dilakukan di Laboratorium Fisika MIPA UI – Depok.
6. Pengujian tarik dilakukan di Lab. Unit Industri Bahan dan Barang Teknik DKI Jakarta.
7. Pengujian impak dilakukan di Lab. Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
8. Pengujian Kekerasan dilakukan di Lab.Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
9. Pengambilan foto mikro di Laboratorium Material – Universitas Negeri Jakarta.

### **3.4 Alat**

Ada beberapa alat yang dibutuhkan agar penelitian ini berjalan dengan baik, namun alat yang terpenting ,yaitu :

1. Mesin las listrik beserta perlengkapannya
2. Tang dan Palu Terak
3. Jangka sorong (alat ukur panjang)
4. Bevel Protector (alat ukur sudut)
5. Mesin Frais beserta perlengkapannya
6. Mesin Poles
7. Kain Bludru
8. Pipet
9. Gelas Ukur
10. Alat uji tarik
11. Alat uji impak
12. Alat uji kekerasan
13. Alat Pengamatan Struktur Mikro (Mikroskop Optik)
14. *Furnace* logam

### **3.5 Bahan**

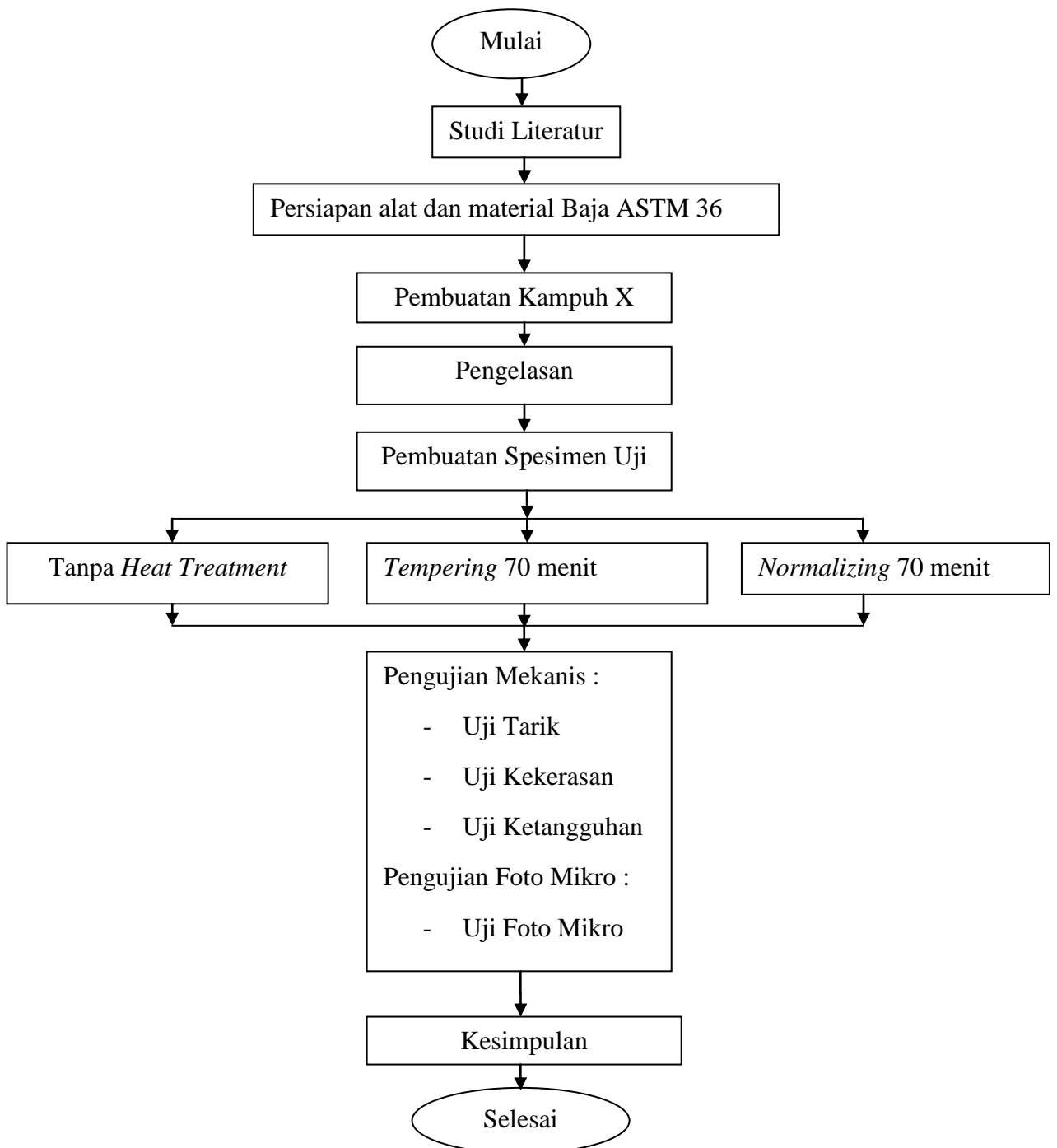
Adapun beberapa bahan yang dibutuhkan untuk menunjang pelaksanaan penelitian, yaitu :

1. Baja ASTM A36
2. Elektroda E 7018 diameter 2,6 mm
3. Elektroda E 7018 diameter 3,2 mm
4. Ampelas dengan tingkat kehalusan 100 s/d 1500
5. Autosol
6. Larutan Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ )
7. Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )



### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan mengenai prosedur penelitian dijelaskan dalam bentuk skema seperti terlihat pada gambar :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.7 Uraian Prosedur Penelitian

Uraian prosedur penelitian ini mengikuti rencana pada diagram alir penelitian. Dimana tahapan- tahapan yang harus dilalui mulai dari memilih kampuh sampai proses pengujian. Pertama yang harus dilakukan adalah memilih baja ASTM A36 dengan komposisi kimia 98.9 % (Fe);0,158 %(C);0,013 %(Si), 0,86 % (Mn);0,015 % (P);0,016 % (S).

Kemudian selanjutnya adalah membuat kampuh X.Pembuatan kampuh X dilakukan menggunakan mesin Frais dengan sudut kampuh sebesar 60°.



Gambar 3.2 Pembuatan kampuh X

Langkah selanjutnya yaitu melakukan proses pengelasan ,dimana yang dipilih ialah proses pengelasan jenis SMAW. Dalam proses pengelasan SMAW, yang pertama dilakukan adalah pemilihan arus yang tepat. Kemudian ,tempatkan pelat kampuh X sejajar dan diberikan jarak sebesar satu diameter elektroda.



Gambar 3.3 Proses Pengelasan

Langkah selanjutnya adalah memotong mendekati ukuran spesimen pengujian dengan *cutting gas*.



Gambar 3.4 Proses Pemotongan

Pemotongan pelat hasil pengelasan kemudian dipotong dengan rincian sebagai berikut :

- a. Spesimen yang akan dibuat sebanyak 21 variasi spesimen yang terdiri dari 7 spesimen untuk sampel semua pengujian tanpa *heat treatment* dan 7 spesimen untuk sampel *Tempering* serta 7 spesimen untuk sampel *Normalizing* dengan 70 menit waktu penahanan.
- b. Untuk Pengujian Tarik sebanyak 9 spesimen, Pengujian Impak sebanyak 9 spesimen, dan Pengujian Keras dengan 3 spesimen

dengan tiga penusukan di *base metal* dan *weld metal* di masing – masing spesimen.

- c. Untuk masing – masing pengujian dengan tidak dilakukan perlakuan panas sebanyak 3 spesimen.
- d. Masing – masing pengujian mekanik sebanyak 3 spesimen.

#### 1. Proses Persiapan Sampel

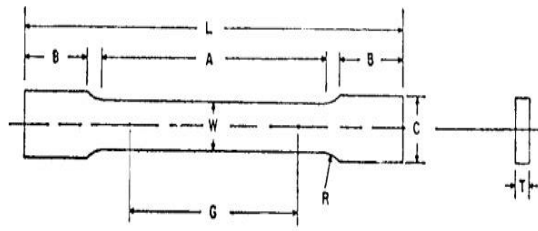
- a. Pembuatan kampuh kampuh X dilakukan dengan menggunakan mesin Frais dengan sudut kampuh  $60^\circ$ . Kemudian pengelasan dengan SMAW.
- b. Ukuran baja awal hasil pengelasan SMAW adalah 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm.

#### 2. Proses Pembuatan Spesimen

- a. Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Baja hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong vertikal menjadi 10 bagian dengan ukuran masing – masing 3 cm x 10 cm dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong. Setelah itu baru dibuat spesimen uji tarik dengan ukuran yang sesuai dengan standar ASTM E8 type 12,5 mm menggunakan mesin Frais.

ASTM E 8M



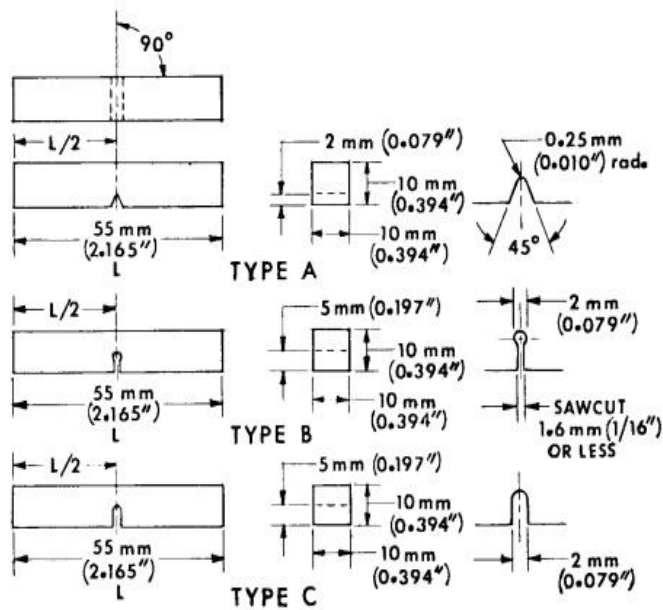
Nominal Width	Dimensions, mm		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type 40 mm	Sheet-Type 12.5 mm	6 mm
G— Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2	50.0 ± 0.1	25.0 ± 0.1
W— Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0	12.5 ± 0.2	6.0 ± 0.1
T— Thickness (Note 5)		thickness of material	
R— Radius of fillet, min (Note 6)	25	12.5	6
L— Overall length, min (Note 2 and Note 7)	450	200	100
A— Length of reduced section, min	225	57	32
B— Length of grip section, min (Note 8)	75	50	30
C— Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50	20	10

Gambar 3.5 ASTM E8

b. Proses Pembuatan Spesimen Uji Impak

Baja hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong vertikal menjadi 10 bagian dengan ukuran masing – masing 3 cm x 10 cm dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong. Setelah itu baru dibuat spesimen uji impak dengan ukuran yang sesuai dengan standar ASTM E 23 tipe A menggunakan mesin Frais.





NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90 ± 2°
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross-section dimensions	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Length of specimen (L)	+0, -2.5 mm (+0, -0.100 in.)
Centering of notch (L/2)	± 1 mm (± 0.039 in.)
Angle of notch	± 1°
Radius of notch	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Notch depth:	
Type A specimen	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Types B and C specimen	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Finish requirements	2 μm (63 μin.) on notched surface and opposite face; 4 μm (125 μin.) on other two surfaces

Gambar 3.6 ASTM E23

c. Proses Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan

Baja hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong vertikal menjadi 10 bagian dengan ukuran masing – masing 3 cm x 10 cm dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong.

Sebelum melakukan proses perlakuan panas, terlebih dahulu oven pemanas diperiksa. Setelah oven dalam keadaan baik, kemudian langkah – langkah berikutnya adalah :

- a. Menyiapkan spesimen uji sebanyak 21 buah untuk dilakukan proses *Tempering* selama 70 menit.
  - b. Memasukan spesimen untuk perlakuan pertama ke dalam oven hingga mencapai suhu  $450^{\circ}$  selama 70 menit.
  - c. Spesimen yang telah melalui proses *Tempering* dipisahkan sesuai pengujian.
3. Melakukan Perlakuan Panas *Normalizing*.
- a. Menyiapkan spesimen uji sebanyak 21 buah untuk dilakukan proses *Normalizing* selama 70 menit.
  - b. Memasukan spesimen untuk perlakuan pertama ke dalam oven hingga mencapai suhu  $450^{\circ}$  selama 70 menit.
  - c. Spesimen yang telah melalui proses *Normalizing* dipisahkan sesuai pengujian.



Gambar 3.7 *Furnace*

4. Melakukan Pengujian Mekanik



Setelah melakukan perlakuan panas dan dibentuk sesuai spesimen uji, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian tarik , pengujian impak dan pengujian kekerasan.

Setelah dilakukan pengujian mekanik, langkah selanjutnya adalah melakukan uji fisis atau pengamatan foto mikro. Sebelum melakukan pengamatan struktur mikro, spesimen harus melewati beberapa tahap. Yang pertama , spesimen harus diampas mulai dari ampas dengan ukuran tingkat kehalusan 100 s/d 1500.



Gambar 3.8 Amplas dan Mesin Poles

Setelah diampas dengan ampas dengan tingkat kehalusan minimal ampas ukuran 1000. Atau dapat juga dilihat dengan mikroskop optik sudah tidak terlalu banyak garis – garis ,langkah selanjutnya adalah menggosokkan permukaan spesimen uji dengan autosol diatas kain.



Gambar 3.9 Autosol

Setelah permukaan spesimen mengkilap, dan dicek menggunakan mikroskop optik dan tidak ada garis – garis kasar. Maka langkah selanjutnya dilakukan proses etsa. Dimana pada proses etsa menggunakan asam nitric ( $\text{HNO}_3$ ) sejumlah 25% dan dicampur dengan air. Proses etsa yaitu dengan mencelupkan permukaan spesimen benda uji ke dalam campuran tersebut. Dari proses etsa kita dapat melihat daerah logam induk, daerah HAZ dan daerah logam lasan. Untuk selanjutnya dapat dilakukan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik.

### 3.8 Teknik Pengumpulan Data

Data pengujian yang diperoleh setelah dilakukan pengujian yaitu uji tarik menggunakan mesin uji tarik dengan satuan  $\text{Kgf/mm}^2$ , Kemudian uji impak dengan satuan  $\text{Joule/cm}^2$ . Kemudian uji keras *Vickers* dengan satuan *Vickers Hardness Number* (HVN).

Tabel 3.1 Kekuatan Tarik

NO	Perlakuan	Spesimen	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength Rata-rata (Kgf/mm <sup>2</sup> )
1	Tanpa Perlakuan	1	X1	Y1	z
		2	X2	Y2	
		3	X3	Y3	
2	Tempering	1	X1	Y1	z
		2	X2	Y2	
		3	X3	Y3	
3	Normalizing	1	X1	Y1	z
		2	X2	Y2	
		3	X3	Y3	

Tabel 3.2 Kekuatan Impak

NO	Perlakuan	Spesimen	Nilai Impak (joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (joule/mm <sup>2</sup> )
1	Tanpa Perlakuan	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	
2	Tempering	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	
3	Normalizing	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	

Tabel 3.3 Nilai Kekerasan pada *base metal*

NO	Perlakuan	Spesimen pada ( <i>base metal</i> )	Nilai Kekerasan (VHN)	Rata-rata (VHN)
1	Tanpa Perlakuan	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	
2	<i>Tempering</i>	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	
3	<i>Normalizing</i>	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	

Tabel 3.4 Nilai Kekerasan pada *Weld Metal*

NO	Perlakuan	Spesimen pada ( <i>weld metal</i> )	Nilai Kekerasan (VHN)	Rata-rata (VHN)
1	Tanpa Perlakuan	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	
2	<i>Tempering</i>	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	
3	<i>Normalizing</i>	1	X1	Z
		2	X2	
		3	X3	

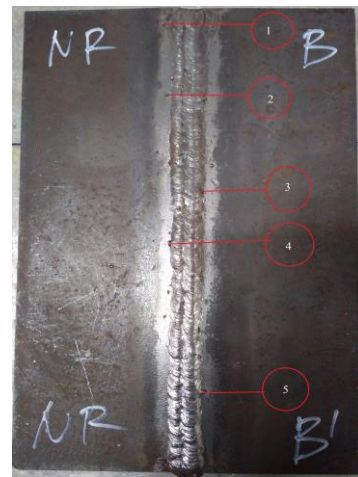
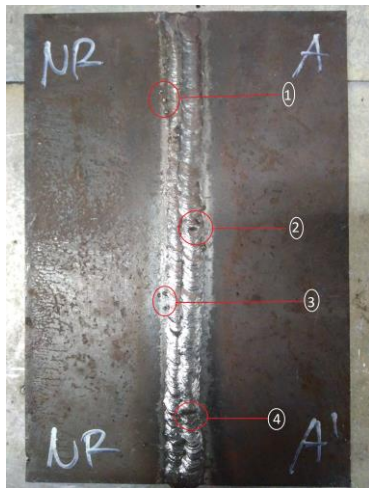
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pemeriksaan Visual Hasil Pengelasan

Setelah dilakukan proses pengelasan untuk mengetahui cacat pengelasan, maka dilakukan pemeriksaan secara visual dengan mengamati hasil pengelasan pada permukaan material yang di las. Adapun cacat – cacat hasil proses pengelasan yang di dapatkan dari hasil pemeriksaan visual adalah sebagai berikut :

##### 1. Material untuk *Normalizing*



Gambar 4.1 Material *Normalizing* sisi A

Gambar 4.2 Material *Normalizing*

sisi B

Pada pelat sambungan material *normalizing* sisi A hasil proses pengelasan untuk material yang akan dilakukan proses *normalizing* terdapat beberapa cacat – cacat pengelasan. Diantaranya cacat las yang ditunjuk no.1 pada gambar 4.1 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *Spatters*/ percikan las. Penyebab cacat las *Spatters* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Lingkungan yang basah atau lembab.

- b. Elektroda yang lembab.
- c. Angin masuk ke kolam las.
- d. Penggunaan arus yang kurang sesuai

Cacat las *Spatters* ini dapat menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *spatters* ini adalah dengan mengikir hingga merata dengan permukaan material dasar las. Namun tidak disarankan menghilangkan cacat las *spatters* ini menggunakan gerinda, karena jika tidak berhati – hati akan mengenai permukaan material dasar.

Sedangkan, cacat las yang ditunjuk no.2 dan no.3 pada gambar 4.1 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *pin hole* / lubang jarum. Penyebab cacat – las *pin hole* / lubang jarum ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Terbentuk gas selama pengelasan CO<sub>2</sub> maupun CO .
- b. Terdapat udara yang masuk kedalam kolam las
- c. Kampuh kotor
- d. Lingkungan terlalu lembab
- e. Elektroda yang lembab.

Cacat las *pin hole* / lubang jarum ini dapat membuat penampilan hasil pengelasan menjadi tidak maksimal, menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, dan dapat melemahkan sambungan yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *pin hole* / lubang jarum ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat lubang lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

Kemudian, cacat las yang ditunjuk no.4 pada gambar 4.1 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *stop start* . Penyebab cacat – las *stop start* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Tonjolan pada rigi las disebabkan oleh penggantian elektroda yang terlalu mundur sehingga menyebabkan *overlapping*.
- b. Bagian kosong setelah tonjolan disebabkan oleh elektroda yang terlalu maju.

Cacat las *stop start* ini dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *stop start* ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat tonjolan lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

Sedangkan pada pelat sambungan material *normalizing* sisi B hasil proses pengelasan untuk material yang akan dilakukan proses *normalizing* terdapat beberapa cacat – cacat pengelasan. Diantaranya cacat las yang ditunjuk no.1 dan no.5 pada gambar 4.2 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *Spatters*/percikan las.

Penyebab cacat las *Spatters* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Lingkungan yang basah atau lembab.
- b. Elektroda yang lembab.
- c. Angin masuk ke kolam las.
- d. Penggunaan arus yang kurang sesuai

Cacat las *Spatters* ini dapat menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *spatters* ini adalah dengan mengikir hingga merata dengan permukaan material dasar las. Namun tidak disarankan menghilangkan

cacat las *spatters* ini menggunakan gerinda, karena jika tidak berhati – hati akan mengenai permukaan material dasar.

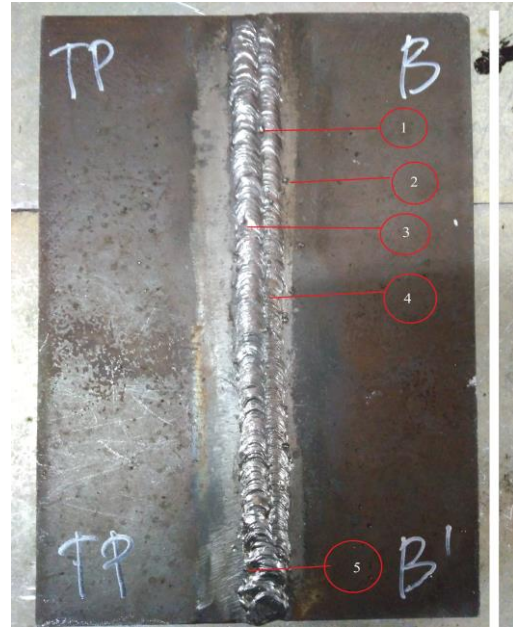
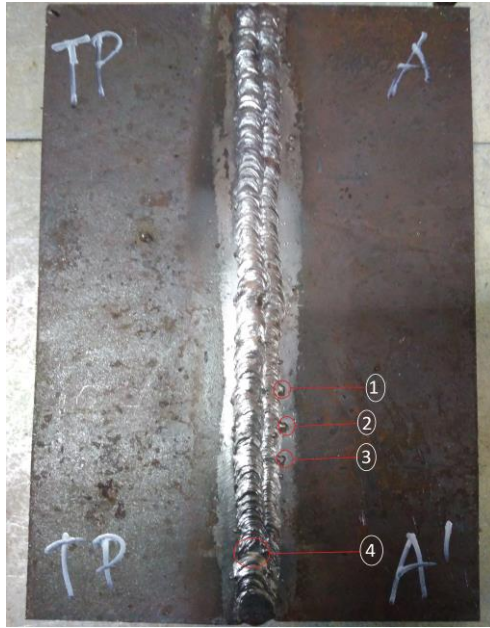
Sedangkan, cacat las yang ditunjuk no.2, no.3 serta no.4 pada gambar 4.2 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *pin hole* / lubang jarum. Penyebab cacat – las *pin hole* / lubang jarum ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- f. Terbentuk gas selama pengelasan CO<sub>2</sub> maupun CO .
- g. Terdapat udara yang masuk kedalam kolam las
- h. Kampuh kotor
- i. Lingkungan terlalu lembab
- j. Elektroda yang lembab.

Cacat las *pin hole* / lubang jarum ini dapat membuat penampilan hasil pengelasan menjadi tidak maksimal, menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, dan dapat melemahkan sambungan yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *pin hole* / lubang jarum ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat lubang lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.



## 2. Material untuk *Tempering*



Gambar 4.3 Material *Tempering* sisi A

Gambar 4.4 Material *Tempering* sisi

B

Pada pelat sambungan sisi A material *Tempering* hasil proses pengelasan untuk material yang akan dilakukan proses *Tempering* terdapat beberapa cacat – cacat pengelasan. Diantaranya cacat las yang ditunjuk no.1 sampai dengan no.3 pada gambar 4.3 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *Spatters*/ percikan las. Penyebab cacat las *Spatters* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- e. Lingkungan yang basah atau lembab.
- f. Elektroda yang lembab.
- g. Angin masuk ke kolam las.
- h. Penggunaan arus yang kurang sesuai

Cacat las *Spatters* ini dapat menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *spatters* ini adalah dengan mengikir hingga merata dengan permukaan material dasar las. Namun tidak disarankan menghilangkan

cacat las *spatters* ini menggunakan gerinda, karena jika tidak berhati – hati akan mengenai permukaan material dasar.

Kemudian, cacat las yang ditunjuk no.4 pada gambar 4.3 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *stop start* . Penyebab cacat – las *stop start* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- i. Tonjolan pada rigi las disebabkan oleh penggantian elektroda yang terlalu mundur sehingga menyebabkan *overlapping*.
- j. Bagian kosong setelah tonjolan disebabkan oleh elektroda yang terlalu maju.

Cacat las *stop start* ini dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *stop start* ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat tonjolan lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

Kemudian pada pelat sambungan sisi B material *Tempering* hasil proses pengelasan untuk material yang akan dilakukan proses *Tempering* terdapat beberapa cacat – cacat pengelasan.

Diantaranya cacat las yang ditunjuk no.1 dan no.2 pada gambar 4.4 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *Spatters*/ percikan las. Penyebab cacat las *Spatters* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Lingkungan yang basah atau lembab.
- b. Elektroda yang lembab.
- c. Angin masuk ke kolam las.
- d. Penggunaan arus yang kurang sesuai

Cacat las *Spatters* ini dapat menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara

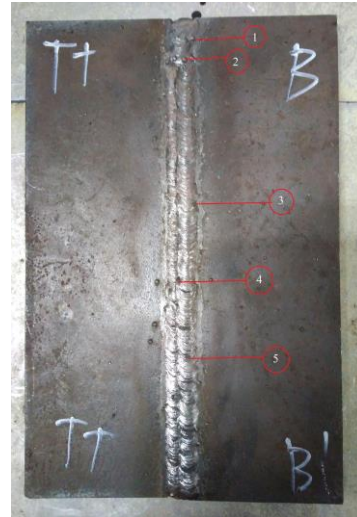
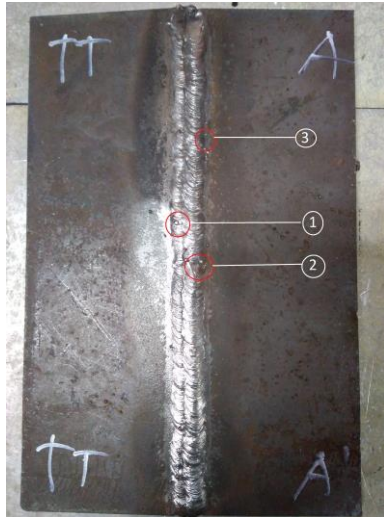
menanggulangi cacat las *spatters* ini adalah dengan mengikir hingga merata dengan permukaan material dasar las. Namun tidak disarankan menghilangkan cacat las *spatters* ini menggunakan gerinda, karena jika tidak berhati – hati akan mengenai permukaan material dasar.

Kemudian, cacat las yang ditunjuk no.3, no 4 dan no.5 pada gambar 4.4 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *stop start* . Penyebab cacat – las *stop start* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- e. Tonjolan pada rigi las disebabkan oleh penggantian elektroda yang terlalu mundur sehingga menyebabkan *overlapping*.
- f. Bagian kosong setelah tonjolan disebabkan oleh elektroda yang terlalu maju.

Cacat las *stop start* ini dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *stop start* ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat tonjolan lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

### 3. Material untuk tidak di *Heat Treatment*



Gambar 4.5 Material *Non Heating* sisi A      Gambar 4.6 Material *Non Heating* sisi B

Pada pelat sambungan sisi A material *Non Heating*, cacat las yang ditunjuk no.1 dan no. 2 pada gambar 4.5 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *Spatters*/ percikan las. Penyebab cacat las *Spatters* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Lingkungan yang basah atau lembab.
- b. Elektroda yang lembab.
- c. Angin masuk ke kolam las.
- d. Penggunaan arus yang kurang sesuai

Cacat las *Spatters* ini dapat menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *spatters* ini adalah dengan mengikir hingga merata dengan permukaan material dasar las. Namun tidak disarankan menghilangkan cacat las *spatters* ini menggunakan gerinda, karena jika tidak berhati – hati akan mengenai permukaan material dasar.

Kemudian, cacat las yang ditunjuk no.3 pada gambar 4.5 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *stop start* . Penyebab cacat – las *stop start* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Tonjolan pada rigi las disebabkan oleh penggantian elektroda yang terlalu mundur sehingga menyebabkan *overlapping*.
- b. Bagian kosong setelah tonjolan disebabkan oleh elektroda yang terlalu maju.

Cacat las *stop start* ini dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *stop start* ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat tonjolan lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

Pada pelat sambungan sisi B material *Non Heating* ,cacat las yang ditunjuk no.1 dan no. 2 pada gambar 4.6 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *Spatters*/ percikan las. Penyebab cacat las *Spatters* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- e. Lingkungan yang basah atau lembab.
- f. Elektroda yang lembab.
- g. Angin masuk ke kolam las.
- h. Penggunaan arus yang kurang sesuai

Cacat las *Spatters* ini dapat menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *spatters* ini adalah dengan mengikir hingga merata dengan permukaan material dasar las. Namun tidak disarankan menghilangkan cacat las *spatters* ini menggunakan gerinda, karena jika tidak berhati – hati akan mengenai permukaan material dasar.

Kemudian, cacat las yang ditunjuk no.3 dan no.4 pada gambar 4.6 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *pin hole* / lubang jarum. Penyebab cacat – las *pin hole* / lubang jarum ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- i. Terbentuk gas selama pengelasan CO<sub>2</sub> maupun CO .
- j. Terdapat udara yang masuk kedalam kolam las
- k. Kampuh kotor
- l. Lingkungan terlalu lembab
- m. Elektroda yang lembab.

Cacat las *pin hole* / lubang jarum ini dapat membuat penampilan hasil pengelasan menjadi tidak maksimal, menjadi awal dari proses pengkaratan permukaan, dan dapat melemahkan sambungan yang tentunya mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *pin hole* / lubang jarum ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat lubang lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

Kemudian, cacat las yang ditunjuk no.5 pada gambar 4.6 menunjukkan cacat las yang disebut dengan *stop start* . Penyebab cacat – las *stop start* ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- c. Tonjolan pada rigi las disebabkan oleh penggantian elektroda yang terlalu mundur sehingga menyebabkan *overlapping*.
- d. Bagian kosong setelah tonjolan disebabkan oleh elektroda yang terlalu maju.

Cacat las *stop start* ini dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Cara menanggulangi cacat las *stop start* ini adalah dengan menggerindanya hingga tidak terlihat tonjolan lagi. Kemudian setelah itu dilakukan proses pengelasan ulang.

## 4.2. Analisa Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dalam penelitian ini menggunakan sembilan (9) spesimen. Dimana tiga (3) spesimen untuk masing – masing perlakuan panas. Yaitu tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan tanpa perlakuan panas, tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *tempering* serta tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *normalizing*.

### 4.2.1. Spesimen Uji Tarik

Dengan melakukan variasi perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* pada sambungan kampuh X SMAW, diharapkan hasil sifat mekanik yaitu kekuatan tarik pada baja ASTM A36 dapat meningkat.

#### 1. Spesimen Uji Tarik Tanpa Dilakukan Perlakuan Panas

Pada spesimen hasil uji tarik material dasar adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.7 Spesimen Uji Tarik tanpa dilakukan Perlakuan Panas

#### 2. Spesimen Uji Tarik dengan dilakukan perlakuan panas *Tempering*

Pada spesimen hasil uji tarik dengan dilakukan proses perlakuan panas *Tempering* adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.8 Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan *Tempering*

**3. Spesimen Uji Tarik dengan dilakukan perlakuan panas *Normalizing***

Pada spesimen hasil uji tarik dengan dilakukan proses perlakuan panas *Normalizing* adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.9 Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan *Normalizing*



#### 4.2.2 Tensile Strength

Kekuatan suatu material dapat dilihat dari beberapa variabel pengujian, baik mekanis maupun fisis. Salah satu pengujian mekanis yang sering dilakukan ialah pengujian tarik. Pada penelitian ini sasaran utama yang ingin dicapai ialah mengetahui kekuatan tarik material baja ASTM A36 yang telah mengalami proses las SMAW.

Dengan melakukan variasi perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* pada sambungan kampuh X SMAW, diharapkan hasil kekuatan tarik pada baja ASTM A36 dapat meningkat. Adapun hasil pengujian tarik mengenai informasi spesimen uji Tarik dengan *Maximum Load*. Seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik

NO	Perlakuan	Spesimen	A0* (mm <sup>2</sup> )	Maximum Load (Kgf)	Rata-rata Maximum Total Load (Kgf)
1	Tanpa Perlakuan	1	129.89	6429.80	6370.19
		2	128.77	6343.05	
		3	131.92	6337.74	
2	<i>Tempering</i>	1	126.52	6137.07	6193.45
		2	130.84	6198.08	
		3	127.28	6245.22	
3	<i>Normalizing</i>	1	127.33	6011.95	5920.24
		2	126.46	5875.88	
		3	126.70	5873.22	

Keterangan :

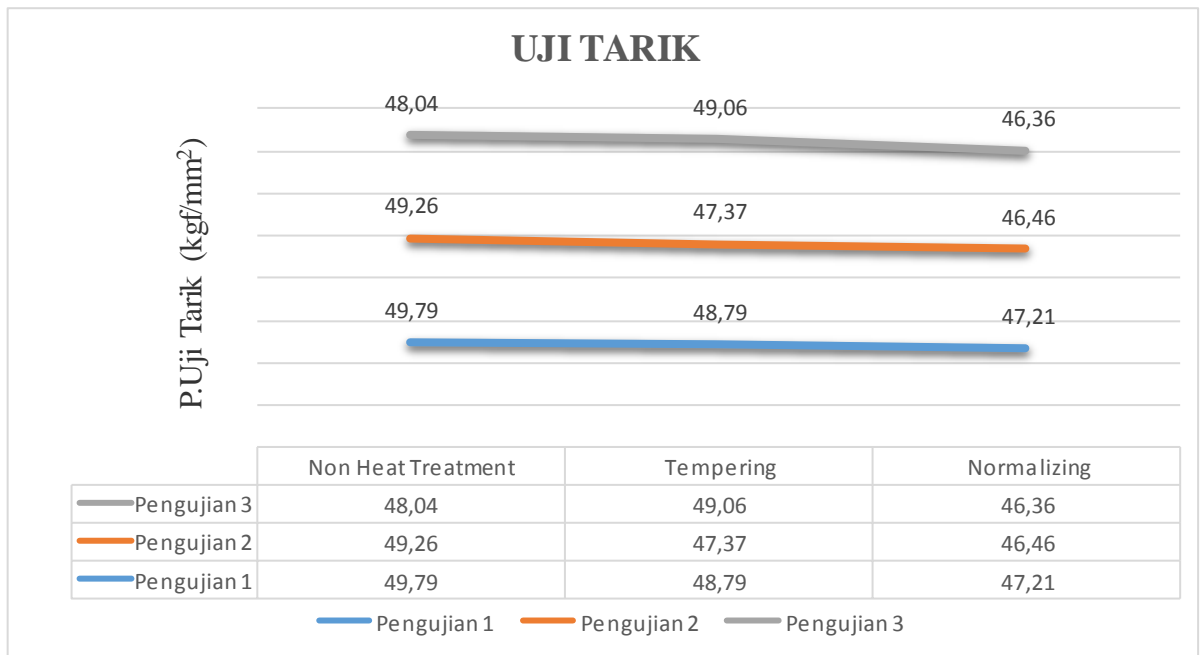
A0 = Luas penampang awal

Dari table 4.1 diatas, hasil *tensile strength* di dapat dari perhitungan memakai rumus 2.10 pada BAB II., dengan cara membagi *maximum total load*

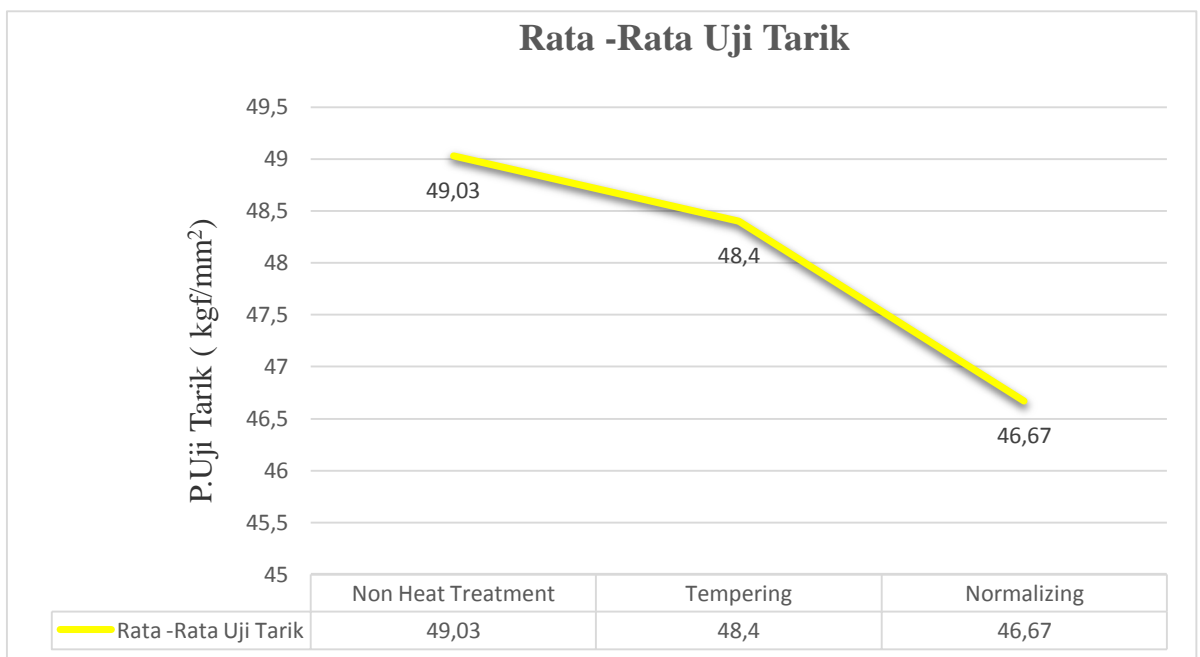
dengan luas penampang awal, maka akan di dapatkan hasil *tensile strength* sebagai berikut:

Tabel 4.2 *Tensile Strenght*

<b>NO</b>	<b>Perlakuan</b>	<b>Spesimen</b>	<b>Maximum Load (Kgf)</b>	<b>Tensile Strenght (Kgf/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tensile Strenght Rata-rata (Kgf/mm<sup>2</sup>)</b>
1	Tanpa Perlakuan	1	6429.80	49,79	49,03
		2	6343.05	49,26	
		3	6337.74	48,04	
2	Tempering	1	6137.07	48,79	48,40
		2	6198.08	47,37	
		3	6245.22	49,06	
3	Normalizing	1	6011.95	47,21	46,67
		2	5875.88	46,46	
		3	5873.22	46,36	



Gambar 4.10 Grafik Pengujian Tarik Untuk *Tensile Strength*



Gambar 4.11 Grafik Rata-Rata Pengujian Tarik Untuk *Tensile Strength*

Dari gambar 4.11 yaitu pada grafik rata – rata pengujian tarik untuk *Tensile Strength* dapat dilihat bahwa pengelasan dengan kampuh V ganda atau

kampuh X nilai uji tarik *Tensile Strenght* terendah ada pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai 46,67 Kgf/ mm<sup>2</sup> dan untuk nilai uji tarik *Tensile Strenght* tertinggi ada pada spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai 49.03 Kgf/ mm<sup>2</sup>.

Dalam hasil pengujian tarik hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* mendapatkan hasil rata-rata *Tensile Strenght* dengan nilai sebesar 48,40 Kgf/mm<sup>2</sup>. Lebih kecil jika dibandingkan dengan dengan *Tensile Strenght* hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai sebesar 49,03 Kgf/mm<sup>2</sup>.

Sedangkan hasil pengujian tarik hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* yang mendapatkan hasil rata-rata *Tensile Strenght* dengan nilai sebesar 46,67 Kgf/mm<sup>2</sup> yang lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil pengujian tarik hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* yang mendapatkan hasil *Tensile Strenght* dengan nilai sebesar 48,40 Kgf/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian tarik hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas yang mendapatkan hasil rata-rata *Tensile Strenght* yang nilainya mulai turun pada spesimen hasil pengujian tarik hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 48,40 Kgf/mm<sup>2</sup>.. Lalu turun pada spesimen hasil pengujian tarik hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai sebesar 46,67 Kgf/mm<sup>2</sup>. Jadi hasil *Tensile Strenght* maksimum pada kampuh V ganda atau kampuh X, sambungan SMAW pelat baja karbon rendah ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* dengan diameter 10 mm memiliki hasil *Tensile Strenght* maksimal pada spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai sebesar 49.03 Kgf/ mm<sup>2</sup>.

### 4.3. Analisa Hasil Pengujian Impak

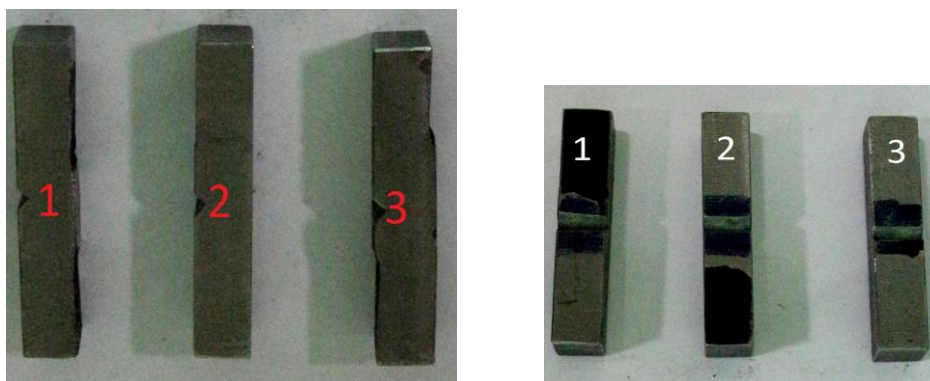
Pengujian impak dalam penelitian ini menggunakan sembilan (9) spesimen. Dimana tiga (3) spesimen untuk masing – masing perlakuan panas. Yaitu tiga (3) spesimen uji impak untuk hasil pengelasan tanpa perlakuan panas, tiga (3) spesimen uji impak untuk hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *tempering* serta tiga (3) spesimen uji impak untuk hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *normalizing*.

#### 4.3.1. Spesimen Uji Impak

Dengan melakukan variasi perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* pada sambungan kampuh X SMAW, diharapkan hasil sifat mekanik yaitu kekuatan impak pada baja ASTM A36 dapat meningkat. Spesimen Uji impak mengacu pada standar ASTM E-23.

#### 1. Spesimen Uji Impak Tanpa Dilakukan Perlakuan Panas

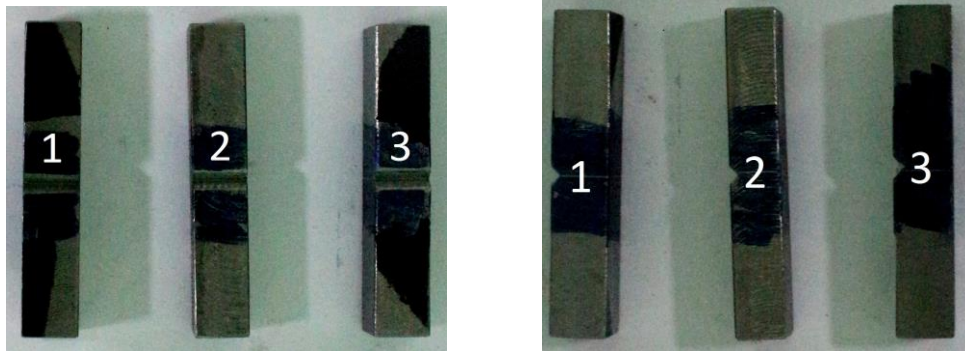
Pada spesimen hasil uji impak material dasar adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.12 Spesimen Uji impak tanpa dilakukan Perlakuan Panas

#### 2. Spesimen Uji Impak dengan dilakukan perlakuan panas *Tempering*

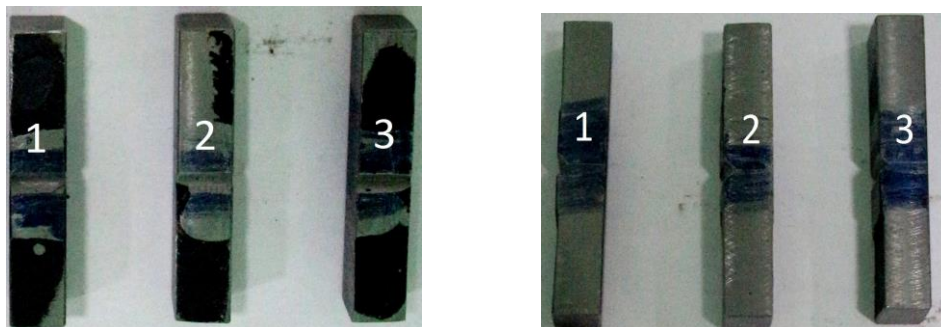
Pada spesimen hasil uji impak dengan dilakukan proses perlakuan panas *Tempering* adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.13 Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan *Tempering*

### 3. Spesimen Uji Tarik dengan dilakukan perlakuan panas *Normalizing*

Pada spesimen hasil uji tarik dengan dilakukan proses perlakuan panas *Normalizing* adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.14 Spesimen Uji Tarik setelah dilakukan *Normalizing*.

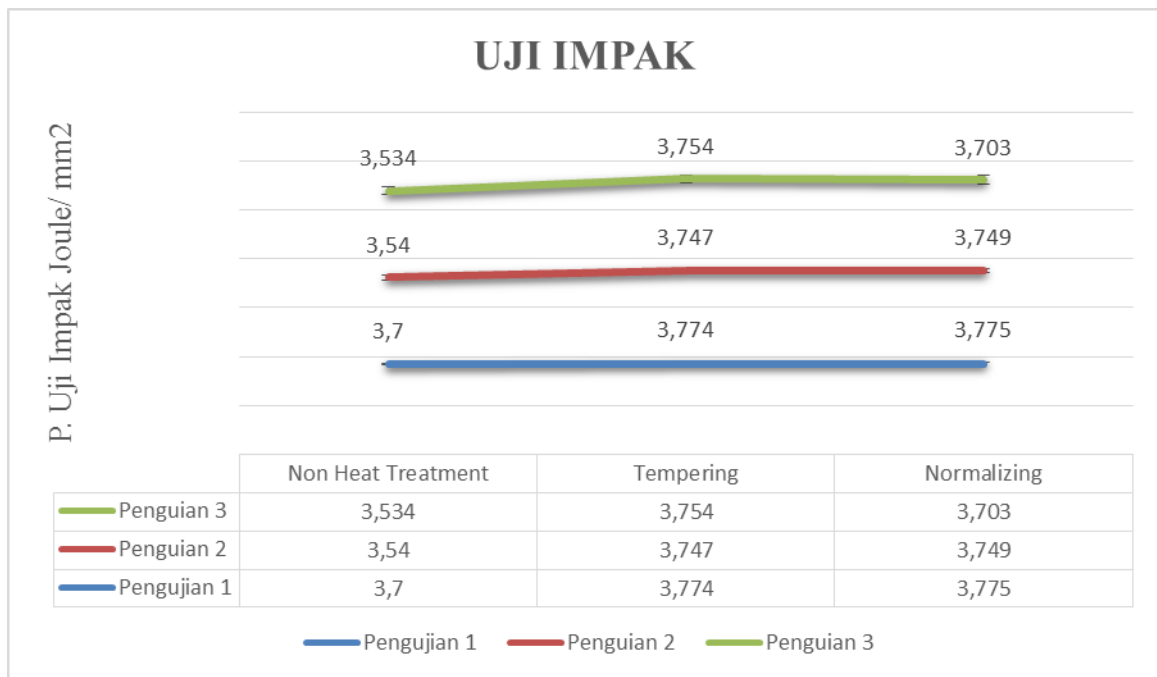
#### 4.3.2 Kekuatan Impak

Kekuatan suatu material dapat dilihat dari beberapa variabel pengujian, baik mekanis maupun fisis. Salah satu pengujian mekanis yang sering dilakukan ialah pengujian impak. Pada penelitian ini sasaran utama yang ingin dicapai ialah mengetahui kekuatan impak material baja ASTM A36 yang telah mengalami proses las SMAW.

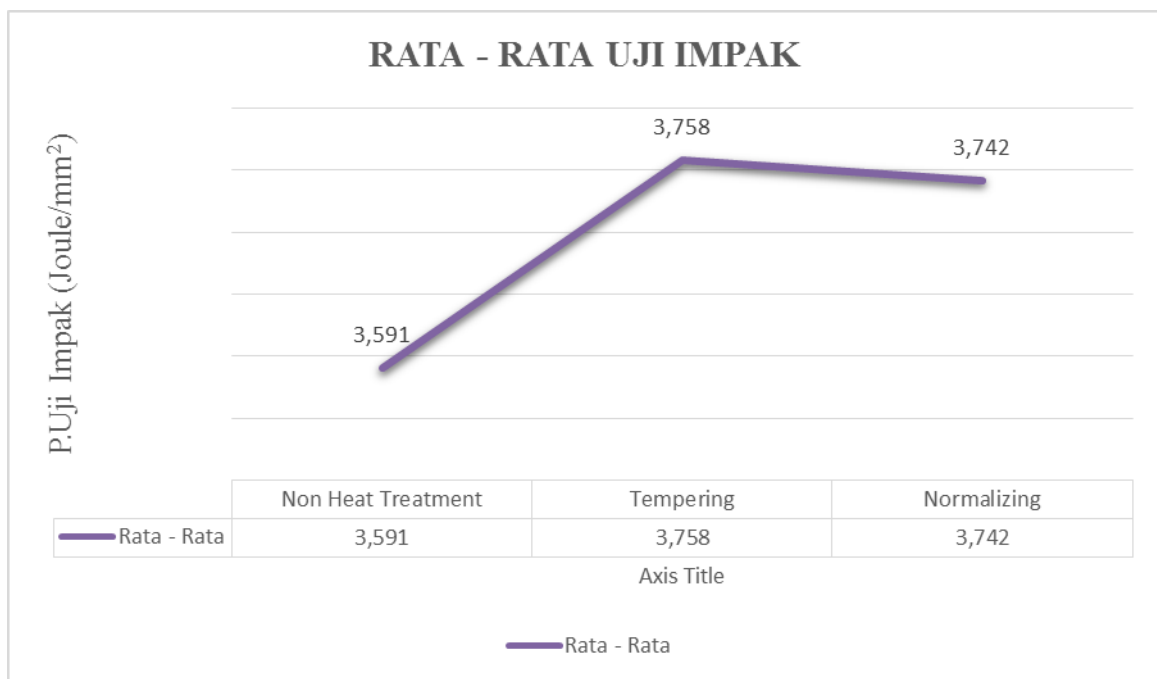
Dengan melakukan variasi perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* pada sambungan kampuh X SMAW , diharapkan hasil kekuatan tarik pada baja ASTM A36 dapat meningkat.

Adapun hasil pengujian impak mengenai informasi spesimen uji impak dengan hasil seperti pada Tabel 4.3 dibawah ini :

<b>N O</b>	<b>Perlakuan</b>	<b>Spesimen</b>	<b>Energi Terserap (joule)</b>	<b>Rata-rata Energi Terserap (joule)</b>	<b>Nilai Impak (J/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rata-Rata Nilai Impak (J/mm<sup>2</sup>)</b>
1	Tanpa Perlakuan	1	299,75	287,396	3,70	3,591
		2	283,25		3,540	
		3	279,19		3,534	
2	Tempering	1	298,15	299,44	3,774	3,758
		2	299,8		3,747	
		3	300,38		3,754	
3	Normalizin g	1	298,24	299,38	3,775	3,742
		2	299,95		3,749	
		3	299,95		3,703	



Gambar 4.15 Grafik Pengujian Untuk Uji Impak



Gambar 4.16 Grafik Rata-Rata Pengujian Untuk Uji Impak

Dari gambar 4.16 yaitu pada grafik rata – rata pengujian impak untuk kekuatan impak dapat dilihat bahwa pengelasan dengan kampuh X nilai kekuatan impak terendah ada pada spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan



nilai 3,591 joule/ mm<sup>2</sup> dan untuk nilai uji impact tertinggi ada pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai 3,758 joule/ mm<sup>2</sup>.

Dalam hasil pengujian impact hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* mendapatkan hasil rata-rata kekuatan impact dengan nilai sebesar 3,742 joule/ mm<sup>2</sup>. Lebih kecil jika dibandingkan dengan dengan kekuatan impact hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 3,758 joule/ mm<sup>2</sup>.

Sedangkan hasil pengujian impact hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* yang mendapatkan hasil rata-rata kekuatan impact dengan nilai sebesar 3,742 joule/ mm<sup>2</sup> yang lebih besar jika dibandingkan dengan hasil pengujian impact hasil pengelasan dengan tidak dilakukan perlakuan panas yang mendapatkan hasil kekuatan impact dengan nilai sebesar 3,591 joule/ mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian impact hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas yang mendapatkan hasil rata-rata kekuatan impact yang nilainya mulai naik pada spesimen hasil pengujian impact hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 3,758 joule/ mm<sup>2</sup>.

Lalu turun pada spesimen hasil pengujian impact hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai sebesar 3,742 joule/ mm<sup>2</sup>. Jadi hasil kekuatan impact atau ketangguhan maksimum pada kampuh X, sambungan SMAW pelat baja karbon rendah ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* dan spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan diameter 10 mm memiliki hasil kekuatan impact maksimal pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 3,758 joule/ mm<sup>2</sup>.

#### **4.4 Analisa Hasil Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan tiga (3) spesimen. Dimana satu (1) spesimen uji keras untuk masing – masing perlakuan panas dan spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas. Yaitu satu (1) spesimen uji keras untuk hasil pengelasan tanpa perlakuan panas, satu (1) spesimen uji keras untuk hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *tempering* serta satu (1) spesimen uji keras untuk hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *normalizing*. Dimana pada masing – masing spesimen dilakukan enam (6) penusukan, tiga (3) penusukan dilakukan pada material dasar (*base metal*) dan tiga (3) penusukan dilakukan pada logam lasan (*Weld Metal*).

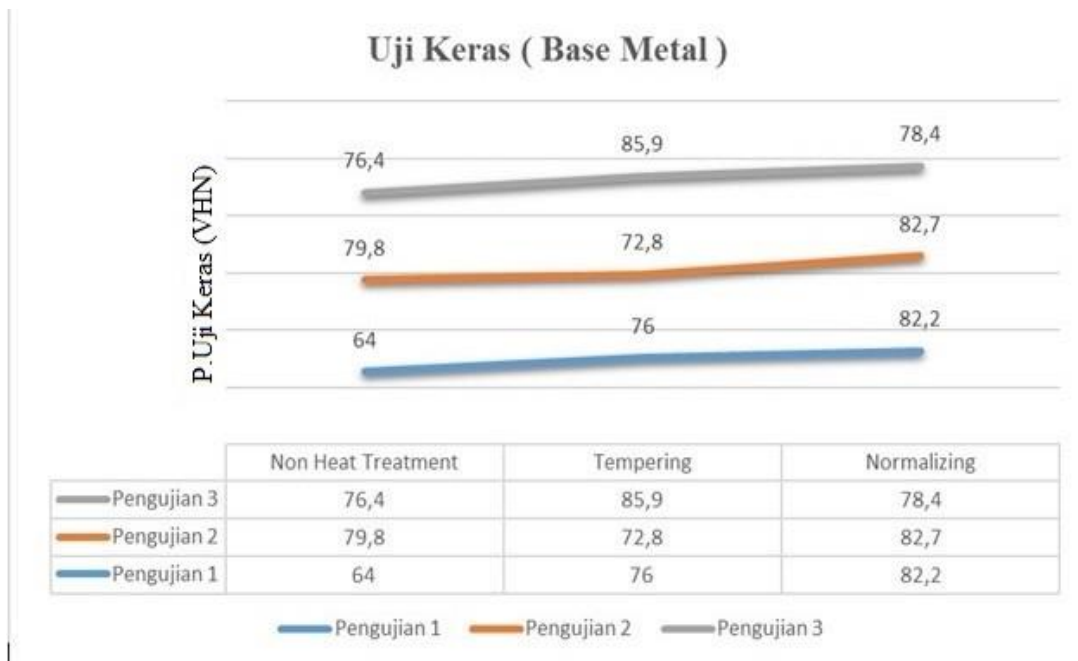
##### **4.4.1 Uji Kekerasan**

Kekuatan suatu material dapat dilihat dari beberapa variabel pengujian, baik mekanis maupun fisis. Salah satu pengujian mekanis yang sering dilakukan ialah pengujian kekerasan suatu material. Pada penelitian ini sasaran utama yang ingin dicapai ialah mengetahui nilai kekerasan material baja ASTM A36 yang telah mengalami proses las SMAW.

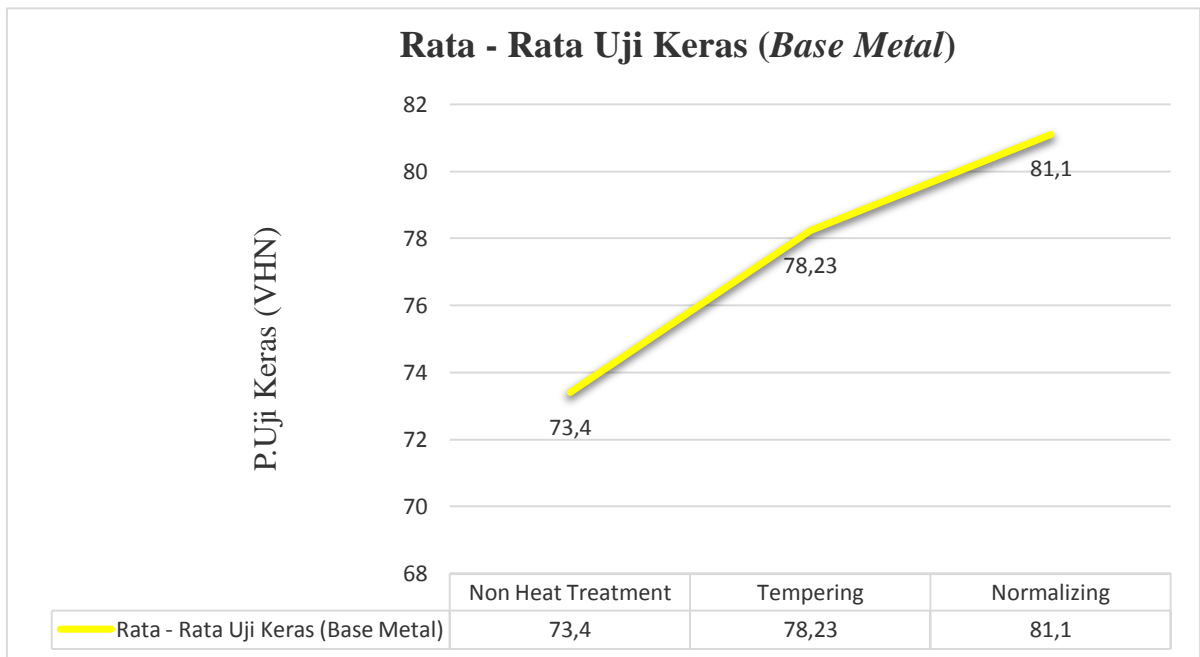
Dengan melakukan variasi perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* pada sambungan kampuh X SMAW , diharapkan hasil pengujian kekerasan pada baja ASTM A36 dapat meningkat.

Adapun hasil pengujian kekerasan mengenai informasi spesimen uji kekerasan pada material dasar (*Base Metal*) dengan hasil seperti pada Tabel 4.4 dibawah ini :

NO	Perlakuan	Spesimen pada ( <i>base metal</i> )	Nilai Kekerasan (VHN)	Rata-rata (VHN)
1	Tanpa Perlakuan	1	64	73,4
		2	79,8	
		3	76,8	
2	<i>Tempering</i>	1	76	78,23
		2	72,8	
		3	85,9	
3	<i>Normalizing</i>	1	82,2	81,1
		2	82,7	
		3	78,4	



Gambar 4.17 Grafik Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada *Base Metal*



Gambar 4.18 Grafik Rata-Rata Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada *Base Metal*

Dari gambar 4.18 yaitu pada grafik rata – rata pengujian kekerasan untuk nilai kekerasan material pada material dasar (*base metal*) dapat dilihat bahwa pengelasan dengan kampuh V ganda atau kampuh X nilai kekerasan terendah ada pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas dengan nilai 73,4 VHN dan untuk nilai uji kekerasan tertinggi ada pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai 81,1 VHN.

Dalam hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* mendapatkan hasil rata-rata nilai kekerasan dengan nilai sebesar 78,23 VHN. Lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai sebesar 81,1 VHN.

Sedangkan hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan hasil rata - rata sebesar 73,4 VHN yang lebih

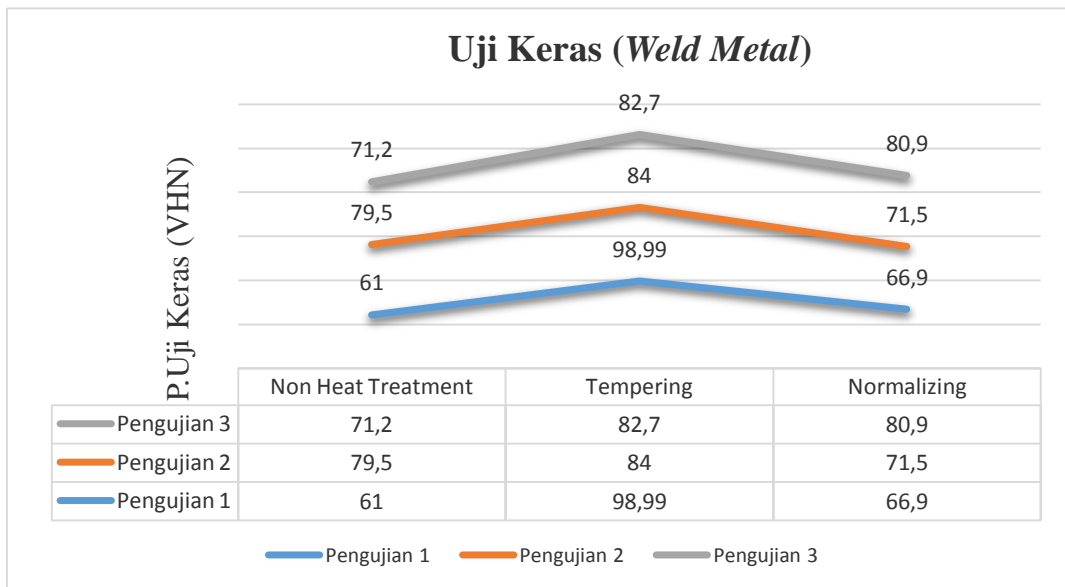
kecil jika dibandingkan dengan hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* yang mendapatkan hasil nilai kekerasan dengan nilai sebesar 78,23 VHN.

Dari hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas yang mendapatkan hasil rata-rata nilai kekerasan yang nilainya mulai naik pada spesimen hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 78,23 VHN.

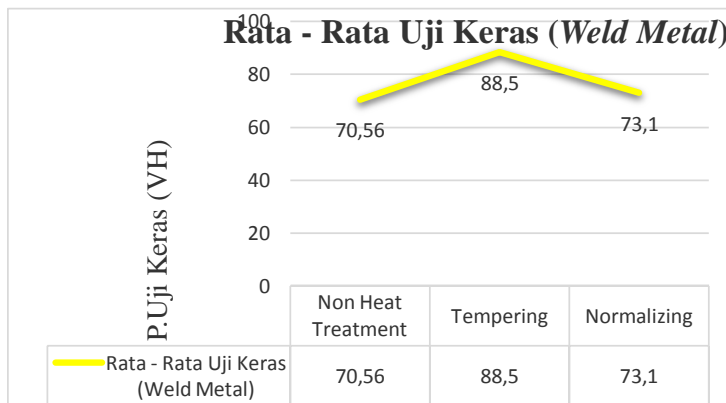
Lalu naik kembali pada spesimen hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai sebesar 81,1 VH. Jadi hasil nilai kekerasan maksimum pada kampuh V ganda atau kampuh X, sambungan SMAW pelat baja karbon rendah ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* dan spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan diameter 10 mm memiliki hasil nilai kekerasan maksimal pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai sebesar 81,1 VHN.

Kemudian, hasil pengujian kekerasan mengenai informasi spesimen uji kekerasan pada material lasan (*weld metal*) dengan hasil seperti pada Tabel 4.5 dibawah ini :

<b>NO</b>	<b>Perlakuan</b>	<b>Spesimen pada (<i>weld metal</i>)</b>	<b>Nilai Kekerasan (VHN)</b>	<b>Rata-rata (VHN)</b>
1	Tanpa Perlakuan	1	61	70,56
		2	79,5	
		3	71,2	
2	<i>Tempering</i>	1	98,99	88,5
		2	84	
		3	82,7	
3	<i>Normalizing</i>	1	66,9	73,1
		2	71,5	
		3	80,9	



Gambar 4.19 Grafik Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada *Weld Metal*



Gambar 4.20 Grafik Rata-Rata Pengujian Untuk Uji Kekerasan pada *Weld Metal*

Dari gambar 4.20 yaitu pada grafik rata – rata pengujian kekerasan untuk nilai kekerasan material pada material dasar (*weld metal*) dapat dilihat bahwa pengelasan dengan kampuh X nilai kekerasan terendah ada pada spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai 70,56 VHN dan untuk nilai uji

kekerasan tertinggi ada pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai 88,5 VHN.

Dalam hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* mendapatkan hasil rata-rata nilai kekerasan dengan nilai sebesar 73,1 VHN. Lebih besar jika dibandingkan dengan nilai kekerasan hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai sebesar 70,56 VHN.

Sedangkan hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan hasil rata - rata sebesar 88,5 VHN yang lebih besar jika dibandingkan dengan hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* yang mendapatkan hasil nilai kekerasan dengan nilai sebesar 73,1 VHN.

Dari hasil pengujian kekerasan pada *weld metal* hasil pengelasan yang tidak dilakukan perlakuan panas yang mendapatkan hasil rata-rata nilai kekerasan yang nilainya mulai naik pada spesimen hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 88,5 VHN.

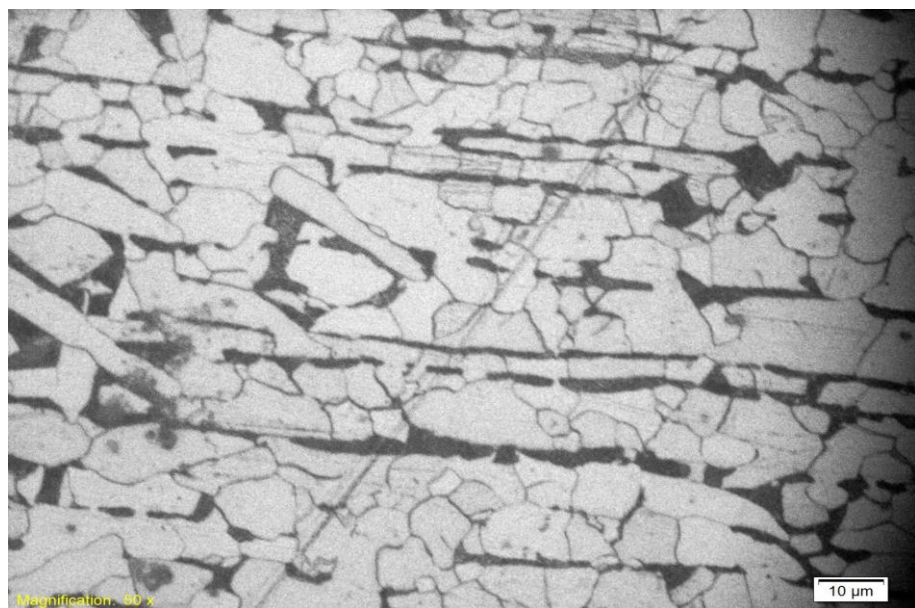
Lalu nilainya menurun pada spesimen hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dengan nilai sebesar 73,1 VHN. Jadi hasil nilai kekerasan maksimum pada kampuh X, sambungan SMAW pelat baja karbon rendah ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dan *Normalizing* dan spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan diameter 10 mm memiliki hasil nilai kekerasan maksimal pada spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dengan nilai sebesar 88,5 VHN.



#### 4.5 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada daerah logam induk, daerah batas las antara logam las dan daerah pengaruh panas (HAZ), serta daerah logam las pada daerah variasi setiap perlakuan panas. Kemudian , akan ditampilkan hasil dari foto struktur mikro dari masing masing spesimen. Pengamatan struktur mikro ini dilakukan di laboratorium material jurusan Teknik Mesin UNJ .

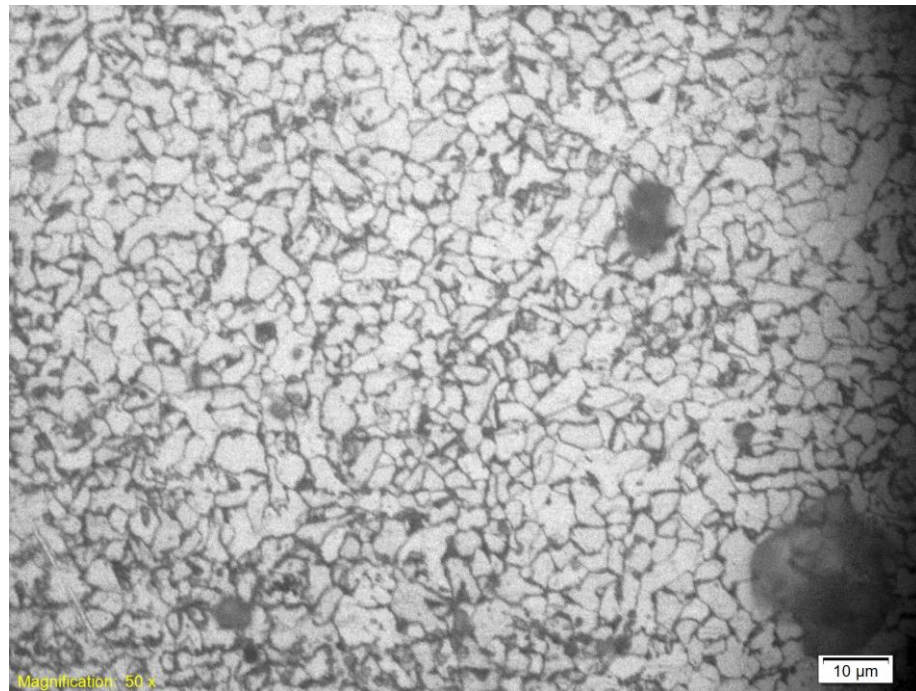
##### 4.5.1 Struktur Mikro pada Logam Induk tanpa perlakuan panas.



Gambar 4.21 Struktur mikro logam induk spesimen tanpa perlakuan panas  
Pembesaran 500x

Sebagian unsur kimia dari baja karbon rendah termasuk baja karbon ASTM A36 adalah Fe sebanyak 98,9% dengan sejumlah unsur – unsur logam seperti mangan, silicon dan alumunium. Pada baja karbon rendah ini ditemukan struktur mikronya yaitu Ferrit dan Pearlit. Pada pengamatan struktur mikro daerah ini, terlihat struktur butir ferrit membentuk butir- butir seperti jaringan yang dihubungkan dengan batas butir. Karena mengandung kandungan karbon yang rendah, maka dari itu pearlit yang terbentuk tidak begitu banyak. Kemudian pearlite yang berwarna hitam dengan bentuk pipih memanjang pada sebagian batasan butir ferrit ini bentuknya tidak beraturan. Pengamatan struktur mikro pada daerah logam induk, menunjukkan sifat mekanik pada daerah ini yang kuat dan keras ,ditunjukkan dengan batasan butir satu dengan yang lainnya berdekatan sehingga material akan menjadi solid dan kuat.

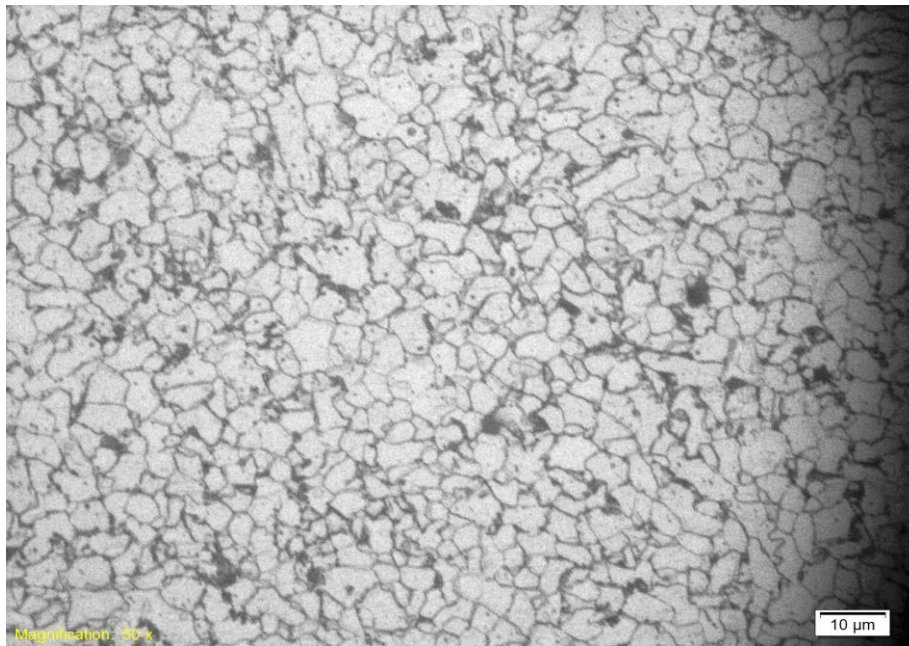
4.5.2 Struktur Mikro diantara logam HAZ dan logam lasan tanpa perlakuan panas.



Gambar 4.22 Struktur mikro pada daerah HAZ dan logam lasan spesimen tanpa perlakuan panas  
Pembesaran 500x

Pada gambar 4.22 memperlihatkan ferrit yang mendominasi dan menyebar di seluruh permukaan. Terlihat juga struktur pearlit yang bentuknya tidak beraturan diantara batas butir ferrit berwarna hitam. Pada daerah antara daerah pengaruh panas dan logam lasan biasanya struktur martensite jelas terlihat akibat proses panas pada saat proses pengelasan yang mencapai suhu austenite kemudian terjadi pendinginan yang cepat baik dengan air maupun udara. Tetapi pada gambar 4.22 struktur martensite tidak begitu jelas dikarenakan setelah proses pengelasan dilakukan proses pendinginan yang lambat di udara. Bentuk butir Ferrit dan Perlit pada daerah ini lebih kecil dibandingkan dengan struktur mikro pada daerah logam induk. Sehingga sifat mekanik pada daerah ini juga lebih kuat dan keras karena ikatan antar butirnya lebih kuat.

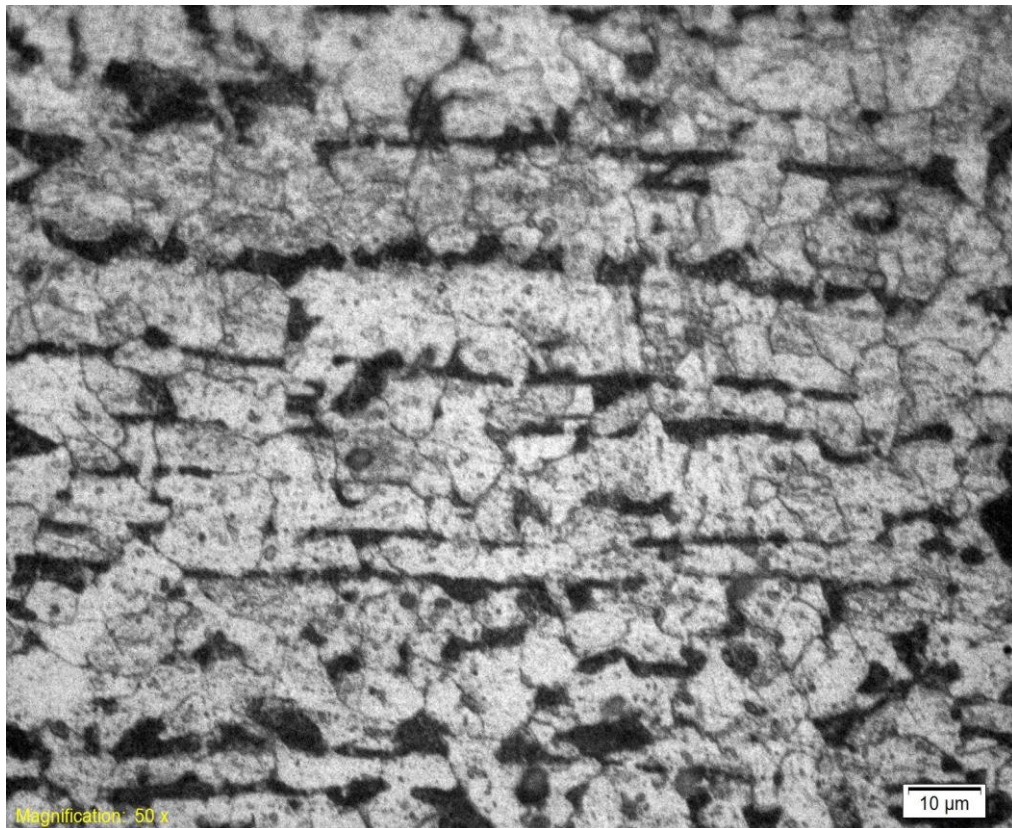
#### 4.5.3 Struktur Mikro pada Logam las tanpa perlakuan panas.



Gambar 4.23 Struktur mikro daerah logam lasan spesimen tanpa perlakuan panas  
Pembesaran 500x

Pada sruktur mikro daerah logam las tanpa perlakuan panas struktur yang muncul didominasi oleh ferrit dan pearlit berwarna hitam dengan bentuk pearlit tidak beraturan. Sekilas tidak jauh berbeda dengan struktur seperti di daerah antara HAZ dan logam lasan. Sehingga sifat mekanik pada daerah ini kuat dan keras.

#### 4.5.4 Struktur Mikro pada Logam Induk akibat *Tempering*

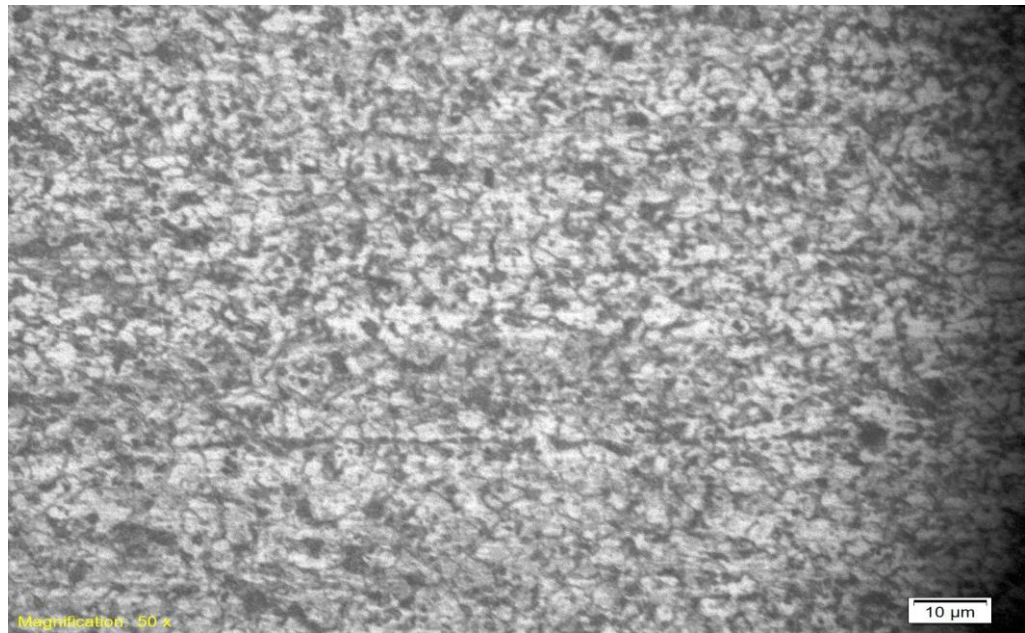


Gambar 4.24 Struktur mikro daerah logam induk spesimen *Tempering*  
Pembesaran 500x

Pada daerah logam induk spesimen *Tempering* ini terdapat struktur mikro Ferrit yang mendominasi. Pada daerah ini juga terlihat bentuk struktur butir ferrit yang lebih besar daripada butir ferrit yang terdapat pada logam induk. Kemudian terdapat pearlite yang berwarna hitam pada batasan butir ferrit, namun bentuknya tidak beraturan. Dominasi ferrit dengan bentuk yang besar menurunkan energi regangan tarik, sehingga sifat mekanik pada daerah ini memiliki keuletan yang tinggi pada daerah logam induk spesimen ini namun kekerasannya menurun.

4.5.5 Struktur Mikro pada daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam lasan akibat *Tempering*

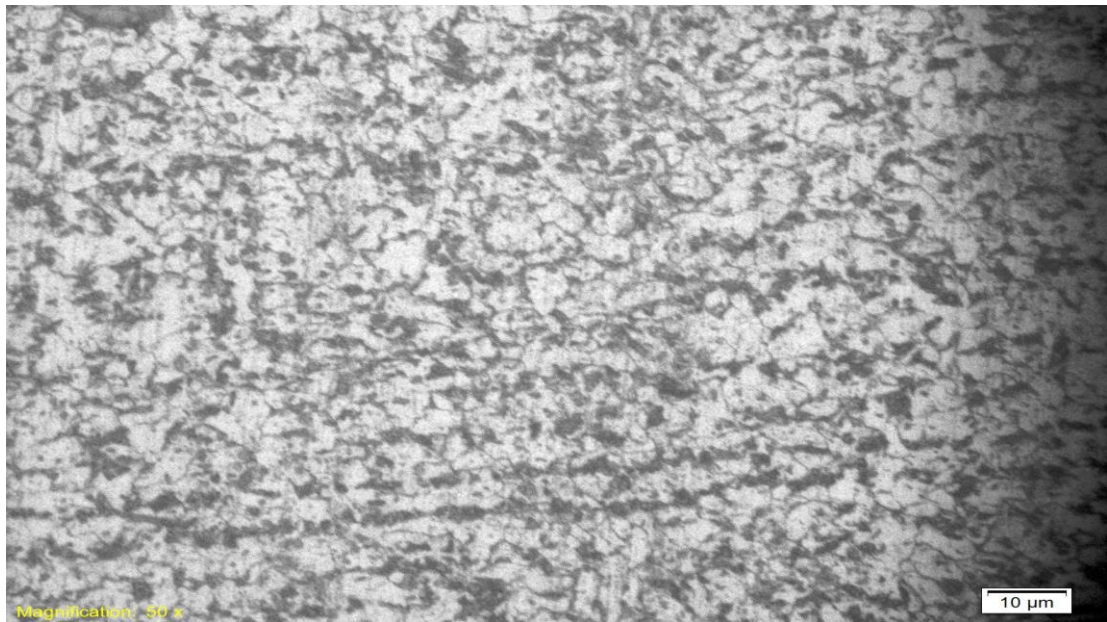




Gambar 4.25 Struktur mikro daerah antara HAZ dengan logam lasan spesimen  
*Tempering*  
Pembesaran 500x

Pada gambar 4.25 memperlihatkan pearlit yang menyebar di seluruh permukaan. Terlihat juga struktur ferrit yang bentuknya tidak beraturan. Pada daerah antara daerah pengaruh panas dan logam lasan biasanya struktur martensite jelas terlihat akibat proses panas pada saat proses pengelasan yang mencapai suhu austenite kemudian terjadi pendinginan yang cepat baik dengan air maupun udara. Tetapi pada gambar 4.25 struktur martensite tidak begitu jelas dikarenakan setelah proses pengelasan dilakukan proses pendinginan yang lambat di udara. Dominasi Pearlite yang terbentuk membuat daerah ini mempunyai sifat keras dan getas yang menyebabkan material mudah patah atau mengalami keretakan. Tetapi ketangguhan menurun.

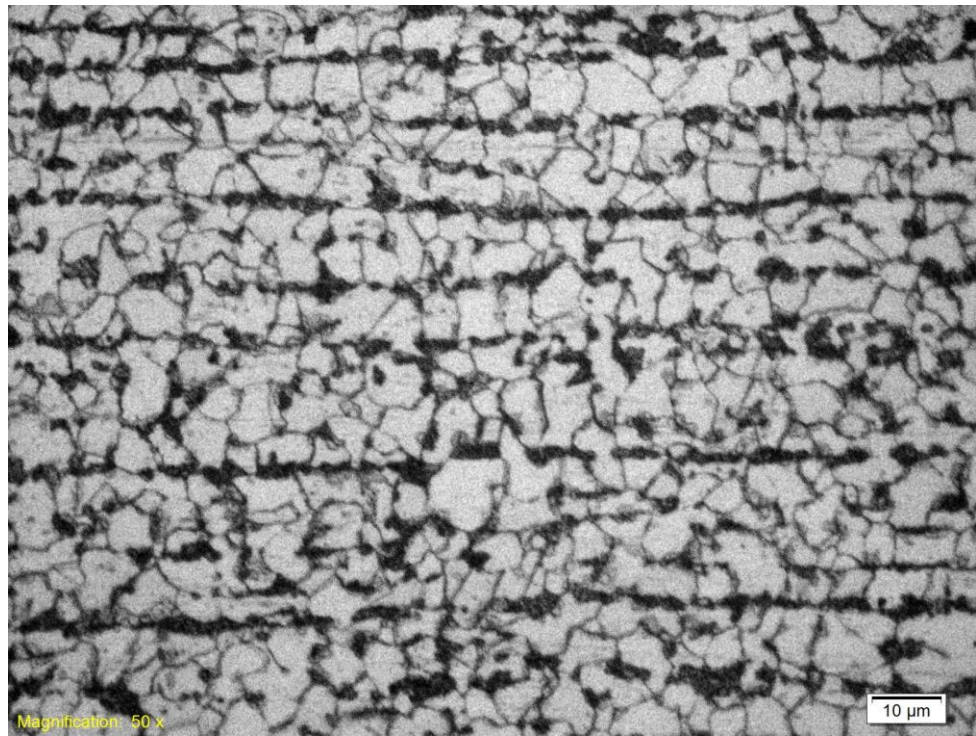
#### 4.5.6 Struktur Mikro pada logam lasan akibat *Tempering*



Gambar 4.26 Struktur mikro daerah logam lasan spesimen *Tempering*  
Pembesaran 500x

Pada struktur mikro pada daerah logam las yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* struktur yang muncul didominasi oleh ferrit dan pearlit berwarna hitam dengan bentuk pearlit tidak beraturan. Sekilas tidak jauh berbeda dengan struktur seperti di daerah antara HAZ dan logam lasan. Namun struktur mikro yang muncul pada daerah logam las struktur pearlit lebih sedikit dibandingkan dengan struktur pearlit pada daerah diantara daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam lasan. Dilihat secara visual struktur mikro pada daerah ini memiliki sifat kekuatan yang lebih baik dari daerah pada logam lasan tanpa perlakuan panas.

#### 4.5.7 Struktur Mikro pada logam induk akibat *Normalizing*



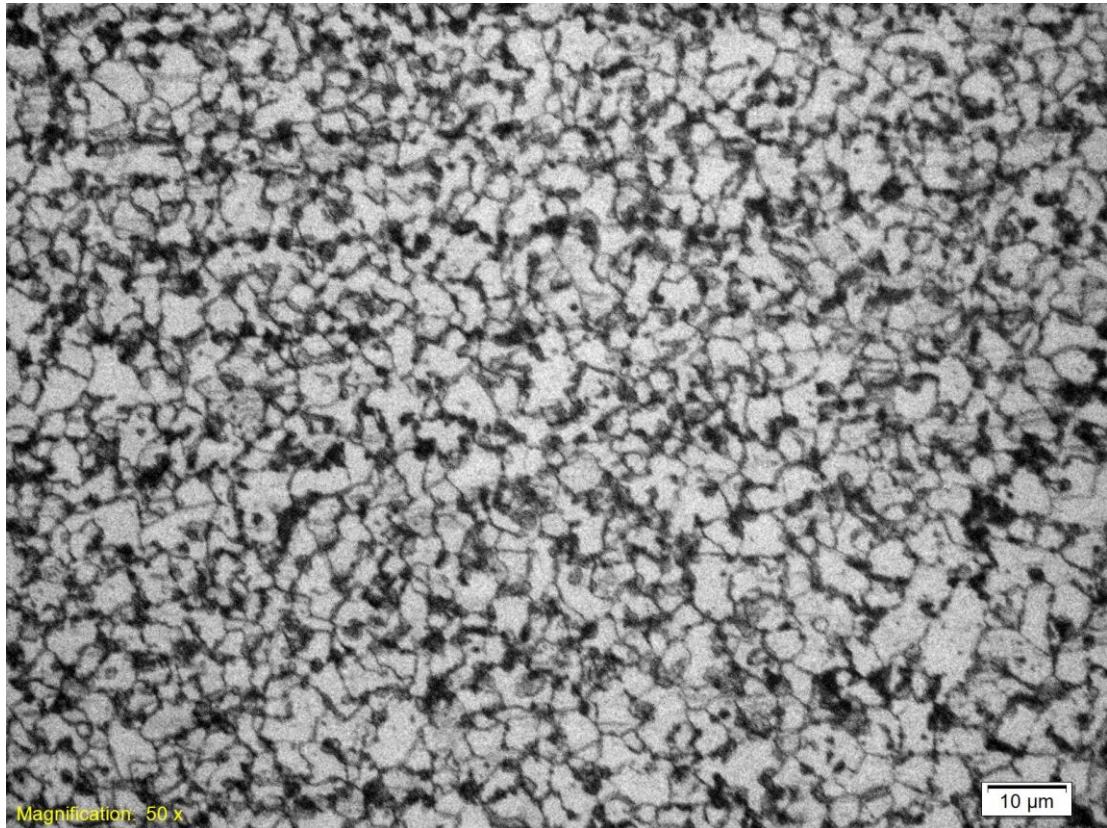
Gambar 4.27 Struktur mikro daerah logam induk spesimen *Normalizing*  
Pembesaran 500x

Pada daerah logam induk spesimen *Normalizing* ini terdapat struktur mikro Ferrit yang mendominasi. Pada daerah ini juga terlihat struktur butir pearlit yang memanjang. Dominasi ferrit pada daerah logam induk spesimen yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* sehingga pada daerah ini memiliki keuletan yang baik.



#### 4.5.8 Struktur Mikro pada daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam lasan akibat

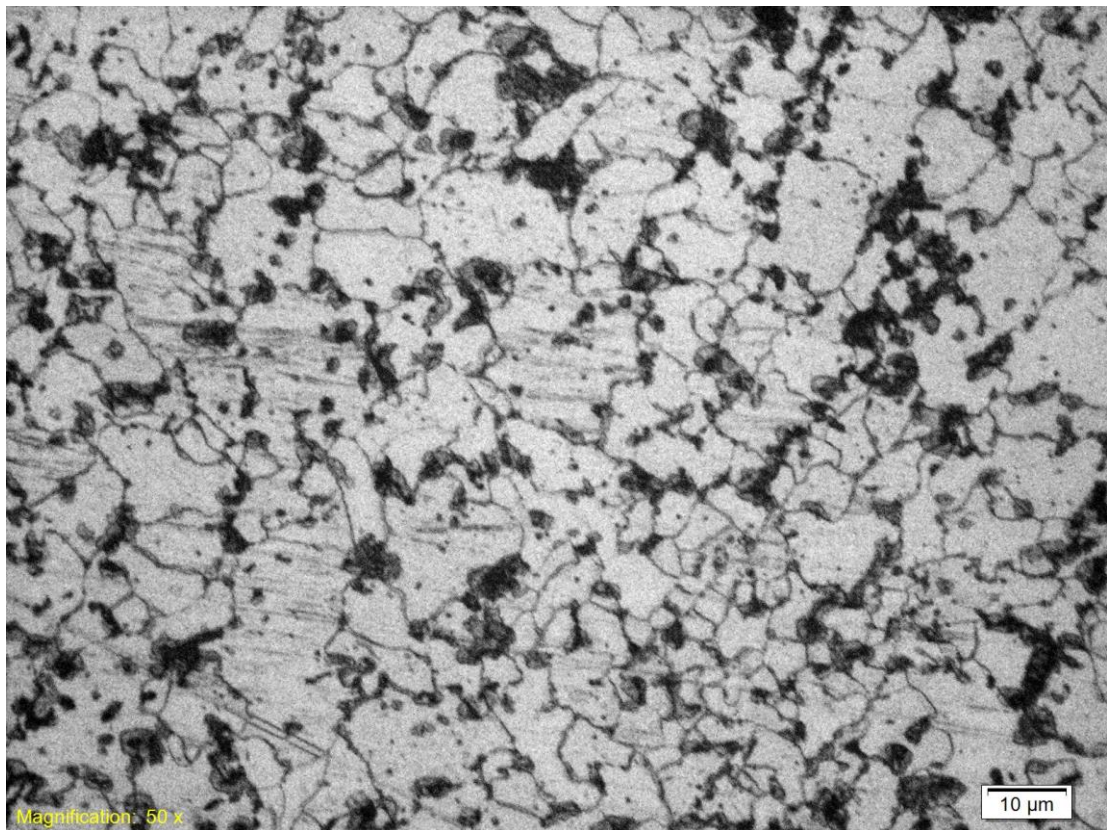
##### *Normalizing*



Gambar 4.27 Struktur mikro daerah antara HAZ dengan logam lasan spesimen  
*Normalizing*  
Pembesaran 500x

Pada struktur mikro daerah antara HAZ dengan logam lasan spesimen *Normalizing* struktur yang muncul ferrit dan pearlit. Secara visual, struktur pearlit yang berwarna hitam dengan bentuk kecil-kecil serta lebih sedikit dibandingkan dengan ferrit. Sifat mekanik pada daerah ini cenderung lunak karena didominasi oleh struktur ferrit.

#### 4.5.9 Struktur Mikro pada logam lasan akibat *Normalizing*



Gambar 4.29 Struktur mikro daerah logam lasan spesimen *Normalizing*  
Pembesaran 500x

Pada daerah logam lasan spesimen *Normalizing* ini terdapat struktur mikro Ferrit yang mendominasi. Pada daerah ini juga terlihat struktur butir pearlit berwarna hitam. Bentuk ferrit yang besar membuat sifat mekanik seperti keuletan pada daerah ini.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari proses pengelasan pada sambungan kampuh X SMAW baja ASTM A-36, dan kemudian dilakukan perlakuan panas *Tempering* di temperatur 450° ditahan selama 70 menit dan dilakukan perlakuan panas *Normalizing* di temperatur 910° selama 70 menit. Serta dilakukan pengujian mekanik berupa pengujian tarik, pengujian impak pengujian kekerasan serta uji foto mikro baja ASTM A36. Didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada sambungan *SMAW* pelat baja ASTM A36 yang tidak dilakukan perlakuan panas, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 49,03 Kgf/ mm<sup>2</sup>. Sedangkan kekuatan tarik paling rendah terdapat pada sambungan *SMAW* pelat baja ASTM A-36 yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dan ditahan selama 70 menit dengan kekuatan tarik sebesar 46,67 Kgf/ mm<sup>2</sup>.

Pengamatan struktur mikro pada material yang tidak dilakukan perlakuan panas didapatkan butir ferrit dan pearlit dengan batas butir yang berdekatan sehingga material mempunyai sifat kuat. Sedangkan, pada material yang dilakukan perlakuan panas *normalizing* didapatkan struktur mikro ferrit yang mendominasi. Sehingga material mempunyai kekuatan yang rendah, karena ferrit bersifat lunak.

2. Kekuatan impak paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dan ditahan selama 70 menit, dengan nilai impak sebesar 3,758 joule/ mm<sup>2</sup>. Sedangkan kekuatan impak paling rendah terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A-36 yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai impak sebesar 3,591 joule/ mm<sup>2</sup>.

Pengamatan struktur mikro pada material yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* didapatkan butir ferrit yang mendominasi, sehingga menyebabkan material ini mempunyai sifat lunak dan ulet. Kemudian pengamatan struktur mikro material yang tidak dilakukan perlakuan panas didapatkan butir ferrit dan pearlit dengan batas butir yang berdekatan sehingga material mempunyai sifat kuat dan getas namun tidak ulet.

3. Uji Kekerasan pada *base metal* paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* dan ditahan selama 70 menit, dengan nilai kekerasan sebesar 81,1 VHN. Sedangkan kekerasan paling rendah terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A-36 yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai kekerasan sebesar 73,4 VHN.

Pengamatan struktur mikro pada *base metal* material yang dilakukan perlakuan panas *Normalizing* ditemukan batas antar butir ferrit dan pearlit yang berdekatan, yang membuat ikatan menjadi kuat dan keras dibandingkan struktur mikro pada logam induk material yang tidak dilakukan perlakuan panas yang mempunyai batas antar butir ferrit dan

pearlit agak berjauhan dan ferrit dengan butir besar - besar yang membuat daerah ini lunak.

4. Uji Kekerasan pada *weld metal* paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* dan ditahan selama 70 menit, dengan nilai kekerasan sebesar 88,5 VHN. Sedangkan kekerasan paling rendah terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A-36 yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan nilai kekerasan sebesar 70,56 VHN.

Pengamatan struktur mikro pada *weld metal* material yang dilakukan perlakuan panas *Tempering* ditemukan pearlit yang bersifat keras menyebar di seluruh permukaan. Serta batas antar butir ferrit dan pearlit yang berdekatan, yang membuat ikatan menjadi kuat dan keras. dibandingkan struktur mikro pada *weld metal* material yang tidak dilakukan perlakuan panas, dimana ditemukan butir ferrit yang mendominasi di permukaan sehingga membuat daerah ini lunak.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, agar memperoleh hasil yang maksimal , maka penulis menyarankan untuk dilakukanya beberapa hal, yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian pada sambungan benda baja pejal sebagai perbandingan terhadap penelitian sambungan pada benda pelat baja.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan jenis las dan kampuh pengelasan yang berbeda.
3. Perlu ketelitian serta kecermatan dalam mengerjakan setiap spesimen uji dengan operasi pemesinan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sriwidharto, *Petunjuk Kerja Las* (1987) Jakarta: Pradnya Paramita
- Sumarto, H. W (1979). *Teknologi Pengelasan Logam* .Jakarta : Pradnya Paramita
- Amanto ,Hari dan Daryanto, (2006) *Ilmu Bahan* Jakarta: Bumi Aksara
- Daryanto, *Teknik Las* (2013) Bandung: Alfabeta
- Callister JR, William D, *Material Science and Engineering* (1985) Singapore: The University of Utah,
- Smallman dan Bishop, *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material* (2000) Jakarta: Erlangga
- Sunari, *Teknik Pengelasan Logam* (2007) Jakarta: Ganeca Exact
- T. Surdia dan Shinroku, *Pengetahuan Bahan Teknik* (1999) Jakarta: Pradnya Paramita
- Koswara ,Drs Engkos, Sudjana, Drs Hardi *Pengujian Logam* (1999) Bandung: Humaniora Utama Press
- Drs Edih Supardi dkk, *Pengujian Logam* (1996) Bandung : Angkasa
- B.H Amstead dkk, *Teknologi Mekanik*, (1997) Jakarta : Erlangga

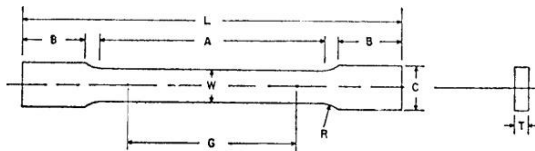
LAMPIRAN – LAMPIRAN



## Perhitungan Pengujian Tarik

N O	Perlak uan	Spesi men	Leba r (mm)	Tebal (mm)	Luas penam pang Awal (mm <sup>2</sup> )	Maximum Load (Kgf)	Panjang Ukur (mm)	Panjang Setelah Patah (mm)	Tensile Stren ght (Kgf/ mm <sup>2</sup> )
1	Tanpa Perlaku an	1	12,60	10,24	129.13	6429.80	52,14	59,34	49,79
		2	12,65	10,18	128.77	6343.05	51,26	58,52	49,26
		3	12,60	10,47	131.92	6337.74	50,59	65,10	48,04
2	Temper ing	1	12,64	10,01	126.52	6173.07	51,17	58,20	48,79
		2	12,63	10,36	130.84	6198.08	51,12	65,30	47,37
		3	12,59	10,11	127.28	6245.22	50,06	58,0	49,06
3	Normal izing	1	12,67	10,05	127.33	6011.95	52,01	69,74	47,21
		2	12,71	9,95	126.46	5875.88	52,41	69,20	46,46
		3	12,67	10,0	126.70	5873.22	49,79	61,40	46,36

E 8M



Nominal Width	Dimensions, mm		
	Plate-Type 40 mm	Standard Specimens Sheet-Type 12.5 mm	Subsize Specimen 6 mm
G— Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2	50.0 ± 0.1	25.0 ± 0.1
W— Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0	12.5 ± 0.2	6.0 ± 0.1
T— Thickness (Note 5)		thickness of material	
R— Radius of fillet, min (Note 6)	25	12.5	6
L— Overall length, min (Note 2 and Note 7)	450	200	100
A— Length of reduced section, min	225	57	32
B— Length of grip section, min (Note 8)	75	50	30
C— Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50	20	10

## Perhitungan Kekuatan Tarik

### 1. Uji Tarik pada material tanpa perlakuan panas

#### a. Spesimen 1

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

$$= \frac{6429,80}{129,13}$$

$$\sigma = 49,79 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{59,34-52,14}{52,14} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 13,8 \%$$

#### b. Spesimen 2

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

$$= \frac{6343,05}{128,77}$$

$$\sigma = 49,26 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{58,52-51,26}{51,26} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 14,1 \%$$

#### c. Spesimen 3

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

$$= \frac{6337,74}{131,92}$$

$$\sigma = 48,04 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{65,10-50,59}{50,59} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 28,6 \%$$

### 2. Uji tarik pada material yang dilakukan perlakuan panas *Tempering*

#### a. Spesimen 1

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

$$= \frac{6173,07}{126,52}$$

$$\sigma = 48,79 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{58,20-51,17}{51,17} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 13,7 \%$$

**b. Spesimen 2**

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

$$= \frac{6198,08}{130,84}$$

$$\sigma = 47,37 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{65,30-51,12}{51,12} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 27,7 \%$$

**c. Spesimen 3**

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

$$= \frac{6245,22}{127,28}$$

$$\sigma = 49,06 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{58,0-50,06}{50,06} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 15,8 \%$$

**3. Uji tarik pada material yang dilakukan perlakuan panas Normalizing**

**a. Spesimen 1**

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

$$= \frac{6011,95}{127,33}$$

$$\sigma = 47,21 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{69,74-52,01}{52,01} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 34,0 \%$$

**b. Spesimen 2**

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

$$= \frac{5875,88}{126,46}$$

$$\sigma = 46,46 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{69,20-52,41}{52,41} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 32,0 \%$$

**c. Spesimen 3**

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

$$= \frac{5873,22}{126,70}$$

$$\sigma = 46,36 \text{ Kgf/mm}^2$$

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

$$\varepsilon = \frac{61,40-49,79}{49,79} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 23,3 \%$$

Perhitungan Pengujian Kekerasan

NO	Perlakuan	Spesimen	Nilai Kekerasan Pada Base Metal	Nilai Kekerasan Pada Weld Metal	Rata-rata pada base metal	Rata-rata pada Weld Metal
			(Kgf/mm <sup>2</sup> ) atau (VHN)	(Kgf/mm <sup>2</sup> ) atau (VHN)	(VHN) Atau (Kgf/mm <sup>2</sup> )	(VHN) Atau (Kgf/mm <sup>2</sup> )
1	Tanpa Perlakuan	1	64	61	73,4	70,56
		2	79,8	79,5		
		3	76,8	71,2		
2	Tempering	1	76	98,99	78,23	88,5
		2	72,8	84		
		3	85,9	82,7		
3	Normalizing	1	82,2	66,9	81,1	73,1
		2	82,7	71,5		
		3	78,4	80,9		

**Perhitungan Uji Kekerasan pada Material Dasar (*Base Metal*) :**

**1. Uji kekerasan pada material tanpa perlakuan panas**

**a. Base Metal 1**

Diketahui :  $d_1 = 0,637 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$   
 $d_2 = 0,457 \text{ mm}$        $d = 0,537 \text{ mm}, d^2 = 0,289 \text{ mm}^2$   
 $F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,289}$$

$$\text{VHN} = 64 \text{ Kgf/mm}^2$$

**b. Base Metal 2**

Diketahui :  $d_1 = 0,441 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$$d_2 = 0,551 \text{ mm} \quad d = 0,481 \text{ mm}, d^2 = 0,232 \text{ mm}^2$$

$$F = 10 \text{ Kgf}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,232}$$

$$\text{VHN} = 79,8 \text{ Kgf/mm}^2$$

**c. Base Metal 3**

Diketahui :  $d_1 = 0,622 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$$d_2 = 0,360 \text{ mm} \quad d = 0,491 \text{ mm}, d^2 = 0,242 \text{ mm}^2$$

$$F = 10 \text{ Kgf}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,242}$$

$$\text{VHN} = 76,8 \text{ Kgf/mm}^2$$

## 2. Uji kekerasan pada material *tempering*

### a. *Base Metal 1*

$$\text{Diketahui : } d_1 = 0,429 \text{ mm} \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$d_2 = 0,555 \text{ mm} \quad d = 0,492 \text{ mm}, d^2 = 0,243 \text{ mm}^2$$

$$F = 10 \text{ Kgf}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,243}$$

$$\text{VHN} = 76 \text{ Kgf/mm}^2$$

### b. *Base Metal 2*

$$\text{Diketahui : } d_1 = 0,512 \text{ mm} \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$d_2 = 0,494 \text{ mm} \quad d = 0,503 \text{ mm}, d^2 = 0,254 \text{ mm}^2$$

$$F = 10 \text{ Kgf}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,254}$$

$$\text{VHN} = 72,8 \text{ Kgf/mm}^2$$

**c. Base Metal 3**

Diketahui :  $d_1 = 0,487 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$   
 $d_2 = 0,439 \text{ mm}$        $d = 0,463 \text{ mm}, d^2 = 0,215 \text{ mm}^2$   
 $F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$
$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,215}$$
$$\text{VHN} = 85,9 \text{ Kgf/mm}^2$$

**3. Uji kekerasan pada material *normalizing***

**a. Base Metal 1**

Diketahui :  $d_1 = 0,457 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$   
 $d_2 = 0,491 \text{ mm}$        $d = 0,474 \text{ mm}, d^2 = 0,225 \text{ mm}^2$   
 $F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$
$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,225}$$
$$\text{VHN} = 82,2 \text{ Kgf/mm}^2$$

**b. Base Metal 2**

Diketahui :  $d_1 = 0,514 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$d_2 = 0,432 \text{ mm}$        $d = 0,473 \text{ mm}, d^2 = 0,224 \text{ mm}^2$

$F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,224}$$

$$\text{VHN} = 82,7 \text{ Kgf/mm}^2$$

**c. Base Metal 3**

Diketahui :  $d_1 = 0,489 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$d_2 = 0,481 \text{ mm}$        $d = 0,485 \text{ mm}, d^2 = 0,236 \text{ mm}^2$

$F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,236}$$

$$\text{VHN} = 78,4 \text{ Kgf/mm}^2$$



**Perhitungan Uji Kekerasan pada Material Lasan (*Weld Metal*) :**

**1. Uji kekerasan pada material tanpa perlakuan panas**

**a. *Weld Metal 1***

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } d_1 &= 0,579 \text{ mm} & d &= \frac{d_1 + d_2}{2} \\ d_2 &= 0,521 \text{ mm} & d &= 0,550 \text{ mm, } d^2 = 0,303 \text{ mm}^2 \\ F &= 10 \text{ Kgf} \end{aligned}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} \\ \text{VHN} &= 1,854 \times \frac{10}{0,303} \\ \text{VHN} &= 61 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

**b. *Weld Metal 2***

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } d_1 &= 0,453 \text{ mm} & d &= \frac{d_1 + d_2}{2} \\ d_2 &= 0,511 \text{ mm} & d &= 0,482 \text{ mm, } d^2 = 0,233 \text{ mm}^2 \\ F &= 10 \text{ Kgf} \end{aligned}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} \\ \text{VHN} &= 1,854 \times \frac{10}{0,233} \\ \text{VHN} &= 79,5 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

**c. *Weld Metal 3***

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } d_1 &= 0,426 \text{ mm} & d &= \frac{d_1 + d_2}{2} \\ d_2 &= 0,592 \text{ mm} & d &= 0,509 \text{ mm, } d^2 = 0,260 \text{ mm}^2 \\ F &= 10 \text{ Kgf} \end{aligned}$$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,260}$$

$$\text{VHN} = 71,2 \text{ Kgf/mm}^2$$

**2. Uji kekerasan pada material yang dilakukan perlakuan panas *Tempering***

**a. *Weld Metal 1***

Diketahui :  $d_1 = 0,375 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$d_2 = 0,489 \text{ mm}$        $d = 0,432 \text{ mm}, d^2 = 0,187 \text{ mm}^2$

$F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,187}$$

$$\text{VHN} = 98,99 \text{ Kgf/mm}^2$$

**b. *Weld Metal 2***

Diketahui :  $d_1 = 0,364 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$d_2 = 0,574 \text{ mm}$        $d = 0,469 \text{ mm}, d^2 = 0,220 \text{ mm}^2$

$F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,220}$$

$$\text{VHN} = 84 \text{ Kgf/mm}^2$$

**c. Weld Metal 3**

Diketahui :  $d_1 = 0,348 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$   
 $d_2 = 0,598 \text{ mm}$        $d = 0,473 \text{ mm}, d^2 = 0,224 \text{ mm}^2$   
 $F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$
$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,224}$$
$$\text{VHN} = 82,7 \text{ Kgf/mm}^2$$

**3. Uji Kekerasan pada material yang dilakukan perlakuan panas Normalizing**

**a. Weld Metal 1**

Diketahui :  $d_1 = 0,551 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$   
 $d_2 = 0,501 \text{ mm}$        $d = 0,526 \text{ mm}, d^2 = 0,277 \text{ mm}^2$   
 $F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$
$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,277}$$
$$\text{VHN} = 66,9 \text{ Kgf/mm}^2$$

**b. Weld Metal 2**

Diketahui :  $d_1 = 0,459 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$d_2 = 0,557 \text{ mm}$        $d = 0,508 \text{ mm}, d^2 = 0,259 \text{ mm}^2$

$F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,259}$$

$$\text{VHN} = 71,5 \text{ Kgf/mm}^2$$

**c. Weld Metal 3**

Diketahui :  $d_1 = 0,489 \text{ mm}$        $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

$d_2 = 0,467 \text{ mm}$        $d = 0,478 \text{ mm}, d^2 = 0,229 \text{ mm}^2$

$F = 10 \text{ Kgf}$

Ditanyakan : Nilai Kekerasan .....(Kgf/mm<sup>2</sup>) atau VHN ?

Penyelesaian :

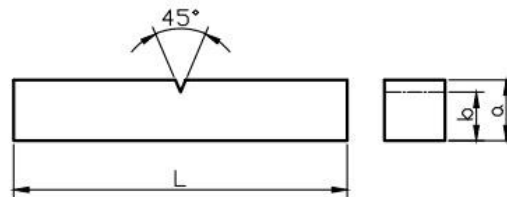
$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{10}{0,229}$$

$$\text{VHN} = 80,9 \text{ Kgf/mm}^2$$

### Perhitungan Pengujian Impak

N O	Perlakuan	Spesimen	Energi Terserap (joule)	Rata-rata Energi Terserap (joule)	Nilai Impak (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Nilai Impak (J/mm <sup>2</sup> )
1	Tanpa Perlakuan	1	299,75	287,396	3,70	3,591
		2	283,25		3,540	
		3	279,19		3,534	
2	Tempering	1	298,15	299,44	3,774	3,758
		2	299,8		3,747	
		3	300,38		3,754	
3	Normalizing	1	298,24	299,38	3,775	3,742
		2	299,95		3,749	
		3	299,95		3,703	



1. Pada spesimen yang tidak dipperlakukan perlakuan panas

a. Spesimen 1

Diketahui :

Panjang = 10 mm

Lebar = 8,1 mm

Luas = 81 mm<sup>2</sup>

E = 299,75 J (pembacaan langsung dari mesin uji)

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{299,75 \text{ J}}{81 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,70 \text{ J/ mm}^2$$

b. Spesimen 2

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 8,0 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 80 \text{ mm}^2$$

$$E = 283,25 \text{ J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{283,25 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,540 \text{ J/ mm}^2$$

c. Spesimen 3

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 7,9 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 79 \text{ mm}^2$$

$$E = 279,19 \text{ J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{279,19 \text{ J}}{79 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,534 \text{ J/ mm}^2$$

2. Pada Spesimen Uji Impak yang dilakukan perlakuan panas *Tempering*

a. Spesimen 1

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 7,9 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 79 \text{ mm}^2$$

$$E = 298,15 \text{ J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{298,15 \text{ J}}{79 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,774 \text{ J/ mm}^2$$

\

b. Spesimen 2

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 8,0 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 80 \text{ mm}^2$$

$$E = 299,8\text{J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{299,8 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,747 \text{ J/ mm}^2$$

c. Spesimen 3

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 80 \text{ mm}^2$$

$$E = 300,38\text{J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{300,38 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,754 \text{ J/ mm}^2$$

3. Pada Spesimen Uji Impak yang dilakukan Perlakuan Panas *Normalizing*

a. Spesimen 1

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 7,9 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 79 \text{ mm}^2$$

$$E = 298,24\text{J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A_0}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{298,24 \text{ J}}{79 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,775 \text{ J/ mm}^2$$

b. Spesimen 2

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 80 \text{ mm}^2$$

$$E = 299,95 \text{ J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{299,95 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,749 \text{ J/ mm}^2$$

c. Spesimen 3

Diketahui :

$$\text{Panjang} = 10,1 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Luas} = 81 \text{ mm}^2$$

$$E = 299,95 \text{ J (pembacaan langsung dari mesin uji)}$$

Ditanyakan: Nilai Impak.....(Joule/mm<sup>2</sup>)?

Penyelesaian :

$$\text{Nilai Impak} = \frac{E}{A}$$

$$\text{Nilai Impak} = \frac{299,95 \text{ J}}{81 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Nilai Impak} = 3,703 \text{ J/ mm}^2$$





Building  
Future  
Leaders

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220  
Telepon/Faximile : Rektor : (021) 4893854, PRI : 4895130, PR II : 4893918, PR III : 4892926, PR IV : 4893982  
BUK : 4750930, BAKHUM : 4759081, BK : 4752180  
Bagian UHT : Telepon, 4893726, Bagian Keuangan : 4892414, Bagian Kepegawaian : 4890536, Bagian Humas : 4898486  
Laman : www.unj.ac.id

Nomor : 3268/UN39.12/KM/2017  
Lamp. : -  
Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian  
untuk Penulisan Skripsi

25 Juli 2017

Yth. Kepala Unit Industri Bahan dan Barang Teknik  
Jl. Letjend Suprpto Kav.3 Cempaka Putih  
Jakarta Pusat

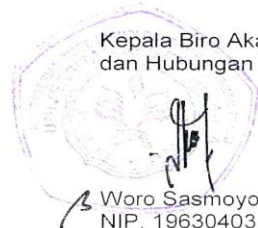
Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : **Duty Marsulan**  
Nomor Registrasi : 5315122798  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta  
No. Telp/HP : 081517619903

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul :

**“Sifat Mekanik Bahan ASTM A36 Sambungan SMAW Akibat Tempering dan Normalizing”**

Atas perhatian dan kerjasamanya Saudara, kami sampaikan terima kasih.



Kepala Biro Akademik, Kemahasiswaan,  
dan Hubungan Masyarakat

Woro Sasmoyo, SH  
NIP. 19630403 198510 2 001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik
2. Koordinator Prodi Pendidikan Teknik Mesin

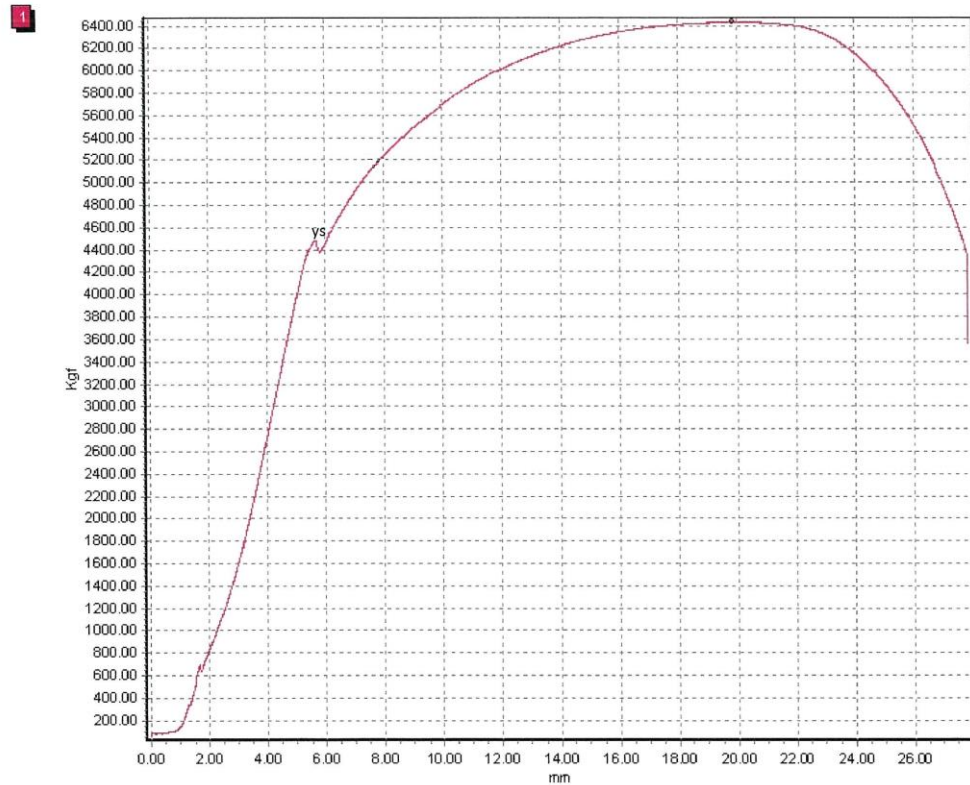
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK**  
**DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: NON H.T 1.A  
Test Time: 3:12:34 PM

Test Date: 7/31/2017  
Tebal Sampel: 10.18 mm

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6429.80	49.79	13.8	4435.36	34.14	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:

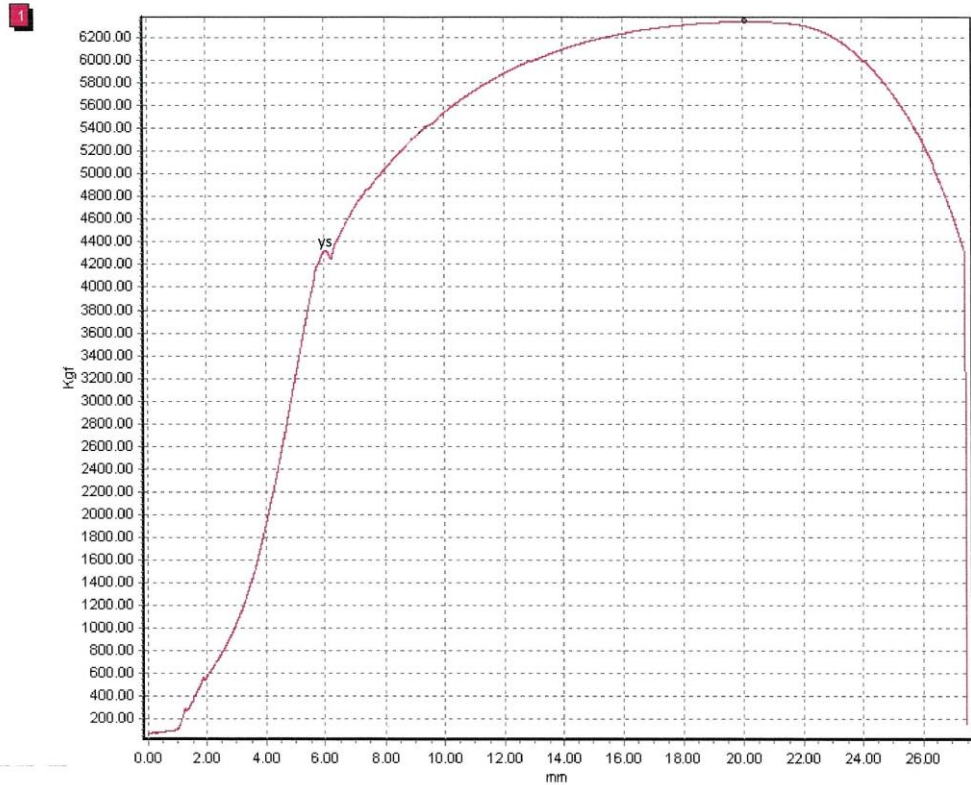
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK  
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: NON H.T 2.B  
Test Time: 3:15:49 PM

Test Date: 7/31/2017  
Tebal Sampel: 10.18 mm

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6343.05	49.26	14.1	4343.99	33.73	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:

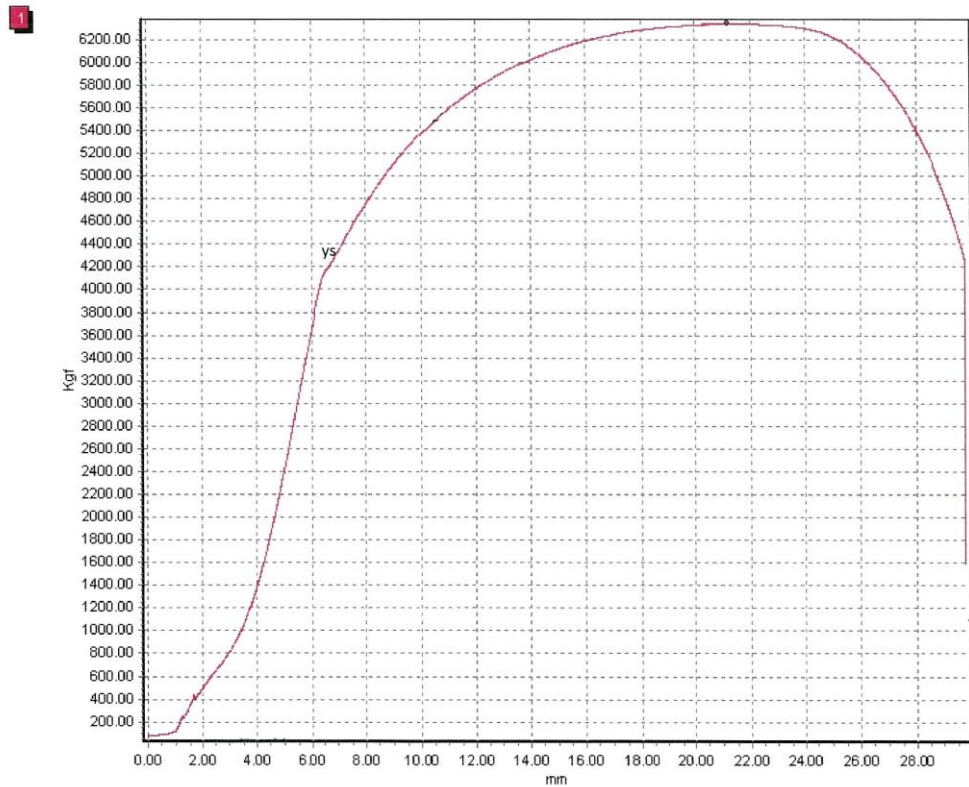
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK  
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: NON H.T 3.C  
Test Time: 3:22:09 PM

Test Date: 7/31/2017  
Tebal Sampel: 10.47 mm

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6337.74	48.04	28.6	4253.61	32.24	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:

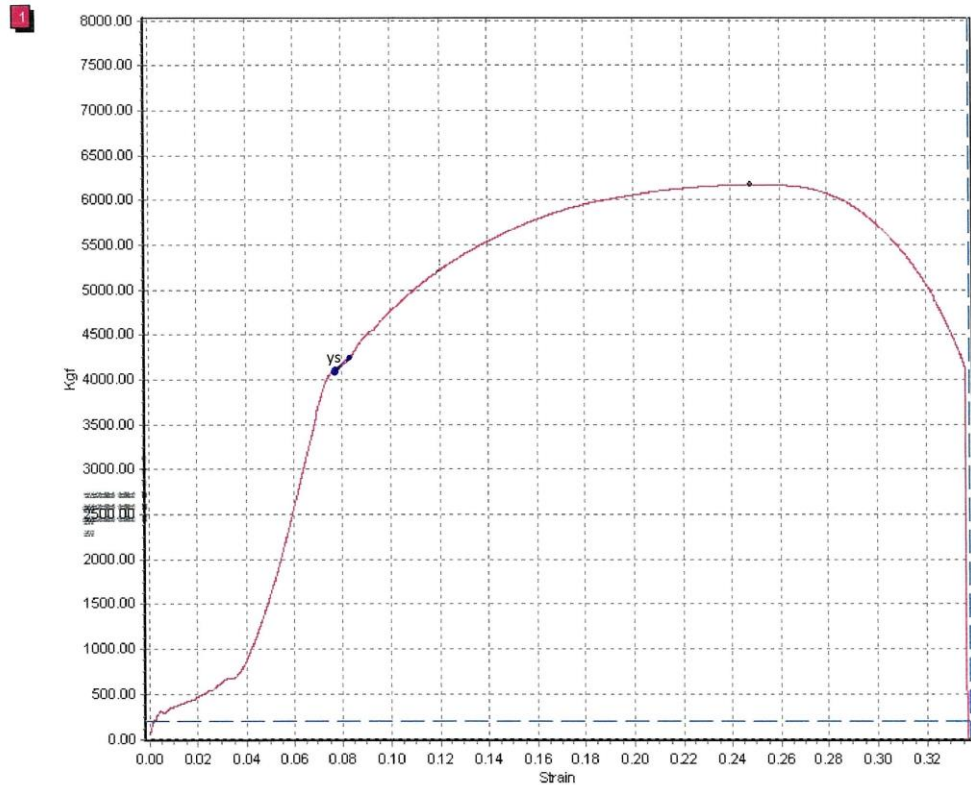
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK  
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: TEMPERING 1.A  
Test Date: 7/31/2017

Tebal Sampel: 10.01 mm  
Test Time: 2:27:04 PM

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm2)	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm2)	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6173.07	48.79	13.7	4474.13	35.36	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:



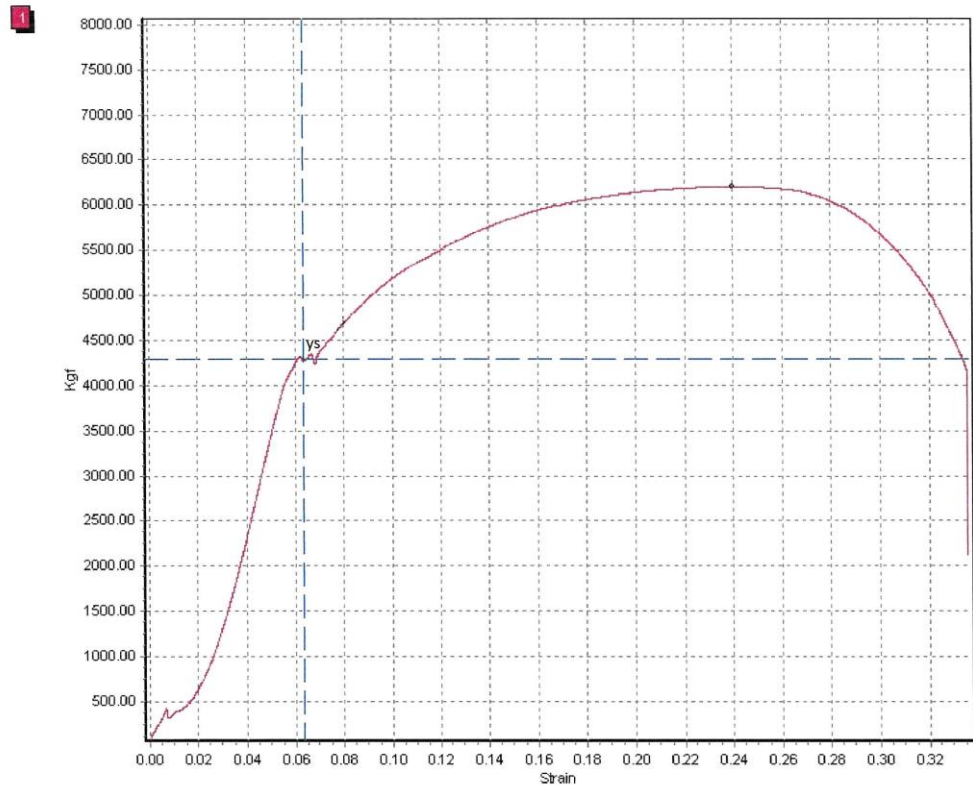
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK  
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: TEMPERING 2.B  
Test Date: 7/31/2017

Tebal Sampel: 10.36 mm  
Test Time: 2:31:18 PM

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm2)	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm2)	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6198.08	47.37	27.7	4295.68	32.83	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:

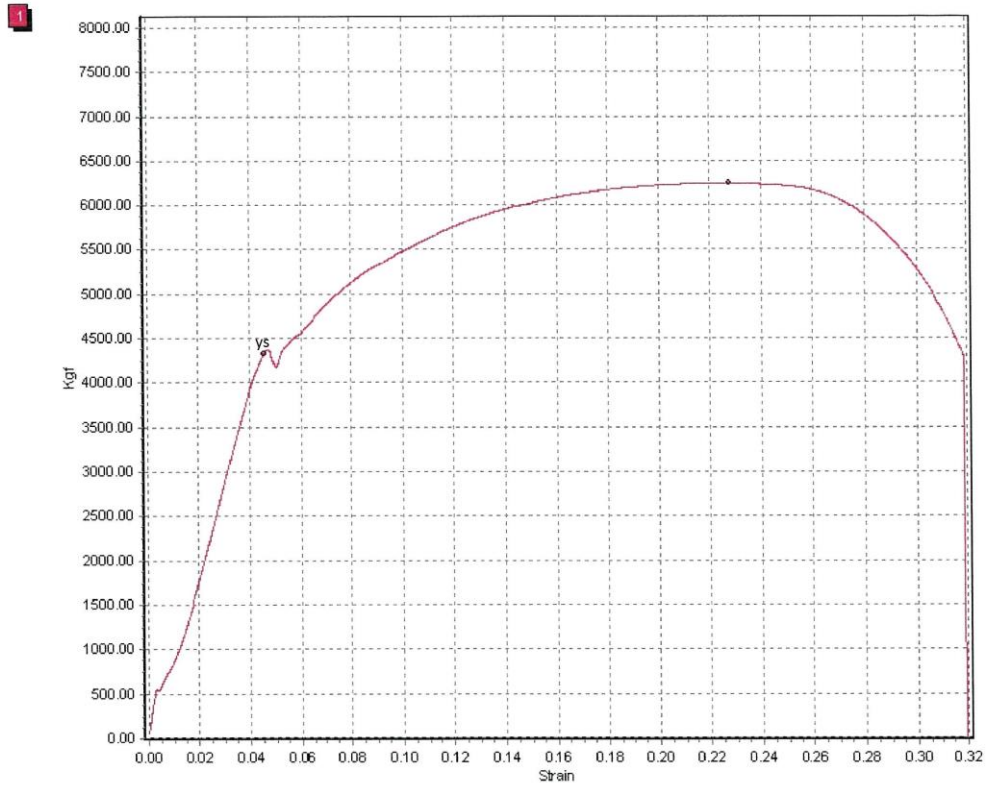
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK**  
**DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: TEMPERING 3.C  
Test Date: 7/31/2017

Tebal Sampel: 10.11 mm  
Test Time: 2:23:18 PM

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6245.22	49.06	15.8	4323.68	33.97	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:

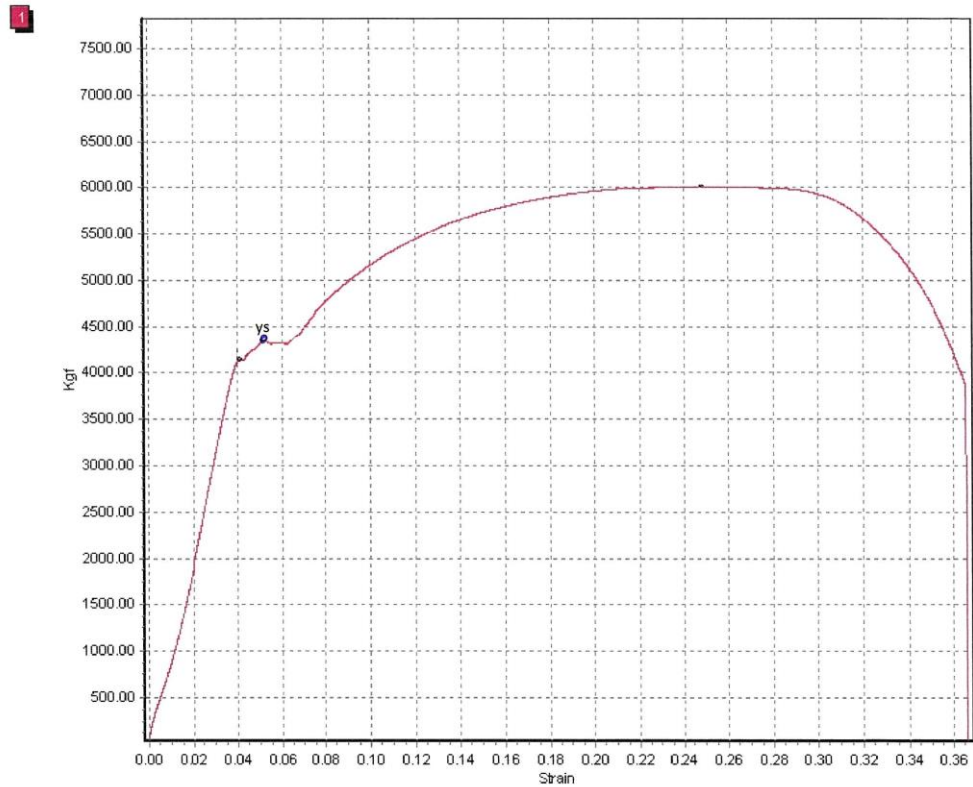
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK**  
**DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: NORMALIZING 1.A  
Test Time: 2:46:44 PM

Test Date: 7/31/2017  
Tebal Sampel: 9.95 mm

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm2)	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm2)	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	6011.95	47.21	34.0	4359.38	34.23	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:



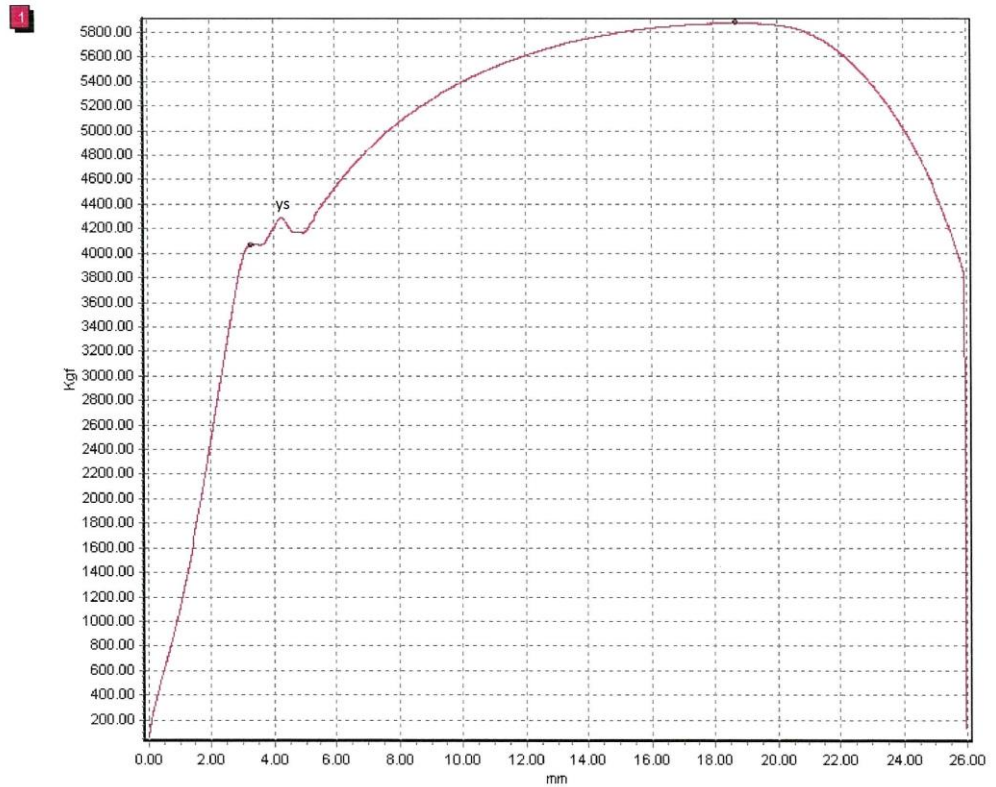
**UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK  
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA**

Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: NORMALIZING 2.B  
Test Time: 2:57:02 PM

Test Date: 7/31/2017  
Tebal Sampel: 10.05 mm

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	5875.88	46.46	32.0	4275.72	33.81	0.00	0.00



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:

# UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA

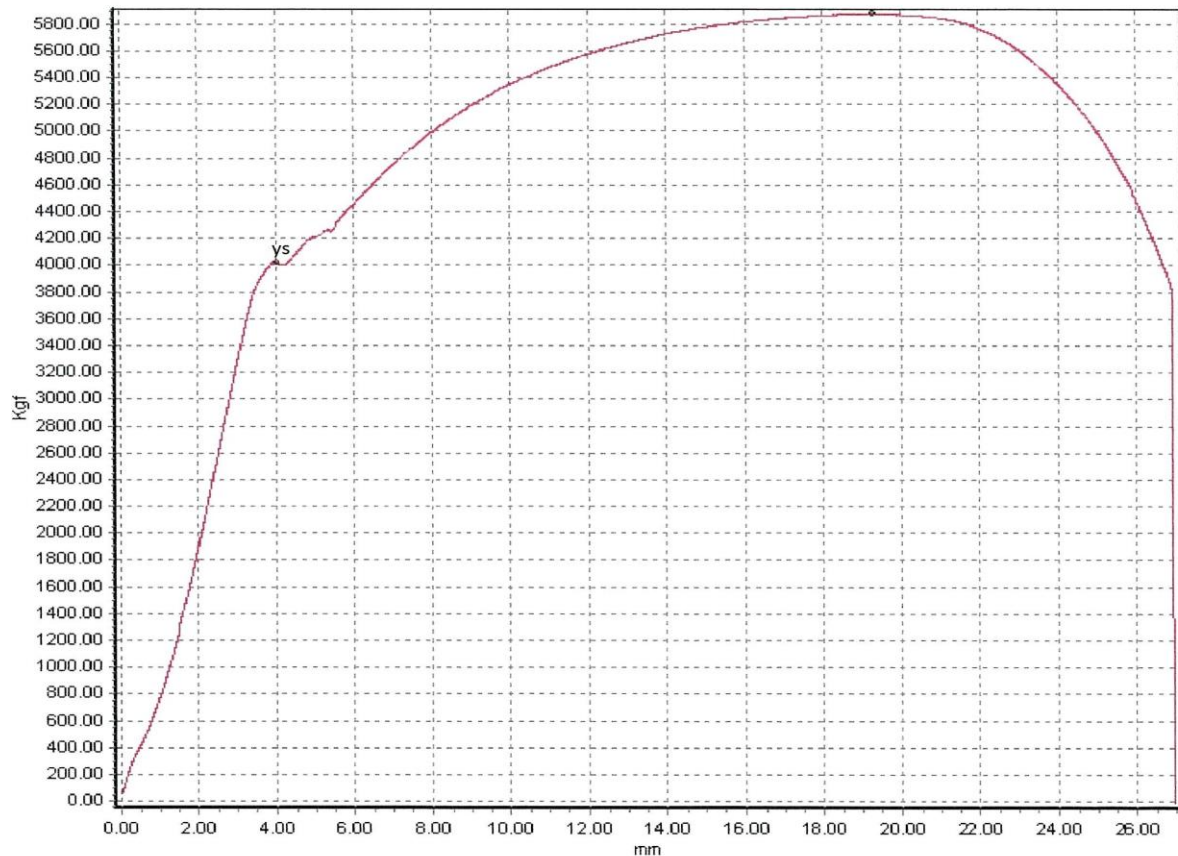
Jl. Let. Jend. Suprpto - Cempaka Putih

Material Name: NORMALIZING 3.C  
Test Time: 3:05:07 PM

Test Date: 7/31/2017  
Tebal Sampel: 10.0 mm

	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Yield Point (Kgf)	Yield Stress (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Gauge (mm)	Gauge (%)
1	5873.22	46.36	23.3	4014.04	31.68	0.00	0.00

1



Penyelia Teknik Loga:

Penguji:



## TENTANG PENULIS



Bernama Duty Marsulan, lahir di Gombang, Kebumen – Jawa Tengah pada hari Senin tanggal 02 Mei di tahun 1994. Anak pertama dari dua bersaudara pasangan dari Bapak Priyono dan Ibu Partini. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD N 3 Sidoharum, tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah pertama di SMP N 1 Gombang. Setelah tamat dari sekolah menengah pertama, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Teknik Menengah pada Jurusan Teknik Pemesinan di SMK N 1 Gombang dan selesai pada tahun 2012.

Melanjutkan ke Pendidikan Tinggi pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Jakarta dengan konsentrasi peminatan Produksi. Sempat melakukan Praktek Kerja Lapangan di PT.FNR, Cakung – Jakarta Timur dengan judul laporan “Repair Mold Segel Tabung Gas 3kg”. Pernah bergabung pada Yayasan Putra Mandala, Kelapa gading sebagai Toolman Laboratorium Teknik Otomotif.

Selama belajar di kampus, penulis berkesempatan untuk berpartisipasi dalam Perhimpunan Mahasiswa Kebumen (PERHIMAK - UNJ) sebagai Wakil Ketua – tahun 2013-2014. Kemudian, menjadi Ketua KMHB (Keluarga Mahasiswa Hindu-Buddha) UNJ tahun 2015 -2016. Aktif dalam Forum Komunikasi antar Unit Kegiatan Mahasiswa UNJ tahun 2014 – 2016. Dewan Penasihat KMHB UNJ tahun 2016-2017. Penulis dapat ditemui melalui surel di [duty9432@gmail.com](mailto:duty9432@gmail.com) atau melalui line dengan id : [dutynusantara](https://www.line.me/tv/dutynusantara).

