



TUGAS AKHIR - TM145547 (MN)

PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW

**DWIKY TIARAWATI
NRP. 2114 030 028**

**Dosen Pembimbing 1
Ir. Subowo, MSc
NIP. 19581004 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2
Ir. Gathot Dwi W, MT
NIP. 19580915 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - TM145547 (MN)

**PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA V
GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN
LEBAR HAZ HASIL SMAW**

**DWIKY TIARAWATI
NRP. 2114 030 028**

**Dosen Pembimbing 1
Ir. Subowo, MSc
NIP. 19581004 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2
Ir. Gathot Dwi W, MT
NIP. 19580915 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TM145547 (MN)

**EFFECT OF FLUID LAYER VARIATIONS IN V GROOVE
STEEL ST 37 ON DEFECT AND WIDTH HAZ SMAW
RESULTS**

**DWIKY TIARAWATI
NRP. 2114 030 028**

**Consellor Lecture 1 :
Ir. Subowo, MSc
NIP. 19581004 198701 1 001**

**Consellor Lecture 2 :
Ir. Gathot Dwi W, MT
NIP. 19580915 198701 1 001**

**DIPLOMA 3 PROGRAM MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Vokasi
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA V
GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN
LEBAR HAZ HASIL SMAW**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya

pada

Bidang Studi Manufaktur

Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DWIKY TIARAWATI

NRP. 2114 030 028

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

4/12
8
W. M. I.
Ir. Gathot Dwi W. M. I.
NIP. 19580915 198701 1 001



Subowo
Ir. Subowo, MSc
NIP. 19581004 1987701 1 001

SURABAYA,

2017

PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW

Nama : Dwiky Tiarawati
NRP : 2114030028
Jurusan : D3 Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Subowo, MSc

Abstrak

Dalam dunia industri banyak menggunakan material baja untuk kebutuhan pembangunan dan kendaraan. Dengan seiring berjalannya waktu material tersebut membutuhkan perawatan maupun perbaikan untuk memaksimalkan fungsinya. Salah satunya ialah dengan pengelasan.

Pada penelitian ini menggunakan pengelasan SMAW dengan arus 120 A, voltase 27 volt, E 6013 diameter 3,2 mm dan menggunakan lapisan fluida pada base metal dengan kampuh berbentuk V *groove* 60°. Untuk pengujian radiografi menggunakan gamma-ray Ir-192 dengan Teknik Single Wall Single Viewing. Pada pengujian makro etsa menggunakan larutan alkohol 96 % dan HNO₃.

Dari hasil pengujian radiografi didapatkan cacat *External concavity* dan *external undercut* pada *base metal* yang netral, cacat *elongated slag inclusion* pada *base metal* dengan lapisan air dan oli, cacat *external concavity* dan *elongated slag inclusion* pada *base metal* dengan lapisan stempet. Lebar *HAZ* pada *base metal* netral memiliki lebar *HAZ* terbesar selanjutnya *base metal* dengan lapisan air, oli dan stempet.

Kata Kunci: SMAW ,Lapisan Fluida, Uji Radiografi, Uji Makro etsa

**EFFECT OF FLUID LAYER VARIATIONS IN V GROOVE
STEEL ST 37 ON DEFECT AND WIDTH HAZ SMAW
RESULTS**

Name : *Dwiky Tiarawati*
Nrp : *2114030028*
Department : *D3 of Mechanical Engineering Industry*
Supervisor : *Ir. Subowo, MSc*

Abstract

In the industrial world it is common to use steel materials for construction and vehicle. In the course of time the material requires maintenance and repair to maximize its function. One of them is by welding.

SMAW welding Method was used in this research. It used; currents of 120 A, 27 volt of voltages, E 6013 with diameter of 3.2 mm and impurity media on a metal base with a V-shaped groove 60 °. For the radiography test was gamma-ray Ir-192 with Single Wall Single Viewing Technique being used . And the etching macro test used 96% alcohol solution and HNO₃.

The result of radiographic test showed defect of External concavity and external undercut on neutral base metal, elongated slag inclusion on a metal base impurity media with water and oil, external concavity and elongated slag inclusions on base metal with lubricating grease layer. HAZ width on neutral base metal has the largest width of HAZ, then it's followed bei base metal with water layer, oil and lubricating grease.

Keywords: *SMAW, Fluid Layer, Radiography Test, Macro etching test*

KATA PENGANTAR

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

“PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW”

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

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

1. Bapak Ir. Subowo, MSc. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Penelitian ini.
2. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, MT selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu dan memberikan ide untuk penelitian penelitian.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku kaprodi D3 Teknik Mesin Industri.

4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator Penelitian D3 Teknik Mesin Industri.
5. Bapak Deddy Zulhidayat Noor, MT, PhD selaku Dosen Wali selama di D3 Teknik Mesin Industri.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
8. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa serta dukungan dalam bentuk apapun.
9. Mas Dhanang Kuncoro alumni Sistem Perkapalan tahun 2007 atas saran dan kerjasamanya.
10. Mas Agung alumni D3 Teknik Mesin tahun 2000 atas bantuan untuk proses pengelasan, waktu, saran serta kerjasamanya
11. Siti Rahmatilla, Davin Ridho K, dan Bintang P.D sebagai teman yang bisa saling bertukar pemikiran.
12. Teman – teman angkatan D3 Teknik Mesin atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir

kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan Departemen Teknik Mesin Industri

Surabaya,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL (In)	i
HALAMAN JUDUL (Eng)	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Definisi Pengelasan	7
2.2 Shield Metal Arc Welding (SMAW).....	7
2.2.1 Shield Metal Acr Welding (SMAW) AC.....	8
2.2.2 Shield Metal Arc Welding (SMAW) DC.....	8
2.3 Parameter Pengelasan	9
2.3.1 Tegangan Busur Las	9
2.3.2 Besar Kuat Arus Las	9
2.3.3 Kecepatan Pengelasan.....	9
2.4 Posisi Pengelasan.....	10
2.5 Heat Input	15
2.6 Elektroda.....	15

2.7	Material ST 37	17
2.8	Heat Affected Zone (HAZ).....	19
2.9	Cacat pada Pengelasan.....	20
	2.9.1 Keropos (<i>Porosity</i>).....	20
	2.9.2 Percikan Las (<i>Spatter</i>).....	22
	2.9.3 <i>Slug Inclusion</i>	23
	2.9.4 <i>Shrinkage</i>	23
	2.9.5 <i>Elongated Slug In</i>	24
	2.9.6 <i>External Undercut</i>	24
2.10	Pengujian Material.....	24
2.11	NDT (Non Destructive Test)	25
2.12	Radiography Test.....	26
	2.12.1 Sinar γ	26
	2.12.2 Sinar- γ (Gamma)	27
	2.12.3 Pesawat Gamma Ray	27
	2.12.4 Sumber Radiografi Gamma Ray	27
	2.12.5 Prinsip Kerja Radiografi	28
	2.12.6 Metode Pengujian Radiografi	29
	2.12.7 Pemilihan <i>Image Quality Indicator</i>	33
	2.12.8 <i>Film</i> Radiografi	34
	2.12.9 Sensitivitas <i>Film</i> Radiografi	35
	2.12.10 Klasifikasi Jenis <i>Film</i> Radiografi.....	36
	2.12.11 Pemilihan Film Radiografi.....	37
	2.12.12 Pemrosesan Film Radiografi.....	38
	2.12.13 Densitas <i>Film</i> Radiografi	40
	2.12.14 Interpretasi Hasil Film Radiografi	41
2.12	Metralografi.....	41
	2.12.1 Uji Makro	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Flow Chart Penelitian	43
3.2	Waktu Penelitian.....	44

3.3 Tempat Penelitian	44
3.4 Langkah Kerja	44
3.4.1 Studi Literatur	44
3.4.2 Persiapan Material	44
3.4.3 Pengelasan	47
3.4.4 Persiapan Benda Uji.....	48
3.4.5 Pengambilan <i>Test Piece</i>	478
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Parameter Pengelasan	57
4.2 Hasil Pengujian Radiografi.....	58
4.3 Hasil Uji <i>Metallography (Makro Etsa)</i>	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIOGRAFI	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW	8
Gambar 2.2 Posisi Pengelasan 1G.....	10
Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 2G.....	10
Gambar 2.4 Posisi Pengelasan 3G.....	10
Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 4G.....	11
Gambar 2.6 Posisi Pengelasan Fillet 1F	11
Gambar 2.7 Posisi Pengelasan Fillet 2F	11
Gambar 2.8 Posisi Pengelasan Fillet 3F.....	12
Gambar 2.9 Posisi Pengelasan Overhead.....	12
Gambar 2.10 Posisi Pengelasan Pipa Flat 1G	13
Gambar 2.11 Posisi Pengelasan Pipa Horizontal 2G.....	13
Gambar 2.12 Posisi Pengelasan 5G.....	14
Gambar 2.13 Posisi Pengelasan 6G.....	14
Gambar 2.14 Daerah HAZ	20
Gambar 2.15 Cacat Keropos (<i>Porosity</i>)	20
Gambar 2.16 <i>Cacat Distributed Porosity</i>	21
Gambar 2.17 <i>Cacat Aligned Porosity</i>	21
Gambar 2.18 Cacat <i>Cluster Porosity</i>	22
Gambar 2.19 Cacat Percikan Las (<i>Spatter</i>)	22
Gambar 2.20 Cacat Slug Unclution dan Hasli radiografi	23
Gambar 2.21 Cacat Shrinkage.....	23
Gambar 2.22 Cacat <i>Elongated Slug In</i>	24
Gambar 2.23 Cacat External Undercut.....	24
Gambar 2.24 Pesawat Gamma Ray	27
Gambar 2.25 Sumber Radioaktif <i>Isotop Material</i>	28
Gambar 2.26 Skema Pengujian Radiografi	28
Gambar 2.27 <i>Internal Source Image Internal Film Technique</i>	29
Gambar 2.28 <i>Internal film technique</i>	29
Gambar 2.29 <i>Panoromic Technique</i>	30
Gambar 2.30 <i>Contact Technique</i>	30
Gambar 2.31 <i>Non Contact Technique</i>	31
Gambar 2.32 <i>Ellips Technique</i>	32
Gambar 2.33 <i>Superimposed Technique</i>	32

Gambar 2.34 Penyinaran Menggunakan Film Radiografi.....	35
Gambar 2.35 Penampang <i>Film</i> radiografi dan jenis bagiannya	35
Gambar 2.36 <i>Wire Image Quality Indicator</i>	36
Gambar 2.37 Struktur butir <i>film</i> lambat (a) dan <i>film</i> cepat (b)	38
Gambar 2.38 Skema Pemrosesan Film Radiografi.....	40
Gambar 2.39 Densitometer.....	40
Gambar 2.40 Viewer	41
Gambar 3.1 Flow Chart Diagram	44
Gambar 3.2 Dimensi Material	45
Gambar 3.3 Sudut Groove 60° dengan Kedalaman 6mm	46
Gambar 3.4 Material dengan kampuh 60°.....	46
Gambar 3.5 Spesimen dengan Media Pelapis	47
Gambar 3.6 Mesin Las TIG-MIG.....	47
Gambar 3.7 Proses Pengelasan.....	48
Gambar 3.8 Tank Ampere	48
Gambar 3.9 Alat Uji Radiografi Ir -192	49
Gambar 3.10 Pemberian Identitas dengan <i>Lead Marker</i> pada Spesimen	50
Gambar 3.11 Spesimen Uji Radiografi Dengan Identitas	51
Gambar 3.12 Spesimen Siap Uji Radiografi	51
Gambar 3.13 Frame Pemegang Untuk Pencelupan Film	52
Gambar 3.14 <i>Developer, Stop bath, Fixer</i>	52
Gambar 3.15 Densitometer.....	53
Gambar 3.16 Viewer	53
Gambar 3.17 Spesimen Sebelum di Etsa.....	55
Gambar 3.18 Alkohol 96%.....	55
Gambar 3.19 NaOH3.....	56
Gambar 3.20 Alat untuk Uji Makro Etsa	56
Gambar 3.21 Kertas Gosok	56
Gambar 4.1 Hasil Lasan Netral	58
Gambar 4.2 Film Hasil Uji Radiografi Lasan Tanpa Lapisan Fluida (Netral)	58
Gambar 4.3 Sket Hasil Lasan Netral.....	59
Gambar 4.4 Hasil Lasan dengan Lapisan Fluida Air	59

Gambar 4.5 Film Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Air	60
Gambar 4.6 Sket Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Air	60
Gambar 4.7 Hasil Lasan dengan Lapisan Fluida Oli.....	61
Gambar 4.8 Film Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Oli.....	61
Gambar 4.9 Sket Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Oli.....	61
Gambar 4.10 Hasil Lasan dengan Lapisan Fluida Stempet.....	62
Gambar 4.11 Film Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Stempet.....	62
Gambar 4.12 Sket Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Stempet.....	63
Gambar 4.13 Foto Makro Spesimen Hasil Lasan Netral.....	65
Gambar 4.14 Fptp Makro Spesimen dengan Lapisan Fluida Air	65
Gambar 4.15 Foto Makro Spesimen dengan Lapisan Fluida Oli	66
Gambar 4.16 Luasan HAZ Spesimen dengan Lapisan Fluida Stempet.....	66
Gambar 4.17 Permbagian Perhitungan Lebar HAZ Spesimen ...	67
Gambar 4.18 Grafik Lebar Rata- rata HAZ Pengelasan.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Posisi Pengelasan Pada Kodefikasi ‘A’	16
Tabel 2.2 Karakteristik Digit ‘B’ Tipe <i>Flux</i> dan Arus Listrik.	17
Tabel 2.3 Komposisi Kimia ST 37	17
Tabel 2.4 Komposisi Mekanik ST.....	18
Tabel 2.5 Karakteristik dari 5 elemen pada baja	18
Tabel 2.6 Kelebihan dan kelemahan NDT	25
Table 2.7 Pemilihan <i>Image Quality Indicator</i>	33
Tabel 2.8 <i>Wire IQI designation, wire diameter and wire identity</i>	34
Tabel 2.9 Klasifikasi Film Menurut AGFA GEVAERT	37
Tabel 3.1 Logam Induk dan Pengisi.....	46
Tabel 3.2 Parameter Pengelasan.....	46
Table 3.3 Pemilihan <i>image quality indicator</i>	50
Table3.4 <i>Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity</i> .	50
Tabel 4.1 Logam Induk ST 37.....	57
Tabel 4.2 Data Primer Pengelasan	57
Tabel 4.3 <i>Heat Input</i>	58
Tabel 4.4 Cacat yang Timbul	64
Tabel 4.5 Klasifikasi Kehitaman (<i>density</i>) dan sensitivitas film.	64
Tabel 4.6 Lebar HAZ Pengaruh Variasi Lapisan Fluida	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu dan teknologi pada masa kini sangatlah pesat, dari berbagai jenis bentuk *maintenance* dan *repair*. Dalam dunia industri manufaktur terdapat beberapa jenis material baja konstruksi yang sering digunakan. Pada baja konstruksi yang sudah sering digunakan suatu saat akan mengalami masa dimana harus dilakukan perbaikan agar fungsinya dapat mencapai maksimal.

Pengelasan merupakan salah satu proses perbaikan sekaligus perawatan yang dapat dilakukan. Pengelasan merupakan penyambungan yang cukup berperan dalam industri manufaktur dengan tujuan untuk proses *maintenance* maupun proses produksi. Salah satu metode pengelasan yang sering digunakan adalah *SMAW (Shield Metal Arc Welding)* atau yang biasa dikenal dengan las listrik yang digunakan untuk proses penyambungan dari material baja karbon rendah dan baja yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Dalam melaksanakan proses pengelasan pada *SMAW* terdapat berbagai prosedur pengerjaan sehingga perlu adanya perencanaan tentang teknik pengelasan, spesifikasi dari material dan jenis las yang akan digunakan serta pemeriksaan.

Dalam proses pengelasan, tidak dapat dipungkiri akan munculnya bermacam cacat pada hasil lasan. Untuk dapat menganalisa cacat secara menyeluruh pada hasil lasan terdapat salah satu metode yang digunakan yaitu *Non Destructive Testing (NDT)*. *NDT* merupakan suatu cara pengujian dengan tidak merusak benda yang akan diuji. Dalam pengujian *NDT* terdapat beberapa metode salah satunya adalah *Radiography Test*. Pada pengujian Uji radiografi ini dapat mendeteksi cacat yang tidak tampak oleh mata. Uji ini juga dapat diaplikasikan untuk segala jenis material akan tetapi uji radiografi ini masih memiliki

kekurangan yaitu waktu operasi yang lama untuk material yang tebal.

Sehingga dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisa cacat pada baja ST 37 pada hasil lasan dengan menggunakan jenis pengelasan SMAW dengan adanya variasi lapisan fluida yang diaplikasikan pada v groove. Tujuan dari dilakukannya variasi lapisan fluida yang menempel pada baja yang akan di las yaitu untuk mengetahui cacat yang akan timbul pada hasil lasan dengan menggunakan uji radiografi serta mengetahui lebar HAZ dari uji makro etsa.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang yang mendorong tugas akhir ini, maka terdapat beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan masalah tersebut adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi lapisan fluida (netral, air, oli, dan stempet) pada V groove spesimen menggunakan uji radiografi hasil las SMAW ST 37 terhadap cacat yang timbul?
2. Bagaimana pengaruh variasi lapisan fluida (netral, air, oli, dan stempet) pada V groove spesimen menggunakan uji makro etsa hasil las SMAW ST 37 terhadap lebar HAZ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai masalah yang dukaji dalam penulisan tugas akhir ini, maka perlunya batasan masalah sebagai berikut:

1. Material awal yang digunakan dalam penelitian tidak memiliki cacat.
2. Material yang digunakan adalah ST 37 dengan tebal 10 mm
3. Menggunakan proses SMAW dengan posisi 1G
4. Arus yang digunakan adalah 180 A dan kampuh yang digunakan adalah V groove 60°

5. Elektroda yang digunakan adalah E6013 dengan diameter 3,2 mm
6. Variasi lapisan fluida menggunakan oli, stempet, air, dan netral
7. Cara pengaplikasian lapisan fluida dengan mengoleskan fluida pada groove spesimen dan selanjutnya di lap dengan kain
8. Pengujian yang dilakukan adalah *Radiography Test* dan *Metallography (Makro etsa)*
9. Tidak menganalisa data perpindahan panas.
10. Menggunakan *gamma-ray* Ir-192
11. Menggunakan metode *film side*
12. Menggunakan *wire* IQI ASTM SET 1B
13. Teknik penyinaran menggunakan SWSV
14. *Film* pendek tipe sedang AGFA *structurix* D7
15. Menganalisa hasil *film* berdasarkan ASME Sec.V

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi lapisan fluida (netral, air, oli, dan stempet) pada V groove spesimen menggunakan uji radiografi hasil las SMAW ST 37 terhadap cacat yang timbul.
2. Mengetahui pengaruh variasi lapisan fluida (netral, air, oli, dan stempet) pada V groove menggunakan uji makro etsa hasil las SMAW ST 37 terhadap lebar HAZ.

1.5 Manfaat

Dari penelitian penelitian ini, penulis mengharapkan dengan memerikan kontribusi pada dunia akademis dan praktis tentang uji Radiografi dan makro etsa hasil lasan menggunakan arus 120 A dengan variasi lapisan fluida pada groove menggunakan oli, stempet, air dan netral.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Merupakan metode pengumpulan data dengan cara membaca, mempelajari serta memahami buku- buku referensi dari berbagai sumber tentang pengelasan dan radiografi guna menambah wawasan.

2. Konsultasi dengan dosen pembimbing

Konsultasi merupakan cara yang ditempuh saat akan menentukan langkah pada saat penelitian serta penulisan laporan, sehingga semua yang dilakukan tetap dalam prosedur yang terarah.

3. Observasi Data

Merupakan metode pengumpulan data dengan cara pengamatan pada objek yang menjadi pusat penelitian.

4. Analisa Data

Menganalisa data hasil radiografi dan makro etsa pada hasil lasan yang diberikan variasi media pengotor dengan menggunakan arus 120 A serta elektroda E 6013.

5. Membuat kesimpulan

Dengan mengumpulkan semua data hasil dari penelitian barulah dapat disimpulkan hasil akhir dari proses dan analisa penelitian.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sistematika penyusunan yang digunakan sebagai berikut:

• BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat serta sistematika dari penelitian.

- **BAB 2 DASAR TEORI**
Bab 2 menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian serta penulisan laporan penelitian.
- **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**
Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan
- **BAB 4 HASIL DAN ANALISA**
Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian metalografi.
- **BAB 5 PENUTUP**
Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.
- **DAFTAR PUSTAKA**
Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
- **LAMPIRAN**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang terus menerus (Wiryosumarto & Okumura, 2000). Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran dan sebagainya.

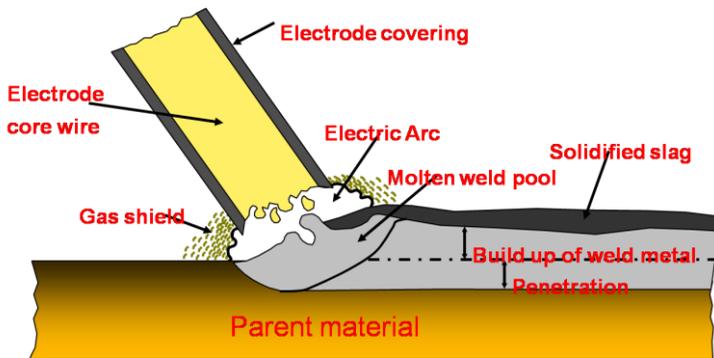
Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang - lubang pada besi tuang. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan disekitarnya.

Maka dari itu, pengetahuan dalam hal pengelasan harus turut serta mendampingi praktek. Dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las harus direncanakan dengan baik.

2.2 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

SMAW adalah suatu proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang

terbentuk. Proses pengelasan dengan process *SMAW* dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus *AC* dan *DC*, dimana arus *DC* dibedakan atas *DCEN* (*straight polarity* atau polaritas langsung) dan *DCEP* (*reverse polarity* atau polaritas terbalik). *Filler* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda, elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur dengan lapisan pembungkus elektroda.



Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW

2.2.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW) AC

Untuk arus *AC* (*Alternating Current*), pada *voltage drop* panjang kabel tidak banyak pengaruhnya, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai, Secara teknik *arc starting* lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil.

2.2.2 Shielded Metal Arc Welding (SMAW) DC

Pada arus *DC* (*Direct Current*), *voltage drop* sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter elektroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, *arc starting* lebih mudah terutama untuk arus kecil, mayoritas industri fabrikasi menggunakan *polarity DC* khususnya untuk pengelasan *carbon steel*, namun pada prinsipnya *DC polarity* dibagi kedalam dua bagian, yaitu:

1. *DCSP (Straight Polarity)*

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

2. *DCRP (Reversed Polarity)*

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

2.3 Parameter Pengelasan

2.3.1 Tegangan Busur Las

Tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dari jenis elektroda yang digunakan. Pada elektroda yang sejenis tingginya tegangan busur diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur. Panjang busur yang dianggap baik kira-kira sama dengan diameter elektroda.

2.3.2 Besar Kuat Arus Las

Besar kuat arus pengelasan diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda, diameter elektroda itu sendiri dan lain-lain.

2.3.3 Kecepatan Pengelasan

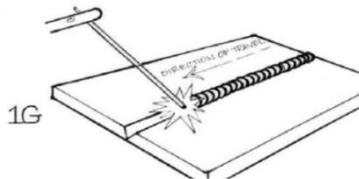
Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis electrode, diameter inti electrode, bahan yang akan dilas, geometri

sambungan, dan lain sebagainya. Dalam hal hubungannya dengan tegangan dari kuat arus, dapat dikatakan bahwa kecepatan pengelasan hampir tidak ada hubungannya dengan tegangan las tetapi berbanding lurus dengan kuat arus. Karena itu pengelasan yang cepat memerlukan kuaat arus yang tinggi.

2.4 Posisi pada Pengelasan

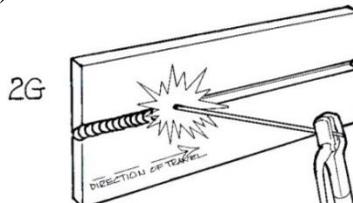
Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Adapun posisi terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi (1G)



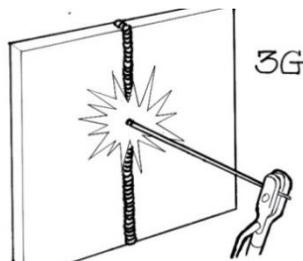
Gambar 2.2 Posisi Pengelasan 1G

- Posisi (2G)



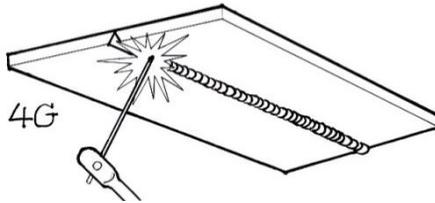
Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 2G

- Posisi (3G)



Gambar 2.4 Posisi Pengelasan 3G

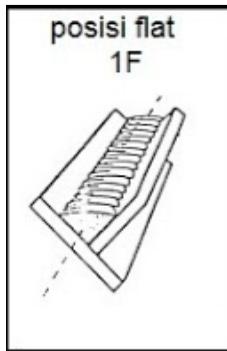
- Posisi (4G)



Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 4G

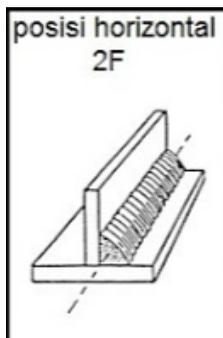
Adapun posisi pengelasan fillet terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi 1F



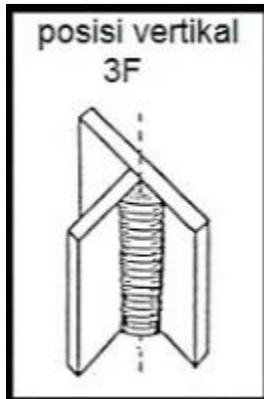
Gambar 2.6 Posisi pengelasan fillet 1F

- Posisi 2F



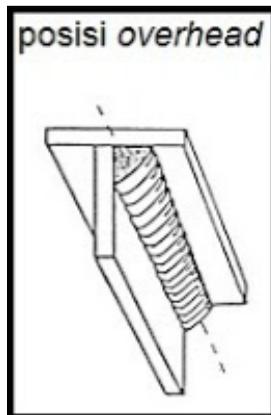
Gambar 2.7 Posisi pengelasan fillet 2F

- Posisi 3F



Gambar 2.8 Posisi pengelasan fillet 3F

- Posisi Overhead



Gambar 2.9 Posisi pengelasan Overhead

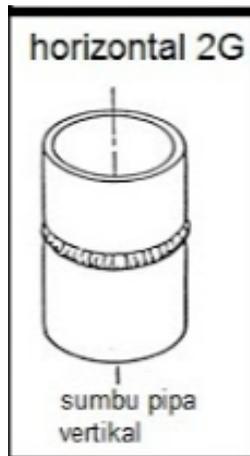
Adapun posisi pengelasan pipa terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi flat 1G



Gambar 2.10 Posisi pengelasan pipa flat 1G

- Posisi horizontal 2G



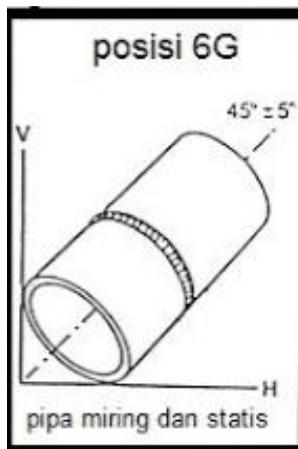
Gambar 2.11 Posisi pengelasan pipa horizontal 2G

- Posisi 5G



Gambar 2.12 Posisi pengelasan 5G

- Posisi 6G



Gambar 2.13 Posisi pengelasan 6G

2.5 Heat Input

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

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

Masukan panas :
$$HI = \frac{V \times I \times 60}{s} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

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

2.6 Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*flux*) dan tidak bersalut yang merupakan bagian untuk menjepitkan tang las. Fungsi *flux* atau lapisan elektroda dalam las

adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

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

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut:

Contoh: E XX A B

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

XX : (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ksi. (x 1000 psi)

A : (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan.

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

Tabel 2.1 Posisi pengelasan pada kodefikasi 'A'

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

Tabel 2.2 Karakteristik Digit ‘B’ Tipe *Flux* dan Arus Listrik

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

(Rohyana,2004)

Keterangan:

(a) E-6010 adalah DC, E-6020 adalah AC atau DC

(b) E-6010 adalah organik, E-6020 adalah mineral

(c) E-6010 adalah penetrasi dalam, E-6020 adalah penetrasi sedang

* Terak Titanium dioksida yang keras kebanyakan pabrik membuat cap (*stamp*) pada setiap elektroda klasifikasi arus reguler. Sebagai tambahan untuk klasifikasi warna digunakan untuk beberapa elektroda. Kode warna ditetapkan dengan National Electrical Manufacturers Association (NEMA).

2.7 Material ST 37

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah material ST 37. Berikut komposisi kimia dan sifat mekanik dari material ST 37:

Tabel 2.3 Komposisi Kimia ST 37

Steel grade	Equivalent standard EN 10025	Weight of elements (%)					
		C (max)	Si	Mn	P(max)	S (max)	N (max)
St 37	S 235JR	0.20	0.15-0.35	0.35-0.75	0.050	0.050	0.011
St 44	S 275JR	0.23	0.15-0.45	0.35-0.90	0.050	0.050	0.011
St 52	S 355JR	0.23	≤0.60	≤1.60	0.045	0.045	-

Tabel 2.4 Komposisi Mekanik ST 37

Steel grade	Tensile test			Cold bend test at angle of 180°
	Min. yield point Y.P N/(mm) ²	Tensile strength U.T.S N/(mm) ²	Min. Elongation $\delta_5\%$	Bend mandrel diameter in terms of specimen thickness
St 37	235	360-510	26	1 S*
St 44	275	430-580	22	2,5 S*
St 52	355	510-680	22	2,5 S*

S*:Tested specimen thickness

Tabel 2.5 Karakteristik dari 5 elemen pada baja

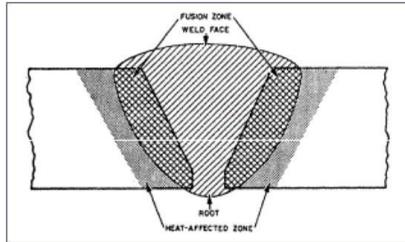
Nama Elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat Mampu Las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik, kekerasan tetapi mengurangi kemuluran.	Umumnya kandungan karbon 0,2% atau lebih rendah menjamin sifat mampu las yang lebih baik.
Silikon	Si	Baja dengan kandungan silikon tinggi sukar diroll. Sehingga kandungan silikon tidak boleh lebih dari 0,3%. Penambahan sekitar 0,3% silikon menaikkan sedikit kekuatan dan kekerasan.	Penambahan silikon 0,6% atau lebih rendah tidak mengganggu sifat mampu las.
Mangan	Mn	Menaikkan kekuatan dan	Penambahan mangan

		kekerasan baja. Normalnya, baja mengandung 0,2% - 0,8% mangan.	menjamin sifat mampu las yang baik bila kandungannya tidak lebih dari 1,5%.
Fosfor	P	Untuk baja, fosfor adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak dingin.	Karena penambahan fosfor mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%.
Belerang	S	Untuk baja, belerang adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak panas.	Karena penambahan belerang mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%. Kandungan belerang yang lebih tinggi juga menyebabkan pembentukan ikatan belerang yang menyebabkan baja retak.

2.8 Heat Affected Zone (HAZ)

Pengelasan logam akan menghasilkan konfigurasi logam lasan dengan tiga daerah pengelasan yaitu pertama daerah logam induk merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur, kedua adalah daerah terpengaruh panas atau

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



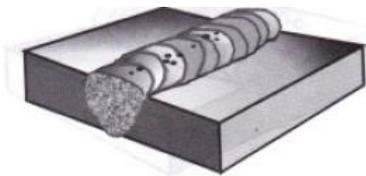
Gambar 2.14 Daerah HAZ

2.9 Cacat pada pengelasan

Berikut ini cacat yang terjadi pada hasil las, antara lain:

2.9.1 Keropos (*Porosity*)

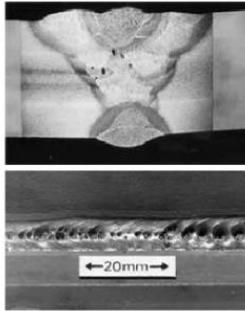
Disebabkan Lingkungan las yang lembab atau basah, kampuh kotor, angin berhembus dipermukaan las, lapisan galvanis, salah jenis arus, salah jenis polaritas, ampere *capping* terlalu besar. Akibatnya melemahkan sambungan, tampak buruk, mengawali karat permukaan. Penanggulangannya yaitu cacat digerinda hingga hilang kemudian dilas isi sesuaidengan pembuatan prosedur pengelasan (WPS).



Gambar 2.15 Cacat Keropos (*Porosity*)

- ***Distributed Porosity***

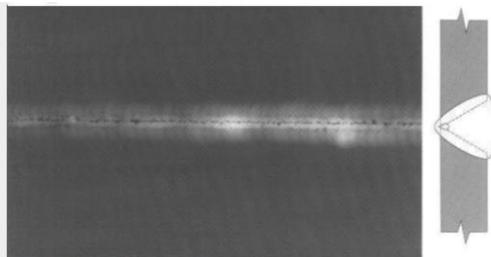
Porositas yang disebabkan oleh penyerapan nitrogen, oksigen dan hidrogen di kolam las cair, yang kemudian dilepaskan pada pematatan menjadi terjebak dalam logam las. Penyerapan nitrogen dan oksigen di kolam las biasanya berasal dari perisai gas yang buruk. Sedikitnya 1% udara entrainment pada shielding gas akan menyebabkan porositas terdistribusi dan lebih besar.



Gambar 2.16 Cacat *Distributed porosity*

- ***Aligned Porosity***

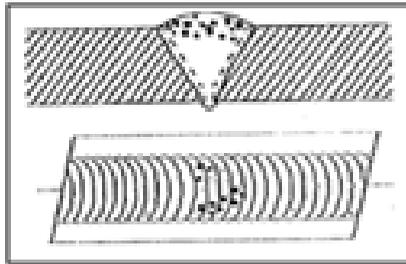
Rongga bulat dan memanjang di dasar lasan sejajar sepanjang garis tengah las. Titik kerapatan yang membulat dan memanjang, yang mungkin dihubungkan dalam garis lurus di tengah lebar lasan.



Gambar 2.17 Cacat *Aligned Porosity*

- **Cluster Porosity**

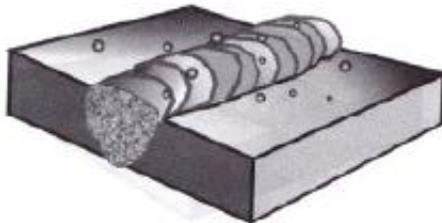
Cluster Porosity disebabkan ketika fluks pada elektroda terkontaminasi dengan uap air. Kelembaban berubah menjadi gas saat dipanaskan dan menjadi terjebak dalam pengelasan selama proses pengelasan. Cluster porositas muncul seperti porositas biasa di radiograf namun indikasinya akan dikelompokkan berdekatan.



Gambar 2.18 Cacat *Cluster Porosity*

2.9.2 Percikan Las (*Spatter*)

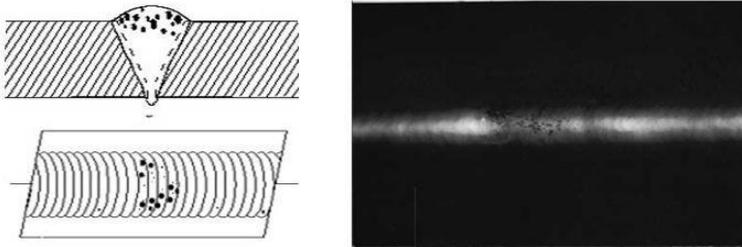
Disebabkan oleh elektrode yang lembab, kampuh kotor, angin kencang, lapisan galvanisir, ampere *capping* terlalu tinggi. Akibatnya lasan tampak jelek, mengalami karat permukaan. Penanggulangannya cukup dibersihkan dengan pahat. Pembersih dengan gerinda tidak boleh mengingat akan memakan bahan induk.



Gambar 2.19 Cacat Percikan Las (*Spatter*)

2.9.3 Slug Inclusion

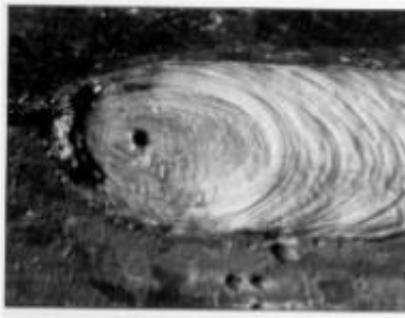
Inklusi terak adalah bahan padat non-logam terperangkap dalam logam las atau antara logam las dan logam dasar. *Inklusi* terak adalah daerah dalam penampang las atau di permukaan las dimana *fluks* sekali-cair digunakan untuk melindungi logam cair secara mekanik yang terjebak dalam logam dipadatkan. *Slag* yang dipadatkan ini merupakan bagian dari salib bagian las, jika logam tersebut tidak menyatu dengan dirinya sendiri.



Gambar 2.20 Cacat *Slug Inclusion* dan hasil radiografi

2.9.4 Shrinkage

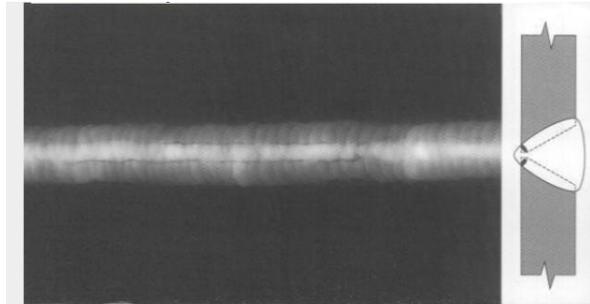
Aliran dangkal di setiap sisi manik penetrasi. Sebab, kontraksi logam di sepanjang sisi manik saat dalam kondisi plastik. Campuran antara penetrasi campuran cairan filler dan base metal disepanjang sisi groove tidak merata.



Gambar 2.21 Cacat *Shrinkage*

2.9.5 Elongated Slug In

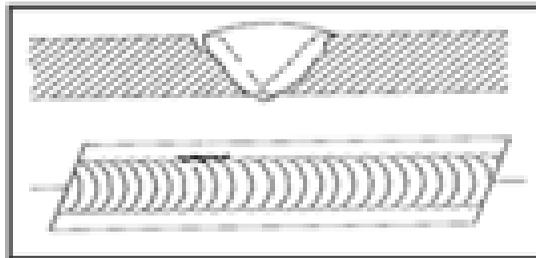
Kotoran yang solid pada permukaan setelah pengelasan dan tidak dilepas di antara lintasan. Memanjang, sejajar atau satu garis kerapatan yang lebih gelap, tidak beraturan lebar dan sedikit berkelok-kelok di arah yang memanjang.



Gambar 2.22 Cacat *Elongated Slug In*

2.9.6 External Undercut

Erosi logam dasar di samping weld metal pada pengelasan. Dalam radiografi, tampak garis gelap yang tidak teratur di sepanjang tepi luar area pengelasan.



Gambar 2.23 Cacat *External Undercut*

2.10 Pengujian Material

Proses pengujian material adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur mikro dan makro. Adapun proses pengujiannya dikelompokkan ke dalam tiga kelompok metode pengujian, yaitu :

1. DT (*Destructive Test*), yaitu adalah proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan pada logam yang diuji.
2. NDT (*Non Destructive Test*), yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan pada logam atau benda yang diuji.
3. *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, dan bentuk strukturnya.

Penjelasan mengenai pengujian logam akan dijelaskan lebih lanjut. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai metode pengujian logam pada penelitian kali ini.

2.11 NDT (Non Destructive Test)

NDT merupakan proses pengujian atau inspeksi terhadap logam atau benda kerja untuk mengetahui adanya cacat, retak atau discontinuity lain dengan tidak menimbulkan kerusakan pada logam atau benda yang diuji. Dalam pengujian NDT menggunakan 3 macam cairan yaitu penetran, developer dan cleaner.

Dalam mengerjakan pengujian, dilakukan pembersihan pada permukaan dan pemberian cairan penetran lalu diamkan selama 10 - 15 menit. Setelah itu bersihkan sisa cairan penetran dan cairan developer diaplikasikan pada permukaan benda kerja tersebut lalu diamkan sekitar 5- 10 menit dan lakukan inspeksi. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari proses NDT:

Tabel 2.6 Kelebihan dan kelemahan NDT

Kelebihan	Sederhana & relatif murah.
	Untuk semua material asalkan permukaannya, tidak berpori dan tidak menyerap cairan.
	Untuk komponen-komponen dengan semua bentuk dan ukuran.
	Dipakai untuk quality control dan <i>inline inspection</i> rutin.
Kelemahan	Hanya untuk mendeteksi cacat permukaan.

	Diperlukan akses untuk pembersihan permukaan.
	Dapat mengecoh akibat adanya <i>false indications</i> dan <i>nonrelevant indications</i> .
	Tidak menunjukkan kedalaman cacat.
	Pembersihan permukaan adalah <i>critical</i> .

2.12 Radiografi (*Radiografi Test*)

Radiografi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Test* (NDT). Yang dimaksud dengan pengujian tanpa merusak adalah pengujian bahan tanpa merusak bahan yang diuji, baik sifat fisik maupun kimia dari bahan tersebut, selama dan setelah pengujian tidak mengalami perubahan. Uji radiografi bertujuan untuk melihat cacat di dalam *weld metal* yang tidak dapat dilihat langsung dengan mata telanjang. Pengujian radiografi pada dasarnya adalah penyinaran benda uji dengan sinar bertenaga tinggi seperti X-ray dan *gamma ray*. Metode pengujian radiografi yaitu memancarkan sinar-sinar elektromagnetik (sinar- χ dan sinar- γ) ditembuskan kepada bahan lalu direkam dalam film khusus. Dari hasil rekaman film akan dapat diamati diskontinuiti bahan juga dapat diperoleh hasil rekaman yang permanen.

2.12.1 Sinar- χ

Sinar- χ dihasilkan oleh electron dengan kecepatan sinar tinggi. Energy ini kemudian diubah ke panas dan menghasilkan sinar- χ . Electron ini diarahkan ke cermin (target) dalam ruang hampa dan sinar tersebut memantul lagi melalui lubang tabung dan diteruskan menuju komponen yang diperiksa. Cara pemeriksaan yaitu bahan diletakkan diantara tabung sinar- χ dan film. Jika bahan tersebut berat dan jenisnya sama seluruhnya, film akan menerima pecahannya yang merata. Akan tetapi kalau ada cacat, seperti lubang didalam hasil penuangan atau dalam pengelasan, maka jika film tersebut dicuci akan terlihat noda hitam.

2.12.2 Sinar- γ (Gamma)

Metode ini secara fundamental mirip dengan metode sinar- χ , tetapi perbedaannya adalah sumber cahayanya. Sumber cahaya gamma dihasilkan dari sumber radiasi yang dihasilkan dari isotop radioaktif dari sebuah reactor nuklir. Tidak seperti sinar- χ yang mempunyai cahaya lurus, sinar gamma ini dapat mengarah ke segala arah. Cara pemeriksaannya adalah film ditempatkan di bagian belakang benda. Apabila bahan tersebut cacat di bagian dalam maka bila filmnya dicuci akan tampak cacat hitam.

2.12.3 Pesawat *Gamma ray*

Mesin ini digunakan untuk menyimpan, mengirim dan menyinari suatu objek yang dimana mesin tersebut berisikan sinar radioaktif. Fungsi untuk mengurangi paparan radiasi selama penggunaannya.



Gambar 2.24 Pesawat *Gamma-ray*

2.12.4 Sumber Radioaktif *Gamma Ray*

Tidak seperti yang sumbernya dihasilkan oleh mesin yang dialiri listrik, *Gamma ray* menggunakan *radioisotope* yang digunakan untuk menyimpan sumber. Radioisotope yang digunakan dimasukkan kedalam kapsul untuk mencegah kebocoran radiasi. Setelah *radioisotope* dimasukkan kedalam kapsul barulah kapsul diberi muatan atau sumber yang berfungsi sebagai pemancar saat digunakan untuk pengujian radiografi. Kapsul tersebut digunakan sebagai kabel untuk membentuk “*Pigtail*“, *Pigtail* mempunyai konektor khusus pada ujungnya

yang menyambungkan ke kabel yang digunakan untuk mengeluarkan sumber dari kamera *gamma ray*.

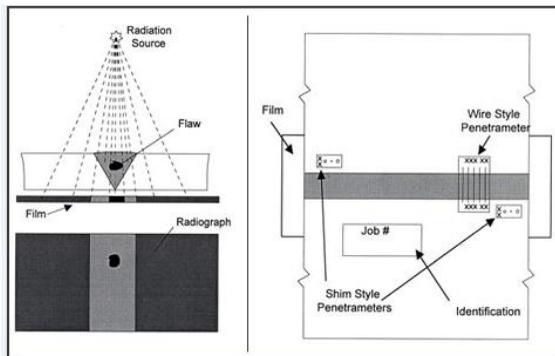


Gambar 2.25 Sumber Radioaktif *Isotop Material*

Untuk keperluan pengujian tidak merusak dengan sendirinya harus menggunakan radioisotop yang mempunyai waktu setengah umur beberapa hari. Dalam hal ini biasanya digunakan *isotop-cobalt (Co)* dan *iridium (Ir)*. Karena radioisotop selalu memancarkan sinar- γ maka apabila tidak dipakai harus di simpan dalam tabung pelindung yang terbuat dari timbal dan paduan *wolfarm*.

2.12.5 Prinsip Kerja Radiografi

Material yang akan dilakukan pengujian diletakkan dibawah sumber radiasi. Ketika sumber sinar- γ / *gamma ray* dipancarkan ke material maka, radiasi akan menembus mataerial, bagian terdalam material yang terdapat cacat maka akan terekam film yang berwarna lebih gelap, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini



Gambar 2.26 Skema pengujian radiografi

2.12.6 Metode Pengujian Radiografi

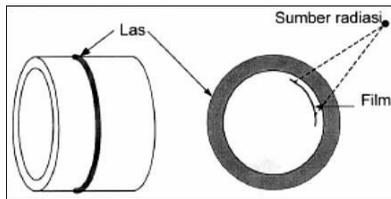
Dalam pengujian radiografi ini memiliki berbagai ragam metode bentuk pengujian sesuai kebutuhan dan kondisi suatu konstruksi ataupun produk untuk mempermudah dalam melakukan pengujian radiografi tersebut yaitu :

- *Single Wall Single Viewing (SWSV)*

Teknik penyinaran dengan melewati radiasi pada suatu dinding las benda uji dan pada *film* tergambar satu bagian dinding las untuk di interpretasi. Teknik *single wall single viewing* meliputi:

Internal source technique

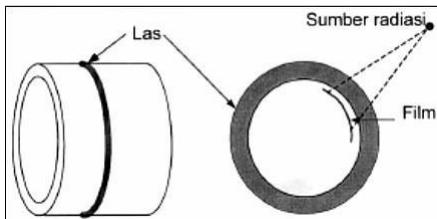
Teknik ini dapat dilakukan dengan meletakkan sumber radiasi di dalam benda uji dan *film* di luar benda uji.



Gambar 2.27 *Internal source image internal film technique*

Internal film technique

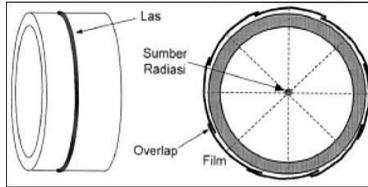
Film di dalam benda uji dan sumber radiasi di luar benda uji. Biasanya teknik ini dilakukan ketika benda uji cukup besar dimana diameter dalam benda uji minimal sama dengan *source film distance* minimal dan ada akses masuk ke dalam pipa



Gambar 2.28 *Internal film technique*

panaromic technique

Teknik ini dilakukan dengan menempatkan sumber di sumbu benda uji untuk mendapatkan *film* hasil radiografi sekeliling benda uji dengan sekali penyinaran



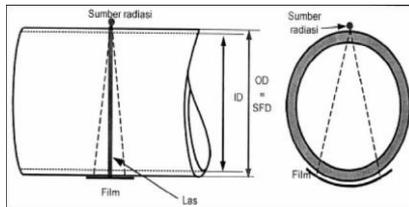
Gambar 2.29 *Panaromic technique*

- *Double wall single viewing (DWSV)*

Metode *double wall single viewing* ini diterapkan pada benda uji berupa pipa dengan diameter lebih dari 100 mm. Posisi sumber sedemikian rupa sehingga radiasi melalui dua dinding las sedangkan pada *film* hanya tergambar satu dinding las yang dekat dengan *film* untuk diinterpretasi. Teknik *double wall single viewing* meliputi :

contact technique

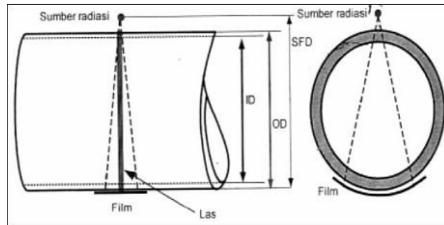
Teknik ini dilakukan dengan melekatkan sumber ke permukaan lasan benda uji. Diameter luar benda uji besarnya minimal sama atau lebih besar dari *source film distance* minimal untuk bisa dilakukan tehnik ini



Gambar 2.30 *Contact technique*

non contact technique

Teknik ini dilakukan jika diameter benda uji besarnya lebih kecil dari *source film distance* minimal maka penempatan sumber dapat diletakkan agak jauh dari permukaan tetapi diatur sedemikian rupa hingga dinding atas las tidak tergambar pada *film*.



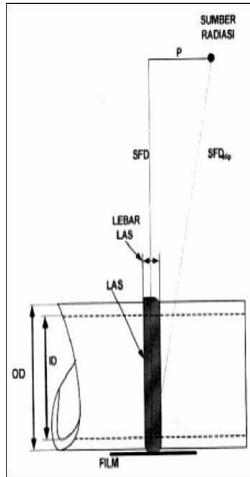
Gambar 2.31 *Non contact technique*

- *Double wall double viewing (DWDV)*

Benda uji dengan diameter luar yang kecil tidak mungkin diterapkan teknik *single wall single viewing* maupun *double wall single viewing*. Beberapa standar merekomendasikan teknik *double wall double viewing* diterapkan pada benda uji berupa Pipa dengan diameter kurang dari 100 mm. Teknik *double wall double viewing* merupakan teknik penyinaran dengan posisi sumber radiasi sedemikian rupa sehingga radiasi menembus kedua dinding benda uji dan pada *film* tergambar kedua dinding las tersebut untuk diinterpretasi. Teknik *double wall double viewing* meliputi:

ellips technique

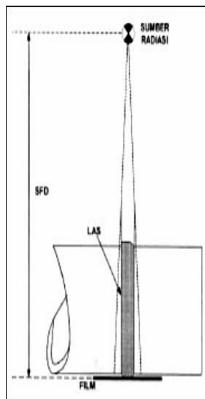
Teknik ini dilakukan dengan posisi sumber radiasi membentuk sudut tertentu terhadap bidang normal las sehingga gambar kedua bagian dinding benda uji berbentuk *ellips*.



Gambar 2.32 *Ellips technique*

superimposed technique

Sebagai alternatif bila teknik elips tidak dapat diterapkan maka teknik *double wall double viewing* dilakukan dengan meletakkan sumber tegak lurus terhadap benda uji sehingga gambar kedua dinding benda uji bertumpuk



Gambar 2.33 *Superimposed technique*

2.12.7 Pemilihan *Image Quality Indicator*

Pemilihan *image quality indicator* (IQI) yang tepat merupakan hal yang penting dalam peembakan produk pengelasan karena hal tersebut terkait dengan sensitifitas suatu *film* radiografi. Sensitifitas merupakan ukuran kualitas dari suatu *film* terkait dengan detail dan cacat terkecil yang bisa diamati. IQI yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *wire type* dan penempatan marker memilih metoda *film side*. Berdasarkan Table 3.4 diketahui produk las dengan ketebalan tertentu selanjutnya akan didapatkan nilai *wire-type essential wire*.

Tabel 2.7 Pemilihan *image quality indicator*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

Pemilihan *Wire Identity* dan *Wire Diameter*

Setelah didapatkan nilai *wire type wire essential* atau *wire identity*

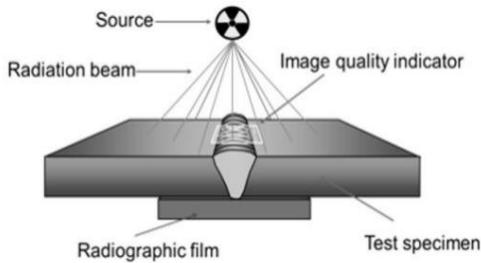
Table 2.8 *Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity*

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11
Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.080	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21

Kemudian didapatkan data *wire diameter* berdasarkan data yang diperoleh pada tahap sebelumnya. *Wire diameter* menunjukkan ukuran cacat atau diskontinuitas terkecil yang dapat terlihat pada *film* radiografi tersebut. *Wire identity* menunjukkan nomor *wire* minimal yang muncul pada *film*.

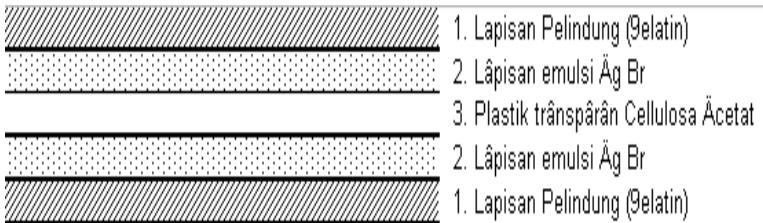
2.12.8 *Film Radiografi*

Salah satu alat yang digunakan dalam pengujian radiografi adalah *film*. *Film* berfungsi untuk merekam gambar benda uji yang diperiksa. Bahan dasar *film* terbuat dari bahan sejenis plastik transparan yaitu *cellulosa acetat*, yang mempunyai sifat *fleksibel*, ringan, tidak mudah pecah dan tembus cahaya. Kedua permukaannya dilapisi suatu emulsi yang mengandung persenyawaan AgBr (perak bromida), untuk melindungi lapisan emulsi agar tidak cepat rusak maka di atasnya dilapisi lagi dengan gelatin.



Gambar 2.34 Penyinaran menggunakan *Film* Radiografi

Secara detail nama-nama bagian *film* radiografi dapat dilihat pada Gambar 2.35 berikut.

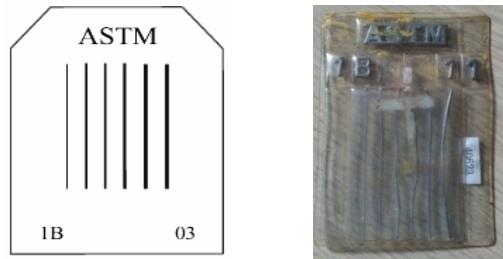


Gambar 2.35 Penampang *film* radiografi dan jenis bagiannya

2.12.9 Sensitivitas *Film* Radiografi

Sebelum *film* radiografi dipakai sebagai alat uji tanpa merusak, kita harus mengetahui seberapa akurat alat tersebut. Sensitivitas *film* radiografi adalah fungsi dari *contrast* dan *definition* dari *film* radiografi tersebut. Sensitivitas radiografi berhubungan dengan ukuran detail diskontinuitas terkecil yang dapat dilihat pada *film* hasil radiografi atau kemudahan gambar detail diskontinuitas terkecil untuk dapat dideteksi. Sensitivitas radiografi memiliki kualitas citra yang baik maka dapat mendeteksi diskontinuitas yang baik. Dalam setiap pengujian radiografi digunakan alat uji *standart* yang disebut penetrameter atau yang sering disebut *image quality indicator* (IQI). Pemilihan parameter dan penempatannya harus sesuai dengan *standart* yang digunakan.

IQI ada 2 macam yaitu *wire* dan *hole* akan tetapi semakin seringnya penggunaan radiografi dalam pengujian sering sekali menggunakan type *wire* dikarenakan lebih praktis dan tentunya cepat tidak seperti halnya IQI *hole* karena harus terlebih dahulu mengukur tebal yang akan diuji dengan radiografi sehingga apabila ada perbedaan ketebalan maka diberi pemasangan ganjal IQI atau yang sering disebut “shims”, maka pengujian ini memilihlah IQI yang bermodelkan *wire* atau yang sering disebut kawat digunakan. *standart* IQI ASTM/ASME yang terdiri atas 21 kawat, yang disusun menjadi 4 set dimana setiap set berisi 6 kawat.



Gambar 2.36 *Wire image quality indicator*

Sensitivitas indikator kualitas bayangan tipe kawat adalah persentase perbandingan diameter kawat terkecil yang tergambar pada *film* hasil uji radiografi terhadap ketebalan material. Fungsi IQI antara lain:

1. Digunakan sebagai media pengukur tingkat kualitas radiografi
2. Menentukan kualitas gambar radiografi

2.12.10 Klasifikasi Jenis *Film* Radiografi

Film radiografi diklasifikasikan dengan cara mengkombinasikan faktor – faktor dan karakteristik *film*. Fokus *film* pada pembahasan kali ini adalah AGFA.

Tabel 2.9 Klasifikasi *film* menurut AGFA GEVAERT

Jenis Film	Faktor Paparan Relatif					Kelas ISO	Kelas DIN	Kelas ASTM
	100 kV	200 kV	Ir-192	Co-60	LINAC/8 MeV			
D2	10,6	8,7	9,0	10,0	10,0	G1	G1	Spesial
D3 sc	10,6	8,7	-	-	-	G1	G1	I
D3	4,1	4,2	5,0	5,1	5,1	G1	G1	I
D4	3,1	2,6	3,0	3,1	3,1	G1	G2	I
D5	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	GII	G2	I
D7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	GIII	G3	II
D8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	GIII	G4	II
D6R	2,0	1,7	1,7	1,7	1,3	GIII	-	II

Setiap perusahaan *film* memproduksi berbagai macam jenis *film* yang dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Film screen fluorescent* yaitu *film* yang dalam penggunaannya memerlukan *screen* pengintensif *fluorescent* dan dapat menghasilkan *film* dengan penyinaran yang minimum.
2. *Film* langsung yaitu *film* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan *screen* atau untuk penyinaran menggunakan *screen* timbal.

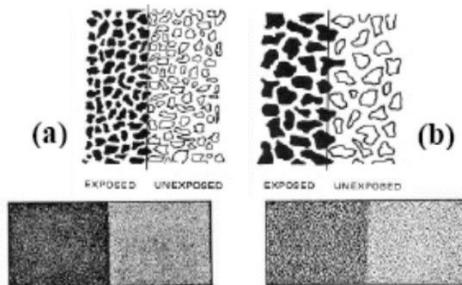
2.12.11 Pemilihan *Film* Radiografi

Pemilihan *film* untuk radiografi tergantung pada beberapa faktor yang berbeda. Faktor tersebut harus dipertimbangkan saat memilih *film* dan mengembangkan teknik radiografi. Faktor – faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Komposisi, bentuk, dan ukuran dari bagian yang akan diperiksa. Pada beberapa kasus dipertimbangkan pula berat dan lokasinya.
2. Tipe dari radiasi yang digunakan seperti sinar- γ dari sumber radioaktif atau sinar-x dari sistem pembangkit sinar-x.
3. Intensitas dari sumber radiasi sinar- γ atau tegangan yang tersedia dari sinar-x.
4. Tingkat detail dari gambar hasil radiografi dan ekonomi.

Pemilihan *film* untuk radiografi pada benda uji terutama tergantung dari ketebakan dan jenis material yang diuji serta rentang intensitas sumber (Ci) yang tersedia pada sumber *gamma-ray*. Pemilihan *film* juga tergantung kepada kualitas radiografi yang diinginkan dan waktu penyinaran. Jika kualitas radiografi yang diinginkan berkualitas tinggi maka digunakan *film* lambat (*film* dengan butiran lebih halus) harus digunakan. Jika menginginkan waktu penyinaran yang pendek maka digunakan *film* cepat.

Untuk detail butiran *film* dapat dilihat dibawah ini. Butiran *film* mempengaruhi *definition film* radiografi. *Film* berbutir besar (*film* cepat) seringkali dipakai untuk mengurangi waktu eksposur sedangkan *film* berbutir kecil (*film* lambat) menghasilkan *definition* terbaik.



Gambar 2.37 Struktur butir *film* lambat (a) dan *film* cepat (b)

2.12.12 Pemrosesan *Film* Radiografi

Saat eksposur selesai dilakukan, selanjutnya *film* diproses sehingga citra *laten* yang dihasilkan oleh radiasi akan nampak. Pada dasarnya terdapat tiga larutan pemroses yang dipakai untuk mengubah suatu *film* yang telah terekspos menjadi *film* radiografi. Langkah-langkah pemrosesan *film* berdasarkan urutan larutan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. *Developer*

Developer adalah suatu larutan kombinasi zat kimia yang masing-masing memiliki fungsi penting. Salah satu zat kimianya adalah *reducer* yang terbuat dari *metol*

atau *hydroquinone*. Fungsinya adalah untuk mereduksi butiran perak bromida yang terekspos menjadi logam perak berwarna hitam. Seluruh bagian *film* tidak berubah menjadi hitam karena *reducer* dapat membedakan antara butiran yang terekspos dengan yang tidak terekspos. Densitas (tingkat kegelapan) ditentukan oleh jumlah butiran perak bromida yang direduksi oleh *developer*.

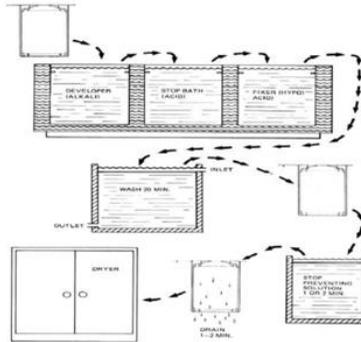
2. *Stop Bath*

Apabila sebuah *film* dikeluarkan dari dalam larutan *developer* maka sejumlah kecil larutan basa akan tertinggal di *film* tersebut. Zat kimia yang digunakan di dalam *stop bath* biasanya adalah asam asetat glacial. *Stop bath* memiliki dua fungsi yaitu:

- Menghentikan aksi *developing* dengan cara menetralkan zat basa *developer* (basa dan asam saling menetralkan).
- Menetralkan zat basa *developer* sebelum *film* dimasukkan kedalam cairan *fixer* sehingga memperpanjang usia *fixer*.

3. *Fixer*

Fixer secara permanen mengefixkan citra pada *film*. Di dalam *developer*, butiran perak bromida direduksi menjadi logam perak. *Fixer* menghilangkan semua butiran perak yang tidak terekspos dari dalam *film*. Di dalam proses *fixing* terdapat dua tahap yang terpisah. Setelah pemrosesan dengan zat kimia, *film* dicuci dan dikeringkan. *Film* tersebut kadang kala dicelupkan dalam suatu larutan untuk mencegah timbulnya bintik-bintik air. Larutan ini membuat air mudah membasahi *film* dan menghasilkan pengeringan merata. Untuk detainya dapat dilihat pada Gambar 2.21 dibawah ini.



Gambar 2.38 Skema pemrosesan *film* radiografi

2.12.13 Densitas *Film* Radiografi

Densitas *film* radiografi ialah tingkat kegelapan pada *film* radiografi yang telah selesai diproses dan densitas radiografi dilakukan pada daerah pemeriksaan atau yang biasa disebut *area of interest* pada densitas minimal dan maksimal namun bukan pada tempat yang ditafsirkan sebagai sebuah diskontinuitas. *Film* radiografi dinyatakan memenuhi kualitas bila densitas yang diukur pada tempat-tempat diatas memiliki rentang tertentu, yang nilainya tergantung pada prosedur atau spesifikasi ataupun *standart* yang digunakan. Pada ASME Sec.V 2015 untuk *gamma-ray* mempunyai rentang nilai densitas 2 sampai 4. Selain itu ASME Sec.V 2015 juga menetapkan batasan variasi densitas tidak mengijinkan -15% dan +30%.

- Densitometer

Densitometer adalah sebuah peralatan ilmiah yang dirancang untuk mengukur tingkat kehitaman suatu *film* radiografi dengan *output* menunjukkan suatu angka tingkat kehitaman.



Gambar 2.39 Densitometer

2.12.14 Interpretasi Hasil *Film Radiografi*

Setelah dilakukan penembakan lalu dilakukan interpretasi terhadap *film* radiografi menggunakan alat *viewer* dan alat mengukur tingkat kegelapan yaitu densitometer. Interpretasi bertujuan untuk melihat dan menentukan suatu cacat pada produk pengelasan, densitas, variasi densitas, dan sensitivitas *film* radiografi. Yang kemudian hasil dari interpretasi akan dinilai dan dibandingkan dengan *film-film* dari hasil berbeda kondisi dan berbagai *source film distance* penembakan radiografi. Penilaian akan dilihat pada densitas, variasi densitas dan sensitivitas apa sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai ASME Sec.V 2010.



Gambar 2.40 Viewer

2.12 Metalografi

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

2.12.1 Uji Makro (*Macroscopic Examination*)

Yang dimaksud dengan pemeriksaan makro adalah pemeriksaan bahan dengan mata kita langsung atau memakai kaca pembesar yaitu yang dengan pembesaran rendah (*a low magnification*). Kegunaannya untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang

sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya. Angka pembesaran pemeriksaan makro antara 0,5 kali sampai 50 kali. Pemeriksaan secara makro biasanya untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar dan kasar, seperti misal logam hasil coran atau tuangan, serta bahan-bahan yang termasuk non metal.

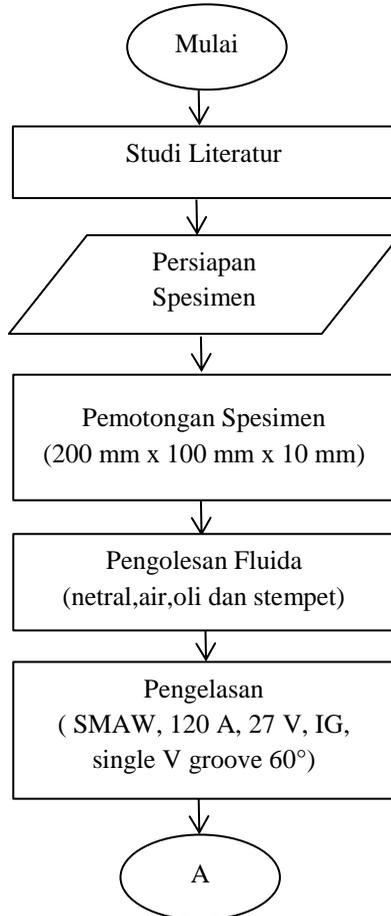
Metalografi meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

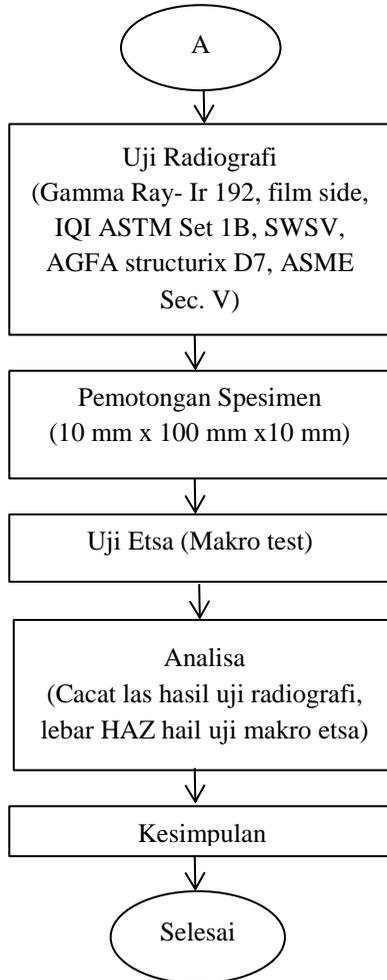
1. Cutting, yaitu mengetahui prosedur proses pemotongan sampel dan menentukan teknik pemotongan yang tepat dalam pengambilan sampel metalografi sehingga didapat benda uji yang representatif.
2. Mounting, yaitu menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel.
3. Grinding, yaitu meratakan dan menghaluskan permukaan sampel dengan cara menggosokkan sampel pada kain abrasif atau ampelas.
4. Pemolesan (Polishing), yaitu mendapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat seperti kaca tanpa menggores, sehingga diperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin, menghilangkan ketidakteraturan sampel hingga menjadi bersih dan tanpa cacat.
5. Etsa, yaitu mengamati dan mengidentifikasi detil struktur logam dengan bantuan mikroskop optik setelah terlebih dahulu dilakukan proses etsa pada sampel, mengetahui perbedaan antara etsa kimia dengan elektro etsa serat aplikasinya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flow Chart Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan flow chart, bisa dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini:





Gambar 3.1 Flow Chart Diagram

3.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017 yaitu pada Bulan Februari sampai dengan Bulan Juni 2017

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dilaksanakan di Lab Metalurgi Departemen Teknik Mesin FV- ITS dan Lab NDT ANDTECTH Surabaya.

3.4 Langkah Kerja

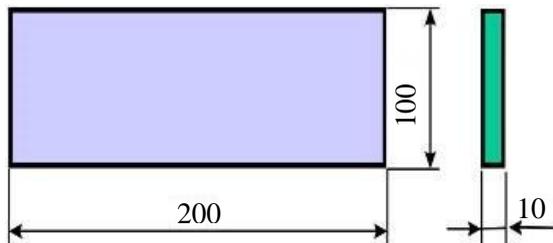
Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur tentang cacat porosity pada hasil lasan yang dapat diketahui dengan menggunakan pengujian non destructive test atau pengujian tanpa merusak benda kerja dengan variasi kotoran. Langkah selanjutnya yaitu melakukan percobaan pada benda uji. Berikut tahapan- tahapan yang dilakukan:

3.4.1 Studi Literatur

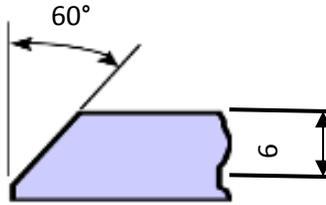
Dalam studi literatur, penulis mempelajari dan membahas tentang dasar teori uyang dibuthhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu, penulis juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.4.2 Persiapan Material

Material yang digunakan untuk penelitian adalah ST 37 dengan tebal 10 mm. Material tersebut dibuat V groove 60° seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.2 Dimensi Material



Gambar 3.3 Sudut Groove 60° dengan kedalaman 6 mm



Gambar 3.4 Material dengan kampuh 30°

Tabel 3.1 Logam Induk dan Pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ST 37
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 6013
Filler metal diameter (mm)	3.2
Posisi pengelasan	1G

Tabel 3.2 Parameter Pengelasan

Parameter	Layer	
Number/pass	1 ((fill)	2 (fill & caping)
Proses	SMAW	SMAW

Travel speed,mm/min	1,96	1,96
Amperage	120	120
Polaritas AC/DC	DC(-)	DC(+)
Voltage	27 V	27 V
Electrode diameter (mm)	3.2	3.2

3.4.3 Pengelasan

Dalam proses pengelasan menggunakan SMAW (DC+) posisi 1G dalam penelitian kali ini terdapat perbedaan variasi media pelapis pada groove yaitu:

- ✓ Dilakukan pengelasan pada material dengan tanpa lapisan fluida (netral) , menggunakan lapisan fluida air,oli dan stempet



Gambar 3.5 Spesimen dengan Media Pengotor



Gambar 3.6 Mesin Las TIG-MIG



Gambar 3.7 Proses Pengelasan



Gambar 3.8 Tangk Ampere

3.4.4 Persiapan Benda Uji

Spesimen yang diambil haruslah dari lokasi sampel, sehingga mereka mewakili bahan yang diuji. Dalam melakukan tes perlu diperhatikan ketebalan dari benda kerja, hak tersebut berhubungan dengan langkah kerja dari pengujian dan permukaannya.

3.4.5 Pengambilan Test Piece

Untuk pengambilan spesimen, dilakukan dengan memperhitungkan jumlah pengujian yang akan digunakan. Dalam Penelitian ini pengujian yang akan dilakukan adalah *Radiography Test (RT)* dan *Metalography (Makro etsa)* pada hasil lasan.

A. Pengujian Radiografi

Untuk proses Pengujian Radiografi dilakukan pada 4 spesimen yang masing- masing telah diberikan tanpa lapisan kooran (netral), air, oli, dan stempet pada grove spesimen.



Gambar 3.9 Alat Uji Radiografi Ir -192

Dibawah ini langkah-langkah yang dilakukan untuk pengujian radiografi :

- 1) Menyiapkan spesimen
 - Ambil spesimen dan bersihkan dari kotoran
 - Bersihkan bekas-bekas *slug* yang masih menempel dengan sikat besi
 - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen
- 2) Pemberian identitas dan film pada spesimen
 - Ambil spesimen dan ukur dimensinya
 - Menempelkan blok huruf-huruf lalu di plester di bagian belakang spesimen sebagai identitas yang akan tampak pada hasil radiografi
 - Tempelkan film AGFA D7 pada spesimen yang akan di uji radiografi
 - Pemilihan Image Quality Indicator dan menepelkan kawat peny diatas benda kerja
 - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen

Berikut beberapa dokumentasi yang diambil pada saat akan melakukan proses uji radiografi:



Gambar 3.10 Pemberian Identitas dengan *Lead Marker* pada Spesimen

- Pemilihan wire IQI (Image Quality Indicator) :

Table 3.3 Pemilihan *image quality indicator*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9

Table 3.4 *Wire IQI designation, wire diameter, and wire*

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11

Ukuran -
ukuran kawat
yang harus
terlihat di *film*



Gambar 3.11 Spesimen Uji Radiografi Dengan Identitas

- 3) Pengujian pada spesimen.
- Mencatat data mesin pada benda kerja.
 - Penempatan specimen pada ujung penyinaran dari alat uji radiografi
 - Atur ketinggian dari ujung penyinaran uji radiografi terhadap benda kerja yang akan diuji
 - Atur ketinggian dari ujung penyinaran uji radiografi terhadap benda kerja yang akan diuji
 - Dalam melakukan penelitian ini digunakan teknik penyinaran *single wall single viewing* yang sudah diatur pada *standart* ASME Sec.V
 - Menjauh dari benda kerja yang akan di uji sampai zona aman radiasi
 - Lakukan penyinaran pada benda kerja



Gambar 3.12 Spesimen Siap Uji Radiografi

- 4) Pengujian pada spesimen
- Setelah aman lalu ambil benda kerja dan lepaskan film untuk dilakukan pencucian
 - Cuci film dengan menggunakan cairan *developer*, *stopbath*, *fixer*
 - Lama pencucian :
Developer : 90 detik
Stopbath : 60 detik
Fixer : 20 detik
 - Lihat hasil uji radiografi berupa film pada viewer
 - Ulangi langkah diatas unruk seluruh spesimen.



Gambar 3.13 Frame Pemegang Untuk Pencelupan Film



Gambar 3.14 Cairan *Developer*, *Stop Bath*, *Fixer*

5) Evaluasi *film* uji radiografi

- Ukur tingkat kehitaman *film* dengan densitometer dan bandingkan nilai yang dihasilkan dengan yang diijinkan pada pengujian radiografi (nilai yang diijinkan yakni 2-4)
- Lihat hasil uji radiografi berupa film pada *viewer*
- Ulangi langkah diatas untuk seluruh spesimen



Gambar 3.15 Densitometer



Gambar 3.16 Viewer

Interpretasi Hasil *Film* Radiografi

Setelah dilakukan penembakan lalu dilakukan interpretasi terhadap *film* radiografi menggunakan alat *viewer* dan alat mengukur tingkat kegelapan yaitu densitometer. Interpretasi bertujuan untuk melihat dan menentukan suatu cacat pada produk pengelasan, densitas, variasi densitas, dan sensitivitas *film* radiografi. Yang kemudian hasil dari interpretasi akan dinilai dan dibandingkan dengan *film-film* dari hasil berbeda kondisi dan berbagai *source film distance* penembakan radiografi. Penilaian akan

dilihat pada densitas, variasi densitas dan sensitivitas apa sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai ASME Sec.V 2010.

Analisa Hasil Pengujian

Setelah didapatkan data pengujian selanjutnya dilakukan analisa pada hasil *film*. Setelah dianalisa pada hasil *film*, maka disusunlah tabel pembandingan agar data yang sudah diambil dapat dianalisa dan pada tahap akhir ini maka dapat memulai dilakukannya penarikan kesimpulan dan pemberian saran atas hasil penelitian yang telah dicapai.

B. *Metalography (Makro Etsa)*

Untuk proses *Metalography Test* dibagi menjadi 2 yaitu pengamatan makro test dan mikro test. Disini penulis hanya menggunakan satu test saja yaitu pengujian *Metalography (Makro Etsa)*

- Makro test
Bertujuan melihat secara visual hasil dari proses pengelasan setelah dilakukan pengetsaan, proses pengetsaan yaitu cairan HNO_3 +alkohol, maka bagian *Weld Metal*, *HAZ*, dan *Base Metal* akan terlihat.

Prosedur pengujian *metalography* adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen uji
Benda kerja di potong sesuai dimensi yang digunakan untuk uji etsa.
2. Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan dilakukan menggunakan mesin *grinding* dengan tingkat kekasaran kertas gosok mulai dari 100, 150 1000 dengan disertai aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melautkan geram. Setelah menggunakan kertas gosok, spesimen dipoles dengan menggunakan autosol dan kain jeans.

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



Gambar 3.17 Spesimen Sebelum di Etsa



Gambar 3.18 Alkohol 96%



Gambar 3.19 HNO₃



Gambar 3.20 Alat untuk Uji Makro Etsa



Gambar 3.21 Kertas Gosok

4. Pengambilan gambar makro spesimen.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari uji Baja ST 37 yang telah dilas menggunakan metode SMAW ((*Shielded Metal Arc Welding*) dengan variasi lapisan fluida pada masing-masing spesimen yaitu netral, oli, stempet dan air.

4.1 Parameter Pengelasan

Berikut ini parameter yang digunakan saat melakukan pengelasan:

Tabel 4.1 Logam Induk ST 37

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ST 37
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 6013
Filler metal diameter	3,2 mm
Posisi pengelasan	1G

Tabel 4.2 Data Primer Pengelasan

Panjang Pengelasan Spesimen = 200 mm			
Variasi Media Pelapis	No Layer	Waktu	Kecepatan
Netral	1	1'25"	2,35 mm/s
	2	1'20"	2,5 mm/s
Air	1	1'47"	1,89 mm/s
	2	1'58"	1,69 mm/s
Oli	1	1'49"	1,83 mm/s
	2	1'35"	2,11 mm/s
Stempet	1	2'3"	1,63 mm/s
	2	1'59"	1,68 mm/s

Tabel 4.3 Heat Input

Type Electroda	Arus (I)	Voltage (V)	Travel speed (V)	Heat Input (HI)
E 6013 diameter 3,2 mm	120 Ampere	27 Volt	1,96 mm/s	1,86 kJ/mm

4.2 Hasil dari Pengujian Radiografi

Pada Pengujian radiografi ini menggunakan 4 spesimen berdasarkan varisasi media pelapis pada base metal, yaitu netral, air, oli dan stempet di dapat hasil sebagai berikut:

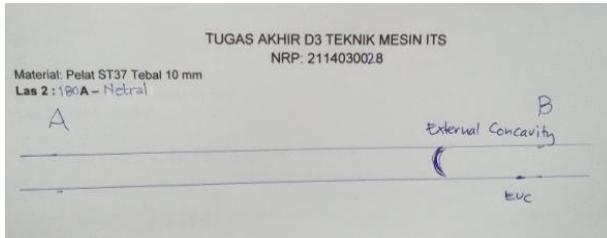
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW tanpa lapisan fluida atau netral.



Gambar 4.1 Hasil Lasan Netral



Gambar 4.2 Film Hasil Uji Radiografi Lasan Tanpa Lapisan Fluida (Netral)



Gambar 4.3 Sket Hasil Lasan Netral

Dari gambar tersebut, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *groove* tanpa lapisan fluida sudah terjadi cacat sebagai yaitu Cacat External Concavity dan External Undercut. *Cacat External Concavity* merupakan cacat lasan yang terdapat bagian yang cekung pada permukaan *weld metal*. Penyebab dari cacat lasan ini sendiri karena ampere yang terlalu rendah. *External undercut* merupakan cacat pada hasil lasan dengan adanya *groove* benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi lasan. Penyebab dari cacat tersebut bisa karena sudut elektroda saat melakukan pengelasan yang tidak tepat.

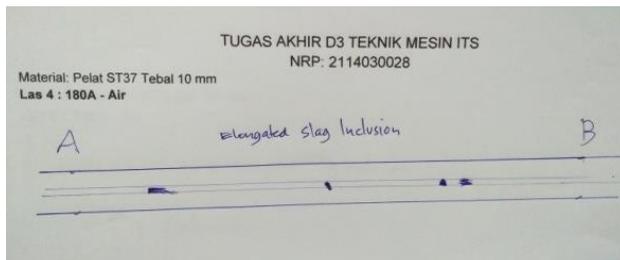
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW dengan menggunakan lapisan fluida air.



Gambar 4.4 Hasil Lasan dengan Lapisan Fluida Air



Gambar 4.5 Film Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Air



Gambar 4.6 Sket Hasil Uji Radiografi Lasan Spesimen dengan Lapisan Fluida Air

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *groove* menggunakan lapisan fluida air memiliki cacat *Elongated Slag Inclusion*. Cacat ini merupakan salah satu cacat yang disebabkan oleh adanya slag yang terjebak di dalam logam las. Pencegahan dapat dilakukan dengan sebelum melakukan pengelasan pada layer selanjutnya dibersihkan agar tidak terdapat slag atau kotoran yang tertinggal.

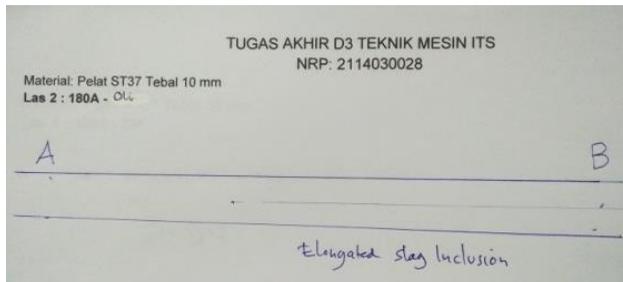
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW dengan menggunakan lapisan fluida oli.



Gambar 4.7 Hasil Lasan dengan Lapisan Fluida Oli



Gambar 4.8 Film Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Oli



Gambar 4.9 Sket Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Oli

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *groove* menggunakan lapisan fluida oli memiliki cacat *Elongated Slag Inclusion*. Cacat ini juga merupakan salah satu cacat yang disebabkan oleh adanya slag yang terjebak di dalam logam las. Pencegahan dapat dilakukan dengan sebelum melakukan pengelasan pada layer selanjutnya dibersihkan agar tidak terdapat slag atau kotoran yang tertinggal.

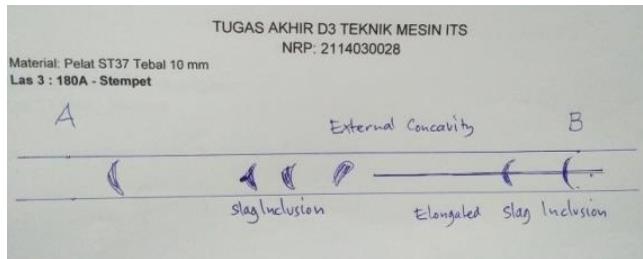
Hasil uji radiografi pada plat ST 37 pengelasan SMAW dengan menggunakan lapisan fluida stempet.



Gambar 4.10 Hasil Lasan dengan Lapisan Fluida Stempet



Gambar 4.11 Film Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Stempet



Gambar 4.12 Sket Hasil Uji Radiografi Lasan dengan Lapisan Fluida Stempet

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan *groove* dengan lapisan fluida stempet memiliki cacat *External Concavity* dan *Elongated Slag Inclusion*. Cacat *External Concavity* merupakan cacat lasan yang terdapat bagian yang cekung pada permukaan *weld metal*. Penyebab dari cacat lasan ini sendiri karena ampere yang terlalu rendah, sudut terlalu besar. Sedangkan pada cacat *Elongated Slag Inclusion*, cacat ini merupakan salah satu cacat yang disebabkan oleh adanya slag yang terjebak di dalam logam las. Pencegahan dapat dilakukan dengan sebelum melakukan pengelasan pada layer selanjutnya dibersihkan agar tidak terdapat slag atau kotoran yang tertinggal.

Dari beberapa gambar hasil uji radiografi yang telah dilakukan didapatkan bahwa setiap hasil lasan terdapat adanya cacat pada bagian *weld metal*. Hal tersebut dikarenakan persiapan pada base metal yang kurang. Pembersihan pada base metal yang tidak tepat serta posisi *welder* pada saat melakukan pengelasan juga sangat berpengaruh terhadap hasil las yang terjadi.

Dibawah ini akan ditampilkan cacat yang terjadi pada masing- masing media pelapis sebagai berikut:

Tabel 4.4 Cacat yang Timbul

Media Pelapis	Jenis Cacat	Dimensi Cacat (mm)	Jumlah Cacat
Netral	<i>External concavity,</i>	11 x 3	1
	<i>External undercut</i>	9 x 3	1
Oli	<i>Elongated slag inclusion</i>	9 x 3	4
Stempet	<i>External conccavity</i>	12 x 3	3
	<i>Elongated slag inclusion</i>	9 x 6	3
Air	<i>Elongated slag inclusion</i>	10 x 2	4

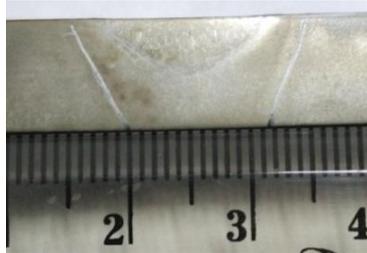
Tabel 4.5 Klasifikasi Kehitaman (density) dan sensitivitas film

Radioisotop Ir-192			
Technique		: Single Wall Single Viewing	
Image Quality Indicator		: Wire ASTM Set 1B	
Exposure Time		: 2menit	
Source Film Distance (SFD)		: 400 mm	
Placement		: Source Side	
Kehitaman Film (Density)		: min 2- max 4	
Media Pengotor	IQI	Density	
		Min	Max
Netral	6	2,58	2,69
Air	6	2,61	2,74
Oli	6	2,71	2,81
Stempet	6	2,54	2,74

4.3 Hasil Uji *Metallography* (*Makro Etsa*)

Pada pengujian metallografi makro etsa yang akan dilihat perbatasan daerah antara *base metal*, *HAZ*, *weld metal* serta luas dari HAZ. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini sebagai berikut:

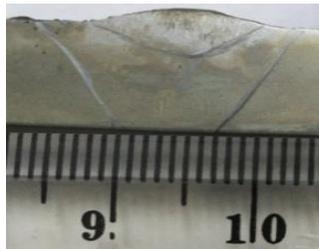
Spesimen yang tidak menggunakan lapisan fluida.



Gambar 4.13 Foto Makro Spesimen Hasil Lasan Netral

Diatas merupakan lebar HAZ setelah dilakukan penetsaan pada hasil lasan tanpa lapisan fluida pada spesimen.

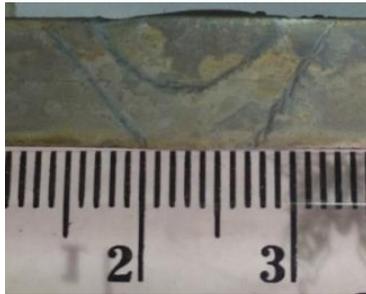
Spesimen yang menggunakan lapisan fluida air.



Gambar 4.14 Foto Makro Spesimen dengan Lapisan Fluida Air

Diatas merupakan lebar HAZ setelah dilakukan penetsaan pada hasil lasan spesimen dengan lapisan fluida air.

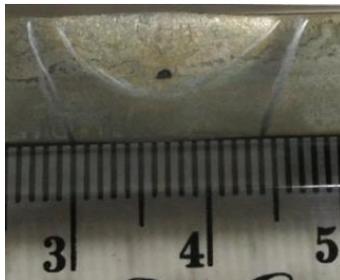
Spesimen yang menggunakan lapisan fluida oli.



Gambar 4.15 Foto Makro Spesimen dengan Lapisan Fluida Oli

Diatas merupakan lebar HAZ setelah dilakukan pengetsaan pada hasil lasan spesimen dengan lapisan fluida oli.

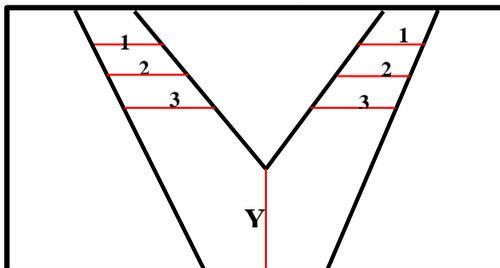
Spesimen yang menggunakan lapisan fluida stempet.



Gambar 4.16 Foto Makro Spesimen dengan Lapisan Fluida Stempet

Diatas merupakan lebar HAZ setelah dilakukan pengetsaan pada hasil lasan spesimen dengan media Lapisan fluida beberapa gambar di atas terlihat sama satu dengan yang lain. Akan tetapi pada saat dilakukan pengukuran terhadap lebar HAZ pada setiap spesimen dengan variasi lapisan fluida ,lebar HAZ yang terbentuk memiliki angka yang berbeda.

Berikut ini pengukuran yang dilakukan sehingga dapat diketahui besarnya lebar HAZ yang terbentuk:



Gambar 4.17 Permbagian Perhitungan Lebar HAZ Spesimen

Pada gambar diatas dapat dihitung lebar HAZ dibantu denagn garis berwarna merah . Pada HAZ bagian kanan terdapat 3 titik yang digunakan untuk melakukam pengukuran terhadap lebar HAZ, begitu juga dengan HAZ sebelah kiri. Sedangkan lebar HAZ bagian bawah cukup ditarik garis.

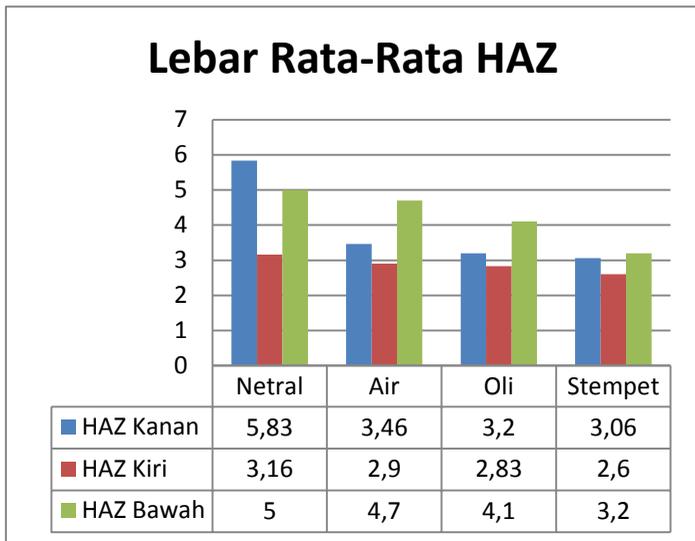
Untuk lebih mudah akan ditampilkan hasil lebar HAZ dari masing- masing spesimen dengan variasi media pengotor dalam bentuk tabel sebagai berikut ini.

Tabel 4.6 Lebar HAZ Pengaruh Variasi Lapisan Fluida

Media Pengotor	HAZ Kanan (mm)	HAZ Kiri (mm)	HAZ Bawah (mm)
Netral	1.) 6	1.) 2,5	5
	2.) 6	2.) 3	
	3.) 6,5	3.) 4	
Rata- rata	5,83	3,16	
Air	1.) 3	1.) 2,5	4,3
	2.) 3,5	2.) 2,7	
	3.) 3,9	3.) 3,5	
Rata- rata	3,46	2,9	

Oli	1.) 2,9 2.) 3,2 3.) 3,5	1.) 2,5 2.) 2,5 3.) 3	4,1
Rata- rata	3,2	2,83	
Stempet	1.) 2,8 2.) 2,9 3.) 3,5	1.) 2,3 2.) 2,5 3.) 3	3,2
Rata- rata	3,06	2,6	

Dari tabel diatas dapat dapat lebar dari masing- masing spesimen dengan variasi media pengotor. Setelah mendapatkan lebar dari masing- masing spesimen, selanjutnya lebar tersebut dijadikan ke dalam bentuk grafik seperti di bawah ini.



Gambar 4.18 Grafik Lebar Rata- Rata HAZ Pengelasan

Luasan dari HAZ tergantung dari beberapa faktor yaitu Heat Input dan temperatur awal pengelasan. Semakin rendah temperatur, HAZ yang terbentuk akan semakin besar karena

adanya perpindahan panas diantara base metal yang lambat. Dari pengelasan yang telah dilakukan terdapat pengaruh media pelapis terhadap lebar dari HAZ yang terbentuk. Semakin pekat media pengotor maka semakin sempit pula lebar HAZ yang terbentuk.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh variasi media pelapis terhadap uji radiografi pada pengelasan material ST 37 dengan menggunakan metode *SMAW* dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada spesimen netral dan yang mendapatkan media pengotor memiliki cacat, yaitu cacat *external concavity* dan *external undercut*, cacat *elongated slag inclusion* pada spesimen dengan media pengotor air dan oli, sedangkan pada *spesimen* dengan media pengotor stempet menghasilkan cacat *external concavity* dan *elongated slag inclusion*. Dari hasil yang didapat pada masing- masing variasi media pengotor menunjukkan bahwa dengan adanya media pengotor akan menghasilkan cacat yang berbeda dikarenakan beberapa faktor yang ikut mempengaruhi proses pengelasan.
2. Untuk uji metalografi makro etsa, di dapatkan bahwa lebar HAZ dari spesimen netral memiliki lebar yang paling besar, kemudian spesimen dengan media pengotor air oli dan terakhir stempet. Hal tersebut menunjukkan pengaruh dari variasi media pengotor. Semakin pekat media pengotor maka semakin sempit lebar HAZ yang terbentuk.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian penelitian ini digunakan metode *SMAW* dinilai kurang sempurna dalam prosesnya serta kebersihan dari benda kerja sehingga terdapat cacat pada benda kerja yang seharusnya bersih,

sehingga diharapkan untuk selanjutnya prosedur pengelasan agar hasil yang di dapatkan sesuai.

2. Pada saat pengolesan media pengotor kurang efektif sehingga cacat yang dihasilkan tidak maksimal.
3. Saat pengujian radiografi penulis tidak mengikuti prosesnya, hanya melihat simulasi dikarenakan banyaknya radiasi, sehingga penulis hanya berkonsultasi dan mengali informasi dari membaca.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. 2014. “**Elektroda (*filler* atau bahan isi)**”. <http://las-listrik.blogspot.co.id>
2. Ardian Novariandaru.: 2014. “Analisa Uji Visual dan Radiografi pada Inspeksi Pengelasan Plat Baja Migas Cepu”
3. Ariyok Putro Sadewo. :2016 “*Pengaruh Fluida dan Source Film Distance Terhadap Nilai Densitas Film Pada Underwater Inspection Dalam Radiografi*”
4. Idashabu. 2014. “**Tabel Kawat Las**”. <http://idashabu.blogspot.co.id>.
5. Muhammad Andy Y. :2016. “*Pengaruh Kebakaran Temperatur 700^oC dan 900^oC Terhadap Perubahan Kekerasan dan Keuletan Pada Pengelasan Material SA 36 Dengan Menggunakan Metode SMAW.*”
6. Sonawan, Hery. 2003. “**Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam**”. Alfabeta, cv.
7. QAQC Construction. 2014. “**Systems Welding Procedures Overview**”. <https://www.qaqc-construction.com/systems-welding-procedures-overview.php>. Diakses pada tanggal 20 Mei 2017.
8. Wiryosumarto ,Harsono dan Thosie Okumura. 2000. “Teknologi Pengelasan”. Jakarta : Pradnya Paramita.

Lampiran 1



Jl. Bendul Merisi Indah No. 5, Surabaya 60239 East Java
 Phone : 031-91743248 Fax : 031-8415329
 E-mail : customer@andtech.co.id Website : www.andtech.co.id



LEMBAGA INSPEKSI
 SNI ISO IEC 17025:2002
 LA-058-IDN

RADIOGRAPHY EXAMINATION REPORT

PROJECT : TUGAS AKHIR D3 TEKNIK MESIN ITS		Drawing No. : N/A	Rev.....	Report No : 01/RT-ATS/TA-ITS/17				
Owner : NRP 2114030028		Procedure No. : N/A	Rev.....	Date : 31-05-2017				
PART : PLATE		RADIATION SOURCE		EXPOSURE TECHNIQUE SKETCH				
Item No / ID / OD :-	Isotope : Ir-192 <input checked="" type="checkbox"/> Co-60 <input type="checkbox"/> X-ray <input type="checkbox"/>	Activity : 14 Ci		<input type="checkbox"/> Panoramic / SWSV <input type="checkbox"/> SWSV				
Mat'l Type : CARBON STEEL ST37	Focal Spot : 3,72 mm	mA : -		<input type="checkbox"/> DWSV <input type="checkbox"/> DWSV				
Mat'l Thk. : 10 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/>	TECHNIQUE		<input checked="" type="checkbox"/> SWSV <input type="checkbox"/> DWSV					
Weld Thk. : 12 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/>	Exposure : Single Wall <input checked="" type="checkbox"/> Double Wall <input type="checkbox"/>	Viewing : Single Viewing <input checked="" type="checkbox"/> Double Viewing <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> DWSV <input type="checkbox"/> DWSV				
Reinforc. Thk. : 2 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/>	Exposure Time : 2 Mnt	No. of Film in Holder : Single <input checked="" type="checkbox"/> Multiple <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> DWSV <input type="checkbox"/> DWSV				
Backing Ring : Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	SFD : 400 Mm	Wire <input checked="" type="checkbox"/> No : ASTM 18		<input type="checkbox"/> DWSV <input type="checkbox"/> Other				
Manufacture's : AGFA	Placement : Source Side <input checked="" type="checkbox"/> Film Side <input type="checkbox"/>	Hole <input type="checkbox"/> : - 1T <input type="checkbox"/> 2T <input type="checkbox"/> 4T <input type="checkbox"/>		Notes for Sketch : 1) SWSV = Single Wall Single Viewing 2) DWSV = Double Wall Single Viewing 3) DWDV = Double Wall Double Viewing 4) Other = Other than listed (Please Sketch)				
Type of Film : D7	Shim : -	MARKER PLACEMENT						
Dimension : 4 X 10 In	Thickness : 0,125 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/>	Source Side <input checked="" type="checkbox"/> Film Side <input type="checkbox"/>						
Part / Weld Identification	Location	Density		Sensitivity	Discontinuities Type	Result		Remark & Comment
		Min	Max			Acc	Rej	
LAS 1	A - B	2,71	2,81	#6	Elongated Slag Inclusion	-	-	-
180 A - OLI								
LAS 2	A - B	2,58	2,69	#6	External Concavity, Ext. Undercut	-	-	-
180 A - NETRAL								
LAS 3	A - B	2,54	2,74	#6	External Concavity, Elongated Slag In	-	-	-
180 A - STEMPET								
LAS 4	A - B	2,61	2,74	#6	Elongated Slag Inclusion	-	-	-
180 A - AIR								
Interpreted by :		Reviewed by :		Reviewed by :		Approved by :		
Name : HENDRO		Name :		Name :		Name :		
NDT Level : 2		NDT Level :		NDT Level :		NDT Level :		
Date : 31-05-2017		Date :		Date :		Date :		

Note : *) SOD = Source to Object Distance, **) DSOF = Distance from Source Side of Object to the Film at the minimum Source to Object Distance
 IP: Incomplete Penetration, IF: Incomplete Fusion, EUC: External Undercut, Crk: Crack, RUC: Root Undercut



Penulis dilahirkan di Madiun 17 September 1995, merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Tiron 1 Kab. Madiun, SDN Tiron 3 kab. Madiun lalu pada kelas lima pindah ke SDN O3 Madiun Lor, SMPN 1 Madiun, dan SMAN 3 Madiun. Setelah lulus dari SMAN 3 Madiun tahun 2014, penulis melanjutkan studi di D3 Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS dalam bidang studi Manufaktur. Penulis sempat melakukan kerja Praktek di PT. Industri Kereta Api (Persero) yang merupakan perusahaan bergerak dibidang produksi kereta api di Indonesia di dalam divisi Maintenance selama satu bulan.

Penulis juga sempat aktif di beberapa kegiatan yang diadakan oleh himpunan D3 Teknik Mesin dan Fakultas, mulai dari pelatihan sebagai peserta maupun panitia. Serta mengikuti organisasi di himpunan sebagai staf Humas HMDM.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis membutuhkan waktu pengerjaan kurang lebih lima bulan pada semester 6 pendidikan di D3 Teknik Mesin Industri. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa D3 Teknik Mesin FTI- ITS dan mahasiswa lain untuk kedepannya.