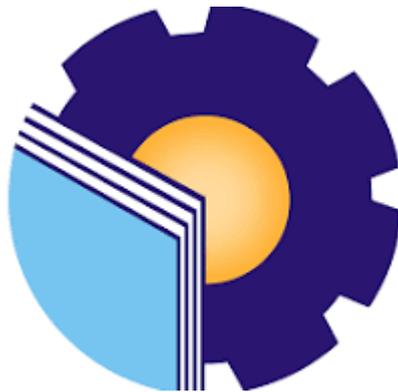


TUGAS AKHIR

PEMBUATAN *SAMPLE* SAMBUNGAN LAS PADA PIPA MENGGUNAKAN PROSES *SMAW* DI BENGKEL LAS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
program studi Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*



Oleh:

RAY ADRIEL LUMBANTOBING
NIM: 1103211239

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS BENGKALIS
2024**

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar ke sarjanaan atau ke diplomatikan di perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan Saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Bengkalis, 25 Juli 2024



Ray Adriel Lumbantobing
NIM. 1103211239

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN *SAMPLE* SAMBUNGAN LAS PADA PIPA MENGUNAKAN PROSES *SMAW* DI BENGKEL LAS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

oleh:

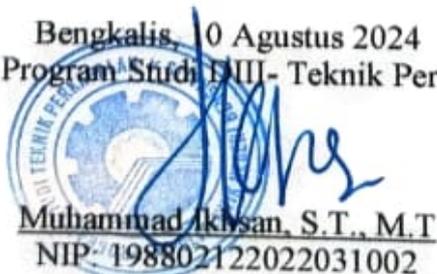
Ray Adriel Lumbantobing
NIM. 1103211239

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir:

Tanggal Ujian :
Periode Wisuda:

1. Pardi, S.T., M.T (Pembimbing 1)
NIP: 197811052014041002
2. Nur Audina, S.Pi., MS.i (Pembimbing 2)
NIP: 199408062022032013
3. Muhammad Ikhsan, S.T., M. T (Penguji 1)
NIP: 198802122022031002
4. Septi Ayu Angrayni S.T., M. T (Penguji 2)
NIP: 199409152022032012
5. Afriantoni, S.T., M.T (Penguji 3)
NIP: 197504092014041001

Bengkalis, 10 Agustus 2024
Ketua Program Studi DIII- Teknik Perkapalan


Muhammad Ikhsan, S.T., M.T
NIP: 198802122022031002

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan, kami telah membaca keseluruhan dari Tugas akhir ini, dan kami berpendapat bahwa tugas akhir ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar ahli madya (A.Md.T).

1. Tandatangan

:



Nama Dosen Penguji 1

: Muhammad Ikhsan, S.T., M.T

Tanggal Pengujian

: 30 Juli 2024

2. Tandatangan

:



Nama Dosen Penguji 2

: Septi Ayu Angrayni S.T., M.T

Tanggal Pengujian

: 30 Juli 2024

3. Tandatangan

:



Nama Dosen Penguji 3

: Afriantoni, S.T., M.T

Tanggal Pengujian

: 30 Juli 2024

**PEMBUATAN *SAMPLE* SAMBUNGAN LAS PADA
PIPA MENGGUNAKAN PROSES *SMAW*
DI BENGKEL LAS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

Nama Mahasiswa : Ray Adriel Lumbantobing

Nim : 1103211239

Dosen Pembimbing 1 : Pardi,S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : Nur Audina,S.Pi.,M.Si

ABSTRAK

Di Politeknik Negeri Bengkalis mata kuliah praktek pengelasan merupakan salah satu mata kuliah penting bagi mahasiswa yang mempelajari mata kuliah pengelasan baik teori maupun praktek. Hal ini akan menjadi hal yang baru khususnya bagi mahasiswa yang berasal dari sekolah non teknik. Oleh karena itu, pengadaan suatu media pembelajaran atau *sample* pengelasan sangat dibutuhkan termasuk pengelasan penyambungan pipa. Dalam hal ini penulis membuat suatu model sambungan pengelasan pada pipa menggunakan proses *SMAW* yang lebih sering dijumpai di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan dan banyak digunakan di Industri. Dengan ini, diharapkan mahasiswa dapat mengetahui jenis sambungan dan pola layer tahapan pengelasan pada pipa, serta pengujian atau indikasi jenis cacat las dan standar yang digunakan dalam keberterimaan hasil uji. Sebagai pendukung tambahan, penulis akan menyertakan data dan rekaman pengelasan untuk memudahkan pemahaman mendorong pengetahuan dan keterampilan dalam ilmu pengelasan.

Kata kunci: *Sample*, Pipa, Pengelasan, *SMAW*.

**MAKING SAMPLES OF WELDING JOINTS ON PIPE
USING THE SMAW PROCESS
AT THE WELDING WORKSHOP, DEPARTMENT OF
SHIP ENGINEERING, BENGKALIS STATE
POLYTECHNIC**

Student Name : Ray Adriel Lumbantobing
Number Student : 1103211239
Advisor 1 : Pardi, S.T., M.T
Advisor 2 : Nur Audina, S.Pi., M.Sc

ABSTRACT

At Bengkalis State Polytechnic, the welding practice course is one of the important courses for students who study welding courses, both theory and practice. This will be something new, especially for students from non-engineering schools. Therefore, the provision of learning media or welding samples is very much needed, including pipe welding. In this case, the author makes a model of a welding joint on a pipe using the SMAW process which is more often found in the Welding Workshop of the Department of Marine Engineering and is widely used in Industry. With this, it is hoped that students can know the types of joints and layer patterns of welding stages on pipes, as well as testing or indications of types of welding defects and standards used in the acceptance of test results. As additional support, the author will include welding data and recordings to facilitate understanding to encourage knowledge and skills in welding science.

Keywords: *Sample, Pipe, Welding, SMAW.*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Tuhan Yang Maha Kuasa. Berkat limpahan dan Rahmat Nya penyusun mampu menyelesaikan Proposal Tugas Akhir tepat pada waktunya. Pada penyusunan Proposal ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan materi maupun spiritual. Untuk itu saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Romadhoni, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Muhammad Ikhsan, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi D-III Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak Budhi Santoso, S.T., M.T selaku Sekertaris Jurusan terima kasih atas bimbingan masukan beserta ide-ide yang telah diberikan.
4. Bapak Pardi, S.T., M.T, dan Ibu Nur Audina, S.PI., M.Si selaku dosen pembimbing saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua saya Bapak Rominton Lumbantobing dan Ibu Ruslan Hutagalung terima kasih atas doa dan dukungan serta kasih sayangnya.
6. Kepada saudara kandung saya Christi M.E.L.T, dan Imrolan, B.S.L.T, serta Yudi L.L.T, yang telah mensupport saya secara langsung dan tidak langsung.
7. Kepada teman yang tetap memberi semangat dan juga rekan seperjuangan yang ikut serta meramaikan suasana positif dalam pembuatan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan dari segi kualitas dan kuantitas maupun dari ilmu pengetahuan yang penulis kuasai. Oleh karena itu, saya selaku penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan pembuatan proposal dimasa mendatang. Atas perhatian dan waktunya penulis ucapkan sekian dan terimakasih.

Bengkalis, 22 Februari 2024

Penulis



Ray Adriel Lumbantobing
NIM/1103211239

UCAPAN TERIMAKASIH

1. Teruntuk kedua orang tua saya, Bapak Rominton Lumbantobing dan Ibu Ruslan Hutagalung yang sepenuh hati merawat dan mebesarkan saya selama 21 tahun ini. Sehingga saya menjadi manusia yang bertanggung jawab, terutama bertanggung jawab dalam berpendidikan.
2. Teruntuk Abang, dan Kakak saya Christi Maria Elsa Lumbantobing, Imrolan Bima Sai Manganju Lumbantobing, Yudi Lamindo Lumbantobing. Terimakasih telah menjadi contoh yang baik, *support system* yang luar biasa serta membantu saya dalam menyelesaikan perkuliahan saya.
3. Teruntuk sahabat saya, terima kasih telah menjadi sahabat yang selalu memberikan saya motivasi dan arti kehidupan serta menjadi tempat untuk bertukar pikiran.
4. Teruntuk teman terbaik saya, terima kasih telah mendampingi saya selama ini, serta memberi dukungan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Teruntuk sahabat Himka Polbeng, terima kasih telah memberikan kepercayaan kepada saya sebagai Kadiv, Serta selalu memberi support hingga saat ini.
6. Teruntuk sahabat kost, terimakasih telah memposisikan saya sebagai keluarga dan saudara. Serta menjadi tempat untuk bertukar pikiran dan kelu sesah.
7. Teruntuk rekan seperjuangan D3 Teknik Pekapalan Angkatan 21. Terima kasih sudah banyak memberikan masukan dan mampu bersaing tanpa menjatuhkan satu sama lain.

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengelasan.....	7
2.1.1 Klasifikasi Pengelasan	8
2.1.2 Pengelasan <i>Shield Metal Arc Welding (SMAW)</i>	9

2.2	Desain Sambungan Las	11
2.2.1	Sambungan <i>T</i> (<i>Tee Joint</i>)	11
2.2.2	<i>Butt Joint</i>	12
2.3	Menentukan Standar	13
2.4	Pengujian Las	14
2.4.1	<i>Visual Test</i>	14
2.4.2	<i>Penetrant Test</i>	14
2.5	Jenis Jenis Cacat Las	16
2.5.1	Cacat Las <i>Undercut</i>	16
2.5.2	Cacat Las <i>Porosity</i> (Porositas)	17
2.5.3	Cacat Las <i>Slag Inclusion</i>	19
2.5.4	Cacat Las Tungsten <i>Inclusion</i>	20
2.5.5	Cacat Las <i>Incomplete Penetration</i>	21
2.5.6	Cacat Las <i>Incomplete Fusion</i>	22
2.5.7	<i>Over Spatter</i>	23
2.5.8	Cacat Las <i>Hot Crack</i>	23
2.5.9	Cacat Las <i>Cold Cracking</i>	24
2.5.10	Cacat Las <i>Distorsi</i>	26
2.6	Material Pipa	27
2.6.1	Defenisi dan Fungsi Pipa	27
2.6.2	Jenis-Jenis Pipa Baja	27
2.6.3	Standar Dimensi Untuk Ukuran Pipa Baja	28
2.6.4	Jadwal Pipa Baja	28
2.6.5	Standar Penggunaan Pipa	29
2.6.5	Standar Penyambungan Pipa	30
2.7	Penelitian Terkait	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Alat dan Bahan	34
3.1.1	Alat	34

3.1.2	Bahan	34
3.2	Tahapan Pembuatan.....	35
3.2.1.	Studi literatur.....	35
3.2.2	Penentuan Model Yang Akan di Las	35
3.2.3	Persiapan Alat Dan Bahan.....	35
3.2.4	Tahapan Pengerjaan.....	36
3.2.5	Pengujian Hasil Las.....	36
3.2.6	Pelapisan Anti Korosi.....	36
3.2.7	Pembuatan Meja Pajang.....	36
3.2.8	Pencantuman Keterangan Pada Tiap Tiap Model Las	37
3.2.9	Penyusunan Laporan Pengerjaan dan Hasil	37
3.3	Model/ Perancangan.....	37
3.3	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	37
3.4	Teknik Pengumpulan Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Studi Literatur Mencari Perbandingan Model Yang Telah Ada Sebelumnya	41
4.2	Penentuan Sambungan Dan <i>Joint</i> Desain <i>Sample</i> Yang Akan Dibuat	41
4.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	45
4.3.1	Persiapan Alat.....	45
4.3.2	Bahan	49
4.3.3	Peralatan <i>Safety</i> Yang Digunakan	51
4.4	Tahapan Pengerjaan.....	53
4.4.1	Persiapan Material dan <i>Marking</i> Sebelum <i>Cutting</i> Material.....	53
4.4.2	Pemotongan, Pembuatan Sudut <i>Bevel</i> , dan <i>Root Face</i>	54
4.4.3	Penghalusan Dan Penggerindaan Hasil Potongan.....	56
4.4.4	Persiapan Pengelasan Spesimen.....	57
4.4.5	Proses Pengelasan <i>Butt joint V Grove</i>	60
4.4.6	Proses Pengelasan <i>Tee Joint</i>	67
4.5	Pengujian Spesimen/ <i>sample</i>	74

4.4.5 Pengujian Visual.....	75
4.4.5 Pengujian <i>Penetrant</i>	79
4.5 Pelapisan Anti Korosi.....	87
4.5 Pembuatan Meja Pajang dan Pemasangan <i>sample</i> Pada Meja Pajang.....	89
4.5 Pencantuman Keterangan Pada Masing Masing <i>Sample (Finising)</i>	90
BAB V PENUTUP.....	92
5.1 Kesimpulan	92
5.1 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94
DAFTAR LAMPIRAN.....	96
Lampiran 1. Standar Acceptane Criteria Oleh ASME Section IX Yang Diacu.....	96
Lampiran 2. Jenis Material Pipa yang digunakan Berdasarkan <i>Table Code</i>	98
Lampiran 3. Hasil Akhir Pmbuatan Sample/ Produk Jadi	99
Lampiran 4. Lembar Saran Dan Persetujuan Pembimbing 1	100
Lampiran 5. Lembar Saran Dan Persetujuan Pembimbing 2.....	101
Lampiran 6. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 1	102
Lampiran 6. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 2	103
Lampiran 7. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 3	104

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....	31
Tabel 4.1 Desain Sambungan Dan Kebutuhan Plat	42
Tabel 4.2 <i>Welding procedure record butt joint 1G</i>	61
Tabel 4.3 <i>Welding procedure record butt joint 2G</i>	62
Tabel 4.4 <i>Welding procedure record butt joint 5G</i>	63
Tabel 4.5 <i>Welding procedure record butt joint 6G</i>	65
Tabel 4.6 <i>Welding procedure record butt joint 6GR</i>	66
Tabel 4.7 <i>Welding procedure record butt joint 4F</i>	72
Tabel 4.8 <i>Welding procedure record butt joint 5F</i>	73
Tabel 4.8 Hasil <i>visual test butt joint 2G</i>	76
Tabel 4.9 Hasil <i>visual test butt joint 5G</i>	77
Tabel 4.11 Hasil <i>visual test Tee joint 2F</i>	78
Tabel 4.12 Hasil <i>Penetrant test Tee joint 1F</i>	84
Tabel 4.13 Hasil <i>Penetrant test Tee joint 4F</i>	85
Tabel 4.13 Hasil <i>Penetrant test Tee joint 5F</i>	86
Tabel 4.13 Hasil <i>Penetrant test Butt Joint 1G</i>	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Pengelasan.....	8
Gambar 2.2 Rangkaian Pengelasan SMAW.....	10
Gambar 2.3 Sambungan <i>T</i> (<i>Tee Joint</i>) dan Posisi Pada Pipa	12
Gambar 2.4 Sambungan <i>Butt Joint</i> dan Posisi Pengelasan Pada Pipa	12
Gambar 2.5 <i>Butt Joint</i>	13
Gambar 2.6 <i>Penetran Test</i>	16
Gambar 2.7 <i>Undercut</i>	16
Gambar 2.8. Porositas	18
Gambar 2.9. <i>Slag Inclusion</i>	19
Gambar 2.10 <i>Tungsten Inclusion</i>	20
Gambar 2.11. <i>Incomplete Penetration</i>	21
Gambar 2.12. <i>Incomplete Fusion</i>	22
Gambar 2.13. <i>Hot Crack</i>	24
Gambar 2.14. <i>Area Cold Cracking</i>	25
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	39
Gambar 4.1 Jenis material yang digunakan dalam <i>sample</i>	41
Gambar 4.2 Gerinda duduk untuk memotong pipa.....	45
Gambar 4.3 Gerinda tangan untuk membersihkan terak dan merapikan potongan material.....	45
Gambar 4.4 Mata gerinda halus	45
Gambar 4.5 Mata insert pembersih sambungan pengelasan	46
Gambar 4.6 Mesin bubut pembuatan sudut <i>bevel</i>	46
Gambar 4.7 <i>Gas cutting machine</i>	47

Gambar 4.8 Gerinda botol pembersih lasan/material.....	47
Gambar 4.9 Mesin las <i>SMAW</i>	47
Gambar 4.10 Penggaris dan Spidol.....	48
Gambar 4.11 Buku tulis dan pena	48
Gambar 4.12 <i>Handphone</i> dan laptop untuk <i>report</i> dan edit video.....	48
Gambar 4.13 Plat <i>mild steel</i>	49
Gambar 4.14 Pipa <i>seamless steel sch 80</i> 4 inchi.....	49
Gambar 4.15 Elektroda LB-52 7016 diameter 2,6 mm dan 3,2 mm.....	49
Gambar 4.16 Marker baja untuk penanda	50
Gambar 4.17 Cairan <i>cleaner</i> , penetran, dan <i>developer</i>	50
Gambar 4.18 Cat anti korosi untuk sample dan meja pajang.....	50
Gambar 4.19 <i>Clear</i> (pengkilap)	51
Gambar 4.20 Besi <i>hollow</i>	51
Gambar 4.22 Sepatu <i>Safety</i>	52
Gambar 4.23 Topeng las	52
Gambar 4.24 Apron las	53
Gambar 4.25 <i>Gloves safety</i>	53
Gambar 4.26 <i>Marking</i> pipa dan plat	54
Gambar 4.27 pemotongan pipa menggunakan gerinda duduk.....	55
Gambar 4.28 pembuatan sudut <i>bevel</i> pipa melalui proses bubut.....	55
Gambar 4.29 sudut <i>bevel</i> 30° per 1 potong pipa	55
Gambar 4.30 pembuatan <i>root face</i> sebanyak 2mm.....	56
Gambar 4.31 Pemotongan plat menggunakan <i>cutting torch semi automatic</i>	56
Gambar 4.32 Penggerindaan material	56
Gambar 4.33 persiapan peralatan lingkungan kerja.....	57
Gambar 4.34 Persiapan <i>ampere</i> dan polaritas yang digunakan	57
Gambar 4.35 Penanandaan struktur lapisan las.....	58
Gambar 4.36 Penanandaan struktur lapisan las.....	59
Gambar 4.37 Pemasangan tanggem pada meja kerja.....	59

Gambar 4.38 <i>Root</i> penetrasi.....	60
Gambar 4.39 Penggerindaan sebelum menyambung lasan.....	60
Gambar 4.41 Proses pengelasan 1G.....	62
Gambar 4.42 Proses pengelasan 2G.....	63
Gambar 4.43 Proses pengelasan 5G.....	64
Gambar 4.45 Proses pengelasan 6GR.....	66
Gambar 4.46 Proses pengelasan <i>1G defect</i> (cacat las).....	67
Gambar 4.47 Hasil pengelasan 1G <i>butt joint</i>	67
Gambar 4.48 pengelasan <i>filler</i> pada <i>Tee joint</i>	68
Gambar 4.49 penggerindaan sebelum menyambung lasan.....	68
Gambar 4.50 Proses pengelasan dan <i>capping Tee joint</i>	69
Gambar 4.51 Proses pengelasan dan <i>capping Tee joint</i>	69
Gambar 4.52 Proses pengelasan posisi 1F.....	70
Gambar 4.53 Proses pengelasan posisi 2F.....	71
Gambar 4.55 Proses pengelasan posisi 5F.....	73
Gambar 4.56 Proses pengelasan 2F <i>defect</i> (cacat las).....	74
Gambar 4.57 Hasil pengelasan 2F <i>Tee joint</i>	74
Gambar 4.58 Pengujian Material <i>sample</i>	75
Gambar 4.59 Hasil inspeksi visual 2G <i>Butt joint</i>	76
Gambar 4.60 Hasil inspeksi visual 5G <i>Butt joint</i>	77
Gambar 4.61 Hasil <i>repair</i> inspeksi visual 5G <i>Butt joint</i>	77
Gambar 4.562 Hasil <i>repair</i> inspeksi visual 6GR <i>Butt joint</i>	78
Gambar 4.63 Hasil inspeksi visual 2F <i>Tee joint</i>	79
Gambar 4.64 Cairan <i>cleaner Magnaflux</i>	81
Gambar 4.65 Pengaplikasian cairan <i>cleaner</i>	81
Gambar 4.66 Cairan <i>red penetrant</i> Magnaflux.....	81
Gambar 4.68 Membersihkan cairan <i>penetrant</i> pada permukaan pengelasan.....	82
Gambar 4.69Cairan <i>developer</i>	83
Gambar 4.70 Pengaplikasian cairan <i>developer</i>	83

Gambar 4.71 Penandaan cacat las dan <i>cleaning</i>	84
Gambar 4.72 Cacat <i>undercut</i> posisi 1F	84
Gambar 4.73 Hasil <i>Penetrant test Tee joint 4F</i>	85
Gambar 4.74 Hasil <i>Penetrant test Tee joint 5F</i>	86
Gambar 4.75 Hasil <i>Penetrant test Butt Joint 2G</i>	87
Gambar 4.76 Proses sikat baja bagian lasan dan bagian dalam <i>sample</i>	87
Gambar 4.77 <i>Painting</i> (pengecatan) <i>sample</i>	88
Gambar 4.79 Pembuatan tiang meja putar	89
Gambar 4.80 Pengecatan dan <i>finishing</i> pembuatan meja pajang	89
Gambar 4.81 Pemasangan pipa <i>sample</i> hasil pada meja pajang	90
Gambar 4.83 Pembuatan dan pemasangan buku prosedur pengelasan/ rekaman.....	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Acceptane Criteria Oleh ASME Section IX Yang Diacu...	96
Lampiran 2. Jenis Material Pipa yang digunakan Berdasarkan <i>Table Code</i>	98
Lampiran 3. Hasil Akhir Pmbuatan <i>Sample</i> / Produk Jadi.....	99
Lampiran 4. Lembar Saran Dan Persetujuan Pembimbing 1	100
Lampiran 5. Lembar Saran Dan Persetujuan Pembimbing 2	101
Lampiran 6. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 1	102
Lampiran 6. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 2	103
Lampiran 7. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 3	104

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Politeknik Negeri Bengkalis mata kuliah praktek pengelasan merupakan salah satu mata kuliah penting bagi mahasiswa yang berasal dari beberapa prodi seperti D2 Teknik Pengelasan dan Fabrikasi, D3 Teknik Perkapalan, D4 Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan, D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, dan D4 Teknik Mesin Produksi dan Perawatan yang mempelajari mata kuliah pengelasan baik teori maupun praktek. Berdasarkan hasil wawancara Khususnya Prodi D2 Teknik Pengelasan dan Fabrikasi, D3 Teknik Perkapalan, dan D4 Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, seluruh mahasiswa diwajibkan memahami dan mampu mengoperasikan mesin las diantaranya yaitu *SMAW*, *GMAW*, *FCAW* termasuk jenis dan metode pengelasan. Tentunya mata kuliah praktek pengelasan ini merupakan suatu hal yang baru dan menantang terkhusus bagi mahasiswa baru yang *basic* nya berasal dari sekolah umum (non teknik) karena belum mengenal ilmu dan pengalaman mengelas. Berdasarkan pengamatan dan wawancara terhadap Kepala Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan, telah memiliki *sample* pengelasan plat oleh Tugas Akhir Mahasiswa sebelumnya. Sementara mata kuliah pengelasan termasuk praktek di beberapa prodi terdapat mata kuliah mengenai pengelasan pipa. Maka dari itu pengadaan suatu *sample* sambungan pengelasan pada pipa di Bengkel Las dibutuhkan dan diterima dengan baik oleh Kepala Bengkel bersangkutan termasuk pemberian keterangannya. Oleh karena itu penulis ingin membuat *sample* posisi prosedur pengelasan pada pipa yang juga sebagai model pendukung pembelajaran pengelasan untuk mahasiswa agar lebih luas wawasannya.

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis akan membuat sambungan *groove* dan *fillet joint* berdasarkan yang sering dijumpai di mata kuliah sehingga diharapkan dapat mempermudah dan

meningkatkan efisiensi mahasiswa dalam memahami dan mempraktekan materi pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Selain itu, nantinya mahasiswa kiranya dapat memahami dengan cepat tentang pengetahuan pengelasan pada pipa dan dapat mengaplikasikannya pada dunia kerja seperti Industri Minyak dan Gas serta Industri Galangan Kapal dan lainnya termasuk pengujian dan jenis-jenis cacat pada pengelasan. Agar lebih detail detail dan memudahkan penyampaian dari spesimen yang akan dikerjakan ini yaitu pada setiap spesimen tersebut diperlihatkan urutan setiap struktur lapisan las tersebut mulai dari *root*, *filler* hingga *caping*. Selain itu pembuatan sample cacat *visual* yang sering ditemukan pada sambungan pengelasan. Setelah itu pada setiap jenis spesimen penulis akan melengkapi dengan keterangan rekaman prosedur spesifikasi dari pengelasan *sample* tersebut berupa rekaman buku keterangan dan penjelasan melalui video seperti pengertian, fungsi, penyambungan, jumlah layer, kekuatan arus, elektroda yang digunakan dan rekaman lainnya yang dibutuhkan terkait pengelasan pipa tersebut seperti dimensi kampuh las, lebar *rootgap*, posisi pengelasan dan *travel speed* serta standar penyambungan dan keterangan keterangan lain.

Pada bidang pengelasan terdapat bermacam-macam jenis sambungan dan model sambungan las maka pada perencanaan tugas akhir ini penulis merangkum atau memilih jenis sambungan yang umum digunakan dan di temui pada *jobsheet* pengelasan yaitu sambungan *Butt joint* atau sambungan tumpul (*Groove*) dan *Tee Jont* atau *Fillet*. Adapun proses yang akan di lakukan yaitu SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Maka penulis merencanakan tugas akhir ini dengan judul “PEMBUATAN *SAMPLE* SAMBUNGAN LAS PADA PIPA MENGGUNAKAN PROSES SMAW DI BENGKEL LAS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS.”

Dalam pembuatan *sample* sambungan las pada pipa tersebut, penulis menggunakan standar penyambungan berdasarkan salah satu fungsi pemakaian pipa di industri yaitu sebagai penyaluran atau pengangkutan minyak seperti di kapal. Dalam hal ini *API* (*American Petroleum Institute*) berperan sebagai acuan yang menentukan jenis pipa dalam hal fungsi penyaluran minyak seperti *API 5L*.

Pada proses pembuatan *sample* ini penulis akan menggunakan bahan pipa standar *Carbon Steel Seamless Sch 80* ukuran panjang 10 cm, diameter 4 *inchi* dan tebal 8,56 mm serta bahan plat standar dengan ukuran panjang 20 x 20 cm tebal 8 mm. Adapun *type* elektroda yang akan digunakan yaitu *LB7016* diameter 2.6 untuk pengisian *root* kemudian *LB7016* diameter 3.2 untuk *filler* dan *caping*. Jenis pengelasan pada pengerjaan ini yaitu kampuh V *groove* pada sambungan *butt joint* dengan model *sample* yang akan dibuat adalah pada pembuatan bagian *root* dibuat 3/4 kemudian *filler* dibuat 2/4 dan terakhir *caping* 1/4 serta base metal atau sebelum dilas dibuat 1/4, tujuannya yaitu supaya seluruh model lapisan pada proses pengelasan tersebut terlihat bentuk dan jumlah layer nya. Kemudian kelayakan hasil *sample* ini akan diuji melalui dua tahap pengujian *Non Destructive Test (NDT)* yang pertama *visual test* kemudian *penetrant test*. *Sample* tersebut akan dibuat dengan sedemikian rupa dan mudah dipahami sehingga layak di pajang di Bengkel Las Teknik Perkapalan untuk dijadikan referensi bagi mahasiswa selama mempelajari mata kuliah teori maupun praktek pengelasan di kampus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebagai dasar pembuatan *sample* sambungan las pada pipa menggunakan proses *SMAW* terdapat beberapa permasalahan terkait pembuatan penelitian tersebut sebagai berikut:

- a. Bagaimana pembuatan *sample* sambungan pengelasan pada pipa di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan?
- b. Bagaimana pengujian dan keberterimaan hasil pengelasan pipa pada *sample* tersebut?
- c. Bagaimana pemaparan media *sample* penyambungan pengelasan ini agar dapat mengedukasi mahasiswa?

1.3 Batasan Masalah

- a. proses pengelasan yang akan digunakan yaitu *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*.
- b. Bahan pipa yang digunakan adalah jenis *Carbon Steel Seamless Sch 80* ukuran panjang 10 cm, diameter 4 *inchi* dan tebal 8,56 mm serta bahan plat ukuran 20 x 20 cm, tebal 8 mm.
- c. *Type* elektroda yang akan digunakan yaitu *LB7016* diameter 2.6 untuk pengisian *root* kemudian *LB7016* diameter 3.2 untuk *filler* dan *capping*.
- d. Inspeksi cacat las menggunakan metode *visual test* dan *penetrant test* dengan memperhatikan cacat las pada umumnya (yang sering dijumpai).
- e. Jenis jenis sambungan yang akan dibuat yaitu *butt joint*, dengan posisi 1G, 2G, 5G, 6G, dan 6GR, serta *Tee Joint (Fillet)* dengan posisi 1F, 2F, 4F, dan 5F.

1.4 Tujuan

- a. Mengadakan suatu *sample* sambungan pengelasan pada pipa sebagai media pembelajaran di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan.
- b. Melakukan inspeksi dan pengujian serta keberterimaan *sample* pengelasan sambungan pipa di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan sebagai media pembelajaran.
- c. Membuat pemaparan media *sample* agar dapat mengedukasi pembaca dengan menunjukkan penyusunan pola layer/lapisan yang disusun dari *root* hingga *capping* serta jenis cacat pada pengelasan dan menyediakan keterangan atau nama di setiap spesimen dan buku rekaman serta membuat video penjelasan terkait penyambungan pipa *sample* dan prosedur dalam pengelasan.

1.5 Manfaat

- a. Memberikan efisiensi bagi mahasiswa dalam memahami sambungan las

menggunakan proses *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*.

- b. Memudahkan bagi dosen pengajar dalam memaparkan materi tentang sambungan las.
- c. Dengan adanya buku rekamaan dan penjelasan video prosedur pengelasan *sample*, dapat mengurangi resiko pemborosan bahan yang akan di las.
- d. Mengasah skill pengelasan baik dari segi materi maupun praktek khususnya bagi penulis sendiri.
- e. Menunjang penerapan *standard acceptance criteria* pengelasan SMAW di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis.
- d. Mengetahui prosedur penyambungan pengelasan pipa dan susunan pola layer pengelasan serta pengujian yang digunakan berdasarkan fungsi jenis pemakaian pipa berdasarkan standar.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan laporan proyek akhir ini dapat sistematis dan tersusun dengan rapi maka diperlukan sistematika penulisan laporan. Berikut ini adalah sistematika penulisan proyek akhir ini:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, identifikasi proyek, tujuan proyek, manfaat proyek, dan tempat pelaksanaan proyek, serta sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi uraian teoritis variabel-variabel proyek akhir meliputi perencanaan bisnis dan peluang bisnis, serta teori khusus proyek akhir pada bagian masing-masing.

BAB 3 : METODE DAN PROSES PENYELESAIAN PROYEK

Pada bab ini berisi uraian Rencana Persiapan Proyek, Rencana Pelaksanaan Proyek, Rencana Penyelesaian Proyek, dan Rencana Pelaporan Proyek.

BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi deskriptif dan analisis hasil proyek akhir berupa laporan pelaksanaan proyek akhir.

BAB 5 : PENUTUP

Pada bab ini terdapat sejumlah rangkuman hasil proyek akhir dalam bab-bab sebelumnya yang mana hasil tersebut ditulis ke dalam suatu kesimpulan, serta saran sebagai uraian dari proyek akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

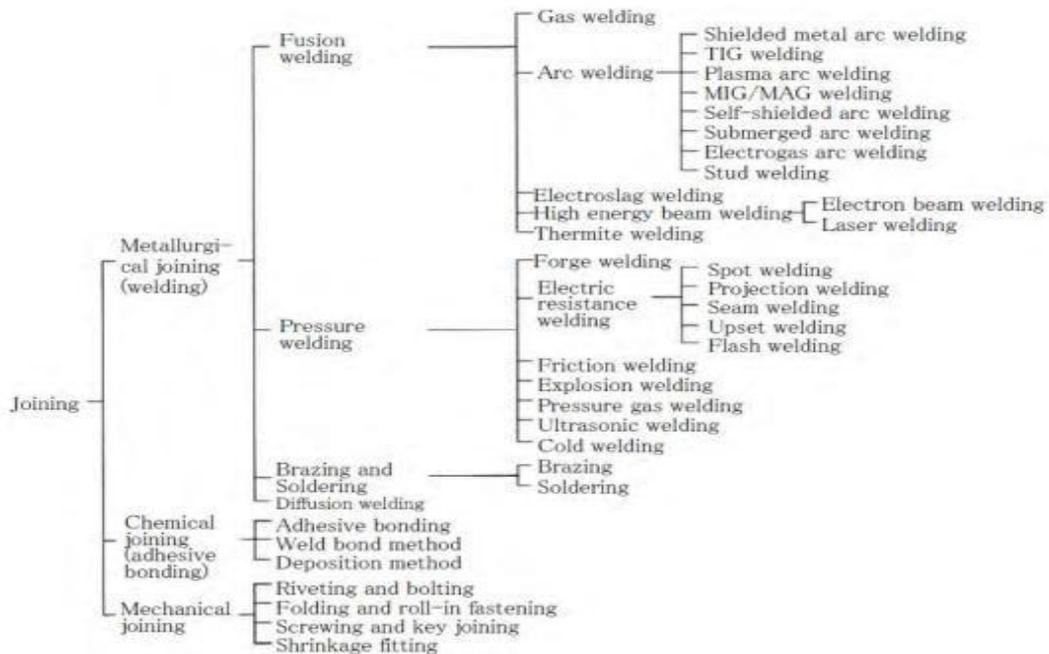
Pengelasan (*Welding*) adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan proses pemanasan setempat, sehingga terjadi ikatan metalurgi antara logam-logam yang disambung. Proses penyambungan logam dewasa ini banyak dipakai di industri untuk pekerjaan konstruksi kapal, pembuatan mesin, konstruksi perpipaan serta pekerjaan lain yang memerlukan sambungan. Dalam setiap proses pengerjaan pengelasan harus memenuhi standar tertentu yaitu *ASME (American Society of Mechanical Engineer)*, *AWS (American Welding Society)*. Dalam hal ini pemilihan proses las, pemilihan logam pengisi (*filler metal*), perencanaan prosedur las, kualifikasi prosedur pengelasan, perancangan dan prosedur 13 fabrikasi, serta sistem pengendalian mutu harus dilakukan mengikuti peraturan yang berlaku dalam standar. Agar suatu pelaksanaan konstruksi las dikerjakan dengan benar dan berhasil, sehingga aman terhadap hasil yang dikerjakan, maka untuk setiap pekerjaan las harus dimulai dengan pemilihan elektroda las, proses pengelasan dan variabel penting lainnya seperti: bentuk sambungan yang akan dilakukan pada awal dan selesainya pengelasan, *PHT (Post Heat Treatment)*, (*Post PWHT Weld Heat Treatment*) dan arus listrik yang dipakai, untuk semua pekerjaan tersebut perlu adanya spesifikasi prosedur pengelasan, *WPS (Welding Procedure Specification)*. (Aljufri, 2008).

Pada pengelasan *SMAW (Shield Metal Arc Welding)* prosedur telah dirancang menurut ketentuan *AWS*, standar diuji kualitasnya dengan berbagai uji tes baik *NDT (Non Destructive test)* maupun *mechanical test* yang dibuktikan dengan suatu kualifikasi yang disebut kualifikasi prosedur. Pelaksanaan kualifikasi diatur oleh *ASME section IX* standar. Pengelasan yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan busur nyala listrik (*SMAW*). (Randistya Fahmy, 2015).

2.1.1 Klasifikasi Pengelasan

Pada saat ini belum ada kesepakatan mengenai cara-cara pengklasifikasian dalam bidang las. Hal ini disebabkan belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional pengklasifikasian tersebut dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. (Ahmad Aufa Kamal,2014), Menurut Ahmad Aufa Kamal (2014), metode penggabungan dapat diklasifikasikan secara luas menjadi tiga kategori menurut mekanisme penggabungan, yaitu:

1. Pengelasan cair, cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan Tekan, cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian, cara pengelasan dimana sambungan diikat dan satukan dengan menggunakan paduan logam lain yang memiliki titik cair yang rendah.



Gambar 2.1 Klasifikasi Pengelasan

Sumber: Internet (2024)

Metode penggabungan metalurgi (*welding*) dapat diklasifikasikan menurut mekanisme penggabungan yaitu *fusion welding* (dapat diartikan menjadi pengelasan dalam arti sempit). (JWE, 2008) Dalam *fusion welding* (pengelasan cair), anggota yang akan digabungkan (*base metal*) dipanaskan sampai meleleh dengan atau tanpa menggunakan *filler metal* (contohnya elektroda terbungkus), dan kemudian bagian yang meleleh menghasilkan perpaduan *base metal* yang diikuti proses pemadatan. Proses *fusion welding*, khususnya proses *arc welding* yang menggunakan busur sebagai sumber pelepasan panas, merupakan hal yang sangat umum digunakan. Berikut ini adalah keuntungan dan kerugian dari pengelasan. (JWES, 2008)

A. Kerugian:

- a. Kecenderungan tinggi terhadap *distorsi* karena panas lokal dan pendinginan.
- b. Kecenderungan tinggi dalam menghasilkan tegangan sisa yang mana dapat menyebabkan kepecahan dan *stress corrosion cracking*.
- c. Kecenderungan tinggi dalam menurunkan karakteristik daripada logam induk karena pengaruh panas las, yang dapat menyebabkan *weld crack* dan menurunkan kekuatan.
- d. Kecenderungan tinggi dalam menghasilkan struktur yang *brittle* yang dapat menyebabkan *crack*, tanpa menimbulkan *crack* pada hasil pengelasan.
- e. Mempunyai pertimbangan khusus pada logam las (*weldmetal*) yang berbeda karakteristiknya daripada logam induk (*base metal*).
- f. Tidak mudah dalam penentuan kualitas las karena pengelasan tergantung dari keterampilan masing-masing personil las (*welder*).

B. Keuntungan:

- a. Konfigurasi penggabungan yang sederhana.
- b. Ekonomis, dapat menghemat material.
- c. Efisiensi penggabungan yang tinggi dan kerapatan yang sangat bagus.
- d. Hampir tidak terbatas pada ketebalan material.
- e. Kebisingan yang lebih sedikit pada pengerjaan pengelasan

2.1.2 Pengelasan *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*

Salah satu jenis proses las busur listrik elektroda terumpan, yang menggunakan busur listrik yang terjadi antara elektroda dan benda kerja setempat, kemudian membentuk paduan serta membeku menjadi lasan. Jenis proses

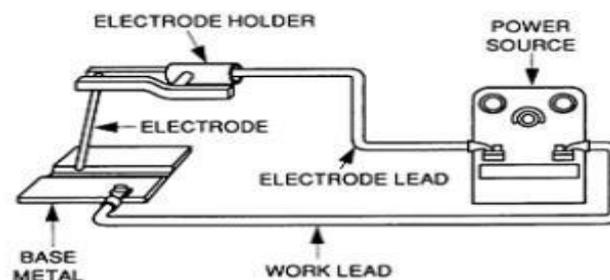
pengelasan paling banyak dipakai dimana– mana untuk hampir semua keperluan pekerjaan pengelasan. Tegangan yang dipakai hanya 23 sampai dengan 45 Volt AC atau DC, sedangkan untuk pencairan pengelasan dibutuhkan arus hingga 500 Ampere. Namun secara umum yang dipakai berkisar 80 – 200 Ampere. (Aditia, Nurdin dkk,2019).

Menurut Aditia, Nurdin dkk (2019), adapun keuntungan pengelasan *Shield Metal Arc Welding (SMAW)* adalah sebagai berikut:

1. Dapat dipakai dimana saja, diluar, dibengkel dan didalam air.
2. Satu set dapat mengelas berbagai macam tipe dari material *mild steel* ke *copper low* dengan *rectifier*.
3. Set-up yang cepat dan sangat mudah untuk diatur.
4. Pengelasan dengan segala posisi.
5. Elektroda tersedia dengan mudah dalam banyak ukuran dan diameter.

Sementara adapun kerugian pengelasan *SMAW* adalah sebagai berikut :

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya slag harus dibersihkan.
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja *non - ferrous*.
4. Mudah terjadi oksidasi akibat pelindung logam cair hanya busur las dari fluks.
5. Diameter elektroda tergantung dari tebal pelat dan posisi pengelasan.



Gambar 2.2 Rangkaian Pengelasan SMAW

Sumber: Internet (2024)

(*SMAW*) *Shield Metal Arc Welding* adalah las busur listrik dengan menggunakan elektroda berselaput (*fluks*). Fungsi *fluks* pada pengelasan ini

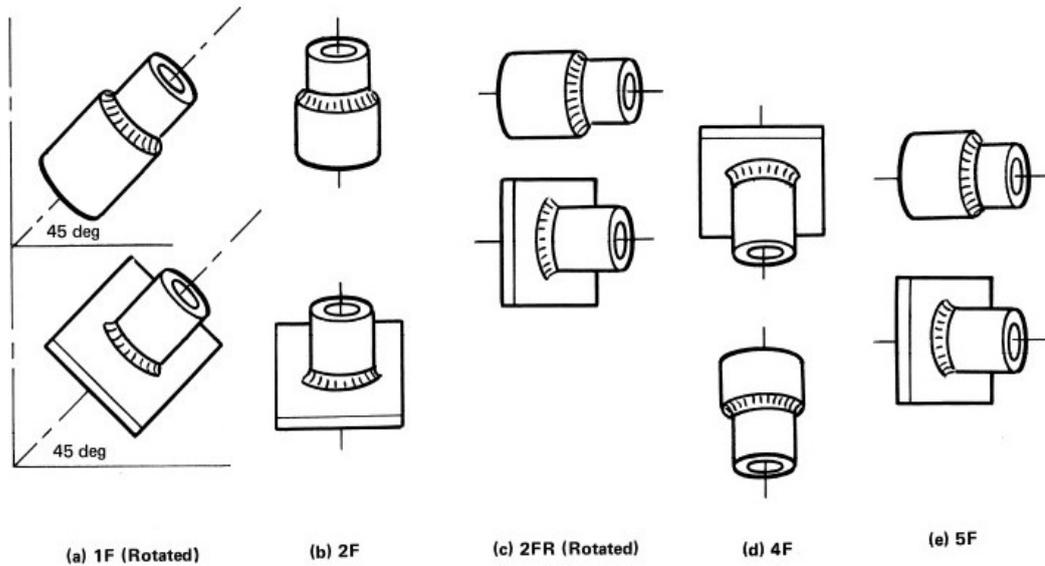
adalah membentuk *slag* diatas hasil lasan yang berfungsi sebagai pelindung hasil lasan dari udara (oksigen, hidrogen, dsb.) selama proses las berlangsung. (Randistya Fahmy,2015).

2.2 Desain Sambungan Las

Salah satu yang harus dipersiapkan sebelum melakukan pengelasan adalah pembuatan kampuh las. Kampuh las berguna sebagai tempat pengisian logam pengisi (elektroda) yang ikut mencair. Bentuk kampuh sangat mempengaruhi efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Pada dasarnya pemilihan bentuk kampuh menuju kepada penurunan pemasukan panas dan penurunan logam las pada tingkat harga terendah dan tidak menurunkan mutu dari sambungan. (Okumura dan Wiryosumarto, 2000).

2.2.1 Sambungan *T* (*Tee Joint*)

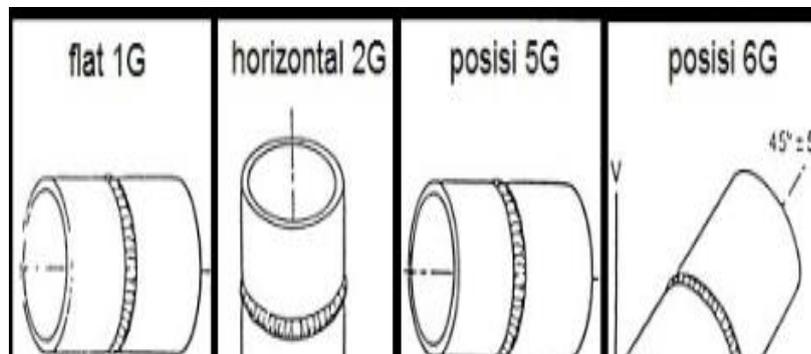
Menurut Okumura dan Wiryosumarto (2000), Sesuai namanya, *T joint* adalah jenis sambungan yang berbentuk menyerupai huruf *T*. Tipe sambungan ini banyak sekali diaplikasikan untuk konstruksi atap, konveyor, dan beberapa jenis konstruksi lainnya. Sambungan *T* dibuat dengan memotong 2 bagian pada sudut 90° dengan satu bagian yang terletak di tengah bagian lainnya secara tegak lurus yang membentuk huruf *T*.



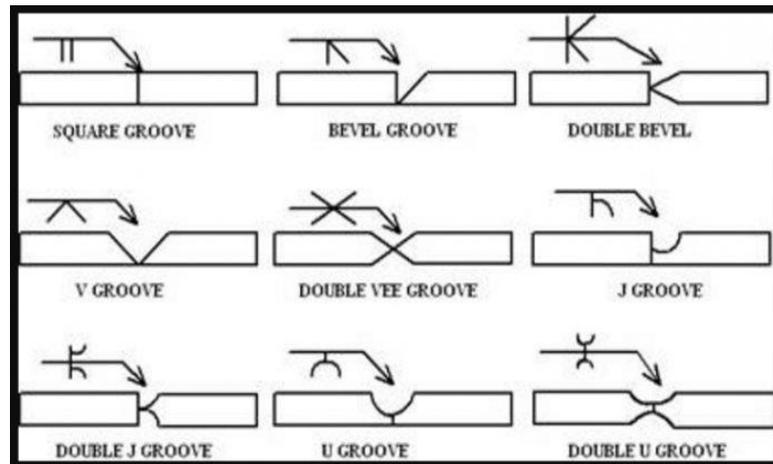
Gambar 2.3 Sambungan T (Tee Joint) dan Posisi Pada Pipa
 Sumber: Internet (2024)

2.2.2 Butt Joint

Menurut Okumura dan Wiryosumarto (2000), *Butt Joint* merupakan sambungan yang dibentuk dengan cara menyatukan ujung pada kedua bagian. Pada sambungan las *butt joint*, berdua bagian objek yang ingin dilas diletakkan pada bidang yang sama dan saling berdampungan. Secara pengaplikasian, sambungan *butt joint* ini adalah sambungan yang paling sederhana yang digunakan untuk menyatukan objek las. *Butt joint* biasanya digunakan pada bahan dengan tebal $3/16$ In. Sambungan ini tidak disarankan untuk digunakan pada logam yang bekerja untuk beban tinggi.



Gambar 2.4 Sambungan Butt Joint dan Posisi Pengelasan Pada Pipa
 Sumber: Internet (2024)



Gambar 2.5 Butt Joint
 Sumber: Skripsi Internet (2024)

2.3 Menentukan Standar

Dalam menentukan standar ini untuk standar material mengikuti *WPS (Welding Prosedure Specification)* dengan material *Base Metals*, sedangkan untuk standar penyambungan pipa menggunakan standar *API* dengan mengambil suatu studi kasus atau contoh pemakaian pipa di industri seperti minyak dan gas atau fluida air. *API* adalah *American National Standards Institute (ANSI) standard* yang terakreditasi untuk pengembangan organisasi. *API (American Petrilium Institute)* menghasilkan standar, praktek-praktek yang dianjurkan, spesifikasi, kode dan publikasi teknis, laporan dan studi yang mencakup setiap segmen industri. Standar *API* mempromosikan penggunaan yang aman, peralatan digunakan dan operasi melalui penggunaan terbukti, praktek-praktek rekayasa serta membantu mengurangi biaya terhadap peraturan dalam perusahaan. Serta hubungannya dengan program *API Quality Programs*, banyak dari standar yang digunakan membentuk dasar dari program sertifikasi *API*. (Paddiyatu Fadely dan Jamar, 2011).

2.4 Pengujian Las

2.4.1 Visual Test

Menurut Indra Suharyadi Naryono (2017), “Inspeksi *Visual* adalah Inspeksi yang merupakan langkah pertama yang diambil dalam *NDT (Non Destructive Test)*. Metode ini bertujuan menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi. Dalam hal ini tentu saja adalah retak yang dapat terlihat oleh mata telanjang atau dengan bantuan lensa pembesar ataupun baroskop.”

A. Keuntungan :

Menurut Indra Suharyadi Naryono (2017), Adapun keuntungan Inspeksi *Visual* adalah:

1. Termasuk jenis metode *NDT* termurah.
2. Penggunaannya biasa dilakukan tanpa merusak proses produksi.
3. Tidak memerlukan pelatihan yang luas.
4. Dapat memberikan hasil secara seketika / spontan.

B. Kelemahan :

Menurut Indra Suharyadi Naryono (2017), Adapun Kelemahan Inspeksi *Visual* adalah:

1. Hanya dapat mendeteksi bagian permukaan.
2. Diperlukan pencahayaan yang terang dan baik.
3. Diperlukan penglihatan yang baik.

2.4.2 Penetrant Test

Penetrant tes merupakan salah satu jenis *NDT (Non Destructive Test)* yang relatif mudah dan cepat pelaksanaannya serta murah biayanya dibandingkan dengan uji *NDT* yang lain. Pengujian ini adalah cara yang paling peka untuk menentukan adanya cacat halus pada permukaan seperti retak, lubang halus atau kebocoran. Pada dasarnya pengujian ini menggunakan prinsip kapilaritas sebagai cara kerjanya. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dan dari hasil yang diperoleh dari pengujian ini ditemukan adanya pengaruh suhu terhadap pengujian *penetrant test* pada sambungan las *SMAW (Shield Metal Arc Welding)* pada baja

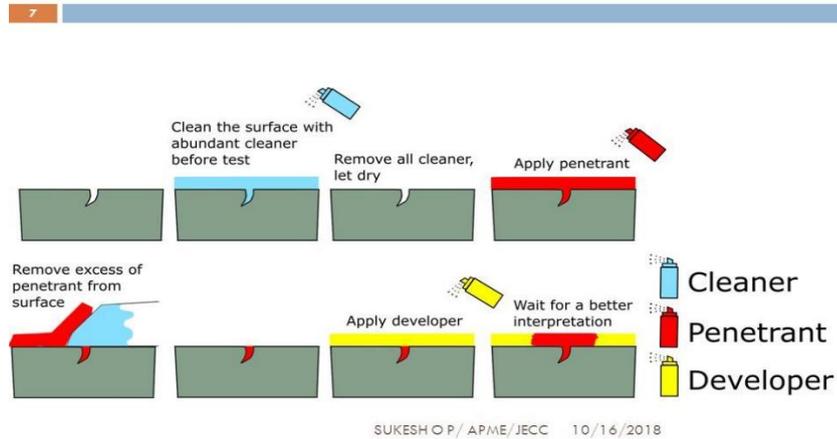
karbon A36, sehingga hasil cacat yang ditemukan berbeda. Cacat yang di deteksi menjadi tidak begitu tampak ketika pengujian *penetrant* pada benda uji yang suhunya lebih rendah bila dibandingkan dengan benda uji yang suhunya lebih tinggi, sehingga dibutuhkan *penetrating time* yang lebih lama dikarenakan *penetrant* sulit memasuki cacat permukaan sebagai akibat meningkatnya kekentalan dan viskositas *penetrant* sehingga sisa penetran pun sangat sulit dihilangkan. (Arifin, Choirul,2016).

Berdasarkan *ASME* sebagai standar penerimaan cacat. Dari hasil pengujian terdapat cacat pada permukaan hasil pengelasan *Run Off Syrup Receiving Tank* dan akan dilakukan analisa pada cacat tersebut untuk mengetahui jenis cacat yang terjadi. Hasil analisa menunjukkan bahwa cacat tersebut merupakan jenis cacat *surface porosity* dan harus dilakukan *repair*. *Repair* yang dilakukan berdasarkan standar *ASME (American Society of Mechanical Engineer)* dengan menggerinda cacat sampai hilang, dilas kembali, dilakukan penggerindaan dengan mata grinda poles, dilakukan pengujian ulang dengan menggunakan *Liquid Penetrant Test*. Dari hasil pengujian dilakukan analisa kembali untuk mengetahui adanya cacat atau tidak. (Tito Endramawan: 2007).

Menurut Tito Endramawan (2007), langkah –langkah penggunaan *penetrant testing* adalah:

1. Permukaan yang diperiksa dibersihkan dari kotoran yang yang mungkin menyumbat atau menutupi celah.
2. Permukaan yang telah bersih dilapisi oleh penetrancair dalam waktu tertentu agar cairan *penetrant* dapat masuk kedalam celah. Pelapisan dapat dilakukan melalui penyemprotan, pengolesan atau pencelupan.
3. Sisa cairan *penetrant* dipermukaan yang tidak masuk kedalam celah dibersihkan.
4. Permukaan dilapisi *developer* untuk menyedot keluar cairan *penetrant* yang berada dalam celah, agar menghasilkan indikasi.

Processing steps of LPI



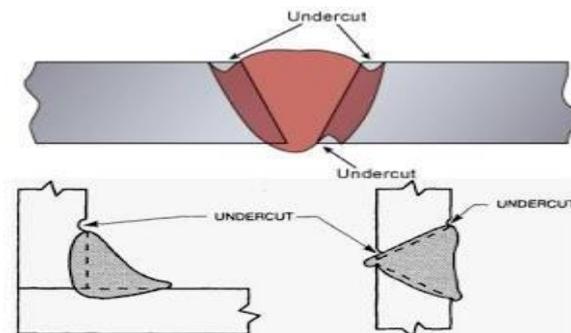
Gambar 2.6 *Penetran Test*

Sumber: Internet (2024)

2.5 Jenis Jenis Cacat Las

2.5.1 Cacat Las *Undercut*

Undercut adalah sebuah cacat las yang berada di bagian permukaan atau akar, bentuk cacat ini seperti cerukan yang terjadi pada *base metal* atau logam induk. Jenis cacat pengelasan ini dapat terjadi pada semua sambungan las, baik *fillet*, *butt*, *lap*, *corner* dan *edge joint*. (Internet (2024)).



Gambar 2.7 *Undercut*

Sumber: Internet (2024)

2.5.1.1 Penyebab Cacat Las *Undercut*:

Berdasarkan buku Skripsi Rio Rahmat (2021:16), Penyebab Cacat Las *Undercut* adalah:

- a. Arus pengelasan yang digunakan terlalu besar.
- b. *Travel speed* / kecepatan las terlalu tinggi.
- c. Panjang busur las terlalu tinggi.
- d. Posisi elektroda kurang tepat.
- e. Ayunan tangan kurang merata, waktu ayunan pada saat disamping terlalu cepat

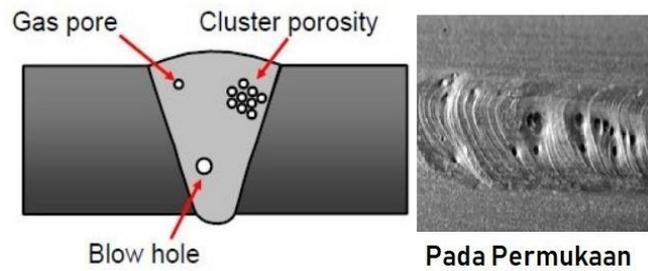
2.5.1.2 Cara mencegah Cacat *Undercut*:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:16), Cara mencegah Cacat *Undercut* adalah:

- a. Menyesuaikan arus pengelasan, Anda dapat melihat *ampere* yang direkomendasikan di bungkus elektroda atau *WPS (Welding Procedure Specification)*.
- b. Kecepatan las diturunkan.
- c. Panjang busur diperpendek atau setinggi 1,5 x diameter elektroda.
- d. Sudut kemiringan 70-80 derajat (menyesuaikan posisi).
- e. Lebih sering berlatih untuk mengayunkan yang sesuai dengan kemampuan

2.5.2 Cacat Las *Porosity* (Porositas)

Cacat Porositas adalah sebuah cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang lubang kecil pada *weld metal* (logam las), dapat berada pada permukaan maupun didalamnya. *Porosity* ini mempunyai beberapa tipe yaitu *Cluster Porosity*, *Blow Hole* dan *Gas Pore*. (Internet (2024))



Gambar 2.8. Porositas
Sumber: Internet (2024)

2.5.2.1 Penyebab Cacat Las Porositas:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:17), Penyebab Cacat Las Porositas adalah:

- a. Elektroda yang digunakan masih lembab atau terkena air.
- b. Busur las terlalu panjang.
- c. Arus pengelasan terlalu rendah.
- d. *Travel Speed* terlalu tinggi.
- e. Adanya zat pengotor pada benda kerja (karat, minyak, air dan lainnya).
- f. Gas Hidrogen tercipta karena panas las.

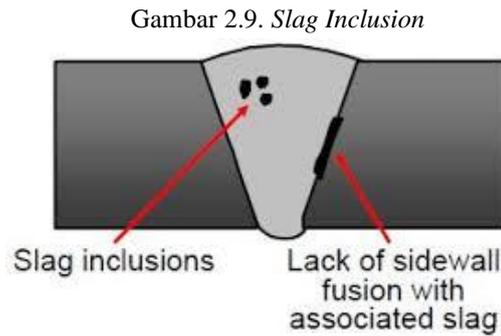
2.5.2.2 Cara Mengatasi Cacat Las Porositas:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:17), Cara Mengatasi Cacat Las Porositas adalah:

- a. Pastikan elektroda yang digunakan sudah di *oven* (jika disyaratkan), jangan sampai kawat las terkena air atau lembab.
- b. Atur tinggi busur kurang lebih $1,5 \times$ diameter kawat las.
- c. *Ampere* disesuaikan dengan prosedur atau rekomendasi dari produsen elektroda.
- d. Persiapan pengelasan yang benar, memastikan tidak ada pengotor dalam benda kerja
- e. Untuk material tertentu panas tidak boleh terlalu tinggi, sehingga perlu perlakuan panas

2.5.3 Cacat Las *Slag Inclusion*

Welding Defect Slag Inclusion adalah cacat yang terjadi pada daerah dalam hasil lasan. Cacat ini berupa *slag* (*flux* yang mencair) yang berada dalam lasan, yang sering terjadi pada daerah *stop and run* (awal dan berhentinya proses pengelasan). Untuk melihat cacat ini kita harus melakukan pengujian radiografi atau *bending*. (Internet (2024))



Sumber: Internet (2024)

2.5.3.1 Penyebab Cacat Las *Slag Inclusion*:

Berdasarkan jurnal literasi Internet (2024) dan bahan pendukung tugas akhir rio rahmat (2021), Penyebab Cacat Las *Slag Inclusion* adalah:

- Proses pembersihan *Slag* kurang, sehingga tertumpuk oleh lasan.
- Ampere* terlalu rendah.
- Busur las terlalu jauh.
- Sudut pengelasan salah.
- Sudut kampuh terlalu kecil.

2.5.3.2 Cara Mencegah Cacat *Slag Inclusion*:

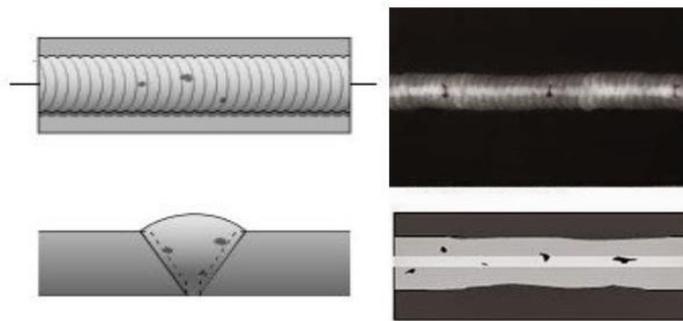
Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:18), Cara Mencegah Cacat *Slag Inclusion* adalah:

- Pastikan lasan benar benar bersih dari *slag* sebelum mengelas ulang.
- Ampere* disesuaikan dengan prosedur.
- Busur las disesuaikan.
- Sudut pengelasan harus sesuai.

e. Sudut kampuh lebih dibesarkan (50-70 derajat).

2.5.4 Cacat Las Tungsten Inclusion

Cacat las *Tungsten Inclusion* adalah cacat pengelasan yang diakibatkan oleh mencairnya *tungsten* pada saat proses pengelasan yang kemudian melebur menjadi satu dengan *weld metal*, cacat ini hampir sama dengan *slag inclusion* namun saat diuji *radiografi tungsten inclusion* berwarna sangat terang. Untuk jenis cacat las ini hanya terjadi pada proses pengelasan *GTAW*.



Gambar 2.10 *Tungsten Inclusion*
Sumber: Internet (2024)

2.5.4.1 Penyebab *Tungsten Inclusion*:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:19) dan referensi internet terupdate jurnal, Penyebab *Tungsten Inclusion* adalah:

- Tungsten* sudah tumpul saat proses pengelasan.
- Jarak *tungsten* terlalu dekat.
- Ampere* terlalu tinggi.

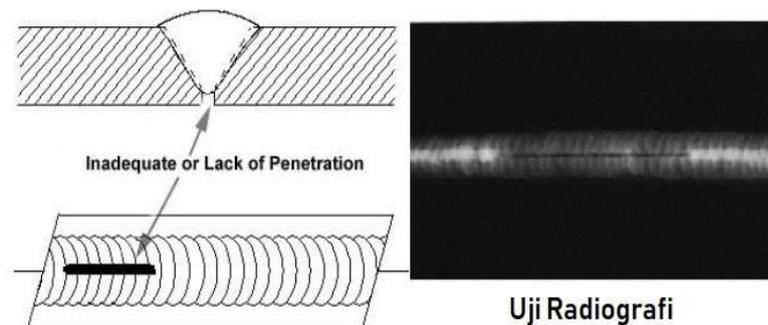
2.5.4.2 Cara Mengatasi Cacat Las *Tungsten Inclusion*:

Berdasarkan referensi jurnal yang diambil dari internet dan bahan pendukung tugas akhir, Cara mengatasi cacat las *Tungsten Inclusion* adalah:

- Tungsten harus diruncingkan sebelum digunakan untuk mengelas.
- Jarak harus disesuaikan.
- Ampere mengikuti *range* yang ada di prosedur.

2.5.5 Cacat Las *Incomplete Penetration*

Incomplete Penetration (IP) adalah sebuah cacat pengelasan yang terjadi pada daerah *root* atau akar las, sebuah pengelasan dikatakan *IP* jika pengelasan pada daerah *root* tidak tembus atau *reinforcemen* pada akar las berbentuk cekung. (Rio Rahmat,2021:20)



Gambar 2.11. *Incomplete Penetration*
Sumber: Internet (2024)

2.5.5.1 Penyebab Cacat *Incomplete Penetration*:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat dan referensi jurnal di internet, Penyebab cacat *Incomplete Penetration* adalah:

- Travel speed* terlalu tinggi.
- Jarak gap atau *root opening* terlalu lebar.
- Jarak elektroda atau busur las terlalu tinggi.
- Sudut elektroda yang salah.
- Ampere* las terlalu kecil.

2.5.5.2 Cara Mencegah Cacat *Incomplete Penetration*:

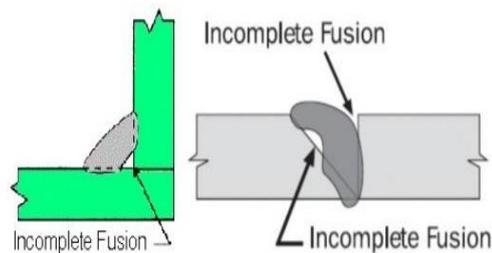
Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat dan referensi jurnal di internet, Cara mencegah cacat *Incomplete Penetration* adalah:

- Travel speed* disesuaikan dengan *WPS (Welding Procedure Specification)*.

- b. Standar *gap* atau *root opening* 2-4 mm.
- c. Standar jarak elektroda 1,5 x diameter elektroda.
- d. *Ampere* disesuaikan dengan *Welding* Prosedur.

2.5.6 Cacat Las *Incomplete Fusion*

Cacat *Incomplete Fusion* adalah sebuah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki karena ketidaksempurnaan proses penyambungan antara logam las dan logam induk. Cacat ini biasanya terjadi pada bagian samping lasan, (internet:2021).



Gambar 2.12. *Incomplete Fusion*
Sumber: Internet (2021)

2.5.6.1 Penyebab Cacat *Incomplete Fusion*:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:21) dan referensi pendukung jurnal lainnya, Penyebab cacat *Incomplete Fusion* adalah:

- a. Posisi Sudut kawat las salah.
- b. *Ampere* terlalu rendah.
- c. Sudut kampuh terlalu kecil.
- d. Permukaan kampuh terdapat kotoran.
- e. *Travel Speed* terlalu tinggi.

2.5.6.2 Cara Mengatasi Cacat *Incomplete Fusion*:

Adapun cara mengatasi cacat *Incomplete Fusion* adalah:

- a. Memperbaiki Posisi Sudut Elektroda.
- b. Menaikkan *ampere* sesuai dengan *WPS* atau *Ampere Recommended*.

- c. Sudut kampuh sesuai dengan yang di *WPS*.
- d. Melakukan persiapan pengelasan yang benar, membersihkan semua kotoran.
- e. Mengatur *Travel Speed* yang sesuai.

2.5.7 Over Spatter

Spatter adalah percikan las, sebenarnya jika spater dapat dibersihkan maka tidak termasuk cacat. Namun jika jumlahnya berlebih dan tidak dapat dibersihkan maka dikategorikan dalam cacat *visual*. (Internet (2021))

2.5.7.1 Penyebab Spater Atau Percikan Las Berlebih:

Adapun Penyebab *spater* berdasarkan jurnal dan referensi tugas akhir percikan las berlebih adalah:

- a. *Ampere* terlalu tinggi.
- b. Jarak elektroda dengan *base metal* terlalu jauh.
- c. Elektroda lembab.

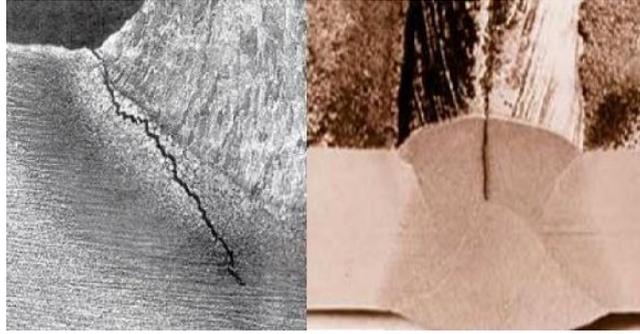
2.5.7.2 Cara Mencegah Terjadinya Cacat Pengelasan Over Spatter:

Berdasarkan buku Tugas Akhir Rio Rahmat (2021:22) dan buku referensi jurnal di internet, cara mencegah terjadinya cacat pengelasan *over spatter* adalah:

- a. Arus diturunkan sesuai dengan rekomendasi.
- b. Panjang busur (1,5 x diameter Elektroda).
- c. Elektroda di *oven* sesuai dengan *handbook* (khususnya kawat las *low hydrogen*).

2.5.8 Cacat Las Hot Crack

Hot Crack (retak panas) adalah sebuah retak pada pengelasan dimana retak itu terjadi setelah proses pengelasan selesai atau saat proses pemadatan logam lasan. Internet (2021).



Gambar 2.13. *Hot Crack*
Sumber: Internet (2021)

2.5.8.1 Penyebab *Hot Crack*:

Adapun penyebab *hot crack* adalah:

- a. Pemilihan elektroda yang salah.
- b. Tidak melakukan perlakuan panas.

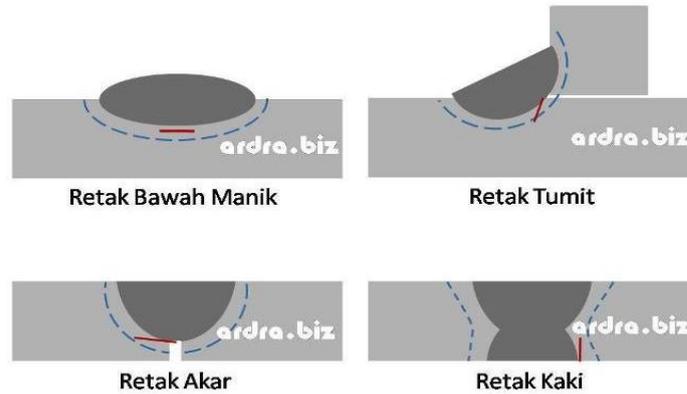
2.5.8.2 Cara Mencegah *Hot Crack*:

Adapun cara mencegah *hot crack* adalah:

- a. Menggunakan elektroda yang sesuai dengan *WPS* atau *Low Hidrogen* yang mempunyai sifat regangan yang tinggi.
- b. Melakukan perlakuan panas (*PWHT* dan *Preheat*)

2.5.9 Cacat Las *Cold Cracking*.

Cold Cracking (retak dingin) adalah sebuah retak yang terjadi pada daerah lasan setelah beberapa waktu (memerlukan waktu, bisa 1 menit, 1 jam, atau 1 hari) proses pengelasan selesai. (Internet (2021))



Gambar 2.14. Area *Cold Cracking*
 Sumber: Internet (2021)

2.5.9.1 Penyebab *Cold Cracking* atau Retak Dingin:

Berdasarkan buku Tugas akhir dan referensi jurnal di internet, adapun penyebab *cold cracking* atau retak dingin adalah:

- Retak Dingin pada Bahan Las (*Cold Cracking*).
- Cooling Rate* terlalu cepat.
- Arus pengelasan terlalu rendah.
- Travel speed* terlalu tinggi.
- Tidak dilakukan pemanasan awal (*pre heat*).

2.5.9.2 Cara Mencegah Terjadinya *Cold Cracking*:

Berdasarkan buku Tugas Akhir dan referensi di internet, penyebab *Cold Cracking* atau Retak Dingin adalah:

- Perlambat pendinginan setelah proses pengelasan.
- Panas yang diterima sesuaikan dengan *WPS (Welding Procedure Specification)*.
- Gunakan arus yang direkomendasi.
- Travel speed* pengelasan tidak terlalu cepat (lihat *WPS* yang ada).
- Lakukan *pre heat* (untuk material yang karbon ekuivalen diatas 0,40 maka harus dipreheat)

2.5.10 Cacat Las *Distorsi*

Pengertian *distorsi* pada pengelasan adalah sebuah perubahan bentuk material yang diakibatkan panas yang berlebih saat proses pengelasan berlangsung. *Distorsi* ini terjadi saat proses pendinginan, karena adanya panas yang berlebih maka material dapat mengalami penyusutan atau pengembangan sehingga akan tarik menarik dan membuat material tersebut melengkung. (Internet (2021)).



Gambar 2.15. *Distorsi*
Sumber: Internet (2021)

2.5.10.1 Penyebab Terjadinya *Distorsi*:

Adapun penyebab Terjadinya *Distorsi* berdasarkan referensi internet adalah:

- a. Panas yang berlebih.
- b. *Ampere* terlalu tinggi.
- c. *Take weld* (las ikat) kurang kuat.
- d. Persiapan pengelasan yang salah.

2.5.10.2 Cara Mencegah *Distorsi* Las:

Adapun cara Mencegah *Distorsi* Las adalah:

- a. Menyesuaikan arus dengan yang ada di *WPS* (*Welding Procedure Specification*).
- b. *Take weld* (las ikat) ditambah atau memberikan *stopper* (penguat pada logam induk).
- c. Melakukan Persiapan pengelasan yang benar.

2.6 Material Pipa

2.6.1 Defenisi dan Fungsi Pipa

Pipa adalah sebuah selongsongan bundar (silinder berongga) yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. Pipa biasanya disamakan dengan istilah tube, pipa tersebut biasanya terbuat dari bermacam-macam bahan sesuai dengan kebutuhannya, seperti: besi, tembaga, kuningan, *plastic*, *pvc*, aluminium, *stainless*. Fungsi pipa yaitu sebagai sarana untuk menyalurkan bahan seperti zat cair, gas, maupun uap dari suatu tempat ke tempat tertentu dengan mempertimbangkan efek, temperatur dan tekanan fluida yang dialirkan, lokasi serta pengaruh lingkungan sekitar. (S M Indra,2019).

2.6.2 Jenis-Jenis Pipa Baja

1. Pipa Jenis Baja Karbon (*Pipa Carbon Steel*)

Jenis pipa baja yang satu ini terbuat dari perpaduan antara bahan besi (*Fe*) dengan bahan karbon (*C*). untuk kandungan karbon pada jenis pipa yang satu ini hanya berkisar kurang dari jumlah 1,7%, kemudian ada pula kandungan mangan yang juga kurang dari jumlah 1,65%, kemudian kandungan dari bahan aluminium (*Al*), serta silikon (*S*). Tidak hanya itu saja, pipa ini juga mengandung bahan kontaminan seperti halnya oksigen, belerang, kemudian nitrogen, dan juga beberapa bahan lainnya yang tidak ditentukan berapa jumlah batas minimalnya, yaitu beberapa elemen dari *Ni*, *Cr*, *Al*, *Mo*, *Co*, serta *Nl*.

2. Pipa Jenis Baja Paduan (*Pipa Allow Steel*)

Sesuai dengan nama yang dimilikinya pipa dari baja paduan ini tentunya tersusun dari beragam material dengan fungsi yang berbeda, diantaranya :

- a. Karbon yang berfungsi dalam menambah kekuatan baik itu *yield* atau bahkan *ultimate* serta kekerasan dari bahan pipa
- b. Silikon yang berfungsi sebagai *deoxidizer*, yaitu bahan yang mampu menangkap zat oksigen terlarut, sehingga dapat membantu menghindari porositas serta meningkatkan *castability*.
- c. Mangan yang berfungsi dalam meningkatkan nilai ketangguhan pipa.
- d. Krim yang berguna dalam meningkatkan ketahanan pipa utamanya dari abrasi

- serta aus yang timbul akibat suhu tinggi.
- e. *Molibdenum* juga berfungsi sebagai penambah daya tahan dari baja pada suhu tinggi.
 - f. Nikel bagian yang berfungsi dalam meningkatkan sifat getas baja

2.6.3 Standar Dimensi Untuk Ukuran Pipa Baja

Ada standar yang berbeda untuk menggambarkan ukuran pipa baja, OD dan ketebalan dinding. Terutama adalah *ASME B 36.10*, *ASME B 36.19*. Baik *ASME B36.10* dan *B36.19* adalah spesifikasi standar untuk dimensi pipa baja dan aksesorinya.

ASME B36.10M meliputi standarisasi dimensi dan ukuran pipa baja. Pipa-pipa ini termasuk jenis mulus atau dilas, dan diterapkan pada suhu dan tekanan tinggi atau rendah. Pipa dibedakan dari tabung (*Pipe vs Tube*), disini pipa khusus untuk sistem perpipaan, transmisi fluida (Minyak dan gas, air, *slurry*). Gunakan standar *ASME B 36.10M*. Dalam standar ini, diameter luar pipa lebih kecil dari *12,75 in (NPS 12, DN 300)*, diameter aktual pipa lebih besar dari *NPS* (Ukuran pipa nominal) atau *DN* (Diameter nominal). Sedangkan untuk dimensi pipa baja, diameter luar sebenarnya sama dengan nomor pipa untuk semua ukuran.

2.6.4 Jadwal Pipa Baja

Dalam *ASME B36.10M*, jadwal Pipa diidentifikasi sebagai Standar (*STD*), *Ex-Standard (XS)*, atau *Double Extra Strong (XSS)*; Atau dengan Jadwal No. 5, 10, 20, 30, 40, 80, 120, 160. Jadwal pipa baja adalah metode indikasi yang diwakili oleh *ASME B 36.10*, dan juga digunakan dalam banyak standar lain, ditandai dengan "Sch". Sch adalah singkatan dari *schedule*, umumnya muncul dalam standar pipa baja Amerika, yang merupakan awalan dari nomor seri. Misalnya, *Sch 80*, 80 adalah nomor pipa dari bagan/tabel *ASME B 36.10*.

Karena aplikasi utama pipa baja adalah untuk mengangkut cairan di bawah tekanan, jadi diameter internalnya adalah ukuran kritisnya. Ukuran kritis ini diambil sebagai lubang nominal (*NB*). Oleh karena itu, jika pipa baja membawa

cairan dengan tekanan, sangat penting bahwa pipa harus memiliki kekuatan yang cukup dan ketebalan dinding yang cukup. Jadi ketebalan dinding ditentukan dalam Jadwal, yang berarti jadwal pipa, disingkat *SCH*. Di sini *ASME* adalah standar dan definisi yang diberikan untuk jadwal pipa.

Rumus Jadwal Pipa:

$$Sch.=P/[\sigma]t \times 1000$$

P adalah tekanan yang dirancang, satuan dalam *MPa*;

$[\sigma]t$ adalah tegangan yang diijinkan bahan di bawah suhu desain, Satuan dalam *MPa*.

Untuk menggambarkan parameter pipa baja, biasanya kita menggunakan jadwal pipa, Ini adalah metode yang mewakili ketebalan dinding pipa dengan nomor. Jadwal pipa (*sch*) bukan merupakan ketebalan dinding, tetapi merupakan rangkaian ketebalan dinding. Jadwal pipa yang berbeda berarti ketebalan dinding yang berbeda untuk pipa baja dengan diameter yang sama. Indikasi jadwal yang paling sering adalah SCH 5, 5S, 10, 10S, 20, 20S, 30, 40, 40S, 60, 80, 80S, 100, 120, 140, 160. Semakin besar nomor meja, semakin tebal permukaan dinding pipa, semakin tinggi ketahanan tekanannya.

2.6.5 Standar Penggunaan Pipa

Dalam penggunaan pipa khususnya industri wajib memiliki standar penyesuaian fungsi dengan bahan seperti penyaluran minyak, gas, air dan lainnya. *API (American National Institute)* adalah salah satu standar yang menentukan penggunaan pipa dalam segi material dan metode penyambungan. Pipa *carbon steel API Standard 5L* terdapat dengan jenis *A53* dan *A106*. Pipa baja karbon ini diperuntukan kelas A dan kelas B. Pipa *API 5L Grade B* terdapat dalam dua jenis produk yaitu *API 5L Grade B PSL 1* dan *API 5L Gr.B PSL2*. Pipa jenis ini banyak digunakan di lingkungan industri Migas untuk unit pembangkit listrik, boiler, *petrochemical*, pabrik petrokimia, kilang pengolahan minyak, kilang pengolahan gas, kapal, dan instalasi lepas pantai. Pipa-pipa ini digunakan untuk transportasi fluida minyak dan gas dengan tekanan tinggi dan *temperature* kerja tinggi. (Sulardi:2021)

2.6.6 Standar Penyambungan Pipa

Selain daripada standar penyesuaian material, *API (American Petroleum Institute)* juga mengatur tentang instalasi penyambungan pengelasan pada pipa. *API 1104* adalah standar industri yang ditujukan untuk pengelasan pipa yang digunakan dalam industri minyak dan gas. Standar ini menetapkan persyaratan untuk prosedur pengujian, kualifikasi pengelas, dan kualitas pengelasan. *PQR (Procedure Qualification Record)* yang dibuat sesuai dengan *API 1104* menunjukkan bahwa prosedur pengelasan telah diuji dan memenuhi persyaratan standar ini.

Untuk membuat *PQR (Procedure Qualification Record)* sesuai *API 1104*, prosedur pengelasan harus diuji menggunakan metode dan kriteria yang ditentukan dalam standar. Ini mencakup pengujian mekanis dan visual, serta inspeksi radiografi jika diperlukan. Setelah prosedur pengelasan diuji dan disetujui, hasil pengujian dan detail prosedur dicatat dalam *PQR*.

PQR (Procedure Qualification Record) adalah bagian penting dari sistem manajemen kualitas dalam industri pengelasan. Dokumen ini digunakan untuk memverifikasi bahwa prosedur pengelasan yang digunakan dalam produksi memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Dengan memiliki *PQR* yang memenuhi *API 1104*, perusahaan dapat menunjukkan komitmennya terhadap kualitas dan keamanan.

2.7 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian Terkait
Sumber : Penulis

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Azwinur, Saifuddin A. Jalil, Asmaul Husna (2017).	Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Pengelasan <i>SMAW</i>	<p>1. Nilai lebar <i>HAZ</i> berkisar antara 1 sampai 2.5 mm dan lebar <i>HAZ</i> terkecil terdapat pada spesimen dengan variasi lebar <i>root</i> 3 mm. Sedangkan untuk lebar <i>HAZ</i> terbesar terjadi pada spesimen dengan variasi lebar <i>root</i> 5 mm.</p> <p>2. Pada spesimen variasi lebar <i>root</i> 3 mm menghasilkan area <i>weld metal</i> yang lebih besar dari spesimen variasi lebar <i>root</i> 4 mm, hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan <i>ampere</i> yang digunakan terlalu besar, jarak busur terlalu pendek dan <i>travel speed</i>-nya terlalu kecil.</p> <p>3. Semakin lebar <i>root gap</i> yang ditentukan, maka heat input semakin meningkat, karena semakin lambat kecepatan pada saat pengelasan.</p> <p>4. Semakin lebar <i>root gap</i> yang ditentukan, maka makin</p>

			lebar pula <i>HAZ</i> yang terbentuk. Hal ini dikarenakan semakin lebar <i>root gap</i> , mengakibatkan kecepatan pengelasan menjadi semakin lambat sehingga berpengaruh pada semakin besar nilai heat input. Dengan heat input yang semakin besar mengakibatkan daerah <i>HAZ</i> yang terbentuk semakin lebar.
3.	Syaripuddin, Universitas Negeri Jakarta (2017).	Karakteristik Hasil Pengelasan Pipa Dengan Beberapa Variasi Arus Las Busur Listrik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai kekuatan tarik untuk arus 100 A kampuh V 60° adalah 30,746 Kg/mm². 2. Nilai kekuatan tarik untuk arus 120 A kampuh V 60° adalah 31,146 Kg/mm². 3. Nilai kekuatan tarik untuk arus 140 A kampuh V 60° adalah 45,796 Kg/mm². 4. Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik yang paling besar t
2.	Rahmat,Rio (2021). Polbeng	Pembuatan <i>Sample</i> Sambungan Las <i>Fillet</i> dan <i>Groove</i> Pada Plat Menggunakan Proses <i>SMAW</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengadakan suatu media pembelajaran las <i>SMAW</i> yang lebih spesifik dengan sampel las yang tampak luar dalam dan disertai rekaman data pengelasan. Dalam hal ini

			<p>penulis membuat rekaman berupa buku serta tampilan lasan plat di bengkel dengan menunjukan masing-masing layer dalam tahapan pengelasan guna mempermudah mahasiswa dan dosen dalam proses belajar mengajar.</p> <p>2. Mendapat kan hasil <i>sample</i> yang layak untuk dijadikan contoh dan sesuai <i>standard acceptance criteria</i>. Yaitu suatu keberterimaan produk yang akan dibuat sedemikian rupa sehingga dapat diterima.</p>
--	--	--	--

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada kegiatan ini adalah sebagai berikut :

- a. Satu set mesin las *SMAW ESAB*.
- b. *Cutting Torch*
- c. Mesin Bubut
- d. Meja las.
- e. Palu *chaping*.
- f. Sikat Baja
- g. Alat ukur (roll,jangka sorong,*welding gauge*,siku.dll)
- h. Mesin gerinda.
- i. Alat-alat APD pengelasan (Helm las, kaca mata, sarung tangan, masker, *warepack*, apron, sarung tangan las, sepatu *safety* dan alat pemadam kebakaran).
- j. *Marker*

3.1.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada kegiatan ini adalah sebagai berikut :

- a. Pipa baja standar *carbon steel* seamless sch 80 ukuran panjang 10 cm, diameter 4 inchi dan tebal 8,56 mm serta plat ukuran Panjang 20 x 20 cm tebal 8mm.
- b. Elektroda
- c. Besi untuk material meja pajang
- d. Printan materi las yang sudah di laminating
- e. Cairan *penetrant*
- f. Cairan anti korosi

3.2 Tahapan Pembuatan

Adapun tahapan penelitian merupakan kerangka dasar dari alur penyelesaian Tugas Akhir. Metode penulisan mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan guna melakukan proses pembuatan *sample* penyambungan pengelasan pipa di bengkel kampus Teknik perkapalan. Adapun tahapan dalam pengerjaan Tugas Akhir tersebut yaitu:

3.2.1. Studi literatur

Studi literatur berdasarkan pengalaman penulis dalam mempelajari mata kuliah kerja las serta ilmu interdisiplin terhadap pentingnya kebutuhan dan pemasangan pipa pada kapal, sementara di kampus *sample* pengelasan pipa belum ada dan butuh dikembangkan. Selain itu penulis juga melalui pengalamannya pada saat melakukan kerja praktek merasakan pentingnya ilmu pengelasan dan posisi serta jenis penyambungan pipa di kapal.

Dalam hal ini, penulis mencari referensi tambahan yang diperlukan mengenai pengelasan *SMAW* melalui, antara lain:

- a. Buku (Skripsi)
- b. Internet (*youtube*)
- c. Jurnal

3.2.2 Penentuan Model Yang Akan di Las

Penentuan jenis-jenis model yang akan di tampilkan nanti di galeri, seperti jenis jenis sambungan yang akan dibuat, jenis pipa dan elektroda yang akan digunakan dan posisi pengelasan.

3.2.3 Persiapan Alat Dan Bahan

Mengecek kelengkapan alat dan kondisi mesin yang akan digunakan kemudian mengecek ketersediaan bahan yang akan digunakan.

3.2.4 Tahapan Pengerjaan

Dalam pengerjaan pengelasan sambungan terdapat beberapa tahapan tahapan pertama tama pastikan *APD* sudah terpasang dengan baik setelah itu mengukur dan memotong pipa yang akan di las kemudian menggerinda bagian salah satu sisi pipa sehingga mendapatkan sudut kampuh yang dibutuhkan kemudian menyetel arus dan kekuatan amper mesin las setelah itu pemilihan elektroda yang sesuai dengan ukuran pipa terakhir pengaturan jarak *gap* antar kedua potongan plat yang akan disambung dan di *tack*, lalu pengelasan dapat dilakukan dengan tahapan pertama yaitu pengelasan *root* yaitu sambungan bagian dasar base metal, kemudian *filler* yaitu las pengisi terakhir yaitu *capping* puncak sambungan sudut kampuh V.

3.2.5 Pengujian Hasil Las

Pengujian las terdapat dua metode yaitu *destructive test* dan *non destructive test*. Dan pada proses pengujian hasil las yang akan penulis gunakan yaitu *non destructive test (NDT)* yang terbagi menjadi 2 *type* yaitu *visual test*, dan *penetrant test*. *ultrasonic test*, *radiografi test*, *magnetik test*.

3.2.6 Pelapisan Anti Korosi

Plat hasil pengelasan yang telah lulus uji keberterimaan dengan proses *NDT (Non Destructive Test)* maka dilakukan pelapisan anti korosi sebab *sample* ini akan digunakan untuk jangka waktu yang panjang dan diharapkan tidak terkontaminasi oleh zat apapun termasuk korosi yang mampu merubah bentuk dan struktur besi yang telah di las.

3.2.7 Pembuatan Meja Pajang

Dimana setelah semua model las telah selesai maka selanjutnya pembuatan meja atau media untuk peletakan hasil las tersebut.

3.2.8 Pencantuman Keterangan Pada Tiap Tiap Model Las

Proses terakhir pada pengerjaan tugas ini yaitu melengkapi setiap model lasan dengan keterangan keterangan yang dibutuhkan sehingga pengunjung lebih memahami detail dari proses lasan tersebut. Pada tahapan ini, penulis akan membuat buku rekaman dalam pembuatan serta keterangan pengelasan *sample* dalam bentuk *printing*. Selain itu pada tahapan ini akan dipaparkan juga melalui video penjelasan *sample*.

3.2.9 Penyusunan Laporan Pengerjaan dan Hasil

Setelah proposal tugas akhir disetujui oleh dosen penguji pada saat seminar proposal maka dimulailah pengerjaan tugas akhir dan dilakukan dokumentasi pengerjaan dan di lampirkan pada laporan pengerjaan yang akan di tulis pada bab empat yang berisi tentang alat dan bahan yang digunakan dan prosedur pengerjaan.

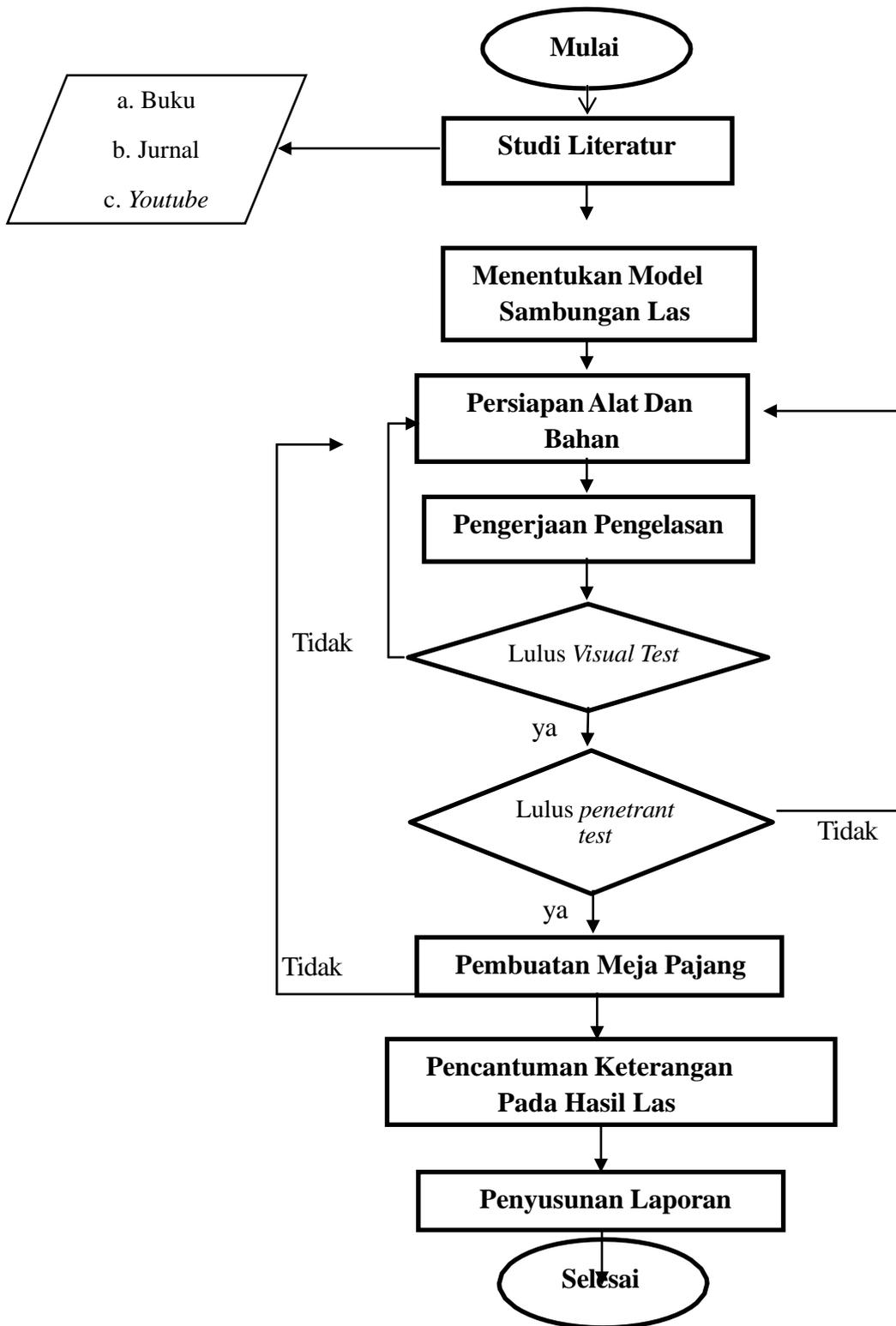
3.3 Model/ Perancangan

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis akan membuat suatu model/ perancangan pembuatan *sample* pengelasan sambungan material pipa dengan jenis sambungan *butt joint* dan *tee joint*, dan yang nantinya akan dibuat dalam model meja putar atau berbentuk pohon sehingga memudahkan para pembaca untuk mengamati produk yang akan dibuat. Selain itu, berdasarkan perancangan ukuran pada gambar *autocad* yang telah dibuat, maka penulis juga akan menyertakan buku rekaman serta ukuran dan dokumentasi pengelasan di tiap-tiap jenis posisi sambungan pengelasan *sample* yang direncanakan.

3.4 Diagram Alir (Flowchart)

Flowchart merupakan suatu bagian dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antar suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. *Flowchart* sistem merupakan suatu bagian yang menunjukkan alur kerja atau apa yang sedang

dikerjakan di dalam sistem keseluruhan dan menjelaskan urutan dari prosedur-prosedur yang ada di dalam sistem. Dengan kata lain, *flowchart* merupakan deskripsi secara grafik dari urutan prosedur yang terkombinasi dan membentuk suatu sistem (tahapan gambaran pengerjaan).



Gambar 3.1 *Flowchart*
 Sumber: Penulis

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan pengujian ini ialah: Pengumpulan data–data yang diperoleh dari buku, artikel, jurnal, dan lain-lain yang mencakup pengelasan *SMAW*, *visual test*, *ultrasonic test* dan *standard* yang digunakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Studi Literatur Mencari Perbandingan Model Yang Telah Ada Sebelumnya

Langkah awal yang perlu diperhatikan dan dilakukan dalam penentuan sambungan posisi pengelasan serta metode yang akan digunakan adalah dengan mencari terlebih dahulu data dan referensi jenis-jenis posisi sambungan las pada pipa. Hal ini didapatkan dengan melihat acuan yang telah ada dan diatur oleh standar ASME (salah satu standar penyambungan jenis metode pengelasan pada pipa. Selain itu dalam pembuatan sample pengelasan pipa tersebut perlunya menyesuaikan jenis komponen baik alat dan bahan yang akan dijadikan *sample*, seperti kode, jenis bahan, dan *schedule* yang akan digunakan, begitu juga dengan *type* mesin SMAW serta jenis elektroda yang telah direncanakan sebelumnya dalam pembuatan *sample* tersebut. Pada tahapan awal ini, penulis menggunakan dan menyesuaikan pipa standar *seamless steel Sch 80* dan jenis material yang sama yaitu *ASTM A106 Grade B*. Adapun tujuan penyesuaian *sample* sambungan mengikuti standar yaitu untuk mengetahui metode pengelasan yang akan digunakan, sudut pembuatan *bevel*, jarak gap yang digunakan, serta standar penyambungan yang digunakan dalam pengelasan tersebut. Untuk lebih jelas terkait WPS, sebagaimana dijelaskan dalam lampiran.



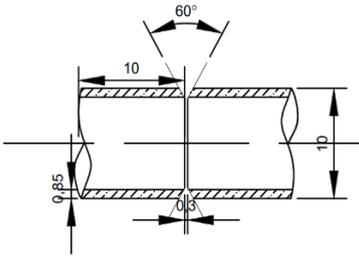
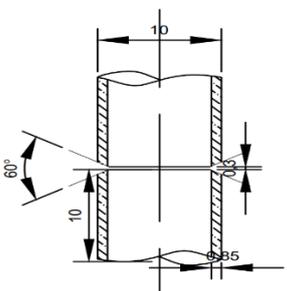
Gambar 4.1 Jenis material yang digunakan dalam *sample*
Sumber: Penulis

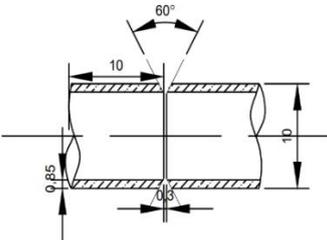
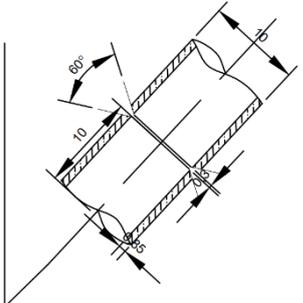
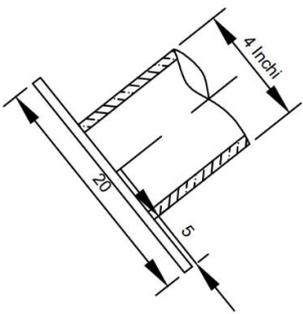
4.2 Penentuan Sambungan Dan *Joint* Desain *Sample* Yang Akan Dibuat

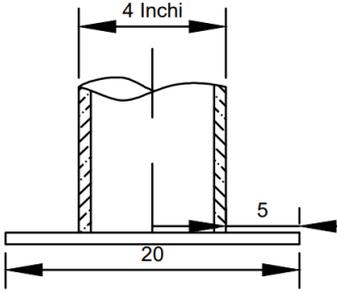
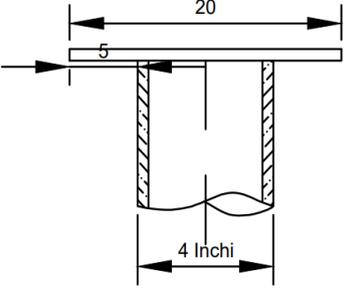
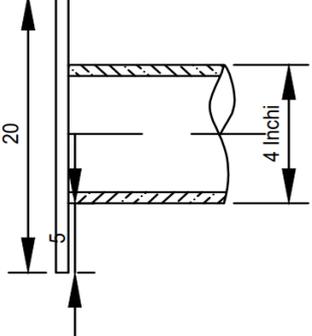
Pada tahapan ini adalah menentukan jenis sambungan yang akan dijadikan *sample* berdasarkan yang direncanakan dan desain ukuran material masing-

masing *sample* untuk nantinya akan dipotong per masing-masing *sample* seperti pipa dan plat serta jumlah kebutuhan material yang akan dipakai. Adapun jenis posisi sambungan yang akan dibuat diantaranya yaitu jenis sambungan *butt joint v groove* posisi 1G, 2G, 5G, 6G, dan 6GR serta pembuatan satu jenis posisi sambungan dalam hal cacat *butt joint* dan penulis memilih pembuatan cacat las 1G. Selain itu pembuatan *sample* sambungan *Tee joint* atau *fillet* dengan posisi 1F, 2F, 4F, dan 5F, serta pembuatan satu jenis posisi sambungan *sample* yang sengaja dibuat cacat dan penulis memilih pembuatan cacat las 2F, dimana tujuan pembuatan cacat yaitu untuk memudahkan penjelasan jenis-jenis cacat las selain daripada prosedur pengelasan. Berikut tabel desain posisi dan ukuran material yang akan dibuat menjadi *sample*.

Tabel 4.1 Desain Sambungan dan Kebutuhan Plat

No	Jenis sambungan	Type model	Joint design	Posisi	Keterangan Pipa
1	<i>Butt joint</i>	<i>Vgroove</i> dan <i>Vgroove defect</i>	<p style="text-align: center;">1G</p> 	1G	Pipa sch 80, OD = 10cm
2.	<i>Butt joint</i>	<i>Vgroove</i>	<p style="text-align: center;">2G</p> 	2G	Pipa sch 80, OD = 10cm

3.	<i>Butt joint</i>	<i>Vgroove</i>	<p style="text-align: center;">5G</p> 	5G	Pipa sch 80, OD = 10cm
4.		<i>Vgroove</i>	<p style="text-align: center;">6G</p> 	6G	Pipa sch 80, OD = 10cm
5.	<i>Tee joint</i>	<i>Fillet</i>	<p style="text-align: center;">1F</p> 	1F	Pipa sch 80, OD = 10cm, <i>plate</i> <i>thiksnest</i> = 8mm

6.		<i>Fillet dan Fillet defect</i>	<p style="text-align: center;">2F</p> 	2F	Pipa sch 80, OD = 10cm, <i>plate thiksnest =</i> 8mm
7.		<i>Fillet</i>	<p style="text-align: center;">4F</p> 	4F	Pipa sch 80, OD = 10cm, <i>plate thiksnest =</i> 8mm
8.		<i>Fillet</i>	<p style="text-align: center;">5F</p> 	5F	Pipa sch 80, OD = 10cm, <i>plate thiksnest =</i> 8mm

4.3 Persiapan Alat dan Bahan

4.3.1 Persiapan Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada kegiatan pembuatan *sample* ini adalah sebagai berikut:

- a. Gerinda (gerinda duduk untuk pemotong pipa, gerinda tangan halus untuk membersihkan hasil potongan, gerinda *insert* untuk membersihkan hasil las dari terak dan sikat dalam pipa.



Gambar 4.2 Gerinda duduk untuk memotong pipa
Sumber: Internet



Gambar 4.3 Gerinda tangan untuk membersihkan terak dan merapikan potongan material
Sumber: Internet

- b. Mata gerinda baja (penghalus), untuk membersihkan hasil potongan material.



Gambar 4.4 Mata gerinda halus
Sumber: Internet

- c. Mata gerinda insert pembersih sambungan sebelum lanjut pengelasan.



Gambar 4.5 Mata insert pembersih sambungan pengelasan
Sumber: Internet

- d. Mesin bubut, untuk pembuatan sudut *bevel* pipa.



Gambar 4.6 Mesin bubut pembuatan sudut *bevel*
Sumber: Penulis

- e. Pemotong api *semi automatic (Gas cutting machine)*, untuk memotong plat.



Gambar 4.7 Gas cutting machine
Sumber: Penulis

- f. Gerinda botol, unntuk membersihkan bagian dindng dalam pipa *sample*



Gambar 4.8 Gerinda botol pembersih lasan/material
Sumber: Penulis

- g. 1 Set Mesin las SMAW (palu *chipping*, sikat baja).



Gambar 4.9 Mesin las SMAW
Sumber: Penulis

- h. Meteran, *Roll*, kapur, untuk *marking* dan penandaan simbol pada material.



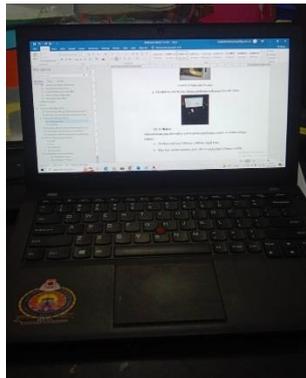
Gambar 4.10 Penggaris dan Spidol
Sumber: Penulis

- i. Buku tulis, pena, dan kamera, sebagai rekaman dan *report* pembuatan *sample*.



Gambar 4.11 Buku tulis dan pena
Sumber: Penulis

- j. *Handphone* dan laptop, dalam pembuatan rekaman dan edit video.



Gambar 4.12 *Handphone* dan laptop untuk *report* dan edit video
Sumber: Penulis

4.3.2 Bahan

Adapun bahan yang dibutuhkan pada kegiatan pembuatan *sample* ini adalah sebagai berikut :

- a. Plat baja *mild steel* 200mm x 200mm, tebal 8mm



Gambar 4.13 Plat *mild steel*
Sumber: Penulis

- b. Pipa baja *carbon seamless steel* 100 x 4 inchi tebal 8,56mm (*sch 80*)



Gambar 4.14 Pipa *seamless steel sch 80* 4 inchi
Sumber: Penulis

- c. Elektroda LB-52, diameter 2,6 dan 3,2mm



Gambar 4.15 Elektroda LB-52 7016 diameter 2,6 mm dan 3,2 mm
Sumber: Penulis

- d. Marker/kapur, untuk penamaan dan penanda pada *sample*



Gambar 4.16 Marker baja untuk penanda
Sumber: Penulis

e. Cairan Penetran, *cleaner*, dan *developer*.



Gambar 4.17 Cairan *cleaner*, penetran, dan *developer*
Sumber: Internet

f. Cat anti korosi.



Gambar 4.18 Cat anti korosi untuk sample dan meja pajang
Sumber:Penulis

g. *Clear* (pengkilap)



Gambar 4.19 *Clear* (pengkilap)
Sumber: Penulis

h. Pipa dan besi *hollow* untuk pembuatan meja panjang



Gambar 4.20 Besi *hollow*
Sumber: Penulis

i. Kertas (buku) jilid, untuk pembuatan buku rekaman pengelasan.

4.3.3 Peralatan *Safety* Yang Digunakan

a. Baju *Safety* (*Wairpack*)



Gambar 4.21 *Baju Safety*
Sumber: Penulis

b. *Sepatu Safety*



Gambar 4.22 *Sepatu Safety*
Sumber: Internet

c. *Topeng Las*



Gambar 4.23 *Topeng las*
Sumber: Penulis

d. Apron Las



Gambar 4.24 Apron las
Sumber: Internet

e. Sarung Tangan Las/ *Gloves safety welding*



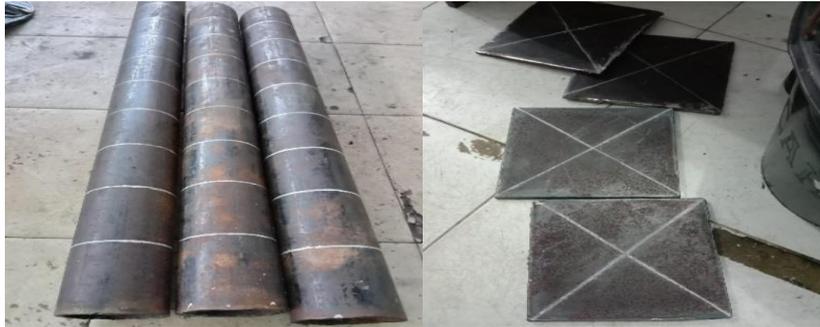
Gambar 4.25 *Gloves safety*
Sumber: Penulis

4.4 Tahapan Pengerjaan

4.4.1 Persiapan Material dan *Marking* Sebelum *Cutting* Material

Yaitu berdasarkan jenis material yang telah direncanakan di persiapkan terlebih dahulu seperti pipa, dan plat. Kemudian mulai untuk *marking* (penandaan untuk pemotongan pada masing-masing *sample*) dengan menggunakan marker dan roll. Pada tahap *marking*, pipa yang digunakan berukuran panjang 10 cm dengan *schedule* 80 atau tebal mencapai 8,56 mm dan untuk plat yang digunakan ukuran 20 cm x 20 cm, dengan tebal (*thiknest*) 8mm, kemudian ditandai untuk masing- masing *sample* seperti pada tabel 4.1 untuk ukuran dan posisi sambungan yang di rencanakan. Untuk *marking* pada plat sendiri diberikan garis bantu untuk siku dan *center* dengan mengambil garis diagonal tempat penyambungan *sample*

fillet. Untuk lebih tepatnya perhatikan gambar 4.23 dibawah ini:



Gambar 4.26 Marking pipa dan plat
Sumber: Penulis

4.4.2 Pemotongan, Pembuatan Sudut *Bevel*, dan *Root Face*

Setelah di *marking* atau diberikan penanda untuk masing-masing perencanaan potongan *sample*, maka mulailah untuk memotong material dengan menggunakan gerinda duduk, sementara untuk pemotongan plat dapat dilakukan menggunakan *cutting torch* atau menggunakan api manual (*automatic*). Pada pemotongan pipa dan plat, sebisa mungkin untuk lurus sehingga dapat meminimalisir penghalusan atau penggerindaan. Setelah pipa dipotong maka berikutnya yaitu pembuatan sudut *bevel* yang nantinya akan digunakan sebagai syarat penyambungan *butt joint* pipa seperti dipaparkan dalam pembanding. Untuk pembuatan sudut *bevel*, supaya lebih rapi dan *smooth* dapat dilakukan dengan menggunakan mesin bubut dan usahakan titik *center* supaya tidak lari agar akurasi pemotongan sudut yang direncanakan lebih baik. Pada tahapan pembubutan ini penulis membuat sudut *bevel* yaitu 30° . Setelah itu pembuatan *root face* dengan memotong lurus sebanyak 2 mm pada bagian dalam diameter pipa atau kubangan tempat *root* yang akan di las sebagai layer pertama.



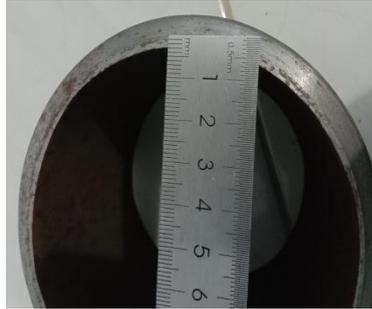
Gambar 4.27 pemotongan pipa menggunakan gerinda duduk
Sumber: Penulis



Gambar 4.28 pembuatan sudut *bevel* pipa melalui proses bubut
Sumber: Penulis



Gambar 4.29 sudut *bevel* 30° per 1 potong pipa
Sumber: Penulis



Gambar 4.30 pembuatan *root face* sebanyak 2mm
Sumber: Penulis



Gambar 4.31 Pemotongan plat menggunakan *cutting torch semi automatic*
Sumber: Penulis

4.4.3 Penghalusan Dan Penggerindaan Hasil Potongan

Agar hasil potongan *smooth* dan lurus dari kerak api, maka perlu dilakukan penggerindaan dengan menggunakan gerinda tangan. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar pekerjaan 4.29 dibawah ini.



Gambar 4.32 Penggerindaan material
Sumber: Penulis

4.4.4 Persiapan Pengelasan Spesimen

Dalam melakukan setiap kegiatan pengelasan terdapat tiga ketentuan kerja yang perlu di perhatikan yaitu *before*, *during* dan *after* adapun maksudnya yaitu :

1. *Before*

Before yaitu ketentuan ketentuan sebelum memulai pengelasan yang perlu dipersiapkan antara lain yaitu menyiapkan perlengkapan las, kelengkapan alat alat *safety* dan bahan seperti memanaskan elektroda didalam *oven* agar mendapatkan lelehan yang stabil dan meminimalisir *spater*, kemudian mengatur polaritas arus *DCEP* pada penetrasi *root* dan pola *DCEP* untuk pengelasan *filler* dan *capping*. Kemudian menyetel kekuatan arus *ampere*, memperhatikan keamanan lingkungan kerja dari hal hal yang akan menimbulkan resiko kecelakaan seperti blower dan lain lain. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 4.33 persiapan peralatan lingkungan kerja
Sumber: Penulis



Gambar 4.34 Persiapan *ampere* dan polaritas yang digunakan
Sumber: Penulis

2. *During*

During berarti sedang melakukan maksudnya yaitu ketentuan ketentuan pada saat melakukan pengelasan seperti perlakuan panas pada pipa dan plat, mengontrol kekuatan arus, menjaga kestabilan ayunan dan *travel speed* dan pola penyusunan layer, adapun pola penyusunan layer yang dimaksud yaitu bagaimana supaya layer tersebut mengisi sambungan dengan rata dan sempurna karena pada posisi pengelasan tertentu seperti 2G pada saat mengelas layer akan turun dan dominan mengisi pada bagian bawah dari *groove* maka diperlukan penyusunan layer berlapis secara horizontal. pada pengelasan *sample* ini untuk tampilan layer akan dibuat seperti bertingkat atau tangga maksudnya yaitu pada bagian *butt joint*, *capping* dibuat 25%, kemudian *filler* dibuat sepanjang 50%, *root* 75% dan gap *base metal* atau bentuk semula sebelum di las 25%. Sementara untuk *Tee joint* untuk *capping* dibuat 50%, *filler* 75%, dan *base metal* bentuk semula belum di las yaitu 25%.



Gambar 4.35 Penanandaan struktur lapisan las
Sumber: Penulis

3. *After*

After yaitu hal hal yang perlu diperhatikan ketika setelah selesai melakukan pengelasan yaitu seperti meletakkan semua hasil las maupun alat alat yang mengalami panas diletakkan di tempat yang aman, kemudian memastikan semua mesin telah dimatikan dan alat alat yang digunakan di kembalikan pada tempat nya terakhir yaitu membersihkan kembali tempat kerja. Setelah semua telah di bersihkan maka dilakukan pengujian adapun pengujian yang dilakukan pada spesimen ini yaitu pengujian *visual* dan *penetran*. Kemudian jika terdapat cacat yang tidak bisa ditoleransi dilakukan *gouging* atau gerinda kemudian dilas kembali. Terakhir yaitu penamaan spesimen dan melapisi spesimen dengan *clear*

spray agar spesimen terhindar dari karat.

Pertama kali bagian yang harus terlebih dahulu di las yaitu pengetekan (*tackweld*) antara kedua keping pipa dan pipa dengan plat yang akan disambung baik itu sambungan *groove* maupun *fillet*. Sebelum dilakukan pengetekan maka pastikan terlebih dahulu jarak *root gap* sesuai prosedur pengelasan. Usahakan pada pengetekan (*tackweld*) *specimen* menggunakan waterpass dan magnet siku agar tidak terjadinya timpang pada penyambungan. Selain itu membuat jarak gap pada saat *tackweld* sebanyak 3mm.



Gambar 4.36 Penanandaan struktur lapisan las

Sumber: Penulis

Setelah itu, sebelum dilas, perlunya dilakukan pemasangan tanggem, yaitu untuk mengurangi terjadinya deformasi pada material yang akan dilas akibat panasnya material pada meja kerja.



Gambar 4.37 Pemasangan tanggem pada meja kerja

Sumber: Penulis

4.4.5 Proses Pengelasan *Butt joint V Grove*

Untuk sambungan *butt joint* adalah proses pengelasan pipa dengan pipa. Sementara untuk proses pengelasan *butt joint* yang pertama yaitu penetrasi *root* dimana pada proses ini terlebih dahulu menyetel pola arus pada mesin las menjadi sesuai *WPS* yaitu *DCEP* (*Direct current* Elektroda Positif) hingga mencapai *filler* dan *capping*. yaitu posisi elektroda pada arus positif sedangkan posisi masa pada material atau arus sebaliknya (negatif). Pada pengelasan *root* menggunakan elektroda *LB-52 7016* diameter 2,6mm.



Gambar 4.38 *Root* penetrasi
Sumber: Penulis

Pada bagian terjadinya *stop* dan *run*, dilakukan proses penggerindaan agar tidak menyebabkan terjadinya *incomplete penetration* pada pengisian *root*. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dan debu dengan menggunakan gerinda dan sikat baja. Permukaan las dibuat rata dengan menggunakan gerinda untuk membentuk akar las bagi layer kedua dan seterusnya.



Gambar 4.39 Penggerindaan sebelum menyambung lasan
Sumber: Penulis

Layer kedua dan ketiga yaitu *filler* dan *capping*. Dimana pada proses ini pola arus tetap *DCEP* dan *ampere* dinaikkan pada kekuatan 110-125 menggunakan elektroda LB-52 7016 diameter 3,2 dan menjaga kestabilan *runstop* agar tidak terdapat terak yang tertimbun yang dapat menyebabkan pada cacat las.



Gambar 4.40 Proses pengelasan *filler* dan *capping*

Berikut tabel rekaman data prosedur pengelasan *butt joint* :

4.4.5.1 Posisi pengelasan 1G

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dibawah tangan dan diletakkan pada meja kerja yang akan dilas antar sambungan pipa dan pada posisi ini pipanya akan dapat diputar. Untuk lebih jelas perhatikan kembali tabel 4.1 nomor. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.2 *Welding procedure record butt joint 1G*

Number of structure	Name of structure	Process	Filler Metal		Current		Travel speed (mm/min)
			Class	Dia (mm)	Type	Amp (A)	
1	Root	SMAW	E7016	2,6	DCEP	60-80	100
2	Filler	SMAW	E7016	3,2	DCEP	90-110	100
3	Capping	SMAW	E7016	3,2	DCEP	110-115	100

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 1G:



Gambar 4.41 Proses pengelasan 1G
Sumber: Penulis

4.4.5.2 Posisi pengelasan 2G

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material diletakkan secara vertikal dan proses metode pengelasan secara horizontal baik ke kanan maupun ke kiri. Pada posisi ini seorang *welder* akan dapat mengikuti arah pipa dan pipa tetap diam. Dalam pengelasan secara horizontal, lelehan las akan mengikuti gaya gravitasi ataupun turun, oleh karena itu, perlu dilakukan lapisan pada *capping* secara bertahap dan pola nya lurus tanpa ayunan. Untuk lebih jelas lagi terkait posisi, perhatikan kembali tabel 4.1 nomor 2. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.3 *Welding procedure record butt joint 2G*

Number of structure	Name of structure	Process	Filler Metal		Current		Travel speed (mm/min)
			Class	Dia (mm)	Type	Amp (A)	
1	Root	SMAW	E7016	2,6	DCEP	60-70	95
2	Filler	SMAW	E7016	3,2	DCEP	80-100	95
3	Capping 1	SMAW	E7016	3,2	DCEP	90-110	125
4	Capping 2	SMAW	E7016	3,2	DCEP	90-110	125

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 2G:



Gambar 4.42 Proses pengelasan 2G
Sumber: Penulis

4.4.5.3 Posisi pengelasan 5G

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material diletakkan secara rata terhadap meja kerja atau sama dengan posisi 1G. Namun perbedaannya pada posisi ini seorang *welder* mengikuti arah pipa dan pipa tetap diam. Dalam pengelasan secara horizontal dan vertikal, lelehan las akan mengikuti gaya gravitasi ataupun turun. Oleh karena itu, perlu menyesuaikan arus dan pola atau ayunan agar tidak terjadi cacat. Untuk lebih jelasnya lihat kembali pada tabel 4.1 nomor 3. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.4 *Welding procedure record butt joint 5G*

<i>Number of structure</i>	<i>Name of structure</i>	<i>Process</i>	<i>Filler Metal</i>		<i>Current</i>		<i>Travel speed (mm/min)</i>
			<i>Class</i>	<i>Dia (mm)</i>	<i>Type</i>	<i>Amp (A)</i>	
1	<i>Root</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	2,6	<i>DCEP</i>	60-80	100
2	<i>Filler</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	3,2	<i>DCEP</i>	90-110	100
3	<i>Capping</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	3,2	<i>DCEP</i>	110-115	100

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 5G:



Gambar 4.43 Proses pengelasan 5G
Sumber: Penulis

4.4.5.4 Posisi pengelasan 6G

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material diletakkan terhadap meja kerja dan miring sebanyak 45° . Pada posisi ini seorang *welder* mengikuti arah pipa dan pipa tetap diam. Dalam pengelasan 6G, akan terjadinya lasan dibawah tangan hingga diatas tangan. Maka lelehan las akan mengikuti gaya gravitasi ataupun turun. Oleh karena itu, perlu menyesuaikan arus dan pola atau ayunan agar tidak terjadi cacat. Untuk lebih jelasnya lihat kembali pada tabel 4.1 nomor 4. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.5 *Welding procedure record butt joint 6G*

Number of structure	Name of structure	Process	Filler Metal		Current		Travel speed (mm/min)
			Class	Dia (mm)	Type	Amp (A)	
1	Root	SMAW	E7016	2,6	DCEP	60-80	100
2	Filler	SMAW	E7016	3,2	DCEP	85-110	100
3	Capping	SMAW	E7016	3,2	DCEP	90-115	100

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 6G:



Gambar 4.44 Proses pengelasan 6G

Sumber: Penulis

4.4.5.5 Posisi pengelasan 6GR

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material diletakkan terhadap meja kerja dan miring sebanyak 45°. Pada posisi ini seorang *welder* mengikuti arah pipa dan pipa dapat diputar atau berbeda dengan sebelumnya 6G diam. Dalam pengelasan 6GR juga akan terjadinya lasan dibawah tangan hingga diatas tangan. Maka lelehan las akan mengikuti gaya gravitasi ataupun turun. Oleh karena itu, perlu untuk menyesuaikan arus dan pola atau ayunan agar tidak terjadi cacat. Untuk lebih jelasnya lihat Kembali pada tabel 4.1 nomor 4. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.6 *Welding procedure record butt joint 6GR*

Number of structure	Name of structure	Process	Filler Metal		Current		Travel speed (mm/min)
			Class	Dia (mm)	Type	Amp (A)	
1	Root	SMAW	E7016	2,6	DCEP	60-80	100
2	Filler	SMAW	E7016	3,2	DCEP	85-110	100
3	Capping	SMAW	E7016	3,2	DCEP	90-115	100

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 6GR:



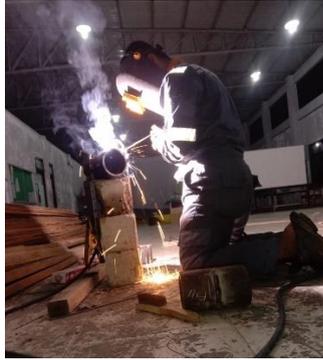
Gambar 4.45 Proses pengelasan 6GR

Sumber: Penulis

4.4.5.6 Posisi pengelasan 1G Defect

Dimana pada pembuatan *sample* sambungan *butt joint 1G defect* yaitu berdasarkan keputusan dan kesepakatan yang telah direncanakan. Maka dalam pembuatan *sample* ini sengaja dilakukan cacat dengan memberikan perlakuan tidak sesuai *WPS*, dan *mendouble* lasan tanpa membersihkan terak, mempercepat ayunan, memperlambat ayunan, membuat pola layer bolak-balik, menaikkan dan menurunkan *ampere* dan tidak memberikan perlakuan panas atau *preheat* pada elektroda. Adapun tujuannya yaitu untuk mempermudah pengenalan terhadap cacat las dan sebab akibat terjadinya cacat untuk dipelajari sehingga diharapkan terhadap pembaca khususnya pemula dapat mengantisipasi terjadinya cacat pada saat mengelas. Adapun cacat las yang terdapat pada *sample* ini yaitu *undercut*, *porosity*, *pinhole*, *underfill*, *incomplete* penetrasi, *incomplete fusion*, *spetter*, *excessive reinforcement*, *overlap* dan lainnya. Berikut gambar pengelasan posisi 1G

defect:



Gambar 4.46 Proses pengelasan 1G *defect* (cacat las)
Sumber: Penulis



Gambar 4.47 Hasil pengelasan 1G *butt joint*
Sumber: Penulis

4.4.6 Proses Pengelasan Tee Joint

Untuk sambungan *Tee joint* adalah proses pengelasan pipa dengan plat. Sementara untuk prosesnya yang pertama yaitu pengelasan *filler* yang selanjutnya adalah *capping*. Pada proses ini terlebih dahulu menyetel pola arus pada mesin las yaitu *DCEP* (*Direct current Elektroda Positif*) dan juga posisi elektroda pada arus positif sedangkan posisi masa pada material atau arus sebaliknya (negatif). Pada pengelasan *filler* menggunakan elektroda *LB-52 7016* diameter 2,6mm.



Gambar 4.48 pengelasan *filler* pada *Tee joint*

Sumber: Penulis

Pada bagian terjadinya *stop* dan *run*, dilakukan proses penggerindaan agar tidak menyebabkan terjadinya *incomplete penetration* pada pengisian *filler* atau lapisan pertama. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dan debu dengan menggunakan gerinda dan sikat baja. Permukaan las dibuat rapi dengan menggunakan gerinda untuk membentuk akar las bagi layer kedua alias *capping* nya.



Gambar 4.49 penggerindaan sebelum menyambung lasan

Sumber: Penulis

Layer kedua yaitu *capping*, dimana pada proses ini pola arus tetap *DCEP* dan menggunakan elektroda *LB-52 7016* diameter 3,2. Pada pengelasan *fillet* atau *Tee joint* ini tidak perlu membuat *root penetration*, dikarenakan kebutuhan untuk 2 layer saja sudah mencukupi untuk kebutuhan tebal dalam pengelasan *fillet* tersebut. Hal ini juga dapat dilihat berdasarkan pertimbangan standart *ASME section IX* yang digunakan mengenai masalah ketentuan pengelasan pipa khususnya gambar *Figure QW-462.4(c) Fillet Welds in Pipe — Performance* (Untuk lebih jelasnya lihat di lampiran). Untuk dimensi pengelasan *fillet*,

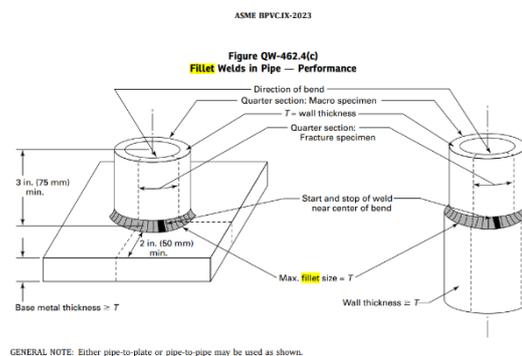
maksimum adalah setebal *thiknest* material material pipa. Selain daripada itu, untuk *welder* diharapkan perlunya untuk menjaga kestabilan *runstop* agar tak terdapat terak yang tertimbun yang dapat menyebabkan pada cacat las.



Gambar 4.50 Proses pengelasan dan *capping Tee joint*

Sumber: Penulis

Berikut ukuran desain *fillet* berdasarkan standar *ASME Section IX QW-462.4(c)*.



Gambar 4.51 Proses pengelasan dan *capping Tee joint*

Sumber: Buku standar *ASME*

Berikut tabel rekaman data prosedur pengelasan *butt joint* :

4.4.6.1 Posisi pengelasan *Tee Joint 1F*

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material diletakkan terhadap meja kerja dan miring sebanyak 45° . Pada posisi ini seorang *welder* mengikuti arah pipa dan pipa tidak dapat diputar alias diam. Dalam pengelasan 1F Pipa

dengan plat yang adalah pengelasan dengan metode dibawah tangan, oleh karena itu penyesuaian arus yang digunakan harus diperhatikan serta menyesuaikan *range ampere* yang tersedia berdasarkan jenis elektroda yang dipakai. Untuk lebih jelasnya lihat Kembali pada tabel 4.1 nomor 5. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.7 *Welding procedure record butt joint 1F*

Number of structure	Name of structure	Process	Filler Metal		Current		Travel speed (mm/min)
			Class	Dia (mm)	Type	Amp (A)	
1	Filler	SMAW	E7016	2,6	DCEP	60-70	90
2	Capping	SMAW	E7016	3,2	DCEP	80-100	90

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 1F:



Gambar 4.52 Proses pengelasan posisi 1F

Sumber: Penulis

4.4.6.2 Posisi pengelasan Tee Joint 2F

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material diletakkan terhadap meja kerja dan posisi pipa lurus *vertical* sementara untuk plat sebagai dasar atau alas pengelasan sambungan. Untuk lebih jelas lagi, perhatikan Kembali pada tabel 4.1 No 6. Pada posisi ini seorang *welder* mengikuti arah pipa baik ke kanan maupun ke kiri. Sementara dalam pengelasan 1F Pipa dengan plat yang adalah pengelasan dengan metode dibawah tangan, sehingga penyesuaian arus yang digunakan harus diperhatikan serta menyesuaikan *range ampere* yang tersedia berdasarkan jenis elektroda yang dipakai serta menyesuaikan ayunan agar tidak

terjadi cacat. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.8 *Welding procedure record butt joint 2F*

Number of structure	Name of structure	Process	Filler Metal		Current		Travel speed (mm/min)
			Class	Dia (mm)	Type	Amp (A)	
1	Filler	SMAW	E7016	2,6	DCEP	60-80	95
2	Capping	SMAW	E7016	3,2	DCEP	90-110	95

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 2F:



Gambar 4.53 Proses pengelasan posisi 2F

Sumber: Penulis

4.4.6.3 Posisi pengelasan Tee Joint 4F

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material digantungkan terhadap meja kerja atau tanggem dan untuk pipa lurus *vertical*, kemudian plat dibalikkan menjadi diatas kepala (*overhead*). Pada posisi *overhead* ini seorang *welder* mengikuti arah pipa dan pipa tidak dapat diputar alias diam. Dalam pengelasan 4F Pipa dengan plat yang adalah pengelasan dengan metode diatas kepala, oleh karena itu penyesuaian arus yang digunakan harus diperhatikan serta menyesuaikan *range ampere* yang tersedia berdasarkan jenis elektroda yang dipakai. Hal ini juga dikarenakan gaya gravitasi terhadap lelehan pasti akan turun. Untuk lebih jelasnya terkait desain posisi, lihat Kembali pada tabel 4.1 nomor 7. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.7 *Welding procedure record butt joint 4F*

<i>Number of structure</i>	<i>Name of structure</i>	<i>Process</i>	<i>Filler Metal</i>		<i>Current</i>		<i>Travel speed (mm/min)</i>
			<i>Class</i>	<i>Dia (mm)</i>	<i>Type</i>	<i>Amp (A)</i>	
1	<i>Filler</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	2,6	<i>DCEP</i>	55-70	90
2	<i>Capping</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	3,2	<i>DCEP</i>	80-100	90

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 4F:



Gambar 4.54 Proses pengelasan posisi 4F

Sumber: Penulis

4.4.6.4 Posisi pengelasan *Tee Joint 5F*

Yaitu proses pengelasan pengerjaan dengan material plat sejajar dengan meja kerja atau tanggem dan untuk pipa lurus *horizontal*, plat lurus *vertical*. Pada posisi ini seorang *welder* mengikuti arah pipa dan pipa tidak dapat diputar alias diam. Dalam pengelasan 5F Pipa dengan plat yang adalah pengelasan dengan metode diatas hingga dibawah tangan, oleh karena itu penyesuaian arus yang digunakan harus diperhatikan serta menyesuaikan *range ampere* yang tersedia berdasarkan jenis elektroda yang dipakai. Hal ini juga dikarenakan gaya gravitasi terhadap lelehan pasti akan turun. Untuk lebih jelasnya terkait desain posisi, lihat Kembali pada tabel 4.1 nomor 8. Berikut tabel data rekaman proses pengelasan yang digunakan:

Tabel 4.8 *Welding procedure record butt joint 5F*

<i>Number of structure</i>	<i>Name of structure</i>	<i>Process</i>	<i>Filler Metal</i>		<i>Current</i>		<i>Travel speed (mm/min)</i>
			<i>Class</i>	<i>Dia (mm)</i>	<i>Type</i>	<i>Amp (A)</i>	
1	<i>Filler</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	2,6	<i>DCEP</i>	60-80	95
2	<i>Capping</i>	<i>SMAW</i>	<i>E7016</i>	3,2	<i>DCEP</i>	90-110	95

Berikut gambar posisi proses pengelasan pada 5F:



Gambar 4.55 Proses pengelasan posisi 5F
Sumber: Penulis

4.4.6.5 Posisi pengelasan *Tee Joint 2F Defect*

Dimana pada pembuatan *sample* sambungan *Tee joint 2F defect* yaitu berdasarkan keputusan dan kesepakatan yang telah direncanakan. Sama seperti yang sebelumnya pada *defect butt joint*, maka dalam pembuatan *sample* ini sengaja dilakukan cacat dengan memberikan perlakuan tidak sesuai *aturan* keberterimaan cacat las dan *mendouble* lasan tanpa membersihkan terak, mempercepat ayunan, memperlambat ayunan, membuat pola layer bolak-balik, menaikkan dan menurunkan *ampere* dan tidak memberikan perlakuan panas atau *preheat* pada elektroda. Adapun tujuannya yaitu untuk mempermudah pengenalan terhadap cacat las dan sebab akibat terjadinya cacat untuk dipelajari sehingga diharapkan terhadap pembaca khususnya pemula dapat mengantisipasi terjadinya cacat pada saat mengelas. Adapun cacat las yang terdapat pada *sample* ini yaitu

undercut, porosity, pinhole, underfill, incomplete penetrasi, incomplete fusion, spetter, excessive reinforcement, overlap dan lainnya. Berikut gambar pengelasan posisi 2F *defect*:



Gambar 4.56 Proses pengelasan 2F *defect* (cacat las)
Sumber: Penulis



Gambar 4.57 Hasil pengelasan 2F *Tee joint*
Sumber: Penulis

4.5 Pengujian Spesimen/sample

Setelah semua spesimen selesai dikerjakan maka dilakukan pengecekan dan pengujian hasil las tersebut agar hasil las tersebut layak dijadikan *sample* yang sesuai dengan *standard* dan ketentuan. Meskipun produk tersebut lebih menjelaskan dan sebagai alat demonstrasi prosedur pengelasan tetapi dilakukan pengujian untuk mengetahui jenis, indikasi dan keberterimaan *sample* di bengkel las. Dalam pengujian cacat las, terdapat indikasi memanjang dan indikasi melingkar atau elips. Pada pengujian ini dilakukan *acceptance criteria* dari hasil

identifikasi jenis dan ukuran cacat las. Jika terdapat cacat las yang ditolak, maka akan dilakukan repair.



Gambar 4.58 Pengujian Material *sample*
Sumber: Penulis

4.5.1 Pengujian Visual

Standar uji visual mengikuti sesuai standar *ASME (American Society of Mechanical Engineers)*, dimana berdasarkan *acceptance criteria visual examination* melalui *ASME Section IX* bagian *terminology QW-191.121* dan didukung oleh *ASME B31.1 paragraph 136.4.2*. menyatakan untuk cacat pada pengelasan sebaiknya:

1. Tidak boleh ada *incomplete fusion*
2. Tidak boleh ada crack atau keretakan
3. Tidak ada indikasi linear lain lebih dari 8mm.
4. Tidak ada cekungan atau *concavity* lebih dari 1,5 mm
5. Untuk *arc strike* atau sambaran busur las listrik tidak dapat diterima

Dan terkait tentang keberterimaan pengujian cacat las visual yaitu:

(1) *Linear Indications*

- a. Semua jenis indikasi memanjang yang ditandai sebagai retakan atau zona fusi atau penetrasi tidak lengkap (*incomplete fusion and penetration*), adanya *crack* (keretakan), longsor pinggir (*undercut*). Dikatakan indikasi memanjang jika panjangnya lebih dari tiga kali lebarnya ($L > 3W$).
- b. Untuk *acceptance criteria* dari pengujian visual ini yaitu segala cacat las indikasi yang panjangnya lebih dari 5mm ditolak.

(2) Indikasi Bulat/elips

- a. Semua jenis indikasi bulat seperti porositas atau lobang kecil, inklusi terak atau tungsten seperti *pinhole*, *porosity*, *over spatter*, *underfill*, *overlap* termasuk kategori *rounded* indikasi apabila dinyatakan panjangnya sama dengan lebar atau kurang ($L \leq W$).
- b. Untuk *acceptance criteria* jika lebih dari 5mm (3/16 in) atau dengan empat atau lebih indikasi bulat dipisahkan lebih dari jarak 1,5 atau satu garis dari segala arah tidak dapat diterima. Indikasi tidak boleh melebihi 10 cacat las dalam 6 *inchi*. (150 mm) panjang lasan.

Adapun hasil *report* inspeksi visual pada *sample* yaitu:

Tabel 4.8 Hasil *visual test butt joint 2G*

Butt joint Vgroove 2G						
Jenis cacat	<i>acceptance criteria</i>	Posisi Cacat	Ukuran Cacat (mm)			<i>Accept/ reject</i>
			Panjang	Dalam/ tinggi	Diameter/ lebar	
<i>Pinhole</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	13 cm dari titik 0	-	1	1 mm	<i>accept</i>
<i>Pinhole</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	24 cm dari titik 0	-	2	1.5 mm	<i>accept</i>



Gambar 4.59 Hasil inspeksi visual 2G Butt joint
Sumber: Penulis

Tabel 4.9 Hasil visual *test butt joint 5G*

Butt joint Vgroove 5G						
Jeniscacat	<i>acceptance criteria</i>	Posisi Cacat (cm)	Ukuran Cacat (mm)			<i>Accept/Reject</i>
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter/lebar	
<i>Incomplete fusion</i>	$L > 5\text{mm}$	3 cm dari titik 0	35	2	-	<i>accept</i>
<i>Undercut</i>	$L > 5\text{mm}$	2 cm dari titik 0	20	1	-	<i>accept</i>
<i>Underfill</i>	$L > 5\text{mm}$	15 cm dari titik 0	-	4	6	<i>reject</i>



Gambar 4.60 Hasil inspeksi visual 5G Butt joint
Sumber: Penulis



Gambar 4.61 Hasil *repair* inspeksi visual 5G Butt joint
Sumber: Penulis

Tabel 4.10 Hasil *visual test butt joint 6GR*

Butt joint Vgroove 5G						
Jeniscacat	<i>acceptance criteria</i>	Posisi Cacat (cm)	Ukuran Cacat (mm)			<i>Accept/Reject</i>
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter/lebar	
<i>Pinhole</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	14 cm dari titik 0	-	2	2	<i>accept</i>
<i>Pinhole</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	17 cm dari titik 0	-	1	2	<i>accept</i>

Gambar 4.562 Hasil *repair inspeksi visual 6GR Butt joint*
Sumber: PenulisTabel 4.11 Hasil *visual test Tee joint 2F*

Tee joint Fillet 2F						
Jenis cacat	<i>acceptance criteria</i>	Posisi Cacat (cm)	Ukuran Cacat (mm)			<i>Accept/Reject</i>
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter/lebar	
<i>Spatter</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	13 cm dari titik 0	-	2	2	<i>Accept</i>



Gambar 4.63 Hasil inspeksi visual 2F Tee joint
Sumber: Penulis

4.5.2 Pengujian *Penetrant*

Setelah melewati proses pengujian visual maka tahapan berikutnya untuk lebih memastikan detail cacat yang terdapat pada hasil las maka dilakukan pengujian *NDT (Non Destructive Test)* berikutnya yaitu pengujian penetran. *Penetrant test* adalah salah satu jenis pengujian cacat las yang tidak merusak menggunakan *liquid penetrant* yaitu cara kerjanya dengan menggunakan 3 jenis *liquid* yaitu *cleaner*, *red penetrant* dan *developer*. Sehingga *liquid* ini akan menampakkan cacat pada permukaan las. Adapun standar *ASME Section V* sebagai prosedur dalam melakukan pengujian dan keberterimaan cacat indikasi pada *sample*. Selain itu, berdasarkan *ASME Section IX Article 1, QW 194* didukung oleh *ASME B31.1* mengenai pemeriksaan visual dan *performance*. Sementara dalam *QW-195.2.2* mengenai *Acceptance Standards* yaitu “Prosedur dan Tes kinerja yang diperiksa dengan teknik penetran cair akan dinilai tidak dapat diterima ketika pemeriksaan menunjukkan indikasi apa pun yang melebihi batas yang ditentukan.

Hasil uji cairan penetran ditentukan dari dimensi, jenis indikasi dalam uji ini disebut dengan indikasi relevan atau (*relevant indication*). indikasi relevan dapat dikatakan jika indikasi dengan dimensi utama lebih besar dari $1/16$ in. (1,5 mm). Sedangkan dari segi bentuknya terdapat dua jenis yaitu *Linier Indication* (Indikasi Memanjang) dan *Rounded Indication* (indikasi melingkar). *Rounded Indication* adalah indikasi yang mempunyai panjang kurang atau sama dengan ukuran lebarnya ($L \leq 3W$), sedangkan *Linier Indication* adalah sebuah indikasi yang

mempunyai panjang lebih dari tiga kali lebarnya ($L > 3W$). Hasil uji penetran dinyatakan ditolak jika dimensinya tidak sesuai dengan syarat keberterimaan yang di atur dalam *ASME* .

Berdasarkan isi pragraph QW- 195.2.2 menyatakan adapun indikasi yang tidak dapat diterima yaitu:

1. Keretakan atau sejenisnya
2. Sepuluh atau lebih indikasi bulat atau cacat yang berada dalam jarak lasan 150 mm pada jarak spesimen uji ditolak.
3. Untuk keberterimaan cacat lasan berdasarkan *QW- 195.2.2 Acceptance Standards*, menyatakan lasan ditolak apabila melebihi:
 - a. Indikasi linier yang relevan ($L > 3W$).
 - b. Indikasi bulat relevan yang lebih besar dari 3/16 inci (5 mm)
 - c. empat atau lebih indikasi bulat yang relevan dalam satu baris dipisahkan oleh 1/16 in. (1,5 mm) atau kurang (dari ujung ke ujung)

4.4.5.2.1 Langkah Kerja Untuk Pengujian *Penetrant*

Test 1. Persiapan Permukaan.

Permukaan benda uji harus bersih dari berbagai jenis pengotor seperti minyak, karat dan pengotor lainnya dengan lebar dari daerah uji minimal 25 mm. Kemudian setelah itu membersihkan permukaan *sample* dengan sikat baja dan majun, hal ini bertujuan agar tidak mengganggu proses aplikasi penetran dan saat mengamati hasil pengujian. Untuk lebih bersih dan sebelum melakukan penyemprotan *red penetrant test*, maka dilakukan pembersihan dengan memyemprotkan cleaner. Berikut gambar cairan cleaner yang digunakan :



Gambar 4.64 Cairan *cleaner* Magnaflux
Sumber: Penulis



Gambar 4.65 Pengaplikasian cairan *cleaner*
Sumber: Penulis

2. Pengaplikasian *Liquid Penetrant*

Setelah bersih, maka tahap berikutnya yaitu menyemprotkan cairan *red penetrant*. Setelah itu biarkan cairan masuk, untuk waktunya minimal 5 menit (*dwell time*).



Gambar 4.66 Cairan *red penetrant* Magnaflux
Sumber: Penulis



Gambar 4.67 Pengaplikasian cairan *red penetrant Magnaflux*

Sumber: Penulis

3. Pembersihan Sisa *Liquid Penetrant* di Permukaan.

Bersihkan cairan penetran yang ada di permukaan dengan kain bersih dan kering, lakukan beberapa kali dan searah. Setelah itu bersihkan lagi menggunakan kain yang dilembabkan dengan *cleaner*, namun jangan terlalu lembab karena dapat membersihkan cairan yang berada di dalam diskontinuitas. Jangan pernah membersihkan cairan *penetran* dengan menyemprot permukaan secara langsung dengan *cleaner*. Setelah bersih tunggu beberapa saat dan setelah itu lakukan persiapan penyemprotan cairan *develop*. Berikut dibawah ini gambar proses pembersihan material:



Gambar 4.68 Membersihkan cairan *penetrant* pada permukaan pengelasan.

Sumber: Penulis

3. Pelapisan *developer liquid*

Semprotkan *developer* pada permukaan spesimen uji setelah selesai dibersihkan. Jarak penyemprotan 15-20 cm terhadap permukaan benda. Namun

sebelum disemprotkan pastikan anda sudah mengocoknya agar *mixing* atau pencampuran *developer* sempurna dan hasil yang lebih baik.



Gambar 4.69 Cairan *developer*
Sumber: Penulis



Gambar 4.70 Pengaplikasian cairan *developer*
Sumber: Penulis

3. Penandaan cacat las, *report* dan *recleaning material*.

Setelah selesai melakukan *penetrant test*, maka selanjutnya yaitu pemberian tanda dan nama cacat las, kemudian pembuatan *record* dan membersihkan ke semula cairan penetran menggunakan *cleaner* dan kain majun.



Gambar 4.71 Penandaan cacat las dan *cleaning*
Sumber: Penulis

Berikut hasil rekaman dari pengujian penetran:

Tabel 4.12 Hasil *Penetrant test Tee joint 1F*

<i>Tee Joint Fillet 1F</i>						
Jenis cacat	<i>acceptance criteria</i>	Posisi Cacat	Ukuran Cacat (mm)			<i>Accept/Reject</i>
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter/lebar	
<i>undercut</i>	$L > 5\text{mm}$	9 cm dari titik 0	4	2	2	<i>accept</i>

Untuk lebih jelasnya, perhatikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.72 Cacat *undercut* posisi 1F
Sumber: Penulis

Tabel 4.13 Hasil *Penetrant test Tee joint 4F*

<i>Tee Joint Fillet 4F</i>						
Jenis cacat	<i>acceptance criteria</i>	Posisi Cacat	Ukuran Cacat (mm)			<i>Accept/Reject</i>
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter	
<i>undercut</i>	$L > 5\text{mm}$	2 cm dari titik 0	2	1	-	<i>accept</i>
<i>Underfill</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	10 cm dari titik 0	2	2	-	<i>accept</i>
<i>Incomplete fusion</i>	$L > 5\text{mm}$	10 cm dari titik 0	3	3	-	<i>accept</i>

Untuk lebih jelasnya, perhatikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.73 Hasil *Penetrant test Tee joint 4F*

Sumber: Penulis

Tabel 4.13 Hasil Penetrant test Tee joint 5F

Tee Joint Fillet 4F						
Jenis cacat	acceptance criteria	Posisi Cacat	Ukuran Cacat (mm)			Accept/Reject
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter	
<i>undercut</i>	$L > 5\text{mm}$	2 cm dari titik 0	3	2	-	<i>accept</i>
<i>undercut</i>	$L > 5\text{mm}$	8 cm dari titik 0	2	2	-	<i>accept</i>
<i>undercut</i>	$L > 5\text{mm}$	18 cm dari titik 0	2	2	-	<i>accept</i>

Untuk lebih jelasnya, perhatikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.74 Hasil Penetrant test Tee joint 5F
Sumber: Penulis

Tabel 4.13 Hasil Penetrant test Butt Joint 1G

Butt Joint Grove 1G						
Jenis cacat	acceptance criteria	Posisi Cacat	Ukuran Cacat (mm)			Accept/Reject
			Panjang	Dalam/tinggi	Diameter	
<i>Porosity</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	20 cm dari titik 0	-	1	1	<i>accept</i>
<i>Pinhole</i>	$D \leq 5\text{mm}$ Jarak antar cacat 1,5mm	26 cm dari titik 0	-	1.5	1	<i>accept</i>

Untuk lebih jelasnya, perhatikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.75 Hasil Penetrant test *Butt Joint 2G*
Sumber: Penulis

4.6 Pelapisan Anti Korosi

Pada tahapan ini dilakukan membersihkan lasan dengan menggunakan *brush* sikat baja dan gerinda insert botol pada bagian dalam pipa. Selain membersihkan dengan menggunakan brush baja, penulis mencuci dengan menggunakan *cleaner* atau *tinner* menggunakan kain majun. Hal ini tujuannya adalah untuk memperlambat laju korosi apabila *sample* telah dipasang dan dipajang. Setelah itu, diberikan cat semprot *clear* pada lapisan las dan memberikan pengecatan (*painting*) pada material *sample*. Pada pengecatan (*painting*) material penulis menggunakan cat minyak dan menggunakan *spray* melalui bantuan *compressor*. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar pengerjaan dibawah ini:



Gambar 4.76 Proses sikat baja bagian lasan dan bagian dalam *sample*
Sumber: Penulis

Setelah membersihkan material *sample* menggunakan gerinda *brush* dan gerinda botol pada dalam pipa, maka tahap selanjutnya yaitu persiapan dan *painting* (pengecatan) *sample* menggunakan cat minyak dengan *thinner* dan dibantu penyemprotan menggunakan kompresor. Pada pengecatan *sample*, penulis membedakan pewarnaan dengan sengaja tidak mengecat pada *surface* dan tempat *base metal* atau *gap* dengan tujuan untuk menjadi pembeda antara warna material dan layer pengelasan yang ada. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 4.77 *Painting* (pengecatan) *sample*

Sumber: Penulis

Setelah di cat dan kering, berikutnya yaitu memberikan cat anti korosi yaitu *clear* pada *sample* khususnya alur pengelasan dan bagian dalam pipa. Hal ini dilakukan agar tidak mempercepat laju korosi pada material dan bertahan lama. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar dibawah ini:



Gambar 4.78 Penyemprotan anti korosi *clear*

Sumber: Penulis

4.7 Pembuatan Meja Pajang dan Pemasangan *sample* Pada Meja Pajang

Pembuatan meja pajang untuk dudukan dan tempat peletakan *sample* berdasarkan posisi. Pada tahapan ini, penulis menggunakan tiang berbahan pipa karbon *steel* sch 40 ukuran 2 ½ *inchi* sepanjang 1300 mm dan memberikan tangan tempat peletakan pipa menggunakan bahan besi *hollow* 2x4 mm sepanjang 1000 mm dan alas tangan sepanjang 300 mm. Pada pembuatan meja pajang, penulis membuat model meja yang nantinya *sample* dan tangan pipa dapat diputar 360° yang diharapkan akan memudahkan pembaca dan pengamat dalam mempelajari *sample* di bengkel las. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini:



Gambar 4.79 Pembuatan tiang meja putar

Sumber: Penulis



Gambar 4.80 Pengecatan dan *finishing* pembuatan meja pajang

Sumber: Penulis



Gambar 4.81 Pemasangan pipa *sample* hasil pada meja pajang
Sumber: Penulis

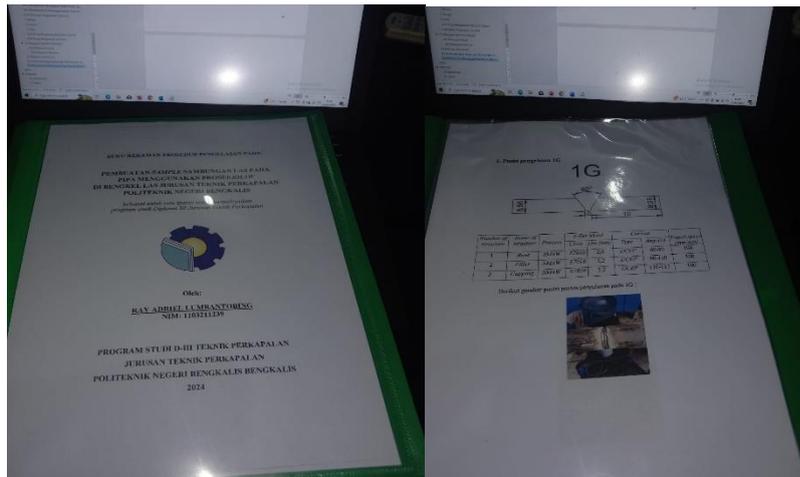
4.8 Pencantuman Keterangan Pada Masing Masing *Sample* (*Finising*)

Pada tahapan terakhir adalah *finising* produk, dimana setelah penempatan masing masing *sample* pada meja pajang diberikan kode dan nama kemudian diletakkan berdasarkan posisi pada saat seolah dalam proses pengelasannya. Selain itu pembuatan *ampere meter* dan *travel speed* (buku rekaman) proses selama pengelasan yang nantinya akan dapat dibaca secara mudah dan diharapkan para pembaca lebih paham terhadap alat *sample* sebagai bahan demonstrasi mata kuliah di bengkel las. Selain itu pada tahapan ini juga penyelesaian *outfit* tambahan agar *sample* dapat menarik perhatian atau minat para pembaca termasuk penyusuna laporan dan video *procedure* pengelasan.



Gambar 4.82 *Finising* penamaan masing-masing *sample*

Sumber: Penulis



Gambar 4.83 Pembuatan dan pemasangan buku prosedur pengelasan/ rekaman
 Sumber: Penulis

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan *sample* las yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengelasan *sample* ini terdapat beberapa kelebihan atau penambahan informasi selain dari paparan materi dari dosen pengajar yaitu *sample* yang dilas dibuat berjenjang agar terlihat urutan layernya dari *root* hingga *capping* dan dilengkapi buku data rekaman prosedur, serta video tambahan rekaman dan prosedur pengelasan pada pipa. Dimana hal ini dapat menjadi media pembelajaran di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan.
2. Melalui pengujian visual dan *penetrant test* yang telah dilakukan dapat diterima terkait cacat las yang ada pada *sample* dan juga sebagai pembelajaran kepada para pembaca untuk mengetahui jenis indikasi atau cacat las yang ada pada pengelasan.
3. Pada pembuatan *sample* dalam proses pengelasan, adapun perbedaan jenis *ampere* dan posisi yang berdampak terhadap pemakaian *consumable* seperti elektroda. Dimana pada pengelasan baik perbedaan ketebalan material yang akan dilas serta posisi pengelasan seperti *vertical*, *horizontal*, dan melingkar, perlu menyesuaikan *ampere* untuk hasil yang lebih baik atau sesuai keinginan. Dalam hal ini, pentingnya suatu *WPS (Welding Procedure Specification)* perlu diperhatikan dan sebagai acuan didalam pengerjaan pengelasan. Selain itu, jenis polaritas yang digunakan, *type* elektroda yang digunakan. Dalam pembuatan *sample* juga diberikan penamaan atau penanda masing-masing *sample* serta catatan berupa dokumen rekaman pengelasan. Selain itu juga penulis menyertakan *sample* yang disengajakan cacat las dan penjelasan video pendukung terkait *sample*. Hal ini dapat menjadi bahan pendukung bagi para pembaca untuk menambah referensi dalam memahami

ilmu pengelasan di kampus. Dengan ini maka semestinya pemakaian material dan bahan *consumable welding* dapat terminimalisir dalam pemborosan. Hal ini dapat menjadi pembelajaran bagi pembaca khususnya mahasiswa untuk mengefisiensi material dan menambah ilmu di perkuliahan.

5.1. Saran

Berdasarkan dari pengalaman dan selama proses pembelajaran praktek pengelasan dan pengerjaan *project* Tugas Akhir mengenai pengelasan di Bengkel Las Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis, maka saya ingin menyampaikan beberapa saran dan masukan kepada teman teman mahasiswa bahwa:

1. Pada spesimen yang saya kerjakan belum sepenuhnya mewakili semua jenis sambungan las meskipun sudah terdapat pelengkap seperti *sample* pengelasan plat dan masih banyak *variable* pengelasan yang belum terwujudkan seperti sampel las menggunakan proses selain *SMAW*, dan model sambungan lainnya, serta jenis material berbeda yang belum kita miliki *sample* nya di bengkel las Teknik perkapalan. Diharapkan kedepannya akan ada penambahan *sample* yang lebih akurat dan bervariasi demi menunjang ilmu pengetahuan pengelasan bagi para pembaca.
2. Bagi kawan kawan yang ingin melakukan pengelasan atau praktek dibengkel tolong diperhatikan kelengkapan *safety* seperti K3 (keselamatan dan Kesehatan kerja) dan kenyamanan kerja karena setiap kegiatan tersebut mengandung resiko tinggi dan dapat membahayakan kesehatan.
3. Pentingnya memahami *basic* persiapan, pengerjaan, dan penyelesaian pada saat pengelasan seperti penyesuaian *ampere*, material, metode, standar, proses pengelasan, pembersihan, hingga pengujian yang dilakukan demi mendapatkan kualitas yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Aditia,Nuridin,Dkk.(2019). Analisa kekuatan sambungan material *AISI 1050* dengan *ASTM A36* dengan variasi arus pada proses pengelasan *SMAW*. Buketrata: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Arifin, Choirul.(2016). Ketajaman Hasil Cacat Pada Pengelasan Dengan Pengujian *Penetrant Test*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Aufa Kafal,Ahmad.(2014).Analisis Pengaruh Besar Aliran Gas Pelindung Hasil Pengelasan *MIG* Terhadap Cacat Porositas dan Struktur Mikro Pada Aluminium 1100. Jember: Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember

Azwinur Azwinur, Saifuddin A. Jalil, Asmaul Husna 2017. Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan *SMAW*

Fahmy,Randistya.(2015). Studi Pengaruh *Root Gap* Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Las Pelat *ASTM A36*. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Naryono, Indra Suharyadi. (2010). Analisa Pengelasan Dingin Dengan Menggunakan Metode *High Frequency Electrical Resistance Welding* Pada Proses Pembuatan Pipa Baja *STKM 13B*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Nur, Haqiqil Insi 2019. Analisa Pengaruh Kondisi Permukaan Plat Baja Pada Hasil Pembacaan Alat *Ultrasonic Test*. *Repository* PPNS.

Paddiyatu, Fadely dan Jamar. (2011). Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* Berdasarkan *API 581* Pada *Pipeline Production Gathering Line* Di Duri *Field*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Rahmat, Rio (2020). Pembuatan *Sample* Sambungan Las *Fillet* Dan *Groove* Pada Plat Menggunakan Proses *SMAW*. Bengkalis: Polbeng.

Sandy, Yudha Arie Purnama (2019). Deteksi Cacat Las Material Baja *SS400* Menggunakan *Non Destructive Test* Dengan Metode *Penetrant Testing (PT)* Dan *Ultrasonic Testing (UT)*. *Undergraduate (S1) thesis, University of Muhammadiyah Malang*.

Sulardi.(2021). Konstruksi Instalasi Pipa Migas Bawah Laut Di Teluk Balikpapan. Balikpapan: Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

Suwarnoto, Suwarnoto (2014). Analisa Pengaruh Suhu Benda Uji Pada Pengujian Penetran. Diploma *thesis*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Syaripuddin.(2017). Karakteristik Hasil Pengelasan Pipa Dengan Beberapa Variasi Arus Las Busur Listrik. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Tiara Triana, Mursidil Kamil, Yeni Muriani Zulaida 2018. Pengaruh Variasi Elektroda Dan Arus Listrik Pengelasan Terhadap Cacat Las Dan Sifat Mekanik Pelat Baja Aplikasi Lambung Kapal. Teknik mesin UNTIRTA.

Tito Endramawan. (2007). Analisa Hasil Pengelasan *SMAW 3G Butt Joint* Menggunakan *Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT)* Berdasarkan *Standar ASME*, Bengkalis, Politeknik Negeri Bengkalis.

Yovy, Lukmana 2019. Inspeksi Cacat Dengan *Liquid Penetrant Test* Dan Prosedur *Repair* Pada Pengelasan *Run Off Syrup Receiving Tank*. Depository

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Acceptance Criteria Oleh ASME Section IX Yang Diacu.

etched with a suitable etchant (see QW-470) to give a clear definition to the weld metal and heat-affected zone. The examination of the cross sections shall include only one side of the test specimen at the area where the plate or pipe is divided into sections i.e., adjacent faces at the cut shall not be used. In order to pass the test

(a) visual examination of the cross sections of the weld metal and heat-affected zone shall show complete fusion and freedom from cracks

(b) there shall be not more than $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) difference in the length of the legs of the fillet

QW-184 MACRO-EXAMINATION — PERFORMANCE SPECIMENS

The cut end of one of the end plate sections, approximately 1 in. (25 mm) long, in Figure QW-462.4(b) or the cut end of one of the pipe quarter sections in Figure QW-462.4(c), as applicable, shall be smoothed and etched with a suitable etchant (see QW-470) to give a clear definition of the weld metal and heat-affected zone. Visual examination of the cross section of the weld metal and heat-affected zone shall reveal

(a) no incomplete fusion

(b) no cracks

(c) no other linear indications with a length greater than $\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm)

(d) no concavity or convexity greater than $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm)

(e) no more than $\frac{1}{8}$ in. (3-mm) difference between the fillet weld leg lengths

QW-185 DIFFUSION WELDING — PROCEDURE AND PERFORMANCE QUALIFICATION SPECIMENS

QW-185.1 The test block shall be a minimum of 8 in. × 8 in. (200 mm × 200 mm) and of a thickness such that there are at least 50 interface planes being welded.

QW-185.2 A minimum of three tension test specimens in accordance with the requirements of SA-370 shall be taken perpendicular to the interface planes and three parallel to the interface planes. The tension test results shall comply with QW-153.

QW-185.3 Microstructural evaluation shall be conducted in accordance with the requirements of ASTM E3 on a minimum of three cross-sections, one each from the top, center, and bottom one-third of the test coupon. The samples shall be polished, etched, and shall be free from cracks and shall show no incomplete bond or porosity on or adjacent to the bond lines. Size of each sample shall be that which can be mounted and polished to allow examination with an optical microscope at 50X to 100X magnification.

QW-190 OTHER TESTS AND EXAMINATIONS

QW-191 VOLUMETRIC NDE

QW-191.1 Radiographic Examination.

QW-191.1.1 Method. The radiographic examination in QW-142 for welders and in QW-143 for welding operators shall meet the requirements of Section V, Article 2, except as follows:

(a) A written radiographic examination procedure is not required. Demonstration of image quality requirements on production or technique radiographs shall be considered satisfactory evidence of compliance with Section V, Article 2.

(b) Final **acceptance** of radiographs shall be based on the ability to see the prescribed image and the specified hole of a hole-type image quality indicator (IQI) or the designated wire of a wire-type IQI. The **acceptance** standards of QW-191.1.2 shall be met.

QW-191.1.2 Acceptance Criteria.

QW-191.1.2.1 Terminology.

(23)

(a) **Linear Indications.** Cracks, incomplete fusion, inadequate penetration, and slag are represented on the radiograph as linear indications in which the length is more than three times the width.

(b) **Rounded Indications.** Porosity and inclusions such as slag or tungsten are represented on the radiograph as rounded indications with a length three times the width or less. These indications may be circular, elliptical, or irregular in shape; may have tails; and may vary in density.

(c) **Thickness.** The term "thickness" or "t" refers to the thickness of the weld excluding any allowable reinforcement. For a groove weld joining two base metals having different thicknesses at the weld, thickness is the thinner of the two base metals being joined.

QW-191.1.2.2 Qualification Test Welds.

(23)

Weld reinforcement may be removed or left in place but shall not be considered when determining the thickness for which the welder is qualified.

Welder and welding operator performance tests by radiography of welds in test assemblies shall be judged unacceptable when the radiograph exhibits any imperfections in excess of the limits specified below

(a) Linear Indications

(1) any type of indication characterized as a crack or zone of incomplete fusion or penetration

(2) any other elongated indication that has a length greater than

(-a) $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) for t up to $\frac{3}{8}$ in. (10 mm), inclusive

(-b) $\frac{1}{3}t$ for t greater than $\frac{3}{8}$ in. to $2\frac{1}{4}$ in. (10 mm to 57 mm), inclusive

(-c) $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) for t greater than $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm)

QW-301.2.

Each stud (five joints) shall be tested either by hammering over until one-fourth of its length is flat on the test piece or by bending the stud to an angle of at least 15 deg and returning it to its original position using a test jig and an adapter location dimension that are in accordance with Figure QW-466.4.

QW-192.2.2 Acceptance Criteria — Bend and Hammer Tests. In order to pass the test(s), each of the five stud welds and heat affected zones shall be free of visible separation or fracture after bending and return bending or after hammering.

QW-193 TUBE-TO-TUBESHEET TESTS

When the applicable Code Section requires the use of this paragraph for tube-to-tubesheet demonstration mockup qualification, QW-193.1 through QW-193.1.3 shall apply.

QW-193.1 Procedure Qualification Specimens. Ten mockup welds are required for qualifying each tube-to-tubesheet welding procedure. The mockup assembly shall essentially duplicate the tube-to-tubesheet weld joint design to be used in production, within the limits of the essential variables of QW-288. The mockup test assembly shall be prepared with the tubesheet element having a thickness not less than the lesser of the thickness of the production tubesheet or 2 in. (50 mm). For tube-to-tubesheet welds to clad tubesheets, the cladding or overlay may be represented by a base material with a chemical composition that is essentially equivalent to the cladding composition. All welds in the mockup assembly shall be subjected to the following tests and shall meet the applicable acceptance criteria.

QW-193.1.1 Visual Examination. The accessible surfaces of the welds shall be examined visually with no magnification required. The welds shall show complete fusion, be free from visual cracks or porosity indications, and have no evidence of burning through the tube wall.

23) **QW-193.1.2 Liquid Penetrant.** The liquid penetrant examination shall meet the requirements of Section V, Article 6. The weld surfaces shall meet the requirements of QW-195.2. Liquid penetrant examiners shall meet the requirements in QW-195.3.

QW-193.1.3 Macro-Examination. The mockup welds shall be sectioned through the center of the tube for macro-examination. The four exposed surfaces shall be smoothed and etched with a suitable etchant (see QW-470) to give a clear definition of the weld and heat-affected zone. Using a magnification of 10X to 20X, the exposed cross sections of the weld shall confirm

- (a) minimum leak path dimension required by the design

- (c) complete fusion of the weld deposit into the tubesheet and tube wall face

QW-193.2 Performance Qualification Specimens. A minimum of five mockup tube-to-tubesheet welds are required to qualify each welder or welding operator. The same rules as those applicable for procedure qualification (see QW-193.1) shall be followed, with the following additional requirements and exceptions:

- (a) The essential variables in QW-387 shall apply.
 - (b) Essential performance qualification variables applicable for each welding process listed in QW-350 or QW-360 shall also be observed in addition to the variables of Table QW-388.
 - (c) Postweld heat treatment may be omitted.
- Only one mockup weld is required to renew a welder's or welding operator's qualification when that qualification has expired or has been revoked per the requirements of QW-322.

QW-194 VISUAL EXAMINATION — PERFORMANCE

Performance test coupons shall show no cracks and complete joint penetration with complete fusion of weld metal and base metal.

QW-195 LIQUID PENETRANT EXAMINATION

QW-195.1 The liquid penetrant examination in (23) QW-214 for corrosion-resistant weld metal overlay shall meet the requirements of Section V, Article 6. The liquid penetrant examiners shall meet the requirements in QW-195.3. The acceptance standards of QW-195.2 shall be met.

QW-195.2 Liquid Penetrant Acceptance Criteria.

QW-195.2.1 Terminology.

relevant indications: indications with major dimensions greater than $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm)

linear indications: an indication having a length greater than three times the width.

rounded indications: an indication of circular or elliptical shape with the length equal to or less than three times the width.

QW-195.2.2 Acceptance Standards. Procedure and performance tests examined by liquid penetrant techniques shall be judged unacceptable when the examination exhibits any indication in excess of the limits specified in the following:

- (a) relevant linear indications
- (b) relevant rounded indications greater than $\frac{3}{16}$ in. (5 mm)
- (c) four or more relevant rounded indications in a line separated by $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) or less (edge-to-edge)

Lampiran 2. Jenis Material Pipa yang digunakan Berdasarkan *Table Code*

Steel Pipe Dimensions Chart ANSI B36.10 & 36.19

Nominal Pipe Size		Outside Diameter (mm)	Nominal Wall Thickness Schedule																		
NPS	DN		OD	SCH 5s	SCH 10s	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40s	SCH STD	SCH 40	SCH 60	SCH 80s	SCH XS	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	SCH XXS	
1/8	6	10.3		1.24				1.73	1.73	1.73		2.41	2.41	2.41							
1/4	8	13.7		1.65				2.24	2.24	2.24		3.02	3.02	3.02							
3/8	10	17.1		1.65				2.31	2.31	2.31		3.20	3.20	3.20							
1/2	15	21.3	1.65	2.11				2.77	2.77	2.77		3.73	3.73	3.73					4.78	7.47	
3/4	20	26.7	1.65	2.11				2.87	2.87	2.87		3.91	3.91	3.91					5.56	7.82	
1	25	33.4	1.65	2.77				3.38	3.38	3.38		4.55	4.55	4.55					6.35	9.09	
1 1/4	32	42.2	1.65	2.77				3.56	3.56	3.56		4.85	4.85	4.85					6.35	9.70	
1 1/2	40	48.3	1.65	2.77				3.68	3.68	3.68		5.08	5.08	5.08					7.14	10.15	
2	50	60.3	1.65	2.77				3.91	3.91	3.91		5.54	5.54	5.54					8.74	11.07	
2 1/2	65	73	2.11	3.05				5.16	5.16	5.16		7.01	7.01	7.01					9.53	14.02	
3	80	88.9	2.11	3.05				5.49	5.49	5.49		7.62	7.62	7.62					11.13	15.24	
3 1/2	90	101.6	2.11	3.05				5.74	5.74	5.74		8.08	8.08	8.08							
4	100	114.3	2.11	3.05				6.02	6.02	6.02		8.56	8.56	8.56		11.13			13.49	17.12	
5	125	141.3	2.77	3.40				6.55	6.55	6.55		9.53	9.53	9.53		12.70			15.88	19.05	
6	150	168.3	2.77	3.40				7.11	7.11	7.11		10.97	10.97	10.97		14.27			18.26	21.95	
8	200	219.1	2.77	3.76		6.35	7.04	8.18	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01	22.23		
10	250	273.1	3.40	4.19		6.35	7.80	9.27	9.27	9.27	12.70	12.70	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58	25.40		
12	300	323.9	3.96	4.57		6.35	8.38	9.53	9.53	10.31	14.27	12.70	12.70	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32	25.40		
14	350	355.6	3.96	4.78	6.35	7.92	9.53		9.53	11.13	15.09		12.70	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71			
16	400	406.4	4.19	4.78	6.35	7.92	9.53		9.53	12.70	16.66		12.70	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49			
18	450	457.2	4.19	4.78	6.35	7.92	11.13		9.53	14.27	19.05		12.70	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24			
20	500	508	4.78	5.54	6.35	9.53	12.70		9.53	15.09	20.62		12.70	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01			
22		559	4.78	5.54	6.35	9.53	12.70		9.53		22.23		12.70	28.58	34.93	41.28	47.63	53.98			
24	600	610	5.54	6.35	6.35	9.53	14.27		9.53	17.48	24.61		12.70	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54			
26		660			7.92	12.70				9.53				12.70							
28	700	711			7.92	12.70	15.88		9.53					12.70							
30		762	6.35	7.92	7.92	12.70	15.88		9.53					12.70							
32	800	813			7.92	12.70	15.88		9.53	17.48				12.70							
34		884			7.92	12.70	15.88		9.53	17.48				12.70							
36	900	914			7.92	12.70	15.88		9.53	19.05				12.70							
38		965							9.53					12.70							
40	1000	1016						9.53		12.70											
42		1067				12.70	15.88		9.53	19.05				12.70							
44	1100	1118							9.53					12.70							
46		1169							9.53					12.70							

Lampiran 3. Hasil Akhir Pmbuatan *Sample*/ Produk Jadi



Lampiran 4. Lembar Saran Dan Persetujuan Pembimbing 1

 <p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id</p>	
<p>FORMULIR 11 LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TA/SKRIPSI</p>	<p>T A : 2023 / 2024</p>

Nama : Ray Adriel Lumban Tobing

NIM : 1103211233

Judul : Pembuatan sampel sambungan las pada Pipa menggunakan proses SMAW di bengkel las Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik negeri Bengkalis.

Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* : Pardi - ST, MT

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

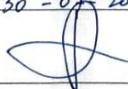
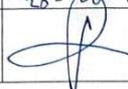
.....

.....

.....

.....

.....

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji*			
Sebelum perbaikan		Setelah perbaikan	
Tanggal	<u>30-07-2024</u>	Tanggal	<u>20-08-2024</u>
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

CATATAN : 1. Form ini mohon dikembalikan ke Koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu




Certificate SMM ISO 9001:2008: ID 16/03476 dan IWA 2: 2007

Lampiran 5. Lembar Saran Dan Persetujuan Pembimbing 2

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id	
	FORMULIR II LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TA/SKRIPSI	T A : 2023 / 2024

Nama : Ray Adria Lumbantobing
 NIM : 1103211239
 Judul : Pembuatan Sample Sambungan Las Pada Pipa
Menggunakan Proses SMAW di Beryka Las
Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis.
 Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* : Nur Adina, S.P., M.Si

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing & Dosen Penguji* :

keki saran penguji

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji*			
Sebelum perbaikan		Setelah perbaikan	
Tanggal	<u>20/07/2024</u>	Tanggal	<u>22/07/2024</u>
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- CATATAN : 1. Form ini mohon dikembalikan ke Koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu



Certificate SMM ISO 9001:2008: ID 16/03476 dan IWA 2: 2007

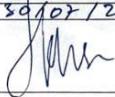
Lampiran 6. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 1

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id	
	FORMULIR 11 LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TA/SKRIPSI	T A : 2023 / 2024

Nama : Ray Adriel Lumbantobing
 NIM : 1103211239
 Judul : Pembuatan Sampel Sambungan Las pada Pipa Menggunakan Proses SMAW di Bengkal Las Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis
 Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* : Muhammad Ikhsan S.T.M.T

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* :

- Belum menjawab metode Edukasi nya (Loon Book Video atau yg lain) ???
- Peralatan? Yg di gunakan, jelaskan spesifikasi nya yg di gunakan dalam pembuatan sample mu

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji*			
Sebelum perbaikan		Setelah perbaikan	
Tanggal	30/07/2024	Tanggal	11/08/2024
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

CATATAN : 1. Form ini mohon dikembalikan ke Koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu



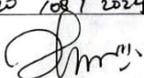
Certificate SMM ISO 9001:2008: ID 16/03476 dan IWA 2: 2007

Lampiran 6. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 2

 <p style="text-align: center;">KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id</p>	FORMULIR 11
	T A : 2023 / 2024
LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TA/SKRIPSI	

Nama : Ray Adriel Lumban Tobing
 NIM : 1103211239
 Judul : Pembuatan sample sambungan las pada pipa Messurakan proses SMAW di benaket las Jurusan teknik perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis
 Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* : Septi Ayu Angrayni . ST., MT

- Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* :
- Penulisan laporan, buat sesuai panduan TA. ✓
 - Ganti semua referensi dr Rio Rahmat ✓
 - Latar belakang terlalu panjang dari bertele-tele.
 - Penomoran sub bab ✓
 - Penulisan judul sambar di tabel. ✓
 - Beri sedikit analisis pd bab 4

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji*			
Sebelum perbaikan	30 Juni 2024	Setelah perbaikan	20 Juli 2024
Tanggal		Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

CATATAN : 1. Form ini mohon dikembalikan ke Koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu



Certificate SMM ISO 9001:2008: ID 16/03476 dan IWA 2: 2007

Lampiran 7. Lembar Saran Dan Persetujuan Penguji 3

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id	
	FORMULIR 11 LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TA/SKRIPSI	
		T A : 2023 / 2024

Nama : Ray Adriel Lumbantobing
 NIM : 11032112 39
 Judul : Pembuatan Sample Sambungan Las pada Pipa Menggunakan Proses SMAW di Bangku Las Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis
 Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* : Afriantoni, S.T., M.T

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* :

1. Abstrak perbaiki
2. Laporan untuk panduan TA
3. WPS tidak digunakan dalam pembuatan specimen
4. Cantumkan acceptance criteria sesuai standar yg digunakan
5. Rumusan & Tujuan disinkronisasi
6. Tujuan digambarkan di kesimpulan

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji*			
Sebelum perbaikan	Tanggal	Setelah perbaikan	Tanggal
	20-07-2024		21-08-2024
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

CATATAN : 1. Form ini mohon dikembalikan ke Koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu

