

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN METODE REPLATING
KAPAL BERBASIS HOT WORK CONTROL UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS LAS DAN KESELAMATAN
PEKERJA**

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan*



Disusun oleh:

EDI KESUMA WIJAYA

NIM. 1304221095

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
ARSITEKTUR PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN METODE REPLATING KAPAL BERBASIS HOT WORK CONTROL UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LAS DAN KESELAMATAN PEKERJA

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan*

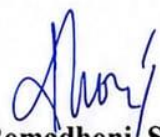
Oleh

EDI KESUMA WIJAYA

1304221095

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi/TA:

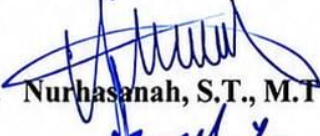
Tanggal ujian: 7 Agustus 2026
Priode Wisuda: 2026


1. Ir. Romadhoni, S.T., M.T

(Pembimbing I)


2. Dr. Jamar, S.T., M.T

(Penguji I)


3. Nurhasanah, S.T., M.T

(Penguji II)


4. Budhi Santoso, S.T., M.T

(Penguji III)

Bengkalis, 29 Juli 2026

Ketua Program Studi D-IV TRAP
Politeknik Negeri Bengkalis



(M. Sidik Purwoko, S.T., M.T)

199102092025211043

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/TA ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Serang, 7 Agustus 2026



Edi Kesuma Wijaya

1304221095

PENGEMBANGAN METODE REPLATING KAPAL BERBASIS HOT WORK CONTROL UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LAS DAN KESELAMATAN PEKERJA

NAMA : EDI KESUMA WIJAYA
NIM : 1304221095
DOSEN PEMBIMBING : Ir. ROMADHONI, S.T.,M.T

ABSTRAK

Pekerjaan replating kapal melibatkan aktivitas *hot work* seperti pemotongan dan pengelasan yang memiliki risiko terhadap keselamatan kerja dan kualitas sambungan las. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode replating berbasis *Hot Work Control* pada kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard. Penelitian menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi dokumen. Analisis dilakukan menggunakan HIRA, JSA, evaluasi kesesuaian SOP dan standar BKI, serta pemeriksaan kualitas las menggunakan *Visual Testing* (VT) dan *Dye Penetrant Testing* (PT). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kepatuhan APD dari 78% menjadi 98%, *Hot Work Permit* dari 70% menjadi 100%, dan *toolbox meeting* dari 60% menjadi 100%. Risiko tinggi berdasarkan HIRA menurun dari 8 menjadi 2 aktivitas, sedangkan risiko sedang dari 12 menjadi 5 aktivitas. Pemeriksaan terhadap 25 sambungan las menunjukkan 24 sambungan (96%) memenuhi *acceptance criteria* dan 1 sambungan (4%) memerlukan perbaikan minor. Selain itu, *unsafe action* menurun dari 15 menjadi 4 kejadian dan *unsafe condition* dari 12 menjadi 3 kejadian. Berdasarkan hasil tersebut, penerapan metode *Hot Work Control* menunjukkan peningkatan pada kualitas permukaan sambungan las dan keselamatan kerja pada proses replating kapal.

Kata kunci: replating kapal, *Hot Work Control*, kualitas las, keselamatan kerja, Visual Testing (VT), Dye Penetrant Testing (PT).

DEVELOPMENT OF A HOT WORK CONTROL-BASED SHIP REPLATING METHOD TO IMPROVE WELDING QUALITY AND WORKER SAFETY

AUTHOR NAME : EDI KESUMA WIJAYA
ID NUMBER : 1304221095
SUPERVISOR : Ir. ROMADHONI, S.T.,M.T

ABSTRACT

Ship replating work involves hot work activities such as cutting and welding that pose risks to occupational safety and weld joint quality. This study aims to develop a Hot Work Control-based replating method on the vessel TB SPGM 1307 at PT Harapan Teknik Shipyard. The research uses a descriptive method with a case study approach through observation, interviews, documentation, and document review. The analysis was conducted using HIRA, JSA, evaluation of compliance with SOP and BKI standards, as well as weld quality inspection using Visual Testing (VT) and Dye Penetrant Testing (PT). The results show an increase in PPE compliance from 78% to 98%, Hot Work Permit compliance from 70% to 100%, and toolbox meeting implementation from 60% to 100%. High risks based on HIRA decreased from 8 to 2 activities, while medium risks decreased from 12 to 5 activities. Inspection of 25 weld joints showed that 24 joints (96%) met the acceptance criteria and 1 joint (4%) required minor repair. In addition, unsafe actions decreased from 15 to 4 incidents and unsafe conditions decreased from 12 to 3 incidents. Based on these results, the implementation of the Hot Work Control method shows an improvement in weld surface quality and occupational safety in the ship replating process.

Keywords: ship replating, Hot Work Control, weld quality, occupational safety, Visual Testing (VT), Dye Penetrant Testing (PT).

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penyusunan Skripsi yang berjudul "Pengembangan Metode Replating Kapal Berbasis *Hot Work Control* untuk Meningkatkan Kualitas Las dan Keselamatan Pekerja" di PT HTS dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan, Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis. Selama pelaksanaan Skripsi, penulis memperoleh banyak pengetahuan dan pengalaman berharga terkait proses replating kapal dan sistem manajemen keselamatan kerja panas di galangan kapal.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kerja sama selama pelaksanaan Skripsi maupun penyusunan laporan ini, khususnya kepada:

1. Bapak, Ir. Johny Custer, ST., MT selaku Direktur Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Bapak Muhammad Ikhsan, ST.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan.
3. Bapak Dr. Siswandi B, ST.,MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan.
4. Bapak Muhammad Sidik Purwoko, ST.,MT selaku Ketua Program studi D4 Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan.
5. Bapak Edy Haryanto, ST.,MT selaku Wali dosen saya yang telah begitu sabar dan berbesar hati untuk memberikan ilmu dan nasihat kepada saya dari awal masuk kuliah sampai kejenjang yang sekarang ini.
6. Bapak Ir. Romadhoni, ST.,MT selaku Pembimbing saya yang telah begitu sabar dan berbesar hati untuk memberikan ilmu, nasihat, dan membimbing saya sampai menyelesaikan ke jenjang saat ini.

7. Serta Bapak/Ibu dosen terkhususnya Jurusan Teknik perkapalan dan civitas akademik Politeknik Negeri Bengkalis yang telah banyak memberikan ilmu selama diperkuliahan ini.
8. Bapak Ahmad Alwi Ashad selaku Manager Dept. Produksi PT HTS yang selama ini memberikan ilmu dan membimbing saya selama Magang berlangsung.
9. Bapak Yanuari selaku Pembimbing Lapangan (*Project Leader Ship*) PT HTS yang selama ini memberikan ilmu dan membimbing saya selama Magang berlangsung.
10. Bapak Tofik Budi Utomo selaku Pembimbing Lapangan (*Project Leader Ship*) yang selama ini memberikan ilmu dan membimbing saya selama Magang berlangsung.
11. Pimpinan dan seluruh staf PT HTS;
12. Ayah dan ibu saya yang sangat cintai dan saya sayangi yang selama ini memberi support dan dukungan kepada saya. Dan saya sangat berterimakasih kepada ayah dan ibu saya yang telah membesarkan saya sampai saat ini dan memberikan semangat kepada saya. Semoga ayah dan ibu selalu diberika kesehatan, keselamatan, dipermudahkan untuk mendapatkan rezeki dan selalu dalam lindungan Allah SWT .
13. Tia Walisa, S.E selalu kakak kandung saya dan Diki Wahyudi selaku Abang Ipar saya yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada saya selama ini.
14. Untuk pemilik Nim 183222698 IAIN Datuk Laksmna terima kasih karena selalu ada bersama saya, menjadi tempat mengeluh dan memberikan nasihat. Seperti salah satu lirik di lagu “1000x” dan bila aku terlahir 1000x lagi kau akan tetap ku cari. Terimakasih dan semoga Allah SWT melindungi kamu dan selalu di mudahkan segala urusan.
15. Teruntuk Sahabat yang ada dilingkungan rumah saya yang selalu memberikan support dan dukungan kepada saya.
16. Dan terakhir kepada kawan seperjuangan saya yang ada di kampus terutama kawan sekelas D4 TRAP 22 yang telah kebersamai penulis

selama 4 tahun dalam menuntut ilmu, semoga silaturahmi ini tidak terputus dan semoga selalu dalam lindungan Allah SWT

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang.

Banten, 7 Agustus 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Edi Kesuma Wijaya', written in a cursive style.

(Edi Kesuma Wijaya)

DAFTAR ISI

COVER	
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	6
1.6 Metode Penyelesaian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Terdahulu.....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Replating Kapal Baja	8
2.2.2 Hot Work Control	9
2.2.3 Pengelasan (Welding)	11
2.2.4 Kualitas Hasil Pengelasan	14
2.2.5 Non-Destructive Testing (NDT) pada Sambungan Las Kapal	16
2.2.6 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Flowchart	20
3.2 Tahapan Penelitian	22
3.3 Variabel Penelitian	23
3.4 Teknik Pengumpulan Data	25
3.4.1 Teknik Sampling Data Sambungan Las.....	26

3.4.2 Pelaksana dan Validasi Pemeriksaan VT dan PT	27
3.5 Teknik Analisis Data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	31
4.1.1 Profil PT Harapan Teknik Shipyard.....	32
4.1.2 Jenis Kapal yang Direparasi.....	35
4.1.3 Fasilitas Galangan	35
4.1.4 Material yang Digunakan.....	36
4.1.5 Proses Pengelasan	37
4.1.6 Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	39
4.2 Kondisi Eksisting	39
4.2.1 Tahapan Replating Eksisting.....	44
4.2.2 Prosedur Hot Work yang Diterapkan.....	73
4.2.3 Kelemahan Prosedur	75
4.2.4 Potensi Bahaya Hot Work.....	77
4.2.5 Data Kecelakaan Kerja.....	79
4.2.6 Data Cacat Las	80
4.3 Analisa Hira	81
4.3.1 Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum Implementasi Hot Work Control	83
4.4 Analisis kualitas sambungan las sebelum implementasi Hot Work Contol.....	85
4.5 Hasil Pentrant Testing.....	88
4.5.1 Permit To Work.....	90
4.5.2 Hot Work Checklist	90
4.5.3 Fire Watch.....	91
4.5.4 Gas Testing	91
4.5.5 Housekeeping.....	92
4.5.6 Isolasi Area Kerja.....	93
4.5.7 Monitoring Temperatur	93
4.5.8 Emergency Response	93
4.5.9 Flowchart Metode Replating Berbasis Hot Work Control.....	94
4.6 Pengaruh Hot Control	95
4.6.1 Persiapan Pekerjaan	96

4.6.2 Toolbox Meeting.....	97
4.6.3 Pemeriksaan Alat Pelindung Diri (APD)	99
4.6.4 Pemeriksaan Area Kerja.....	103
4.6.5 Permit Approval	110
4.6.6 Pelaksanaan Pengelasan	111
4.6.7 Pengawasan	112
4.6.8 Dokumentasi	115
4.7 Analisis Kualitas Las Setelah Implementasi	119
4.7.1 Porosity	123
4.7.2 Overlap dan incompalte fusion	123
4.8 Analisis Keselamatan Kerja	124
4.9 Evaluasi Efektivitas Metode Hot Work Control	128
BAB V PENUTUP	131
5.1 Kesimpulan	131
5.2 Keterbatasan Penelitian	132
5.2 Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur permasalahan Penelitian	20
Gambar 3.2 Tabel Hubungan Variabel Bebas Hot Work Control.....	24
Gambar 4.1 Flowchart Tahapan Proses Replating Kapal	45
Gambar 4.2 Foto Tata Letak Ban Dapra Awal Kapal Naik Dock	47
Gambar 4.3 Proses Pemarkingan Anti Karat Lama	48
Gambar 4.4 Proses Pemarkingan Dudukan Lampu Lifecraft	49
Gambar 4.5 Proses Pemarkingan Dudukan Lifebouy.....	49
Gambar 4.6 Proses Pemarkingan Pada Area Bottom.....	50
Gambar 4.7 Proses Pemarkingan Pada Area Bottom 2.....	51
Gambar 4.8 Proses Pemarkingan Pada Area Corner Belakang.....	52
Gambar 4.9 Proses Pemarkingan Tanduk Single Border	52
Gambar 4.10 Proses Pemarkingan Togel Hatch Cover Stearing Room.....	53
Gambar 4.11 Temuan Baru Pelat Bottom Yang Bolong	54
Gambar 4.12 Pelepasan Togel Hatch Cover untuk membuka akses kerja.....	55
Gambar 4.13 Proses Pelancaran Togel Pintu Masuk Engine Room	56
Gambar 4.14 Proses Pelepasan Ban Dapra	56
Gambar 4.15 Proses Potong Anti Karat (Zinc Anode) Lama	57
Gambar 4.16 Proses Potong Engsel Hatch Cover Stearing Room.....	57
Gambar 4.17 Proses Potong Pelat Bottom Kanan Tengah.....	58
Gambar 4.18 Proses Potong Pelat Bottom Kiri Depan	59
Gambar 4.19 Proses Potong Pelat Corner Kanan Belakang	59
Gambar 4.20 Proses Potong Pelat Corner Kiri Belakang	60
Gambar 4.21 Proses Potong Tanduk Safety Towwing Kanan.....	60
Gambar 4.22 Proses Penyetelan Pelat Bottom Kanan Tengah	62
Gambar 4.23 Proses Fit Up Pelat Corner Kiri Belakang	62
Gambar 4.24 Proses Fit Up Pelat Corner Kanan Belakang	63
Gambar 4.25 Proses FIIt Up Pelat Bottom Kiri Tengah	63
Gambar 4.26 Proses Fit Up Pelat (Pemasangan) Ban Dapra	64
Gambar 4.27 Proses FIIt Up (Pemasangan) Zinc Anode Baru	64

Gambar 4.28 Proses Pengelasan Dudukan LifeBuoy	66
Gambar 4.29 Proses Proses Pengelasan Panggung Twin Bolder	66
Gambar 4.30 Proses Pengelasan Pelat Bottom Kanan Tengah.....	67
Gambar 4.31 Proses Pengelasan Pelat Bottom Kiri Depan dan Kanan Tengah.....	68
Gambar 4.32 Proses Pengelasan Pelat Bottom Kiri Depan dan Kanan Tengah 2	69
Gambar 4.33 Proses Pengelasan Pelat Corner	69
Gambar 4.34 Proses Pengelasan Stay Bulkhead.....	70
Gambar 4.35 Hasil Pengelasan Pelat Bottom Kanan Tengah	71
Gambar 4.36 Hasil Pengelasan Pelat Bottom Kiri Depan.....	71
Gambar 4.37 Hasil Pengelasan Pelat Corner	72
Gambar 4.38 Hasil Pengelasan Tanduk Safety Towing.....	73
Gambar 4.39 Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	74
Gambar 4.40 Fire Watch	74
Gambar 4.41 Apar	75
Gambar 4.42 Diagram Fishbone Penyebab Potensi Bahaya Hot Work.....	78
Gambar 4.43 FlowChart Metode Replating Berbasis Hot Work Control.....	94
Gambar 4.44 Persiapan Area Kerja Sebelum Proses Replating.....	97
Gambar 4.45 Pelaksanaan Toolbox Meeting Sebelum Pekerjaan Replating	98
Gambar 4.46 Pemeriksaan dan Penggunaan APD Sebelum Pekerjaan Replating	100
Gambar 4.47 Helm Las	101
Gambar 4.48 Kacamata Las	101
Gambar 4.49 Sarung Tangan	101
Gambar 4.50 Lengan Welding	102
Gambar 4.51 Apron.....	102
Gambar 4.52 Sepatu Safety.....	102
Gambar 4.53 Blanket	108
Gambar 4.54 Apar	108
Gambar 4.55 Fire Hydrant	108
Gambar 4.56 Alat Detector Suhu	109
Gambar 4.57 Alat Detector Gas LD 200 Heated	109

Gambar 4.58 Pemeriksaan Kondisi Area Kerja Sebelum Proses Hot Work.....	110
Gambar 4.59 Proses Pelaksanaan Pengelasan pada Pekerjaan Replating Kapal.....	112
Gambar 4.60 Hasil Pekerjaan Repair Pelat Bottom	116
Gambar 4.61 Hasil Pekerjaan Pergantian List Pintu.....	116
Gambar 4.62 Hasil Pekerjaan Pergantian Togel Hatch Cover Stearing Room	117
Gambar 4.63 Hasil Pekerjaan Repair Panggung Twin Bolder.....	117
Gambar 4.64 Hasil Pekerjaan Repair Tanduk Safety Towwing	117
Gambar 4.65 Hasil Pekerjaan Dudukan Lifebuoy	118
Gambar 4.66 Hasil Pekerjaan Pemasangan Anti Karat Baru	118
Gambar 4.67 Hasil Pekerjaan Pemasangan Ban Dapra Baru Tampak Belakang.....	118
Gambar 4.68 hasil pekerjaan pemasangan ban dapra baru tampak depan	119
Gambar 4.69 Grafik Penurunan Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum dan Setelah Implementasi Hot Work Control	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Umum Penerimaan Cacat Las Berdasarkan AWS D1.1.....	17
Tabel 3.1 Variabel bebas.....	23
Tabel 3.2 Variabel Terikat	23
Tabel 4.1 Identitas Umum Pekerjaan.....	33
Tabel 4.2 Data Material Plat	36
Tabel 4.3 Parameter Pengelasan	38
Tabel 4.4 Tahapan Proses Replating pada kondisi eksisting	40
Tabel 4.5 Kondisi Eksisting Penerapan Prosedur Keselamatan Kerja .	42
Tabel 4.6 Rincian Tahapan Pekerjaan	46
Tabel 4.7 Data Kecelakaan Kerja Selama Penelitian	80
Tabel 4.8 Data Cacat Las Hasil Inspeksi	81
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Analisis HIRA	82
Tabel 4.10 Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum Implementasi Hot Work Control	84
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Visual Testing (VT).....	86
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Dye Penetrant Testing (PT)	89
Tabel 4.13 Standar Parameter Gas Testing.....	92
Tabel 4.14 Pengaruh Penerapan Hot Work Control Terhadap Keselamatan Kerja.	95
Tabel 4.15 Penggunaan APD	99
Tabel 4.16 Sistem Kerja Panas (Hot Work Permit).....	103
Tabel 4.17 Kondisi Area Kerja	104
Tabel 4.18 Data Pengukuran Gas	106
Tabel 4.19 Checklist Implementasi Hot Work Control	113
Tabel 4.20 Evaluasi Keselamatan Kerja Tambahan	114
Tabel 4.21 Perbandingan Kualitas Las Sebelum dan Setelah Implementasi Metode Hot Work Control	120
Tabel 4.22 Perbandingan Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum dan Setelah Implementasi Hot Work Control.....	125

Tabel 4.23 Perbandingan Hasil Kondisi Sebelum Dan Sesudah Hot Work Control	128
---	-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri galangan kapal merupakan salah satu sektor strategis dalam mendukung konektivitas maritim nasional. Kapal sebagai sarana transportasi laut memerlukan perawatan berkala agar struktur lambungnya tetap memenuhi persyaratan kelayakan yang ditetapkan lembaga klasifikasi. Salah satu pekerjaan utama dalam reparasi kapal adalah *replating*, yaitu proses penggantian pelat baja lambung yang telah mengalami penipisan akibat korosi atau kerusakan mekanis). Proses ini melibatkan pemotongan pelat lama menggunakan *gouging* atau gerinda, pemasangan pelat baru, dan pengelasan sambungan yang harus memenuhi standar kualitas klasifikasi.

Pekerjaan replating pada hakikatnya tidak terlepas dari aktivitas kerja panas (*hot work*) yang meliputi pengelasan, pemotongan termal, dan pemanasan permukaan. proses produksi di galangan kapal tidak dapat dipisahkan dari berbagai aktivitas kerja panas, mulai dari pemotongan material, perakitan, pengelasan, hingga *gouging* dan *brazing*. Karakteristik kerja panas yang menghasilkan nyala api terbuka berpotensi menimbulkan risiko kebakaran, ledakan, serta cedera serius bagi pekerja apabila tidak dikendalikan dengan baik.

Data kecelakaan kerja di industri galangan kapal menunjukkan bahwa pekerjaan pengelasan dan pemotongan merupakan penyumbang terbesar insiden fisik. melaporkan bahwa selama periode 2018–2023 di galangan kapal Nigeria, kegiatan pengelasan dan pemotongan menyebabkan 54 kasus laserasi, 52 memar, 5 luka bakar, dan berbagai cedera lainnya. Kondisi serupa berpotensi terjadi di galangan kapal Indonesia apabila penerapan sistem *hot work control* belum memadai.

Sistem *hot work control* mencakup serangkaian prosedur pengendalian bahaya sebelum, selama, dan setelah pekerjaan panas dilaksanakan, meliputi penerbitan izin kerja panas (*hot work permit*),

identifikasi bahaya, pengukuran gas, penempatan pemadam api, dan pemantauan suhu. menyatakan bahwa penerapan *permit to work* secara konsisten terbukti efektif mencegah kecelakaan kerja di lingkungan industri berisiko tinggi. Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan masih banyak galangan kapal skala menengah yang belum menerapkan standar *hot work safety* secara optimal.

Kualitas hasil las dalam proses replating merupakan aspek teknis yang tidak kalah penting. Cacat las seperti *porosity*, *undercut*, dan *incomplete penetration* dapat mengakibatkan penurunan integritas struktural lambung kapal. menekankan bahwa pengelasan merupakan salah satu poin penting yang harus diperiksa kelayakannya dalam pembuatan maupun reparasi kapal, karena kerusakan baik di permukaan maupun di dalam sambungan las sangat sulit terdeteksi secara visual. Oleh karena itu, diperlukan metode replating yang tidak hanya memperhatikan aspek keselamatan kerja panas, tetapi juga menjamin kualitas hasil las melalui prosedur pengujian yang terstandar.

Penelitian ini dilaksanakan di PT HTS, Pulo Ampel, Serang, Banten memberikan kesempatan kepada penulis untuk secara langsung mengamati dan mendokumentasikan proses replating pada kapal, mulai dari persiapan pekerjaan, pemotongan pelat, pemasangan pelat baru, proses pengelasan, hingga pelaksanaan inspeksi hasil las.

Berdasarkan hasil observasi selama Penelitian, pekerjaan replating merupakan salah satu jenis pekerjaan reparasi yang paling sering dilakukan di PT Harapan Teknik Shipyard. Dalam satu bulan rata-rata terdapat sekitar 10 unit pekerjaan replating yang dikerjakan pada berbagai bagian kapal, seperti bottom, side shell, corner, deck maupun area lain yang mengalami penurunan ketebalan pelat akibat korosi. Pekerjaan tersebut umumnya dilakukan pada kapal tugboat, tongkang (barge), kapal kargo, Self-Propelled Oil Barge (SPOB), Oil Barge (OB), dan kapal tanker yang menjalani perawatan maupun perbaikan. Tingginya frekuensi pekerjaan replating menunjukkan bahwa proses tersebut menjadi aktivitas

penting dalam menjaga kekuatan struktur, kelaikan, dan keselamatan operasional kapal.

Dalam pelaksanaannya, pekerjaan replating tidak terlepas dari berbagai permasalahan yang dapat memengaruhi kualitas hasil pengelasan maupun keselamatan kerja yang dapat memengaruhi kualitas hasil pengelasan maupun keselamatan kerja, antara lain korosi yang menyebabkan pelat mengalami penipisan bahkan berlubang, ditemukannya cacat hasil las seperti *spatter*, *porosity*, dan *pinholes*, serta pekerjaan pengelasan yang dilakukan pada area sempit (*confined space*) atau di dekat material yang berpotensi menimbulkan bahaya kebakaran. Selain itu, masih ditemukan ketidakpatuhan sebagian pekerja dalam menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), khususnya respirator dan pelindung telinga, sehingga dapat meningkatkan risiko terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.

Berdasarkan hasil observasi selama Praktik Kerja Lapangan, PT Harapan Teknik Shipyard sebenarnya telah menerapkan beberapa prosedur keselamatan kerja pada pekerjaan *hot work*, seperti penggunaan APD, penerbitan *Hot Work Permit*, penyediaan APAR, serta inspeksi hasil pengelasan. Namun, prosedur tersebut masih diterapkan secara terpisah sesuai kebutuhan pekerjaan dan belum terintegrasi ke dalam suatu metode *replating* berbasis *Hot Work Control* yang sistematis. Pelaksanaan *toolbox meeting*, pemeriksaan area kerja, penempatan *fire watch*, serta evaluasi keselamatan dan kualitas hasil pengelasan juga belum disusun sebagai satu alur kerja yang terpadu pada setiap tahapan pekerjaan. Kondisi tersebut menyebabkan pengendalian risiko dan pengendalian mutu pengelasan belum dilakukan secara optimal sehingga masih berpotensi menimbulkan cacat las maupun risiko kecelakaan kerja.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian mengenai replating kapal lebih banyak berfokus pada kualitas hasil pengelasan, metode perbaikan pelat, maupun analisis keselamatan kerja secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan prosedur teknis

replating dengan sistem Hot Work Control sebagai satu metode kerja yang komprehensif masih sangat terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengembangkan metode replating yang tidak hanya menghasilkan kualitas pengelasan yang baik, tetapi juga mampu meningkatkan keselamatan pekerja selama proses pekerjaan berlangsung.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan metode *replating* kapal berbasis *Hot Work Control* dengan mengintegrasikan seluruh tahapan pekerjaan ke dalam satu metode kerja yang sistematis. Metode yang dikembangkan meliputi persiapan pekerjaan, identifikasi bahaya, pelaksanaan *toolbox meeting*, pemeriksaan APD, penerbitan *Hot Work Permit*, pemeriksaan area kerja, penempatan *fire watch*, pelaksanaan pengelasan sesuai *Welding Procedure Specification* (WPS), hingga inspeksi hasil las menggunakan *Visual Testing* (VT) dan *Dye Penetrant Testing* (PT). Pengembangan metode ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas sambungan las, menurunkan tingkat risiko keselamatan kerja, serta menghasilkan proses *replating* yang lebih aman, efektif, dan sistematis di PT Harapan Teknik Shipyard.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi penerapan sistem *hot work control* pada proses replating kapal di PT HTS?
2. Bagaimana kondisi permukaan sambungan las berdasarkan hasil pemeriksaan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT) sebelum dan setelah penerapan metode Hot Work Control?
3. Bagaimana metode replating berbasis Hot Work Control yang dapat diterapkan untuk mendukung kualitas permukaan sambungan las dan keselamatan pekerja di PT Harapan Teknik Shipyard?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian tetap terarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dibatasi pada objek pekerjaan replating bagian bottom dan outfitting kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard, dengan proses pengelasan yang dikaji menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada material pelat Mild Steel Grade A.
2. Evaluasi kondisi sambungan las dibatasi pada pemeriksaan kondisi permukaan menggunakan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT), dengan mengacu pada ISO 17637, ISO 3452-1, serta acceptance criteria yang digunakan pada pekerjaan reparasi kapal. Penelitian tidak mencakup pengujian sifat mekanik seperti tensile test, bend test, hardness test, dan impact test, maupun pengujian volumetrik seperti Ultrasonic Testing (UT) dan Radiographic Testing (RT). Oleh karena itu, hasil penelitian hanya digunakan untuk menilai kondisi permukaan dan kesesuaian terhadap acceptance criteria berdasarkan hasil VT dan PT, bukan untuk menyimpulkan kekuatan mekanik sambungan secara keseluruhan.
3. Evaluasi penerapan Hot Work Control dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif melalui perbandingan kondisi sebelum dan setelah penerapan pada objek penelitian. Hasil penelitian terbatas pada satu galangan dan satu kapal sehingga tidak dimaksudkan untuk digeneralisasikan secara langsung pada galangan kapal, jenis kapal, metode pengelasan, atau kondisi pekerjaan reparasi yang berbeda.

1.4. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi dan mengevaluasi penerapan sistem *hot work control* pada proses replating di PT HTS.
2. Menganalisis dan membandingkan kondisi permukaan sambungan las berdasarkan hasil pemeriksaan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant

Testing (PT) sebelum dan setelah penerapan metode Hot Work Control.

3. Mengembangkan metode replating berbasis Hot Work Control sebagai rekomendasi untuk mendukung kualitas permukaan sambungan las dan keselamatan pekerja.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi galangan kapal: memberikan acuan pengembangan SOP replating yang mengintegrasikan aspek keselamatan kerja panas dan kendali kualitas las.
2. Bagi pekerja/welder: meningkatkan kesadaran dan kepatuhan terhadap prosedur *hot work safety* di lingkungan kerja galangan;
3. Bagi akademisi: memperkaya khasanah penelitian terapan di bidang teknik perkapalan, khususnya terkait metode reparasi dan manajemen keselamatan galangan.

1.6. Metode Penyelesaian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *applied research* dengan metode observasi lapangan, wawancara terstruktur, dan analisis dokumen. Tahapan penyelesaian meliputi: (1) studi literatur dan standar teknis; (2) observasi proses replating dan sistem *hot work control* eksisting; (3) pengukuran parameter pengelasan dan pengujian NDT; serta (4) evaluasi dan penyusunan rekomendasi metode replating berbasis *hot work control*. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif untuk menghasilkan kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji aspek-aspek yang berkaitan dengan tema penelitian ini. Fairussihan & Setiono (2023) melakukan analisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proses perbaikan kapal di PT. Dock dan Perkapalan Surabaya menggunakan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*). Hasil penelitian tersebut mengidentifikasi bahwa pekerjaan pengelasan dan pemotongan tergolong dalam kategori risiko tinggi yang memerlukan pengendalian secara administratif dan teknis.

mengevaluasi metode pengujian hasil pengelasan pelat menggunakan *Chalk Test* dan *Air Pressure Test* di galangan kapal. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa *Air Pressure Test* lebih unggul dari sisi kualitas deteksi kebocoran, meskipun memerlukan waktu lebih lama. Temuan ini relevan dengan kebutuhan pemilihan metode pengujian NDT yang tepat dalam proses replating.

mengembangkan sistem manajemen keselamatan dan keamanan kerja produksi kapal pada galangan berskala mikro di Makassar. Penelitian tersebut menemukan bahwa galangan skala kecil umumnya belum memiliki sistem manajemen K3 yang terstandar, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih sederhana namun terstruktur. lebih lanjut mengevaluasi penerapan SMK3 pada industri galangan kapal kecil di Indonesia dan menyimpulkan bahwa kepatuhan terhadap prosedur keselamatan masih perlu ditingkatkan melalui pelatihan dan pengawasan yang berkelanjutan.

menganalisis penerapan *permit to work* sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan menemukan bahwa sistem izin kerja yang dijalankan secara konsisten berpengaruh signifikan terhadap penurunan insiden di lingkungan industri berisiko tinggi. Penelitian-penelitian tersebut secara

kolektif menunjukkan pentingnya integrasi sistem pengendalian kerja panas dengan prosedur pengujian kualitas las dalam kegiatan reparasi kapal.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Replating Kapal

2.2.1.1. Pengertian Replating

Replating merupakan proses penggantian sebagian atau seluruh pelat baja pada struktur kapal yang mengalami kerusakan akibat korosi, deformasi, retak, benturan, maupun penurunan ketebalan sehingga tidak lagi memenuhi persyaratan klasifikasi. Pekerjaan *replating* bertujuan mengembalikan kekuatan struktur kapal agar tetap mampu menahan beban operasional sesuai dengan standar keselamatan pelayaran. Dalam pelaksanaannya, pekerjaan *replating* meliputi identifikasi area yang rusak, pemotongan pelat lama, pemasangan pelat pengganti, proses pengelasan, hingga inspeksi kualitas hasil pengelasan sebelum kapal kembali dioperasikan.

2.2.1.2. Tujuan Replating

Tujuan utama pelaksanaan *replating* adalah mengembalikan kekuatan dan integritas struktur kapal sehingga mampu menahan beban yang bekerja selama kapal beroperasi. Selain itu, *replating* juga bertujuan memperpanjang umur pakai kapal, mencegah kerusakan yang lebih luas pada struktur lambung, serta menjaga kelayakan operasional kapal agar tetap memenuhi persyaratan keselamatan pelayaran.

Selain memperbaiki kerusakan fisik pada lambung kapal, *replating* juga berperan dalam meningkatkan keandalan operasional kapal serta mengurangi risiko kegagalan struktur selama pelayaran. Dengan pelaksanaan *replating* yang sesuai standar, kapal dapat

beroperasi secara lebih aman, efisien, dan memiliki umur layanan yang lebih panjang.

2.2.1.3. Penyebab Dilakukannya Replating

Pekerjaan *replating* dilakukan apabila pelat baja pada struktur kapal mengalami kerusakan yang dapat menurunkan kekuatan konstruksi dan membahayakan keselamatan operasional kapal. Kerusakan tersebut umumnya disebabkan oleh korosi, penurunan ketebalan pelat, retak (*crack*), deformasi akibat benturan, maupun kelelahan material (*fatigue*) yang terjadi selama kapal beroperasi. Apabila kondisi tersebut tidak segera diperbaiki, maka integritas struktur kapal akan menurun sehingga berpotensi menyebabkan kebocoran, kegagalan struktur, bahkan kecelakaan pelayaran.

Faktor lain yang menyebabkan dilakukannya *replating* adalah hasil inspeksi ketebalan pelat (*thickness measurement*) yang menunjukkan bahwa ketebalan pelat telah berada di bawah batas minimum yang dipersyaratkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Pengukuran ketebalan biasanya dilakukan menggunakan Ultrasonic Thickness Gauge (UTG) sebagai bagian dari inspeksi berkala. Apabila hasil pengukuran menunjukkan penurunan ketebalan yang melebihi batas toleransi, maka pelat wajib diganti dengan pelat baru yang memiliki spesifikasi sesuai dengan ketentuan badan klasifikasi

2.2.2. Hot Work Control

2.2.2.1. Pengertian Hot Work Control

Hot Work Control merupakan suatu sistem pengendalian yang diterapkan untuk mengelola seluruh aktivitas hot work agar dapat dilaksanakan secara aman, terkendali, dan sesuai dengan prosedur keselamatan kerja. Sistem ini mencakup serangkaian tindakan mulai dari identifikasi bahaya, penilaian risiko, penerbitan Hot Work Permit, pemeriksaan area kerja, penyediaan alat pemadam kebakaran, penunjukan fire watch, penggunaan alat pelindung diri (APD), hingga pengawasan

selama dan setelah pekerjaan selesai dilakukan. Tujuan utama penerapan Hot Work Control adalah mencegah terjadinya kebakaran, ledakan, kecelakaan kerja, serta kerusakan fasilitas yang disebabkan oleh aktivitas yang menghasilkan panas, nyala api, maupun percikan logam. Keselamatan kerja panas diatur dalam berbagai standar internasional.

OSHA *Shipyards Industry Standards* (29 CFR 1915) mewajibkan penggunaan APD yang sesuai untuk setiap operasi pengelasan atau pemotongan, serta penilaian bahaya (*hazard assessment*) sebelum pekerjaan dimulai. IMO melalui *International Safety Management Code* (ISM Code) mengharuskan perusahaan pelayaran dan galangan untuk memiliki prosedur keselamatan yang terdokumentasi. BKI mensyaratkan sertifikasi juru las dengan kualifikasi yang sesuai posisi pengelasan yang dikerjakan. Sistem *hot work control* yang komprehensif mencakup: (a) izin kerja panas (*hot work permit*) yang ditandatangani supervisor dan *safety officer*; (b) identifikasi dan pengendalian sumber gas mudah terbakar; (c) penugasan *fire watch* selama dan minimal 30 menit setelah pekerjaan selesai; (d) penyediaan APAR di area kerja; dan (e) pemantauan konsentrasi gas menggunakan detektor yang terkalibrasi.

2.2.2.2. Tujuan Hot Work Control

Penerapan Hot Work Control bertujuan untuk memastikan seluruh pekerjaan yang melibatkan sumber panas, nyala api, maupun percikan logam dapat dilaksanakan secara aman, terkendali, dan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Sistem ini dirancang untuk mengurangi potensi bahaya yang dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, cedera pekerja, maupun kerusakan fasilitas perusahaan. Selain itu, *Hot Work Control* juga berfungsi sebagai pedoman dalam mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, serta menentukan langkah-langkah pengendalian sebelum, selama, dan setelah pekerjaan *hot work* dilaksanakan. Selain meningkatkan keselamatan kerja, Hot Work Control juga bertujuan menjaga kualitas hasil pengelasan. Penerapan prosedur kerja yang sesuai standar menciptakan kondisi kerja

yang aman dan kondusif sehingga proses pengelasan dapat dilakukan sesuai Welding Procedure Specification (WPS). Dengan demikian, risiko terjadinya cacat las seperti *porosity*, *undercut*, *slag inclusion*, *lack of fusion*, dan *crack* dapat dikurangi, sehingga sambungan las yang dihasilkan memenuhi standar mutu yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) maupun standar internasional

2.2.3. Pengelasan (Welding)

2.2.3.1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan (*welding*) merupakan suatu proses penyambungan dua atau lebih material, terutama logam, dengan cara memberikan energi panas, tekanan, atau kombinasi keduanya sehingga terbentuk ikatan metalurgi yang permanen. Pada proses pengelasan, material dasar (*base metal*) mengalami pelelehan pada daerah sambungan dan dapat ditambahkan logam pengisi (*filler metal*) agar menghasilkan sambungan yang memiliki kekuatan sesuai dengan material induknya.

Pada proses reparasi kapal, khususnya pekerjaan *replating*, pengelasan dilakukan untuk menyambungkan pelat baja baru dengan struktur kapal yang telah dipersiapkan sebelumnya. Agar sambungan las memiliki kualitas yang baik, proses pengelasan harus mengacu pada Welding Procedure Specification (WPS), menggunakan material las yang sesuai, serta dilaksanakan oleh juru las (*welder*) yang memiliki kompetensi dan sertifikasi. Selain itu, hasil pengelasan perlu dilakukan pemeriksaan menggunakan metode Non-Destructive Testing (NDT) untuk memastikan tidak terdapat cacat las yang dapat memengaruhi kekuatan struktur kapal

2.2.3.2. Fungsi Pengelasan pada Kapal

Pengelasan memiliki peranan yang sangat penting dalam industri perkapalan karena hampir seluruh konstruksi kapal modern menggunakan sambungan las sebagai metode penyatuan komponen struktur. Pengelasan berfungsi untuk menyambungkan pelat baja, profil konstruksi, sekat

(*bulkhead*), geladak (*deck*), penegar (*stiffener*), serta berbagai komponen lainnya sehingga membentuk satu kesatuan struktur kapal yang kuat, kokoh, dan kedap air (*watertight*). Sambungan las yang berkualitas akan meningkatkan integritas struktur kapal serta mampu menahan beban statis maupun dinamis selama kapal beroperasi di laut.

Pengelasan juga berfungsi untuk menjaga keandalan struktur kapal agar tetap memenuhi persyaratan badan klasifikasi. Oleh karena itu, setiap proses pengelasan harus dilaksanakan sesuai Welding Procedure Specification (WPS), menggunakan material las yang sesuai, dikerjakan oleh juru las yang kompeten, serta diperiksa melalui metode Non-Destructive Testing (NDT) untuk memastikan bahwa sambungan las bebas dari cacat yang dapat menurunkan kekuatan konstruksi kapal. Dengan demikian, fungsi pengelasan pada kapal tidak hanya sebagai metode penyambungan material, tetapi juga sebagai faktor utama dalam menjamin kekuatan struktur, kualitas konstruksi, keselamatan pelayaran, serta keberhasilan proses pembangunan maupun reparasi kapal.

2.2.3.3. Jenis-jenis Pengelasan

Pengelasan dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber panas, metode penyambungan, serta jenis elektroda yang digunakan. Dalam industri perkapalan, pemilihan metode pengelasan disesuaikan dengan jenis material, ketebalan pelat, posisi pengelasan, kualitas sambungan yang diinginkan, serta efisiensi proses produksi. Beberapa jenis pengelasan yang umum digunakan pada pembangunan dan reparasi kapal meliputi:

2.2.3.3.1. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau las busur listrik manual merupakan metode pengelasan yang menggunakan elektroda berselaput (*covered electrode*) sebagai penghantar arus listrik sekaligus logam pengisi. Panas yang dihasilkan dari busur listrik akan melelehkan elektroda dan

logam induk sehingga membentuk sambungan las. Metode SMAW banyak digunakan pada pekerjaan reparasi kapal karena peralatannya sederhana, mudah dipindahkan, serta dapat digunakan pada berbagai posisi pengelasan dan kondisi lapangan.

2.2.3.3.2. Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)

Gas Metal Arc Welding (GMAW) atau *Metal Inert Gas* (MIG) merupakan proses pengelasan yang menggunakan kawat las (*wire electrode*) yang dialirkan secara terus-menerus melalui *welding gun* dengan perlindungan gas pelindung (*shielding gas*). Metode ini memiliki kecepatan pengelasan yang tinggi, menghasilkan percikan (*spatter*) yang lebih sedikit, serta banyak digunakan pada proses fabrikasi kapal karena mampu meningkatkan produktivitas pekerjaan.

2.2.3.3.3. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau *Tungsten Inert Gas* (TIG) menggunakan elektroda tungsten yang tidak habis terpakai serta gas pelindung, seperti argon atau helium. Pengelasan TIG menghasilkan kualitas sambungan yang sangat baik, permukaan las yang rapi, dan sedikit cacat las, sehingga umumnya digunakan pada material tipis maupun pekerjaan yang membutuhkan tingkat presisi tinggi.

2.2.3.3.4. Flux Cored Arc Welding (FCAW)

Flux Cored Arc Welding (FCAW) merupakan proses pengelasan yang menggunakan kawat berinti fluks (*flux-cored wire*) sebagai elektroda. Metode ini memiliki laju deposisi logam yang tinggi sehingga mampu mempercepat proses pengelasan pada pelat yang relatif tebal. FCAW banyak digunakan dalam industri galangan kapal karena efisien untuk pekerjaan konstruksi maupun reparasi.

2.2.3.3.5. Submerged Arc Welding (SAW)

Submerged Arc Welding (SAW) adalah proses pengelasan otomatis atau semiotomatis yang menggunakan kawat las kontinu dan fluks berbentuk butiran (*granular flux*) untuk menutupi busur listrik selama proses pengelasan. Metode ini menghasilkan penetrasi yang dalam, kualitas

sambungan yang baik, serta produktivitas yang tinggi sehingga sering digunakan pada proses fabrikasi pelat baja berukuran besar di galangan kapal. Berdasarkan berbagai jenis pengelasan tersebut, metode yang paling umum digunakan dalam pekerjaan replating pada reparasi kapal adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Hal ini disebabkan SMAW memiliki peralatan yang sederhana, mudah diaplikasikan pada berbagai posisi pengelasan, serta efektif digunakan untuk pekerjaan lapangan yang memiliki ruang kerja terbatas.

2.2.4. Kualitas Hasil Pengelasan

2.2.4.1. Pengertian Kualitas Las

Kualitas las merupakan tingkat kesesuaian hasil sambungan las terhadap persyaratan teknis, standar mutu, dan spesifikasi yang telah ditetapkan sehingga mampu memenuhi fungsi struktural, mekanis, dan keselamatan selama masa operasional. Sambungan las yang berkualitas harus memiliki kekuatan yang memadai, bebas dari cacat yang dapat memengaruhi integritas struktur, serta memenuhi standar yang ditetapkan dalam *Welding Procedure Specification* (WPS) dan badan klasifikasi.

Kualitas sambungan las dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Suhu *preheat* dan *interpass* berperan penting dalam mencegah retak dingin (*cold crack*) dan distorsi. Parameter pengelasan seperti kuat arus, tegangan, dan kecepatan las harus sesuai dengan *Welding Procedure Specification* (WPS). Kondisi permukaan pelat yang bersih dari korosi, minyak, dan kelembapan berlebih sangat menentukan kualitas fusi logam las. menjelaskan bahwa cacat las seperti *porosity*, *slag inclusion*, dan *incomplete penetration* dapat secara signifikan mengurangi kekuatan tarik sambungan las sehingga perlu dideteksi melalui metode NDT yang andal.

Selain itu, Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan, mulai dari manusia (*man*), material (*material*), metode (*method*), mesin (*machine*), hingga lingkungan kerja (*environment*).

Apabila salah satu faktor tersebut tidak dikendalikan dengan baik, maka sambungan las yang dihasilkan berpotensi mengalami cacat sehingga dapat menurunkan kekuatan struktur dan keandalan konstruksi kapal. Oleh karena itu, setiap faktor harus diperhatikan secara menyeluruh agar hasil pengelasan memenuhi standar mutu yang ditetapkan.

2.2.4.2. Acceptance Criteria (Kriteria Penerimaan Hasil Las)

Acceptance Criteria atau kriteria penerimaan hasil las merupakan persyaratan teknis yang digunakan untuk menentukan apakah suatu sambungan las memenuhi standar mutu sehingga dapat diterima untuk digunakan atau harus diperbaiki (*repair welding*). Kriteria penerimaan ini ditetapkan berdasarkan standar badan klasifikasi maupun standar internasional yang bertujuan menjamin kekuatan, keamanan, dan keandalan struktur hasil pengelasan. Pada industri perkapalan, acceptance criteria umumnya mengacu pada ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), *American Welding Society* (AWS), maupun standar inspeksi lainnya sesuai kebutuhan pekerjaan.

Secara umum, hasil pengelasan dinyatakan diterima (*accepted*) apabila tidak ditemukan cacat yang melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan dalam standar inspeksi. Sebaliknya, apabila ditemukan cacat yang melebihi batas yang diizinkan, maka sambungan las harus diperbaiki melalui proses *repair welding* dan dilakukan inspeksi ulang hingga memenuhi standar yang berlaku.

Beberapa jenis cacat las yang menjadi perhatian dalam acceptance criteria antara lain retak (*crack*), porositas (*porosity*), *undercut*, *slag inclusion*, *lack of fusion*, dan *incomplete penetration*. Dari berbagai jenis cacat tersebut, retak (*crack*) merupakan cacat yang umumnya tidak diperbolehkan (*not acceptable*) karena dapat menyebabkan kegagalan struktur kapal. Sementara itu, cacat seperti *undercut* atau *porosity* masih dapat diterima apabila ukurannya tidak melebihi batas toleransi yang

ditentukan dalam standar inspeksi.

2.2.5. Non-Destructive Testing (NDT) pada Sambungan Las Kapal

Pengujian *Non-Destructive Testing (NDT)* merupakan metode pemeriksaan yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan integritas sambungan las tanpa merusak komponen yang diuji. Dalam industri perkapalan, NDT berperan penting untuk memastikan bahwa sambungan las memenuhi persyaratan kualitas dan keselamatan sesuai standar klasifikasi kapal. Beberapa metode NDT yang umum digunakan meliputi *Visual Testing (VT)* sesuai ISO 17637, *Dye Penetrant Testing (PT)* sesuai ISO 3452, *Magnetic Particle Testing (MT)* sesuai ISO 17638, *Ultrasonic Testing (UT)* sesuai ISO 17640, dan *Radiographic Testing (RT)* sesuai ISO 17636. Pemilihan metode pengujian disesuaikan dengan jenis cacat yang akan dideteksi, lokasi sambungan las, ketebalan material, serta tingkat kualitas yang dipersyaratkan.

Selain mengikuti prosedur pengujian berdasarkan standar ISO, hasil pemeriksaan sambungan las harus memenuhi kriteria penerimaan (acceptance criteria) yang mengacu pada AWS D1.1 *Structural Welding Code–Steel* atau standar klasifikasi kapal yang berlaku. Kriteria tersebut menentukan apakah cacat las masih dapat diterima atau harus dilakukan perbaikan (*repairwelding*). Tabel 2.1 Kriteria Umum Penerimaan Cacat Las Berdasarkan AWS D1.1

No	Metode NDT	Jenis cacat	Kriteria penerimaan
1	VT (ISO 17637)	Retak (<i>crack</i>)	Tidak diperbolehkan

2.		<i>Undercut</i>	Diperbolehkan Hanya dalam Batas yang ditentukan AWS D1.1 sesuai kategori sambungan dan ketebalan material.
3.		<i>Overlap</i>	Tidak diperbolehkan
4.		<i>Lack of Fusion</i>	Tidak diperbolehkan
5.	PT (ISO 3452)	Retak permukaan	Tidak diperbolehkan
6.		Pori terbuka (<i>surface porosity</i>)	Dievaluasi berdasarkan jumlah, distribusi, dan ukuran indikasi sesuai acceptance criteria AWS D1.1.
7.	MT (ISO 17638)	Retak permukaann	Tidak diperbolehkan

8.	UT (ISO 17640)	<i>Lack of Fusion, Slag Inclusion, Crack</i>	Dievaluasi berdasarkan amplitudo sinyal dan panjang indikasi sesuai acceptance criteria AWS D1.1.
9.	RT (ISO 17636)	<i>Porosity, Slag Inclusion, Lack of Fusion</i>	Dievaluasi berdasarkan ukuran, jumlah, dan distribusi cacat sesuai acceptance criteria AWS D1.1.

Berdasarkan AWS D1.1, cacat berupa retak (*crack*) dan lack of fusion termasuk kategori cacat kritis sehingga tidak diperbolehkan pada sambungan las karena dapat menurunkan kekuatan struktur. Sementara itu, cacat seperti porosity, slag inclusion, dan undercut masih dapat diterima apabila ukuran, jumlah, dan distribusinya berada dalam batas penerimaan yang ditentukan oleh standar. Oleh karena itu, hasil pemeriksaan NDT tidak hanya menilai keberadaan cacat, tetapi juga membandingkannya dengan acceptance criteria sehingga dapat ditentukan apakah sambungan las dinyatakan acceptable, repair, atau reject.

2.2.6. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk menjamin dan melindungi keselamatan serta kesehatan tenaga kerja melalui pencegahan terhadap kecelakaan kerja,

penyakit akibat kerja, kebakaran, ledakan, maupun bahaya lainnya yang dapat timbul di lingkungan kerja. Penerapan K3 bertujuan menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, nyaman, dan produktif sehingga pekerja dapat melaksanakan tugasnya tanpa mengalami gangguan terhadap keselamatan maupun kesehatannya.

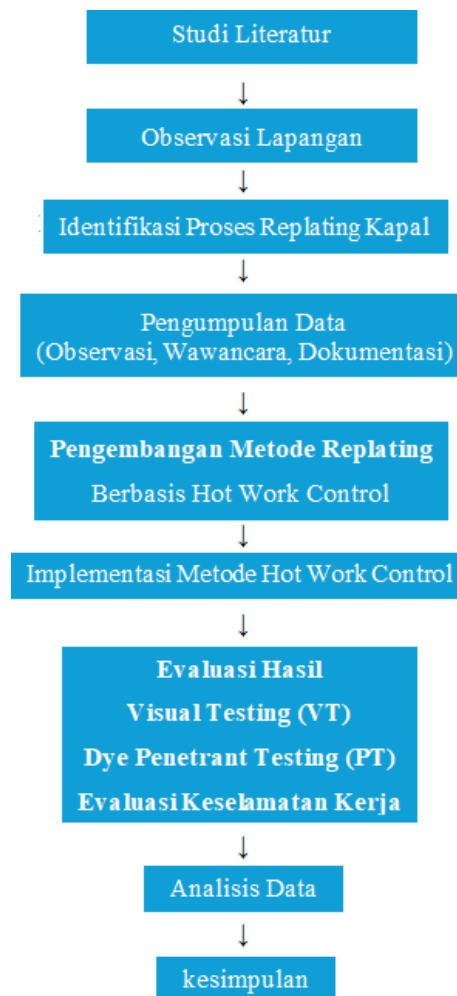
Dalam galangan kapal, penerapan K3 memiliki peranan yang sangat penting karena aktivitas pekerjaan, seperti pengelasan, pemotongan logam, pengangkatan material, pekerjaan di ketinggian, serta pekerjaan di confined space, memiliki tingkat risiko yang tinggi. Oleh karena itu, perusahaan wajib menerapkan sistem manajemen keselamatan kerja melalui identifikasi bahaya, penilaian risiko, penggunaan alat pelindung diri (APD), pelaksanaan Hot Work Control, serta pengawasan terhadap setiap aktivitas kerja untuk mencegah terjadinya kecelakaan maupun penyakit akibat kerja.

2.2.6.1. Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif sehingga mampu melindungi tenaga kerja, aset perusahaan, serta lingkungan kerja dari berbagai potensi bahaya. Dalam pelaksanaannya, penerapan K3 juga bertujuan untuk mengurangi risiko penyakit akibat kerja, meningkatkan kesadaran pekerja terhadap pentingnya keselamatan, serta menciptakan budaya kerja yang mengutamakan aspek keselamatan dan kesehatan. Selain itu, penerapan K3 dapat meningkatkan produktivitas perusahaan karena pekerjaan dapat berlangsung dengan lancar, mengurangi waktu hilang akibat kecelakaan kerja (*lost time injury*), serta menekan biaya yang ditimbulkan akibat kerusakan peralatan maupun penghentian proses produksi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flowchart



Gambar 3.1 Alur Permasalahan Penelitian

Alur penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori mengenai proses replating kapal, pekerjaan *hot work*, sistem *Hot Work Control*, kualitas pengelasan, keselamatan kerja, serta standar yang digunakan sebagai acuan penelitian. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan di PT Harapan Teknik Shipyard untuk memperoleh gambaran mengenai pelaksanaan pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307.

Berdasarkan hasil observasi, dilakukan identifikasi proses replating kapal guna mengetahui tahapan pekerjaan yang termasuk dalam kategori *hot work* dan memiliki potensi bahaya terhadap keselamatan kerja maupun kualitas hasil pengelasan. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data yang dikumpulkan meliputi proses replating, penerapan *Hot Work Permit*, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), kondisi area kerja, parameter pengelasan, hasil inspeksi kualitas las, serta dokumen pendukung lainnya. Data yang telah diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar dalam pengembangan metode replating berbasis *Hot Work Control* dengan mengintegrasikan tahapan persiapan pekerjaan, identifikasi bahaya, pelaksanaan *toolbox meeting*, pemeriksaan APD, penerbitan *Hot Work Permit*, pemeriksaan area kerja, pelaksanaan pengelasan, dan pengawasan selama pekerjaan berlangsung. Metode yang telah dikembangkan selanjutnya diimplementasikan pada proses replating kapal untuk mengetahui efektivitas penerapannya di lapangan.

Tahap selanjutnya adalah evaluasi hasil implementasi metode. Evaluasi kualitas sambungan las dilakukan menggunakan *Visual Testing* (VT) dan *Dye Penetrant Testing* (PT) untuk mengetahui adanya cacat permukaan pada sambungan las, sedangkan evaluasi keselamatan kerja dilakukan melalui analisis tingkat risiko berdasarkan parameter *near miss*, *unsafe action*, *unsafe condition*, *incident*, *lost time injury* (LTI), *severity*, dan *frequency*. Seluruh hasil evaluasi kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi metode *Hot Work Control* sehingga dapat diketahui efektivitas metode yang dikembangkan dalam meningkatkan kualitas hasil pengelasan dan keselamatan kerja. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan kesimpulan yang memuat hasil penelitian sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam lima tahap utama yang saling berkesinambungan. Tahap pertama adalah analisis proses replating eksisting. Pada tahap ini penulis mengamati dan mendokumentasikan seluruh rangkaian pekerjaan replating yang sedang berlangsung di PT Harapan Teknik Shipyard pada kapal TB SPGM 1307, mencakup pemotongan pelat lama, persiapan permukaan, *fit-up*, *tack welding*, pengelasan utama, hingga *finishing*. Dokumentasi dilakukan melalui pengisian formulir observasi lapangan yang terstruktur.

Tahap kedua adalah identifikasi bahaya (*hazard identification*). Pada tahap ini dilakukan identifikasi potensi bahaya yang terdapat dalam setiap langkah pekerjaan replating menggunakan metode HIRARC. Bahaya yang diidentifikasi meliputi risiko kebakaran akibat percikan las, paparan asap dan gas berbahaya, sengatan listrik, serta risiko ergonomis akibat posisi kerja yang tidak ergonomis.

Tahap ketiga adalah desain sistem *hot work control*. Berdasarkan temuan identifikasi bahaya, dikembangkan sistem *hot work control* yang mencakup: SOP izin kerja panas, daftar periksa (*checklist*) sebelum-selama-setelah pekerjaan, prosedur penempatan APAR dan penugasan *fire watch*, serta prosedur pemantauan gas dan suhu.

Tahap keempat adalah implementasi dan uji coba. Sistem *hot work control* yang dirancang diterapkan pada proses replating dan hasilnya dibandingkan dengan kondisi eksisting. Evaluasi dilakukan melalui pengamatan kepatuhan prosedur dan pengukuran parameter gas.

Tahap kelima adalah pengukuran kualitas las dan evaluasi keselamatan. Kualitas sambungan las dinilai melalui pengujian NDT menggunakan *Visual Testing* (VT) berdasarkan ISO 17637 dan *Dye Penetrant Test* (PT) berdasarkan ISO 3452. Evaluasi keselamatan dilakukan

dengan menilai tingkat kepatuhan penggunaan APD, kelengkapan izin kerja panas, dan kesiapan sarana tanggap darurat.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian merupakan segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan dalam penelitian. Dalam penelitian ini terdapat variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*).

a. Variabel Bebas (Independent Variable)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Hot Work Control, yaitu sistem pengendalian pekerjaan panas yang diterapkan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja selama proses replating kapal. Penerapan Hot Work Control dalam penelitian ini diukur melalui beberapa sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variabel bebas

Variabel	Indikator
Hot Work Control	Hot Work Permit
	Penggunaan APD
	Fire Watch
	Gas Test

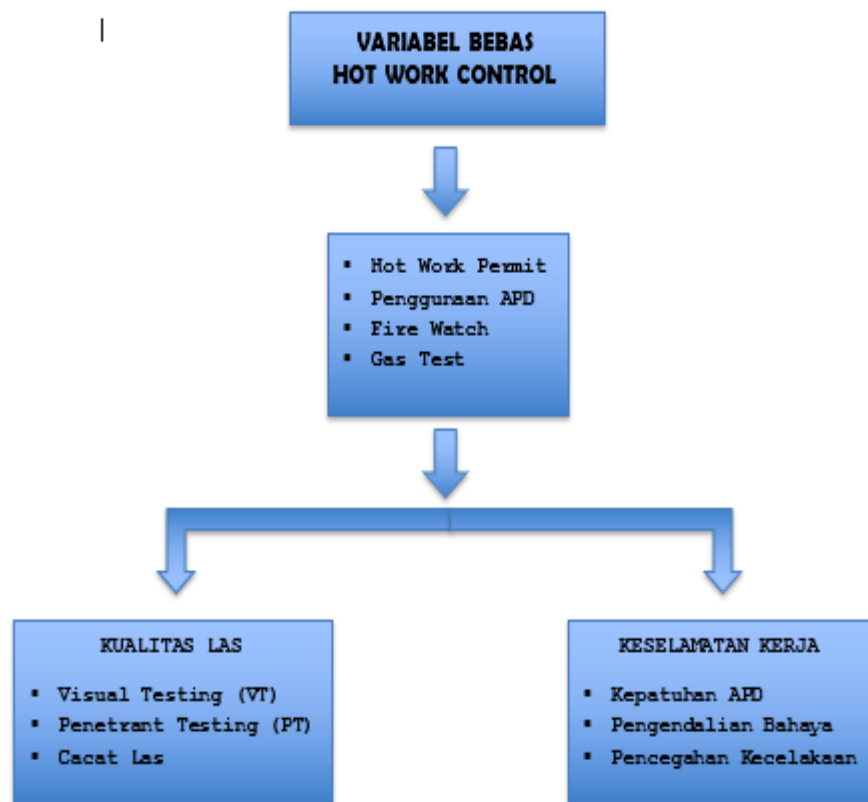
b. Variabel Terikat (Dependent Variable)

Variabel terikat (*dependent variable*) merupakan hasil yang dipengaruhi oleh penerapan Hot Work Control. Dalam penelitian ini variabel terikat terdiri atas kualitas las dan keselamatan kerja.

Tabel 3.2 Variabel Terikat

Variabel	Indikator
Kualitas las	Hasil Visual Testing (VT)
	Hasil Penetrant Testing (PT)
	Cacat Las (Spatter, Porosity,

	Pinholes)
	Kesesuaian dengan WPS
Keselamatan Kerja	Kepatuhan penggunaan Pengendalian potensi bahaya
	Pencegahan kecelakaan kerja



Gambar 3.2 Tabel Hubungan Variabel Bebas Hot Work Control

Hubungan variabel penelitian menunjukkan bahwa Hot Work Control sebagai variabel bebas yang terdiri atas Hot Work Permit, penggunaan APD, Fire Watch, dan Gas Test berpengaruh terhadap kualitas las dan keselamatan kerja sebagai variabel terikat.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu observasi, wawancara, dan studi dokumen. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dengan objek penelitian berupa pekerjaan replating kapal tugboat TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard. Data penelitian diambil berdasarkan satu proyek reparasi kapal dan tidak merupakan gabungan data dari beberapa kapal atau rata-rata data bulanan galangan. Pemilihan satu proyek dilakukan agar penerapan metode Hot Work Control dapat diamati dan dianalisis secara mendalam pada satu pekerjaan replating.

Observasi lapangan dilakukan secara langsung selama pelaksanaan pekerjaan replating dengan mencatat tahapan pekerjaan, parameter pengelasan, kondisi area kerja, penerapan prosedur keselamatan, serta penerapan Hot Work Control menggunakan formulir observasi terstruktur. Objek pekerjaan yang diamati meliputi pekerjaan replating pada bagian bottom dan outfitting kapal TB SPGM 1307. Berdasarkan identitas pekerjaan, observasi lapangan dilakukan di PT Harapan Teknik Shipyard pada tanggal 26 Mei 2026, pukul 10.00–17.00 WIB.

Wawancara dilakukan kepada pembimbing lapangan, *safety officer*, dan juru las untuk memperoleh informasi mengenai prosedur pelaksanaan pekerjaan, penerapan keselamatan kerja, penerapan Hot Work Control, serta kendala yang ditemukan selama proses replating. Studi dokumen dilakukan terhadap dokumen yang berkaitan dengan pekerjaan replating dan pengelasan, meliputi *Hot Work Permit*, *Welding Procedure Specification* (WPS), sertifikat kalibrasi detektor gas, sertifikat juru las, serta laporan hasil pemeriksaan *Non-Destructive Testing* (NDT).

Data yang dikumpulkan dalam penelitian meliputi data kondisi awal penerapan prosedur keselamatan kerja, identifikasi bahaya dan HIRA, parameter proses pengelasan, penerapan Hot Work Control, hasil pemeriksaan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT), serta data

keselamatan kerja sebelum dan setelah penerapan metode. Sebanyak 25 sambungan las digunakan sebagai objek pemeriksaan kualitas pengelasan dalam proyek replating TB SPGM 1307. Hasil pemeriksaan PT terhadap 25 sambungan tersebut menunjukkan 25 sambungan dinyatakan *acceptable* dan tidak terdapat sambungan *reject*.

Dengan demikian, satuan analisis penelitian adalah proyek pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307, sedangkan sambungan las, aktivitas pekerjaan, dan indikator keselamatan kerja merupakan unit data yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan metode Hot Work Control pada proyek tersebut.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi mesin las SMAW (*Lincoln Electric inverter DC*), detektor gas untuk pengukuran O₂, LEL, dan CO, APD standar pengelasan, termometer *infrared* untuk pengukuran suhu *preheat* dan *interpass*, pelat baja *Mild Steel Grade A* dengan ketebalan 8, 10, dan 12 mm serta dimensi 1830 × 6100 mm, elektroda E6013 dan E7018 dengan diameter 3,2 mm dan 4,0 mm, serta peralatan NDT berupa VT kit dan *dye penetrant kit*. Spesifikasi material pelat tersebut telah dicantumkan dalam data material penelitian.

3.4.1 Teknik Sampling Data Sambungan Las

Pengambilan data kualitas sambungan las pada penelitian ini dilakukan dengan teknik purposive sampling. Teknik tersebut digunakan karena objek penelitian memiliki karakteristik yang telah ditentukan sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu sambungan las pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard.

Sampel penelitian berupa 25 sambungan las yang dipilih dari sambungan hasil pekerjaan replating pada bagian bottom dan outfitting kapal TB SPGM 1307. Pemilihan sampel didasarkan pada sambungan yang telah selesai dikerjakan, dapat diakses untuk dilakukan pemeriksaan, serta mewakili area pekerjaan replating yang menjadi objek penelitian.

Sebanyak 25 sambungan tersebut digunakan sebagai sampel pemeriksaan kualitas setelah penerapan metode Hot Work Control. Seluruh sampel yang telah dipilih diperiksa menggunakan Visual Testing (VT) dan selanjutnya dilakukan Dye Penetrant Testing (PT) untuk memastikan kondisi permukaan sambungan las. Penggunaan dua metode pemeriksaan tersebut dilakukan untuk memperoleh data pemeriksaan yang lebih lengkap terhadap kondisi permukaan sambungan las. Pemilihan 25 sambungan dilakukan dengan mempertimbangkan ketersediaan sambungan hasil pekerjaan replating yang dapat diperiksa selama periode penelitian dan kesesuaian dengan ruang lingkup objek penelitian. Dengan demikian, jumlah 25 sambungan merupakan sampel yang berasal dari pekerjaan replating pada satu objek kapal yang sama, bukan sampel yang diambil secara acak dari seluruh kapal yang dikerjakan oleh galangan.

Data hasil pemeriksaan kemudian dicatat berdasarkan status acceptable atau reject serta jenis indikasi cacat yang ditemukan. Hasil tersebut selanjutnya digunakan untuk membandingkan kondisi kualitas sambungan las sebelum dan setelah penerapan metode Hot Work Control.

3.4.2 Pelaksana dan Validasi Pemeriksaan VT dan PT

Pemeriksaan Visual Testing (VT) pada sambungan las dilakukan oleh Quality Control (QC Galangan) yang bertanggung jawab terhadap pemeriksaan kualitas hasil pengelasan di PT Harapan Teknik Shipyard. Pemeriksaan dilakukan terhadap kondisi permukaan dan geometri sambungan las dengan mengacu pada ISO 17637 serta acceptance criteria yang berlaku.

Pemeriksaan Dye Penetrant Testing (PT) dilakukan oleh pembimbing project leader ship setelah sambungan las memenuhi persyaratan pemeriksaan VT. Pemeriksaan PT dilakukan untuk mendeteksi indikasi cacat permukaan seperti crack, surface porosity, pinhole, dan indikasi permukaan lainnya dengan mengacu pada ISO 3452.

Hasil pemeriksaan VT dan PT divalidasi berdasarkan laporan hasil inspeksi/NDT dan kesesuaian terhadap acceptance criteria yang digunakan

pada pekerjaan reparasi kapal. Peneliti berperan dalam melakukan observasi, pencatatan, dokumentasi, dan analisis terhadap hasil pemeriksaan, sedangkan penetapan status acceptable atau reject dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan personel yang bertanggung jawab terhadap inspeksi kualitas.

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan proses mengolah, menginterpretasikan, dan menarik kesimpulan dari data yang diperoleh selama penelitian. Analisis dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif menggunakan analisis deskriptif, analisis *gap*, analisis kesesuaian terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP), analisis kesesuaian terhadap standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), serta pemeriksaan kondisi permukaan sambungan las melalui *Visual Testing* (VT) dan *Dye Penetrant Testing* (PT).

1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual pelaksanaan pekerjaan replating kapal di PT Harapan Teknik Shipyard berdasarkan hasil observasi, dokumentasi, dan wawancara. Analisis ini meliputi tahapan pekerjaan replating, penerapan *Hot Work Control*, penggunaan APD, pelaksanaan *Hot Work Permit*, *Fire Watch*, *Gas Test*, serta hasil pemeriksaan kondisi permukaan sambungan las. Data yang diperoleh kemudian disusun secara sistematis sehingga memberikan gambaran mengenai kondisi pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

2. Analisis Gap

Analisis *gap* digunakan untuk membandingkan kondisi aktual penerapan *Hot Work Control* di lapangan dengan kondisi yang seharusnya berdasarkan standar keselamatan kerja dan prosedur perusahaan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan yang terdapat dalam pelaksanaan pekerjaan replating sehingga dapat diketahui aspek-aspek yang perlu diperbaiki dalam penerapan prosedur kerja dan pengendalian keselamatan.

3. Analisis Kesesuaian SOP

Analisis kesesuaian SOP dilakukan dengan membandingkan setiap

tahapan pekerjaan replating terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku di PT Harapan Teknik Shipyard. Analisis ini meliputi pemeriksaan kesesuaian pelaksanaan pekerjaan mulai dari persiapan pekerjaan, penerbitan Hot Work Permit, penggunaan APD, pelaksanaan pengelasan, pengawasan oleh Fire Watch, hingga proses inspeksi hasil pengelasan. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui tingkat kepatuhan terhadap prosedur kerja yang telah ditetapkan.

4. Analisis Kesesuaian terhadap Standar BKI

Analisis kesesuaian terhadap standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dilakukan untuk mengevaluasi apakah proses replating dan hasil pengelasan telah memenuhi persyaratan teknis yang berlaku. Evaluasi dilakukan terhadap proses penggantian pelat, kualitas hasil pengelasan berdasarkan pemeriksaan Visual Testing (VT) dan Penetrant Testing (PT), serta kesesuaian hasil pekerjaan dengan ketentuan yang tercantum dalam *Rules for Hull* BKI. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil replating memenuhi standar mutu dan kelaikan kapal sesuai ketentuan klasifikasi.

5. Pemeriksaan Kondisi Permukaan Sambungan Las

Pemeriksaan kondisi permukaan sambungan las dalam penelitian ini dibatasi pada evaluasi menggunakan *Visual Testing* (VT) dan *Dye Penetrant Testing* (PT). *Visual Testing* digunakan untuk mengamati kondisi permukaan sambungan las secara langsung. Pemeriksaan visual terhadap sambungan las mengacu pada ISO 17637:2016, yang mengatur metode pemeriksaan visual terhadap sambungan hasil pengelasan fusi pada material logam (International Organization for Standardization, 2016).

Dye Penetrant Testing digunakan untuk mendeteksi indikasi diskontinuitas yang terbuka pada permukaan material dan tidak selalu dapat terlihat melalui pemeriksaan visual. Pemeriksaan PT dilakukan dengan mengacu pada ISO 3452-1:2021 mengenai prinsip umum pemeriksaan *penetrant testing* (International Organization for Standardization, 2021).

Hasil pemeriksaan dicatat berdasarkan jenis indikasi yang ditemukan dan status penerimaan sambungan. Untuk penilaian penerimaan indikasi PT, kriteria penerimaan menggunakan *acceptance criteria* yang berlaku pada pekerjaan reparasi kapal dan ketentuan teknis yang digunakan dalam penelitian. Apabila digunakan sebagai dasar penerimaan hasil PT, ISO 23277:2015 dapat dijadikan acuan untuk *acceptance levels* indikasi pada sambungan las hasil *penetrant testing* (International Organization for Standardization, 2015).

Data hasil VT dan PT digunakan untuk membandingkan kondisi permukaan sambungan las sebelum dan setelah penerapan metode *Hot Work Control*. Pada penelitian ini, 25 sambungan las dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kesesuaian dengan objek penelitian, kondisi sambungan yang telah selesai dikerjakan, serta keterjangkauan sambungan untuk dilakukan pemeriksaan. Sampel berasal dari pekerjaan replating pada bagian *bottom* dan *outfitting* kapal TB SPGM 1307

Pemeriksaan VT dilakukan oleh personel yang bertanggung jawab terhadap inspeksi kualitas pengelasan di PT Harapan Teknik Shipyard, sedangkan peneliti melakukan observasi, dokumentasi, dan pencatatan terhadap hasil pemeriksaan. Dengan demikian, peneliti tidak bertindak sebagai pemeriksa atau penentu *acceptance* hasil VT/PT.

Dalam penelitian ini, hasil VT dan PT tidak digunakan untuk menentukan kekuatan mekanik sambungan las maupun kondisi internal sambungan secara keseluruhan. Hal tersebut karena penelitian tidak melakukan pengujian sifat mekanik seperti *tensile test*, *bend test*, *hardness test*, dan *impact test*, serta tidak melakukan pengujian volumetrik seperti Ultrasonic Testing (UT) dan Radiographic Testing (RT). Oleh karena itu, interpretasi kondisi sambungan las dalam penelitian ini dibatasi pada kondisi permukaan dan kesesuaian terhadap *acceptance criteria* berdasarkan hasil pemeriksaan VT dan PT. Pembatasan ini juga sesuai dengan ruang lingkup data penelitian yang menggunakan VT dan PT sebagai metode pemeriksaan sambungan las.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Harapan Teknik Shipyard (PT HTS) yang berlokasi di Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Perusahaan ini merupakan galangan kapal yang bergerak di bidang pembangunan, perawatan (maintenance), serta reparasi berbagai jenis kapal niaga dan kapal penunjang kegiatan pelayaran. Salah satu pekerjaan reparasi yang paling sering dilaksanakan adalah pekerjaan replating, yaitu proses penggantian pelat baja yang mengalami korosi, penipisan, deformasi, maupun kerusakan lainnya agar kekuatan struktur kapal tetap memenuhi persyaratan badan klasifikasi.

Objek penelitian difokuskan pada pekerjaan replating kapal tugboat TB SPGM 1307. Penelitian dilakukan melalui observasi langsung terhadap seluruh rangkaian proses pekerjaan, mulai dari persiapan area kerja, identifikasi bagian pelat yang mengalami kerusakan, pemotongan pelat lama, pemasangan pelat baru (fit-up), proses pengelasan menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW), inspeksi hasil pengelasan menggunakan metode Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT), hingga proses penyelesaian pekerjaan. Selain mengamati aspek teknis pengelasan, penelitian ini juga mengevaluasi penerapan prosedur keselamatan kerja pada setiap tahapan pekerjaan.

Pemilihan kapal TB SPGM 1307 sebagai objek penelitian didasarkan pada kesesuaian karakteristik pekerjaan dengan tujuan penelitian. Kapal tersebut sedang menjalani proses reparasi yang melibatkan aktivitas hot work dalam jumlah cukup banyak, sehingga memberikan kesempatan untuk mengamati secara langsung hubungan antara penerapan prosedur keselamatan kerja dengan kualitas hasil pengelasan. Seluruh data penelitian, baik data observasi lapangan, dokumentasi pekerjaan, hasil inspeksi Visual Testing (VT), maupun Dye Penetrant Testing (PT), diperoleh dari pekerjaan

replating pada kapal tersebut sehingga hasil penelitian benar-benar menggambarkan kondisi aktual selama pelaksanaan reparasi.

Selama kegiatan penelitian, penulis melakukan pengamatan terhadap penerapan sistem Hot Work Control yang diterapkan oleh perusahaan. Aspek yang diamati meliputi penerbitan Hot Work Permit, pelaksanaan toolbox meeting sebelum pekerjaan dimulai, pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pemeriksaan kondisi area kerja, penempatan fire watch, pelaksanaan gas testing pada area kerja yang berpotensi mengandung gas berbahaya, serta pengawasan selama proses pengelasan berlangsung. Seluruh tahapan tersebut diamati untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya dengan prosedur perusahaan serta standar keselamatan kerja yang berlaku pada industri galangan kapal.

Selain aspek keselamatan kerja, penelitian ini juga mengevaluasi kualitas sambungan las yang dihasilkan setelah penerapan metode Hot Work Control. Evaluasi dilakukan melalui pemeriksaan visual terhadap geometri sambungan las serta pengujian Dye Penetrant Testing (PT) untuk mendeteksi kemungkinan adanya cacat permukaan seperti porosity, pinhole, crack, maupun cacat lain yang dapat memengaruhi kualitas sambungan las. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya dibandingkan dengan kondisi sebelum penerapan metode Hot Work Control sehingga dapat diketahui efektivitas metode yang dikembangkan dalam meningkatkan kualitas hasil pengelasan sekaligus menurunkan tingkat risiko keselamatan kerja selama proses replating berlangsung.

4.1.1 Profil PT Harapan Teknik Shipyard

Penelitian ini dilaksanakan di PT Harapan Teknik Shipyard (PT HTS) yang berlokasi di Kampung Cikubang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. PT Harapan Teknik Shipyard merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa reparasi, perawatan (*maintenance*), dan pembangunan kapal. Aktivitas utama perusahaan meliputi pekerjaan

docking, replating, pengelasan konstruksi kapal, pengecatan (*blasting and painting*), perbaikan sistem perpipaan (*piping*), permesinan (*machinery*), serta berbagai pekerjaan *outfitting* kapal.

Sebagai salah satu galangan kapal yang melayani kebutuhan industri maritim nasional, PT Harapan Teknik Shipyard menangani berbagai jenis pekerjaan perbaikan kapal dengan mengutamakan kualitas pekerjaan sesuai standar klasifikasi kapal serta penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Dalam pelaksanaan setiap proyek reparasi, perusahaan menerapkan prosedur kerja yang sistematis mulai dari inspeksi awal, identifikasi kerusakan, penyusunan rencana pekerjaan, pelaksanaan perbaikan, hingga inspeksi akhir sebelum kapal kembali beroperasi.

Praktik Kerja Lapangan (PKL) dilaksanakan pada tanggal 26 Mei 2026 dengan objek penelitian berupa proses replating pada kapal TB SPGM 1307 di bawah bimbingan Bapak Yanuari selaku *Project Leader Ship*. Selama pelaksanaan PKL, penulis melakukan observasi secara langsung terhadap seluruh tahapan pekerjaan replating, mulai dari proses persiapan, pemotongan pelat lama, pemasangan pelat baru, pengelasan, hingga pemeriksaan kualitas hasil pengelasan menggunakan metode *Non-Destructive Testing* (NDT).

Tabel 4. 1 Identitas Umum Pekerjaan

Keterangan	Detail
Nama Kapal	TB SPGM 1307
Jenis Kapal	Tugboat
Gross Tonnage (GT)	243 GT
Length Overall (LOA)	27 m
Length Between Perpendiculars (LPP)	25,3 m
Lebar kapal (B)	6 m
Tinggi Kapal	3 m
Material replating	Mild Steel Grade A

Tebal pelat	8,10, dan 12 mm
Dimensi pelat	1830 × 6100 mm
Bagian yang direparasi	Bottom & Outfitting
Metode pengelasan	SMAW
Galanga	PT Harapan Teknik Shipyard
Lokasi	Kp. Cikubang, Pulo Ampel, Serang, Banten
Tanggal Observasi	26 Mei 2026
Waktu Observasi	10.00 s/d 17.00
Nama Pembimbing Lapangan	Yanuari
Jabatan Pembimbing	<i>Project Leader Ship</i>

Berdasarkan Tabel 4.1, penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus pada satu proyek reparasi, yaitu pekerjaan replating kapal tugboat TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard. Pemilihan TB SPGM 1307 sebagai objek penelitian didasarkan pada adanya aktivitas replating yang melibatkan pekerjaan pemotongan, fit-up, pengelasan, dan inspeksi hasil pengelasan sehingga sesuai dengan fokus penelitian mengenai penerapan Hot Work Control. Pekerjaan reparasi difokuskan pada bagian bottom dan beberapa komponen outfitting kapal. Replating dilakukan karena ditemukan penurunan kondisi pelat akibat korosi sehingga diperlukan penggantian pelat untuk mengembalikan kondisi struktur kapal. Data material yang digunakan berupa Mild Steel Grade A dengan ketebalan 8 mm, 10 mm, dan 12 mm, sedangkan ukuran pelat yang digunakan adalah 1830 × 6100 mm.

Seluruh data penelitian, mulai dari observasi kondisi eksisting, identifikasi bahaya, penerapan Hot Work Control, proses pengelasan, hingga pemeriksaan kualitas sambungan menggunakan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT), dibatasi pada proyek replating TB SPGM 1307. Dengan pembatasan tersebut, hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk menggambarkan seluruh proyek reparasi di PT Harapan Teknik Shipyard,

tetapi untuk mengevaluasi secara mendalam efektivitas metode Hot Work Control pada studi kasus pekerjaan replating TB SPGM 1307.

4.1.2 Jenis Kapal yang Direparasi

Selama pelaksanaan PKL, PT Harapan Teknik Shipyard melayani berbagai jenis kapal yang menjalani perawatan maupun perbaikan, antara lain kapal tugboat, tongkang (*barge*), kapal kargo, Self Propelled Oil Barge (SPOB), Oil Barge (OB), serta kapal tanker. Jenis kapal tersebut umumnya menjalani pekerjaan *docking* berkala untuk mempertahankan kondisi struktur kapal agar tetap memenuhi persyaratan badan klasifikasi.

Objek penelitian dalam kegiatan ini adalah kapal Tugboat TB SPGM 1307 yang sedang menjalani pekerjaan reparasi berupa replating pada bagian bottom dan beberapa komponen outfitting. Pekerjaan replating dilakukan karena ditemukan penurunan ketebalan pelat akibat korosi berdasarkan hasil inspeksi sehingga diperlukan penggantian pelat baru agar kekuatan struktur kapal tetap memenuhi standar keselamatan pelayaran. Selama proses tersebut dilakukan pula pekerjaan pendukung seperti pelepasan komponen lama, pemasangan komponen baru, pengelasan, inspeksi visual, serta pengujian hasil las menggunakan metode NDT.

4.1.3 Fasilitas Galangan

Untuk mendukung kegiatan reparasi kapal, PT Harapan Teknik Shipyard dilengkapi dengan berbagai fasilitas kerja yang memadai. Fasilitas tersebut meliputi area *dry dock*, area fabrikasi baja, area pengelasan, peralatan pemotongan pelat, mesin pengangkat (*lifting equipment*), gudang penyimpanan material, serta area pengecatan.

Dalam proses replating yang diamati selama penelitian, fasilitas yang digunakan antara lain mesin las SMAW tipe *inverter*, mesin gerinda (*grinding machine*), mesin potong (*cutting machine*), peralatan *fit-up*, alat ukur ketebalan pelat, peralatan inspeksi Visual Testing (VT), serta

perlengkapan Dye Penetrant Test (PT). Selain itu tersedia pula fasilitas pendukung keselamatan kerja seperti APAR, fire hydrant, detektor gas, blanket tahan api, dan perlengkapan P3K yang digunakan sebagai bagian dari sistem pengendalian pekerjaan panas (*Hot Work Control*). Keberadaan fasilitas tersebut mendukung pelaksanaan pekerjaan reparasi kapal secara efektif sekaligus meningkatkan keselamatan pekerja selama aktivitas pengelasan berlangsung.

4.1.4 Material yang Digunakan

Material yang digunakan dalam proses replating pada kapal TB SPGM 1307 adalah pelat baja Mild Steel Grade A yang memenuhi standar klasifikasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan International Association of Classification Societies (IACS) untuk konstruksi kapal. Material ini dipilih karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah dilakukan proses pengelasan, serta memiliki ketahanan yang memadai terhadap beban operasional kapal. Pelat baja yang digunakan tersedia dalam beberapa variasi ketebalan, yaitu 8 mm, 10 mm, dan 12 mm, dengan dimensi standar 1830 × 6100 mm (6 feet).

Sebelum dilakukan proses pengelasan, material terlebih dahulu dipersiapkan melalui proses surface preparation untuk memastikan kualitas sambungan las yang dihasilkan. Tahapan persiapan meliputi sandblasting hingga mencapai tingkat kebersihan Sa 2,5 guna menghilangkan karat, sisa cat, dan kontaminan pada permukaan pelat. Selanjutnya dilakukan proses grinding pada bagian tepi pelat untuk membentuk bevel sehingga diperoleh celah sambungan yang sesuai dengan spesifikasi pengelasan.

Tabel 4. 2 Data Material Plat

Grade / Jenis Baja	Mild Steel Grade A (Standar Klasifikasi BKI/IACS untuk kapal Tugboat)
Ketebalan Plat (mm)	12mm, 10mm, 8mm
Dimensi Plat (mm)	1830 x 6100 (6 feet)
Kondisi Permukaan Plat	Bersih, rata, bebas dari korosi berat, dan sudah melalui proses primer pabrik

**Perlakuan Permukaan
(blasting, grinding, dll)**

Sanblasting (Sa 2,5) untuk menghilangkan karat dan sisa cat lama, kemudin dilakukan griding pada area tepian yang akan di bevel

Berdasarkan Tabel 4.2, material yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan untuk pekerjaan replating pada kapal. Penggunaan Mild Steel Grade A dengan variasi ketebalan disesuaikan dengan kondisi kerusakan dan kebutuhan struktur kapal pada area yang direparasi. Selain itu, pelaksanaan sandblasting hingga tingkat kebersihan Sa 2,5 dan proses grinding sebelum pengelasan bertujuan untuk menghasilkan permukaan pelat yang bersih sehingga dapat meningkatkan kualitas peleburan logam (*fusion*) serta mengurangi potensi terjadinya cacat las seperti porosity, slag inclusion, dan lack of fusion. Dengan kondisi material dan persiapan permukaan yang baik, proses pengelasan dapat berlangsung lebih optimal dan menghasilkan sambungan las yang memenuhi persyaratan mutu konstruksi kapal.

4.1.5 Proses Pengelasan

Proses penyambungan pelat pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 dilakukan menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Metode ini dipilih karena merupakan salah satu teknik pengelasan yang paling banyak digunakan pada pekerjaan reparasi kapal, terutama di area terbuka, mengingat peralatannya relatif sederhana, mudah dipindahkan, serta mampu diaplikasikan pada berbagai posisi pengelasan. Pelaksanaan pengelasan dilakukan menggunakan mesin las Lincoln Electric tipe inverter DC dengan parameter yang mengacu pada Welding Procedure Specification (WPS) agar kualitas sambungan las memenuhi persyaratan teknis yang berlaku.

Parameter pengelasan yang diterapkan meliputi penggunaan arus 90–140 Ampere yang disesuaikan dengan diameter elektroda, tegangan 22–28 Volt, kecepatan pengelasan 150–250 mm/menit, serta jumlah lapisan pengelasan (layer/pass) sebanyak 3–4 lapis. Elektroda yang digunakan

adalah tipe E6013 dan E7018 (low hydrogen) dengan diameter 3,2 mm dan 4,0 mm. Suhu preheat tercatat sekitar 10°C sesuai suhu lingkungan kerja, sedangkan suhu interpass dijaga pada kisaran maksimum 250°C untuk menghindari terjadinya retak akibat perubahan temperatur selama proses pengelasan. Posisi pengelasan yang diterapkan meliputi posisi 1G, 2G, 3G, dan 4G, yang disesuaikan dengan lokasi dan orientasi sambungan pada struktur kapal.

Tabel 4. 3 Parameter Pengelasan

Parameter	Spesifikasi
Jenis Proses Las (SMAW/FCAW/SAW/dll)	SMAW (shielded Metal Arc Welding) paling umum digunakan untuk reparasi di area terbuka
Merek / Tipe Mesin Las	Lincoln electri (tipe inverter DC)
Arus (Ampere)	90 – 140 (tergantung diameter elektroda yang digunakan, (3.2mm – 4.0mm))
Tegangan (Volt)	
Kecepatan Las (mm/menit)	150 – 250 mm/menit
Posisi Las (1G/2G/3G/4G)	Menggunakan posisi standar 1G/2G/3G/4G tergantung area yang di las
Jenis Elektroda / Kawat Las	E6013 dan E7018 (Low hydrogen)
Diameter Elektroda (mm)	3.2mm dan 4.0mm
Suhu Preheat (°C)	10°C suhu ruangan
Suhu Interpass (°C)	Maks 250°C
Jumlah Layer / Pass	3-4 layer

Berdasarkan Tabel 4.3, proses pengelasan pada pekerjaan replating dilaksanakan menggunakan metode SMAW dengan parameter yang disesuaikan terhadap spesifikasi material dan kebutuhan konstruksi kapal. Penggunaan elektroda E6013 dan E7018 (low hydrogen) bertujuan menghasilkan penetrasi yang baik, kekuatan sambungan yang tinggi, serta meminimalkan potensi terjadinya cacat las. Selain itu, pengendalian arus, tegangan, suhu preheat, dan interpass dilakukan untuk menjaga kestabilan

proses pengelasan sehingga kualitas sambungan las tetap memenuhi standar yang dipersyaratkan. Penerapan parameter pengelasan yang sesuai juga berperan penting dalam mendukung keberhasilan proses replating dan meningkatkan keandalan struktur kapal setelah dilakukan perbaikan.

4.1.6 Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

PT Harapan Teknik Shipyard menerapkan Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sebagai bagian penting dalam setiap aktivitas reparasi kapal, khususnya pada pekerjaan yang termasuk kategori Hot Work. Penerapan K3 dilakukan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja, mencegah kebakaran, serta memastikan seluruh pekerjaan berlangsung sesuai prosedur keselamatan.

Berdasarkan hasil observasi, penerapan K3 pada pekerjaan replating meliputi penggunaan Hot Work Permit, pelaksanaan Toolbox Meeting sebelum pekerjaan dimulai, pemeriksaan kondisi area kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) secara lengkap, pelaksanaan Gas Test pada area yang berpotensi mengandung gas berbahaya, penempatan Fire Watch selama proses pengelasan, serta penyediaan APAR, fire hydrant, dan fire blanket di sekitar lokasi pekerjaan. Selain itu, setelah pekerjaan selesai dilakukan pemantauan terhadap area kerja untuk memastikan tidak terdapat sumber panas maupun bara api yang berpotensi menimbulkan kebakaran. Penerapan sistem K3 tersebut menunjukkan bahwa PT Harapan Teknik Shipyard telah menerapkan pengendalian pekerjaan panas (*Hot Work Control*) sebagai bagian dari upaya menjaga keselamatan pekerja sekaligus mendukung tercapainya kualitas hasil pengelasan yang sesuai dengan standar perusahaan dan badan klasifikasi.

4.2 Kondisi Eksisting Proses Replating Kapal

Kondisi eksisting proses replating kapal merupakan gambaran pelaksanaan pekerjaan penggantian pelat baja pada kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard sebelum dilakukan implementasi metode Hot

Work Control. Pengamatan dilakukan secara langsung terhadap proses replating yang meliputi identifikasi kondisi awal dan marking, pemotongan pelat lama, pemasangan pelat baru (fit-up), proses pengelasan, serta pemeriksaan hasil pengelasan. Objek penelitian difokuskan pada pekerjaan replating bagian bottom dan beberapa komponen outfitting kapal TB SPGM 1307.

Pada tahap awal, dilakukan identifikasi kondisi pelat kapal untuk mengetahui bagian yang mengalami korosi dan penurunan ketebalan. Selanjutnya dilakukan proses marking untuk menentukan batas area pelat yang akan dipotong dan diganti. Pada objek penelitian ditemukan kerusakan berupa penipisan dan korosi pada bagian bottom serta beberapa area outfitting. Marking digunakan sebagai acuan dalam proses pemotongan dan pemasangan pelat baru.

Tahap berikutnya adalah pemotongan pelat lama yang mengalami kerusakan. Setelah pelat lama dilepas, dilakukan proses fit-up dengan menyesuaikan posisi pelat baru terhadap bukaan replating dan mengatur celah sambungan (root gap). Setelah posisi pelat sesuai, dilakukan proses pengelasan menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) yang terdiri dari tack welding, root pass, filler pass, dan capping pass. Setelah proses pengelasan selesai, dilakukan pemeriksaan visual terhadap hasil sambungan las sebagai pemeriksaan awal kualitas pengelasan.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pelaksanaan proses replating pada kondisi eksisting, tahapan pekerjaan yang diamati disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tahapan Proses Replating pada Kondisi Eksisting

No	Tahapan pekerjaan	Kondisi Eksisting
1.	Identifikasi dan Marking	Identifikasi dilakukan untuk menentukan bagian pelat

		yang mengalami korosi atau penipisan, kemudian area diberi marking sebagai batas pekerjaan.
2.	Pemotongan Pelat Lama	Pelat yang mengalami kerusakan dipotong sesuai garis marking dan sisa material dibersihkan.
3.	Fit-Up Pelat Baru	Pelat baru diposisikan sesuai konstruksi kapal dan dilakukan pengaturan root gap sebelum pengelasan.
4.	Pengelasan	Pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW yang meliputi tack welding, root pass, filler pass, dan capping pass.
5.	Pemeriksaan Hasil Las	Hasil pengelasan diperiksa secara visual untuk mengetahui kondisi permukaan dan kualitas sambungan sebelum dilakukan pengujian lanjutan.

Berdasarkan Tabel 4.4, proses replating pada kondisi eksisting telah dilaksanakan secara berurutan mulai dari identifikasi dan marking, pemotongan pelat lama, fit-up pelat baru, pengelasan, hingga pemeriksaan hasil pengelasan. Tahapan pemotongan dan pengelasan termasuk aktivitas

pekerjaan panas (hot work) yang memerlukan pengendalian terhadap potensi bahaya keselamatan kerja. Oleh karena itu, selain mengamati tahapan teknis replating, dilakukan pula pengamatan terhadap penerapan prosedur keselamatan kerja pada aktivitas hot work.

Pengamatan penerapan prosedur keselamatan kerja dilakukan menggunakan checklist berdasarkan prosedur keselamatan kerja yang diterapkan di perusahaan. Parameter yang diamati meliputi Hot Work Permit, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Fire Watch, Gas Test, dan Toolbox Meeting. Hasil pengamatan kondisi eksisting ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kondisi Eksisting Penerapan Prosedur Keselamatan Kerja

No	Parameter	Tingkat Penerapan	Kondisi yang ditemukan
1	Hot Work Permit	70%	Izin kerja panas telah diterapkan pada sebagian besar pekerjaan, tetapi verifikasi dan pengawasannya belum konsisten
2	Penggunaan APD	78%	Sebagian besar pekerja telah menggunakan APD, tetapi penggunaan beberapa APD belum konsisten.
3	Fire watch	65%	Pengawasan terhadap potensi kebakaran telah dilakukan, tetapi belum diterapkan secara konsisten pada setiap pekerjaan pengelasan.
4	Gas test	60%	Pemeriksaan kondisi atmosfer kerja telah dilakukan, tetapi

			belum dilakukan secara konsisten pada seluruh pekerjaan hot work.
5	Toolbox Meeting	55%	Briefing keselamatan telah dilakukan, tetapi belum dilaksanakan secara konsisten sebelum setiap pekerjaan dimulai.

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa penerapan prosedur keselamatan kerja pada kondisi eksisting telah dilakukan, tetapi tingkat penerapannya masih berbeda pada setiap parameter. Tingkat penerapan tertinggi terdapat pada penggunaan APD sebesar 78%, sedangkan tingkat penerapan terendah terdapat pada Toolbox Meeting sebesar 55%. Data kondisi awal tersebut menunjukkan bahwa prosedur keselamatan telah tersedia dan telah diterapkan di lapangan, namun pelaksanaannya belum sepenuhnya konsisten.

Penerapan Hot Work Permit sebesar 70% menunjukkan bahwa izin kerja panas telah digunakan pada sebagian besar pekerjaan. Namun, proses verifikasi dan pengawasan terhadap izin kerja belum dilakukan secara konsisten. Oleh karena itu, angka 70% tersebut merupakan tingkat penerapan khusus untuk Hot Work Permit, bukan persentase keberhasilan keseluruhan proses replating. Penggunaan APD sebesar 78% menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja telah menggunakan alat pelindung diri selama pekerjaan berlangsung. Meskipun demikian, masih terdapat penggunaan beberapa jenis APD yang belum konsisten sehingga perlu dilakukan pemeriksaan APD sebelum pekerjaan dimulai.

Penerapan Fire Watch sebesar 65% menunjukkan bahwa pengawasan terhadap potensi kebakaran telah dilakukan selama pekerjaan panas. Namun, penerapannya belum dilakukan secara konsisten pada setiap aktivitas pengelasan. Sementara itu, Gas Test sebesar 60% menunjukkan bahwa

pemeriksaan kondisi atmosfer kerja telah dilakukan, tetapi belum diterapkan secara konsisten pada seluruh aktivitas hot work. Penerapan Toolbox Meeting sebesar 55% merupakan nilai terendah dari lima parameter yang diamati. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa briefing keselamatan sebelum pekerjaan belum dilakukan secara konsisten. Padahal, toolbox meeting diperlukan untuk memberikan informasi mengenai bahaya pekerjaan, penggunaan APD, metode kerja, serta tindakan pengendalian sebelum pekerjaan dimulai.

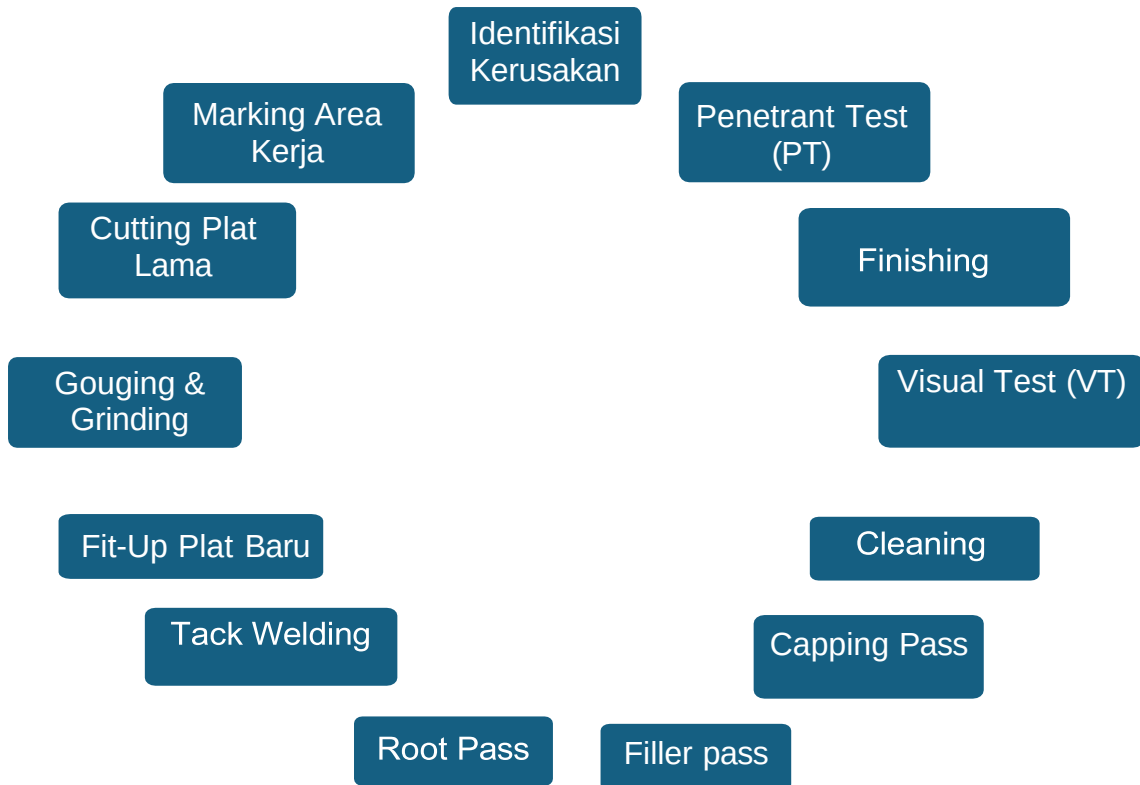
Berdasarkan kondisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada kondisi eksisting proses replating secara teknis telah berjalan melalui tahapan marking, cutting, fit-up, pengelasan, dan pemeriksaan hasil las, tetapi penerapan pengendalian keselamatan kerja pada pekerjaan hot work belum dilakukan secara konsisten dan belum terintegrasi dalam satu sistem Hot Work Control. Kondisi inilah yang menjadi dasar dilakukannya implementasi metode Hot Work Control pada penelitian ini.

4.2.1 Tahapan Replating Eksisting

Pekerjaan replating pada kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard dilaksanakan melalui tahapan kerja yang telah menjadi prosedur operasional perusahaan dalam kegiatan reparasi kapal. Tahapan tersebut dilakukan secara berurutan mulai dari identifikasi kerusakan pada struktur kapal hingga penyelesaian akhir berupa pengecatan kembali pada area yang telah direparasi. Setiap tahapan memiliki fungsi untuk memastikan proses penggantian pelat berjalan dengan baik serta menghasilkan sambungan las yang memenuhi persyaratan mutu dan keselamatan.

Berdasarkan hasil observasi selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan, tahapan pekerjaan dilaksanakan secara berurutan mulai dari identifikasi kondisi awal hingga pemeriksaan kualitas hasil pengelasan. Alur proses replating tersebut disajikan pada Gambar 4.10 berikut

Flowchart Tahapan Proses Replating Kapal



Gambar 4.1 Flowchart Tahapan Proses Replating Kapal

Gambar 4.1 menunjukkan alur pelaksanaan proses replating kapal yang diamati selama penelitian. Setiap tahapan memiliki fungsi yang saling berkaitan, mulai dari identifikasi kondisi awal dan proses marking, pemotongan material lama, pemasangan pelat baru (*fit-up*), pengelasan, hingga pemeriksaan kualitas hasil las menggunakan Visual Testing (VT) dan Penetrant Test (PT). Untuk memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai setiap tahapan, uraian kegiatan disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rincian Tahapan Pekerjaan

No.	Tahapan Pekerjaan	Uraian Kegiatan
1	Kondisi Awal dan Proses Marking	Melakukan identifikasi kondisi lambung kapal untuk mengetahui tingkat kerusakan akibat korosi, kemudian melakukan penandaan (marking) pada area replating sebagai acuan pemotongan dan pemasangan pelat baru.
2	Proses Pemotongan Material Lama	Melakukan pemotongan pelat yang mengalami korosi sesuai garis marking menggunakan peralatan cutting, kemudian membersihkan sisa material yang masih menempel pada struktur kapal.
3	Proses Fit-Up Pelat Baru	Menyesuaikan posisi pelat baru dengan bukaan replating, mengatur celah sambungan (<i>root gap</i>), serta melakukan penyetelan hingga sesuai dengan bentuk konstruksi kapal sebelum pengelasan
4	Proses Pengelasan	Melaksanakan pengelasan pada sambungan pelat baru menggunakan metode SMAW yang meliputi <i>tack welding</i> , <i>root pass</i> , <i>filler pass</i> , dan <i>capping pass</i> sesuai prosedur pengelasan.
5	Hasil Pengelasan	Melakukan pemeriksaan visual terhadap hasil sambungan las untuk memastikan bentuk manik las, penetrasi, dan kualitas sambungan telah memenuhi persyaratan sebelum dilakukan pengujian lanjutan.

Berdasarkan Tabel 4.6 proses replating kapal TB SPGM 1307 dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan, dimulai dari identifikasi kondisi awal dan proses marking hingga pemeriksaan hasil pengelasan. Setiap tahapan memiliki tujuan dan karakteristik pekerjaan yang berbeda serta memerlukan penerapan Hot Work Control untuk meminimalkan potensi bahaya, menjaga keselamatan pekerja, dan memastikan kualitas hasil pengelasan. Uraian masing-masing tahapan dijelaskan sebagai berikut:

4.2.1.1 Kondisi Awal dan Proses Pemarkingan

Berdasarkan rangkaian foto kondisi awal dan proses *marking*, terlihat bahwa sebelum pekerjaan replating dilaksanakan dilakukan identifikasi kondisi lambung kapal untuk mengetahui tingkat kerusakan akibat korosi serta menentukan area yang memerlukan penggantian pelat. Kerusakan yang ditemukan berupa penipisan dan korosi pada pelat *bottom*, sedangkan proses *marking* dilakukan pada area lambung bawah, dudukan *lifebuoy*, *lifecraft*, dan *corner* belakang sebagai acuan pemotongan dan pemasangan pelat baru. Tahap ini merupakan bagian penting dalam proses replating karena memastikan penggantian pelat dilakukan secara tepat sesuai tingkat kerusakan yang ditemukan. Selain itu, proses *marking* juga mendukung penerapan Hot Work Control, karena membantu menentukan batas area pekerjaan panas (*hot work*), sehingga pelaksanaan pemotongan dan pengelasan dapat dilakukan secara lebih aman, terarah, dan sesuai dengan prosedur kerja yang berlaku.



Gambar 4.2 Foto Tata Letak Ban Dapra Awal Kapal Naik Dock

Berdasarkan Gambar 4.2, tata letak ban dapra masih terpasang pada sisi lambung kapal saat kapal baru naik ke atas dok. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapal masih berada pada tahap awal inspeksi sebelum dilakukan pekerjaan pembongkaran maupun replating. Identifikasi posisi ban dapra penting dilakukan karena komponen tersebut harus dilepas terlebih dahulu agar tidak menghambat proses pemotongan pelat, pemasangan pelat baru, dan pengelasan. Dari aspek Hot Work Control,

pemeriksaan kondisi awal ini merupakan bagian dari persiapan pekerjaan untuk memastikan area kerja aman, mudah diakses, dan siap dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan yang berlaku..



Gambar 4.3 Proses Pemarkingan Anti Karat Lama

Dilakukan proses *marking* pada area zinc anode lama sebagai tahap awal untuk mengidentifikasi komponen yang telah mengalami penurunan fungsi sehingga perlu dilepas dan diganti. *Zinc anode* merupakan pelindung korosi yang bekerja sebagai anoda korban (*sacrificial anode*) untuk melindungi pelat baja kapal dari korosi elektrokimia. Seiring masa operasi kapal, kemampuan *zinc anode* akan berkurang sehingga diperlukan pemeriksaan dan penggantian apabila tingkat keausannya telah melebihi batas yang diizinkan. Oleh karena itu, proses *marking* dilakukan untuk memastikan lokasi penggantian sesuai dengan hasil inspeksi sehingga pekerjaan dapat dilaksanakan secara tepat tanpa memengaruhi struktur kapal di sekitarnya. Dari aspek Hot Work Control, identifikasi area kerja sebelum pelepasan *zinc anode* membantu menentukan batas pekerjaan panas (*hot work*), sehingga proses pemotongan maupun pengelasan dapat dilakukan secara lebih aman, terencana, dan sesuai dengan prosedur keselamatan kerja. Tahapan ini juga mendukung efektivitas proses replating serta menjaga perlindungan korosi pada konstruksi kapal setelah pekerjaan selesai.



Gambar 4.4 Proses Pemarkingan Dudukan Lampu Lifecraft

Proses *marking* dilakukan pada dudukan lampu *lifecraft* untuk menentukan secara tepat batas area yang akan diperbaiki sebelum pekerjaan pembongkaran dan pengelasan dilaksanakan. Penandaan ini bertujuan agar posisi dudukan lampu *lifecraft* tetap sesuai dengan desain dan tata letak konstruksi kapal setelah proses perbaikan selesai. Ketepatan posisi dudukan sangat penting karena berkaitan dengan fungsi lampu *lifecraft* sebagai perlengkapan keselamatan yang harus terpasang pada lokasi yang telah ditentukan. Selain itu, *marking* yang akurat membantu mengurangi kesalahan pemotongan, menjaga kesesuaian dimensi komponen yang akan dipasang kembali, serta mempermudah proses *fit-up* sebelum pengelasan. Dari aspek Hot Work Control, tahapan ini merupakan bagian dari persiapan pekerjaan (*pre-job preparation*) yang mendukung pelaksanaan pekerjaan panas (*hot work*) secara aman, terarah, dan sesuai dengan prosedur keselamatan kerja, sehingga kualitas hasil perbaikan dapat tetap terjaga.



Gambar 4.5 Proses Pemarkingan Dudukan Lifebouy

proses *marking* dilakukan pada areaudukan *lifebuoy* untuk menentukan batas pekerjaan yang akan dibongkar maupun diperbaiki. Penandaan ini bertujuan agar proses pemotongan dan penggantian material hanya dilakukan pada bagian yang mengalami kerusakan, sehingga tidak memengaruhi struktur di sekitarnya yang masih dalam kondisi baik. Selain itu, *marking* menjadi acuan dalam pemasangan kembali dudukan *lifebuoy* agar posisi, dimensi, dan fungsinya tetap sesuai dengan desain konstruksi kapal. Ketepatan pemasangan sangat penting untuk memastikan *lifebuoy* dapat digunakan secara optimal dalam keadaan darurat. Dari aspek Hot Work Control, penentuan batas area kerja membantu pekerja mengendalikan ruang lingkup pekerjaan panas (*hot work*), sehingga proses pemotongan dan pengelasan dapat dilaksanakan secara aman, terarah, dan sesuai dengan prosedur keselamatan kerja yang berlaku.



Gambar 4.6 Proses Pemarkingan Pada Area Bottom

Proses *marking* dilakukan pada area *bottom* kapal yang mengalami korosi dan penurunan ketebalan pelat sebagai langkah untuk menentukan batas area replating yang akan dikerjakan. Penandaan ini bertujuan agar proses pemotongan hanya dilakukan pada bagian pelat yang telah dinyatakan tidak memenuhi persyaratan teknis, sehingga bagian pelat yang masih dalam kondisi baik tetap dipertahankan. Ketepatan dalam menentukan batas area replating sangat berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan material, ketepatan dimensi pelat pengganti, serta kelancaran proses *fit-up* sebelum pengelasan. Selain itu, dari aspek Hot Work Control,

proses *marking* membantu menetapkan ruang lingkup pekerjaan panas (*hot work*), sehingga potensi bahaya dapat diidentifikasi lebih awal dan tindakan pengendalian dapat diterapkan sebelum proses pemotongan maupun pengelasan dilaksanakan. Dengan demikian, tahap ini menjadi dasar penting untuk menghasilkan proses replating yang aman, efektif, dan mendukung tercapainya kualitas hasil pengelasan sesuai standar yang berlaku.



Gambar 4.7 Proses Pemarkingan Pada Area Bottom 2

Proses *marking* dilanjutkan pada sisi lain area *bottom* kapal sebagai tahap verifikasi untuk memastikan seluruh bagian pelat yang mengalami korosi dan penurunan ketebalan telah teridentifikasi dengan baik. Verifikasi ini bertujuan agar tidak ada area kerusakan yang terlewat maupun terjadi pemotongan pada pelat yang masih memenuhi persyaratan. Ketelitian dalam proses *marking* berpengaruh terhadap efisiensi pekerjaan karena dapat mengoptimalkan penggunaan material pengganti, mengurangi pekerjaan ulang (*rework*), serta mempercepat proses pemotongan dan pemasangan pelat baru. Dari aspek Hot Work Control, verifikasi area kerja sebelum pekerjaan panas (*hot work*) dilaksanakan membantu memastikan ruang lingkup pekerjaan telah ditentukan secara jelas, sehingga proses pemotongan dan pengelasan dapat dilakukan secara lebih terkendali, aman, dan sesuai dengan prosedur keselamatan kerja. Dengan demikian, tahapan ini mendukung pelaksanaan replating yang lebih efektif, menjaga kualitas hasil pengelasan, serta meminimalkan potensi risiko selama pekerjaan berlangsung.



Gambar 4.8 Proses Pemarkingan Pada Area Corner Belakang

Proses *marking* dilakukan pada area *corner* belakang lambung kapal yang mengalami korosi sebagai acuan dalam menentukan batas pemotongan pelat yang akan diganti. Berbeda dengan area *bottom* yang relatif datar, area *corner* memiliki bentuk melengkung sehingga memerlukan ketelitian yang lebih tinggi dalam proses penandaan agar bentuk dan dimensi pelat pengganti tetap mengikuti kontur asli lambung kapal. Ketepatan *marking* pada area ini berpengaruh terhadap proses *fit-up*, karena kesalahan dalam penentuan batas pemotongan dapat menyebabkan ketidaksesuaian bentuk pelat, kesulitan saat pemasangan, serta meningkatkan potensi cacat las. Dari aspek Hot Work Control, penandaan area kerja juga membantu memastikan pekerjaan pemotongan dan pengelasan dilakukan pada lokasi yang telah ditentukan, sehingga risiko kesalahan kerja dan potensi bahaya selama pelaksanaan *hot work* dapat diminimalkan. Dengan demikian, proses *marking* pada area *corner* belakang merupakan tahapan penting untuk mendukung kualitas hasil replating sekaligus menjaga keselamatan kerja.



Gambar 4.9 Proses Pemarkingan Tanduk Single Border

proses *marking* dilakukan pada area tanduk *single border* untuk menentukan batas pemotongan pelat yang akan direparasi. Ketepatan *marking* pada area ini sangat penting karena tanduk *single border* merupakan bagian dari struktur lambung kapal yang memiliki bentuk dan dimensi tertentu sebagai penguat konstruksi. Penandaan yang akurat akan menjaga kesesuaian bentuk struktur setelah proses replating sehingga pelat pengganti dapat dipasang sesuai dengan kontur dan ukuran yang direncanakan. Selain itu, *marking* yang tepat juga mempermudah proses *fit-up*, karena pelat baru dapat disesuaikan dengan posisi sambungan secara presisi sehingga mengurangi terjadinya *misalignment*, celah sambungan (*gap*) yang tidak seragam, serta potensi cacat las. Dari aspek Hot Work Control, penentuan batas area kerja sebelum pelaksanaan pekerjaan panas (*hot work*) membantu memastikan proses pemotongan dan pengelasan dilakukan secara aman, terkendali, dan sesuai dengan prosedur keselamatan kerja yang berlaku. Dengan demikian, tahapan *marking* pada area tanduk *single border* berperan penting dalam menjaga kualitas hasil replating sekaligus mendukung keselamatan kerja selama proses perbaikan kapal.



Gambar 4.10 Proses Pemarkingan Togel Hatch Cover Steering Room

Proses *marking* dilakukan pada komponen togel hatch cover steering room sebagai langkah awal untuk menentukan batas pekerjaan sebelum dilakukan proses pembongkaran. Penandaan ini bertujuan agar pelepasan komponen dapat dilakukan secara tepat tanpa merusak bagian struktur di sekitarnya, sehingga memudahkan proses perbaikan maupun pemasangan

kembali setelah pekerjaan replating selesai. Ketelitian dalam proses *marking* sangat penting untuk menjaga posisi, dimensi, dan fungsi hatch cover steering room sebagai akses menuju *steering room*. Selain itu, penandaan yang akurat juga mempermudah proses pemasangan kembali sehingga komponen dapat berfungsi sesuai desain awal kapal. Dari aspek Hot Work Control, penentuan batas area kerja sebelum pekerjaan panas (*hot work*) dilaksanakan membantu mengendalikan ruang lingkup pekerjaan, mengurangi potensi kesalahan saat pembongkaran, serta meningkatkan keselamatan kerja selama proses pemotongan dan pengelasan berlangsung.



Gambar 4.11 Temuan Baru Pelat Bottom Yang Bolong

ditemukan pelat *bottom* yang telah mengalami perforasi (*bolong*) akibat korosi yang cukup parah. Kondisi ini menunjukkan bahwa pelat tidak lagi memenuhi kekuatan struktur sehingga harus segera dilakukan pekerjaan replating. Temuan ini menjadi dasar penentuan area perbaikan sekaligus mempertegas pentingnya penerapan Hot Work Control agar proses pemotongan dan pengelasan dapat dilakukan secara aman serta menghasilkan kualitas las yang sesuai dengan standar.

4.2.1.2 Proses Pemotongan Pelat Lama dan Pelepasan Outfitting

Sebelum pemasangan pelat baru dilakukan, terlebih dahulu dilaksanakan proses pemotongan pelat lama (*cutting*) dan pelepasan komponen *outfitting* yang berada pada area replating. Tahapan ini bertujuan untuk menghilangkan bagian pelat yang telah mengalami korosi atau kerusakan serta membersihkan area kerja agar siap menerima pelat

pengganti. Berdasarkan rangkaian gambar, proses pemotongan dilakukan pada pelat *bottom*, pelat *corner*, serta beberapa komponen *outfitting* seperti *zinc anode*, engsel *hatch cover*, dan ban dapra. Pelepasan komponen tersebut diperlukan agar tidak mengganggu proses *fit-up*, pengelasan, maupun pemasangan kembali setelah pekerjaan replating selesai. Mengingat proses pemotongan menggunakan metode *hot work*, setiap tahapan harus dilaksanakan sesuai prosedur Hot Work Control, seperti penggunaan APD, pengamanan area kerja, dan pengawasan terhadap potensi bahaya kebakaran, sehingga pekerjaan dapat berlangsung secara aman serta mendukung kualitas hasil replating.



Gambar 4.12 Pelepasan *Togel Hatch Cover* untuk membuka akses kerja.

Pelepasan komponen togel hatch cover sebelum pekerjaan replating dimulai untuk membuka akses menuju area yang akan diperbaiki. Pelepasan komponen ini dilakukan agar proses pemotongan pelat, *fit-up*, dan pengelasan dapat berlangsung tanpa hambatan serta mencegah kerusakan komponen akibat paparan panas selama pekerjaan berlangsung. Dari sisi kualitas pengelasan, area kerja yang lebih terbuka memudahkan welder memperoleh posisi kerja yang sesuai sehingga pengendalian sudut elektroda, panjang busur, dan penetrasi las dapat dilakukan secara optimal. Dalam penerapan Hot Work Control, tahapan ini merupakan bagian dari persiapan area kerja (*pre-job preparation*) untuk mengurangi potensi bahaya, meningkatkan akses evakuasi, dan mendukung pelaksanaan pekerjaan panas secara aman sesuai prosedur.



Gambar 4.13 Proses Pelancaran Togel Pintu Masuk Engine Room

Dilakukan pelepasan komponen togel pintu masuk *engine room* sebelum proses replating sebagai upaya memberikan ruang kerja yang lebih aman dan memadai. Tahapan ini bertujuan mencegah deformasi maupun kerusakan komponen akibat panas selama proses pemotongan dan pengelasan. Kondisi area kerja yang lebih luas juga mempermudah proses penyetelan material dan menghasilkan posisi pengelasan yang lebih stabil sehingga kualitas sambungan las dapat dipertahankan. Dari aspek Hot Work Control, pelepasan komponen merupakan bentuk pengendalian bahaya dengan menghilangkan material yang berpotensi rusak atau menghambat pelaksanaan pekerjaan panas.



Gambar 4.14 Proses Pelepasan Ban Dapra

Dilakukan pelepasan ban dapra beserta rantainya sebelum pekerjaan replating untuk memberikan akses penuh pada area lambung yang akan diperbaiki. Pelepasan ini bertujuan menghindari kerusakan ban dapra akibat percikan api maupun suhu tinggi selama proses pengelasan. Selain meningkatkan ruang gerak pekerja, kondisi tersebut memudahkan proses fit-up sehingga posisi pelat pengganti dapat dipasang sesuai dimensi yang

direncanakan. Dalam penerapan Hot Work Control, tahapan ini merupakan bagian dari pengamanan area kerja untuk mengurangi risiko kebakaran, kerusakan peralatan, dan kecelakaan kerja.



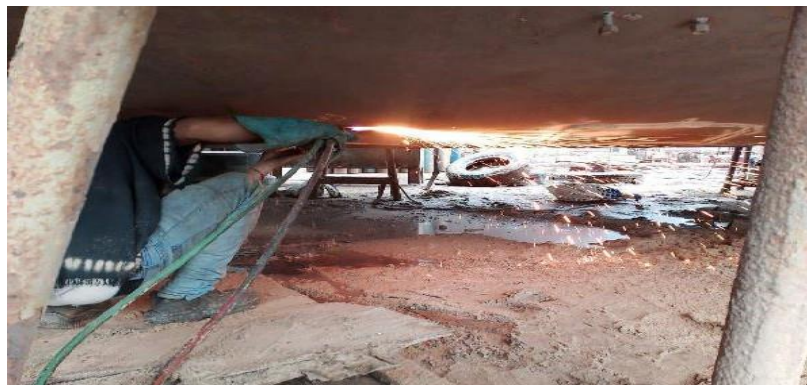
Gambar 4.15 Proses Potong Anti Karat (Zinc Anode) Lama

Dilakukan proses pemotongan *zinc anode* lama arena telah mengalami penurunan fungsi akibat korosi. Pelepasan komponen ini diperlukan agar zinc anode baru dapat dipasang pada posisi yang sama sehingga sistem perlindungan katodik kapal tetap bekerja secara optimal. Pemotongan dilakukan secara terkendali agar tidak merusak pelat induk yang masih memenuhi persyaratan. Dari sisi kualitas pekerjaan, ketelitian proses ini mengurangi kebutuhan perbaikan ulang (*rework*) sebelum pengelasan. Dalam penerapan Hot Work Control, pemotongan dilakukan setelah area kerja dinyatakan aman dan seluruh prosedur pekerjaan panas dipenuhi untuk meminimalkan risiko kebakaran maupun cedera kerja.



Gambar 4.16 Proses Potong Engsel Hatch Cover Steering Room

Dilakukan proses pemotongan pada engsel *hatch cover* pada bagian yang mengalami kerusakan sehingga dapat diganti dengan komponen baru. Ketepatan pemotongan bertujuan menjaga agar struktur di sekitar engsel tetap utuh dan mempermudah proses pemasangan kembali setelah pekerjaan selesai. Dari aspek kualitas pengelasan, permukaan sambungan yang bersih dan sesuai dimensi akan menghasilkan proses fit-up yang lebih baik sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya cacat las. Seluruh proses dilakukan sesuai prosedur Hot Work Control melalui penggunaan APD, pengamanan area kerja, dan pengawasan terhadap potensi bahaya selama pekerjaan berlangsung..



Gambar 4.17 Proses Potong Pelat Bottom Kanan Tengah

Dilakukan proses pemotongan pada pelat *bottom* bagian kanan tengah mengikuti garis *marking* yang telah ditetapkan berdasarkan hasil inspeksi ketebalan pelat. Pemotongan bertujuan menghilangkan seluruh bagian pelat yang telah mengalami korosi sehingga hanya material yang masih memenuhi persyaratan struktur yang dipertahankan. Ketepatan pemotongan sangat memengaruhi proses fit-up karena dimensi pelat pengganti harus sesuai dengan bukaan yang tersedia. Pemotongan yang tidak presisi dapat menyebabkan *gap* sambungan yang berlebihan, meningkatkan risiko *misalignment*, *incomplete penetration*, maupun distorsi selama pengelasan sehingga kualitas sambungan tidak memenuhi persyaratan Welding Procedure Specification (WPS). Dalam penerapan Hot Work Control, proses pemotongan dilakukan setelah area kerja dinyatakan aman, APD

digunakan secara lengkap, serta tersedia pengawasan terhadap potensi kebakaran selama pekerjaan panas berlangsung..



Gambar 4.18 Proses Potong Pelat Bottom Kiri Depan

Dilakukan proses pemotongan pada pelat *bottom* bagian kiri depan yang telah mengalami penipisan akibat korosi. Pemotongan bertujuan mengangkat seluruh bagian pelat yang sudah tidak memenuhi persyaratan kekuatan struktur sehingga dapat diganti dengan pelat baru. Tahapan ini dilakukan secara hati-hati agar tidak memengaruhi konstruksi di sekitarnya serta tetap menerapkan prosedur Hot Work Control guna menjamin keselamatan kerja selama proses pemotongan berlangsung.



Gambar 4.19 Proses Potong Pelat Corner Kanan Belakang

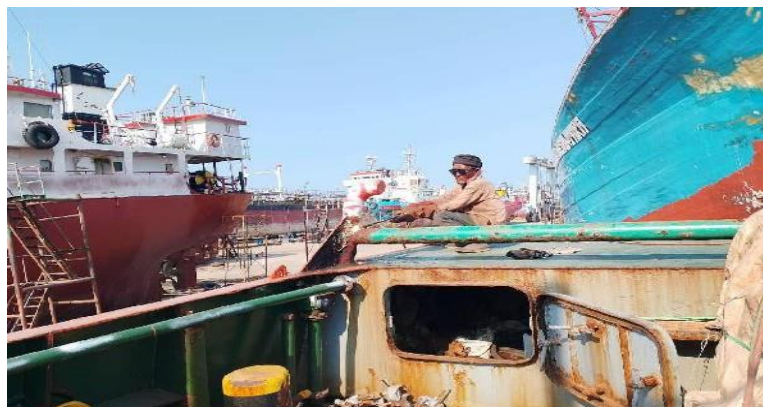
Dilakukan proses pemotongan pelat *corner* kanan belakang yang telah mengalami korosi dan tidak lagi memenuhi standar ketebalan BKI. Pemotongan dilakukan secara cermat karena area *corner* memiliki bentuk melengkung yang harus dipertahankan agar pelat pengganti dapat dipasang

dengan presisi. Ketelitian pada tahapan ini berpengaruh terhadap proses *fit-up*, kualitas sambungan las, serta kekuatan struktur kapal setelah pekerjaan replating selesai. Selama proses pemotongan, prosedur Hot Work Control diterapkan untuk menjaga keselamatan kerja dan mengendalikan potensi bahaya yang timbul akibat pekerjaan panas.



Gambar 4.20 Proses Potong Pelat Corner Kiri Belakang

Dilakukan proses pemotongan dan pelepasan pelat pada area *corner* kiri belakang sebagai persiapan sebelum pemasangan pelat pengganti. Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan area sambungan yang bersih dan sesuai dengan ukuran pelat baru sehingga proses *fit-up* dapat dilakukan dengan baik. Persiapan sambungan yang tepat akan mempermudah proses pengelasan serta mendukung kualitas sambungan las yang memenuhi standar. Selama pekerjaan berlangsung, prosedur Hot Work Control diterapkan untuk mengendalikan potensi bahaya akibat proses pemotongan dan menjaga keselamatan pekerja.



Gambar 4.21 Proses Potong Tanduk Safety Towing Kanan

Dilakukan proses pemotongan pada tanduk *safety towing* bagian kanan yang mengalami kerusakan sebagai tahap awal sebelum dilakukan perbaikan atau penggantian komponen. Pemotongan dilakukan secara hati-hati untuk menjaga struktur di sekitarnya serta mempersiapkan pemasangan komponen baru dengan posisi yang sesuai. Tahapan ini penting agar fungsi titik penarik (*towing point*) tetap terjaga dan mampu menahan beban kerja sesuai persyaratan operasional kapal. Selama proses pemotongan, prosedur Hot Work Control diterapkan untuk mengendalikan potensi bahaya dan menjaga keselamatan pekerja.

4.2.1.3 Proses Fit-Up (Pemasangan Pelat Baru)

Setelah pelat lama berhasil dilepas, tahapan berikutnya adalah proses *fit-up* atau penyetelan pelat baru sebelum dilakukan pengelasan. Berdasarkan rangkaian gambar, pelat pengganti diposisikan dan disesuaikan dengan bentuk konstruksi kapal serta batas area replating yang telah ditentukan sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan pengaturan kesesuaian dimensi, posisi, dan toleransi celah (*gap*) kampuh las agar memenuhi persyaratan pengelasan. Ketepatan proses *fit-up* sangat menentukan kualitas sambungan las, karena kesalahan penyetelan dapat menyebabkan *misalignment*, celah sambungan yang tidak seragam, serta meningkatkan potensi cacat las. Setelah posisi pelat dinyatakan sesuai, pelat dikunci sementara menggunakan tack welding untuk mencegah pergeseran selama proses pengelasan utama. Meskipun belum memasuki tahap pengelasan penuh, proses *tack welding* tetap termasuk pekerjaan Hot Work, sehingga pelaksanaannya harus mengikuti prosedur Hot Work Control, seperti penggunaan APD, pengawasan area kerja, dan pengendalian potensi bahaya, guna mendukung kualitas hasil pengelasan dan keselamatan kerja.



Gambar 4.22 Proses Penyetelan Pelat Bottom Kanan Tengah

Proses penyetelan pelat *bottom* kanan tengah dengan memeriksa kerataan permukaan serta keseragaman celah (*gap*) kampuh las sebelum pelat dikunci menggunakan *tack welding*. Ketepatan penyetelan sangat penting untuk memastikan pelat pengganti terpasang sesuai posisi dan menghasilkan sambungan las yang berkualitas. Selain itu, proses ini juga membantu mengurangi potensi terjadinya *misalignment* dan cacat las pada tahap pengelasan berikutnya. Selama pelaksanaan pekerjaan, prosedur Hot Work Control tetap diterapkan untuk menjaga keselamatan kerja..



Gambar 4.23 Proses Fit Up Pelat Corner Kiri Belakang

Proses *fit-up* pelat *corner* kiri belakang dengan menyesuaikan bentuk pelat baru terhadap kontur lambung kapal. Mengingat area *corner* memiliki permukaan yang melengkung, proses penyetelan memerlukan ketelitian agar pelat dapat terpasang dengan presisi dan tidak mengalami *misalignment*. Penggunaan *scaffolding* membantu pekerja melakukan penyetelan secara

lebih aman dan stabil. Ketepatan proses *fit-up* pada tahap ini akan mempermudah proses pengelasan serta mendukung kualitas sambungan las sesuai standar.



Gambar 4.24 Proses Fit Up Pelat Corner Kanan Belakang

Proses *tack welding* pada pelat *corner* kanan belakang sebagai bagian dari tahap *fit-up*. Pengelasan titik ini berfungsi untuk mengunci posisi pelat agar tetap stabil dan tidak bergeser sebelum dilakukan pengelasan utama. Posisi pelat yang terkunci dengan baik akan menjaga kesesuaian sambungan, mengurangi potensi *misalignment*, serta mendukung kualitas hasil pengelasan. Karena *tack welding* termasuk pekerjaan hot work, pelaksanaannya harus mengikuti prosedur Hot Work Control guna menjamin keselamatan kerja selama proses berlangsung.



Gambar 4.25 Proses Fit Up Pelat Bottom Kiri Tengah

Proses penyetelan pelat *bottom* kiri tengah dengan memastikan posisi dan kelurusan pelat baru sesuai dengan struktur lambung kapal. Tahapan ini bertujuan agar pelat pengganti terpasang secara presisi sebelum dilakukan pengelasan utama, sehingga dapat mengurangi potensi ketidaksesuaian sambungan (*misalignment*). Penyelarasan yang baik akan mendukung kualitas hasil pengelasan serta menjaga kekuatan struktur kapal setelah pekerjaan replating selesai.



Gambar 4.26 Proses Fit Up (Pemasangan) Ban Dapra

Dilakukan pemasangan kembali ban dapra pada lambung kapal setelah pekerjaan replating dan pengecatan selesai. Pemasangan dilakukan dengan bantuan *crane* untuk memastikan posisi ban dapra sesuai dengan titik pemasangan yang telah ditentukan. Ketepatan pemasangan sangat penting agar ban dapra dapat berfungsi secara optimal sebagai pelindung lambung kapal dari benturan saat proses sandar maupun tambat. Tahapan ini juga menjadi bagian dari penyelesaian pekerjaan reparasi sebelum kapal dinyatakan siap untuk dioperasikan kembali.



Gambar 4.27 Proses Fit Up (Pasang) Anti Karat Baru

Dilakukan pemasangan *zinc anode* baru pada lambung kapal sebagai pengganti komponen yang telah mengalami penurunan fungsi akibat korosi. Penempatan *zinc anode* dilakukan sesuai titik yang telah ditentukan agar sistem perlindungan katodik dapat bekerja secara optimal dalam mengurangi laju korosi pada pelat lambung. Ketepatan pemasangan komponen ini menjadi bagian penting dari penyelesaian pekerjaan replating untuk mendukung umur pakai struktur kapal dan menjaga kondisi lambung tetap sesuai standar.

4.2.1.4 Proses Pengelasan

Setelah proses *fit-up* selesai dan posisi pelat dinyatakan sesuai, tahapan berikutnya adalah proses pengelasan sebagai penyambungan permanen antara pelat baru dengan struktur kapal. Berdasarkan rangkaian gambar, pengelasan dilakukan menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada berbagai area replating, seperti pelat *bottom*, *corner*, dan beberapa komponen *outfitting*. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh ketepatan parameter pengelasan, teknik juru las, serta kesesuaian pelaksanaan dengan Welding Procedure Specification (WPS). Permukaan kampuh las yang seragam menunjukkan bahwa proses pengelasan telah dilakukan dengan baik sehingga siap untuk memasuki tahap inspeksi visual (*Visual Testing/VT*) dan *Penetrant Testing (PT)*. Mengingat pengelasan merupakan pekerjaan hot work dengan risiko kebakaran, sengatan listrik, dan paparan asap las, seluruh proses harus dilaksanakan sesuai prosedur Hot Work Control, meliputi penggunaan APD, pengawasan area kerja, sertapenerapan izin kerja panas (*Hot Work Permit*), sehingga kualitas hasil las dan keselamatan kerja dapat terjaga.



Gambar 4.28 Proses Pengelasan Dudukan Lifebouy

Menunjukkan proses pengelasan dudukan lifebuoy pada bagian struktur kapal. Dudukan lifebuoy berfungsi sebagai tempat pemasangan dan penyimpanan alat keselamatan berupa pelampung penolong agar mudah dijangkau ketika terjadi kondisi darurat di kapal. Proses pengelasan dilakukan untuk memastikan dudukan memiliki kekuatan sambungan yang baik, stabil, dan mampu menahan beban lifebuoy selama kapal beroperasi. Pengelasan dilakukan dengan memperhatikan penerapan prosedur Hot Work Control, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta pemeriksaan kualitas hasil las untuk memastikan sambungan memenuhi standar keselamatan dan kelayakan konstruksi kapal.



Gambar 4.29 Proses Pengelasan Panggung Twin Bolder

Menunjukkan proses pengelasan konstruksi twin bolder pada bagian kapal yang berfungsi sebagai komponen pengikat tali tambat (*mooring equipment*). Twin bolder memiliki peranan penting dalam menerima dan menahan gaya tarik akibat beban tali tambat saat kapal melakukan proses

sandar maupun bertambat di dermaga, sehingga kualitas sambungan las harus memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik untuk menjaga keandalan struktur selama operasional kapal. Proses pengelasan dilakukan dengan memperhatikan parameter pengelasan, kebersihan area kerja, serta penerapan prosedur Hot Work Control seperti penggunaan APD, pengawasan *fire watch*, dan pemeriksaan kondisi lingkungan kerja untuk mencegah potensi bahaya. Hasil pengelasan kemudian dilakukan pemeriksaan visual (Visual Testing/VT) untuk memastikan tidak terdapat cacat las yang dapat memengaruhi kekuatan struktur..



Gambar 4.30 Proses Pengelasan Pelat Bottom Kanan Tengah

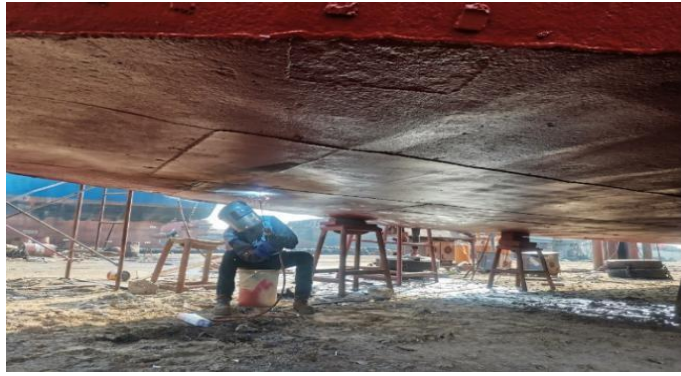
Menunjukkan proses pengelasan tahap awal (*root pass*) pada sambungan pelat kapal. *Root pass* merupakan lapisan pertama dalam proses pengelasan yang berfungsi membentuk penetrasi dan penyatuan pada bagian akar sambungan (*weld root*) sehingga menghasilkan ikatan awal yang kuat antara dua material yang disambungkan. Tahapan ini memiliki peranan penting karena kualitas penetrasi akar las akan memengaruhi kekuatan sambungan secara keseluruhan serta mencegah terjadinya cacat seperti *lack of penetration* atau ketidaksempurnaan fusi pada area sambungan. Pada proses ini, welder melakukan pengaturan parameter pengelasan seperti arus listrik, kecepatan gerakan elektroda, dan posisi pengelasan untuk memperoleh hasil penetrasi yang sesuai, dengan tetap memperhatikan penerapan Hot Work Control melalui pemeriksaan area kerja, penggunaan

APD lengkap, pengawasan *fire watch*, dan pengendalian potensi bahaya selama proses pengelasan berlangsung.



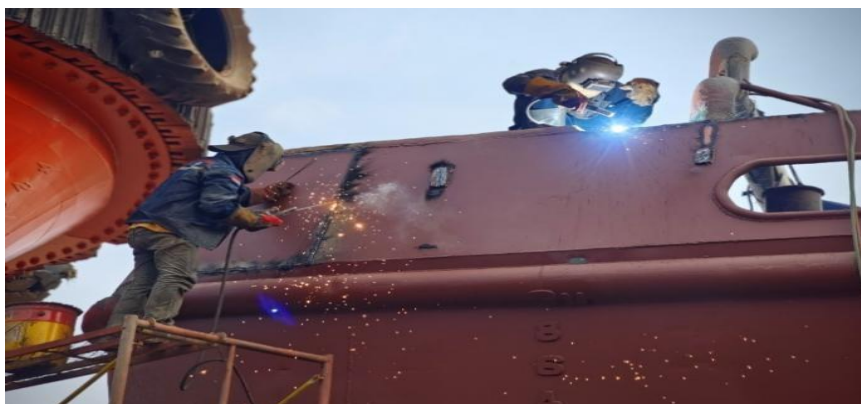
Gambar 4.31 Proses Pengelasan Pelat Bottom Kiri Depan dan Kanan Tengah

proses pengelasan pada posisi overhead atau pengelasan dari arah bawah sambungan. Posisi ini memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi karena welder harus mengendalikan cairan logam las agar tetap menempel pada area sambungan akibat pengaruh gaya gravitasi, sehingga diperlukan keterampilan, pengaturan parameter pengelasan yang tepat, serta teknik pergerakan elektroda yang sesuai untuk menghasilkan kualitas sambungan yang baik. Pada pekerjaan reparasi kapal, pengelasan posisi overhead sering diterapkan pada area konstruksi yang sulit dijangkau seperti bagian bawah pelat atau struktur lambung kapal dengan memperhatikan kestabilan busur las, kontrol panas (*heat input*), serta pencegahan cacat las seperti *slag inclusion*, *porosity*, dan *undercut*. Proses ini juga tetap menerapkan Hot Work Control melalui penggunaan APD, pemeriksaan area kerja, penyediaan APAR, dan pengawasan *fire watch* untuk menjaga keselamatan selama pekerjaan berlangsung.



Gambar 4.32 Proses Pengelasan Pelat Bottom Kiri Depan dan Kanan Tengah 2

Proses pengelasan tahap lanjutan setelah penyelesaian *root pass*, yaitu proses *filler pass* dan *capping pass* pada sambungan las. *Filler pass* merupakan tahapan pengisian logam las secara bertahap untuk memenuhi celah sambungan (*groove*) hingga mencapai ukuran dan ketebalan yang sesuai, sedangkan *capping pass* merupakan lapisan akhir pengelasan yang berfungsi membentuk permukaan sambungan agar lebih rapi, merata, dan memiliki kekuatan sesuai standar yang ditentukan. Pada tahap ini, welder melakukan pengendalian terhadap teknik pengelasan, kecepatan pergerakan elektroda, dan distribusi panas untuk mencegah terjadinya cacat seperti *undercut*, *overlap*, *porosity*, maupun ketidakrataan permukaan las. Proses *filler pass* dan *capping pass* menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas sambungan karena berhubungan langsung dengan kekuatan dan ketahanan struktur kapal terhadap beban operasional, serta tetap dilaksanakan sesuai prosedur Hot Work Control melalui penggunaan APD, pemeriksaan area kerja, pengawasan *fire watch*, dan pengendalian risiko kebakaran selama proses pengelasan berlangsung.



Gambar 4.33 Proses Pengelasan Pelat Corner

Proses koordinasi antarwelder dalam melakukan pengelasan pada area corner kapal yang memiliki bentuk melengkung. Pekerjaan pada area ini membutuhkan pengaturan posisi, teknik pengelasan yang tepat, serta kerja sama antarpekerja untuk memastikan hasil sambungan memiliki penetrasi dan kekuatan yang baik. Welder melakukan pengendalian arah gerakan elektroda, kestabilan busur las, dan distribusi panas agar tidak terjadi cacat las maupun perubahan bentuk struktur. Proses pengelasan tetap dilaksanakan dengan menerapkan prosedur Hot Work Control melalui penggunaan APD, pengawasan *fire watch*, dan pengendalian potensi bahaya selama pekerjaan berlangsung.



Gambar 4.34 Proses Pengelasan Stay Bulkwark
(Bracket Bulkwark)

Proses pengelasan pada komponen penyangga (*bracket*) bulwark yang berfungsi memberikan kekuatan tambahan pada dinding pembatas geladak kapal. Komponen *stay bulwark* berperan dalam menjaga kestabilan dan kekakuan struktur bulwark agar mampu menahan beban serta gaya luar selama kapal beroperasi. Proses pengelasan dilakukan dengan memperhatikan posisi sambungan, kualitas penetrasi las, serta kesesuaian parameter pengelasan untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan aman. Pelaksanaan pekerjaan juga menerapkan prosedur Hot Work Control melalui penggunaan APD, pemeriksaan area kerja, dan pengawasan *fire watch* untuk mengendalikan potensi bahaya selama proses pengelasan berlangsung.

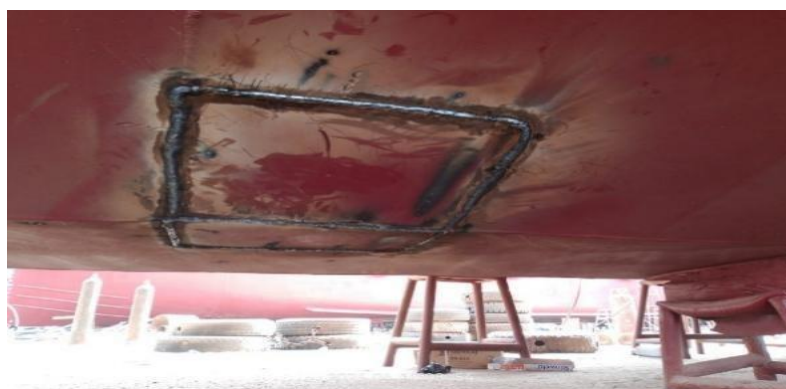
4.2.1.5 Hasil Las (Permukaan)

Memperlihatkan hasil sambungan las (*capping*) pada pelat bottom kanan tengah yang telah selesai dilakukan proses pengelasan. Permukaan hasil las terlihat rapi dan merata sebagai indikasi bahwa proses pengisian dan penyelesaian lapisan akhir (*capping pass*) telah dilakukan dengan baik. Sambungan tersebut selanjutnya dipersiapkan untuk tahap pembersihan area las sebelum dilakukan pemeriksaan Non-Destructive Test (NDT) guna memastikan kualitas sambungan, mendeteksi kemungkinan cacat las, serta menjamin kekuatan struktur pelat sesuai dengan standar reparasi kapal.



Gambar 4.35 Hasil Pengelasan Pelat Bottom Kanan Tengah

Bentuk akhir profil pengelasan (*capping*) pada pelat sisipan berbentuk segiempat (*insert plate*) di area bottom lambung kiri depan. Hasil sambungan las terlihat telah membentuk permukaan akhir yang rapi dan merata sebagai hasil dari proses *capping pass* setelah tahapan pengisian logam las selesai dilakukan. Kondisi ini menunjukkan



Gambar 4.36 Hasil Pengelasan Pelat Bottom Kiri Depan

bahwa proses pengelasan telah dilaksanakan dengan memperhatikan teknik pengelasan dan pengendalian parameter yang sesuai untuk memperoleh kekuatan sambungan yang optimal. Selanjutnya, area hasil pengelasan dilakukan pembersihan sebelum menjalani pemeriksaan Non-Destructive Test (NDT) untuk memastikan tidak terdapat cacat las serta menjamin kualitas dan keandalan struktur pelat kapal.



Gambar 4.37 Hasil Pengelasan Pelat Corner

Memperlihatkan hasil sambungan pengelasan pada komponen pelat yang melengkung (*corner*) di area atas lambung kapal yang telah menyatu dengan baik dan kokoh. Hasil pengelasan menunjukkan bentuk sambungan yang rapi dengan penyatuan antara pelat baru dan struktur eksisting, sehingga mampu mempertahankan kekuatan serta kestabilan konstruksi kapal. Pada area melengkung, pengendalian teknik pengelasan dan distribusi panas menjadi faktor penting untuk mencegah terjadinya deformasi maupun cacat las. Selanjutnya, hasil pengelasan dilakukan pemeriksaan dan persiapan sebelum tahap pengujian Non-Destructive Test (NDT) guna memastikan kualitas sambungan memenuhi standar reparasi kapal.



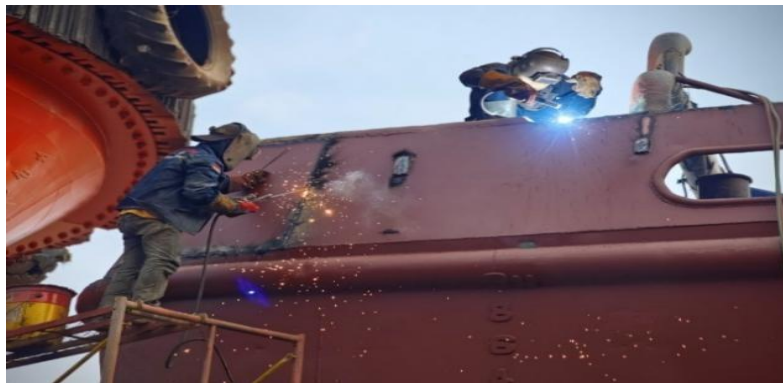
Gambar 4. 38 Hasil Pengelasan Tanduk Safety Towing

Hasil pengerjaan pengelasan struktural pada pondasi pipa tanduk towing yang terlihat rapat dan merata. Sambungan las tersebut berfungsi memberikan kekuatan pada komponen *safety towing* agar mampu menerima beban dan gaya tarik selama kegiatan operasional kapal. Hasil pengelasan menunjukkan penyatuan yang baik antara komponen pipa dan struktur pendukung dengan permukaan las yang stabil sebagai indikasi penerapan teknik pengelasan yang sesuai. Selanjutnya, hasil sambungan dilakukan pemeriksaan untuk memastikan tidak terdapat cacat las yang dapat memengaruhi kekuatan dan keandalan struktur kapal.

4.2.2 Prosedur Hot Work yang Diterapkan

Pekerjaan *hot work* pada proses replating kapal di PT Harapan Teknik Shipyard dilaksanakan dengan menerapkan beberapa prosedur keselamatan kerja yang bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan selama proses pemotongan, *gouging*, *grinding*, dan pengelasan. Penerapan prosedur tersebut meliputi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), penerbitan *Hot Work Permit*, pelaksanaan *Toolbox Meeting*, penempatan

petugas *Fire Watch*, penyediaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR), serta pelaksanaan *Gas Test* pada area kerja yang berpotensi mengandung gas berbahaya atau memiliki ventilasi terbatas. Secara umum, prosedur *Hot Work* telah diterapkan sebagai bagian dari sistem keselamatan kerja perusahaan. Meskipun demikian, tingkat penerapannya masih memerlukan pengawasan yang konsisten agar seluruh pekerja mematuhi prosedur yang telah ditetapkan. Dokumentasi penerapan prosedur *Hot Work* selama proses replating disajikan pada gambar berikut.



Gambar 4.39 Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

Gambar 4.39 menunjukkan pekerja menggunakan APD berupa helm keselamatan, helm las, sarung tangan las, sepatu keselamatan, dan pakaian kerja selama proses pengelasan. Penggunaan APD bertujuan melindungi pekerja dari paparan panas, percikan logam, radiasi sinar las, serta potensi cedera lainnya.



Gambar 4.40 menunjukkan pengawasan petugas *Fire Watch* melakukan

selama aktivitas pengelasan berlangsung. Tugas utama *Fire Watch* adalah mengawasi potensi munculnya percikan api yang dapat memicu kebakaran serta memastikan APAR siap digunakan apabila terjadi keadaan darurat.



Gambar 4.41 APAR

Berdasarkan dokumentasi tersebut, penerapan prosedur *Hot Work* di PT Harapan Teknik Shipyard telah mencakup berbagai aspek pengendalian risiko, mulai dari penggunaan APD hingga pengawasan selama pekerjaan berlangsung. Namun demikian, efektivitas penerapan prosedur tersebut masih bergantung pada kedisiplinan pekerja serta konsistensi pengawasan di lapangan. Kondisi ini menjadi dasar untuk mengidentifikasi kelemahan prosedur *Hot Work* yang dibahas pada subbab berikutnya.

4.2.3 Kelemahan Prosedur

Berdasarkan hasil observasi selama pelaksanaan penelitian, PT Harapan Teknik Shipyard telah menerapkan prosedur *Hot Work Control* dalam setiap pekerjaan replating yang melibatkan aktivitas pengelasan, pemotongan, *gouging*, dan *grinding*. Prosedur tersebut meliputi penerbitan *Hot Work Permit*, pelaksanaan *Toolbox Meeting*, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), penempatan *Fire Watch*, pelaksanaan *Gas Test* pada kondisi tertentu, serta penyediaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

disekitar area kerja. Secara umum, prosedur tersebut telah menjadi bagian dari standar operasional perusahaan dalam pelaksanaan pekerjaan panas (*hot work*).

Meskipun demikian, hasil pengamatan menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa aspek yang perlu ditingkatkan agar penerapan Hot Work Control dapat berjalan lebih optimal. Salah satu temuan di lapangan adalah kedisiplinan penggunaan APD yang belum sepenuhnya konsisten, terutama pada saat pekerjaan berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Pada kondisi tertentu masih dijumpai pekerja yang tidak menggunakan seluruh APD sesuai ketentuan, seperti pelindung wajah (*face shield*) atau pelindung pendengaran, sehingga dapat meningkatkan risiko terjadinya cedera akibat percikan logam panas, radiasi sinar las, maupun kebisingan. Selain itu, pengawasan terhadap kepatuhan pelaksanaan prosedur keselamatan masih perlu ditingkatkan. Walaupun petugas Fire Watch telah disediakan selama pekerjaan berlangsung, intensitas pengawasan terhadap aktivitas pekerja belum dilakukan secara menyeluruh pada seluruh area pekerjaan. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan adanya tindakan tidak aman (*unsafe action*) yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja apabila tidak segera dikoreksi.

Dari aspek kondisi area kerja, kegiatan housekeeping telah dilaksanakan sebelum dan setelah pekerjaan. Namun, pada beberapa tahapan masih ditemukan material sisa pemotongan, percikan logam, maupun peralatan kerja yang belum segera dirapikan sehingga berpotensi mengganggu mobilitas pekerja serta meningkatkan risiko tersandung (*trip hazard*) maupun potensi kebakaran apabila berada di dekat sumber panas. Pelaksanaan Gas Test juga telah diterapkan pada pekerjaan yang dilakukan di ruang tertutup (*confined space*) atau area yang berpotensi mengandung gas berbahaya. Namun demikian, pemeriksaan atmosfer kerja perlu dilakukan secara berkala selama pekerjaan berlangsung, terutama apabila terdapat perubahan kondisi ventilasi atau aktivitas lain yang dapat memengaruhi konsentrasi gas di dalam area kerja.

Secara keseluruhan, kelemahan yang ditemukan tidak menunjukkan bahwa prosedur Hot Work Control di PT Harapan Teknik Shipyard tidak berjalan, melainkan menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa aspek yang dapat disempurnakan, terutama pada peningkatan disiplin penggunaan APD, penguatan pengawasan terhadap kepatuhan pekerja, pelaksanaan *housekeeping* secara lebih konsisten, serta monitoring kondisi area kerja selama pekerjaan berlangsung. Upaya perbaikan terhadap aspek-aspek tersebut diharapkan dapat mengurangi potensi kecelakaan kerja sekaligus meningkatkan kualitas hasil pengelasan pada proses replating kapal.

4.2.4 Potensi Bahaya Hot Work

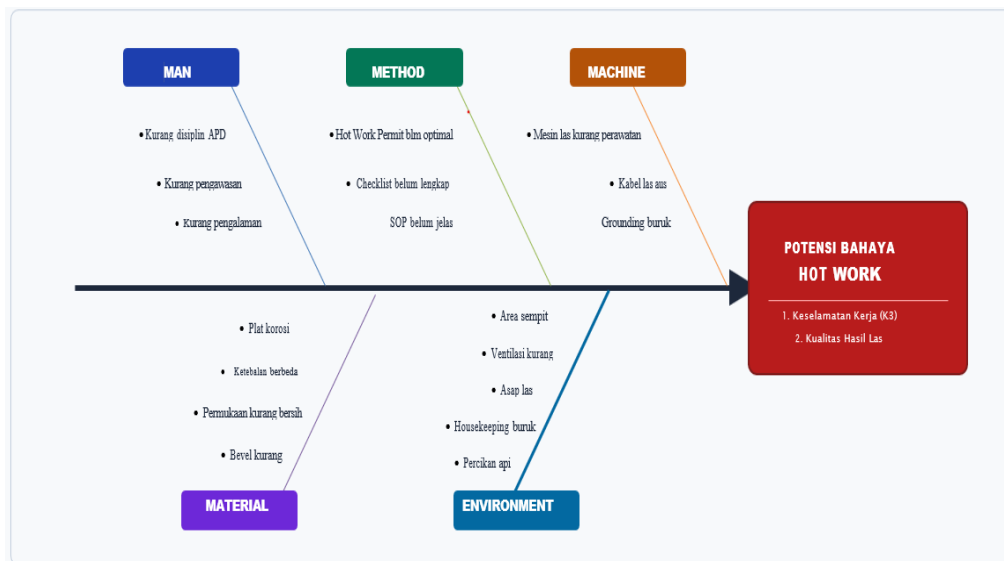
Pekerjaan replating pada kapal TB SPGM 1307 melibatkan berbagai aktivitas yang termasuk dalam kategori *hot work*, seperti cutting, gouging, grinding, dan pengelasan. Aktivitas tersebut menghasilkan panas, percikan api, asap las, serta radiasi yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja apabila tidak dikendalikan melalui prosedur keselamatan yang memadai.

Selama proses replating berlangsung, terdapat beberapa potensi bahaya yang dapat memengaruhi keselamatan pekerja maupun kualitas pekerjaan. Pada proses cutting dan pengelasan, percikan api serta logam panas berpotensi menyebabkan luka bakar dan memicu kebakaran apabila mengenai material yang mudah terbakar. Selain itu, penggunaan mesin las juga memiliki risiko sengatan listrik apabila kondisi peralatan tidak layak atau penggunaannya tidak sesuai dengan prosedur. Potensi bahaya lainnya berasal dari kondisi lingkungan kerja, seperti kabel las yang melintang di area kerja, material yang belum dirapikan, serta pekerjaan yang dilakukan pada ketinggian menggunakan *scaffolding*. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko tersandung, tertimpa material, maupun terjatuh apabila prosedur keselamatan tidak diterapkan secara konsisten.

PT Harapan Teknik Shipyard telah menerapkan berbagai langkah pengendalian, seperti penggunaan APD, penerbitan Hot Work Permit, pelaksanaan Toolbox Meeting, penempatan Fire Watch, pelaksanaan Gas

Test pada kondisi tertentu, serta penyediaan APAR di sekitar lokasi pekerjaan. Meskipun demikian, risiko dari pekerjaan *hot work* tetap memerlukan pengawasan yang berkelanjutan agar setiap potensi bahaya dapat dikendalikan secara efektif dan tidak berkembang menjadi kecelakaan kerja.

Berdasarkan uraian mengenai potensi bahaya pada proses *hot work*, dapat diketahui bahwa risiko kecelakaan kerja tidak hanya disebabkan oleh satu faktor, tetapi dipengaruhi oleh berbagai aspek yang saling berkaitan. Untuk mempermudah identifikasi penyebab utama permasalahan tersebut, dilakukan analisis menggunakan Diagram Fishbone (Ishikawa). Diagram ini digunakan untuk mengelompokkan faktor-faktor penyebab berdasarkan aspek man (manusia), method (metode), machine (mesin), material, dan environment (lingkungan) sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan usulan pengembangan metode replating berbasis *Hot Work Control*.



Gambar 4.42 Diagram Fishbone Penyebab Potensi Bahaya Hot Work

Berdasarkan Gambar 4.42, penyebab potensi bahaya pada pekerjaan *hot work* dapat dikelompokkan menjadi lima faktor utama. Pada aspek man (manusia), risiko dipengaruhi oleh kedisiplinan penggunaan APD, tingkat pengalaman pekerja, serta kepatuhan terhadap prosedur keselamatan kerja. Aspek method (metode) berkaitan dengan pelaksanaan *Hot Work Permit*,

penerapan prosedur kerja, dan pengawasan selama pekerjaan berlangsung. Pada aspek machine (mesin), kondisi mesin las, kabel las, serta peralatan kerja yang digunakan perlu dipastikan selalu dalam kondisi layak pakai agar tidak menimbulkan potensi kecelakaan.

Selanjutnya, aspek material berkaitan dengan kondisi pelat yang mengalami korosi, variasi ketebalan material, serta persiapan permukaan sebelum pengelasan yang dapat memengaruhi kualitas sambungan las. Sementara itu, aspek environment (lingkungan) meliputi ventilasi area kerja, penataan material (*housekeeping*), percikan api, asap las, dan pekerjaan pada area sempit atau di ketinggian yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan kerja.

Hasil analisis melalui Diagram Fishbone menunjukkan bahwa potensi bahaya pada pekerjaan *hot work* dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian yang lebih terstruktur melalui pengembangan metode replating berbasis *Hot Work Control* untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja sekaligus meningkatkan kualitas hasil pengelasan

4.2.5 Data Kecelakaan Kerja

Data kecelakaan kerja merupakan salah satu indikator untuk menggambarkan tingkat keselamatan pada pelaksanaan pekerjaan replating kapal. Selama kegiatan Praktik Kerja Lapangan pada proses replating kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard, tidak ditemukan kejadian kecelakaan kerja yang mengakibatkan cedera berat maupun penghentian aktivitas pekerjaan (*lost time accident*). Hal ini menunjukkan bahwa prosedur keselamatan kerja yang diterapkan telah mampu mengendalikan sebagian besar risiko pekerjaan.

Meskipun demikian, masih ditemukan beberapa kondisi yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja (*near miss*), seperti percikan api saat proses pengelasan, kabel las yang melintang di area kerja, paparan asap

las, serta aktivitas pengangkatan material pelat menggunakan alat bantu angkat. Kondisi tersebut tidak menyebabkan kecelakaan selama periode penelitian, namun tetap memerlukan perhatian karena berpotensi meningkatkan risiko apabila tidak dikendalikan secara konsisten.

Data kecelakaan kerja yang diperoleh selama penelitian disajikan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Data Kecelakaan Kerja Selama Penelitian

No.	Jenis Kejadian	Jumlah	Keterangan
1	Kecelakaan kerja berat (Lost Time Accident)	0	Tidak ditemukan selama penelitian
2	Kecelakaan kerja ringan	2	Terbentur plate dan terjepit
3	Kebakaran akibat hot work	0	Tidak terjadi
4	Ledakan	0	Tidak terjadi
5	Near miss (potensi kecelakaan)	Beberapa kondisi	Percikan api, kabel las di area kerja, paparan asap las, dan pengangkatan material

4.2.6 Data Cacat Las

Kualitas hasil pengelasan merupakan salah satu aspek penting dalam proses replating kapal karena berpengaruh terhadap kekuatan struktur dan keselamatan operasional kapal. Untuk memastikan sambungan las memenuhi standar yang ditetapkan, PT Harapan Teknik Shipyard melakukan pemeriksaan melalui Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Test (PT) setelah proses pengelasan selesai.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa sebagian besar sambungan las telah memenuhi kriteria penerimaan. Namun demikian, pada beberapa titik masih ditemukan cacat las yang bersifat ringan dan dapat diperbaiki melalui proses *repair welding* sebelum dilakukan inspeksi ulang. Cacat yang ditemukan umumnya berupa cacat permukaan sehingga tidak memengaruhi struktur secara permanen setelah dilakukan perbaikan.

Data hasil pemeriksaan cacat las selama proses replating disajikan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Data Cacat Las Hasil Inspeksi

No.	Jenis Cacat Las	Ditemukan	Tindakan Perbaikan
1	Porosity	Ya	Dilakukan repair welding pada area cacat
2	Undercut	Tidak	-
3	Overlap/coldlap	Ya	Dilakukan penggerindaan (<i>grinding</i>) dan <i>repair welding</i> .
4	Incomplate fusion/ kurang leleh	Ya	Dilakukan <i>gouging</i> dan <i>repair welding</i> .
5	Incomplate penetration	Tidak	-
6	Hot crack/ retak panas	Ya	Area cacat dibuang (<i>remove</i>) kemudian dilakukan <i>repair welding</i> .
7	Cold crack/ retak dingin	Tidak	-
8	Inclusion (kotoran terperangkap)	Ya	Dilakukan <i>grinding</i> , pembersihan, dan <i>repair welding</i> .
9	Distorsi/ deformasi plat	Tidak	-

Berdasarkan hasil inspeksi visual terhadap sambungan las pada proses replating kapal TB SPGM 1307, ditemukan beberapa jenis cacat las berupa porosity, overlap (cold lap), incomplete fusion, hot crack, dan slag inclusion. Cacat tersebut bersifat lokal pada beberapa titik sambungan las dan segera ditindaklanjuti melalui proses *repair welding* sesuai prosedur perusahaan. Setelah perbaikan selesai dilakukan, sambungan las kembali diperiksa menggunakan metode Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Test (PT). Hasil inspeksi ulang menunjukkan bahwa seluruh cacat telah diperbaiki sehingga sambungan las dinyatakan memenuhi *acceptance criteria* dan layak untuk digunakan.

4.3 Analisis Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)

Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya serta menilai

tingkat risiko pada setiap tahapan pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard. Analisis dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan terhadap seluruh rangkaian pekerjaan mulai dari persiapan area kerja, pemotongan pelat, fit-up, pengelasan, penggerindaan, inspeksi hasil las, hingga pekerjaan finishing.

Penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampak (*severity*). Hasil penilaian kemudian dikelompokkan menjadi tiga kategori risiko, yaitu risiko tinggi, risiko sedang, dan risiko rendah. Melalui analisis HIRA, perusahaan dapat menentukan prioritas pengendalian risiko sehingga pekerjaan *hot work* dapat dilaksanakan secara lebih aman dan terkendali.

Sebanyak 20 aktivitas pekerjaan dianalisis menggunakan metode HIRA. Setiap aktivitas dievaluasi berdasarkan potensi bahaya yang muncul sebelum penerapan metode *Hot Work Control*, kemudian dilakukan penilaian kembali setelah seluruh tindakan pengendalian diterapkan. Ringkasan hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Analisis HIRA

No	Kategori Risiko	Sebelum	Sesudah
1	Tinggi	8 aktivitas	2 aktivitas
2	Sedang	9 aktivitas	5 aktivitas
3	Rendah	3 aktivitas	13 aktivitas

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa sebelum penerapan metode *Hot Work Control* terdapat 8 aktivitas dengan kategori risiko tinggi, 9 aktivitas dengan kategori risiko sedang, dan 3 aktivitas dengan kategoririsiko rendah. Setelah metode *Hot Work Control* diterapkan, jumlah aktivitas dengan kategori risiko tinggi menurun menjadi 2 aktivitas, sedangkan kategori risiko sedang menurun menjadi 5 aktivitas. Sebaliknya, jumlah aktivitas dengan kategori risiko rendah meningkat menjadi 13 aktivitas.

Penurunan jumlah aktivitas berisiko tinggi dari 8 menjadi 2 aktivitas menunjukkan bahwa penerapan metode *Hot Work Control* mampu mengurangi potensi bahaya pada pekerjaan replating. Pengendalian yang diterapkan melalui *Hot Work Permit*, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), *toolbox meeting*, *gas test*, penempatan *fire watch*, serta pemeriksaan area kerja terbukti efektif dalam menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja selama pekerjaan *hot work* berlangsung.

Secara keseluruhan, hasil analisis HIRA menunjukkan bahwa penerapan metode *Hot Work Control* mampu meningkatkan efektivitas pengendalian risiko pada proses replating kapal TB SPGM 1307. Hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya aktivitas yang termasuk kategori risiko tinggi dan meningkatnya jumlah aktivitas yang berada pada kategori risiko rendah setelah seluruh prosedur keselamatan diterapkan.

4.3.1 Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum Implementasi Hot Work Control

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) serta hasil observasi lapangan, dapat diketahui bahwa pekerjaan *hot work* pada proses replating kapal TB SPGM 1307 masih memiliki beberapa potensi risiko yang dapat memengaruhi keselamatan pekerja. Sebelum penerapan metode *Hot Work Control*, tingkat risiko dianalisis berdasarkan kemungkinan terjadinya kejadian (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampak (*severity*) terhadap aktivitas pekerjaan. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai kondisi awal (*baseline*) untuk dibandingkan dengan kondisi setelah implementasi metode *Hot Work Control*.

Tabel 4.10 Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum
Implementasi Hot Work Control

No	Parameter	Tingkat Risiko	Keterangan
1	Near Miss	Tinggi	Masih terdapat potensi kejadian hampir celaka akibat percikan api, posisi kerja, dan kondisi area kerja.
2	Unsafe Action	Tinggi	Masih terdapat potensi ketidakpatuhan terhadap penggunaan APD dan prosedur kerja.
3	Unsafe Condition	Sedang	Percikan api, material mudah terbakar, kabel las, serta ventilasi menjadi sumber kondisi tidak aman.
4	Incident	Sedang	Berpotensi terjadi kebakaran, luka bakar, sengatan listrik, dan paparan asap las.
5	Lost Time Injury (LTI)	Sedang	Potensi cedera yang menyebabkan pekerja tidak dapat bekerja masih ada apabila pengendalian tidak diterapkan.
6	Severity	Tinggi	Dampak kecelakaan dapat berupa luka bakar serius, kerusakan mata, gangguan pernapasan, hingga kebakaran.
7	Frequency	Tinggi	Aktivitas hot work dilakukan secara rutin selama proses

			replating sehingga peluang paparan bahaya cukup tinggi.
--	--	--	---

Berdasarkan Tabel 4.10, kondisi keselamatan kerja sebelum implementasi metode *Hot Work Control* menunjukkan bahwa pekerjaan hot work masih memiliki tingkat risiko yang relatif tinggi. Risiko tersebut dipengaruhi oleh adanya potensi *unsafe action*, seperti ketidakpatuhan terhadap prosedur kerja dan penggunaan APD, serta *unsafe condition*, seperti percikan api, material mudah terbakar, dan bahaya pengelasan pada ruang terbatas (*confined space*). Selain itu, aktivitas pengelasan yang dilakukan secara berulang menyebabkan nilai *frequency* berada pada kategori tinggi, sedangkan dampak yang dapat ditimbulkan berupa kebakaran, luka bakar, sengatan listrik, maupun gangguan pernapasan menyebabkan nilai *severity* juga berada pada kategori tinggi. Kondisi awal ini menjadi dasar dalam pengembangan metode *Hot Work Control* yang selanjutnya diimplementasikan untuk menurunkan tingkat risiko keselamatan kerja pada proses replating kapal.

4.4 Analisis Kualitas Sambungan Las Sebelum Implementasi Hot Work Control

Berdasarkan hasil pemeriksaan awal terhadap sambungan las pada proses replating kapal TB SPGM 1307, masih ditemukan beberapa indikasi cacat permukaan, yaitu *porosity*, *overlap/cold lap*, *incomplete fusion*, *hot crack*, dan *slag inclusion*. Indikasi tersebut ditemukan pada beberapa titik sambungan dan memerlukan tindakan perbaikan berupa *grinding*, *gouging*, pembersihan, dan *repair welding* sebelum dilakukan pemeriksaan ulang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada tahap awal masih terdapat sambungan yang belum sepenuhnya memenuhi *acceptance criteria* yang digunakan dalam pekerjaan reparasi kapal.

Pada tahap awal penelitian, dilakukan pemeriksaan menggunakan metode *Visual Testing* (VT) terhadap 25 sambungan las pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307, khususnya pada bagian *bottom* dan *outfitting*. Pemilihan 25 sambungan dilakukan secara *purposive* berdasarkan kesesuaian sambungan dengan objek penelitian, kondisi sambungan yang telah selesai dilas, serta keterjangkauan sambungan untuk dilakukan pemeriksaan.

Pemeriksaan VT dilakukan oleh personel yang bertanggung jawab terhadap inspeksi kualitas pengelasan di PT Harapan Teknik Shipyard dengan mengacu pada prosedur pemeriksaan yang berlaku, *Welding Procedure Specification* (WPS), ISO 17637, dan *acceptance criteria*. Peneliti tidak bertindak sebagai pemeriksa atau penentu hasil *acceptance*, tetapi melakukan observasi, dokumentasi, dan pencatatan terhadap hasil pemeriksaan yang dilakukan oleh personel inspeksi.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Visual Testing (VT) Sebelum Implementasi Hot Work Control

Hasil VT	Jumlah
Acceptable	24
Repair	1

Berdasarkan Tabel 4.11, dari 25 sambungan las yang diperiksa, sebanyak 24 sambungan (96%) dinyatakan *acceptable*, sedangkan 1 sambungan (4%) masuk kategori *repair*. Sambungan yang masuk kategori *repair* menunjukkan adanya ketidaksesuaian terhadap *acceptance criteria* pada saat pemeriksaan awal sehingga memerlukan tindakan perbaikan sebelum dapat dinyatakan memenuhi kriteria penerimaan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar sambungan yang diperiksa telah memenuhi kriteria penerimaan berdasarkan pemeriksaan visual, tetapi masih terdapat satu sambungan yang memerlukan tindakan perbaikan. Temuan tersebut menjadi bagian dari kondisi awal

penelitian dan digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi permasalahan pada proses pengelasan sebelum penerapan metode Hot Work Control.

Berdasarkan pemeriksaan awal tersebut, beberapa indikasi cacat yang ditemukan meliputi *porosity*, *overlap/cold lap*, *incomplete fusion*, *hot crack*, dan *slag inclusion*. Setiap jenis cacat memiliki karakteristik dan kemungkinan penyebab yang berbeda sehingga diperlukan analisis terhadap kondisi proses pengelasan yang berlangsung.

Pada temuan *porosity*, secara teoritis cacat tersebut berkaitan dengan terbentuknya gas yang terperangkap dalam logam las. Kondisi permukaan material yang kurang bersih, kelembapan, dan pengendalian proses pengelasan merupakan beberapa kondisi yang perlu diperhatikan untuk mengurangi kemungkinan terbentuknya porositas. Dalam konteks pekerjaan replating, kebersihan permukaan pelat dan kondisi area kerja menjadi bagian penting sebelum proses pengelasan dilakukan.

Temuan *overlap/cold lap* dan *incomplete fusion* menunjukkan pentingnya pengendalian teknik dan parameter pengelasan. *Incomplete fusion* terjadi ketika logam las tidak menyatu secara sempurna dengan logam induk atau lapisan sebelumnya. Kondisi tersebut dapat dikaitkan dengan teknik pengelasan, parameter proses, persiapan sambungan, serta kondisi permukaan sebelum pengelasan. Oleh karena itu, penerapan parameter pengelasan sesuai WPS dan persiapan sambungan menjadi bagian yang perlu dikendalikan.

Pada temuan *hot crack*, retak merupakan indikasi yang perlu mendapat perhatian karena termasuk kondisi yang tidak dapat diterima berdasarkan *acceptance criteria* yang digunakan. Pengendalian kondisi proses pengelasan, termasuk temperatur dan teknik pengelasan, menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan. Dalam penerapan Hot Work Control, pengendalian temperatur dilakukan melalui pemantauan suhu

preheat dan *interpass* sesuai prosedur yang digunakan. Sementara itu, *slag inclusion* menunjukkan adanya kemungkinan ketidaksempurnaan dalam proses pembersihan antar-lapis atau pengendalian proses pengelasan. Oleh karena itu, pembersihan permukaan sebelum dan selama proses pengelasan perlu diperhatikan untuk mengurangi kemungkinan material asing terperangkap dalam logam las.

Pemeriksaan Visual Testing (VT) dilakukan terhadap sambungan las hasil pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307. Pemeriksaan difokuskan pada kondisi permukaan sambungan, bentuk dan tampilan las, serta indikasi cacat yang dapat diamati secara visual. Pemeriksaan dilakukan dengan mengacu pada ISO 17637, WPS, dan acceptance criteria yang digunakan dalam pekerjaan reparasi kapal.

Berdasarkan hasil pemeriksaan, sambungan las yang telah dilakukan perbaikan tidak menunjukkan indikasi cacat visual yang melebihi acceptance criteria. Dengan demikian, dari aspek pemeriksaan visual, sambungan yang diperiksa dapat dinyatakan acceptable berdasarkan kriteria inspeksi yang digunakan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi permukaan sambungan las setelah proses perbaikan telah memenuhi persyaratan pemeriksaan visual. Namun, hasil VT tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan kekuatan mekanik sambungan atau kondisi internal material secara keseluruhan karena penelitian ini tidak melakukan pengujian sifat mekanik maupun pengujian volumetrik

4.5 Hasil Pengujian Dye Penetrant Testing (PT)

Pengujian Dye Penetrant Testing (PT) dilakukan setelah seluruh sambungan las dinyatakan memenuhi persyaratan melalui pemeriksaan Visual Testing (VT). Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat yang terbuka pada permukaan sambungan las (*surface defects*) yang tidak

selalu dapat teridentifikasi melalui inspeksi visual. Pemeriksaan dilakukan pada seluruh sambungan las hasil pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 sesuai dengan prosedur inspeksi ISO 3452 dan BKI Rules.

Metode Dye Penetrant Testing (PT) dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu pembersihan permukaan (*cleaning*), penyemprotan cairan penetran (*penetrant application*), waktu peresapan (*dwell time*), pembersihan sisa penetran (*cleaning excess penetrant*), penyemprotan *developer*, dan pemeriksaan indikasi cacat pada permukaan sambungan las. Tahapan tersebut bertujuan untuk memastikan tidak terdapat retak permukaan (*surface crack*), porositas terbuka (*surface porosity*), *pin hole*, maupun cacat lain yang dapat memengaruhi kualitas sambungan las.

Sebanyak 25 sambungan las diperiksa menggunakan metode Dye Penetrant Testing (PT). Hasil pemeriksaan disajikan pada Tabel 4.12

tabel 4.12 Hasil Pengujian Dye Penetrant Testing (PT)

Hasil PT	Jumlah
Lulus (Acceptable)	25
Reject	0

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.12, Sebanyak 25 sambungan las diperiksa menggunakan Dye Penetrant Testing (PT). Hasil pemeriksaan menunjukkan 25 sambungan berada dalam kategori acceptable dan tidak terdapat sambungan yang berstatus reject..

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pemeriksaan PT tidak ditemukan indikasi cacat permukaan yang melebihi batas penerimaan yang digunakan. Pemeriksaan PT memperkuat hasil VT dalam memberikan informasi mengenai kondisi permukaan sambungan las.

Namun demikian, hasil PT hanya memberikan informasi mengenai indikasi cacat yang terbuka pada permukaan dan dapat dideteksi oleh metode penetrant. Oleh karena itu, hasil PT tidak dapat digunakan sebagai dasar untuk menyimpulkan kekuatan tarik, kekuatan tekuk, ketangguhan, kekerasan, atau sifat mekanik lainnya dari sambungan las. Dengan demikian, kesimpulan dari hasil PT dalam penelitian ini dibatasi pada kondisi permukaan sambungan las berdasarkan kriteria penerimaan pemeriksaan PT yang digunakan.

4.5.1 Permit To Work

Tahapan pertama dalam metode yang dikembangkan adalah penerapan *Permit To Work (Hot Work Permit)* sebelum pekerjaan panas dimulai. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan kelengkapan dokumen izin kerja, identifikasi lokasi pekerjaan, penetapan penanggung jawab pekerjaan, serta persetujuan dari bagian HSE dan supervisor lapangan. Penerapan *Permit To Work* bertujuan memastikan bahwa seluruh persyaratan keselamatan telah dipenuhi sebelum pekerjaan pengelasan dilaksanakan sehingga potensi kecelakaan akibat pekerjaan panas dapat diminimalkan.

4.5.2 Hot Work Checklist

Setelah izin kerja diterbitkan, dilakukan pemeriksaan menggunakan *Hot Work Checklist*. *Checklist* digunakan untuk memastikan bahwa seluruh persyaratan pekerjaan panas telah dipenuhi, meliputi:

1. Kondisi kerja
2. Kelengkapan APD
3. Kesiapan APAR
4. Ventilasi
5. Grounding mesin las
6. Kondisi kabel las
7. Penerangan
8. Kondisi ruang kerja

Checklist menjadi alat verifikasi sehingga pekerjaan hanya dapat dimulai apabila seluruh item dinyatakan memenuhi persyaratan.

4.5.3 Fire Watch

Tahapan berikutnya adalah penempatan Fire Watch. Fire Watch merupakan personel yang ditugaskan untuk melakukan pengawasan selama proses pengelasan berlangsung dengan memastikan tidak terjadi percikan api yang berpotensi menimbulkan kebakaran serta memantau kondisi di sekitar area kerja. Selain itu, Fire Watch memastikan bahwa Alat Pemadam Api Ringan (APAR), fire blanket, dan hydrant selalu tersedia dan siap digunakan apabila terjadi keadaan darurat. Setelah pekerjaan pengelasan selesai, Fire Watch tetap melakukan pengawasan di lokasi selama minimal 30 menit untuk memastikan tidak terdapat bara api, percikan, maupun sumber panas lain yang berpotensi memicu kebakaran. Dengan adanya Fire Watch, potensi bahaya kebakaran selama maupun setelah pekerjaan hot work dapat diminimalkan sehingga keselamatan kerja lebih terjamin.

4.5.4 Gas Testing

Sebelum pekerjaan dilakukan, khususnya pada ruang terbatas (*confined space*), dilaksanakan Gas Testing menggunakan *multi gas detector*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa atmosfer di area kerja berada dalam kondisi aman sebelum pekerjaan panas dimulai. Parameter yang diperiksa meliputi kadar oksigen (O_2), konsentrasi gas mudah terbakar (*Lower Explosive Limit* atau LEL), karbon monoksida (CO), serta hidrogen sulfida (H_2S) apabila terdapat potensi keberadaan gas tersebut. Pekerjaan hanya diperbolehkan apabila seluruh parameter berada pada batas aman sesuai standar keselamatan kerja.

Tabel 4.13 Standar Parameter Gas Testing

No	Parameter	Standar Aman	Keterangan
1	Oksigen (O ₂)	> 19,5%	Menunjukkan kadar oksigen cukup untuk pernapasan pekerja.
2	Lower Explosive Limit (LEL)	< 10% LEL	Menunjukkan konsentrasi gas mudah terbakar masih dalam batas aman.
3	Karbon Monoksida (CO)	< 25 ppm	Menghindari paparan gas beracun yang dapat membahayakan pekerja.
4	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	< 10 ppm	Diperiksa apabila terdapat potensi keberadaan H ₂ S pada area kerja.

Setelah seluruh parameter memenuhi standar keselamatan, petugas HSE memberikan persetujuan bahwa area kerja berada dalam kondisi gas free sehingga pekerjaan pengelasan dapat dilaksanakan. Apabila salah satu parameter tidak memenuhi batas aman, pekerjaan harus ditunda hingga dilakukan tindakan pengendalian, seperti ventilasi mekanis, pembersihan area, atau pemeriksaan ulang kondisi atmosfer kerja.

4.5.5 Housekeeping

Tahapan Housekeeping dilakukan untuk memastikan area kerja berada dalam kondisi bersih dan aman.

Kegiatan housekeeping meliputi:

1. Membersihkan material mudah terbakar,
2. Membersihkan oli,
3. Membersihkan sampah,
4. Merapikan kabel,
5. Memastikan jalur evakuasi tidak terhalang.

Housekeeping bertujuan mengurangi potensi kebakaran dan mempermudah aktivitas pekerja selama proses replating berlangsung.

4.5.6 Isolasi Area Kerja

Area pekerjaan kemudian diisolasi menggunakan *safety line*, rambu peringatan, dan pembatas area kerja. Isolasi dilakukan untuk mencegah pekerja lain memasuki area pekerjaan panas sehingga risiko kecelakaan akibat percikan api maupun radiasi pengelasan dapat diminimalkan.

4.5.7 Monitoring Temperatur

Selama proses pengelasan dilakukan monitoring temperatur menggunakan *infrared thermometer* untuk mengukur suhu *preheat*, *interpass*, dan permukaan material. Monitoring temperatur bertujuan memastikan bahwa suhu *preheat* dan *interpass* tetap berada pada rentang yang dipersyaratkan dalam *Welding Procedure Specification (WPS)* sehingga parameter pengelasan tetap terkendali. Pengendalian temperatur tersebut berperan penting dalam mencegah terbentuknya cacat las seperti *cold crack*, *hot crack*, dan *incomplete fusion*, sehingga kualitas sambungan las dapat dipertahankan sesuai standar yang ditetapkan.

4.5.8 Emergency Response

Tahapan terakhir adalah penerapan Emergency Response. Apabila terjadi keadaan darurat, seperti kebakaran, ledakan, atau kecelakaan kerja, seluruh pekerja mengikuti prosedur tanggap darurat yang telah ditetapkan perusahaan.

Prosedur tersebut meliputi:

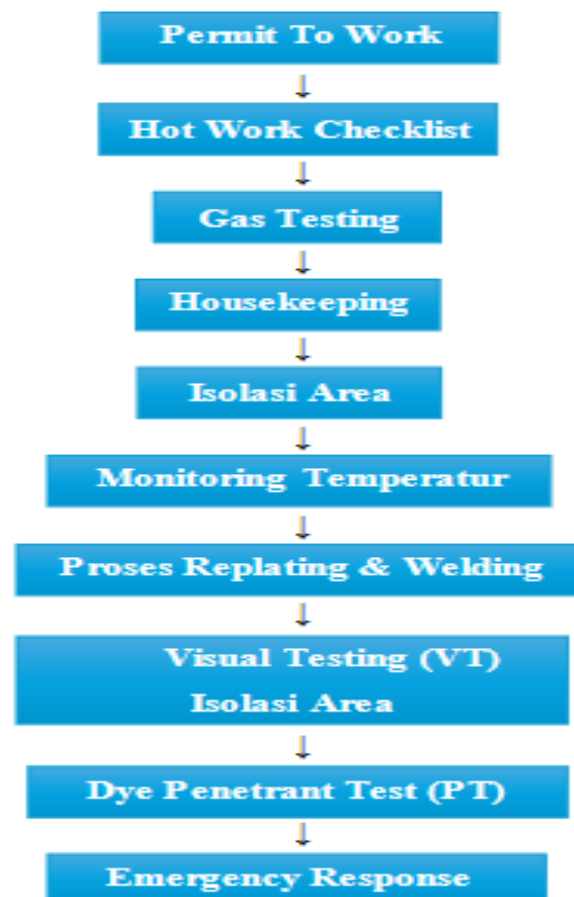
1. penghentian pekerjaan,
2. penggunaan APAR,
3. evakuasi pekerja,
4. pelaporan kepada HSE,
5. pemberian pertolongan pertama,

6. dokumentasi kejadian.

Tahapan ini bertujuan meminimalkan dampak kecelakaan dan mempercepat proses penanganan keadaan darurat.

4.5.9 Flowchart Metode Replating Berbasis Hot Work Control

Setelah seluruh tahapan disusun, metode replating berbasis *Hot Work Control* dapat digambarkan dalam bentuk flowchart sebagai berikut:



Gambar 4.43 Flowchart Metode Replating Berbasis Hot Work Control

4.6 Pengaruh Penerapan Hot Work Control.

Setelah metode Hot Work Control diimplementasikan pada proses replating kapal TB SPGM 1307, dilakukan evaluasi terhadap beberapa indikator keselamatan kerja untuk mengetahui pengaruh penerapan metode tersebut terhadap kondisi kerja di lapangan. Indikator yang dievaluasi meliputi unsafe action, unsafe condition, near miss, dan lost time injury (LTI). Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Pengaruh Penerapan Hot Work Control terhadap Keselamatan Kerja

Parameter	Sebelum	Sesudah
Unsafe Action	15	4
Unsafe Condition	12	3
Near Miss	6	1
Lost Time Injury (LTI)	1	0

Berdasarkan Tabel 4.14, penerapan metode Hot Work Control memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keselamatan kerja selama proses replating kapal. Jumlah unsafe action menurun dari 15 menjadi 4 kejadian atau mengalami penurunan sebesar 73,33%. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa pekerja semakin disiplin dalam menerapkan prosedur keselamatan, seperti penggunaan APD secara lengkap, kepatuhan terhadap *Hot Work Permit*, serta pelaksanaan pekerjaan sesuai hasil *toolbox meeting*

Jumlah unsafe condition juga mengalami penurunan dari 12 menjadi 3 kondisi atau sebesar 75,00%. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi area kerja menjadi lebih aman setelah dilakukan pemeriksaan area kerja, penyediaan APAR, pemasangan *fire blanket*, pelaksanaan *gas test*, serta pemeriksaan peralatan sebelum pekerjaan dimulai. Selain itu, jumlah kejadian near miss menurun dari 6 menjadi 1 kejadian atau sebesar 83,33%. Penurunan ini

mengindikasikan bahwa potensi kecelakaan berhasil dikendalikan melalui pengawasan yang lebih baik, penempatan fire watch, serta penerapan prosedur keselamatan secara konsisten selama pekerjaan berlangsung.

Pada indikator Lost Time Injury (LTI) terjadi penurunan dari 1 kejadian menjadi 0 kejadian, yang menunjukkan bahwa selama penerapan metode Hot Work Control tidak terjadi kecelakaan kerja yang menyebabkan pekerja kehilangan waktu kerja. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian bahaya pada pekerjaan panas mampu meningkatkan tingkat keselamatan kerja secara signifikan.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan metode Hot Work Control berpengaruh positif terhadap penurunan perilaku tidak aman (*unsafe action*), kondisi tidak aman (*unsafe condition*), kejadian *near miss*, serta *Lost Time Injury (LTI)*. Dengan demikian, metode yang dikembangkan terbukti mampu meningkatkan efektivitas pengendalian risiko pada proses replating kapal sekaligus mendukung terciptanya lingkungan kerja yang lebih aman.

4.6.1 Persiapan Pekerjaan

Sebelum pelaksanaan pekerjaan replating dimulai, dilakukan beberapa kegiatan persiapan untuk memastikan pekerjaan dapat berlangsung secara aman dan sesuai dengan prosedur Hot Work Control. Tahapan persiapan meliputi pembersihan area kerja dari material yang mudah terbakar, pemeriksaan kondisi mesin las beserta perlengkapannya, penyediaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR), pemasangan *fire blanket*, serta penataan peralatan kerja agar tidak mengganggu aktivitas pengelasan.



Gambar 4.44 Persiapan Area Kerja Sebelum Proses Replating

Berdasarkan Gambar 4.44 terlihat bahwa sebelum pekerjaan pengelasan dilaksanakan, area kerja terlebih dahulu dipersiapkan sesuai dengan prosedur Hot Work Control. Seluruh material yang berpotensi menjadi sumber kebakaran dibersihkan dari sekitar lokasi pekerjaan, sedangkan mesin las dan peralatan pendukung diperiksa untuk memastikan berada dalam kondisi layak operasi. Selain itu, APAR dan *fire blanket* ditempatkan pada lokasi yang mudah dijangkau sebagai langkah antisipasi apabila terjadi keadaan darurat selama pekerjaan berlangsung.

Tahapan persiapan pekerjaan ini merupakan langkah awal yang sangat penting dalam penerapan metode replating berbasis Hot Work Control karena bertujuan mengurangi potensi bahaya kebakaran, ledakan, maupun kecelakaan kerja lainnya. Persiapan area kerja yang baik juga mendukung kelancaran proses pengelasan sehingga pekerjaan dapat dilaksanakan secara lebih aman, efektif, dan sesuai dengan prosedur keselamatan yang telah ditetapkan oleh PT Harapan Teknik Shipyard.

4.6.2 Toolbox Meeting

Sebelum pekerjaan replating dimulai, dilakukan kegiatan *toolbox meeting* sebagai salah satu tahapan persiapan keselamatan kerja sebelum pelaksanaan aktivitas hot work. Kegiatan ini dilakukan oleh pengawas

lapangan bersama pekerja yang terlibat untuk menyampaikan informasi terkait pekerjaan yang akan dilakukan, potensi bahaya yang mungkin terjadi, serta langkah pengendalian yang harus diterapkan selama proses pekerjaan berlangsung.

Pada *toolbox meeting*, pekerja diberikan pengarahan mengenai urutan pekerjaan replating, penggunaan peralatan kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), prosedur keselamatan selama proses pemotongan dan pengelasan, serta kewaspadaan terhadap bahaya seperti percikan api, asap las, panas berlebih, dan risiko kebakaran. Selain itu, dilakukan pengingat kepada pekerja untuk memastikan area kerja tetap aman dan melaporkan apabila ditemukan kondisi yang tidak sesuai dengan prosedur kerja.



Gambar 4.45 Pelaksanaan *Toolbox Meeting*
Sebelum Pekerjaan Replating

Berdasarkan Gambar 4.45, terlihat kegiatan *toolbox meeting* yang dilakukan sebelum pekerjaan replating dimulai. Pengawas lapangan memberikan pengarahan kepada pekerja terkait pekerjaan yang akan dilaksanakan serta aspek keselamatan yang harus diperhatikan selama proses *hot work* berlangsung. Kegiatan ini menjadi salah satu bentuk penerapan pengendalian pekerjaan panas (*hot work control*) untuk meningkatkan kesadaran pekerja terhadap potensi bahaya dan memastikan pekerjaan dilakukan sesuai prosedur keselamatan yang telah ditetapkan.

4.6.3 Pemeriksaan Alat Pelindung Diri (APD)

Sebelum pekerjaan pengelasan dimulai, dilakukan pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sebagai salah satu tahapan implementasi metode *Hot Work Control*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh pekerja yang terlibat dalam proses replating telah menggunakan APD sesuai dengan potensi bahaya yang terdapat pada pekerjaan panas (*hot work*). Pemeriksaan dilakukan oleh supervisor lapangan bersama petugas Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sebelum pekerja memasuki area kerja.

Pemeriksaan meliputi kelengkapan, kondisi, dan kelayakan APD yang digunakan oleh juru las (*welder*) maupun pekerja pendukung. Jenis APD yang diperiksa meliputi helm las (*welding helmet*), sarung tangan kulit las, apron atau jaket las, sepatu keselamatan (*safety shoes*), kacamata pelindung (*safety goggles*), respirator, dan pelindung telinga (*ear plug/ear muff*). Hasil pemeriksaan penggunaan APD disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

No.	Jenis APD	Dipakai?	Kondisi / Merk
1	Helm las / Welding Helmet (Auto-darkening / pasif)	Di pakai	Kondisi layak pakai, merk (Gosave)
i2	Sarung tangan kulit las	Di pakai	Kondisi layak pakai, merk (Yamoto)
3	Apron / Jaket las kulit	Di pakai	Kondisi layak pakai, merk (Resiltools)
4	Sepatu safety / Boot	Di pakai	Kondisi layak pakai, merk (Cheetah)
5	Kacamata pengaman (goggle)	Di pakai	Kondisi layak pakai, merk (Trusco)

Berdasarkan Tabel 4.15 diketahui bahwa seluruh pekerja telah menggunakan APD sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan. Helm las digunakan untuk melindungi mata dan wajah dari radiasi ultraviolet serta percikan logam cair, sarung tangan kulit dan apron las berfungsi melindungi tangan serta tubuh dari paparan panas, sedangkan

sepatu keselamatan digunakan untuk melindungi kaki dari benturan benda berat dan potensi sengatan listrik. Selain itu, pekerja juga telah menggunakan respirator dan pelindung telinga sebagai upaya mengurangi risiko paparan asap las dan kebisingan selama proses pengelasan berlangsung.

Penerapan APD secara lengkap menunjukkan adanya peningkatan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan kerja dibandingkan kondisi awal sebelum implementasi metode *Hot Work Control*. Pemeriksaan APD secara rutin sebelum pekerjaan dimulai menjadi salah satu bentuk pengendalian administratif yang bertujuan meminimalkan risiko kecelakaan kerja sekaligus meningkatkan disiplin pekerja dalam menerapkan budaya keselamatan. Dokumentasi pemeriksaan dan penggunaan APD selama implementasi metode *Hot Work Control* ditunjukkan pada Gambar 4.46



Gambar 4.46 Pemeriksaan dan Penggunaan APD Sebelum Pekerjaan Replating

Berdasarkan Gambar 4.46, terlihat pekerja melakukan pemeriksaan dan penggunaan APD sebelum melaksanakan pekerjaan replating. Pekerja telah menggunakan perlengkapan keselamatan sesuai dengan aktivitas yang dilakukan, terutama pada pekerjaan pengelasan yang memiliki risiko paparan panas, percikan api, radiasi cahaya las, dan asap hasil pengelasan. Pemeriksaan APD ini menjadi salah satu langkah pengendalian keselamatan

kerja dalam penerapan *hot work control* untuk mengurangi risiko cedera akibat bahaya yang muncul selama proses pekerjaan berlangsung.



Gambar 4.47 Helm Las

Memperlihatkan topeng las dengan lensa perlindungan (auto-darkening) yang sangat esensial untuk mencegah efek bahaya radiasi sinar ultraviolet terhadap mata pekerja.



Gambar 4.48 Kacamata Las

Menampilkan jenis kacamata pelindung goggle atau pelapis redup yang diaplikasikan untuk melindungi retina dari loncatan partikel terak las.



Gambar 4.49 Sarung Tangan

Menunjukkan sarung tangan berbahan kulit tebal panjang, yang wajib digunakan *welder* demi melindungi telapak maupun pergelangan tangan dari hawa panas mesin las.



Gambar 4.50 Lengan Welding

Memperlihatkan kelengkapan lapisan jaket atau tambahan kulit (welding sleeve/chaps) yang membalut lengan untuk mencegah luka bakar di lengan bahu.



Gambar 4.51 Apron

Menggambarkan atribut *apron* bahan dasar kulit (*leather apron*) yang mencegah percikan metal atau baju pekerja terbakar.

Gambar 4.52 Sepatu Safety



Menampilkan model standar safety boot tahan api dan sengatan listrik ringan untuk pijakan yang aman. Gambar 4.47 sampai dengan Gambar 4.52 menunjukkan jenis-jenis APD yang digunakan selama implementasi metode *Hot Work Control*. Penggunaan APD yang lengkap berfungsi melindungi pekerja dari bahaya radiasi panas, percikan logam cair, asap hasil pengelasan, kebisingan, serta potensi sengatan listrik.

Dengan diterapkannya pemeriksaan APD sebelum pekerjaan dimulai, seluruh pekerja dapat melaksanakan proses replating secara lebih aman sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan.

4.6.4 Pemeriksaan Area Kerja

Setelah pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) selesai dilakukan, tahapan berikutnya dalam implementasi metode *Hot Work Control* adalah pemeriksaan kondisi area kerja serta verifikasi dokumen *Hot Work Permit*. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh persyaratan keselamatan kerja telah dipenuhi sebelum pekerjaan pengelasan dimulai sehingga potensi bahaya kebakaran, ledakan, sengatan listrik, maupun paparan gas berbahaya dapat dikendalikan.

Pemeriksaan dilakukan oleh supervisor lapangan bersama petugas Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Verifikasi *Hot Work Permit* meliputi pemeriksaan kelengkapan dokumen izin kerja, persetujuan dari pihak yang berwenang, penunjukan *fire watch*, identifikasi lokasi pekerjaan, durasi pekerjaan, serta kesiapan prosedur tanggap darurat. Hasil pemeriksaan *Hot Work Permit* disajikan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Sistem Izin Kerja Panas (Hot Work Permit)

No.	Item Pemeriksaan	Ada / Tidak	Keterangan
1	Hot Work Permit / Surat Izin Kerja Panas tersedia	ada	Izin sudah di setujui oleh depaterment HSE/K3 sebelum kerja di mulai
2	Permit ditandatangani oleh supervisor/safety officer	ada	Sudah di sahkan oleh supervisor lapangan (pimpro) dan safety officer
3	Identifikasi area kerja tercantum dalam permit	ada	Tertera pekerjaan yang spesifik pada area bottom yang mengarah pada engine room dan pekerjaan outfitting
4	Durasi pekerjaan tercantum	ada	Durasi berlaku sampai berapalama pekerjaan tersebut selesai

No.	Item Pemeriksaan	Ada / Tidak	Keterangan
5	Penanggungjawab kerja tercantum	ada	Formen dan pengawas lapangan tercantum jelas
6	Fire watch / pengawas kebakaran ditugaskan	ada	1 personil stanby di titik area pekerjaan dengan apar dan hydrant siap pakai
7	Prosedur darurat tersedia di area kerja	ada	Selain SOP keadaan darurat dan medis tersedia

Berdasarkan Tabel 4.16 diketahui bahwa seluruh persyaratan administrasi pekerjaan panas telah dipenuhi sebelum pekerjaan dimulai. Dokumen *Hot Work Permit* telah disetujui oleh Departemen HSE/K3, ditandatangani oleh supervisor lapangan, memuat identifikasi lokasi pekerjaan, durasi pelaksanaan, penanggung jawab pekerjaan, penunjukan *fire watch*, serta prosedur tanggap darurat. Hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan pekerjaan telah memenuhi persyaratan administrasi dalam penerapan metode *Hot Work Control*.

Selain pemeriksaan dokumen izin kerja, dilakukan pula pemeriksaan terhadap kondisi area kerja untuk memastikan lingkungan kerja aman digunakan selama proses pengelasan. Pemeriksaan meliputi kondisi ventilasi, kebersihan area dari material mudah terbakar, ketersediaan APAR dan *fire blanket*, fungsi detektor gas, sistem *grounding* mesin las, kondisi kabel pengelasan, penerangan kerja, serta kebersihan area dari genangan air. Hasil pemeriksaan kondisi area kerja disajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Kondisi Area Kerja

No.	Kondisi	Sesuai / Tidak	Catatan
1	Ventilasi area kerja memadai	Sesuai	Pastikan sirkulasi udara lancar, gunakan blower atau exhaust fan terutama jika bekerja di dalam lambung dan bottom kapal atau ruang terbatas (confined space).
2	Tidak ada material mudah terbakar di sekitar area las	Sesuai	Area radius 10-15 meter telah dibersihkan dari ceceran oli, bahan

No.	Kondisi	Sesuai / Tidak	Catatan
			bakar, gas, atau sampah yang mudah terbakar. Siapkan fire blanket jika diperlukan
3	APAR (Alat Pemadam Api Ringan) tersedia dan mudah dijangkau	Sesuai	Minimal 2 tabung (Powder/CO2) diletakkan di dekat akses masuk manhole atau area pengelasan.
4	Detektor gas berfungsi dan terkalibrasi	Sesuai	Sudah dikalibrasi (Sertifikat Gas Free). Wajib dicek sebelum memasuki ruang terbatas (confined space).
5	Sensor suhu / termometer tersedia	Sesuai	Tersedia untuk monitoring suhu area sekitar plat yang dilas guna mencegah overheat.
6	Grounding mesin las terpasang dengan benar	Sesuai	Kabel ground terpasang kuat pada struktur utama kapal (bukan pada pipa/peralatan sensitif).
7	Kabel dan selang las dalam kondisi baik (tidak terkelupas)	Sesuai	Tidak ada sambungan terbuka atau isolasi yang terkelupas. Sudah diperiksa oleh safety officer.
8	Penerangan area kerja cukup	Sesuai	Menggunakan lampu kerja tegangan rendah (biasanya 24V atau 42V) untuk keamanan di dalam tanki/lambung.
9	Area kerja bebas dari genangan air / kelembapan berlebih	Sesuai	Area dikeringkan dan dibersihkan dari sisa lumpur/air laut agar pengelasan sempurna dan mencegah sengatan listrik.

Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui bahwa seluruh kondisi area kerja telah memenuhi persyaratan keselamatan sebelum pekerjaan pengelasan dilaksanakan. Area kerja memiliki ventilasi yang memadai, bebas dari material mudah terbakar, dilengkapi APAR dan *fire blanket*, detektor gas telah dikalibrasi, sistem *grounding* mesin las berfungsi dengan baik, serta penerangan kerja dan kondisi lingkungan telah memenuhi persyaratan keselamatan. Hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa area kerja berada dalam kondisi aman sehingga pekerjaan *hot work* dapat dilaksanakan sesuai prosedur perusahaan.

Setelah pemeriksaan kondisi area kerja dinyatakan memenuhi persyaratan keselamatan, dilakukan pengukuran kondisi atmosfer kerja (gas

test) sebagai bagian dari implementasi metode *Hot Work Control*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa area pekerjaan, khususnya pada ruang terbatas (*confined space*), berada dalam kondisi aman sebelum proses pengelasan dilaksanakan. Parameter yang diperiksa meliputi konsentrasi oksigen (O₂), kadar gas mudah terbakar (*Lower Explosive Limit* / LEL), karbon monoksida (CO), suhu *preheat*, suhu *interpass*, serta kelembapan udara.

Pengukuran dilakukan menggunakan portable multi gas detector dan infrared thermometer oleh petugas Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar keselamatan kerja dan persyaratan pada *Welding Procedure Specification* (WPS). Hasil pemeriksaan kondisi atmosfer kerja disajikan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Data Pengukuran Gas dan Suhu Area Kerja

Parameter	Nilai Terukur	Nilai Standar	Keterangan
Konsentrasi O ₂ (%)	20,9%	> 19,5%	Aman
Konsentrasi LEL / Gas mudah terbakar (%)	0%	< 10% LEL	Aman
Konsentrasi CO (ppm)	0 ppm	< 25 ppm TWA	Aman
Suhu Preheat (°C)	31°C	Sesuai WPS	Aman
Suhu Interpass (°C)	30°C	Sesuai WPS	Aman
Suhu lingkungan / ambient (°C)	-	-	-
Kelembapan relatif (%)	65%	< 85%	Aman

Berdasarkan Tabel 4.18 diketahui bahwa seluruh parameter pengukuran berada dalam batas aman sesuai standar keselamatan kerja. Konsentrasi oksigen sebesar 20,9% menunjukkan bahwa udara di area kerja masih mendukung aktivitas pekerja. Nilai LEL sebesar 0% menunjukkan tidak terdapat akumulasi gas mudah terbakar yang berpotensi menyebabkan ledakan, sedangkan kadar karbon monoksida (CO) sebesar 0 ppm menunjukkan tidak terdapat paparan gas beracun yang membahayakan pekerja.

Selain kondisi atmosfer kerja, suhu *preheat* sebesar 31°C dan suhu *interpass* sebesar 30°C juga telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan pada *Welding Procedure Specification* (WPS). Kelembapan udara sebesar 65% masih berada di bawah batas maksimum yang direkomendasikan sehingga tidak memengaruhi kualitas proses pengelasan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan kerja telah memenuhi persyaratan keselamatan sehingga pekerjaan *hot work* dapat dilaksanakan dengan aman.

Setelah seluruh persyaratan administrasi dan kondisi area kerja dinyatakan memenuhi ketentuan, dilakukan pemeriksaan terhadap fasilitas keselamatan serta peralatan pendukung pekerjaan *hot work*. Pemeriksaan meliputi kesiapan *fire blanket*, APAR, alat pendeteksi gas (*multi gas detector*), serta *infrared thermometer* untuk memastikan seluruh fasilitas keselamatan dapat berfungsi dengan baik selama pekerjaan pengelasan berlangsung. Dokumentasi hasil pemeriksaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.53 sampai dengan Gambar 4.58.



Gambar 4.53 Blanket

Memperlihatkan *fire blanket* telah dipasang di sekitar area pengelasan sebelum pekerjaan dimulai. *Fire blanket* berfungsi sebagai pelindung terhadap percikan api dan logam cair yang dapat memicu kebakaran pada material di sekitar area kerja. Penggunaan *fire blanket* merupakan salah satu tindakan pengendalian risiko kebakaran dalam penerapan metode *Hot Work Control*.



Gambar 4.54 Apar

Menunjukkan unit Alat Pemadam Api Ringan (APAR) telah ditempatkan pada lokasi yang mudah dijangkau oleh pekerja maupun petugas *fire watch*. Ketersediaan APAR bertujuan untuk memberikan respon cepat apabila terjadi kebakaran akibat percikan api selama proses pemotongan maupun pengelasan sehingga potensi penyebaran api dapat segera dikendalikan.



Gambar 4.55 Fire Hydrant

Menunjukkan ketersediaan instalasi titik hidran besar yang bersiaga pada radius area galangan sebagai langkah mitigasi pemadam darurat jika api menyebar.



Gambar 4.56 Alat Detector Suhu

menunjukkan penggunaan infrared thermometer untuk mengukur suhu *preheat* dan *interpass* selama proses pengelasan. Pengukuran suhu dilakukan untuk memastikan temperatur material tetap berada dalam rentang yang ditetapkan pada *Welding Procedure Specification* (WPS), sehingga dapat meminimalkan terjadinya cacat pengelasan akibat suhu yang tidak sesuai..



Gambar 4.57 Alat Detector Gas LD 200 Heated

Memperlihatkan penggunaan portable multi gas detector oleh petugas K3 sebelum pekerjaan pengelasan dimulai. Alat ini digunakan untuk mengukur konsentrasi oksigen, gas mudah terbakar (*Lower Explosive Limit*), dan karbon monoksida pada area kerja, khususnya di ruang terbatas (*confined space*).

Pemeriksaan gas merupakan salah satu tahapan penting dalam implementasi metode *Hot Work Control* untuk memastikan kondisi atmosfer kerja aman dan memenuhi persyaratan sebelum pekerjaan panas dilaksanakan..



Gambar 4.58 Pemeriksaan Kondisi Area Kerja Sebelum Proses Hot Work

Berdasarkan Gambar 4.58 terlihat bahwa supervisor lapangan bersama petugas K3 melakukan pemeriksaan terhadap kesiapan area kerja sebelum proses pengelasan dimulai. Pemeriksaan meliputi pengecekan ketersediaan APAR, pemasangan *fire blanket* pada area yang berpotensi terkena percikan api, pemeriksaan ventilasi kerja, kondisi mesin las beserta sistem *grounding*, serta kebersihan area dari material yang mudah terbakar. Tahapan ini merupakan bagian penting dari implementasi metode *Hot Work Control* karena bertujuan memastikan seluruh potensi bahaya telah dikendalikan sebelum pekerjaan panas dilaksanakan. Dengan dilaksanakannya pemeriksaan area kerja secara menyeluruh, proses replating dapat berlangsung dengan lebih aman, terkendali, serta mendukung tercapainya kualitas hasil pengelasan sesuai standar yang telah ditetapkan.

4.6.5 Permit Approval

Sebelum pekerjaan replating dan aktivitas *hot work* dimulai, dilakukan pemeriksaan dan persetujuan *Hot Work Permit* oleh pihak HSE (*Health, Safety, and Environment*). Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan

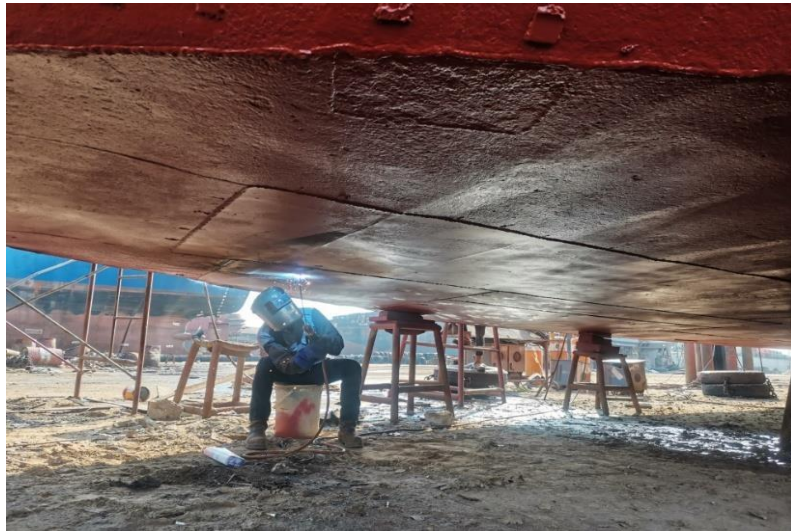
pekerjaan telah memenuhi persyaratan keselamatan kerja sebelum proses pemotongan dan pengelasan dilaksanakan.

Berdasarkan hasil observasi di lapangan, *Hot Work Permit* telah diperiksa dan disetujui oleh pihak HSE sebelum pekerjaan dimulai. Persetujuan permit dilakukan setelah memastikan kesiapan area kerja, kelengkapan peralatan keselamatan, serta pengendalian terhadap potensi bahaya selama proses hot work berlangsung. Hal ini menjadi salah satu bentuk penerapan pengendalian pekerjaan panas (*hot work control*) untuk memastikan pekerjaan berjalan secara aman dan sesuai prosedur keselamatan yang berlaku.

4.6.6 Pelaksanaan Pengelasan

Setelah seluruh tahapan persiapan dan pengendalian keselamatan dilakukan, proses pengelasan pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 dilaksanakan sesuai dengan area pekerjaan yang telah ditentukan. Proses pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan memperhatikan parameter pengelasan yang telah ditetapkan, seperti arus pengelasan, jenis elektroda, posisi pengelasan, serta urutan pengerjaan.

Pada tahap ini, penerapan metode hot work control mulai diterapkan selama proses pengelasan berlangsung. Pekerja melakukan pengelasan dengan menggunakan APD lengkap, area kerja telah dipastikan aman, serta pengawasan terhadap potensi bahaya seperti percikan api, panas hasil pengelasan, dan asap las tetap dilakukan. Selain itu, keberadaan fire watch dan kesiapan peralatan keselamatan tetap diperhatikan selama aktivitas pengelasan berlangsung.



Gambar 4.59 Proses Pelaksanaan Pengelasan pada Pekerjaan Replating Kapal

Berdasarkan Gambar 4.59, terlihat proses pengelasan pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 menggunakan metode SMAW. Welder melakukan penyambungan pelat sesuai dengan prosedur kerja yang telah ditentukan dengan memperhatikan posisi pengelasan dan penggunaan APD keselamatan. Penerapan metode *hot work control* pada tahap ini terlihat dari kesiapan area kerja, penggunaan perlengkapan keselamatan, serta pengendalian terhadap sumber bahaya yang dapat muncul selama proses pengelasan. Dengan adanya pengendalian tersebut, proses pengelasan dapat berlangsung lebih aman dan membantu menjaga kualitas sambungan las yang dihasilkan.

4.6.7 Pengawasan

Selama pelaksanaan pekerjaan replating dan aktivitas *hot work* berlangsung, dilakukan pengawasan terhadap penerapan keselamatan kerja untuk memastikan seluruh prosedur yang telah ditetapkan dapat berjalan dengan baik. Pengawasan dilakukan oleh pihak terkait di lapangan dengan memperhatikan kepatuhan pekerja terhadap prosedur kerja, penggunaan APD, kesiapan peralatan, serta penerapan pengendalian bahaya selama proses pengelasan.

Sebagai bagian dari kegiatan pengawasan, dilakukan evaluasi terhadap setiap tahapan implementasi *Hot Work Control* menggunakan checklist untuk memastikan seluruh prosedur telah diterapkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Tabel 4.19 Checklist Implementasi Hot Work Control

No	Tahapan Implementasi	Status	Keterangan
1	Persiapan pekerjaan	Ok	Area kerja dibersihkan dan peralatan dipersiapkan sebelum pekerjaan dimulai.
2	Toolbox meeting	Ok	Briefing keselamatan dilaksanakan sebelum pekerjaan dimulai.
3	Pemeriksaan APD	Ok	Seluruh pekerja menggunakan APD sesuai jenis pekerjaan.
4	Pemeriksaan area	Ok	APAR, fire blanket, ventilasi, dan grounding telah diperiksa.
5	Permit Approval	Ok	Hot Work Permit telah diperiksa dan disetujui oleh HSE.
6	Pelaksanaan kegiatan	Ok	Pengelasan dilaksanakan sesuai prosedur dan parameter kerja.
7	Pengawasan	Ok	Pengawas melakukan pemantauan selama pekerjaan berlangsung.
8	Dokumentasi	Ok	Seluruh tahapan pekerjaan didokumentasikan sebagai bukti implementasi.

Berdasarkan Tabel 4.19, seluruh tahapan implementasi *Hot Work Control* telah dilaksanakan selama proses replating kapal TB SPGM 1307. Hasil checklist menunjukkan bahwa setiap tahapan, mulai dari persiapan pekerjaan hingga dokumentasi akhir, telah diterapkan sesuai dengan prosedur keselamatan yang berlaku di PT Harapan Teknik Shipyard. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi metode telah dilaksanakan secara menyeluruh sebelum dilakukan evaluasi terhadap aspek keselamatan kerja.

Berdasarkan hasil observasi di PT Harapan Teknik Shipyard, penerapan keselamatan kerja telah didukung dengan beberapa aspek pengendalian, seperti pelaksanaan *safety induction* sebelum pekerjaan dimulai, ketersediaan *Job Safety Analysis* (JSA) dan HIRA, pelaksanaan *toolbox meeting*, penggunaan tenaga welder yang memiliki sertifikasi, serta penyediaan fasilitas keselamatan seperti jalur evakuasi dan kotak P3K. Hasil evaluasi penerapan keselamatan kerja selama proses replating kapal TB SPGM 1307 dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Evaluasi Keselamatan Kerja Tambahan

No.	Item Keselamatan	Ada / Sesuai?	Keterangan
1	Safety induction dilakukan sebelum pekerjaan	ada	Dilakukan kepada seluruh Vendor, pengawas lapangan, dan crew kapal.
2	JSA (Job Safety Analysis) atau HIRA tersedia	Ada	-
3	SOP pengelasan / replating tersedia tertulis	Ada	Mengacu pada SOP repair pada galangan PT HTS.
4	Briefing keselamatan pagi (toolbox meeting)	Ada	Dilakukan pukul 08:00 sebelum memulai pekerjaan.
5	Welder memiliki sertifikasi (BNSP/BKI/dll)	Ada	Sertifikat 4G Aktif inisial (MA).
6	Catatan insiden / near miss tersedia	Ada	Logbook tersedia di kantor lapangan.
7	Jalur evakuasi darurat jelas dan tidak terhalang	Ada	Rambu evakuasi terpasang dan jalur bebas hambatan.

No.	Item Keselamatan	Ada / Sesuai?	Keterangan
8	Kotak P3K tersedia di area kerja	Ada	Tipe B, isi lengkap sesuai regulasi.
9	Prosedur penanganan kebocoran gas tersedia	Ada	SOP kebocoran gas argon/asetilin terpasang
10	Pengecekan rutin alat las dilakukan	ada	Kabel dan stang las dalam kondisi baik (tidak terkelupas).

Berdasarkan Tabel 4.20 dapat diketahui bahwa penerapan keselamatan kerja pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 telah berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan tersedianya prosedur keselamatan, pelaksanaan briefing keselamatan sebelum bekerja, penerapan JSA dan HIRA, serta penggunaan tenaga kerja yang memiliki kualifikasi sesuai pekerjaan. Selain itu, fasilitas pendukung keselamatan seperti jalur evakuasi, kotak P3K, dan pemeriksaan peralatan las juga telah diterapkan sebagai bagian dari pengawasan pekerjaan hot work.

Hasil evaluasi tersebut menunjukkan bahwa pengawasan keselamatan kerja menjadi salah satu faktor penting dalam penerapan metode *Hot Work Control* untuk menjaga keamanan pekerja serta mendukung keberhasilan proses pengelasan pada pekerjaan replating.

4.6.8 Dokumentasi

Tahap dokumentasi dilakukan setelah seluruh rangkaian pekerjaan replating selesai dilaksanakan, mulai dari persiapan pekerjaan, penerapan pengendalian keselamatan (*hot work control*), proses pengelasan, pengawasan, hingga pekerjaan finishing. Dokumentasi ini bertujuan untuk menunjukkan kondisi akhir hasil reparasi sebagai bukti bahwa seluruh tahapan pekerjaan telah diselesaikan sesuai dengan prosedur yang berlaku.

Dokumentasi hasil pekerjaan meliputi perbaikan pelat lambung, pergantian komponen outfitting, pemasangan perlengkapan kapal, serta

pelaksanaan pelapisan akhir (*coating*) pada area yang telah direparasi. Seluruh dokumentasi tersebut menunjukkan bahwa metode *Hot Work Control* telah diterapkan selama proses pekerjaan berlangsung hingga pekerjaan dinyatakan selesai.



Gambar 4.60 Hasil Pekerjaan Repair Pelat Bottom

Mendokumentasikan hasil pengelasan pada pelat sisipan bawah yang telah dibersihkan kerak spatter-nya dan disiapkan menuju ke proses pengecatan utama.



Gambar 4.61 Hasil Pekerjaan Pergantian List Pintu

Memperlihatkan visual dari keberhasilan reparasi engsel dan penggantian bingkai list baja pintu kedap cuaca.



Gambar 4.62 Hasil Pekerjaan Pergantian Togel Hatch Cover Stearing Room

Menunjukkan perakitan sistem engsel pengunci pintu putar mekanik yang baru selesai dilas secara struktural pada hatch cover ruang *steering*.



Gambar 4.63 Hasil Pekerjaan Repair Panggung Twin Bolder
Menampilkan pelat penyangga berlubang (*grating board*) untuk platform pijakan Twin Bolder yang telah disatukan dan kokoh terpasang.



Gambar 4.64 Hasil Pekerjaan Repair Tanduk Safety Towwing

Menunjukkan kondisi kelancaran struktural pada pilar tanduk towing yang telah direparasi dengan pelat penguat yang dilas vertikal padanya.



Gambar 4.65 Hasil Pekerjaan Dudukan Lifebuoy

Memperlihatkan rak konstruksi kawat dudukan tempat bersandar *lifebuoy* (pelampung darurat) yang dilas kuat ke dinding atas.



Gambar 4.66 Hasil Pekerjaan Pemasangan Anti Karat Baru

Mendokumentasikan profil badan lambung secara melintang di mana *zinc anode* berbaris telah dilas ke dasar kapal yang disusul dengan pengecatan dasar primer berwarna merah marun (*anti-fouling*).



Gambar 4.67 Hasil Pekerjaan Pemasangan Ban Dapra Baru
Tampak Belakang

Menampilkan kondisi *finishing* secara utuh pada lambung dari sudut belakang buritan di mana deretan ban dapra tebal telah direkatkan dengan rantai untuk meredam benturan.



Gambar 4.68 hasil pekerjaan pemasangan ban dapra baru tampak depan

Menunjukkan visual paripurna di bagian haluan kapal yang telah dilabur *coating* mengkilap dengan nomor sarat air kapal, tali, rantai jangkar, beserta barisan ban dapra yang kokoh terinstal.

Rangkaian dokumentasi foto pada tahapan penyelesaian (*finishing*) merekam kondisi pascareparasi di mana seluruh pelat *replating* dan *outfitting* telah selesai dikerjakan. Foto-foto ini menunjukkan tampilan fisik lambung,udukan, pintu palka, hingga ban dapra baru yang sudah rapi dan dilapisi cat dasar maupun antikarat, menandakan bahwa operasional kapal secara struktural siap untuk diuji pelayaran.

4.7 Analisis Kualitas Las Setelah Implementasi Hot Work Control

Setelah seluruh tahapan penerapan metode *Hot Work Control* pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 selesai dilaksanakan, dilakukan pemeriksaan terhadap kondisi permukaan sambungan las menggunakan *Visual Testing* (VT) dan *Dye Penetrant Testing* (PT). Pemeriksaan dilakukan untuk mengidentifikasi indikasi cacat permukaan dan membandingkan kondisi sambungan las dengan kondisi sebelum penerapan metode.

Pemeriksaan VT digunakan untuk mengamati kondisi permukaan sambungan secara visual, sedangkan PT digunakan untuk mendeteksi indikasi cacat yang terbuka pada permukaan yang tidak selalu dapat terlihat secara langsung melalui pemeriksaan visual. Kedua metode tersebut digunakan sesuai dengan prosedur pemeriksaan dan *acceptance criteria* yang berlaku pada pekerjaan.

Dalam penelitian ini, hasil pemeriksaan VT dan PT digunakan untuk menilai kondisi permukaan sambungan las, bukan untuk menyimpulkan kekuatan mekanik maupun kondisi internal sambungan secara keseluruhan. Hal tersebut disebabkan pemeriksaan yang dilakukan dalam penelitian dibatasi pada VT dan PT serta tidak mencakup pengujian sifat mekanik maupun pengujian volumetrik seperti Ultrasonic Testing (UT) dan Radiographic Testing (RT).

Perbandingan dilakukan antara kondisi sebelum dan setelah penerapan *Hot Work Control*. Data sebelum implementasi diperoleh dari hasil pemeriksaan VT pada Subbab 4.4, sedangkan data setelah implementasi diperoleh dari hasil pemeriksaan VT dan PT setelah seluruh tahapan *Hot Work Control* diterapkan

Tabel 4.21 Perbandingan Kualitas Las Sebelum dan Setelah Implementasi Metode *Hot Work Control*

No	Parameter	Sebelum implementasi	Setelah implementasi
1	Porosity	Ditemukan 2 temuan (16,67%) sehingga dilakukan <i>repair welding</i> .	Tidak ditemukan indikasi porosity yang melebihi batas penerimaan berdasarkan hasil VT dan PT.

2	Undercut	Ditemukan 3 temuan (25,00%) dan menjadi cacat yang paling dominan.	Tidak ditemukan undercut yang melebihi batas toleransi inspeksi.
3	Overlap	Ditemukan 1 temuan (8,33%) dan dilakukan <i>grinding</i> serta <i>repair welding</i> .	Tidak ditemukan overlap setelah proses perbaikan dan inspeksi akhir.
4	Incomplete Fusion	Ditemukan 1 temuan (8,33%) sehingga dilakukan <i>repair welding</i> .	Tidak ditemukan indikasi <i>incomplete fusion</i> pada hasil inspeksi akhir.
5	Incomplete Penetration	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan
6	Hot Crack	Ditemukan 2 temuan (16,67%) dan dilakukan <i>repair welding</i> .	Tidak ditemukan retak yang melebihi batas penerimaan.
7	Cold crack	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan
8	Slag Inclusion	Ditemukan 3 temuan (25,00%) dan dilakukan pembersihan serta <i>repair welding</i> .	Tidak ditemukan <i>slag inclusion</i> yang melebihi batas penerimaan.
9	Distorsi	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan
10	Repair welding	Dilakukan pada beberapa area yang mengalami cacat hasil pengelasan.	Seluruh area telah selesai diperbaiki sebelum inspeksi akhir sehingga tidak diperlukan <i>repair welding</i> lanjutan.

11	Hasil Akhir Inspeksi	Sambungan las belum memenuhi kondisi akhir karena masih memerlukan perbaikan.	Sambungan las dinyatakan acceptable berdasarkan hasil Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT).
----	----------------------	---	---

Berdasarkan Tabel 4.21, terdapat perubahan kondisi permukaan sambungan las antara sebelum dan setelah penerapan *Hot Work Control*. Sebelum penerapan, pemeriksaan awal menunjukkan adanya beberapa indikasi cacat, yaitu *porosity*, *undercut*, *overlap*, *incomplete fusion*, *hot crack*, dan *slag inclusion*. Beberapa indikasi tersebut memerlukan tindakan perbaikan berupa *grinding*, pembersihan, dan *repair welding*.

Berdasarkan hasil pemeriksaan VT dan PT setelah penerapan metode Hot Work Control, tidak ditemukan indikasi cacat permukaan yang melebihi acceptance criteria pada sambungan yang diperiksa. Hasil VT menunjukkan bahwa kondisi permukaan sambungan memenuhi kriteria pemeriksaan visual, sedangkan hasil PT menunjukkan bahwa 25 sambungan berada dalam kategori acceptable dan tidak terdapat sambungan yang reject.

Jika dibandingkan dengan kondisi sebelum implementasi, terjadi perubahan pada jumlah dan jenis indikasi cacat yang ditemukan. Sebelum implementasi masih terdapat *porosity*, *overlap*, *incomplete fusion*, *hot crack*, dan *slag inclusion* yang memerlukan tindakan perbaikan. Setelah perbaikan dan penerapan Hot Work Control, indikasi cacat tersebut tidak ditemukan dalam kondisi yang melebihi acceptance criteria pada pemeriksaan akhir.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan Hot Work Control pada objek penelitian berjalan bersama dengan pengendalian proses pengelasan dan pemeriksaan akhir yang lebih terstruktur. Pengendalian area kerja, kebersihan, temperatur, parameter pengelasan, dan pelaksanaan pekerjaan

sesuai WPS merupakan bagian dari proses yang mendukung tercapainya kondisi permukaan sambungan yang memenuhi kriteria pemeriksaan.

Namun, hasil penelitian ini hanya menunjukkan kondisi permukaan sambungan berdasarkan VT dan PT. Oleh karena itu, hasil tersebut tidak dapat digunakan untuk menyatakan bahwa seluruh sifat mekanik sambungan telah memenuhi persyaratan. Tidak adanya indikasi cacat permukaan yang melebihi acceptance criteria juga tidak secara langsung membuktikan nilai kekuatan tarik, kekuatan tekuk, ketangguhan, kekerasan, atau kondisi internal sambungan.

Dengan demikian, istilah “kualitas sambungan las” dalam penelitian ini harus dipahami secara terbatas sebagai kualitas atau kondisi permukaan sambungan berdasarkan hasil pemeriksaan VT dan PT, bukan sebagai penilaian menyeluruh terhadap seluruh karakteristik mekanik sambungan.

4.7.1 Porosity

Pada kondisi sebelum implementasi ditemukan dua temuan porosity yang memerlukan tindakan repair welding. Setelah penerapan Hot Work Control, tidak ditemukan indikasi porosity yang melebihi acceptance criteria berdasarkan hasil VT dan PT.

Secara teoritis, porosity berkaitan dengan kondisi proses pengelasan dan dapat dipengaruhi oleh kebersihan serta kondisi permukaan material dan lingkungan kerja. Oleh karena itu, penerapan housekeeping, pemeriksaan kondisi area, serta pengendalian proses pengelasan menjadi bagian penting untuk mengurangi potensi terbentuknya porosity. Dalam penelitian ini, perubahan tersebut terlihat dari tidak ditemukannya porosity yang melebihi batas penerimaan pada pemeriksaan akhir.

4.7.2 Overlap dan Incomplete Fusion

Sebelum implementasi ditemukan satu temuan overlap dan satu temuan incomplete fusion yang memerlukan tindakan perbaikan. Setelah

implementasi, kedua jenis cacat tersebut tidak ditemukan pada hasil pemeriksaan akhir

Secara teoritis, incomplete fusion berkaitan dengan tidak sempurnanya penyatuan logam las dengan logam induk atau lapisan sebelumnya, sehingga pengendalian parameter pengelasan, teknik pengelasan, dan kondisi sambungan menjadi penting. Dalam penelitian ini, penerapan WPS secara lebih terstruktur dan pengendalian kondisi kerja mendukung pelaksanaan proses pengelasan yang lebih konsisten.

Pada overlap, hasil awal menunjukkan perlunya grinding dan repair welding. Setelah implementasi tidak ditemukan overlap yang melebihi batas penerimaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian proses dan pemeriksaan hasil secara bertahap dapat membantu mencegah terulangnya ketidaksesuaian pada hasil akhir.

4.8 Analisis Keselamatan Kerja

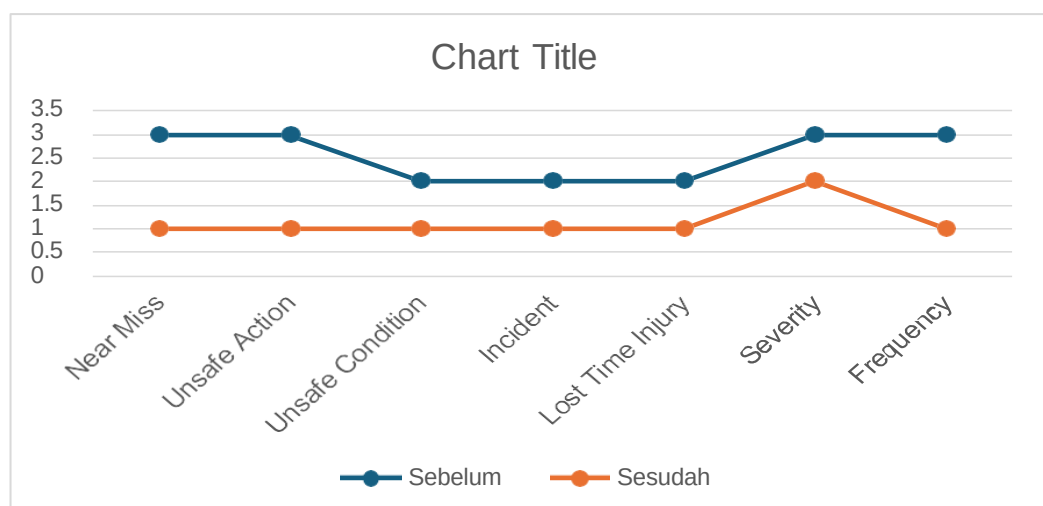
Analisis keselamatan kerja dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan metode *Hot Work Control* dalam menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja pada proses replating kapal TB SPGM 1307 di PT Harapan Teknik Shipyard. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan setelah implementasi metode berdasarkan hasil identifikasi bahaya (HIRA), observasi lapangan, serta evaluasi penerapan pengendalian keselamatan kerja. Parameter yang dianalisis meliputi *near miss*, *unsafe action*, *unsafe condition*, *incident*, *lost time injury (LTI)*, *severity*, dan *frequency*. Hasil perbandingan tingkat risiko keselamatan kerja disajikan pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Perbandingan Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum dan Setelah Implementasi Hot Work Control

No	Parameter	Sebelum Implementasi	Sesudah Implementasi	Keterangan
1	Near Miss	Tinggi	Rendah	Potensi kejadian hampir celaka berkurang setelah pengendalian diterapkan.
2	Unsafe Action	Tinggi	Rendah	Kepatuhan pekerja terhadap SOP dan penggunaan APD meningkat.
3	Unsafe Condition	Sedang	Rendah	Area kerja lebih aman melalui pemeriksaan APAR, fire blanket,
				ventilasi, dan housekeeping.
4	Incident	Sedang	Rendah	Tidak ditemukan insiden kerja selama implementasi berlangsung.
5	Lost Time Injury (LTI)	Sedang	Rendah	Tidak terjadi cedera yang menyebabkan kehilangan waktu kerja.

6	Severity	Tinggi	Sedang	Dampak potensi bahaya berkurang karena pengendalian diterapkan.
7	Frequency	Tinggi	Rendah	Frekuensi paparan bahaya menurun melalui pengawasan dan penerapan prosedur kerja.

Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel 4.22, dilakukan visualisasi tingkat risiko keselamatan kerja dalam bentuk grafik untuk mempermudah analisis perubahan tingkat risiko sebelum dan setelah implementasi metode *Hot Work Control*. Grafik ini menggambarkan perubahan pada setiap parameter keselamatan kerja yang meliputi *near miss*, *unsafe action*, *unsafe condition*, *incident*, *lost time injury (LTI)*, *severity*, dan *frequency*.



Gambar 4.69 Grafik Penurunan Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Sebelum dan Setelah Implementasi Hot Work Control

Berdasarkan Gambar 4.69 terlihat bahwa Hasil evaluasi keselamatan kerja menunjukkan adanya perubahan kondisi risiko setelah penerapan Hot Work Control. Perubahan tersebut tidak hanya terlihat pada kategori risiko, tetapi juga pada kepatuhan terhadap prosedur kerja dan pengendalian potensi bahaya di area replating.

Secara teoritis, pekerjaan pengelasan dan pemotongan merupakan aktivitas hot work yang memiliki potensi bahaya berupa kebakaran, paparan asap dan gas, sengatan listrik, serta bahaya lain yang berkaitan dengan kondisi area kerja. Oleh karena itu, pengendalian harus dilakukan sebelum pekerjaan dimulai, selama pekerjaan berlangsung, dan setelah pekerjaan selesai.

perubahan kondisi keselamatan didukung oleh penerapan beberapa komponen Hot Work Control, yaitu Hot Work Permit, toolbox meeting, pemeriksaan APD, pemeriksaan kondisi area, gas test, fire watch, APAR, fire blanket, grounding, dan monitoring temperatur. Penerapan komponen tersebut membuat proses kerja menjadi lebih terstruktur karena pekerja tidak hanya melakukan pengelasan, tetapi juga melalui tahapan pemeriksaan dan pengendalian sebelum pekerjaan dimulai.

Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Fairussihan dan Setiono (2023) yang menunjukkan bahwa pekerjaan pengelasan dan pemotongan pada reparasi kapal termasuk aktivitas berisiko tinggi sehingga membutuhkan pengendalian administratif dan teknis. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa identifikasi bahaya perlu diikuti dengan tindakan pengendalian yang nyata agar risiko dapat ditekan.

Selain itu, kajian terdahulu dalam penelitian ini juga menunjukkan pentingnya sistem izin kerja dan pengawasan dalam pekerjaan berisiko tinggi. Hal tersebut sejalan dengan penerapan Hot Work Permit dan fire watch dalam penelitian ini. Dengan demikian, penurunan tingkat risiko pada objek penelitian dapat dijelaskan melalui peningkatan pengendalian terhadap sumber bahaya dan kepatuhan terhadap prosedur kerja. Berdasarkan hasil tersebut, penerapan Hot Work Control pada penelitian ini

dapat dipandang sebagai sistem pengendalian yang mengintegrasikan aspek keselamatan dan kualitas pekerjaan, bukan hanya sebagai dokumen izin kerja panas..

4.9 Evaluasi Perbandingan Kondisi Sebelum dan Setelah Penerapan Metode Hot Work Control

Evaluasi pada penelitian ini dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kondisi sebelum dan setelah penerapan metode Hot Work Control pada proses replating kapal TB SPGM 1307. Perbandingan dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan kondisi permukaan sambungan las, kondisi keselamatan kerja, penerapan prosedur Hot Work Control, serta indikator pendukung proses pekerjaan.

Tabel 4.23 Perbandingan Kondisi Sebelum dan Setelah Penerapan Metode Hot Work Control

No	Indikator	Sebelum Implementasi	Setelah Implementasi	Evaluasi
1	Kualitas Las	Masih ditemukan beberapa cacat las sehingga diperlukan <i>repair welding</i>	Kualitas sambungan las memenuhi hasil VT dan PT dengan kategori <i>acceptable</i>	Efektif
2	Keselamatan kerja	Tingkat risiko keselamatan masih berada pada kategori sedang hingga tinggi	Tingkat risiko menurun menjadi rendah setelah penerapan <i>Hot Work Control</i>	Efektif

3	Produktivitas	Aktivitas pekerjaan berpotensi mengalami hambatan akibat perbaikan ulang (<i>rework</i>)	Proses pekerjaan berlangsung lebih lancar karena pengendalian kerja lebih baik	Efektif
4	Efisiensi	Pengawasan dan pengendalian pekerjaan belum terstruktur	Produser kerja menjadi lebih sistematis melalui <i>checklist</i> , <i>toolbox</i> , dan <i>Hot Work Permit</i>	Efektif
5	Biaya	Berpotensi terjadi tambahan biaya akibat <i>repair welding</i> dan potensi kecelakaan kerja	Potensi biaya tambahan dapat ditekan melalui pencegahan cacat las dan kecelakaan	Efektif
			kerja	
6	Waktu	Potensi keterlambatan akibat perbaikan hasil las dan gangguan keselamatan kerja	Waktu pelaksanaan lebih terkendali karena proses kerja berjalan sesuai prosedur	Efektif

Berdasarkan Tabel 4.23, perbandingan kondisi sebelum dan setelah implementasi, metode Hot Work Control menunjukkan hasil yang lebih baik pada indikator kualitas las dan keselamatan kerja yang diamati dalam penelitian ini. Penilaian efektivitas dilakukan secara deskriptif dengan melihat perubahan hasil inspeksi, kondisi keselamatan, serta kebutuhan *repair welding* sebelum dan setelah penerapan metode.

Pada aspek kualitas las, sebelum implementasi masih ditemukan beberapa jenis cacat seperti porosity, overlap, incomplete fusion, hot crack, dan slag inclusion. Beberapa temuan tersebut memerlukan repair welding sebelum sambungan dapat dinyatakan memenuhi persyaratan. Setelah implementasi, hasil VT dan PT menunjukkan sambungan berada pada kategori acceptable dan tidak diperlukan repair welding lanjutan.

Pada aspek keselamatan, penerapan Hot Work Control menghasilkan proses kerja yang lebih terstruktur melalui pemeriksaan area, Hot Work Permit, toolbox meeting, APD, fire watch, gas test, dan monitoring temperatur. Kondisi tersebut mendukung pengendalian bahaya sebelum pekerjaan dimulai dan selama proses hot work berlangsung.

Jika dibandingkan dengan teori, hasil penelitian sesuai dengan konsep bahwa kualitas pengelasan dipengaruhi oleh manusia, material, metode, mesin, dan lingkungan. Hot Work Control dalam penelitian ini tidak mengubah proses pengelasan SMAW, tetapi memperkuat pengendalian terhadap kondisi yang mendukung proses tersebut. Dengan demikian, metode yang diterapkan berfungsi sebagai sistem pengendalian yang mengintegrasikan kesiapan keselamatan kerja dengan pengendalian proses pengelasan. Hasil penelitian juga sejalan dengan penelitian terdahulu mengenai keselamatan kerja pada reparasi kapal yang menunjukkan bahwa pekerjaan pengelasan dan pemotongan memerlukan pengendalian administratif dan teknis. Perbedaannya, penelitian ini mengintegrasikan pengendalian pekerjaan panas dengan evaluasi kualitas sambungan las menggunakan VT dan PT.

Evaluasi tersebut tidak dimaksudkan untuk membuktikan hubungan sebab-akibat secara statistik, tetapi untuk menggambarkan perubahan kondisi yang diamati setelah metode Hot Work Control diterapkan. Oleh karena itu, istilah peningkatan dalam penelitian ini digunakan untuk menunjukkan perubahan hasil pengamatan antara kondisi sebelum dan setelah penerapan metode.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengembangan metode replating kapal berbasis *Hot Work Control* untuk meningkatkan kualitas las dan keselamatan pekerja di PT Harapan Teknik Shipyard, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai:

1. Kondisi penerapan Hot Work Control pada proses replating sebelum dilakukan perbaikan menunjukkan bahwa beberapa aspek pengendalian pekerjaan belum terlaksana secara optimal. Hal tersebut terlihat dari penerapan Hot Work Permit sebesar 70%, penggunaan APD sebesar 78%, fire watch sebesar 65%, gas test sebesar 60%, dan toolbox meeting sebesar 55%. Kondisi tersebut menjadi dasar untuk menyusun metode pengendalian yang mencakup pemeriksaan area kerja, Hot Work Permit, toolbox meeting, pemeriksaan APD, gas test, fire watch, pemeriksaan peralatan, serta pengendalian temperatur dan kondisi lingkungan kerja.
2. Hasil identifikasi bahaya menunjukkan bahwa sebelum penerapan Hot Work Control terdapat 20 aktivitas pekerjaan dengan tingkat risiko terdiri atas 8 aktivitas kategori tinggi, 9 aktivitas kategori sedang, dan 3 aktivitas kategori rendah. Setelah penerapan metode, kategori risiko berubah menjadi 2 aktivitas risiko tinggi, 5 aktivitas risiko sedang, dan 13 aktivitas risiko rendah. Perubahan tersebut menunjukkan penurunan tingkat risiko pada aktivitas yang diamati melalui penerapan pengendalian administratif dan teknis pada pekerjaan hot work.
3. Berdasarkan pemeriksaan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT), kondisi permukaan sambungan las menunjukkan peningkatan setelah penerapan metode. Sebelum implementasi masih ditemukan beberapa indikasi cacat, antara lain porosity, overlap/cold lap, incomplete fusion, hot crack, dan slag inclusion yang memerlukan tindakan perbaikan. Setelah penerapan metode dan dilakukan

pemeriksaan akhir, hasil VT menunjukkan sambungan yang diperiksa memenuhi acceptance criteria, sedangkan pemeriksaan PT terhadap 25 sambungan menunjukkan 25 sambungan acceptable dan 0 sambungan reject. Hasil ini hanya menunjukkan kondisi permukaan sambungan berdasarkan VT dan PT dan tidak digunakan untuk menyimpulkan kekuatan mekanik atau kondisi internal sambungan secara keseluruhan.

4. Berdasarkan perbandingan kondisi sebelum dan setelah penerapan, indikator keselamatan kerja menunjukkan peningkatan. Unsafe action menurun dari 15 menjadi 4 kejadian, unsafe condition menurun dari 12 menjadi 3 kejadian, near miss menurun dari 6 menjadi 1 kejadian, dan Lost Time Injury (LTI) menurun dari 1 menjadi 0 kejadian. Perubahan tersebut menunjukkan adanya perbaikan kondisi keselamatan kerja berdasarkan indikator yang diamati selama pelaksanaan penelitian.
5. Metode replating berbasis Hot Work Control yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan kontribusi berupa pengintegrasian pengendalian keselamatan kerja dengan pengendalian proses pengelasan dan pemeriksaan hasil sambungan. Metode tersebut tidak hanya menempatkan Hot Work Permit sebagai persyaratan administratif, tetapi menggabungkannya dengan identifikasi bahaya, toolbox meeting, pemeriksaan APD, pemeriksaan area kerja, gas test, fire watch, pengendalian temperatur, pelaksanaan pengelasan sesuai WPS, serta pemeriksaan VT dan PT. Dengan demikian, metode yang dikembangkan dapat digunakan sebagai acuan pengendalian pekerjaan replating berbasis hot work pada objek penelitian untuk mendukung peningkatan kondisi keselamatan kerja dan kondisi permukaan sambungan las.
6. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pada beberapa indikator yang diamati setelah penerapan metode Hot Work Control, baik pada aspek keselamatan kerja maupun kondisi permukaan sambungan las berdasarkan VT dan PT. Hasil tersebut merupakan hasil perbandingan deskriptif pada pekerjaan replating kapal TB SPGM 1307 dan tidak dimaksudkan sebagai pembuktian hubungan

sebab-akibat secara statistik atau sebagai generalisasi untuk seluruh galangan, jenis kapal, dan metode pengelasan

5.2. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian, yaitu:

1. Keterbatasan objek penelitian.

Penelitian hanya dilakukan pada satu galangan kapal, yaitu PT Harapan Teknik Shipyard. Oleh karena itu, kondisi prosedur kerja, fasilitas, tenaga kerja, sistem keselamatan, dan karakteristik lingkungan kerja yang diamati merupakan kondisi spesifik pada galangan tersebut.

2. Keterbatasan objek kapal

Penelitian difokuskan pada pekerjaan replating satu kapal, yaitu TB SPGM 1307. Seluruh data observasi, penerapan Hot Work Control, serta hasil pemeriksaan sambungan las diperoleh dari pekerjaan replating pada kapal tersebut. Oleh karena itu, hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh jenis kapal atau pekerjaan reparasi kapal yang memiliki karakteristik berbeda

3. Keterbatasan metode pengelasan.

Penelitian hanya mengkaji proses pengelasan menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Dengan demikian, hasil penelitian terutama menggambarkan penerapan Hot Work Control pada pekerjaan replating dengan proses SMAW dan belum membandingkannya dengan metode pengelasan lain seperti Gas Metal Arc Welding (GMAW), Flux Cored Arc Welding (FCAW), atau Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).

4. Keterbatasan pemeriksaan kualitas sambungan las.

Evaluasi kondisi sambungan las dalam penelitian ini dibatasi pada pemeriksaan Visual Testing (VT) dan Dye Penetrant Testing (PT). VT digunakan untuk mengevaluasi kondisi permukaan yang dapat diamati secara visual, sedangkan PT digunakan untuk

mendeteksi indikasi cacat yang terbuka pada permukaan.

5. **Keterbatasan penilaian sifat mekanik dan kondisi internal sambungan.**

Penelitian tidak melakukan pengujian sifat mekanik seperti tensile test, bend test, hardness test, atau impact test serta tidak melakukan pengujian volumetrik seperti Ultrasonic Testing (UT) dan Radiographic Testing (RT). Oleh karena itu, penelitian ini tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan kekuatan mekanik atau kondisi internal sambungan las secara keseluruhan.

6. **Keterbatasan generalisasi hasil.**

Hasil penelitian merupakan gambaran kondisi pada objek penelitian dan digunakan untuk menunjukkan perubahan kondisi sebelum dan setelah penerapan metode Hot Work Control. Karena penelitian bersifat deskriptif dan menggunakan pendekatan studi kasus, hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk mewakili seluruh galangan kapal, seluruh jenis kapal, maupun seluruh metode pengelasan.

5.3. **Saran**

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut.

5.3.1. **Bagi PT. Harapan Teknik Shipyard**

1. Meningkatkan pengawasan terhadap penerapan prosedur Hot Work Control pada setiap pekerjaan replating agar seluruh tahapan pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan SOP yang berlaku.
2. Mengembangkan sistem Hot Work Permit berbasis digital untuk mempermudah proses pengajuan, persetujuan, dokumentasi, dan evaluasi pekerjaan panas sehingga pelaksanaan pekerjaan menjadi lebih efektif dan terdokumentasi dengan baik.
3. Menyelenggarakan pelatihan dan evaluasi kompetensi secara berkala bagi welder, fire watch, serta pengawas lapangan mengenai penerapan

Hot Work Control, penggunaan APD, pencegahan kebakaran, dan teknik pengelasan sesuai standar perusahaan.

4. Melaksanakan audit Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) secara rutin pada setiap pekerjaan replating guna memastikan seluruh prosedur keselamatan telah diterapkan secara konsisten.
5. Mengintegrasikan hasil inspeksi Visual Testing (VT) dan Penetrant Testing (PT) ke dalam prosedur evaluasi pekerjaan pengelasan sehingga setiap hasil inspeksi dapat dijadikan dasar untuk tindakan perbaikan maupun peningkatan kualitas pekerjaan.

5.3.2. Bagi Pekerja

Pekerja diharapkan selalu mematuhi prosedur Hot Work Control, menggunakan alat pelindung diri (APD) sesuai ketentuan, serta mengikuti seluruh tahapan pekerjaan pengelasan berdasarkan Welding Procedure Specification (WPS) untuk meminimalkan potensi kecelakaan kerja dan cacat pengelasan.

5.3.3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan menggunakan pendekatan kuantitatif atau metode campuran (mixed methods), sehingga hubungan antara penerapan Hot Work Control dengan kualitas hasil pengelasan dapat dianalisis secara statistik. Selain itu, penelitian dapat dilakukan pada jenis kapal, metode pengelasan, atau galangan kapal yang berbeda agar diperoleh hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society. (2020). *AWS D1.1/D1.1M: Structural Welding Code–Steel*. American Welding Society.
- Aris Widodo, & Suharto, R. (2014). Perbaikan lambung kapal KM. Harima PT. CSFI-Cilacap. *Jurnal Dinamika Bahari*, 4(2).
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2026a). *Rules for Hull* (Vol. II, Seagoing Ships, Section 6: Shell Plating). PT Biro Klasifikasi Indonesia.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2026b). *Rules for Materials and Welding*. PT Biro Klasifikasi Indonesia.
- Chi, D., Wang, Z., & Liu, H. (2025). A multivariate linear regression-based ultrasonic non-destructive evaluating method for characterizing weld tensile strength properties. *Materials*, 18(9), 1925.
- Fairussihan, J. D., & Setiono, D. (2023). Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proses perbaikan kapal di PT. Dock dan Perkapalan Surabaya menggunakan metode HIRARC. *Zona Laut: Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, 4(1), 23–29.
- Fitriadi, F., Muzakir, M., Saputra, A., Lestari, S. A., Hadi, K., Noviar, N., & Sudarman, S. (2025). Peningkatan keselamatan kerja di industri galangan kapal tradisional melalui edukasi dan implementasi standar K3. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, 3(1), 26–39.
- Harsono Wiryosumarto, & Okumura, T. (2000). *Teknologi pengelasan logam*. Pradnya Paramita.
- International Labour Organization. (1995). *Safety and health in shipbuilding and ship repair*. International Labour Organization.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 23277:2015 Non-destructive testing of welds—Penetrant testing—Acceptance levels*. International Organization for Standardization.
- International Organization for Standardization. (2016). *ISO 17637:2016 Non-destructive testing of welds—Visual testing of fusion-welded joints*. International Organization for Standardization.

- International Organization for Standardization. (2021). *ISO 3452-1:2021 Non-destructive testing—Penetrant testing—Part 1: General principles*. International Organization for Standardization
- Jones, D. A. (1996). *Principles and prevention of corrosion* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Nainggolan, H., & Hendra, H. (2023). Evaluasi penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada industri galangan kapal kecil di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4), 7129–7151.
- National Fire Protection Association. (2024). *NFPA 51B: Standard for fire prevention during welding, cutting, and other hot work*. National Fire Protection Association.
- Nikmatullah, M. I., Zulkifly, Z., Klara, S., Baharuddin, B., Rahimuddin, R., Muhammad, A. H., Alwi, M. R., Haryanto, S., Sitepu, A. H., Rivai, H., Mahmuddin, F., Hasan, H., & Shintarahayu, B. (2022). Sistem manajemen keselamatan dan keamanan kerja produksi kapal pada galangan berskala mikro di Barombong Kota Makassar. *Jurnal TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*, 5 (2), 160–167.
- Novarisandy, G., Muhamadiyah, M., Alamsyah, A., Amin, M., & Edigan, F. (2022). Analisis penerapan permit to work dalam upaya mencegah kecelakaan kerja pada PT. X tahun 2021. *Media Kesmas (Public Health Media)*, 2(1), 296–306.
- Nwolozi, C. N. (2024). Hazards identification and risk evaluation of shipyard workers in Nigeria. *ISRG Journal of Multidisciplinary Studies*.
- Occupational Safety and Health Administration. (2024a). *Hot work – Welding, cutting and brazing*. U.S. Department of Labor.
- Occupational Safety and Health Administration. (2024b). *Shipyard employment – Ship repair: Hot work operations and maintaining safe conditions*. U.S. Department of Labor.
- Purwangka, F., Lubis, E., Wisudo, S. H., & Iskandar, B. H. (2022). Keselamatan dan potensi kecelakaan kerja pada aktivitas di area docking kapal PT Perikanan Indonesia Muara Baru. *Jurnal Ilmiah Teknologi*

Kelautan Tropis, 14(2).

- Ramli, S. (2010). *Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja OHSAS 18001*. Dian Rakyat.
- Syaifullah, M., Jalil, J., & Rachman, T. (2023). Evaluasi pengujian hasil welding pelat dengan metode chalk test dan air pressure test. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan (SENSISTEK)*, 6(1), 9–12.
- Yang, G., Zhou, Z., Jiang, H., & Zhang, B. (2025). Artificial intelligence assisted non-destructive testing of welding joints: A review of techniques, X-ray image processing and applications. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.
- .