
PENGARUH CACAT LAS TERHADAP PENGUJIAN TANGKI KAPAL BARGE DI PT JHONLIN MARINE TRANS**Indah Melati Suci^{1*}, Sukarno², Daway Fandu Ahmad³**¹ Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Pembangunan Berkelanjutan, Institut Teknologi Kalimantan, Jl. Soekarno Hatta Km.15, Balikpapan, Kalimantan Timur 76127.² Program Studi Teknik Manufaktur, Politeknik Batulicin, Jl. Malewa, Politeknik Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan 72271.³ Program Studi Teknik Perkapalan, Politeknik Batulicin, Jl. Malewa, Politeknik Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan 72271.

*Email: indah.suci@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh cacat las terhadap hasil pengujian tangki kapal barge di PT Jhonlin Marine Trans melalui identifikasi jenis cacat, analisis penyebab secara ilmiah, serta evaluasi terhadap standar keberterimaan. Pengujian dilakukan menggunakan metode Non-Destructive Testing (NDT) berupa radiografi pada 29 titik sambungan las di area void tank. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 6 dari 29 sambungan (20,68%) mengalami cacat, terdiri dari slag line (10,35%), porosity (6,89%), dan slag inclusion (3,44%), dengan slag line sebagai cacat dominan berdasarkan analisis Pareto. Secara metalurgi, slag line terjadi akibat heat input dan kecepatan pengelasan yang tidak optimal sehingga menyebabkan incomplete fusion dan terjebaknya terak antar lapisan. Porosity disebabkan oleh terperangkapnya gas selama proses solidifikasi akibat kelembapan lingkungan dan kontaminasi elektroda, sedangkan slag inclusion dipicu oleh pembersihan antar lapisan yang tidak sempurna. Faktor proses dan lingkungan menjadi penyebab utama, sementara faktor manusia berperan sebagai pendukung. Perbandingan hasil menunjukkan bahwa tangki tanpa cacat memenuhi kriteria keberterimaan, sedangkan tangki bercacat berpotensi mengalami kebocoran sehingga memerlukan perbaikan sebelum dinyatakan layak operasi.

Kata kunci: cacat las, radiografi, slag line, porosity, tangki kapal

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman yang cepat diiringi pula dengan meningkatnya pembangunan dibidang kontruksi dan transportasi (Wirjosumarno & Okumura, 2020). Perkembangan ini juga tidak terlepas dari pembangun struktur-struktur yang berasal dari material logam (Moektiwibowo, 2021). Pengelasan (welding) merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang telah sangat umum dipakai. Welding didefinisikan sebagai "proses penggabungan bahan dengan cara memanaskannya sampai suhu pengelasan, dengan atau tanpa penerapan tekanan dan dengan atau tanpa penggunaan logam pengisi (Jeffus, 2022).

Pesatnya kemajuan teknologi di era modern sangatlah membantu terutama dalam bidang pengelasan sehingga pekerjaan konstruksi baik yang sederhana maupun yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dapat dijangkau (Imam, 2023). Pengelasan sangatlah dibutuhkan oleh dunia industri terutama pada bidang industri kapal (Dakhori, 2021).

Pada industri perkapalan sendiri, las merupakan salah satu faktor terbangunnya sebuah kapal dimana arti dari las itu sendiri merupakan penyambungan dua bahan atau beberapa batang logam (Nursani & Huseiny, 2020). Konstruksi baja juga berperan penting sebagai bahan bangunan kapal, baja banyak dipilih dalam pembuatan kapal di Indonesia dikarenakan sifat yang tahan terhadap garam dimana sifat baja tersebut sangat dibutuhkan oleh kapal mengingat kapal yang selalu berinteraksi dengan air laut yang mengandung garam, penggunaan material baja sebagai material konstruksi memiliki kelebihan antara lain yaitu pengerjaannya lebih cepat sehingga selain menghemat waktu, dapat juga menghemat biaya pengadaan barang (Elmas, 2022).

Pada struktur kapal yang menjadi perhatian utama adalah sambungan. Sambungan berfungsi mendistribusikan beban dan membentuk struktur menjadi kesatuan struktur yang utuh (Widyawati & Marano, 2021). Ada beberapa bahan dan alat yang digunakan untuk menyambungkan baja namun yang paling sering digunakan adalah las (Kurniadi dkk, 2022). Kelebihan sambungan las adalah konstruksi lebih ringan jika dibandingkan sambungan yang lainnya serta dapat menahan kekuatan

yang tinggi, pelaksanaannya mudah, serta cukup ekonomis. Selain memiliki kelebihan, las juga memiliki kerugian karena sambungan las merupakan sambungan permanen sehingga rakitannya tidak dapat dilepas, adanya distorsi akibat pemuaian dan penyusutan yang tidak seragam (Suharno, 2021). Umumnya sering terjadi masalah pada sambungan las bagian konstruksi badan kapal hal ini mengakibatkan adanya retakan atau pecahan pada sambungan las di bagian badan kapal karena bagian badan kapal bekerja dengan menerima banyak gaya, baik itu gaya tekan air dan gaya tarik silih berganti akibat kapal di kondisi puncak gelombang (sagging) ataupun pada kondisi di lembah gelombang (hogging), (Imam Pujo M dan Sarjito J.S, 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh cacat las terhadap pengujian tangki kapal. Dengan ini, diharapkan dapat ditemukan pemecahan masalah yang lebih efektif dalam mencegah kegagalan dalam peluncuran kapal.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di PT. Jhonlin Marine Trans dan Kampus Politeknik Batulicin Jalan Mallewa, Kec. Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan, Program Studi D3 Teknik Perkapalan. Penelitian ini dilakukan awal bulan Mei 2025 sampai Juni 2025.

Kapal Barge milik PT. Jhonlin Marine Trans. Data ukuran utama kapal pada table 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

Nama	Ukuran (m)
LOA	76,20
LBP	73,15
B	24,38
H	4,26
T	3,27

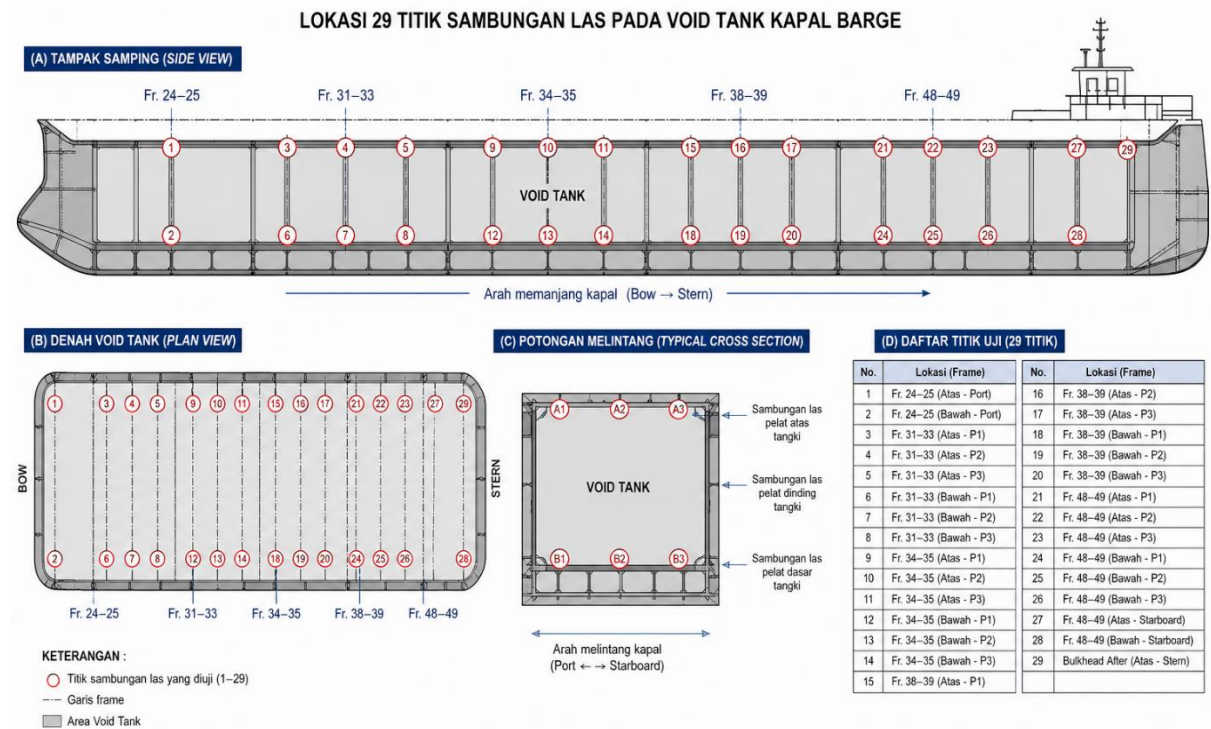
Alur penelitian ini dimulai dengan tahap persiapan dan pengumpulan data melalui observasi langsung, wawancara dengan karyawan PT Jhonlin Marine Trans, serta dokumentasi foto kegiatan pengelasan pada tangki kapal barge. Peneliti memfokuskan pengamatan pada area void tangki yang menggunakan metode pengelasan Flux-Cored Arc Welding (FCAW) dan melakukan pengujian menggunakan teknik Non-Destructive Testing (NDT) berupa radiografi untuk mendeteksi diskontinuitas internal pada sambungan las. Setelah data terkumpul, dilakukan proses reduksi dan penyajian data guna mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan menggunakan diagram pareto.

Selanjutnya, penelitian memasuki tahap analisis mendalam dengan menelusuri akar penyebab cacat dari faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Langkah ini diikuti dengan evaluasi perbandingan antara tangki tanpa cacat yang memiliki integritas tinggi dan lulus uji hydrostatic dengan tangki bercacat yang memerlukan tindakan perbaikan. Alur penelitian kemudian dilanjutkan dengan penyusunan strategi perbaikan menggunakan metode Preliminary Hazard Analysis (PHA) untuk memetakan potensi kegagalan seperti korosi atau kelelahan logam. Rangkaian penelitian ini diakhiri dengan perumusan kesimpulan dan rekomendasi teknis, seperti penerapan prosedur sesuai Welding Procedure Specification (WPS) dan pelatihan operator secara berkala untuk menjamin keamanan konstruksi kapal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

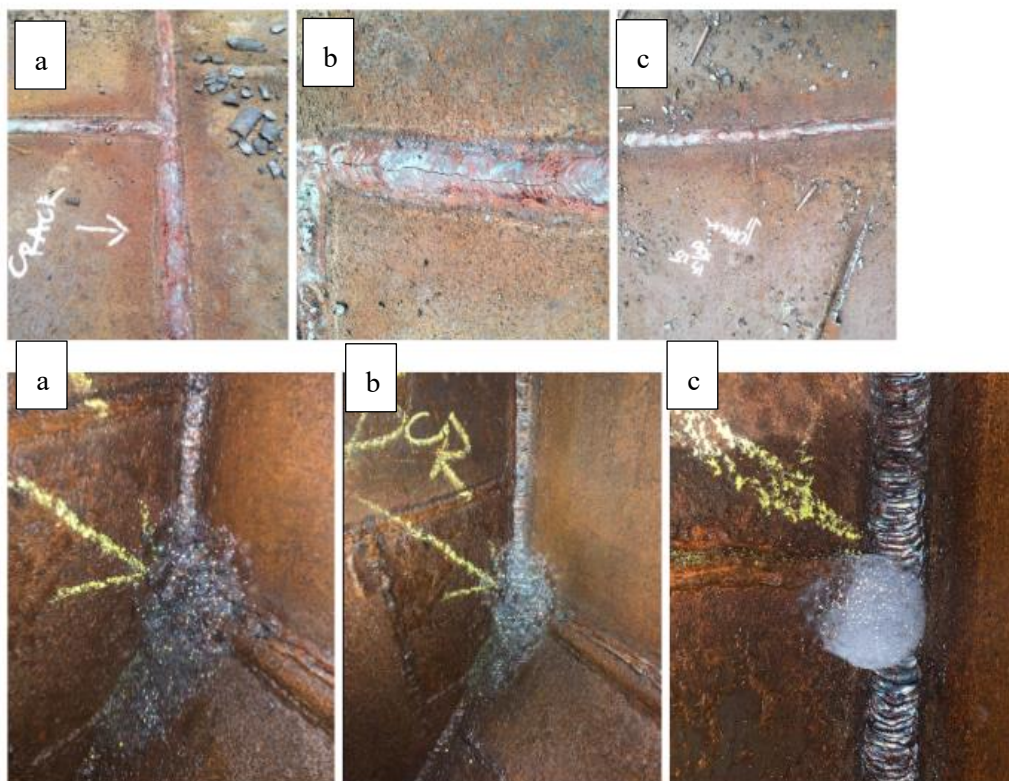
Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilaksanakan di PT Jhonlin Marine Trans, bagian ini memaparkan data hasil pengujian radiografi terhadap 29 titik sambungan las pada area void tangki kapal barge untuk mengidentifikasi tingkat keberadaan cacat las. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan hasil observasi lapangan dan uji Non-Destructive Testing (NDT) guna memetakan jenis diskontinuitas yang dominan serta mengevaluasi faktor-faktor teknis maupun non-teknis yang memengaruhi integritas struktural tangki. Data yang diperoleh kemudian disintesis menggunakan diagram Pareto untuk menentukan prioritas masalah dan analisis guna menelusuri akar penyebab kegagalan kualitas pengelasan yang terjadi di lokasi penelitian.

Posisi 29 titik sambungan las pada void tank kapal barge diberikan gambaran pada gambar 1 berikut ini :



Gambar 1. Sketsa lokasi 29 titik sambungan las

Setelah mendapatkan data selanjutnya diidentifikasi cacat las yang terjadi. Berikut adalah beberapa cacat las yang terjadi pada kapal seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Cacat Las (a) Porosity (b) Slag Line (c) Slag Inclusion

Berdasarkan hasil identifikasi pada Gambar 2 dan data pendukung dalam laporan, berikut adalah rincian parameter dan jenis cacat las yang ditemukan:

Parameter identifikasi cacat meliputi:

- Lokasi Film: Posisi pengambilan gambar rontgen pada sambungan pelat, seperti pada Frame 38-39 atau 31-33.
- Jenis Sambungan (Join): Seluruh pengujian difokuskan pada area Void Tangki.
- Metode Pengelasan: Menggunakan teknik Flux-Cored Arc Welding (FCAW).
- Ukuran Cacat (P): Dimensi diskontinuitas yang terdeteksi, mulai dari 1 mm hingga lebih dari 2 mm.

Jenis cacat yang ditemukan beserta penyebabnya adalah:

- Slag Line: Cacat berupa garis terak yang terjebak di permukaan atau antar lapisan las. Hal ini disebabkan oleh arus listrik yang terlalu rendah, kecepatan las (travel speed) tidak tepat, serta pembersihan terak yang kurang memadai.
- Porosity: Cacat berupa lubang-lubang kecil akibat gas yang terperangkap dalam logam las. Penyebabnya adalah penggunaan elektroda yang lembab, lingkungan kerja yang basah tanpa pelindung cuaca, serta faktor operator yang kurang fokus akibat kelelahan.
- Slag Inclusion: Terak yang masuk dan terperangkap di dalam manik las. Hal ini dipicu oleh metode pembersihan antar lapisan (pass) yang tidak maksimal, persiapan sudut sambungan (edge) yang buruk, serta ketidaktelitian operator.

Data disajikan sesuai dengan lokasi film, ketebalan serta cacat las yang terjadi. Data dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Ketebalan Cacat Las

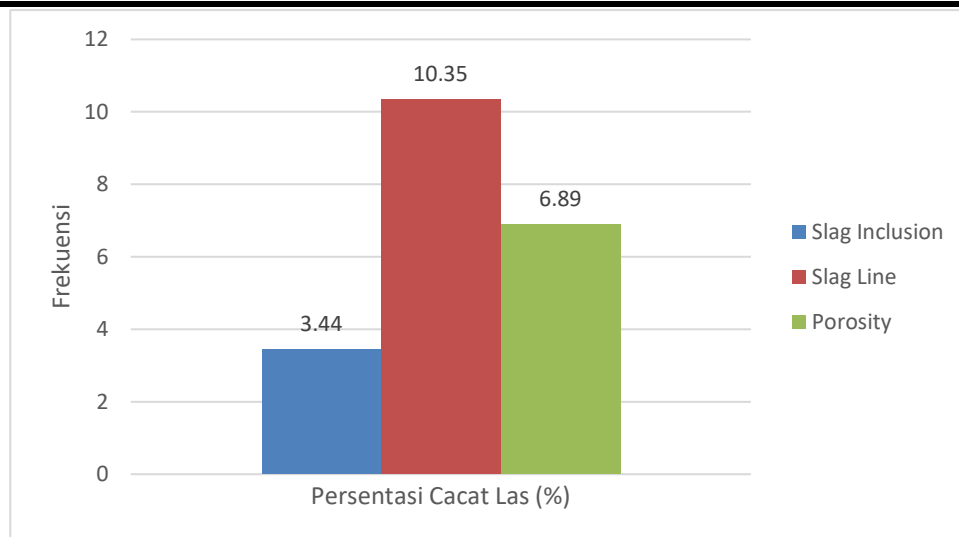
Titik X-R A	Lokasi Film	Join	Data Cacat Las pada Kapal	
			Jenis Pengelasan	Cacat Las
1	Fr. 38-Fr. 39 (K-A)	Void Tangki	FCAW	P 1 mm
2	Fr. 31-Fr. 33 (K-A)	Void Tangki	FCAW	P > 2 mm
3	Fr. 34-Fr. 35 (A-B)	Void Tangki	FCAW	P > 2 mm
4	Fr. 24-Fr. 25 (A-B)	Void Tangki	FCAW	P > 2 mm
5	Fr. 48-Fr. 49 (B-C)	Void Tangki	FCAW	P > 2 mm
6	Fr. 38-Fr. 39 (B-C)	Void Tangki	FCAW	P > 2 mm

Tabel 2 merupakan hasil report dari kapal dengan jumlah 6 sambungan dan menggunakan pengelasan jenis FCAW dengan joint pada area Void Tangki. Hasil tabulasi cacat las yang terjadi pada perakitan kapal selanjutnya akan ditelusuri cacat las yang paling dominan terjadi pada masing-masing kapal dan semua kapal yang menjadi sampel penelitian dengan menggunakan diagram pareto.

Jenis cacat las yang ditemukan pada kapal dapat dilihat pada Tabel 3 untuk mencari berapa besar presentase cacat las yang terjadi pada kapal dilakukan dengan cara frekuensi dibagi dengan banyaknya jumlah sambungan kemudian dikali dengan seratus persen itulah presentase cacat las yang terjadi. Contoh: Slag line = $3/29 = 0,1035$. $0,1035 \times 100\% = 10,35\%$.

Tabel 3. Data Jenis Cacat Las

No	Jenis Cacat Las	Frekuensi	Jumlah Titik Sambungan	Presentasi Cacat Las (%)
1	Slag Inclusion	1	29	3,44
2	Slag Line	3	29	10,35
3	Porosity	2	29	6,89
Total		6		20,68



Gambar 3. Diagram Pareto

Berdasarkan gambar 3 diagram pareto diketahui bahwa kapal memiliki 29 sambungan dan 6 diantaranya merupakan sambungan yang mengalami cacat las dengan presentase 20,68 % atau 0.2068.

Dimana cacat las yang terdapat pada kapal yaitu 1 sambungan mengalami cacat las Slag Inclusion dengan presentase 3.44% atau 0.0344, 3 sambungan mengalami cacat las slag line dengan persentasi kerusakan 10,35% atau 0.1035 dan 2 sambungan mengalami cacat las Porosity dengan presentase 6.89% atau 0.0689.

Faktor penyebab cacat las di lapangan PT Jhonlin Marine Trans secara signifikan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan kerja yang tidak ideal, seperti area sekitar yang basah, kotor, dan lembab, serta tidak adanya pelindung cuaca yang memadai. Kondisi lingkungan ini memicu terjadinya cacat porosity karena udara atau gas luar masuk dan terjebak ke dalam kolam las saat proses pembekuan berlangsung. Masalah ini diperparah oleh faktor material berupa penggunaan elektroda yang sudah terkontaminasi atau lembab akibat sistem penyimpanan yang kurang terkontrol, sehingga kualitas logam pengisi menurun sebelum diaplikasikan pada sambungan tangki.

Selain faktor lingkungan, kendala manusia menjadi pemicu utama di mana operator las sering kali mengalami kelelahan dan mengantuk saat bertugas di lapangan. Penurunan kondisi fisik ini menyebabkan kurangnya ketelitian dan penglihatan yang tidak maksimal saat melakukan pengelasan, sehingga parameter penting dalam Welding Procedure Specification (WPS) sering terabaikan. Akibatnya, muncul cacat seperti slag inclusion dan slag line karena terak atau sisa pembakaran tidak dibersihkan secara sempurna antar lapisan (pass) dan akhirnya terperangkap di dalam atau di permukaan manik las.

Secara teknis, metode kerja yang kurang tepat seperti pengaturan arus listrik dan ampere lajur yang cenderung terlalu rendah, serta kecepatan las (travel speed) yang tidak stabil, menjadi penyebab mekanis utama terak tidak terbuang sempurna. Masalah ini juga didukung oleh persiapan sudut sambungan (edge preparation) yang kurang baik dan kondisi mesin las yang jarang mendapatkan perawatan atau kalibrasi rutin, sehingga busur las menjadi tidak stabil. Kombinasi dari faktor teknis dan kurangnya pengawasan mutu ini secara langsung menurunkan integritas struktural sambungan pada tangki kapal barge.

Perbandingan Hasil Pengujian

Dalam mengevaluasi integritas struktural antara Tangki A dan Tangki B, dilakukan analisis perbandingan yang merujuk pada bukti dokumentasi lapangan dan data teknis. Representasi visual dari temuan cacat di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2, yang menunjukkan adanya anomali pada permukaan las sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut. Rujukan performa mekanis dan tingkat kelulusan uji kedua tangki tersebut secara sistematis dibandingkan pada Tabel 4. Hasil

perbandingan ini divalidasi berdasarkan data distribusi cacat pada Tabel 3, yang menyimpulkan bahwa Tangki A memenuhi kriteria keberterimaan (Accepted), sementara Tangki B memerlukan tindakan perbaikan sesuai standar Welding Procedure Specification (WPS) karena adanya akumulasi slag line dan porosity yang melebihi batas toleransi. Penejelasan ini digunakan sebagai representasi teknis untuk memperjelas distribusi lokasi pengujian radiografi, mengingat keterbatasan dokumentasi visual lapangan. Namun demikian, data posisi sambungan tetap mengacu pada laporan inspeksi aktual dan hasil pengujian radiografi yang telah divalidasi.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengujian

Parameter / Pengujian	Tangki A — Tanpa cacat las	Tangki B — Dengan cacat las (temuan dari radiografi)
Hasil inspeksi visual awal	Baik — tidak ditemukan manik las abnormal, permukaan bersih	Terlihat slag line / terak sisa pada beberapa sambungan
Radiography (X-ray)	Tidak ada diskontinuitas kritis; film memenuhi kriteria penerimaan	Menemukan diskontinuitas: slag line (3 titik), porosity (2 titik), slag inclusion (1 titik) (sesuai tabel pareto laporan)
Hydrostatic / Leak test	Lulus; tidak ada kebocoran pada tekanan uji	Potensi kebocoran/penurunan margin keselamatan; daerah dengan porosity harus diperbaiki sebelum uji akhir
Hasil mechanical / integritas struktural (kualitatif)	Integritas tinggi; margin keselamatan sesuai spesifikasi	Kekuatan lokal berkurang; jika tidak diperbaiki → risiko kelemahan lelah / korosi di area cacat
Tindakan perbaikan yang diperlukan	Umumnya tidak ada	Digouging / grinding / las ulang sesuai WPS pada titik cacat; lakukan leak test ulang dan radiografi verifikasi
Dampak operasional bila tidak diperbaiki	-	Potensi kebocoran tangki, korosi lokal, pengurangan masa pakai, resiko keselamatan
Rekomendasi	Simpan & lanjutkan ke tahap berikutnya	Perbaiki cacat (gouge/grind/weld repair), kemudian uji ulang radiografi & hydrostatic sebelum serah terima

Tabel 4 membandingkan hasil pengujian antara Tangki A yang tidak memiliki cacat las dan Tangki B yang ditemukan memiliki cacat las berdasarkan radiografi. Tangki A menunjukkan hasil inspeksi visual yang baik dengan permukaan bersih tanpa manik las abnormal, hasil radiografi bebas dari diskontinuitas kritis, lulus uji kebocoran hidrostatik, serta memiliki integritas struktural tinggi sesuai spesifikasi, sehingga tidak memerlukan perbaikan dan dapat langsung digunakan. Sebaliknya, Tangki B menunjukkan adanya cacat berupa slag line, porosity, dan slag inclusion yang terdeteksi baik secara visual maupun radiografi, yang berpotensi menurunkan margin keselamatan dan kekuatan lokal, serta meningkatkan risiko kebocoran, korosi, dan penurunan umur pakai jika tidak diperbaiki. Oleh karena itu, Tangki B memerlukan tindakan perbaikan berupa gouging atau grinding pada area cacat, dilanjutkan pengelasan ulang sesuai WPS, kemudian dilakukan uji kebocoran dan radiografi ulang sebelum dinyatakan layak operasi.

Tindakan Perbaikan Cacat Las

Penyusunan tindakan perbaikan cacat las dilakukan dengan pra analisa bahaya (PHA-PRELIMINARY HAZARD ANALYSIS). Standar Preliminary Hazard Analysis (PHA) yang diterapkan dalam penelitian ini merujuk pada metodologi analisis risiko awal yang diatur dalam MIL-STD-882 (Standard Practice for System Safety). Standar ini awalnya dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat dan kini telah menjadi rujukan global dalam industri manufaktur, konstruksi, dan maritim untuk mengidentifikasi potensi bahaya, mengevaluasi tingkat keparahan (severity), serta menentukan tindakan pengendalian risiko sejak tahap awal operasional. Dalam konteks pembangunan kapal di PT Jhonlin Marine Trans, penggunaan PHA berfungsi sebagai instrumen standar untuk memetakan dampak kegagalan sambungan las terhadap integritas struktural

tangki, sehingga langkah mitigasi yang diambil sesuai dengan kriteria keselamatan kerja dan standar klasifikasi kapal. Hasil penggunaan PHA dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tindakan Perbaikan Cacat Las

Bahaya	Pemicu	Kondisi/Bentuk Bahaya	Potensi Kegagalan	Dampak Kegagalan	Tindakan Perbaikan
Melemahkan sambungan dan bocor	Porosity	Gas terjebak pada saat pengelasan membentuk titik-titik	Korosi	Kapal patah	1. Digouging 2. Digerinda 3. Dikampuh 4. Las ulang sesuai WPS
	Slag inclusion	Terak yang masuk ke dalam kolam las (manik las)	Kelelahan	Kapal patah	1. Digouging 2. Digerinda 3. Dikampuh 4. Las ulang sesuai WPS
	Slag line	Terak berada di permukaan	Kelelahan	Kapal patah	1. Digouging 2. Digerinda 3. Dikampuh 4. Las ulang sesuai WPS

Berdasarkan tabel PHA di atas diketahui bahwa bahaya pada kapal itu meliputi lemahnya sambungan serta terjadinya kebocoran hal ini disebabkan karena adanya cacat las yang meliputi:

- porosity dimana kondisi gas terjebak pada saat pengelasan membentuk titik-titik yang menyebabkan potensi kegagalan berupa terjadinya korosi pada kapal.
- Slag inclusion dimana kondisi terak yang masuk ke dalam kolam las (manik las) yang menyebabkan potensi kegagalan berupa terjadinya kelelahan pada kapal.
- Slag line dimana kondisi terak berada di permukaan yang menyebabkan potensi kegagalan berupa terjadinya kelelahan pada kapal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh cacat las terhadap pengujian tangki kapal barge di PT. Jhonlin Marine Trans, dari 29 sambungan las yang diperiksa ditemukan 6 sambungan mengalami cacat dengan persentase 20,68%, dimana cacat yang paling dominan adalah slag line (10,35%), diikuti porosity (6,89%) dan slag inclusion (3,44%). Analisis fishbone menunjukkan bahwa faktor manusia (operator) menjadi penyebab utama terjadinya cacat, disertai faktor metode pengelasan yang tidak sesuai WPS, material yang kurang terkontrol, perawatan mesin yang belum optimal, serta kondisi lingkungan kerja yang kurang mendukung. Perbandingan hasil pengujian menunjukkan bahwa tangki tanpa cacat memiliki integritas struktural yang baik dan lulus uji radiografi serta hydrostatic test, sedangkan tangki dengan cacat berpotensi mengalami kebocoran, penurunan kekuatan lokal, dan risiko korosi apabila tidak diperbaiki. Oleh karena itu, penerapan prosedur pengelasan sesuai WPS, peningkatan pengawasan mutu, perawatan mesin berkala, pengendalian lingkungan kerja, serta pelatihan operator secara rutin sangat penting untuk meminimalkan cacat las dan menjamin keselamatan serta keandalan konstruksi tangki kapal.

DAFTAR PUSTAKA

Dakhori, A., (2021), Analisa Cacat Hasil Pengelasan pada Baja Karbon Rendah terhadap Pengaruh Masukan Panas Las, Seminar Nasional Teknik (Semnastek) UISU, 4(1), pp. 90-94.
 Elmas, M.S., (2022), Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) untuk Meminimumkan Produk Gagal pada Toko Roti Barokah Bakery, Wiga: Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi, 7(1), pp. 15–22.
 Imam, (2023), Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis, Routledge, London/New York.

- Jeffus, (2022), Deteksi Cacat pada Material dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak, *Lensa*, 2(48), pp. 7-13.
- Kurniadi, F., Handoko, F., and Priyasmanu, T., (2022), Analisis Welding Defect Rate dan Penanganannya dengan Metode Six Sigma dan FMEA, *Jurnal Valtech*, 5(1), pp. 15-24.
- Moektiwibowo, H., Wijayanto, S.S., and Arianto, B., (2021), Analisis Faktor-Faktor Penyebab Cacat Pengelasan Pipa API 5L Gr. B pada Proyek Konstruksi Pipa, *Jurnal Teknik Industri*, 4(2).
- Mulyatno, I.P., Jokosisworo, S., and Iswandi, (2024), Analisis Kekuatan Sambungan Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) pada Marine Plate ST 42 Akibat Faktor Cacat Porositas dan Incomplete Penetration, *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 5(2), pp. 102-113.
- Nursani, R. and Al Huseiny, M.S., (2020), Analisis Numerik Sambungan Las Struktur Baja dengan Menerapkan Variasi Layout Las, *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1).
- Suharno, (2021), Identifikasi Bahaya dengan Metode Preliminary Hazard Analysis (PHA) pada Bengkel/Lab, Jakarta.
- Widyawati, F. and Marano, L., (2021), Identifikasi Cacat Lasan FCAW pada Pondasi Mesin Kapal Menggunakan Metode Ultrasonic Testing, *Jurnal Tambora*, 5(2), pp. 53-58.
- Wirjosumarto, H. and Okumura, T., (2020), Teknologi Pengelasan Logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.