

Analisis Perbandingan Efisiensi dan Keakuratan antara *Liquid Penetrant Test* dan *Vacuum Test* untuk Pengujian Hasil Pengelasan pada *Side Shell* Kapal

Pacsy Melia Jala Dana^{*}, Mutiarani^{1*} dan Yusuf Nurhuda^{2*}

¹²³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹e-mail: pacsymediajaladana@gmail.com

Abstrak

Dalam dunia industri, khususnya di galangan kapal seperti PT. Sloko Batam Shipyard, di mana efisiensi waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan daya saing, sehingga penting sekali untuk mengetahui metode mana yang paling optimal untuk digunakan dalam pengujian *side shell*. Dengan melakukan studi perbandingan ini memungkinkan perusahaan untuk menentukan metode yang paling efisien tanpa mengorbankan standar keselamatan dan kualitas hasil pekerjaan. Tujuan penelitian berikut untuk membandingkan efisiensi waktu, biaya dan akurasi antara LPT dan *Vacuum Test* dalam hasil pengelasan bagian *side shell* kapal. Penelitian berikut merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk membandingkan efisiensi waktu, biaya dan akurasi antara *Liquid Penetrant Test* (LPT) dan *Vacuum Test* dalam hasil pengelasan bagian *side shell* kapal. Pengujian kualitas pengelasan merupakan aspek yang sangat penting untuk memastikan bahwa sambungan las yang dihasilkan aman dan dapat diandalkan. Dalam penelitian berikut, penggunaan metode *Non-Destructive Test* (NDT), seperti *Liquid Penetrant Test* (LPT) dan *Vacuum Test*, sangat relevan penggunaannya di PT Seloko Batam Shipyard. Hasil dari penelitian berikut dihasilkan bahwa *Liquid Penetrant Test* (LPT) dianggap lebih efisien dan akurat dibandingkan dengan *Vacuum Test* dalam pengujian hasil pengelasan pada *side shell* kapal di PT Sloko Batam Shipyard. Waktu rata-rata yang diperlukan untuk LPT dicatat sebesar 30 menit, sementara *Vacuum Test* memerlukan waktu 46 menit. Biaya yang dikeluarkan untuk LPT juga lebih rendah dibandingkan dengan *Vacuum Test*. Tingkat deteksi cacat yang dicapai oleh LPT adalah 95%, sedangkan *Vacuum Test* hanya mencapai 75,81%. Oleh karena itu, disarankan penggunaan LPT sebagai metode yang lebih efektif untuk memastikan kualitas pengelasan di area yang kompleks dan cekung.

Kata kunci: Efisiensi, *Non-Destructive Test* (NDT), *Liquid Penetrant Test* (LPT), *Vacuum Test*, *Side shell*

Abstract

In the industrial world, especially in shipyards such as PT. Sloko Batam Shipyard, where time and cost efficiency greatly affect productivity and competitiveness, it is very important to know which method is most optimal to use in side shell testing. By conducting this comparative study, companies can determine the most efficient method without compromising safety standards and work quality. The objective of this study is to compare the time efficiency, cost, and accuracy between LPT and Vacuum Test in the welding results of the ship's side shell. This study is an experimental research aimed at comparing the time efficiency, cost, and accuracy between Liquid Penetrant Test (LPT) and Vacuum Test in the welding results of the ship's side shell. Welding quality testing is a very important aspect to ensure that the welded joints produced are safe and reliable. In this study, the use of Non-Destructive Test (NDT) methods, such as Liquid Penetrant Test (LPT) and Vacuum Test, is highly relevant at PT Seloko Batam Shipyard. The results of this study indicate that Liquid Penetrant Testing (LPT) is considered more efficient and accurate than Vacuum Testing in assessing welding results on ship side shells at PT Seloko Batam Shipyard. The average time required for LPT was recorded at 30 minutes, while Vacuum Testing took 46 minutes. The cost incurred for LPT is also lower than that of the Vacuum Test. The defect detection rate achieved by LPT is 95%, while the Vacuum Test only reaches 75.81%. Therefore, it is recommended to use LPT as a more effective method to ensure welding quality in complex and concave areas.

Keywords: Efficiency, *Non-Destructive Test* (NDT), *Liquid Penetrant Test* (LPT), *Vacuum Test*, *side shell*

1 Pendahuluan

Dalam dunia industri, khususnya di galangan kapal seperti PT. Sloko Batam *ShipYard*, di mana efisiensi waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan daya saing, sehingga penting sekali untuk mengetahui metode mana yang paling optimal untuk digunakan dalam pengujian *side shell*. Dengan melakukan studi perbandingan ini memungkinkan perusahaan untuk menentukan metode yang paling efisien tanpa mengorbankan standar keselamatan dan kualitas hasil pekerjaan. Di lingkungan industri seperti PT. Sloko Batam *ShipYard*, dua metode NDT yang paling umum digunakan adalah *Liquid Penetrant Test (LPT)* dan *Vacuum Test*.



Gambar 1. *Side Shell* Kapal

Lambung kapal, atau *side shell* kapal, memiliki peran yang sangat vital dalam menentukan daya apung, yang berfungsi sebagai kekuatan penopang untuk beban muatan di kapal. Daya apung ini memengaruhi seberapa banyak muatan yang dapat diangkut oleh kapal. Sebagai bagian dari sistem rangka, struktur lambung dirancang untuk menahan tekanan dari air laut dan benturan dengan objek di sekitarnya [1]. Pengujian hasil pengelasan pada area *side shell* kapal sangat penting, karena bagian ini merupakan elemen kunci dari struktur lambung yang berinteraksi langsung dengan tekanan air laut, gaya gelombang, dan beban operasional lainnya. Ketidak sempurnaan pada sambungan las di area ini dapat meningkatkan risiko kebocoran, kerusakan struktural, atau bahkan kegagalan total kapal. Oleh karena itu, penggunaan metode pengujian yang efektif, efisien, dan ekonomis sangatlah penting untuk memastikan kualitas pengelasan di area tersebut [2].

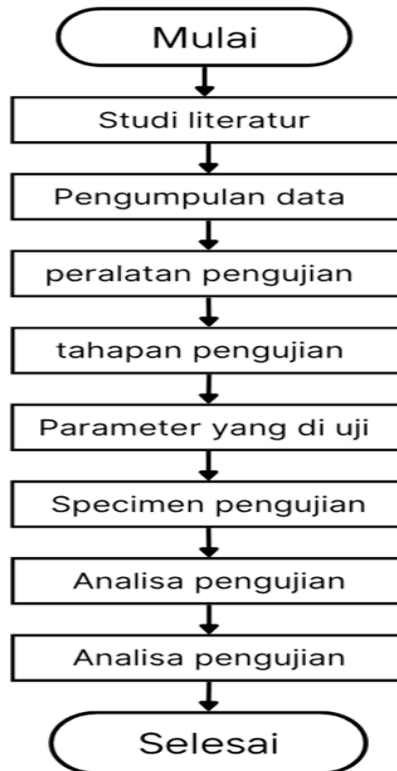
Liquid Penetrant Test (LPT) adalah metode yang sederhana dan efisien, sangat cocok untuk mendeteksi cacat permukaan seperti retakan dan kebocoran [3]. Di sisi lain, *Vacuum Test* digunakan untuk menguji kedekatan sambungan las, terutama pada struktur kritis seperti lambung kapal. Metode ini melibatkan penciptaan kondisi vakum di sekitar sambungan las dan pemantauan adanya kebocoran [4]

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi waktu, biaya dan akurasi antara *Liquid Penetrant Test (LPT)* dan *Vacuum Test* dalam hasil pengelasan bagian *side shell* kapal. Dengan menganalisis hasil deteksi cacat dari kedua metode, diharapkan dapat ditemukan pemahaman yang lebih baik mengenai kekuatan dan kelemahan masing-masing metode. Hal ini akan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik terkait pemilihan metode pengujian yang paling sesuai untuk mencapai standar kualitas pengelasan yang optimal.

Batasan masalah dalam penelitian ini hanya menghitung terbatas pada biaya bahan habis pakai, waktu pengerjaan dan akurasi dalam mendeteksi cacat las. Rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi praktisi di industri pembuatan kapal dalam memilih metode pengujian yang tepat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam memastikan kualitas pengelasan. Dengan demikian, keselamatan dan keandalan struktur kapal dapat terjaga, mengurangi risiko kegagalan yang dapat berakibat fatal.

2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menganalisis hasil pengelasan pada *side shell* kapal dengan menggunakan metode *Vacuum Test* dan *Liquid Penetrant Test*. Metode eksperimental adalah pendekatan penelitian yang berfokus pada pengujian pengaruh perlakuan atau intervensi terhadap sebuah variabel atau kelompok, melalui manipulasi variabel bebas (*independent variable*) dan pengamatan perubahan pada variabel terikat (*dependent variable*) dalam kondisi terkontrol. Pentingnya perancangan metodologi yang sistematis ditekankan, karena setiap tahap penelitian saling terkait dan mempengaruhi tahap berikutnya oleh karena itu, diharapkan penelitian ini dapat lebih terarah dalam mencapai tujuan yang diinginkan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1 Studi Literatur

1. Studi Kasus Kerusakan Lambung Kapal dan Perbaikannya (Suryadi et al., 2023)

Penelitian ini mengidentifikasi penyebab kerusakan lambung kapal yang diperbaiki di galangan PT Kodja Bahari, dengan pendekatan kualitatif. Faktor penyebab utama kerusakan adalah kondisi alam, human error, dan replating yang buruk. Penelitian ini menjadi dasar penting dalam pengelolaan perawatan preventif pada struktur kapal.

2. Efisiensi Penggunaan Spray dan Kuas dalam LPT (Yogi Arisandi et al., 2022)

Penelitian ini membandingkan dua teknik aplikasi *penetrant*: menggunakan kuas dan spray pada pengelasan SMAW. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam deteksi cacat, namun metode spray lebih efisien secara waktu dan biaya. Penelitian ini menekankan aspek efisiensi operasional dalam proses inspeksi *Liquid Penetrant Test* (LPT) di industri konstruksi logam

- 3. Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Cacat Las yang Terdeteksi oleh LPT (Silaen et al., 2023)**

Dalam pengujian Gas Metal Arc Welding (GMAW) pada baja karbon rendah, digunakan variasi arus 80A, 100A, dan 120A. *Liquid Penetrant Test* (LPT) diaplikasikan untuk menilai kualitas sambungan. Ditemukan bahwa arus pengelasan mempengaruhi jumlah dan jenis cacat yang muncul. Penelitian ini menekankan pentingnya parameter proses pengelasan terhadap hasil inspeksi cacat permukaan.
- 4. Analisis Vacuum Test pada Lambung Kapal (Maya Honggo et al., 2022)**

Penelitian ini mengukur durasi pelaksanaan *vacuum test* berdasarkan posisi pelat lambung kapal. Ditemukan bahwa posisi 90° membutuhkan waktu paling lama dalam tahapan persiapan dan finishing. Studi ini memperlihatkan bahwa posisi pengujian sangat mempengaruhi efisiensi dan kesulitan inspeksi kedalaman sambungan las di lambung kapal.
- 5. Mandatory appendix II bubble test – vacuum box technique (ASME BPVC.V, article 10. 2019)**

Jurnal ini menyajikan panduan lengkap untuk melaksanakan pengujian kebocoran dengan menggunakan teknik kotak vakum, yang menekankan pada prosedur, alat yang diperlukan, dan kriteria evaluasi. Ini sangat penting untuk menjaga integritas struktural dari material yang diuji.
- 6. Inspeksi Liquid Penetrant Sambungan Pengelasan SMAW pada Fabrikasi Frame Acid Skid (Jhony2022)**

Jurnal ini membahas penerapan metode Liquid Penetrant Test (LPT) untuk menguji kualitas sambungan pengelasan pada frame acid skid yang terbuat dari baja karbon (S275JR). Penelitian ini menunjukkan bahwa semua hasil pengelasan memenuhi kriteria penerimaan yang ditetapkan oleh AWS dan ASME, dengan tidak ditemukannya cacat atau diskontinuitas pada area lasan. Metode LPT digunakan untuk memastikan bahwa sambungan las aman dan dapat diandalkan, yang sangat penting bagi struktur yang akan menampung bahan kimia.
- 7. Penggunaan LPT pada Komponen Pesawat Udara (Rahmatullah Kaka Zada et al., 2023)**

Penelitian ini menggunakan metode *Liquid Penetrant Test* (LPT) untuk mendeteksi cacat pada axle landing gear dan propeller hub pesawat Cessna 152. Berdasarkan standar ASME Section VIII, ditemukan indikasi crack linear dan rounded melebihi toleransi yang diperbolehkan, sehingga komponen dinyatakan rejected. Studi ini menekankan pentingnya inspeksi periodik terhadap struktur pesawat dengan metode sederhana namun akurat seperti *Liquid Penetrant Test* (LPT).
- 8. Non-destructive testing-Penetrant testing-Part 1 (General principles Essais non destructifs-Examen par ressuage-Partie 1: Principes generaux., 2021)**

Jurnal ini menetapkan prosedur dan prinsip umum untuk pengujian penetrasi dalam pengujian non-destruktif, yang bertujuan untuk mendeteksi diskontinuitas pada permukaan material. Standar ini mencakup panduan mengenai jenis bahan yang digunakan, proses pengujian, serta pentingnya pembersihan awal untuk memastikan keakuratan hasil. Selain itu, jurnal ini menekankan tindakan pencegahan keselamatan yang harus diambil selama proses pengujian untuk menghindari risiko yang mungkin terjadi.

2.2 Standar acuan

2.2.1 Berdasarkan ketentuan dalam ASME V Appendix II mengenai kriteria penerimaan untuk berbagai jenis pengujian, termasuk *vacuum test* yang sering digunakan dalam sistem bertekanan, terdapat dua metode pengujian *non-destruktif* (NDT) yang umum diterapkan untuk memeriksa hasil pengelasan, yaitu *vacuum test* dan *liquid penetrant test*. Menurut ASME BPVC.V-2019, vacuum test diakui lebih efektif dalam mendeteksi kebocoran pada pengelasan, terutama untuk menemukan kebocoran kecil yang tidak dapat dilihat secara visual [5]. Di sisi lain, uji liquid penetrant juga dapat digunakan untuk mendeteksi diskontinuitas halus pada permukaan, seperti retak, berlubang, atau kebocoran, sebagaimana diatur dalam ketentuan ASTM E 165 yang mengacu ke ASME section V-2013, *Standard Test Method for Liquid Penetrant* [6].

2.2.2 Survei Lapangan:

- a. Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung di PT. Seloko Batam *ShipYard*.
- b. Tim peneliti mencatat proses pengujian yang berlangsung untuk memperoleh informasi yang relevan.

2.2.3 Pengukuran Waktu:

- a. Waktu pengujian dicatat secara teliti dari awal hingga akhir untuk kedua metode, yaitu *Liquid Penetrant Test* dan *Vacuum Test*.
- b. Setiap tahap pengujian dicatat dalam satuan menit untuk memastikan akurasi pengukuran.

2.2.4 Data Akurasi:

- a. Hasil deteksi cacat dari masing-masing metode dianalisis setelah pengujian.
- b. Persentase cacat yang terdeteksi dicatat sebagai perbandingan efektivitas kedua metode.

2.2.5 Biaya Pengujian:

- a. Data mengenai biaya bahan habis pakai, seperti cairan *penetran*, *developer*, dan peralatan untuk *Vacuum Test*, dicatat.
- b. Total biaya untuk masing-masing metode dihitung untuk analisis efisiensi biaya.

2.2.6 Spesifikasi Peralatan:

- a. Rincian mengenai peralatan yang digunakan dalam pengujian dicatat untuk memastikan bahwa metode yang diterapkan memenuhi standar yang berlaku.
- b. Informasi mengenai alat ukur tekanan, pompa vakum, dan cairan kimia yang digunakan juga dicatat.

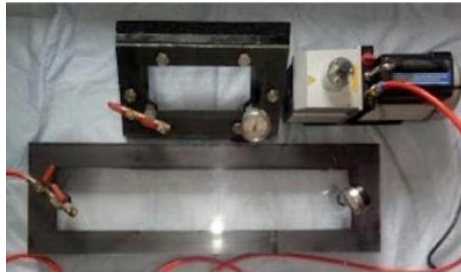
2.3 Spesifikasi Peralatan Uji

A. *Liquid penetrant test* (LPT) : Cairan *penetran*, *developer* dan *cleaner*.



Gambar 3. *Liquid Penetrant Test*

- B. Vacuum Test:** Alat pengukur tekanan, pompa vakum, dan kotak kedap udara untuk pengetesan pengelasan, dengan spesifikasi kotak vacum yaitu panjang 900 x lebar 300 mm (area baca 760 x lebar 155 mm)



Gambar 4. *Vacuum Test*

2.4 Prosedur Pengujian

2.4.1 *Liquid Penetrant Test (LPT)*

1. Persiapan Permukaan:
Bersihkan area hasil pengelasan dari kotoran, minyak, dan oksida menggunakan *cleaner* atau pembersih kimia, area hasil pengelasan harus kering.
2. Aplikasi Cairan *Penetran*:
 - a. Penyemprotan cairan penetran secara merata ke permukaan las menggunakan semprotan.
 - b. Biarkan cairan meresap selama waktu tunggu yang ditentukan
3. Aplikasi Cairan *Developer*:
Penyemprotan cairan developer dari arah berlawanan sambungan pengelasan untuk menampilkan indikasi cacat.
4. Pemeriksaan Visual:
Periksa hasil untuk mendeteksi adanya retakan atau kebocoran berdasarkan indikasi yang muncul.

2.4.2 *Vacuum Test*

1. Persiapan Sambungan Las:
Pastikan permukaan bersih dan dalam kondisi kotoran las sudah di gerinda untuk mengoptimalkan hasil dari pengecekan.
2. Pemasangan Peralatan:
Pasang alat uji vakum di sekitar sambungan las dengan rapat untuk mencegah kebocoran.
3. Penerapan Vakum:
 - a. Penerapan cairan sabun pada media yang akan di uji untuk mendeteksi ada nya kebocoran
 - b. Ciptakan kondisi vakum dan amati tekanan selama periode waktu tertentu.
 - c. Catat perubahan tekanan yang terjadi, dan apabila terdapat buih/ busa yang berlebihan di media weldingan, terdapat kebocoran pada weldingan tersebut
4. Pemeriksaan Kebocoran:
Lakukan pengujian selama waktu yang ditentukan untuk mengidentifikasi kebocoran.

2.5 Parameter yang Diuji

1. Akurasi Deteksi Cacat : Persentase cacat yang terdeteksi oleh masing-masing metode. Standar penggunaan metode pengujian untuk menilai apakah material atau komponen yang diuji dengan metode *Liquid Penetrant Testing* (LPT) memenuhi spesifikasi pengujian adalah penting [7]. Salah satu acuan yang digunakan adalah standar dari *International Organization for Standardization* (ISO) 3452. Standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa komponen dan struktur memenuhi persyaratan keselamatan, kualitas, dan integritas yang diperlukan dalam pengujian *Non-Destructive test*, termasuk LPT [8]. Di sisi lain, prinsip dasar dari *Vacuum Test* adalah mendeteksi kebocoran pada pengelasan dengan menciptakan keadaan hampa udara di sekitar objek yang diuji, menggunakan media seperti tabung transparan. Pengujian ini juga telah memenuhi standar ISO 2858, dengan tekanan yang diterapkan pada kotak vakum sesuai dengan standar Badan Klasifikasi Indonesia (BKI), yaitu 0,2 bar.
2. Waktu Pengujian : Total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengujian.
3. Biaya Pengujian : Total biaya yang dikeluarkan untuk setiap metode.

2.6 Ukuran Specimen

Plat yang digunakan dalam pengujian ini adalah plat *blasted marine* dengan ukuran dengan tinggi 2800 mm x panjang 1500 mm dan ketebalan 8 mm, ukuran ini digunakan untuk pergantian atau perbaikan area *starboard side sheel* kapal yang sudah tipis akibat korosi pada kapal *motor tanker*. Dengan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (smaw) tebal hasil pengelasan diperlukan berkisar 3 mm menggunakan kawat las *nikko steel* 3,2 mm, dengan luas area pengelasan disesuaikan berdasarkan ukuran plat yang diganti. pengujian ini dilakukan menggunakan Specimen yang sama untuk ke 2 metode pengujian *vacuum test* dan *liquid penetrant test* (LPT) .

Tabel 1. Parameter Pengelasan (<https://pengelasan.id/cara-mengelas-vertikal/>)

WELDING PARAMETER

Weld Layer (s)	Process	Filler Metals		Current		Volt Range	Travel Speed (mm/min)
		AWS Classification	Diameter (mm)	Polarity	Ampere Range		
Root	SMAW	E 7016	2.6	DCRP	60 - 85	22 - 28	50 - 80
Hotpass	SMAW	E 7018	3.2	DCRP	110 - 130	22 - 28	90 - 130
Filler	SMAW	E 7018	3.2	DCRP	110 - 130	22 - 28	80 - 120
Capping	SMAW	E 7018	3.2	DCRP	110 - 120	22 - 28	70 - 100

Sumber : <https://pengelasan.id/>

3 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah melaksanakan pengujian *liquid penetrant test* dan *vacuum test* yang merujuk pada *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) V Appendix II, pada bagian *side shell* kapal, diperoleh informasi mengenai biaya bahan habis pakai, durasi pengerjaan, dan akurasi dalam mendeteksi cacat pengelasan. Sebelum itu, gambaran mengenai kedua metode pengujian ini disajikan, termasuk data hasil pengujian dan dokumentasi. Berikut adalah hasil dari pengujian *liquid penetrant testing* dan *vacuum test* terkait kebocoran pada *side shell* kapal:

3.1 Analisis Data

Pengujian *Non-Destructive Test* (NDT), adalah teknik pengujian yang tidak merusak. Metode ini dapat diterapkan baik pada spesimen uji maupun pada produk jadi saat memasuki tahap *Quality Control*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis efisiensi, biaya, dan akurasi antara LPT dan *Vacuum Test* dalam pengujian hasil pengelasan pada *side shell* kapal. Berikut adalah analisis mendalam dari data yang telah dikumpulkan.

3.2 Waktu Pengerjaan

Vacuum Test :



Gambar 3. Proses *vacuum test*

Tabel 2. Waktu Pengujian

Proses Pengujian <i>Vacuum</i>	Durasi (menit)
Persiapan alat	30
Pembersihan permukaan	5
Proses pengujian dengan 1 kali <i>vacum</i>	1
Peroses keseluruhan nya	10
Total waktu rata - rata	46

Liquid Penetrant Test (LPT) :



Gambar 4. Proses *liquid penetrant test*

Tabel 3. Waktu Pengujian

Proses Pengujian <i>Penetrant</i>	Durasi (menit)
Pembersihan permukaan	10
Aplikasi cairan penetrant	10
Aplikasi cairan developer	10
Waktu tunggu penetrasi keluar	5
Total waktu rata - rata	30

Pengujian dilakukan pada spesimen hasil pengelasan yang sama dengan mencatat waktu yang diperlukan untuk masing-masing metode, untuk *vacuum test* dengan ukuran dan lebar area baca yaitu 760 mm x 155 mm, dari data ini hasil pengujian *vacuum test* di dapatkan hasil nya dengan rata rata waktu pengujian yaitu 46 menit, sementara itu LPT 30 menit jelas lebih efisien dalam waktu, yang sangat penting dalam konteks produksi yang tinggi.

3.3 Biaya

Analisis biaya dilakukan dengan menghitung semua bahan habis pakai yang digunakan untuk masing-masing metode.

Vacuum Test :

Tabel 4. Biaya *Vacum Test*

Bahan	Satua per item	Harga (Rp)	Jumlah (RP)
Vacuum box leak testing	1 Set	29.500.000	29.500.000
Kabel Power RRU 2X10 AWG SUPREME	50 meter	1.850.000	1.850.000
Semprotan Air	3 Liter	31.000	31.000
Sabun sunlight	5 liter	83.500	83.500
Busa packing PE foam	1 Meter	70.000	70.000
Total			31.534.500

Liquid Penetrant Test :

Tabel 5. Biaya liquid penetrant test



Bahan	Per item (ml)	Harga satuan (Rp)	Qty	Jumlah (Rp)
Cairan cleaner	450	80.000	2	160.000
Cairan penetrant	450	80.000	2	160.000
Cairan develover	450	80.000	2	160.000
Total				480.000

Dari analisis ini, harga vacuum test lebih mahal dan butuh perawatan berkala seperti servis pompa penghisap dan pergantian busa kotak vacuum akibat terkena gesekan benda pengujian yang tajam, sementara itu LPT lebih ekonomis, memberikan keuntungan signifikan bagi perusahaan yang ingin mengurangi biaya operasional.

3.4 Akurasi Deteksi Cacat

Pengujian akurasi dilakukan dengan menganalisis hasil deteksi cacat pada setiap metode.

Tabel 5. Report QC

DAILY REPORT QC DATE : 31 DESEMBER 2024							
No	Jenis kegiatan	Location	Position	Frame No	Lajur	Dokumentasi	Keterangan
1	Liquid Penetrant Test (LPT) 1nd Test	Side Shell Area forepeak tank	Port	Fr : 76 - 80	c		Pada tanggal 30 Desember 2024 telah dilakukan liquid Penetrant Test (LPT) yg pertama setelah dilakukan pengelasan pada replating plat dari hasil LPT pertama kondisi weldingan tidak ditemukan kebocoran, <u>STATUS PEKERJAAN :</u> <u>Approve</u>
2	vacum test 2nd test	Side Shell Area forepeak tank	Port	Fr : 76 - 80	c		Pada tanggal 31 agustus 2024 telah di lakukan pengetesan kembali guna untuk memastikan tidak adanya kebocoran pada hasil pengelasan, hasil nya tidak di temuan kebocoran <u>STATUS PEKERJAAN :</u> <u>Approve</u>

abel 6. Akurasi Liquid Penetrant Test

3.4.1 LPT :

No	Aspek	Keterangan
1	Tingkat Deteksi Cacat	95%
2	Jenis Cacat yang Terdeteksi	Retakan permukaan dan kebocoran besar
3	Area yang Tidak Bisa Diuji	Area lambung yang cekung dan yang terhalang <i>bilge keel</i>
4	Total Keseluruhan Pengujian	8.600 mm

Tabel 7. Akurasi *Vacuum Test*

3.4.2 *Vacuum Test* :

No	Keterangan	Jumlah (mm)	Keterangan Tambahan
1	Total area awal	8.600	-
2	Area terhalang sirip kapal	560	4 titik
3	Area cekung (alat tidak bisa menguji)	1.520	2 titik
4	Total area tidak bisa dites	2.080	560 + 1.520
5	Total area yang bisa dites	6.520	8.600 - 2.080
6	Persentase area yang bisa dites	75,81%	$(6.520 \div 8.600) \times 100$

Pengujian dilakukan dengan menciptakan cacat yang diketahui pada sambungan las dan mengevaluasi kemampuan masing-masing metode dalam mendeteksi cacat tersebut, Berdasarkan hasil perhitungan terhadap total area yang direncanakan untuk diuji menggunakan metode *Vacuum Test* dengan panjang keseluruhan 8.800 mm, terdapat beberapa bagian yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengujian. Kendala tersebut meliputi:

1. Bagian yang terhalang oleh struktur sirip kapal (*bilge keel*) sebesar 560 mm, serta
2. Bagian permukaan lambung kapal yang cekung sebesar 1.520 mm.

Dengan demikian, total area yang tidak dapat diuji mencapai 2.080 mm, Sisa area yang dapat dilakukan pengujian adalah 6.720 mm, yang setara dengan 76,36% dari total keseluruhan area, Dengan kata lain, 76,36% dari area yang direncanakan berhasil diuji menggunakan metode *Vacuum Test*, sementara 23,64% sisanya tidak terjangkau karena keterbatasan bentuk permukaan dan hambatan struktur pada kapal.

3.5 Efisiensi Metode

Metode *Liquid Penetrant Testing* (LPT) dan *Vacuum Test* memiliki tingkat deteksi cacat yang berbeda, dengan LPT mencapai 95% dan *Vacuum Test* 75,81% untuk pengujian *side shell* kapal. Keduanya juga mendeteksi jenis cacat yang berbeda dan memiliki area aplikasi yang berbeda. LPT sangat efektif dalam menemukan retakan permukaan dan kebocoran besar, serta ideal untuk digunakan di area lambung yang cekung dan terhalang oleh *bilge keel*. Selain itu, LPT juga bermanfaat untuk mendeteksi keretakan pada hasil pengelasan dan benda yang mengalami retak. Sebaliknya, *vacuum test* lebih fokus pada deteksi kebocoran halus dan besar, tetapi tidak cocok / sulit untuk pengujian di area cekung atau terhalang *bilge keel*. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh (Ode Duu Honggo, 2022).

3.6 Rekomendasi Praktis

Berdasarkan hasil eksperimen, disarankan untuk:

1. Penggunaan uji *liquid penetran test* (LPT) untuk menguji kebocoran *side shell* sangat efektif karena mempermudah proses pengujian, mengingat bentuk *side shell* yang cekung dan tidak rata. Metode ini merupakan salah satu cara praktis untuk menguji pengelasan di area *side shell* kapal.
2. Sebaliknya, penggunaan metode uji vakum memang paling tepat untuk mengidentifikasi kebocoran. Namun, terdapat kelemahan pada metode ini ketika digunakan di area yang memiliki bentuk cekung, karena cara kerja uji vakum memerlukan permukaan yang datar. Metode ini lebih cocok digunakan di area *deck* atas yang tidak memiliki kontur cekung.

4 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah *Liquid Penetrant Test* (LPT) dianggap lebih efisien dan akurat dibandingkan dengan *Vacuum Test* dalam pengujian hasil pengelasan pada *side shell* kapal di PT Sloko Batam *ShipYard*. Waktu rata-rata yang diperlukan untuk LPT dicatat sebesar 30 menit, sementara *Vacuum Test* memerlukan waktu 46 menit. Biaya yang dikeluarkan untuk LPT juga lebih rendah dibandingkan dengan *Vacuum Test*. Tingkat deteksi cacat yang dicapai oleh LPT adalah 95%, sedangkan *Vacuum Test* hanya mencapai 75,81%. Oleh karena itu, disarankan penggunaan LPT sebagai metode yang lebih efektif untuk memastikan kualitas pengelasan di area yang kompleks dan cekung.

Harapan selanjutnya dari hasil penelitian berikut adalah agar hasil tersebut dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam mengimplementasikan metode pengujian alternatif dan inovasi dalam teknik pengujian *Non-Destructive Test* (NDT). Penelitian yang mendalam tentang berbagai metode termasuk *Magnetic Test* dapat membuka peluang untuk mengidentifikasi teknik baru yang lebih efisien dan efektif dalam mendeteksi cacat pada pengelasan. Dengan demikian, pengembangan metode pengujian yang lebih canggih akan berkontribusi pada peningkatan kualitas dan keselamatan di industri perkapalan.

5 Daftar Pustaka

1. Dimas Suryadi, F., Syafiq, M. I., Mumtaz, F. I., Hartawan, M. B., & Sahara, S. (2023). Analisis Spesifikasi Kerusakan Lambung Kapal yang Melakukan Perbaikan di PT Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Galangan II. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Juli, 2023*(13), 674–682. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8160718>
2. Arisandi, Y., Sulistiawan, A., & Ardianti, A. D. (2022). Analisa Perbandingan Cacat Las Menggunakan Metode Liquid Penetrant Test Dengan Kuas dan Spray Pada Plat Baja NK-68 E6013 (Vol. 3, Issue 1).
3. Silaen, E. W., Kurniawan Saragih, R., & Huatabrat, J. (2023). Analisis Pengujian Penetrant Pada Pengelasan GMAW Baja Karbon Rendah.
4. Ode Duu Honggo, M., Agung Kristiyono, T., Perkapalan, T., & Teknik dan Ilmu Kelautan, F. (2022). Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil Studi Durasi Proses Vacuum Test Berdasarkan Posisi Pelat Lambung Kapal. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil, 05*(02). <https://doi.org/10.25139/jprs.v5i2.4893>
5. ASME BPVC.V, article 10. (2019). Mandatory appendix II bubble test – vacuum box technique
6. Jhony, P., Siagian, H., Arifin, N. L., Ulfah, N., Mesin, J. T., Negeri, P., Jalan, B., & Yani, A. (2022). Inspeksi Liquid Penetrant Sambungan Pengelasan SMAW Pada Fabrikasi Frame ACID SKID. In *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)* (Vol. 4, Issue 1). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA>, <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA>
7. Kaka Zada, M. R., Makmur, M., & Rusman. (2023). Analisis Pengujian Metode Liquid Penetrant Testing Berdasarkan Acceptance Criteria Penetrant Testing Pada Komponen Cessna 152. *JAMETS : Journal of Aircraft Maintenance Engineering & Aviation Technologies, 2*(1), 24–33.
8. Non-destructive testing-Penetrant testing-Part 1: General principles Essais non destructifs-Examen par ressuage-Partie 1: Principes généraux. (2021). www.iso.org

