

Analisa Pengujian Ketebalan Plat Lambung Menggunakan Metode Ultrasonic Thickness (Ploting Replate) dan Leakage Test Menggunakan Dye Penetrant (Welding After Re-Plating)

Bima Achmad Dika^{*1}, Ilyas Sofana², Anastas Rizaly³, Ponidi⁴

Prodi Teknik, Universitas Muhamadiyah Surabaya¹

Prodi Teknik, Universitas Muhamadiyah Surabaya²

Prodi Teknik, Universitas Muhamadiyah Surabaya³

Prodi Teknik, Universitas Muhamadiyah Surabaya⁴

*e-mail: bima.achmad1003@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan sangat bergantung pada transportasi kapal yang menghadapi tantangan besar berupa korosi lambung akibat lingkungan laut yang korosif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi metode pengujian *non-destructif* (*NDT*) dalam perawatan lambung kapal, khususnya melalui *Ultrasonic Thickness Gauge* (*UTG*) dan *Dye Penetrant Test* (*DPT*). Metode *UTG* digunakan untuk mengukur ketebalan pelat lambung dan menentukan area yang memerlukan replating. Sementara itu, *DPT* digunakan untuk mendeteksi cacat las setelah pengelasan ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *UTG* efektif dalam mengidentifikasi pelat yang mengalami penipisan hingga batas wear limited yaitu lebih dari 20% penipisan dari ketebalan sebelumnya, mempermudah keputusan replating dengan akurasi tinggi. *DPT* terbukti efektif mendeteksi retakan kecil dan cacat lain pada area pengelasan, terutama pada struktur lambung yang sulit diuji dengan metode lain. Kombinasi kedua metode ini memastikan keamanan dan keandalan struktur lambung kapal. Penelitian ini memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas inspeksi dan perawatan kapal, serta menjadi referensi bagi pengembangan metode pengujian *non-destructif* di bidang maritim. Saran diberikan untuk

Kata kunci : Ultrasonic Thickness Gauge, Dye Penetrant Test, Replating, Non-Destructive Testing, Lambung Kapal.

ABSTRACT

As an archipelagic country, Indonesia heavily relies on maritime transportation, which faces significant challenges such as hull corrosion due to the corrosive marine environment. This study aims to evaluate non-destructive testing (NDT) methods for ship hull maintenance, focusing on the Ultrasonic Thickness Gauge (UTG) and Dye Penetrant Test (DPT). UTG is utilized to measure hull plate thickness and identify areas requiring replating, while DPT is employed to detect welding defects after re-welding. The findings indicate that UTG is effective in identifying plates that have thinned to wear-limited threshold of more than 20% reduction from their original thickness, facilitating accurate replating decisions. DPT is proven effective in detecting minor cracks and other defects in weld areas, particularly in hull structures that are difficult to test using other methods. The combination of these methods ensures the safety and reliability of ship hull structures. This research contributes to improving inspection and maintenance quality for ships and serves as a reference for developing non-destructive testing methods in the maritime field. Recommendations are provided to integrate various testing methods, such as Vacuum Testing or Magnetic Particle Inspection, to enhance the accuracy and effectiveness of inspections.

Keywords: Ultrasonic Thickness Gauge, Dye Penetrant Test, Replating, Non-Destructive Testing, Ship Hull.

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan, sangat bergantung pada kapal sebagai alat transportasi utama yang menghubungkan berbagai daerah. Lambung kapal, yang sering bersentuhan langsung dengan air laut, rentan terhadap kerusakan akibat korosi. Kondisi korosi pada lambung kapal dapat mempengaruhi kekuatan material dan berpotensi menyebabkan kecelakaan seperti kebocoran dan keretakan. Perawatan lambung kapal, termasuk pengujian ketebalan plat dan uji kebocoran, sangat penting untuk memastikan keselamatan dan kelangsungan operasional kapal dalam kondisi lingkungan yang korosif. Dalam pengoperasiannya, kapal berlayar di lingkungan laut yang sangat korosif, menyebabkan kerusakan serius pada lambung kapal. Menurut statistik penelitian, sekitar 90% kerusakan kapal, khususnya pada lambung, disebabkan oleh korosi. Di Indonesia, kecelakaan kapal akibat kebocoran mencakup 37% dari total kecelakaan kapal antara tahun 2010 hingga 2016. Data ini menunjukkan pentingnya pemeliharaan dan inspeksi rutin pada lambung kapal untuk mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh kerusakan struktural akibat korosi (SaiNTifiK, 2024).

Non-Destructive Testing (NDT) adalah metode pengujian yang tidak merusak material. Salah satu alat NDT yang digunakan untuk mengukur ketebalan plat lambung kapal adalah *Ultrasonic Thickness Gauge* (UTG). Alat ini bekerja dengan memantulkan gelombang suara melalui probe, yang kemudian dikonversi menjadi data ketebalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketebalan plat lambung kapal menggunakan UTG, guna menentukan apakah diperlukan proses *replating* untuk memperbaiki kerusakan akibat korosi. Jika hasil pengukuran ketebalan plat dengan *Ultrasonic Thickness Gauge* (UTG) menunjukkan bahwa ketebalan plat berada di bawah standar minimum, maka proses *replating* harus dilakukan. Replating adalah penggantian plat lama dengan yang baru, baik secara parsial maupun keseluruhan. Proses ini bertujuan untuk memastikan kapal dalam kondisi layak berlayar, serta untuk menjaga keselamatan pelayaran. Perawatan yang tepat pada lambung kapal membantu mencegah risiko kebocoran dan

kecelakaan akibat kerusakan structural (Fajrin et al., 2022)

Non-Destructive Test (NDT) adalah metode pengujian kualitas produk tanpa merusak atau mengambil sampel dari material yang diuji. Pengujian dapat langsung dilakukan pada produk tanpa mempengaruhi fungsinya. Salah satu metode NDT adalah *Dye Penetrant Test* (PT), yang digunakan untuk mendeteksi cacat permukaan seperti retak, lubang, atau kebocoran. Prinsip PT memanfaatkan daya kapilaritas, yaitu kemampuan zat cair untuk masuk ke dalam ketidak sempurnaan atau diskontinuitas pada permukaan material, seperti retakan atau lubang akibat proses manufaktur. Dari latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, peneliti dapat menarik beberapa rumusan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana metode *Ultrasonic Thickness Gauge* dapat digunakan secara efektif untuk mengukur ketebalan plat lambung kapal ?
2. Bagaimana perhitungan untuk menentukan posisi plate mana saja yang harus diganti atau *Replating* ?
3. Bagaimana efektifitas *Dye Penetrant Test* dalam mendeteksi kebocoran setelah pengelasan ulang?

Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah di atas penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh data ketebalan plat lambung sebelum dan sesudah proses *replating*.
2. Membandingkan hasil pengujian menggunakan *Ultrasonic Thickness Gauge* dengan ketebalan nominal plat.
3. Menguji potensi kebocoran pada hasil pengelasan ulang dengan metode *Dye Penetrant*.

Manfaat Penelitian

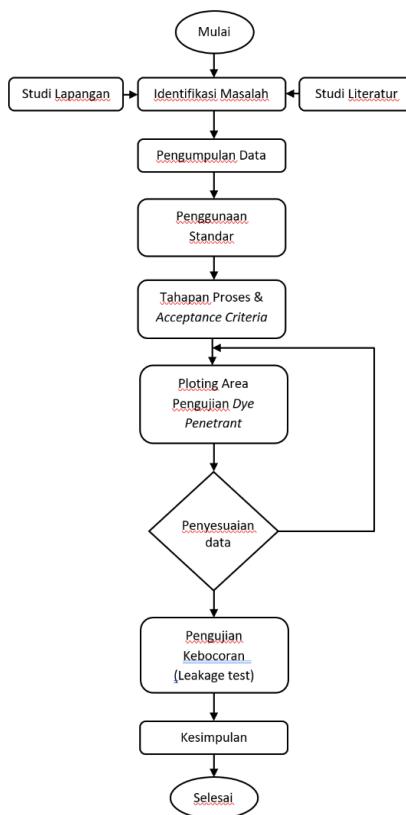
Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah memberikan referensi untuk meningkatkan

kualitas inspeksi plat lambung pada bangunan offshore maupun onshore, memberikan kontribusi bagi pengembangan metode pengujian non-

destruktif di bidang perkapanan, serta menjadi acuan dalam penerapan metode *Dye Penetrant* untuk pengujian kebocoran.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Tahapan Penelitian

Tahap awal dari penelitian ini yaitu dengan mencari referensi yang ada pada buku maupun informasi lewat internet mengenai Analisa atau review atau perencanaan pengantian plat lambung kapal. Setelah-setelah mempelajari penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya, maka dilakukan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Menyiapkan data terkait

Pada persiapan data ini dibutuhkan *Shell Expansion* untuk mengetahui jalur plat pada lambung kapal yang akan digunakan pada penelitian tersebut.

2. Menyiapkan Alat dan Bahan

Menyiapkan alat dan bahan guna penelitian

3. Menghitung ketebalan plat yang sudah *wear limited*.

Adapun yang dilakukan perhitungan yaitu:

a) Menghitung presentase ketebalan plat sesuai posisi dan ketentuan klasifikasi yang digunakan

b) Pengukuran dimensi pada area yang harus dilakukan *replating*

4. Pengujian kebocoran menggunakan metode *Dye Penetrant* pada lajur pengelasan pada plat yang diganti

5. Analisis dan Evaluasi

Analisis dan evaluasi dilakukan dengan cara *Acceptance criteria* (kriteria penerimaan) yang telah ditetapkan oleh BKI dapat diketahui dengan perhitungan dan dipastikan keamanan dari pengelasan menyatakan tidak adanya kebocoran

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di salah satu galangan kapal Surabaya. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung pada bulan Oktober 2024 sampai Februari 2025.

Alat dan Bahan

a. Alat Pelindung Diri (APD)

b. Helm, sarung tangan, dan pelindung lainnya digunakan untuk memastikan keselamatan pekerja selama proses inspeksi.

c. Kamera : Untuk dokumentasi hasil pengujian

d. UT (Ultrasonic Thickness Meter)
Alat utama untuk mengukur ketebalan plat tanpa merusak material

e. Couplant

Cairan perantara seperti gel atau minyak, memastikan gelombang ultrasonik merambat dengan baik antara probe dan permukaan.

f. Probe

Komponen UT yang mengirim dan menerima gelombang ultrasonik

- g. Martil: Untuk membersihkan karat dan cat.
- h. Kapur/Marker::
Untuk menandai titik pengukuran.

Langkah Kerja

- a. Menggunakan APD.
- b. Membersihkan plat menggunakan martil.
- c. Oleskan couplant pada area inspeksi.
- d. Kalibrasi alat UT.
- e. Aplikasikan probe pada benda uji dan lakukan pengukuran
- f. Tandai hasil pengukuran dengan kapur/marker
- g. Ambil foto hasil pengujian.
- h. Catat semua hasil inspeksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Area Pengukuran UTG

Penentuan titik untuk area pengujian Ultrasonic Thickness Gauge (UTG) mengikuti anjuran dari BKI, dengan pengujian dilakukan dari haluan hingga buritan kapal. Jarak antar titik pengukuran adalah 1 meter. UTG bekerja dengan cara memancarkan pulsa gelombang suara ke dalam material pelat. Ketika gelombang tersebut mencapai batas material di lapisan bawah, ia memantul kembali ke transduser. Ketebalan material dihitung berdasarkan waktu yang diperlukan gelombang untuk kembali ke probe. Untuk penelitian ini area pengambilan UTG lambung antara lain sebagai berikut

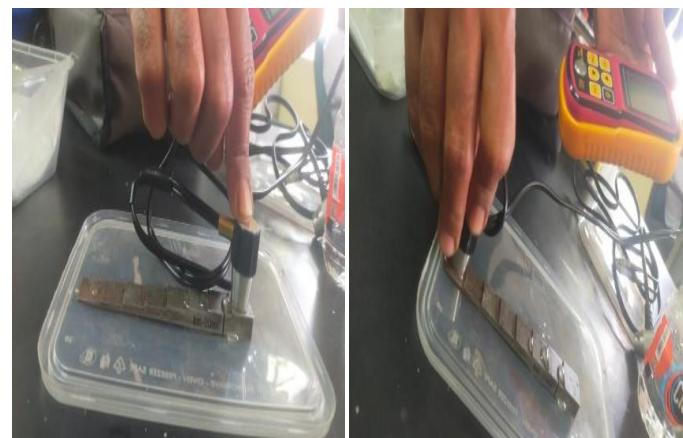
Tabel 1 Titik Pengujian UTG

No	Area	Jumlah	Satuan
1	Bottom	500	Titik
2	Bottop	50	Titik
3	Top Side	200	Titik
	Total	750	Titik

Dimana pengujian kali ini akan berfokus pada area Bottom karena akan dilakukan pengujian kebocoran menggunakan Dye Penetran.

Proses Pengambilan Data

Kalibrasi Alat Menggunakan blok kalibrasi untuk memastikan alat Ultrasonic Thickness Gauge (UTG) memberikan hasil akurat.



Gambar 2 Kalibrasi Alat UTG

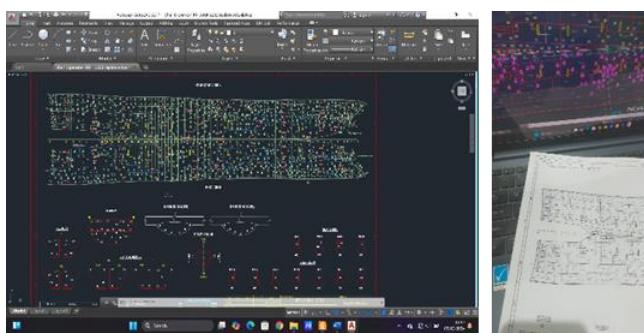
Tempelkan probe UTG ke permukaan dan gerakkan untuk memeriksa ketebalan di tiap titik.



Gambar 3 Kalibrasi Alat UTG

Pada proses ini dilakukan 2 orang satu operator dan assist, diamana operator bertugas untuk menganalisa data UT pada lambung dan menulis angka ketebalan menggunakan kapur/marker disamping titik probe dan assist akan mendokumentasikan kegiatan dan mencatat/ menulis nominal UT pada gambar kerja sesuai posisi.

Proses Input Data



Gambar 4. Input Data Hasil UT

dari hasil lapagan yang ditulis sementara didalam gambar kemudian dimasukan ke Acad untuk dimasukan pada *Shell Expansion* untuk proses analisa bagaimana yang harus diganti/replating dari hasil UTG.

Analisa Hasil Pengukuran

Penelitian ini berfokus pada area Plat alas (*Bottom Plat*) dimana dari perhitungan plat sebelumnya maksimal pengurangan 20% untuk menentukan *wear limited*. Nilai *wear limited* akan digunakan untuk menentukan luas area yang akan dilakukan replating. Variasi ketebalan plat lambung (*Bottom Plate*)

Tabel 2 Perhitungan Acceptance Criteria

No	Ketebalan Plat	Maksimal ketebalan (20%)
1	4 mm	$4 \times 20\% = 0,8$ ($4-0,8 = 3,2$ mm)
2	4.5 mm	$4,5 \times 20\% = 0,9$ ($4,5-0,8 = 3,6$ mm)
3	5 mm	$5 \times 20\% = 1$ ($5-1 = 4$ mm)
4	5.5 mm	$5,5 \times 20\% = 1,1$ ($5,5-1,1 = 4,4$ mm)
5	6 mm	$6 \times 20\% = 1,2$ ($6-1,2 = 4,8$ mm)
6	7 mm	$7 \times 20\% = 1,4$ ($7-1,4 = 5,6$ mm)
7	8 mm	$8 \times 20\% = 1,6$ ($8-1,6 = 6,4$ mm)
8	9 mm	$9 \times 20\% = 1,8$ ($9-1,8 = 8,2$ mm)
9	10 mm	$10 \times 20\% = 2$ ($10-2 = 8$ mm)

Plat bawaan kapal saat pembuatan baru menggunakan ketebalan 4,5 mm, kapal laut melakukan perbaikan lambung kapal 3-5 tahun sekali, pada data kapal yang diambil sebelumnya sudah beberapa kali melakukan penggantian plat

menggunakan plat 6 mm karena untuk spesifikasi plat 4,5 diindonesia tidak ada, hampir keseluruhan plat asli sudah diganti dengan ketebalan plat 6 mm jadi ketebalan maksimal yang diperbolehkan sesuai BKI untuk plat 6mm adalah 4,8 mm dibawah itu harus diganti.

Pengujian Kebocoran menggunakan Dye Penetrant

Tabel 3 Metode Pengujian Sesuai Area

Area no	Dimensi	Metode Pengujian
1	2600x1000x6	Vacuum Test
2	3000x1500x6	Vacuum Test
3	10500x500x6	Dye Penetrant
4	1000x800x6	Dye Penetrant
5	2200x1000x6	Vacuum Test
6	1500x1400x6	Vacuum Test
7	1900x900x6	Tidak dilakukan pengujian
8	900x650x6	Dye Penetrant
9	1500x1200x6	Vacuum Test
10	1150x1000x6	Vacuum Test
11	3100x600x6	Tidak dilakukan pengujian
12	900x500x6	Vacuum Test
13	1000x800x6	Dye Penetrant

Untuk metode pengujian tidak semua dilakukan dengan salah satu metode saja karena untuk menentukan pengujian kebocoran mempertimbangkan area yang akan diuji.

Berfokus pada pengujian Dye Penetrant test dimana untuk area pengujian dengan metode ini mempertimbangkan bentuk lambung yang tidak biasa dilakukan dimana bentuk sisi lambung yang ekstrem dimana permukaan tidak rata yang mengakibatkan pengujian vacuum tidak bisa dilakukan. Pada tabel diatas menunjukkan pengujian Dye Penetrant pada nomor replating 3,4,8 dan 13. Pada nomor 7 dan 11 tidak dilakukan pengujian karena area tersebut termasuk dalam Bottop dimana plotting tersebut diatas garis air selebihnya pada nomor 1,2,5,6,9,10, dan 12 dilakukan pengujian dengan vaccum test.

1. Pengujian kebocoran dengan Dye Penetrant Pengaplikasian metode ini berbeda dengan penggunaan Dye Penetrant untuk visual Check pada surface welding dimana pengujian akan berfokus pada keretakan suatu sambungan welding dan

menggunakan 3 jenis liquid untuk pengujian yaitu *Red Penetrant*, *White Developer*, dan *Cleaner*. Sedangkan untuk pengujian kebocoran hanya menggunakan 2 liquid saja yaitu *Red Penetrant* dan *White Developer*.

- Pengujian Replating area no 1 dan 2 dengan Vacuum Ploting area ini akan menjadi contoh pengujian Vacuum Test.



Gambar 5. 1 Replating 1 dan 2

Persiapan Alat dan Bahan

- Vacuum box: Kotak transparan/logam dengan segel karet.
- Vacuum pump: Membuat tekanan negatif (vakum).
- Cairan pendekripsi kebocoran: Campuran air dan deterjen.

Proses pengujian

- Bersihkan dan keringkan area las untuk memastikan hasil akurat.
- Oleskan cairan sabun secara merata di sepanjang area las.
- Pasang vacuum box dengan segel rapat tanpa celah.
- Gunakan vacuum pump hingga -5 hingga -10 kPa, tahan 10–15 detik.
- Periksa gelembung di cairan sabun untuk mendekripsi kebocoran.
- Tandai kebocoran, las ulang, dan uji kembali hingga kedap.

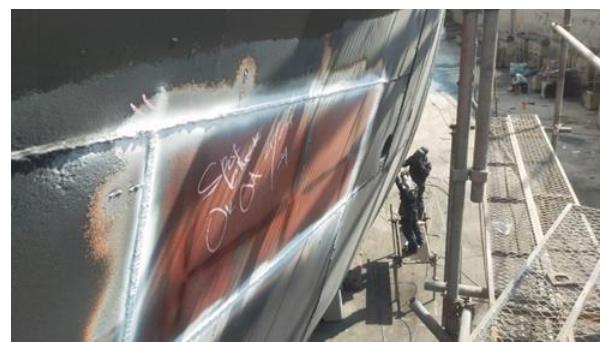
Pengujian Replating area no 3,4 dan 13 dengan Dye Penetrant.

Persiapan Alat dan Bahan

- *Red Penetrant*
- *White Developer*
- Palu

Proses pengujian

- Bersihkan area las yang ada pada bagian dalam kapal sesuai posisi plat replating untuk memastikan hasil akurat menggunakan palu.
- Oleskan cairan *Red Penetrant* secara merata di sepanjang area las bagian dalam lambung kapal.
- Tunggu hingga 10–15 Menit agar *Red penetrant* meresap pada dela selajur las.
- Oleskan cairan *White Developer* secara merata di sepanjang area las bagian luar lambung kapal.
- Jika terjadi kebocoran pada bagian lajur las yang sudah terkena *White Developer* akan berwarna merah akibat aliran *Red Penetrant* yang tembus dari dalam.
- Tandai kebocoran, las ulang, dan uji kembali hingga kedap.



Gambar 6
Proses pengaplikasian White Developer dari sisi luar lambung kapal

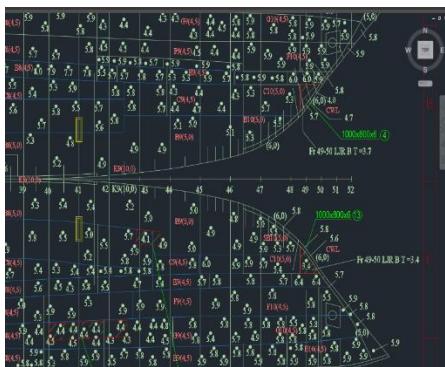
Analisa Pengujian Kebocoran dengan Dye Penetrant Pengujian replating nomor 3 dengan dimensi 10500 x 500 diganti dengan plat ketebalan 6 mm. Area tersebut dilakukan pengujian Dye Penetran karena desain lambung yang ektrim yang mengakibatkan tidak bisa dilakukan pengujian Vacumm. Proses Pengaplikasian Red Penentrant dari posisi dalam lambung kapal, setelah dihilangkan slag welding lalu disemprotkan merata pada jalur welding dan ditunggu kurang lebih 15 menit.



Gambar 7 Pengaplikasian White Developer

Terdeteksi kebocoran pada bekas stoper/support penyambung plat. Dari pengujian diatas terdapat kebocoran yang ditandai warna merah Red Penetrant yang mengalir dari dalam lambung kapal selanjutnya akan dilakukan perbaikan pada area kebocoran dengan menambah pengelasan dan akan diuji lagi

Analisa Pengujian Kebocoran dengan Dye Penentrant Pengujian replating nomor 4 dan 13 dengan masing-masing dimensi 1000 x 800 diganti dengan plat ketebalan 6 mm



Gambar 9 Ploting area replating no 4 dan 13

Area tersebut dilakukan pengujian Dye Penetran karena bagian ujung kapal yang mengakibatkan tidak bisa dilakukan pengujian Vacuum. Selanjutnya akan dilakukan pengaplikasi Red Penentrant pada jalur pengelasan



Analisa Pengujian Kebocoran dengan Dye Penentrant Pengujian replating nomor 4 dan 13 dengan metode Ultrasonic Thickness (Ploting Replate) Dan Leakage Test

dengan meyemprotkan Red penetrant dari dalam. Berikut proses pengujian area kebocoran



Gambar 8
Hasil Retest pengujian pada replate no

Analisa Pengujian Kebocoran dengan Dye Penentrant Pengujian replating nomor 4 dan 13 dengan masing-masing dimensi 1000 x 800 diganti dengan plat ketebalan 6 mm Area tersebut dilakukan pengujian Dye Penetran karena bagian ujung kapal yang mengakibatkan tidak bi

Gambar 10 Replate dan Pengaplikasi Red

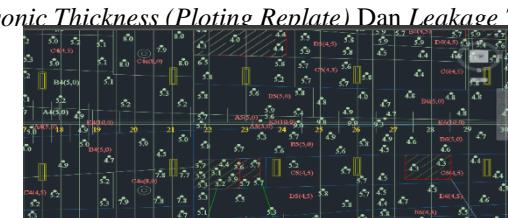
Selanjutnya proses pengaplikasi White Developer untuk mendeteksi adanya kebocoran pada jalur



Gambar 11 Pengaplikasi White Developer t

idak ditemukan kebocoran pada replate no 4 dan 13

Analisa Pengujian Kebocoran dengan Dye Penentrant Pengujian replating nomor 8 dengan



dimensi 1000 x 800 diganti dengan plat ketebalan 6 mm

Gambar 12 Ploting area replating no 8

Area tersebut dilakukan pengujian Dye Penetran karena bagian samping jalur pengelasan terdapat Zinc Anode jadi tidak bisa dilakukan pengujian Vacuum. Selanjutnya akan dilakukan pengaplikasian Red Penentrant pada jalur pengelasan.



SIMPULAN

Dari penjelasan diatas, menulis jelaskan di Bab IV, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Ultrasonic Thickness Gauge terbukti menjadi metode yang efektif untuk mengukur ketebalan pelat lambung kapal, terutama pada area yang tidak dapat diakses langsung. Teknologi ini memungkinkan pengukuran yang presisi tanpa merusak material, sehingga mempermudah identifikasi area pelat yang mengalami penipisan akibat korosi atau keausan.

DAFTAR PUSTAKA

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). (n.d.). *KULIT KAPAL*.

Dwiono, A. S., Hendrawan, A., & Pramono, S. (2021). Perbaikan Lambung Kapal KM. Harima PT. CSFI-Cilacap. *Dinamika Bahari*, 2(1), 56–61. <https://doi.org/10.46484/db.v2i1.261>

Gambar 13 Replate dan Pengaplikasian Red Penetrant

Selanjutnya proses pengaplikasian White Developer untuk mendeteksi adanya kebocoran pada jalur pengelasan seperti gambar 4.28 dibawah.



Gambar 14 Pengaplikasian White Developer tidak ditemukan kebocoran pada replate no 8.

- 2) Perhitungan untuk menentukan posisi pelat yang harus diganti dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran ketebalan terhadap standar ketebalan area Bottom minimum yang ditetapkan 20% pengurangan dari ketebalan plat sebelumnya. Keseluruhan penggantian plat menggunakan ketebalan 6 mm
- 3) Dye Penetrant Test terbukti efektif untuk mendeteksi cacat las setelah proses pengelasan ulang (replating). Pengujian ini dapat mengidentifikasi retakan kecil, porositas, atau cacat lainnya yang mungkin tidak terlihat secara kasat mata. Dengan hasil visual yang jelas, teknik ini memastikan kualitas sambungan las memenuhi standar keselamatan.

Fajrin, A., Pratomo Ariyanto, N., Teknik Mesin, J., & Negeri Batam, P. (2022). IDENTIFIKASI TEBAL PLAT LAMBUNG KAPAL TANKER TYCHE IMO 8794891 DENGAN ULTRASONIC THICKNESS GAUGE. In *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)* (Vol. 4, Issue 2). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA>,

- <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA>
- Irwansyah. (2019). Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak. *Lensa*, 2(48), 7–14.
- Nasional, B. S. (2000). SNI 03-1745-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung. *Badan Standart Nasional*, 1–83.
- Qadry, A., Bahri Pratama, A., Fan Saragi, J. H., Sinaga, F. T., & Putra Dairi Boangmanalu, E. (2023). Evaluasi Sistem Proteksi Hidrant sebagai Pengendalian Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Perkantoran dengan Luas Bangunan 35.190 m². *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil)*, 4(1), 59–64.
- Bima, Pramono. (2019). Penggunaan Dye Penetrant dan Ultrasonic Testing pada kolimator nikel murni: metode non-Destructive Testing.) Sanata Dharma University.repository.usd.ac.id/35200/
- Semendawai,dkk. (2023). Development of Penentrant Testing Non-Destructive Test Monitoring Using IOT System. repository.pnj.ac.id/id/eprint/11704/
- Liu, D. Feng, W.; Zhai, Z ;Yang, Z.; Wang, X; Gong, W. (2022). Ultrasonic Thickness Measurement Method and System Implementation Based on Sampling Reconstruction and Phase Feature Extraction. *Sensors* **2023**, 23, 9072. <https://doi.org/10.3390/s23229072>
- Wissesa, Nugroho Pratomo Ariyanto, Mutiaran,Aulia Fajrin. (2022). IDENTIFIKASI TEBAL PLAT LAMBUNG KAPAL TANKER TYCHE IMO 8794891 DENGAN ULTRASONIC THICKNESS GAUGE. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan Volume 4, Nomor 2 (Desember 2022)*, ISSN: 2685-4910
- Nugroho, Sulistyo, Budiyanto. (2020). Perlindungan Korosi Pada Material Baja a36 Melalui Proses Pengecatan Untuk Lambung Kapal. *J. Sains Dan Teknol. Marit.*, vol. 21, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.33556/jstm.v21i1.264
- Hendrawan. (2019). Analisa Indikator Keselamatan Pelayaran Pada Kapal Niaga. *Saintara*, 3(2)
- Jiannan, Zhang dkk. (2021). Non-Destructive Evaluation of Coating Thickness Using Water Immersion Ultrasonic Testing. *Coatings* **2021**, 11, 1421. <https://doi.org/10.3390/coatings11111421>
- ASME. Ultrasonic Examination Methods. Sec V Article 23
- AWS. Structural Welding Code – Steel. D1.1
- ASTM. Standard Practice for Liquid Penetrant Examination. E165/E165M
- ISO. Non-Destructive Testing – Penetrant Testing. 3452
- AS Dwiono.2021. Perbaikan Lambung Kapal KM.Karima PT. CSFI-Cilacap. Dinamika Bahari Vol.2 No.1 Edisi Mei 2021: 56-61<https://idoc.pub/documents/rePlating-plat-bottomkapal-cargo-ylyx1ezmkvnm>
- Syas'ko V A, Potapov A I, Golubev S S,Smorodinskii Y G and Smirnova N I 2018 Russian Journal of Nondestructive Testing 54(10) 698—710.
- Davydov V V, Myazin N S, Logunov S E and Fadeenko V B 2018 Russian Journal of Nondestructive Testing 54(3) 213—221.
- Grevtseva, A. S., Davydov, V. V., & Rud, V. Y.(2020, December). Development of neural network for automatic calibration of ultrasonic thickness gauge. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1697, No. 1, p. 012079). IOP Publishing.
- Manninen S A, Kuznetsov P A and Zhumagalieva AA 2017 Measurement Techniques 60(6) 600-603.

Alatuji.com (2022, 29 Desember). Cara Mudah Kalibrasi Coating Thickness Gauge. Diakses pada 29 Desember 2022