

Degradasi Lapisan Cat Pelindung Korosi Pada Plat Lambung Kapal Terhadap Aliran Air Laut, Air Tawar, dan Air Payau

Lilik Budiyanto^{a*}, Yulianto^b

^{a,b}Universitas Maritim Amni Semarang

^{a*}Email: Budiyantolilik@gmail.com

^bEmail: Yulianto1972@gmail.com

ABSTRAK

Negara Indonesia adalah negara yang terdiri dari kepulauan dan lautan. Keberadaan kapal sebagai alat transportasi laut memegang peranan penting dalam menghubungkan antar daerah yang terpisah oleh lautan dalam distribusi manusia dan kebutuhan logistik. Salah satu bagian kapal yang sering mengalami kerusakan akibat operasional dan lingkungan korosif adalah lambung kapal. Perlindungan lambung kapal dengan menggunakan pelapisan cat, menjadi metode perlindungan yang sering digunakan pada kapal. Lapisan cat mengalami penipisan akibat bergesek dengan media air yang bisa mengakibatkan rusaknya lapisan cat dan mengurangi fungsi perlindungan plat lambung kapal dari korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aliran air laut, air tawar dan air payau pada degradasi cat lambung kapal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan variabel eksperimennya adalah tiga tipe cat yang diaplikasikan pada plat baja sisa pemasangan lambung kapal. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan perbandingan lapisan cat sebelum dan sesudah proses penempatan spesimen pada media variabel air selama 7 hari dengan kecepatan aliran konstan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa media air laut memiliki nilai tingkat penipisan paling tinggi pada lapisan cat lambung kapal.

Kata Kunci: *cat, korosi, lapisan*

ABSTRACT

Indonesia is a country consisting of islands and oceans. The existence of ships as a means of sea transportation plays an important role in connecting between regions separated by the ocean in human distribution and logistics needs. Part of the ships that often suffers damage due to operational and corrosive environments is the hull. One of the protections for the hull is paint coating. As a protector on the ship, the paint layer is thinning due to friction with water media which can cause damage to the paint layer and reduce the protection function of the ship's hull plate from corrosion. This study aims to determine the effect of the flow of seawater, fresh water, and brackish water on the hull paint. This research uses an experimental method, with the experimental variables were three types of paint which are applied to the steel plate remaining from the ship's hull installation. In this study, a comparison of the paint layer was calculated before and after the specimen placement process on water variable media for 7 days with a constant flow rate. The results of this study indicate that seawater media has the highest level of depletion in the hull paint layer.

Keywords: *paint, corrosion, coating*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan kapal dianggap menjadi metode yang paling efisien, hemat biaya, dan ramah lingkungan untuk pengangkutan kargo masal dari negara produsen ke negara konsumen di

seluruh dunia (Liu, Chen, Shang, & Papanikolaou, 2022). Perkembangan dunia perkapalan maupun dunia maritim harus diimbangi dengan peningkatan mutu alat transportasi yakni kapal sebagai alat transportasi penghubung

utama, pemeliharaan kapal sangat diperlukan agar kapal dinyatakan dalam kondisi yang baik dan layak untuk berlayar.

Tujuan dari pemeliharaan ini sendiri adalah untuk mengurangi jumlah kegagalan pada peralatan dan untuk menghindari kerusakan yang bisa menyebabkan gangguan selama operasi (Jimenez, Bouhmala, & Gausdal, 2020). Pasalnya, kegagalan struktur dan mesin dalam operasi kapal sehari-hari dapat menyebabkan kecelakaan besar, membahayakan awak dan penumpang di atas kapal, serta menimbulkan ancaman bagi lingkungan, terlebih merusak kapal itu sendiri dan berdampak besar dalam hal kerugian bisnis (Lazakis, Dikis, Michala, & Theotokatos, 2016). Salah satu pemeliharaan kapal tersebut adalah pengecatan kapal.

Proses pengecatan adalah bagian penting dari proses pembuatan kapal (Bu, et al., 2021) yang termasuk dalam salah satu pilar dari proses pembuatan kapal modern (Xin, et al., 2021). Pengecatan kapal berkenaan dengan kualitas dan mutu kapal. Pengecatan pembuatan kapal adalah bagian penting dari perlengkapan konstruksi lambung dan integrasi pengecatan (Liu, Zhu, Shi, Teng, Ding, & He, 2022). Teknik pengecatan dan bahan cat yang baik akan menghasilkan kualitas lambung kapal yang tahan terhadap korosi yang disebabkan oleh air laut dan udara, sehingga kelancaran dan keamanan kapal dalam menjalankan tugasnya akan berjalan baik. Mengingat kebutuhan tersebut maka pengecatan pada kapal bukanlah kebutuhan tersier ataupun sekunder melainkan kebutuhan primer yang harus dilakukan pada setiap kapal baru ataupun kapal lama dengan mengedepankan hasil yang terbaik. (Meier-Peter, H., & Bernhard, F., 2009).

Korosi adalah degradasi pada suatu logam oleh reaksi kimia dengan lingkungannya. Ini adalah fenomena elektrokimia (Nyby, et al., 2021). Bisa juga korosi dilihat sebagai reaksi suatu bahan dengan lingkungannya yang

mengakibatkan efek yang merugikan dari penggunaan dari bahan yang dipertimbangkan (Ryl, 2020). Korosi merupakan sumber dari kerusakan terbesar yang terjadi pada kapal karena mengakibatkan *fatigue life* dan berkurangnya kecepatan kapal. (Mafindra, 2011). Pasalnya, korosi (seperti *pitting*) adalah bentuk korosi lokal yang berbahaya yang menyebabkan banyak kerusakan yang menghancurkan anggota struktural seperti baja tahan karat di lingkungan klorida (Akpanyung & Loto, 2019).

Ada beberapa cara dalam melindungi dan mengurangi korosi pada lambung kapal salah satunya adalah pengecatan. Semakin tebal dan tinggi daya rekat suatu cat maka semakin kuat perlindungan terhadap korosi. Hal ini penting karena interaksi daya rekat pada pelapisan antara benda-benda padat mempunyai dampak besar di bidang teknik dan juga kehidupan sehari-hari (Ciavarella, Joe, Papangelo, & Barber, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aliran air laut, air tawar dan air payau pada degradasi cat lambung kapal. Hasil penelitian ini akan bermanfaat bagi operator kapal dalam menentukan perawatan dengan memperhitungkan ketebalan cat akibat gesekan dengan media air tersebut.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, karena bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada variabel eksperimental terhadap suatu tindakan yang diberikan kepadanya (Payadnya, 2018). Variabel eksperimen dalam penelitian ini adalah tiga tipe cat yang diaplikasikan pada plat baja sisa pemasangan lambung kapal, sedangkan perlakuan yang diberikan terhadap variabel eksperimen adalah dengan pengaliran air tawar, air payau, dan air laut sehingga menimbulkan gesekan terhadap variabel eksperimen.

Media pengecatan pada penelitian ini adalah potongan plat baja

(Kim, 2017) yang diambil dari sisa pemasangan lambung kapal. Karena baja media pengecatan diambil dari kapal dan tidak diketahui jenis baja dan komposisinya maka peneliti melakukan uji komposisi dengan metode peralatan XRF (*X Ray Fluorence*) (Saedatul Fatimah, 2018). Agar bisa dimasukkan dalam instalasi kupon plat dipotong dengan ukuran tebal 8 mm, panjang 75 mm lebar 8 mm dan memiliki lubang pada spesimen dengan ukuran (4,5 mm) untuk fasilitas peletakan spesimen pada peralatan uji. Jumlah spesimen ada 3 buah yang diletakkan pada instalasi kupon. Gambar potongan plat baja dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Potongan Plat Baja

Variabel cat yang digunakan pada penelitian ini adalah cat tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 dimana merek ini yang biasa digunakan pada industri perkapalan untuk melindungi baja lambung kapal dari terjadinya korosi dan kemudian dari ketiga variabel cat tersebut dilakukan pengujian untuk mengetahui kandungan unsur komposisi kimia pada cat tersebut dengan Pengujian menggunakan standart ASTM A 751 – 01 yang dilakukan di laboratorium terpadu Universitas Diponegoro (ASTM, 2014).

Pada penelitian ini, setelah spesimen dilakukan *sand blasting* selanjutnya dilakukan pengecatan sebagai bentuk pelapisan dalam perlindungan terhadap korosi. Pada proses pengecatan ini menggunakan variabel merek dan kandungan komposisi cat yang berbeda sesuai dengan standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) volume II rules for hull.

Spesimen yang dilakukan pengecatan menggunakan variabel cat dengan spesifikasi dua lapisan. Lapisan pertama adalah lapisan dasar (*primary coat*) menggunakan cat dasar merk tipe 1 sedangkan lapisan kedua adalah lapisan *intermediate coat* menggunakan variabel cat :tipe 1,tipe 2 dan tipe 3. Tebal lapisan 250 μm Jarak pelapisan 20 cm. Gambar proses pengecatan media potongan plat lambung kapal dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Proses Pengecatan Pada Potongan Plat Lambung Kapal

Pengambilan media air laut, air tawar dan air payau melalui beberapa tahapan. Sebagai media utama dalam pelayaran air menjadi unsur yang penting sekali kualitas air serta kandungan air memengaruhi ketahanan cat dan penipisan lapisan cat yang digunakan untuk melindungi plat baja dari korosi. Peneliti mengambil variabel air yaitu air laut, air payau, dan air tawar. Adapun proses pengambilan air terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pengambilan Media Air Laut Untuk Perendaman

Pengujian ketebalan lapisan cat dilakukan secara profesional yang praktis dan didesain untuk pengukuran

lapisan non-destruktif, mampu melakukan pengukuran dengan cepat dan tepat dengan pengukuran ketebalan yang presisi. Fungsi dari *Coating Thickness Gauge* untuk mengetahui ketebalan (*thickness*) cat di permukaan suatu material atau benda yang dicat, untuk cat stoving standar BKI sebagai dasar dalam melakukan pengujian ketebalan dengan satuan ketebalan mikrometer. Di bawah ini adalah metode pengujian ketebalan cat.



Gambar 4. Proses Pengukuran Ketebalan Lapisan Cat

Pengujian komposisi kimia plat baja pada spesimen kupon dilakukan di laboratorium terpadu Universitas Diponegoro menggunakan XRF (*X ray Fluorence*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung di dalam plat baja yang sebelumnya belum diketahui kandungan kimianya.

Sebelum dipasang di dalam instalasi kupon, spesimen potongan plat baja yang telah dilakukan pengukuran ketebalan awal kemudian spesimen di pasang pada instalasi kupon yang sudah dirancang dengan standar ASTM D 2688-05, spesimen potongan plat baja dipasang pada tempat yang sudah disediakan dalam instalasi korosi kupon dengan fariabel air perendaman yang berbeda (ASTM, 2018). Alat uji instalasi kupon dapat dilihat pada Gambar 5.

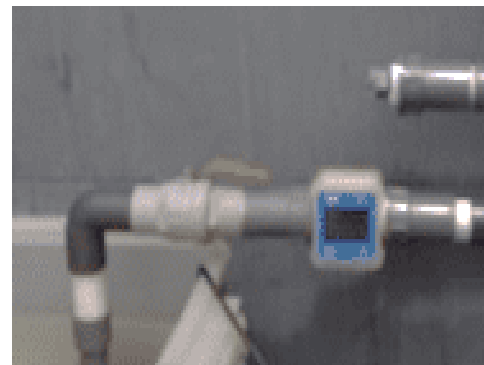
Penentuan kecepatan aliran air di dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penipisan lapisan cat pada lambung kapal dalam kondisi disamakan dengan kondisi sebenarnya pada saat

kapal berjalan dan memiliki kecepatan. Untuk menjaga agar variabel media air memiliki kecepatan yang sama perlu diatur kecepatan media airnya.



Gambar 5. Instalasi Kupon

Dalam penelitian ini kecepatan air dihitung dan diukur menggunakan alat flow meter merk K24 dan ditentukan dengan kecepatan aliran sebesar 20,6 liter/menit. Gambar di bawah ini adalah gambar pengaturan kecepatan aliran media air laut, air tawar, dan air payau.



Gambar 6. Pengaturan Kecepatan Aliran Kapal

Perhitungan degradasi atau penipisan lapisan cat dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tebal lapisan awal dikurangi tebal lapisan akhir dengan satuan ketebalan mikrometer (μm) (Fontana, 1987).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian komposisi spesimen potongan plat lambung kapal dengan standar XRF (ASTM, 2014) diketahui memiliki kandungan seperti disebutkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Spesimen Plat

Nama Unsur	Material spesimen
Karbon (C)	0,265 %
Phosporus (P)	0,376 %
Sulfur (S)	0,054 %
Silicon (Si)	0,045 %

Dari hasil uji komposisi potongan plat lambung kapal dengan dibandingkan kandungan komposisi standar (ASTM, 2019) diketahui bahwa spesimen plat tersebut merupakan jenis baja A36.

Pengujian kandungan komposisi pada beberapa cat yang diambil dari atas kapal untuk mengetahui kandungan unsur komposisi kimia pada cat tersebut. Cat yang diambil dari atas kapal adalah cat tipe 1 dan cat tipe 2 yang biasa digunakan untuk melindungi korosi pada lambung kapal. Cat tipe 3 adalah cat yang biasa digunakan untuk perlindungan korosi untuk besi di darat dan didapatkan di toko besi. Pada tabel 2 disajikan perbandingan kandungan komposisi cat tipe 1, tipe 2, dan tipe 3.

Tabel 2. Komposisi Variabel Cat

Tipe cat	Kandungan kimia berat masa %									
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca-KA
Cat dasar	1,41	17,56		0,04	0,40	43,20			29,25	62,40
Cat tipe 1		5,00	0,75		0,74	62,74	28,24			50,20
Cat tipe 2	2,51	48,94		0,22	0,86	22,10			10,24	22,46
Cat tipe 3	1,26	2,40	1,44	11,6	0,29	0,80	32,54	9,53		0,69

Tabel 2. Memperlihatkan bahwa untuk semua cat memiliki komposisi yang paling besar adalah kandungan CaO. Pada 4 jenis cat menunjukkan bahwa cat tipe 1 memiliki nilai yang paling tinggi, dimana CaO memiliki sifat termodinamika yang stabil pada temperatur ruang dan tekanan atmosfer sehingga baik untuk perlindungan korosi pada logam baja (Schalm, 2009). Cat tipe 1 memiliki harga yang paling mahal dibanding dengan tipe cat yang lain. Dan dapat dilihat pula bahwa cat tipe 1 memiliki kandungan pengotor paling

sedikit dibanding jenis tipe cat yang lain (Schalm, 2009).

Korosi pada proses pengecatan salah satu faktornya adalah penipisan pada lapisan pengecatan, nilai penipisan pada lapisan cat menunjukkan kualitas cat tersebut. Berikut hasil uji penipisan (degradasi) pada media air laut.

Tabel 3. Degradasi Cat di Air Laut

Tipe cat	Tebal awal	Tebal akhir	Degradasi
Tipe 1	250µm	160µm	90µm
Tipe 2	250µm	100µm	150µm
Tipe 3	250µm	100µm	150µm

Tabel 3 hasil uji penipisan (degradasi) pada media air laut tidak diganti dengan debit air di dalam instalasi kupon 20,6 ltr/detik adalah cat tipe 1 memiliki penipisan yang paling rendah yaitu 90µm. Hasil uji penipisan (degradasi) pada media air tawar dengan debit air di dalam instalasi kupon 20,6 ltr/detik.

Tabel 4. Degradasi di Air Tawar

Tipe cat	Tebal awal	Tebal akhir	Degradasi
Tipe 1	250µm	180µm	70µm
Tipe 2	250µm	166µm	84µm
Tipe 3	250µm	130µm	120µm

Hasil pengujian degradasi cat seperti yang tercantum pada tabel 4, diketahui cat tipe 1 memiliki penipisan yang paling rendah yaitu 70µm dan cat tipe 2 sebesar 84µm dan cat tipe 3 memiliki penipisan yang sama dengan media air yang lain nilai penipisan 120µm.

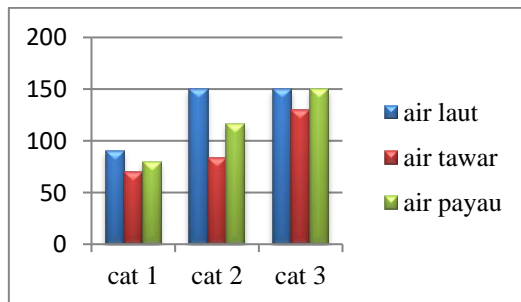
Hasil uji penipisan (degradasi) pada media air payau dengan debit air di dalam instalasi kupon 20,6 ltr/detik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Menyampaikan bahwa cat tipe 1 memiliki penipisan yang paling rendah yaitu 80µm dan cat tipe 2 sebesar 117µm dan cat tipe 3 memiliki penipisan yang sama dengan nilai penipisan 150µm.

Tabel 5. Degradasi cat di air payau

Tipe cat	Tebal awal	Tebal akhir	Degradasi
Tipe 1	250 μ m	170 μ m	80 μ m
Tipe 2	250 μ m	133 μ m	117 μ m
Tipe 3	250 μ m	100 μ m	150 μ m

Berdasarkan hasil pengujian degradasi pada instalasi kupon yang telah dilakukan didapat data sebagai berikut:



Gambar 7 Grafik Hubungan Pengujian Degradasi Antara Tipe Cat dan Media Air

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa cat tipe 1 memiliki nilai penipisan yang paling rendah hal ini dipengaruhi kandungan CaO_3 sebagai *filler* (pengikat) yang paling tinggi dibanding tipe cat yang lain. (Rahman dan Farid Mulana 2014). Jika penipisan terjadi terus-menerus maka lapisan cat akan habis sehingga plat lambung kapal langsung terkontaminasi dengan air laut yang mengakibatkan lebih cepat terjadinya korosi pada lambung kapal (Mukherjee, 2019).

IV. SIMPULAN

Penelitian yang penulis lakukan dapat disimpulkan bahwa, dari hasil uji degradasi cat diketahui bahwa semua tipe cat mengalami penipisan (degradasi). Pengujian degradasi yang dilakukan pada ketiga tipe cat dapat diketahui bahwa air tawar memiliki degradasi yang paling rendah. Diketahui dari hasil pengujian degradasi bahwa tipe cat 1 memiliki nilai degradasi paling rendah pada semua media air dibanding dengan tipe cat 2 dan tipe cat 3. Air tawar

memiliki degradasi yang paling rendah hal ini disebabkan karena air tawar memiliki kandungan mineral dan salinitas yang rendah dibanding media air laut dan payau (Sutrisno, Budiyanto, L.,2021).

V. DAFTAR PUSTAKA

- Akpanyung, K., & Loto, R. (2019). Pitting corrosion evaluation: a review. *Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1378* (2), DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022088>.
- ASTM. (2014). A751-14a standard test methods, practices, and terminology for chemical analysis of steel products. *ASTM International*. <https://doi.org/10.1520/A0751-14A>
- ASTM. (2018). 2688-05, standart test metod for Corrosivity of water in the absence of heat transfer (weigh loss method). *ASTM International*. <https://doi.org/10.1520/D2688-15E01>
- ASTM. (2019). Standard Specification for Carbon Structural Steel, ASTM A36/A36M. United States of America: American Society for Testing and Materials
- Bu, H., Yuan, X., Niu, J., Yu, W., Ji, X., Lyu, H., et al. (2021). Ship painting process design based on IDBSACN-RF. *Coatings, Vol. 11* (12), DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings11121458>.
- Ciavarella, M., Joe, J., Papangelo, A., & Barber, J. (2019). The role of adhesion in contact mechanics. *J R Soc Interface, Vol. 16* (151), DOI: 10.1098/rsif.2018.0738.
- Jimenez, V. J., Bouhmala, N., & Gausdal, A. H. (2020). Developing a predictive maintenance model for vessel machinery. *Journal of Ocean Engineering and Science, Vol.*

- 5 (4), 358-386. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joes.2020.03.003>.
- Lazakis, I., Dikis, K., Michala, A. L., & Theotokatos, G. (2016). Advanced ship systems condition monitoring for enhanced inspection, maintenance and decision making in ship operations. *Transportation Research Procedia, Vol. 14*, 1679-1688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.133>.
- Liu, C., Zhu, D., Shi, S., Teng, L., Ding, Y., & He, J. (2022). Design of environment monitoring system on shipbuilding outdoor. *Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2168*.
- Liu, S., Chen, H., Shang, B., & Papanikolaou, A. (2022). Supporting predictive maintenance of a ship by analysis of onboard measurements. *J. Mar. Sci. Eng., Vol. 10 (2)*, DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10020215>.
- Kim, I. T., Dao, D. K., Jeong, Y. S., Huh, J., & Ahn, J. H. (2017). Effect of corrosion on the tension behavior of painted structural steel members. *Journal of Constructional Steel Research, 133*, 256-268.
- Mukherjee, A., Joshi, M., Misra, S. C., & Ramesh, U. S. (2019). Antifouling paint schemes for green SHIPS. *Ocean Engineering, 173*, 227-234.
- Meier-Peter, H., & Bernhard, F. (2009). *Compendium Marine Engineering*. Hamburg: Seehafen Verlag.
- Nyby, C., Guo, X., Saal, J. E., Chien, S.-C., Gerard, A. Y., Ke, H., et al. (2021). Electrochemical metrics for corrosion resistant alloys. *Scientific Data, Vol. 8 (58)*, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00840-y>.
- Payadnya, I. P. A. A., & Jayantika, I. G. A. N. T. (2018). *Panduan penelitian eksperimen beserta analisis statistik dengan spss*. Deepublish.
- Rahman, A., & Mulana, F. (2014). Studi pembuatan cat tembok emulsi dengan menggunakan kapur sebagai bahan pengisi. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan, 10(2)*.
- Ryl, J. (2020). Special issue: Recent advances in corrosion science. *Materials (Basel), Vol. 13 (8)*, DOI: [10.3390/ma13081927](https://doi.org/10.3390/ma13081927).
- Saediatul Fatimah. (2018). *Identifikasi Kandungan Unsur Logam Menggunakan XRF dan OES Sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan*. Universitas Negeri Yogyakarta
- Schalm, O., et. al. (2009). Enamels in stained glass windows: Preparation, chemical composition, microstructure and causes of deterioration. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 64(8)*, 812-820.
- Sutrisno, Budiyanto, L. (2021). Pengaruh salinitas air laut terhadap laju korosi pada plat lambung kapal bobot 1500 DWT. *Dinamika Bahari, 2(1)*, 91-96.
- Xin, Y., Henan, B., Jianmin, N., Wenjuan, Y., Honggen, Z., Xingyu, J., et al. (2021). Coating matching recommendation based on improved fuzzy comprehensive evaluation and collaborative filtering algorithm. *Scientific Reports, Vol. 11 (14035)*, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-93628-4>.