

Model Perhitungan Kebutuhan Pelat dan Cat Reparasi Kapal Ro-Ro KMP Titian Murni

Panut Widodo^{1*}, M. Fahruri²

^{1,2} Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Fakultas Kemaritiman, Universitas Ivet

*e-mail korespondensi: pntwidodo@gmail.com

Abstract

Material requirements estimation are very necessary before ship repairs so that work completed on time. This study aims to estimate quantity of steel plates and paint required for repair of KMP Titian Murni. Steel plate requirement estimation based on damage area, plate thickness and standard size of BKI class plate sheets, while estimate of painting requirements considering the total painting surface area, technical product specifications, and loss factor. Study method used descriptive quantitative by processing data from repair lists, shell expansion plan, and Ultrasonic Thickness Test (UTT) results. Calculation of plate requirements added with waste factor due to cutting, handling loss, and reserves. Painting requirements estimation based on Dry Film Thickness (DFT), Volume Solids (VS), loss factor, packing size, and ISO 12944. Requirement for a 6'x20' plate based on this research is 1 sheet 6 mm plate, 2 sheets 8 mm plate, 5 sheets 10 mm plate and 11 sheets 12 mm plate, total weight of 17,853 kgs. Material of PPG marine paint 680 liters Sigmacover 380, 280 liters Sigmacover 555, 580 liters Sailadvance RX, 60 liters Sigmadur 550 red, 30 liters Sigmadur 550 green, 50 liters of thinner 91-92 and 35 liters thinner 21-06, painting area of 2,265 m².

Keywords: Coating, material estimation, plate, ship repair

Abstrak

Estimasi kebutuhan material sangat diperlukan sebelum perbaikan kapal agar pekerjaan dapat selesai tepat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi kebutuhan material pelat dan cat pada kegiatan reparasi KMP Titian Murni. Estimasi kebutuhan material pelat berdasarkan pada luas bagian yang rusak, tebal pelat dan standar ukuran lembaran pelat kelas BKI, sedangkan material cat yang diperlukan dengan mempertimbangkan luas permukaan pengecatan, spesifikasi teknis produk, dan faktor kehilangan. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan mengolah data dari repair list, shell expansion plan, dan hasil Ultrasonic Thickness Test (UTT). Perhitungan kebutuhan pelat ditambahkan waste factor akibat pemotongan, handling dan cadangan. Sedangkan kebutuhan cat dihitung berdasarkan ketebalan lapisan kering (DFT), Volume Solid (VS), loss factor, packing size dan ISO 12944. Kebutuhan pelat 6'x20' berdasarkan penelitian ini adalah 1 lembar pelat 6 mm, 2 lembar pelat 8 mm, 5 lembar pelat 10 mm dan 11 lembar pelat 12 mm, berat keseluruhan 17.853 kg. Sedangkan untuk material cat merk PPG marine paint 680 liter Sigmacover 380, 280 liter Sigmacover 555, 580 liter Sailadvance RX, 60 liter Sigmadur 550 red, 30 liter Sigmadur 550 green, 50 liter thinner 91-92 dan 35 liter thinner 21-06 untuk pengecatan seluas 2.265 m².

Kata Kunci: Estimasi material, pelat, pengecatan, reparasi kapal

PENDAHULUAN

Keberlangsungan operasional kapal sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur perawatan yang memadai, di mana galangan kapal memegang peran krusial sebagai pusat pelaksanaan perawatan (*maintenance*) dan perbaikan (reparasi) berkala. Aktivitas ini wajib dilakukan untuk memastikan kapal selalu memenuhi standar keselamatan dan kelaiklautan sebagaimana diatur oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan konvensi internasional seperti SOLAS dan MARPOL (BKI, 2021). Salah satu tantangan teknis utama dalam operasional kapal

adalah korosi pada pelat lambung, yang dipicu oleh paparan berkelanjutan terhadap air laut yang memiliki kadar garam tinggi, kelembapan ekstrem, dan fluktuasi suhu (Watson, 2018). Proses korosi ini menyebabkan keausan dan penipisan pelat, terutama pada bagian kapal yang terendam di bawah garis air (*below waterline*). Jika tidak ditangani secara proaktif, penipisan struktural dapat melemahkan integritas konstruksi kapal, meningkatkan risiko kebocoran, dan berpotensi mengancam keselamatan pelayaran (Korros *et al.*, 2020). Studi oleh Purnawati, R., Jokosisworo, S., dan Yudo, H (2020) menunjukkan bahwa baja konstruksi kapal jenis SS 400, yang umum digunakan di galangan kapal Indonesia dengan memiliki laju korosi rata-rata 0,1–0,2 mm per tahun di lingkungan laut gunnug kidul, Bantul dan Jepara, sehingga memerlukan perlindungan aktif dan penggantian berkala. Oleh karena itu, tindakan reparasi seperti penggantian pelat (*replating*) pada *area* yang ketebalannya telah turun di bawah batas aman (umumnya < 70% - 80% dari ketebalan awal) dan aplikasi sistem pelapis cat (*coating system*) sebagai *barrier* pelindung menjadi langkah kritis dalam manajemen usia kapal (BKI, 2021). Sistem pengecatan kapal modern bersifat *multi layer*, meliputi: a) *Primer* (sebagai lapisan dasar yang melekat kuat pada baja); b) *Anti-corrosion coating* (untuk mencegah oksidasi); c) *Anti-fouling paint* (mencegah pertumbuhan organisme laut pada lambung bawah); dan d) *Bottop* dan *topside paint* (untuk estetika dan perlindungan di atas garis air (Hempel, 2021; ISO, 2018). Agar proses reparasi ini berjalan sesuai waktu yang dijadwalkan atau untuk menghindari adanya keterlambatan akibat pengadaan material maka diperlukan estimasi kebutuhan material khususnya pelat untuk *replating* dan material cat untuk perawatan badan kapal.

Proses reparasi yang efektif tidak hanya bergantung pada keterampilan teknis, tetapi juga pada perencanaan material yang akurat. Estimasi kebutuhan material khususnya pelat baja dan cat merupakan fondasi utama dalam pengendalian biaya, penjadwalan proyek, dan efisiensi logistik di galangan kapal (Barrass & Derrett, 2020). Ketidakakuratan estimasi dapat menyebabkan dua masalah besar: (1) kelebihan stok yang mengikat modal kerja, atau (2) kekurangan material yang memperpanjang *downtime* kapal dan menimbulkan biaya keterlambatan (*delay cost*). Dalam industri perkapalan, *lead time* pengadaan material pelat dan cat bisa mencapai 4–8 minggu, sehingga perencanaan harus dilakukan jauh sebelum dimulainya pekerjaan reparasi (Jotun, 2023). Penelitian mengembangkan model estimasi cat berdasarkan luas permukaan dan karakteristik *coating* telah dilakukan oleh Wibowo (2019) pada kapal tanker, yang menunjukkan bahwa penggunaan rumus berbasis DFT dan VS mampu mengurangi selisih estimasi hingga 15% dibanding metode konvensional. Hasil perhitungan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan operasional bagi galangan kapal dan *ship owner* dalam mencapai efektivitas biaya, efisiensi waktu, serta keberlanjutan operasional armada kapal nasional.

Penelitian tentang perhitungan kebutuhan pelat lambung kapal pada reparasi kapal penumpang KMP Jokotole yang telah dilakukan Alfarizi (2018) menunjukkan kebutuhan material pelat tebal 8 mm dengan berat 14.682,64 Kg dan pelat tebal 10 mm dengan berat 1.158,66 Kg. Perencanaan kebutuhan material sangatlah penting dalam proses reparasi kapal penumpang yang jadwal operasionalnya juga sudah ditentukan. Perhitungan kebutuhan cat untuk perawatan *barge 300 feet* total luas pengecatan 3375 m² dengan membandingkan penggunaan antara 2 merek cat yang berbeda, yaitu Jotun dan PPG, menunjukkan kebutuhan total cat paling efisien adalah sebesar 1999,38 liter merek Jotun, sedangkan merek PPG 2170,44 liter (Fauzi, I., & Ardiansyah, F., 2024).

Penelitian ini menggunakan obyek kapal yang berbeda dan menggabungkan 2 (dua) target penelitian sebelumnya yaitu bertujuan untuk menghitung kebutuhan material pelat dan cat yang diperlukan dalam reparasi Kapal Ro-Ro KMP Titian Murni. Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menganalisis data teknis aktual, meliputi *repair list*, *shell expansion plan*, dan hasil *Ultrasonic Thickness Test* (UTT) yang memberikan pengukuran

objektif ketebalan sisa pelat di berbagai lokasi struktur. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengetahui jumlah kebutuhan material pelat KMP Titian Murni yang dibutuhkan untuk replating berdasarkan plot luasan pelat yang tipis berdasarkan hasil *ultrasonic test*, ketebalan pelat, standar ukuran pelat yang digunakan dan *waste factor*; (2) Mengetahui kebutuhan material cat yang akan digunakan, dengan mempertimbangkan parameter teknis seperti ketebalan lapisan kering (*Dry Film Thickness/DFT*), *Volume Solid (VS)*, dan faktor kehilangan (*loss factor*) selama aplikasi..

METODE

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yang menuntut penggunaan angka dan data terukur, mulai dari tahap pengumpulan data, analisis, hingga penyajian hasil akhir (Sugiyono, 2022). Dalam konteks teknik perkapalan, pendekatan kuantitatif memungkinkan estimasi material yang objektif, akurat, dan dapat diverifikasi secara teknis (Barrass & Derrett, 2020).

Penelitian ini berfokus pada pengumpulan data sekunder dari dokumen teknis kapal, termasuk *repair list*, *general arrangement*, dan *shell expansion plan* yang telah divalidasi melalui hasil *Ultrasonic Thickness Test (UTT)*. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan pendekatan matematis untuk menentukan kebutuhan material baik pelat baja maupun cat pada proses reparasi KMP Titian Murni. Pendekatan ini sejalan dengan praktik industri yang menekankan pada perhitungan teknis berbasis geometri struktur dan spesifikasi material (Watson, 2018).

Hasil penelitian yang dihasilkan berupa estimasi kuantitatif: jumlah kebutuhan material pelat dalam satuan lembar, serta kebutuhan material cat dalam satuan liter, yang dihitung berdasarkan luas permukaan kapal yang dirawat dan atau yang rencana direplating.

B. Subyek dan Variabel Penelitian

Subyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal KMP Titian Murni, dimana untuk data estimasi penggantian pelat yaitu pelat yang mengalami penipisian maksimal yang diperbolehkan BKI meliputi pelat *bottom* (20%), lambung (20%), geladak utama/cuaca (20%), geladak lainnya (30%) dan sekat (20%-30%). Sedangkan untuk data luasan pengecatan meliputi *area* luar bagian yang tercelup air (bawah garis air), *area* luar bagian atas garis air, *area ramp door* dan material pelat baru.

Dalam penelitian ini, variabel dikelompokkan menjadi dua jenis utama: variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*), sesuai dengan prinsip metodologi penelitian kuantitatif (Creswell, 2014).

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*) adalah variabel yang ditentukan atau dikendalikan dalam penelitian dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain (Sugiyono, 2022). Dalam penelitian ini, variabel bebas meliputi: a) Luas permukaan kapal yang akan dirawat atau diganti, berdasarkan hasil pengukuran dari *shell expansion* dan data UTT; b) Jenis material pelat yang akan digunakan untuk *replating* (yaitu pelat baja dengan ketebalan 6, 8, 10 dan 12 mm, sesuai spesifikasi BKI); dan c) Jenis cat pelindung yang akan diaplikasikan, mencakup *primer*, *anti-corrosion*, dan *anti-fouling*, yang dipilih berdasarkan standar lingkungan laut tropis (ISO 12944-5, 2018).
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*) adalah hasil yang diperoleh sebagai dampak dari variabel bebas (Creswell, 2014). Dalam penelitian ini, variabel terikat meliputi: a) Jumlah material pelat yang diperlukan untuk *replating*, dihitung dalam satuan lembar, menggunakan pelat ukuran panjang 20 feet lebar 6 feet; b) Volume cat yang dibutuhkan untuk seluruh area pengecatan, dinyatakan dalam liter; dan c) Nilai viskositas

(kekentalan) setiap jenis cat, yang menjadi parameter pendukung dalam menentukan metode aplikasi dan efisiensi konsumsi (Hempel, 2021).

C. Teknik Pengumpulan Data

Untuk memastikan validitas dan keandalan data, penelitian ini menggunakan dua teknik pengumpulan data utama:

1. Metode Dokumentasi, pengumpulan dan analisis dokumen teknis yang bersifat resmi dan aktual, meliputi: a) *Repair list* dari hasil inspeksi berkala, yang dibuat oleh *owner surveyor* dan dokumen ini divalidasi dengan data dari laporan *docking* sebelumnya.; b) *General arrangement* KMP Titian Murni; dan c) gambar *Shell expansion* yang ada sudah *approved* BKI sebagai acuan ketebalan pelat originalnya dan *shell expansion plan* yang telah diperbarui berdasarkan hasil *Ultrasonic Thickness Test* (UTT). *Ultrasonic Thickness Test* (UTT) merupakan salah satu pengujian tidak merusak yang bertujuan untuk mengetahui tebal dari suatu material, dengan menggunakan gelombang suara yang dipantulkan dan diterima oleh *probe* dan diubah ke data angka ketebalan material yang dapat dilihat di monitor. Kecepatan dari gelombang ultrasonik pada material yang berbeda tentu akan menghasilkan nilai yang beragam (Fajrin, A. dkk, 2022) Alat *ultrasonic test* ini perlu dikalibrasi, biasanya ada sertifikat kalibrasinya atau bisa dengan melakukan pengukuran ke pelat yang baru. Sebelum dilakukan pengukuran, permukaan pelat harus dibersihkan dari cat dan karat.
2. Metode Studi Literatur, bertujuan untuk memperoleh landasan teoritis dan metodologis yang mendukung perhitungan teknis. Sumber yang dikaji meliputi: a) Buku teks teknik perkapalan (Barrass & Derrett, 2020); b) Standar internasional seperti ISO 12944 (pelapisan anti-korosi) dan *IMO Guidelines*; c) Jurnal ilmiah tentang estimasi material reparasi kapal (Korros et al., 2020); dan c) Dokumen teknis dari produsen cat ternama seperti Hempel dan Jotun (Hempel, 2021; Jotun, 2023).

D. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara manual menggunakan perhitungan matematis dan pendekatan kuantitatif, tanpa bantuan perangkat lunak statistik, karena fokus penelitian adalah pada estimasi teknis, bukan pengujian hipotesis (Sugiyono, 2022).

1. Perhitungan Matematis: Data teknis seperti dimensi pelat, luas area kerusakan, dan spesifikasi cat dianalisis menggunakan persamaan teknik standar industri. Perhitungan mencakup: a) Luas permukaan area kerusakan (m^2); b) luas dan berat material pelat; dan c) Kebutuhan cat berdasarkan parameter lapisan kering (Watson, 2018).
2. Perhitungan Material Pelat yang Dibutuhkan

Kebutuhan pelat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\text{Jumlah Lembar} = \frac{\text{Total Luas Area Rusak (m}^2\text{)} \times (1 + \text{Waste Factor})}{\text{Luas Satu Lembar Pelat (m}^2\text{)}}$$

Dimensi standar lembaran pelat baja dalam industri perkapalan adalah 5'x20' dan 6'x20' (Barrass & Derrett, 2020). *Waste factor* (faktor kehilangan) sebesar 10% diterapkan untuk mengkompensasi potongan tidak efisien, kerusakan selama handling, dan toleransi teknis.

3. Estimasi Kebutuhan Cat

Konsumsi cat dihitung menggunakan rumus berbasis *Dry Film Thickness* (DFT) dan *Volume Solid* (VS), mengacu pada prinsip *Theoretical Spreading Rate* (TSR) dan *Practical Spreading Rate* (PSR):

$$\text{Kebutuhan Cat (liter)} = \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{DFT (}\mu\text{m)}}{10 \times \text{VS (1 - LF)}}$$

Nilai VS dan DFT diambil dari *technical data sheet* masing-masing produk cat, sementara *loss factor* (LF) ditambahkan untuk memperhitungkan kehilangan akibat *overspray*, permukaan kasar, dan limbah aplikasi (Hempel 2021; ISO 12944-5, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini menyajikan dan menganalisis hasil perhitungan yang diperoleh melalui metode kuantitatif yang berfokus pada estimasi kebutuhan material pelat dan cat untuk proses reparasi Kapal Ro-Ro KMP Titian Murni. Data yang digunakan dalam analisis ini berasal dari dokumen teknis kapal, termasuk *repair list*, *shell expansion*, dan hasil *Ultrasonic Thickness Test* (UTT), yang merupakan metode standar industri untuk mengukur ketebalan pelat (Fajrin, A. dkk, 2022).

KMP Titian Murni merupakan salah satu armada kapal milik PT Jembatan Nusantara yang beroperasi pada jalur penyeberangan feri yang melayani transportasi kendaraan dan penumpang antara dua pelabuhan besar merak – Bakauheni. Kapal ini memiliki ukuran utama kapal, panjang keseluruhan (LoA) 93,50 m, panjang per pendicular (LBP) 84,00 m, lebar (B) 15,80 m, tinggi (H) 5,45 m, sarat (T) 4,30, *gross rate tonnage* (GRT) 5011 ton, mesin induk 2 unit x 2310 HP. Ketebalan pelat berdasarkan data yang ada pada gambar bukaan kulit awal adalah pelat *bottom* 12 mm, lambung bawah 12 mm, lambung atas 10 mm, *main deck* dan *deck* untuk kendaraan 12 mm, tebal pelat geladak yang lain 8 mm dan 6 mm.

A. Analisis Kebutuhan Material Pelat

Tujuan utama dari estimasi material pelat adalah menentukan jumlah lembar pelat yang dibutuhkan untuk penggantian pelat kapal KMP Titian Murni berdasarkan luasan area yang mengalami kerusakan atau keausan yang terdeteksi melalui UTT. Perhitungan ini sangat penting untuk menghindari kerugian proyek akibat kelebihan atau kekurangan stok, serta untuk mencapai efektivitas dalam pengadaan material sebelum pekerjaan reparasi dimulai (Alfarizi, 2018; Barrass & Derrett, 2020).

1. Perhitungan Luasan dan Berat Pelat, Perhitungan kebutuhan pelat dilakukan dengan menghitung luas area kerusakan dan volume pelat, didasarkan pada ketebalan pelat yang digunakan pada KMP Titian Murni. Berdasarkan data ukuran rencana penggantian pelat yang terdapat pada *repair list* dan hasil pengukuran ketebalan pelat yang melebihi batas toleransi dari BKI, kemudian data tersebut dikelompokkan berdasarkan ketebalan pelat maka dapat dihasilkan luasan dan berat rencana *replating* sesuai tabel 1. Kebutuhan pelat terbanyak adalah pelat dengan tebal 12 mm dengan lokasi replating pada *bottom* dan lambung kapal serta pelat geladak yang digunakan untuk kendaraan dan hal ini masih wajar untuk kapal sekelas KMP Titian Murni. Prioritas penggantian pelat pada lokasi tersebut sangat berguna untuk menjaga performa kapal sendiri, pemenuhan klasifikasi (BKI) dan aspek keselamatan.

Tabel 1. Luas rencana penggantian pelat KMP.Titian Murni

Lokasi Replating	Material Pelat (mm)	Luas (m ²)	Berat (Kg)
Pelat dek D	6	9,05	426,26
Pelat dek A dan E	8	14,41	904,95
Pelat Lambung atas, sekat APT, dek B	10	46,51	3.651,04
Pelat bottom, lambung bawah, dek B	12	115,34	10.865,03
Jumlah		185,31	15.847,28

2. Penentuan Jumlah Lembar Pelat (Mempertimbangkan Faktor Kehilangan), Untuk memastikan pengadaan material yang cukup, perhitungan akhir harus memperhitungkan faktor

kehilangan (*waste factor*), yang merupakan estimasi material tambahan yang diperlukan untuk mengkompensasi kehilangan akibat proses pemotongan, toleransi teknis, dan kerusakan selama handling. Pada penelitian ini menggunakan pelat *marine mild steel grade A* sertifikat BKI ukuran 6'x20' dengan *waste factor* sebesar 15% untuk tebal plat 6, 8 dan 10 mm dan 5% untuk tebal pelat 12 mm karena sebagian besar replating berupa lembaran utuh. Dari perhitungan dan pertimbangan tersebut didapatkan 1 lembar pelat 6 mm, 2 lembar pelat 8 mm, 5 lembar pelat 10 mm and 11 lembar pelat 12 mm, sehingga jumlah lembaran pelat keseluruhan 19 lembar dengan total berat 17.853 kg.

Angka-angka ini merupakan hasil akhir yang dapat diandalkan dan siap digunakan sebagai acuan oleh pihak galangan kapal dalam proses pembelian dan perencanaan logistik material. Perhitungan kebutuhan material ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilaksanakan pada KMP Jokotole yang ukuran utama kapal jauh lebih kecil namun lebih muda dimana replating terbesarnya adalah pelat 8 mm.

B. Analisis Kebutuhan Material Cat

Estimasi kebutuhan material cat bertujuan untuk mengetahui volume cat yang dibutuhkan berdasarkan luas permukaan pengecatan, dengan mempertimbangkan faktor kehilangan cat (*loss factor*) dan spesifikasi teknis produk. Total area pengecatan yang dianalisis dalam studi ini mencapai 2265 m², yang terdiri dari *bottom*, *bottop*, dan *topside area* dan area *ramp door* bagian bawah serta material pelat baru masing-masing memerlukan sistem pelapisan yang berbeda sesuai dengan paparan lingkungan (ISO 12944-5, 2018). Lambung bawah air menggunakan 3 lapis, area atas air menggunakan 2 lapis cat dan material pelat baru dicat primer 1 lapis, serta pelat baru bagian luar deck dicat 2 lapis.

Semakin tebal lapisan cat tidak selalu meningkatkan perlindungan terhadap laju korosi, tetapi justru dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat *coating* yang dapat menurunkan perlindungan pada material (Aji, A. B., Santosa, A. W. B., & Mulyatno, I. P., 2024). Merek cat yang digunakan berdasarkan permintaan *owner* kapal adalah merek PPG. Untuk itu ketebalan pengecatan pada KMP Titian Murni ini disesuaikan dengan rekomendasi dari *marker* cat PPG *marine paint*. Ketebalan pengecatan ini sangat berpengaruh terhadap kebutuhan material cat. Ketebalan pengecatan sesuai rekomendasi *marker* cat dan sudah ada dalam *repair list* pada masing-masing lokasi dapat dilihat pada tabel 2.

1. Parameter Teknis dan Perhitungan

Perhitungan kebutuhan cat didasarkan pada parameter teknis utama yang diambil dari *Technical Data Sheet* (TDS) produk, yaitu: a) *Volume Solid* (VS): persentase padatan dalam cat yang membentuk lapisan kering; b) *Dry Film Thickness* (DFT): ketebalan lapisan kering yang direkomendasikan untuk perlindungan optimal; c) Faktor Kehilangan (*Loss Factor*): estimasi kehilangan material selama aplikasi. Cat yang digunakan pada KMP Titian Murni adalah merek PPG *marine paint*, diantaranya Sigmacover 380 (*epoxy primer*), Sigmacover 555 (*sealer*), Sailadvance RX (*anti-fouling*), dan Sigmadur 550 (*topcoat polyurethane*), yang merupakan sistem pelapisan standar untuk kapal Ro-Ro di perairan tropis (PPG, 2022); d) Faktor Kehilangan Cat: Penelitian ini menggunakan faktor kehilangan sebesar 30%, yang merupakan angka konservatif untuk aplikasi di luar ruangan (*open yard*) dengan kondisi berangin dan penggunaan metode *airless spray* sesuai rekomendasi produsen (Hempel, 2021; Jotun, 2023); dan d) Aplikasi Lapisan: Perhitungan cat pada area *topside* (300 m²) dan *Ramp door* (87 m²) menggunakan 2 lapisan cat (*primer + top coat*), sementara area *bottom* dan *bottop* (1455 m²) menggunakan 3 lapisan (*primer + sealer + anti-fouling*), material pelat baru dicat primer 1 lapis (378 m²), serta pelat baru bagian luar deck dicat 2 lapis (45 m²), sesuai dengan standar perlindungan korosi untuk kapal yang beroperasi di lingkungan laut tropis (ISO 12944-5, 2018; BKI, 2019).

Berdasarkan data luasan pengecatan pada *repair list* yang telah divalidasi dengan data laporan *docking* KMP Titian Murni tahun sebelumnya, luasan material pelat baru hasil estimasi kebutuhan material dan plot lokasi *replating*, dan *product data sheet* (PDS) cat PPG didapatkan data-data seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data pengecatan KMP.Titian Murni berdasarkan *repair list* dan PDS

Lokasi (Area)/Item pengecatan	DFT (mikron)	Luas (m ²)	VS (%)
a. <i>Bottom + Bottop</i> (BGA area)			
- Pengecatan AC Primer x 1 lapis	175	1455	80
- Pengecatan AC Sealer x 1 lapis	75	1455	56
- Pengecatan AF x 1 lapis	150	1455	54
Total ketebalan pengecatan BGA	400		
b. <i>Top side</i> (AGA area)			
- Pengecatan AC Primer x 1 lapis	150	300	80
- Pengecatan <i>Finish Coat – Red</i> x 1 lapis	75	300	55
Total ketebalan pengecatan AGA	225		
c. <i>Ramp Door</i> haluan dan buritan bagian bawah			
- Pengecatan AC Primer x 1 lapis	150	87	80
- Pengecatan <i>Finish Coat - Green</i> x 1 lapis	75	87	55
Total ketebalan pengecatan Ramp door	225		
d. Material pelat baru sebelum dipasang			
- Pengecatan AC Primer x 1 lapis	150	423	80
- Pengecatan <i>Finish Coat - Green</i> x 1 lapis	75	45	55
Total ketebalan pelat baru	225		

2. Hasil Kebutuhan Cat

Setelah menerapkan persamaan konsumsi cat berbasis DFT dan VS, berdasarkan data tabel 2 serta dengan menambahkan faktor kehilangan akibat kondisi lingkungan, *replating* dan lainnya (*loss factor*) sebesar 30%, diperoleh hasil estimasi kebutuhan cat merk PPG marine paint dapat dilihat pada tabel 3. Sedangkan untuk estimasi thinner diambil 5% dari total material cat dan hasilnya disesuaikan dengan *packing size* 5 liter per kaleng (galon)

Tabel 3. Hasil estimasi kebutuhan material cat PPG

Jenis Material Cat/Thinner	Volume (Liter)	Pail (20 liter)	Galon (5 liter)
Sigmacover 380 (Grey - Primer)	680	34	-
Sigmacover 555 (Black - Sealer)	280	14	-
Sailadvance RX (Red Brown - AF)	580	29	-
Sigmadur 550 (Red – Topcoat/TC)	60	3	-
Sigmadur 550 (Green – Topcoat/TC)	30	1	2
Jumlah material Cat	1630	81	2
Thinner 91-92	50	-	10
Thinner 21-06	35	-	7
Jumlah Thinner	85	0	17

Estimasi total kebutuhan material cat sebesar 1.630 liter (81 pail, 2 galon) dan kebutuhan thinner sebesar 85 liter (17 galon) memiliki signifikansi tinggi karena berfungsi sebagai dasar perencanaan anggaran, pengadaan logistik, dan penjadwalan pekerjaan pengecatan di galangan kapal. Ketepatan estimasi ini sejalan dengan prinsip efisiensi material dan pengendalian biaya dalam manajemen proyek reparasi kapal (Korros *et al.*, 2020).

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan estimasi kebutuhan material yang akurat untuk reparasi Kapal Ro-Ro KMP Titian Murni melalui pendekatan kuantitatif dan perhitungan matematis. Berdasarkan analisis data teknis dari *repair list*, *shell expansion*, dan *hasil Ultrasonic Thickness Test*, diperoleh bahwa :

- kebutuhan material pelat 6'x20' adalah 1 lembar pelat 6 mm, 2 lembar pelat 8 mm, 5 lembar pelat 10 mm and 11 lembar pelat 12 mm, sehingga jumlah lembaran pelat keseluruhan 19 lembar dan berat keseluruhan 17.853 kg
- kebutuhan material cat merek PPG untuk area pengecatan bottom, bottop, topside ramp door bawah dan pelat baru dengan *lost factor 30% dan 5% Thinner* serta memperhatikan *packing size* didapatkan material cat 1.630 liter (81 pail, 2 galon) dan *thinner* sebesar 85 liter (17 galon).

Estimasi ini memiliki signifikansi tinggi dalam mendukung efektivitas, efisiensi, dan ketepatan waktu pengadaan material di galangan kapal, sekaligus mencegah keterlambatan proyek akibat kekurangan stok.

Model perhitungan ini dapat meningkatkan akurasi estimasi berbasis parameter teknis, dapat digunakan sebagai dasar perencanaan docking, dapat direplikasi untuk reparasi kapal lain yang memiliki kejelasan data *repair list*. Integrasi standar klasifikasi dan ISO dapat membuat pendekatan lebih komprehensif

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A. B., Santosa, A. W. B., & Mulyatno, I. P. (2024). Analisa pengaruh variasi ketebalan serta jenis coating pada pelat baja ss400 terhadap laju korosi dan uji adhesi. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(2).
- Alfarizi, I. F. (2018). *Perhitungan Kebutuhan Pelat, Jam Orang dan Biaya Proses Replating Lambung Kapal Penumpang* (Doctoral dissertation, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- Barrass, C. B., & Derrett, D. R. (2020). *Ship Construction (8th ed.)*. Butterworth-Heinemann.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). (2021). *Rules for the Classification of Steel Ships*. Jakarta: BKI.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). (2019). *Guidance For Classification and Construction-Part 1 Seagoing Ship-Volume G-Guidance for The Corrosion Protection and Coating Systems: Vol. G*.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Fauzi, I., & Ardiansyah, F. (2024). Analisis Kebutuhan Material Blasting dan Painting Pada Reparasi Pengecatan Lambung Kapal Tongkang PSB 3002. *Techno Bahari*, 11(1), 50-58.
- Fajrin, A., Mutiarani, M., Ariyanto, N. P., & Wissesa, W. (2022). Identifikasi Tebal Plat Lambung Kapal Tanker Tyche IMO 8794891 Dengan Ultrasonic Thicness Gauge. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)*, 4(2), 69-73
- Hempel. (2021). *Technical Manual: Marine Coatings*. Hempel A/S. <https://www.hempel.com>
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 12944-5: Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5:

Protective paint systems.

- Jotun. (2023). *Marine Technical Handbook*. Jotun Group. <https://www.jotun.com>
- Korros, A., Prasetyo, A., & Wibowo, R. (2020). Analisis Laju Korosi pada Pelat Lambung Kapal di Perairan Indonesia. *Jurnal Teknik Kelautan Indonesia*, 8(1), 33–47.
- PPG Industries. (2022). Marine Coatings Technical Data Sheets: Sigmacover 380, Sigmadur 550, Sailadvance RX. <https://www.ppg.com>
- Prasetyo, M. R. (2020). *Analisa Laju Korosi Pada Pelat Lambung Kapal Spob Cepu I Dan Prosedur Replating* (Doctoral dissertation, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- Purnawati, R., Jokosisworo, S., & Yudo, H. (2020). Pengaruh Salinitas Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja SS 400 pada Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(2), 175-181.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Watson, P. (2018). *Marine Corrosion and Prevention*. The Royal Institution of Naval Architects.
- Wibowo, H. (2019). *Model Estimasi Kebutuhan Cat untuk Reparasi Kapal Tanker Berbasis Dry Film Thickness*. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.