

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri perkapalan memiliki peranan penting dalam transportasi laut, distribusi barang, serta kegiatan ekonomi maritim. Kapal digunakan dalam berbagai aktivitas seperti pengangkutan logistik, perikanan, hingga kegiatan offshore. Agar kapal dapat beroperasi dengan aman, struktur kapal harus memiliki kekuatan yang baik serta mampu menahan berbagai beban selama pelayaran maupun saat sandar di Pelabuhan (Tekgoz & Garbatov, 2021a).

Salah satu bagian utama pada kapal adalah lambung kapal. Lambung kapal berfungsi sebagai struktur utama yang menahan beban air laut, beban muatan, serta beban gelombang. Selain itu, lambung juga berperan menjaga bentuk dan kekuatan keseluruhan kapal. Karena posisinya yang langsung bersentuhan dengan air laut, bagian ini sangat rentan mengalami kerusakan, terutama akibat korosi (Budiyanto, 2021).

Korosi merupakan proses kerusakan material logam yang disebabkan oleh reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya, terutama air laut yang mengandung garam dan oksigen. Dalam dunia perkapalan, korosi menjadi salah satu penyebab utama penurunan kualitas struktur kapal. Jika tidak ditangani dengan baik, korosi dapat mengurangi ketebalan pelat baja serta menurunkan kekuatan struktur kapal secara bertahap (Bambang Dianna et al., 2025).

Salah satu jenis korosi yang sering terjadi pada lambung kapal adalah *Uniform Corrosion* atau korosi merata. Korosi jenis ini terjadi secara perlahan dan menyebar di seluruh permukaan material. Meskipun terlihat sederhana karena tidak menimbulkan kerusakan lokal yang ekstrem, *Uniform Corrosion* dapat menyebabkan pengurangan ketebalan pelat secara menyeluruh, sehingga berdampak langsung pada kemampuan struktur dalam menahan beban (Woloszyk & Garbatov, 2022a).

Penurunan ketebalan pelat akibat korosi dapat memengaruhi perilaku struktur kapal, terutama saat menerima beban maksimum. Struktur yang telah mengalami pengurangan ketebalan cenderung lebih mudah mengalami deformasi atau perubahan bentuk. Dalam kondisi tertentu, struktur bahkan dapat mengalami kegagalan seperti buckling atau keruntuhan jika beban yang diterima melebihi kapasitas kekuatannya (Ikbal et al., 2022).

Konsep *Ultimate Strength* digunakan untuk mengetahui batas kemampuan maksimum suatu struktur sebelum mengalami kegagalan. Analisis *ultimate strength* sangat penting dalam dunia perkapalan karena dapat memberikan gambaran tentang seberapa kuat struktur kapal mampu menahan beban ekstrem. Dengan mengetahui nilai *ultimate strength*, perancang kapal dapat mengevaluasi tingkat keamanan struktur yang telah mengalami korosi (Tekgoz & Garbatov, 2021b).

Seiring berkembangnya teknologi, metode analisis struktur tidak lagi hanya dilakukan secara manual. Saat ini, metode numerik seperti *Finite Element Analysis* (FEA) banyak digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur kapal. Metode ini memungkinkan simulasi kondisi nyata secara detail, termasuk perubahan ketebalan pelat akibat korosi serta pengaruhnya terhadap distribusi tegangan dan deformasi struktur (Park & Yi, 2024).

FEA memberikan banyak keuntungan karena mampu menampilkan respon struktur secara visual dan detail. Dengan metode ini, peneliti dapat melihat bagian struktur yang mengalami tegangan tinggi, area yang berpotensi mengalami kegagalan, serta perubahan perilaku struktur akibat variasi kondisi material. Hal ini membuat

analisis menjadi lebih akurat dan efisien dibandingkan metode konvensional (Nirmalkar, 2025).

Dalam praktiknya, banyak kapal yang tetap beroperasi meskipun telah mengalami penurunan kualitas material akibat korosi. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *Uniform Corrosion* terhadap kekuatan struktur kapal. Analisis ini dapat membantu menentukan apakah struktur masih aman digunakan atau sudah memerlukan perbaikan maupun penggantian material (Momčilović et al., 2024).

Penelitian mengenai pengaruh korosi terhadap *Ultimate Strength* struktur kapal menjadi penting untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional kapal. Dengan memahami hubungan antara tingkat korosi dan kekuatan struktur, pemilik kapal serta galangan dapat membuat keputusan yang lebih tepat terkait perawatan, inspeksi, dan perpanjangan umur kapal (Woloszyk & Garbatov, 2022b).

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu studi numerik yang mampu menganalisis pengaruh *Uniform Corrosion* terhadap perilaku *Ultimate Strength* pada bagian lambung kapal. Penggunaan metode *Finite Element Analysis* diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai perubahan kekuatan struktur akibat penurunan ketebalan material (Nouri et al., n.d.).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai dampak korosi merata terhadap kekuatan maksimum struktur lambung kapal. Hasil penelitian juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, maupun praktisi perkapalan dalam merancang struktur kapal yang lebih aman serta dalam menentukan strategi perawatan kapal yang efektif (Nouri et al., n.d.).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana memodelkan kondisi uniform corrosion pada struktur *double bottom* kapal *bulk carrier* menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) di Abaqus?
2. Bagaimana pengaruh variasi tingkat korosi terhadap nilai *ultimate bending moment* struktur *double bottom* pada kondisi hogging dan sagging?
3. Seberapa besar persentase penurunan *ultimate strength* struktur *double bottom* dibandingkan dengan kondisi *intact* pada setiap variasi korosi?
4. Bagian struktur mana yang paling kritis atau mengalami tegangan maksimum akibat pengaruh *Uniform Corrosion* berdasarkan hasil simulasi FEA?

1.3 Tujuan

1. Mengembangkan model numerik struktur *double bottom* kapal *bulk carrier* yang mengalami uniform corrosion menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) pada Abaqus.
2. Mengevaluasi pengaruh variasi tingkat korosi terhadap kapasitas *ultimate bending moment* struktur *double bottom* pada kondisi hogging dan sagging.
3. Mengkaji besarnya penurunan *ultimate strength* struktur *double bottom* akibat peningkatan tingkat korosi dibandingkan kondisi *intact*.
4. Menentukan lokasi kritis berdasarkan distribusi tegangan Von Mises maksimum yang terjadi pada struktur *double bottom* akibat uniform corrosion.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Penelitian difokuskan pada analisis struktur bagian lambung kapal sebagai objek kajian tanpa membahas keseluruhan struktur kapal secara global.

2. Jenis kerusakan yang dianalisis hanya *Uniform Corrosion* (korosi merata) dengan asumsi pengurangan ketebalan pelat terjadi secara seragam.
3. Material struktur yang digunakan dalam pemodelan diasumsikan homogen, isotropik, dan memiliki sifat mekanik konstan sesuai data material yang dipilih (misalnya baja struktural kapal).
4. Analisis dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) berbasis simulasi numerik tanpa pengujian eksperimen secara langsung.
5. Pembebanan yang digunakan merupakan beban statik yang disederhanakan sesuai kebutuhan analisis *Ultimate Strength* dan tidak mempertimbangkan beban dinamis secara kompleks.
6. Analisis tidak mempertimbangkan pengaruh korosi lokal seperti pitting corrosion, crevice corrosion, atau retak akibat kelelahan material (fatigue).
7. Kondisi batas (boundary condition) dan tumpuan struktur disederhanakan sesuai asumsi pemodelan numerik.
8. Analisis difokuskan pada perilaku tegangan, deformasi, serta nilai *Ultimate Strength* tanpa membahas aspek ekonomi, biaya perawatan, maupun manajemen operasional kapal.
9. Pengaruh suhu, getaran, serta faktor lingkungan lain di luar korosi tidak dimasukkan dalam pemodelan.
10. Perangkat lunak FEA yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian dan keterbatasan simulasi yang tersedia.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Teoritis:

1. Memberikan tambahan pengetahuan di bidang rekayasa struktur perkapalan, khususnya mengenai pengaruh *Uniform Corrosion* terhadap perilaku *Ultimate Strength* pada bagian lambung kapal.
2. Menjadi referensi ilmiah bagi mahasiswa dan peneliti yang ingin mengkaji kekuatan struktur kapal menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA).
3. Memberikan pemahaman mengenai hubungan antara pengurangan ketebalan pelat akibat korosi dengan perubahan distribusi tegangan dan deformasi struktur.
4. Mendukung pengembangan metode analisis numerik dalam evaluasi kekuatan struktur kapal yang telah mengalami degradasi material.
5. Menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan terkait analisis kekuatan sisa (residual strength) dan umur pakai struktur kapal.

Manfaat Praktis:

1. Memberikan gambaran kepada praktisi perkapalan mengenai dampak *Uniform Corrosion* terhadap kekuatan struktur lambung kapal.
2. Membantu galangan kapal dan pemilik kapal dalam menentukan strategi inspeksi dan perawatan struktur yang mengalami penurunan ketebalan akibat korosi.
3. Menjadi bahan pertimbangan dalam evaluasi kelayakan struktur kapal yang telah beroperasi dalam jangka waktu lama.
4. Membantu perancang kapal dalam memahami batas kekuatan struktur sehingga dapat meningkatkan faktor keselamatan desain.
5. Memberikan informasi mengenai area struktur yang berpotensi mengalami kegagalan sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan lebih dini.

1.6 Rencana Luaran Penelitian

1. Paper publikasi jurnal nasional terakreditasi yang berjudul *Studi Numerik Pengaruh Uniform Corrosion Terhadap Perilaku Ultimate Strength Dengan Variasi Korosi*

Bagian *Double Bottom Kapal Menggunakan Metode Finite Element Analysis* saat ini masih dalam proses publikasi dan direncanakan akan dipublikasikan pada Jurnal Mekanika Universitas Sebelas Maret (UNS).

2. HAKI poster berjudul Studi Numerik Pengaruh Uniform Corrosion Terhadap Perilaku Ultimate Strength Dengan Variasi Korosi Bagian *Double Bottom Kapal Menggunakan Metode Finite Element Analysis* dalam proses penerbitan tahap pengajuan di Direktorat Inovasi, Hilirisasi, dan Kerja Sama (Dirinovki) Universitas Diponegoro.