

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi numerik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa uniform corrosion pada struktur *double bottom* kapal bulk carrier memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perilaku ultimate strength struktur. Pemodelan korosi dilakukan dengan mengurangi ketebalan elemen struktur sesuai tingkat korosi yang ditinjau, sehingga mampu merepresentasikan kondisi degradasi material akibat paparan lingkungan laut secara realistis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA).

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan tingkat korosi menyebabkan penurunan kapasitas *ultimate bending* moment baik pada kondisi hogging maupun *sagging*. Semakin besar tingkat korosi, semakin besar pula pengurangan luas penampang efektif yang berperan dalam menahan beban lentur memanjang kapal. Akibatnya, kemampuan struktur *double bottom* untuk menahan beban maksimum sebelum mengalami kegagalan plastis menjadi lebih rendah dibandingkan kondisi utuh (*intact*). Pada kondisi intact diperoleh *ultimate bending* moment sebesar sekitar $4,1 \times 10^9$ Nm untuk hogging dan $5,6 \times 10^9$ Nm untuk *sagging*, sedangkan pada kondisi terkorosi nilai tersebut mengalami penurunan secara bertahap seiring meningkatnya tingkat korosi.

Distribusi tegangan von Mises menunjukkan adanya konsentrasi tegangan pada area pertemuan pelat alas, side girder, dan elemen penegar. Area tersebut menjadi lokasi kritis yang berpotensi mengalami deformasi plastis terlebih dahulu akibat kombinasi pengaruh pembebanan dan penurunan ketebalan material. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa uniform corrosion pada daerah *double bottom* berpengaruh langsung terhadap penurunan kekuatan ultimate struktur kapal, sehingga perlu diperhitungkan dalam evaluasi integritas struktur, perencanaan inspeksi, serta penentuan strategi perawatan untuk menjaga keselamatan dan keandalan operasional kapal.

5.2 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil yang diperoleh. Analisis dilakukan menggunakan metode numerik berbasis Finite Element Analysis (FEA) dengan perangkat lunak Abaqus tanpa validasi melalui pengujian eksperimental maupun pengukuran langsung pada struktur kapal. Model korosi yang digunakan hanya berupa uniform corrosion yang direpresentasikan melalui pengurangan ketebalan material secara merata, sehingga pengaruh korosi lokal seperti pitting corrosion, crevice corrosion, maupun bentuk korosi lainnya tidak dipertimbangkan. Selain itu, penelitian ini hanya difokuskan pada struktur *double bottom* kapal bulk carrier, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat menggambarkan perilaku keseluruhan struktur lambung kapal secara global. Material baja AH36 juga diasumsikan bersifat homogen, isotropik, dan memiliki sifat mekanik yang konstan selama proses simulasi.

Di samping itu, pembebanan yang diterapkan dalam penelitian ini terbatas pada kondisi lentur statik berupa hogging dan *sagging*, sehingga pengaruh beban dinamis akibat gelombang, getaran, tumbukan, maupun kondisi operasional kapal yang lebih kompleks belum diperhitungkan. Faktor lingkungan seperti temperatur, kelembapan, salinitas air laut, dan laju korosi yang berubah terhadap waktu juga tidak dimasukkan ke dalam pemodelan. Evaluasi struktur

hanya difokuskan pada distribusi tegangan Von Mises, deformasi, ultimate bending moment, dan ultimate strength tanpa membahas aspek kelelahan material (fatigue), propagasi retak, maupun prediksi umur sisa struktur. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan model yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan berbagai faktor operasional dan lingkungan agar hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi aktual kapal secara lebih akurat.

5.3 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya mengembangkan model korosi yang lebih kompleks, seperti *pitting corrosion*, *grooving corrosion*, atau kombinasi beberapa jenis korosi yang lebih mendekati kondisi aktual pada struktur kapal. Selain itu, cakupan area korosi dapat diperluas tidak hanya pada bagian *double bottom*, tetapi juga pada komponen struktur lain seperti *side shell*, *deck*, dan *hopper tank* untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai pengaruh korosi terhadap kekuatan global kapal.

Penelitian berikutnya juga disarankan untuk melakukan validasi hasil simulasi numerik dengan data eksperimen atau hasil pengukuran lapangan sehingga tingkat akurasi model dapat ditingkatkan. Penggunaan variasi material, kondisi pembebanan yang lebih kompleks, serta analisis nonlinier yang mempertimbangkan pengaruh imperfection, fatigue, dan kondisi operasional kapal juga perlu dilakukan untuk menghasilkan evaluasi *ultimate strength* yang lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam penyusunan strategi inspeksi dan perawatan struktur kapal guna meminimalkan dampak korosi terhadap keselamatan dan umur layan kapal.