

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses simulasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan Maxsurf Stability dan *Maxsurf Motions*, yang mana menggunakan variasi dari segi muatan kapal, arah serta kecepatan arus gelombang, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian stabilitas pada model kapal pada kondisi keadaan awal tidak ada air laut masuk, keadaan air laut pada geladak kendaraan 10%, keadaan air laut pada geladak kendaraan 20%, keadaan air laut pada geladak kendaraan 30%, keadaan air laut pada geladak kendaraan 40% memiliki nilai jarak vertikal pusat gravitasi KG (*keel to gravity*) terbesar pada kondisi keadaan awal tidak ada air laut masuk dengan nilai KG sebesar 4,286 m dan nilai jarak paling kecil adalah keadaan air laut pada geladak kendaraan 40% dengan nilai sebesar 3,42 m. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada meningkatnya berat air laut pada dek kendaraan, nilai jarak KG akan semakin mengecil dan semakin sulit untuk mengembalikan kapal ke keadaan stabil.
2. Analisis stabilitas kapal menunjukkan bahwa bertambahnya genangan air laut di dek kendaraan menyebabkan peningkatan titik berat vertikal kapal (KG) secara signifikan. Nilai KG meningkat dari 4,898 m pada Keadaan 1 (0% air laut) menjadi 5,061 m pada Keadaan 2 (10%), 5,143 m pada Keadaan 3 (20%), 5,198 m pada Keadaan 4 (30%), dan mencapai 5,307 m pada Keadaan 5 (40%). Peningkatan KG ini berdampak langsung pada penurunan nilai GM serta berkurangnya luas kurva GZ. Pada Keadaan 1 hingga Keadaan 3, kapal masih memiliki nilai GM positif dan memenuhi kriteria stabilitas utuh. Namun, pada Keadaan 4 dan Keadaan 5, penurunan stabilitas menjadi signifikan sehingga kapal berada pada kondisi kritis dan berpotensi kehilangan kemampuan untuk kembali ke posisi tegak.
3. Hasil analisis Olah Gerak Kapal menunjukkan bahwa respons olah gerak kapal meningkat seiring dengan bertambahnya nilai KG dan persentase air laut di dek kendaraan. Gerakan *pitch* merupakan gerakan paling dominan, terutama pada arah datang gelombang 90° (*beam sea*). Peningkatan KG dari

4,898 m menjadi 5,307 m menyebabkan amplitudo gerakan *heave*, *pitch*, dan terutama *pitch* menjadi lebih besar, sehingga memperburuk karakteristik dinamis kapal dan meningkatkan risiko kehilangan stabilitas pada kondisi gelombang tertentu.

4. Analisis Motion Sickness Incidence (MSI) menunjukkan bahwa pada kondisi gelombang rendah dengan kecepatan angin 6 knot dan tinggi gelombang 0,203 m, nilai percepatan vertikal RMS di seluruh lokasi pengamatan berada pada kisaran 0–0,003 m/s<sup>2</sup>, yang masih jauh di bawah batas ketidaknyamanan berat berdasarkan standar ISO 2631 untuk eksposur 30 menit, 2 jam, maupun 8 jam. Pada kondisi gelombang yang lebih tinggi dengan kecepatan angin 10 knot dan tinggi gelombang 0,565 m, nilai percepatan vertikal RMS meningkat hingga sekitar 0,08–0,09 m/s<sup>2</sup>, namun masih berada di bawah ambang MSI 10% (0,46 m/s<sup>2</sup>) dan MSI 20% (0,76 m/s<sup>2</sup>) untuk eksposur selama 2 jam, sehingga dari aspek kenyamanan manusia kondisi tersebut masih tergolong dapat diterima.
5. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kenaikan KG akibat genangan air laut di dek kendaraan merupakan faktor utama penurunan stabilitas kapal, sementara respons Olah Gerak Kapal dan MSI berperan sebagai faktor pendukung yang memperburuk kondisi operasional. Kombinasi antara kenaikan KG hingga 5,307 m, penurunan GM, serta respon *pitch* yang besar pada arah *beam sea* menyebabkan kapal berada pada kondisi tidak aman dan berpotensi mengalami kegagalan stabilitas.
6. Keadaan bukaan pada sisi kiri rampa buritan kapal yang tingginya mencapai 70 centimeter menyebabkan air laut masuk ke geladak kendaraan menjadi beban tambahan untuk kapal dan menyebabkan *free surface effect*.

## 5.2 Saran

Agar penelitian dalam menyelidiki penyebab utama kecelakaan kapal saat pelayaran diperlukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Modifikasi pada ruang muat kendaraan buritan harus memerhatikan kondisi keselamatan kapal dengan berpedoman terhadap buku stabilitas kapal.
2. Untuk muatan pada kapal agar selalu diikat sehingga tidak menyebabkan ketidakseimbangan pada kapal saat pelayaran.
3. Analisis dapat diperluas dengan mengevaluasi kriteria Olah Gerak Kapal berdasarkan standar internasional seperti ISO 2631, NORDFORSK, atau ITTC, sehingga tingkat kenyamanan dan keselamatan kapal dapat dinilai secara kuantitatif.
4. Perlu dilakukan kajian pengaruh kecepatan kapal dan kondisi muatan (loading condition) terhadap respon gerakan, karena kedua parameter tersebut sangat memengaruhi karakteristik dinamis kapal.
5. penerapan sekat pembatas transversal guna mengurangi efek permukaan bebas apabila terjadi genangan air laut pada dek kapal