

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini mulai dari pengumpulan dan verifikasi data lapangan, perhitungan beban desain, analisis *section modulus*, perancangan profil *frame modified*, hingga evaluasi kelayakan ekonomi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Profil *web frame existing* pada *upper Car Deck* (T 550 × 10 FP 200 × 16 mm) terbukti berada dalam kondisi *over-designed* dengan nilai *section modulus* aktual sebesar 2.356 cm³, atau 125% di atas nilai minimum yang disyaratkan BKI 2025 sebesar 1.047 cm³. Setelah dilakukan redesain menjadi profil T 250 × 10 FP 240 × 16 mm — dengan pengurangan tinggi *web plate* dari 550 mm menjadi 250 mm dan pelebaran *face plate* dari 200 mm menjadi 240 mm — diperoleh nilai *section modulus* aktual sebesar 1.560 cm³. Nilai ini tetap melampaui persyaratan minimum BKI 2025 dengan margin keamanan 48,9%, sehingga profil *frame modified* dinyatakan **memenuhi persyaratan kekuatan struktur** sesuai aturan kelas.
2. Pengurangan tinggi *web plate* sebesar 300 mm menghasilkan penambahan ruang vertikal (*clearance*) yang memungkinkan peningkatan kapasitas parkir kendaraan pada *upper Car Deck*. Berdasarkan perhitungan tata letak dan dimensi standar kendaraan roda empat, penambahan *clearance* tersebut menghasilkan **penambahan kapasitas muatan sebesar 7 unit kendaraan roda empat per trip**. Penambahan kapasitas ini telah diimplementasikan secara nyata pada dan diverifikasi oleh Surveyor BKI selama proses *docking* di Graving Dock dan dibuktikan secara nyata dengan menampilkan kondisi aktual lapangan setelah pengerjaan, menegaskan bahwa peningkatan kapasitas dapat dicapai sepenuhnya dengan tetap memenuhi persyaratan kekuatan struktur sesuai kelas.
3. Analisis kelayakan ekonomi menggunakan empat metode — *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PP), dan *Break-Even Point* (BEP) — pada tingkat *occupancy* dasar 70% dan tingkat diskonto 12% menunjukkan hasil sebagai berikut: NPV sebesar Rp 11,66 miliar (positif, layak); IRR sebesar 197,7% (jauh di atas WACC 12%, layak); *Payback Period* ±6,1 bulan (kurang dari 1 tahun operasi, sangat layak); dan BEP tercapai pada 340 *trip* atau *occupancy* minimum

6,27%. Analisis sensitivitas terhadap berbagai tingkat *occupancy* (40%–100%) dan tiga skenario biaya inkremental (0%, 3%, 5%) menunjukkan bahwa proyek tetap layak secara ekonomi pada seluruh skenario yang diuji. Dengan biaya investasi awal sebesar Rp 1.146.258.186, proyek modifikasi *web frame* dinyatakan **LAYAK secara ekonomi** dan memberikan tingkat pengembalian yang sangat signifikan.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, beberapa saran diajukan untuk keperluan pengembangan penelitian selanjutnya maupun implementasi praktis di industri perkapalan.

1. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan *section modulus* manual sebagai satu-satunya pendekatan analisis struktural. Untuk memperoleh validasi yang lebih komprehensif, disarankan penelitian lanjutan melakukan verifikasi hasil menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) dengan perangkat lunak seperti ANSYS atau Abaqus, sehingga distribusi tegangan aktual pada profil *frame modified* dapat diamati secara lebih mendetail, termasuk pada titik-titik kritis seperti sambungan *bracket* dan area transisi profil.
2. Penelitian ini tidak mencakup analisis stabilitas kapal pasca modifikasi. Mengingat modifikasi *web frame* berdampak pada pengurangan berat struktur sebesar 4,23 ton dan penambahan muatan 7 kendaraan, disarankan dilakukan analisis stabilitas menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Stability* untuk memverifikasi bahwa kondisi *GM* (metacentric height) dan kurva lengan tegak (*GZ curve*) kapal setelah modifikasi tetap memenuhi persyaratan IMO MSC.267(85) dan peraturan stabilitas BKI yang berlaku.
3. Penelitian ini dibatasi pada satu kapal dengan konfigurasi spesifik (GRT 13.413 ton, rute Merak–Bakauheni). Disarankan penelitian serupa dilakukan pada kapal Ro-Ro dengan ukuran dan konfigurasi yang berbeda misalnya kapal berukuran lebih kecil (GRT 5.000–8.000 ton) atau yang beroperasi pada rute dengan kondisi gelombang lebih ekstrem untuk menguji generalitas pendekatan optimalisasi *section modulus* ini pada konteks yang lebih luas.
4. Dari perspektif industri, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan oleh pemilik kapal dan galangan dalam merencanakan modifikasi serupa pada kapal-kapal Ro-Ro yang beroperasi di Indonesia, terutama yang memiliki kondisi *over-designed* pada

komponen struktural tertentu. Namun demikian, setiap implementasi tetap harus melalui proses evaluasi individual terhadap masing-masing kapal, mengingat perbedaan kondisi operasional, usia kapal, dan spesifikasi teknis yang dapat memengaruhi hasil analisis.

5. Analisis kelayakan ekonomi dalam penelitian ini menggunakan data tarif dan asumsi *occupancy* yang bersifat aktual per April 2026. Mengingat fluktuasi tarif penyeberangan dan kondisi pasar transportasi laut yang dinamis, disarankan dilakukan pembaruan analisis ekonomi secara berkala khususnya apabila terdapat perubahan kebijakan tarif atau perubahan harga bahan bakar yang signifikan agar proyeksi kelayakan finansial tetap relevan dengan kondisi operasional terkini.