



TUGAS AKHIR

“OPTIMALISASI *FRAME UPPER CAR DECK* SEBAGAI UPAYA PENAMBAHAN MUATAN KAPAL STUDI KASUS: FERRY RORO RUTE PELAYARAN MERAK - BAKAUHENI“

Diajukan untuk memenuhi sebagai
persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Terapan

Disusun oleh :

Reikhan Abiyoga Arini Putra
40040421650010

Dosen Pengampu :

Zulfaidah Ariany, S.T.,M.T.

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Reikhan Abiyoga Arini Putra

NIM : 40040421650010

Judul Tugas Akhir : OPTIMALISASI FRAME UPPER *CAR DECK* SEBAGAI UPAYA PENAMBAHAN MUATAN KAPAL STUDI KASUS: FERRY RORO RUTE PELAYARAN MERAK - BAKAUHENTI

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, dan pemaparan asli saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena Tugas Akhir ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Semarang, 23 April 2026

Yang membuat pernyataan



Reikhan Abiyoga Arini Putra

40040421650010

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI *FRAME UPPER CAR DECK* SEBAGAI UPAYA
PENAMBAHAN MUATAN KAPAL STUDI KASUS: FERRY RORO
RUTE PELAYARAN MERAK - BAKAUHENI RORO**

Oleh :

Reikhan Abiyoga Arini Putra

40040421650010

Diajukan pada

Sidang Laporan Tugas Akhir

Tanggal 23 April 2026

Dinyatakan Lulus / Tidak Lulus

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Zulfaidah Ariany, ST., MT.

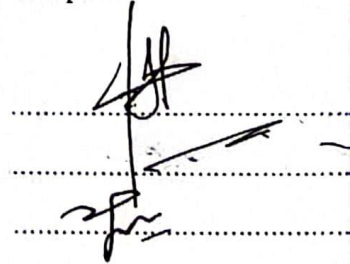
Pembimbing

Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T.

Penguji 1

Dr. Aulia Windyandari., S.T., M.T.

Penguji 2



Mengetahui, Ketua Program Studi

Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Dr. Mohd Ridwan, S.T.,M.T.

NIP 19700827199903 1002

ABSTRAK

Kapal *Roll-on/Roll-off* (Ro-Ro) merupakan moda transportasi laut utama yang melayani penyeberangan antarwilayah di Indonesia, termasuk rute strategis Merak–Bakauheni. Tingginya permintaan angkutan kendaraan pada rute tersebut mendorong kebutuhan optimalisasi kapasitas muat kapal tanpa mengorbankan keamanan struktural. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis pengaruh perubahan desain *frame upper Car Deck* terhadap nilai *section modulus* dan kekuatan struktur berdasarkan *Rules for Hull* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 2025; (2) menentukan peningkatan kapasitas muatan yang dapat dicapai melalui modifikasi *frame*; dan (3) mengevaluasi kelayakan ekonomi dari implementasi modifikasi tersebut. Objek penelitian adalah *web frame upper Car Deck* pada rentang *frame* 74–116 yang beroperasi di rute Merak–Bakauheni. Metode yang digunakan adalah perhitungan *section modulus* manual berbasis BKI 2025 yang dikombinasikan dengan pengukuran dimensi aktual di lapangan selama periode *docking* di Graving Dock, serta verifikasi oleh Surveyor BKI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil *frame existing* (T 550 × 10 FP 200 × 16 mm) berada dalam kondisi *over-designed* dengan nilai *section modulus* aktual 2.356 cm³, atau 125% di atas nilai minimum BKI sebesar 1.047 cm³. Setelah dilakukan redesain menjadi profil T 250 × 10 FP 240 × 16 mm, diperoleh *section modulus* aktual 1.560 cm³ yang tetap memenuhi persyaratan BKI dengan margin keamanan 48,9%. Modifikasi ini menghasilkan *weight saving* sebesar 4,23 ton untuk 42 *frame* yang dimodifikasi dan penambahan kapasitas muat sebesar 7 unit kendaraan roda empat per *trip*. Analisis kelayakan ekonomi menggunakan metode NPV, IRR, *Payback Period*, dan BEP menunjukkan bahwa proyek ini layak secara finansial dengan NPV sebesar Rp 11,66 miliar, IRR 197,7%, dan *Payback Period* ±6,1 bulan pada tingkat *occupancy* 70%. Hasil penelitian ini telah diimplementasikan secara nyata dan diverifikasi oleh BKI, menegaskan bahwa optimalisasi *frame upper Car Deck* berbasis perhitungan *section modulus* merupakan pendekatan yang valid dan aplikatif untuk meningkatkan kapasitas operasional kapal ferry Ro-Ro.

Kata kunci: *web frame*, *upper Car Deck*, *section modulus*, kapal Ro-Ro, BKI, optimalisasi struktur, kelayakan ekonomi

ABSTRACT

Roll-on/Roll-off (Ro-Ro) vessels serve as a primary maritime transportation mode connecting regions across Indonesia, including the strategic Merak–Bakauheni crossing route. The high demand for vehicle transport on this route has driven the need to optimize cargo capacity without compromising structural safety. This study aims to: (1) analyze the effect of *upper Car Deck frame* redesign on *section modulus* values and structural strength in accordance with the Indonesian Classification Bureau (BKI) *Rules for Hull 2025*; (2) determine the cargo capacity increase achievable through *frame* modification; and (3) evaluate the economic feasibility of implementing such modification. The research object is the *web frame* of the *upper Car Deck* at *frame* span 74–116 operating on the Merak–Bakauheni route. The methodology employed manual *section modulus* calculation based on BKI 2025, combined with actual field measurements during the vessel's docking period at Graving Dock, with verification conducted by BKI Surveyors. Results indicate that the existing frame profile (T 550 × 10 FP 200 × 16 mm) is over-designed, with an actual *section modulus* of 2,356 cm³ — 125% above the BKI minimum requirement of 1,047 cm³. The redesigned profile (T 250 × 10 FP 240 × 16 mm) yields an actual *section modulus* of 1,560 cm³, which still satisfies BKI requirements with a safety margin of 48.9%. The modification produces a weight saving of 4.23 tonnes across 42 modified frames and an additional cargo capacity of 7 passenger vehicle units per voyage. Economic feasibility analysis using NPV, IRR, Payback Period, and BEP methods confirms financial viability, with an NPV of IDR 11.66 billion, IRR of 197.7%, and a Payback Period of approximately 6.1 months at 70% occupancy. The findings have been physically implemented and verified by BKI, confirming that *section modulus*-based optimization of the *upper Car Deck frame* is a valid and practically applicable approach to enhance the operational capacity of Ro-Ro ferry vessels.

Keywords: *web frame, upper Car Deck, section modulus, Ro-Ro vessel, BKI, structural optimization, economic feasibility*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “OPTIMALISASI FRAME UPPER CAR DECK SEBAGAI UPAYA PENAMBAHAN MUATAN KAPAL STUDI KASUS: FERRY RORO RUTE PELAYARAN MERAK - BAKAUHENI”.

Tugas akhir ini disusun sebagai pemenuhan syarat untuk meraih gelar Sarjana Terapan pada Pendidikan Program studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, maupun secara langsung atau secara tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan Rahmat, hidayah dan kesehatan bagi penulis.
2. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada Bapak Jainuri dan Almh. Ngasrini yang merupakan orang tua penulis karena pasti doa yang meluncur dari bibir mereka yang takkan pernah berhenti di setiap harap malam untuk melancarkan upaya penulis dalam mencapai masa depan dan masa terang. Saya ucapkan terima kasih karena walaupun tanpa memiliki gelar apapun di belakang nama, kalian akan tetapi selalu berusaha agar anaknya terjamin dalam pendidikan hingga dapat meraih gelar sarjana.
3. Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T dan Dr. Aulia Windyandari., S.T., M.T selaku Dosen Penguji tugas akhir yang telah memberi kritik, saran, motivasi, dan bimbingan kepada penulis .
4. Ibu Zulfaidah Ariany, ST., MT., selaku Pembimbing “Proyek Tugas Akhir” pada program studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
5. Bapak Dr. Mohd Ridwan, S.T., M.T. selaku Ketua program studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
6. Seluruh jajaran dosen dan admin Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan yang telah memberikan arahan kepada penulis. .
7. Kepada wanita yang selalu penulis ucapkan diujung doa, yang menjadi alasan penulis tetap berjalan dan menyelesaikan studi. Terima kasih kepada Axzel Dinda Pratiwi yang senantiasa menemani dan memberi dorongan semangat.
8. Bima Wicaksono dan Agung Rafi Eka Permadi, penulis anggap mereka adalah sosok kakak yang juga sebagai senior penulis yang selalu mendoakan serta menjaga penulis seperti adik sendiri.
9. Diri saya sendiri yang telah berjuang untuk menunaikan janji penulis kepada Almh. Ngasrini selaku bunda tercinta untuk bisa mendapatkan gelar di bangku perkuliahan. Terima kasih sudah bertahan hingga saat ini walaupun itu tidak mudah. Pada momen ini penulis ingin memeluk diri sendiri dan memberikan selamat atas pencapaian yang telah penulis capai.

10. Bapak Arul Muklisin selaku Owner Surveyor kapal yang sudah membantu dalam mendapatkan data penelitian dan materi yang diperlukan.
11. LECTURNAL 21 yang telah memberikan semangat dan membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini..
12. Terimakasih juga teruntuk seluruh elemen angkatan yang menemani DNA, NADU, NEGD, NAGG, NORTH, NAVY, NASA, NEUTRAL, NASCAR.

Penulis menyadari bahwa bahwa masih terdapat banyak kekurangan, dan kesalahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis juga mengharapkan kritik serta saran atas dari berbagai pihak agar dapat membangun penulis.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Semarang, 23 April 2026

Reikhan Abiyoga Arini Putra

NIM 40040421650010

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian Tugas Akhir	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Relevansi atau Manfaat	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Rencana Luaran Tugas Akhir	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Kapal Ro-ro	6
2.1.2 Struktur dan Konstruksi Utama Kapal RoRo	7
2.1.3 <i>Upper Car Deck</i> Kapal RoRo	10
2.1.4 <i>Frame Upper Car Deck</i> kapal RoRo	10
2.1.5 Peraturan dan Standar Desain Konstruksi Kapal	11
2.1.6 Section Modulus dan Aplikasinya pada <i>Frame</i> Kapal	13
2.2 Kajian Penelitian Terdahulu	13
BAB III	16
ANALISIS PERMASALAHAN & METODE PENELITIAN	16
3.1 Rencana Desain	16
3.2 Alat	16
3.3 Tempat Pelaksanaan	17

3.4 Metode Penelitian.....	17
3.5 Variabel Penelitian.....	17
3.5.1 Variabel Bebas	17
3.5.2 Variabel Terikat	17
3.6 Flowchart Penelitian.....	18
3.6.1 Identifikasi Masalah.....	20
3.6.2 Studi Literatur.....	20
3.6.3 Pengumpulan Data Kapal	20
3.6.4 Analisis Section Modulus Existing.....	21
3.6.5 Desain <i>Frame</i> Existing dan <i>Frame</i> Modified.....	22
3.6.6 Perhitungan Section Modulus Modified.....	22
3.6.7 Analisis Hasil.....	22
3.6.8 Incremental Analysis.....	23
3.6.9 Payback Period Calculation.....	23
3.6.10 3-Scenario Analysis	23
3.6.11 Kesimpulan Dan Rekomendasi.....	24
3.7 Jadwal Penelitian.....	24
BAB IV	26
HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Pengumpulan dan Verifikasi Data Kapal.....	26
4.1.1 Penerimaan Kapal di Galangan.....	27
4.1.2 Pengapungan Kapal ke Graving Dock	29
4.1.3 Marking dan Identifikasi Area Pengerjaan.....	31
4.1.4 Pengukuran Dimensi Aktual Web Frame Existing	32
4.2. Perhitungan Beban Rencana (Design Loads).....	34
4.2.1 Perhitungan Wave Coefficient (Co).....	35
4.2.2 Perhitungan Beban (<i>Design Loads</i>) Section IV Rules for Hull BKI 2025.....	35
4.2.2.1 Perhitungan Beban Geladak Cuaca (Load on Weather Decks) Pada Tengah Kapal	35
4.2.2.2 Beban sisi (load on ship side) Section IV B Rules for Hull BKI 2025	36
4.3 Analisis Section Modulus Frame Existing.....	37
4.3.1 Data Frame Existing.....	37
4.3.2 Perhitungan Section Modulus Minimum Web Frame Existing (BKI).....	38
4.3.3 Verifikasi Kesesuaian.....	41
4.4 Desain dan Analisis Frame Modified	41

4.4.1 Data Frame Modified	41
4.4.2 Perhitungan Section Modulus Frame Modified	42
4.4.3.1 Gading besar (<i>web frame</i>) – Setelah Perubahan.....	42
4.4.4 Verifikasi Dimensi <i>Web Frame Modified</i> oleh Surveyor BKI	44
4.5 Perbandingan Frame Existing vs Modified	45
4.5.1 Visualisasi Web Frame Sebelum dan Sesudah Modifikasi	46
4.6 Implikasi terhadap Tata Letak Upper <i>Car Deck</i>	48
4.6.1 Kondisi Upper <i>Car Deck</i> Setelah Redesain Web Frame.....	51
4.7 ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI MODIFIKASI WEB FRAME (Berdasarkan Data OPEX Aktual Rute Merak–Bakauheni April 2026)	53
4.7.1 Biaya Operasional Kapal (OPEX)	53
4.7.1.1 Metodologi Perhitungan OPEX.....	53
4.7.1.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar.....	53
4.7.1.3 Komponen Non-Fuel OPEX.....	54
4.7.1.4 Scaling OPEX – Per Trip hingga Per Tahun.....	54
4.7.2 Analisis Pendapatan Inkremental Modifikasi Web Frame	55
4.7.2.1 Biaya Operasional Inkremental	55
4.7.2.2 Perhitungan Pendapatan Inkremental per Trip.....	56
4.7.3 Net Present Value (NPV)	56
4.7.3.1 Konsep dan Rumus.....	56
4.7.3.2 PVIFA dan Perhitungan Faktor Diskonto.....	57
4.7.3.3 Tabel Arus Kas dan Hasil NPV.....	57
4.7.3.4 Hasil NPV – Tiga Skenario.....	58
4.7.4 Internal Rate of Return (IRR)	58
4.7.5 Payback Period (PP).....	59
4.7.6 Break Even Point (BEP).....	60
4.7.7 Analisis Sensitivitas Occupancy	61
4.7.8 Ringkasan Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi	62
BAB V	63
Kesimpulan dan Saran.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal roro.....	6
Gambar 2.2 Stiffener.....	9
Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian	19
Gambar 4.1 Kapal Tiba di Galangan untuk Proses Docking.....	27
Gambar 4.2 Kondisi Kapal Saat Pengapungan ke Graving Dock	29
Gambar 4.3 Area <i>Car Deck</i> yang Akan Dikerjakan.....	31
Gambar 4.4 Proses Identifikasi dan Marking Area Pengerjaan pada Upper <i>Car Deck</i> bersama Tim Teknis Galangan	31
Gambar 4.5 Proses Pengukuran Dimensi Aktual Web Frame Existing pada Upper <i>Car Deck</i> oleh Tim Teknis Galangan dan Surveyor BKI dalam Rangka Final Inspection	32
Gambar 4.6 WEB Frame Sebelum Diubah	40
Gambar 4.7 Web Frame Setelah Perubahan	43
Gambar 4.8 Pengukuran Dimensi Aktual <i>Web Frame Modified</i> oleh Tim Teknis Galangan dan Surveyor BKI sebagai Bagian dari Final Inspection.....	44
Gambar 4.9 Perbandingan Visualisasi Tiga Dimensi Web Frame Sebelum dan Sesudah Modifikasi	46
Gambar 4.10 Perbandingan Visualisasi Dua Dimensi Web Frame Sebelum dan Sesudah Modifikasi	47
Gambar 4.11 General Arrangement Upper <i>Car Deck</i> Tampak Atas — Kondisi Sebelum Modifikasi	49
Gambar 4.12 General Arrangement Upper <i>Car Deck</i> Tampak Atas — Kondisi Sesudah Modifikasi	50
Gambar 4.13 Kondisi Upper <i>Car Deck</i> (Deck-C) Setelah Implementasi Redesain Web Frame pada Rentang Frame 74–116 Sisi Kiri	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Reduction coefficient nc	13
Tabel 2.2 Kajian Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Data Utama Kapal Ro-Ro Penumpang	16
Tabel 3.2 Spesifikasi Upper <i>Car Deck</i>	16
Tabel 3.3 Reduction coefficient nc	21
Tabel 3.4 Jadwal Kegiatan Proyek Penelitian Analisa Perubahan Desain <i>Frame Upper Car Deck</i>	24
Tabel 4.1 Principal Particulars	28
Tabel 4.2 Data Dokumen Teknis Kapal dan Hasil Pengukuran Lapangan.....	33
Tabel 4.3 Parameter Perhitungan Beban	34
Tabel 4.4 Data Frame Existing	37
Tabel 4.5 Spesifikasi Frame Existing.....	38
Tabel 4.6 Spesifikasi Frame Modified	41
Tabel 4.7 Rincian Biaya Operasional (OPEX) per One-Way Trip	54
Tabel 4.8 Scaling OPEX – Per Trip hingga Per Tahun	55
Tabel 4.9 Incremental Cash Flow Per Trip – Tiga Skenario (Berbagai Occupancy)	56
Tabel 4.10 Tabel Arus Kas Tahunan Inkremental – Skenario A (Occupancy 70%).....	57
Tabel 4.11 Hasil NPV – Tiga Skenario	58
Tabel 4.12 Hasil IRR – Tiga Skenario Biaya Inkremental	59
Tabel 4.13 Hasil Payback Period – Tiga Skenario.....	59
Tabel 4.14 Hasil BEP – Tiga Skenario.....	60
Tabel 4.15 Analisis Sensitivitas Occupancy – Skenario A & C.....	61
Tabel 4.16 Ringkasan Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi	62

