



ANALISIS *PORTABLE TOWING CARRIAGE*
SEBAGAI ALTERNATIF
TOWING TANK KONVENSIONAL

SKRIPSI

MUHAMMAD FAIZ SYAKIR

2210313055

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



ANALISIS *PORTABLE TOWING CARRIAGE*
SEBAGAI ALTERNATIF
TOWING TANK KONVENSIONAL

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

MUHAMMAD FAIZ SYAKIR

2210313055

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Faiz Syakir

NIM : 2210313055

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : ANALISIS *PORTABLE TOWING CARRIAGE* SEBAGAI
ALTERNATIF *TOWING TANK* KONVENSIONAL

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc.

Ketua Penguji



Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D.

Penguji 1



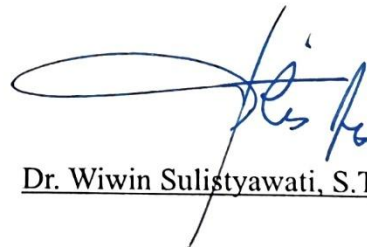
Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.

Penguji 2

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,

M.T. IPM

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 13 Juli 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS *PORTABLE TOWING CARRIAGE* SEBAGAI ALTERNATIF *TOWING TANK* KONVENSIONAL

Disusun Oleh:

Muhammad Faiz Syakir

2210313055

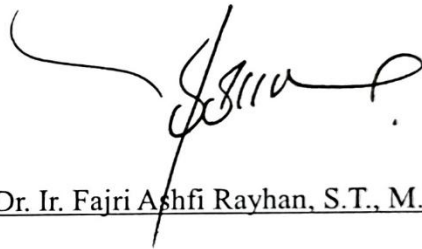
Menyetujui,

Pembimbing 1



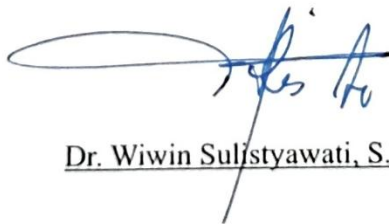
Fathin Muhammad Mahdhudhu,
S.T., M.Sc.

Pembimbing 2



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip untuk dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Faiz Syakir

NIM : 2210313055

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 13 Juli 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Faiz Syakir

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Faiz Syakir

NIM : 2210313055

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

”ANALISIS *PORTABLE TOWING CARRIAGE* SEBAGAI ALTERNATIF *TOWING TANK KONVENSIONAL*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 13 Juli 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Faiz Syakir

ANALISIS *PORTABLE TOWING CARRIAGE* SEBAGAI ALTERNATIF *TOWING TANK* KONVENSIONAL

Muhammad Faiz Syakir

ABSTRAK

Fasilitas *towing tank* konvensional untuk validasi hidrodinamika kapal masih terbatas dan mahal di Indonesia, termasuk di Program Studi S1 Teknik Perkapalan UPN Veteran Jakarta yang belum memilikinya. Penelitian ini merancang, menganalisis, dan memfabrikasi purwarupa *portable towing carriage* bersistem teleskopik sebagai alternatif pengujian model kapal di perairan terbuka. Rancangan terdiri atas *towing cart*, *towing arm*, dan *towing rod* dengan jangkauan operasional 6 m (*extended*) dan dapat diringkas hingga 1.75 m (*folded*) untuk mobilitas kendaraan roda dua. Analisis *Finite Element Analysis* (FEA) terhadap empat material—*galvanized steel*, *stainless steel* 304, aluminium 6061, dan CFRP—menunjukkan *galvanized steel* memiliki lendutan terendah (38.67 mm) sehingga dipilih sebagai material purwarupa. Validasi eksperimental mencatat lendutan aktual 41.3 mm (deviasi +6.8% dari FEA). Pengujian dinamis di Waduk Brigif membuktikan purwarupa mampu memfasilitasi pengamatan gerak *pitch* yang natural dan *tracking* arah yang stabil, meski ditemukan keterbatasan gerak *heave* akibat toleransi sambungan *towing rod* dan *drift* akibat *misalignment* roda. Pengukuran kuantitatif 6 *Degree of Freedom* (6-DOF) menggunakan *Inertial Measurement Unit* mengonfirmasi temuan tersebut secara kuantitatif (RMS *pitch* 3.83°; *roll* 3.36°), sekaligus mengungkap deviasi *yaw* yang signifikan (RMS 7.65°) akibat interferensi magnetometer dari struktur logam *carriage*. Purwarupa ini terbukti fungsional sebagai alternatif *towing tank* konvensional bagi praktikum dan penelitian hidrodinamika kapal.

Kata kunci: *portable towing carriage*, *towing tank*, *finite element analysis*, material, purwarupa

ANALYSIS OF A PORTABLE TOWING CARRIAGE AS AN ALTERNATIVE TO A CONVENTIONAL TOWING TANK

Muhammad Faiz Syakir

ABSTRACT

Conventional towing tank facilities for ship hydrodynamic validation remain limited and costly in Indonesia, including at the Naval Architecture Study Program of UPN Veteran Jakarta. This study designs, analyzes, and fabricates a telescopic portable towing carriage prototype as an alternative for ship model testing in open water. The design comprises a towing cart, towing arm, and towing rod, reaching 6 m when extended and compacting to 1.750 when folded for two-wheeled vehicle mobility. Finite Element Analysis (FEA) on four materials—galvanized steel, stainless steel 304, aluminium 6061, and CFRP—showed galvanized steel had the lowest deflection (38.67 mm), leading to its selection. Experimental validation recorded an actual deflection of 41.3 mm (+6.8% deviation from FEA). Dynamic testing at Brigif Reservoir confirmed the prototype's ability to capture natural pitch motion and stable directional tracking, though limited heave motion (rod joint tolerance) and drift (wheel misalignment) were noted. Quantitative 6 Degree of Freedom (6-DOF) measurement using an Inertial Measurement Unit (IMU) confirmed these findings numerically (RMS pitch 3.83°; roll 3.36°), while also revealing a significant yaw deviation (RMS 7.65°) attributed to magnetometer interference from the carriage's metallic frame. The prototype proved functional as an alternative to conventional towing tanks for hydrodynamics coursework and research.

Keywords: *portable towing carriage, towing tank, finite element analysis, material, prototype*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan kemudahan yang diberikan, sehingga penulisan skripsi berjudul "*Analisis Portable Towing Carriage Sebagai Alternatif Towing Tank Konvensional*" ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunannya, penulis banyak memperoleh bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, atas segala dukungan yang diberikan selama penulis menempuh studi.
2. Bapak Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing 1, atas arahan, bimbingan, serta ilmu yang sangat berharga sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 2, atas segala arahan dan bimbingan yang membantu tersusunnya skripsi ini dengan baik.
4. Ayah Dodi Andriadi Suhendar dan Ibu Evi Sofianingsih, selaku kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungan sehingga proses pengerjaan skripsi ini terasa lebih ringan.
5. Maritim 2022, yang telah berbagi pengalaman, ilmu, serta saling memberikan dukungan baik dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan. Khususnya Sabrina Retalia, yang senantiasa memberikan semangat dan menemani selama proses pengerjaan skripsi.
6. Rekan-rekan Bimbingan, Muhammad Akmal Apriansyah Efendy, Dyas Isnaen Ilham, Fauzi Ramadhani, Choirul Anam, dan Alif Fatahillah Prakoso, yang selalu menghadirkan keceriaan sehingga beban dalam pengerjaan skripsi terasa lebih ceria.

7. Bang Anang Dianto, selaku laboran yang senantiasa membantu dan membimbing penulis dalam mengerjakan penelitian.
8. Adik-adik Maritim, khususnya Shirad Riezki Ilahi yang telah membantu penulis dalam mengerjakan eksperimen penelitian.
9. Teknik Perkapalan 2022, yang mengisi perjalanan perkuliahan penulis selama 4 tahun.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Karena itu, segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di kemudian hari. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang kemaritiman dan energi terbarukan. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat menjadi bahan referensi yang bermanfaat bagi para pembaca maupun peneliti selanjutnya. Terima kasih.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>State of The Art</i>	6
2.2 <i>Towing Carriage</i>	7
2.3 <i>Towing Tank</i>	9
2.3.1 Fasilitas <i>Towing Tank</i>	10

2.4 Portabilitas.....	11
2.5 Material	12
2.5.1 <i>Galvanized Steel</i>	13
2.5.2 <i>Stainless Steel 304</i>	14
2.5.3 Aluminium 6061	15
2.5.4 <i>Carbon Fibre Reinforced Polymer (CFRP)</i>	16
2.6 <i>Software</i>	17
2.6.1 Rhinoceros 3D.....	17
2.6.2 Autodesk Inventor Professional	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir.....	19
3.2 Lokasi Penelitian	21
3.3 Skema Penelitian	21
3.3.1 Skema Desain.....	21
3.3.2 Skema Pengujian Alat	22
3.4 Objek Penelitian	23
3.5 Variabel Variasi Material	24
3.6 Prosedur Penelitian.....	25
3.6.1 Identifikasi Kebutuhan.....	25
3.6.2 Perancangan Konsep	26
3.6.3 Proses Manufaktur	26
3.6.4 Pengujian Alat	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Rancangan Desain <i>Portable Towing Carriage</i>	29
4.1.1 Desain Struktur Sasis <i>Towing Cart</i>	29
4.1.2 Desain Struktur <i>Towing Arm</i>	30

4.1.3 Desain Struktur <i>Towing Rod</i>	30
4.1.4 Desain Mekanisme Portabilitas Alat	31
4.2 Analisis Struktur Model <i>Portable Towing Carriage</i>	31
4.2.1 <i>Mesh Parameter</i>	32
4.2.2 <i>Boundary Conditions</i>	33
4.2.3 Analisis Tegangan Maksimum (<i>Von Mises Stress</i>).....	33
4.2.4 Analisis Deformasi dan Lendutan Maksimum (<i>Deflection</i>).....	35
4.2.5 Komparasi dan Pemilihan Material.....	36
4.3 Validasi Eksperimental Purwarupa <i>Portable Towing Carriage</i>	36
4.3.1 Proses Fabrikasi dan Perakitan Purwarupa	36
4.3.2 Evaluasi Operasional Dinamis di Perairan Terbuka.....	38
4.3.3 Analisis Gerak 6 Derajat Kebebasan (6-DOF).....	40
BAB 5 KESIMPULAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Research Gap</i>	6
Tabel 2.2 <i>Towing Tank Facilities Comparison</i>	10
Tabel 3.1 <i>Research Object Model Ship Dimension</i>	24
Tabel 3.2 <i>Material Variation Parameter</i>	24
Tabel 4.1 <i>Model Mesh Convergence</i>	32
Tabel 4.2 <i>Model Mesh Setting</i>	32
Tabel 4.3 <i>Summary of Boundary Conditions and Loading</i>	33
Tabel 4.4 <i>Results of Maximum Von Mises Stress Analysis for Each Material Variation</i>	34
Tabel 4.5 <i>Comparison of Design Dimensions (CAD) and Actual Dimensions of Prototype</i>	37
Tabel 4.6 <i>Comparison of FEA Deflection Results and Experimental Measurement Results</i>	38
Tabel 4.7 <i>Summary of Prototype Dynamic Operational Evaluation Results</i>	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>UPNVJ Limo Campus Plan</i>	1
Gambar 2.1 <i>Towing Carriage Conventional System</i>	8
Gambar 2.2 <i>Galvanized Steel (Square Hollow Section)</i>	13
Gambar 2.3 <i>Stainless Steel 304 (Square Hollow Section)</i>	14
Gambar 2.4 <i>Aluminium 6061 (Square Hollow Section)</i>	15
Gambar 2.5 <i>Carbon Fibre Reinforced Polymer (Square Hollow Section)</i>	16
Gambar 2.6 <i>Rhinoceros 3D Software</i>	17
Gambar 2.7 <i>Autodesk Inventor Professional Software</i>	18
Gambar 3.1 <i>Diagram Alir</i>	20
Gambar 3.2 <i>Denah Lokasi Penelitian</i>	21
Gambar 3.3 <i>Skema Desain Portable Towing Carriage</i>	21
Gambar 4.1 <i>Rancangan Umum Portable Towing Carriage</i>	29
Gambar 4.2 <i>Grafik Perbandingan Tegangan Maksimum Struktur Alat</i>	34
Gambar 4.3 <i>Grafik Maximum Deflection Antar Variasi Material Beserta Garis Batas Allowance Deflection</i>	35
Gambar 4.4 <i>Dokumentasi Proses Fabrikasi Purwarupa Portable Towing Carriage (Pemotongan, Pengelasan, dan Hasil Akhir)</i>	37
Gambar 4.5 <i>Dokumentasi Pengujian Purwarupa Pada Kondisi Panjang Maksimum</i>	38
Gambar 4.6 <i>Perbandingan Deviasi Rotasi (Roll, Pitch, Yaw) Rata-Rata pada 11 Pengujian Dinamis</i>	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Konsultasi Pembimbing 1

Lampiran 2 Lembar Konsultasi Pembimbing 2