



**UJI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN *VELOCITY*
KAPAL MODEL DENGAN METODE *LOW-COST*
*FREE RUNNING MODEL TEST***

SKRIPSI

MUHAMMAD AKMAL APRIANSYAH EFENDY

2210313024

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



**UJI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN *VELOCITY*
KAPAL MODEL DENGAN METODE *LOW-COST*
*FREE RUNNING MODEL TEST***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

**MUHAMMAD AKMAL APRIANSYAH EFENDY
2210313024**

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Muhammad Akmal Apriansyah Efendy

NIM : 2210313024

Program Studi : S1-Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Uji Eksperimental Pengukuran *Velocity* Kapal Model Dengan Metode *Low-Cost Free Running Model Test*

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., B.Eng. M.Sc.

Penguji Utama



Dr. Ir. Fathil Asyraf Rayhan, S.T., M.T.
Penguji 2

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

M.T. IPM

Dekan Fakultas Teknik



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

Penguji 1



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

Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 13 Juli 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

UJI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN *VELOCITY* KAPAL MODEL DENGAN METODE *LOW-COST FREE RUNNING* *MODEL TEST*

Disusun Oleh :

Muhammad Akmal Apriansyah Efendy

2210313024

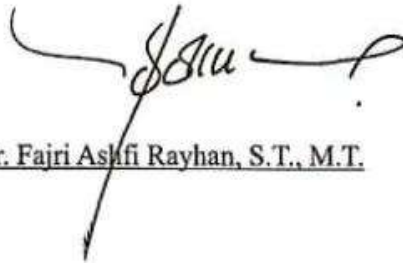
Menyetujui,

Pembimbing I



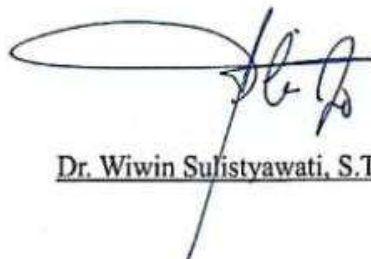
Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., B.Eng.
M.Sc.

Pembimbing II



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 maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Akmal Apriansyah Efendy

NIM : 2210313024

Program Studi : S1 – Teknik Perkapalan

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

Jakarta, 13 Juli 2026
Yang menyat

Muhammad Akmal
Apriansyah Efendy



PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Muhammad Akmal Apriansyah Efendy

Nim : 2210313024

Fakultas : Teknik

Program studi : S-1 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 yang berjudul:

"UJI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN *VELOCITY* KAPAL MODEL DENGAN METODE *LOW-COST FREE RUNNING MODEL TEST*"

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 Akmal Apriansyah
Efendy

UJI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN *VELOCITY* KAPAL MODEL DENGAN METODE *LOW-COST FREE RUNNING MODEL TEST*

Muhammad Akmal Apriansyah Efendy

ABSTRAK

Pengujian kapal model memerlukan pengukuran *Velocity* akurat dalam skema Free Running Model Test (FRMT), namun instrumen konvensional seperti GPS presisi tinggi berbiaya mahal. Penelitian ini menguji skema pengukuran low-cost menggunakan tiga metode: stopwatch, *Video Tracker* Analysis, dan sensor Inertial Measurement Unit (IMU) WitMotion, pada kapal model monohull dengan variasi RPM (19000 dan 23000) dan pembebanan (lightship 2.5 kg, 3.5 kg, dan 5 kg). Validasi silang menetapkan *Video Tracker* sebagai metode acuan karena mengukur jarak-waktu secara langsung tanpa integrasi, dengan ketidakpastian Tipe A rata-rata terendah (0,2014 m/s) dibanding IMU (0,2398 m/s) dan Stopwatch (0,2279 m/s). IMU menunjukkan deviasi kecil pada kecepatan tinggi (-13,55% hingga +20,13%), namun meningkat tajam pada beban penuh hingga +104,55% akibat galat drift integrasi, sementara Stopwatch menunjukkan deviasi rata-rata 18,95% akibat perbedaan konsep kecepatan rata-rata dan sesaat. Analisis sensitivitas menunjukkan penambahan beban menurunkan kecepatan hingga 85,2% (19000 RPM) dan 79,6% (23000 RPM), sedangkan peningkatan RPM berpengaruh marginal pada beban ringan (2,8%-0,6%) namun signifikan pada beban penuh (41,8%). Hasil menunjukkan kombinasi *Video Tracker* dan IMU low-cost dapat menjadi alternatif valid instrumentasi FRMT konvensional, dengan catatan diperlukan koreksi drift tambahan pada IMU untuk kecepatan rendah.

Kata Kunci : *Free Running Model Test*, instrumen ukur kecepatan, validasi silang dan ketidakpastian pengukuran

EXPERIMENTAL TESTING OF VELOCITY MEASUREMENT ON SHIP MODEL USING LOW-COST FREE RUNNING MODEL TEST METHOD

Muhammad Akmal Apriansyah Efendy

ABSTRACT

Free Running Model Test (FRMT) in ship modeling demands accurate Velocity measurements, but standard tools like high-precision GPS are costly. This research assesses an affordable measurement framework utilizing three techniques: a stopwatch, Video Tracker Analysis, and a WitMotion Inertial Measurement Unit (IMU). These were tested on a monohull ship model across distinct RPMs (19,000 and 23,000) and varied loads (lightship 2.5 kg, 3.5 kg, and 5 kg). Cross-validation confirmed the Video Tracker as the definitive reference because it directly captures distance-time without integration, yielding the lowest average Type A uncertainty (0.2014 m/s) against the IMU (0.2398 m/s) and stopwatch (0.2279 m/s). While the IMU displayed minor high-speed deviations (-13.55% to +20.13%), errors spiked at full capacity to +104.55% due to integration drift. Meanwhile, stopwatch deviations averaged 18.95% owing to average versus instantaneous speed discrepancies. Sensitivity analysis revealed that higher loads severely drop speeds by 85.2% (19,000 RPM) and 79.6% (23,000 RPM). Conversely, RPM increases marginally affect the light loads (2.8% to 0.6%) but significantly impact full loads (41.8%). Ultimately, combining Video Tracker with a cheap IMU forms a viable FRMT alternative, assuming low-speed IMU drift correction applies.

Keywords : *Free-Running Model Test, Velocity measurement instrument, cross-validation, and measurement uncertainty*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis mampu menyusun dan menyelesaikan skripsi penelitian tugas akhir yang berjudul : "Uji Eksperimental Pengukuran *Velocity* Kapal Model Dengan Metode *Low-Cost Free Running Model Test*". Skripsi ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan syarat akademik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tentu bukan semata-mata karena usaha penulis sendiri, melainkan berkat arahan, saran, serta motivasi yang tak ternilai harganya dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, perkenankanlah penulis menghantarkan rasa terima kasih kepada :

1. Kepada kedua orang tua penulis yang memberikan dukungan tak terbatas, baik berupa semangat maupun fasilitas yang telah diberikan, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan penelitian ini dengan baik.
2. Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
3. Ibu Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Saudara kakak dan adik kandung yang senantiasa mendoakan penulis dan memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan skripsi penelitian ini.
6. Saudara dan Saudari Maritim angkatan 2022 yang senantiasa selalu dalam suka duka dan berbagi ilmu dan semangat dukungan dalam penyusunan skripsi penelitian ini.
7. Kepada Saudara Arbeel Falaah Nazhif sebagai pilot kapal model dan seluruh saudara mahasiswa bimbingan Bapak Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc yang telah banyak dalam membantu penulis dalam menyelesaikan pengambilan data.

8. Kepada adik – adik mahasiswa jurusan S1 Teknik Perkapalan UPNVJ yang telah menemani penulis dalam proses penyusunan skripsi dan pengambilan data eksperimental penelitian ini
9. Kepada seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah senantiasa memberikan dukungan dan bantuannya dalam proses pengerjaan skripsi penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi penelitian ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan kekurangan. Sebagian hasil penelitian dalam skripsi ini akan diajukan dalam bentuk artikel ilmiah pada *Transactions on Maritime Science (ToMS)*. Oleh karena itu, segala bentuk kritik serta saran yang konstruktif sangat penulis harapkan guna menyempurnakan tahapan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga Skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif dan manfaat nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan di sektor teknik perkapalan.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
HALAMAN 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	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 <i>High Speed Planing Hull</i>	8
2.2 Sistem Propulsi Model Kapal (<i>Internal Force</i>)	9
2.2.1 Komponen Utama Penggerak	9
2.2.2 Komponen Sistem Kendali	10
2.2.3 Komponen Sistem Gerak Model.....	12
2.3 <i>Free Running Model Test</i>	14
2.3.1 Uji Gerak Lurus	14
2.4 Variasi Penelitian	15
2.4.1 <i>Revolutions Per Minute</i> (RPM)	15
2.4.2 Pembebanan (<i>Load</i>)	16
2.5 Metode <i>Video Tracking Analysis</i> (Output Kecepatan Kapal Model)	16

2.6	Metode Inertia Measurement Unit (IMU).....	17
2.7	Pengukuran Metode <i>Stopwatch</i>	18
2.8	Analisis Ketidakpastian (<i>Uncertainty Analysis</i>) dan Sensitiveitas (<i>Sensitivity Analysis</i>).....	18
2.8.1	Analisis Sensitiveitas (<i>Sensitivity Analysis</i>)	18
2.8.2	Analisis Ketidakpastian (<i>Uncertainty Analysis</i>)	19
2.9	<i>Monte Carlo Simulation</i>	19
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1	Diagram Alir Metodologi.....	21
3.2	Desain Model Lambung Kapal Model.....	22
3.3	Alat dan Bahan Eksperimental.....	23
3.3.1	Sensor Inersia Berbasis MEMS	23
3.3.2	Alat Utama Penggerak Kapal Model	24
3.3.3	Alat Sistem Kendali Model.....	26
3.3.4	Alat Sistem Gerak Model.....	29
3.3.5	Alat dan Bahan Pendukung Penelitian.....	29
3.4	Tempat Penelitian.....	31
3.5	Desain Pengujian Lapangan (Eksperimental).....	32
3.5.1	Skema Lintasan Uji Gerak Lurus (<i>Straight Run</i>).....	32
3.5.2	Skema Rekaman Video	33
3.5.3	Skema Pembebanan (<i>Load</i>)	33
3.5.4	Skema Penempatan Witmotion / <i>Inertia Measurement Unit</i>	34
3.6	Perakitan Sistem Propulsi dan Kemudi Kapal Model.....	34
3.6.1	Perakitan Sistem <i>Electrical Propulsion</i>	35
3.6.2	Perakitan Sistem Kemudi Model	35
3.7	Procedure Pengerjaan Eksperimen	35
3.7.1	Kalibrasi Penanda Rute Lintasan dan Kedalaman	35
3.7.2	Mengaktifkan Kamera Perekam.....	36
3.7.3	Prosedure Free Running Model Test.....	36
3.7.4	Teknik Pengambilan Data dan Olah Data	37
3.8	Variabel Penelitian	38
3.9	Jadwal Pengerjaan Eksperimental.....	39
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1	Hasil Akuisisi Data Kecepatan Kapal Model Terhadap Metode Uji.....	40

4.1.1	Ekstraksi Data Pengukuran Menggunakan Sensor IMU (<i>Inertial Measurement Unit</i>)	40
4.1.2	Ekstraksi Data Pengukuran Metode <i>Video Tracker Analysis</i>	41
4.1.3	Ekstraksi Data Pengukuran Metode <i>Stopwatch</i>	43
4.2	Analisis Validasi Silang (Cross-Validation) Antar Metode Uji.....	44
4.2.1	Kondisi 19000 RPM dan 23000 RPM, <i>LightShip</i> (2.5 kg).....	45
4.2.2	Kondisi 19000 RPM dan 23000 RPM, Total Beban 3.5 Kg	45
4.2.3	Kondisi 19000 RPM, Total Beban 5 Kg	46
4.2.4	Analisis Kesimpulan Validasi Silang (<i>Cross-Validation</i>) Metode Uji	46
4.3	Pengaruh RPM dan Pembebanan Terhadap <i>Velocity</i> Pada Metode Uji <i>Video Tracker</i>	48
4.3.1	Pembebanan (Load) Terhadap <i>Velocity</i>	48
4.3.2	Revolution Per Minutes (RPM) Terhadap <i>Velocity</i>	49
4.4	<i>Sensitivity Analysis</i> Menggunakan <i>Monte Carlo Simulation</i>	50
4.4.1	<i>Sensitivity Analysis</i> Terhadap Kondisi 19000 RPM dan 23000 RPM, <i>LightShip</i> (2.5 kg).....	50
4.4.2	<i>Sensitivity Analysis</i> Terhadap Kondisi 19000 RPM dan 23000 RPM, Total Beban 3.5 Kg.....	53
4.4.3	<i>Sensitivity Analysis</i> Terhadap Kondisi 19000 RPM dan 23000 RPM, Total Beban 5 Kg.....	55
4.5	Analisis Ketidakpastian (<i>Uncertainty Analysis</i>)	56
4.5.1	Ketidakpastian Tipe A dari Hasil Pengambilan Data <i>Real Time</i>	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		
RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tabel Perbandingan Biaya Operasional Self Propulsion Test dengan Penelitian ini	3
Tabel 3. 1 Ukuran utama lambung kapal.....	22
Tabel 3. 2 Spesifikasi MEMS Witmotion 901BCEL.....	23
Tabel 3. 3 Tabel Spesifikasi <i>Electrical Propulsion</i> Kapal Model.....	24
Tabel 3. 4 Spesifikasi Electric Speed Controller.....	25
Tabel 3. 5 Spesifikasi Remote Kendali (Transmitter).....	26
Tabel 3. 6 Spesifikasi Receiver Kapal.....	27
Tabel 3. 7 Spesifikasi Battery Kapal.....	28
Tabel 3. 8 Spesifikasi Servo atau Lengan Penggerak.....	28
Tabel 3. 9 Spesifikasi Tachometer.....	29
Tabel 3. 10 Variasi Variabel Penelitian	39
Tabel 3. 11 Jadwal Pengerjaan Eksperimental	39
Tabel 4. 1 Tabel Ekstraksi Data Pengukuran IMU (Witmotion).....	40
Tabel 4. 2 Tabel Ekstraksi Data Pengukuran <i>Video Tracker</i>	42
Tabel 4. 3 Ekstraksi Data Pengukuran <i>Stopwatch</i>	43
Tabel 4. 4 Hasil Tabel Validasi Silang (<i>Cross-Validation</i>)	47
Tabel 4. 5 Pengaruh RPM dan Pembebanan Terhadap <i>Velocity</i> Kapal Model	49
Tabel 4. 7 Ketidakpastian Tipe A (uA) Seluruh Metode dan Kondisi	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Skema Self Propulsion Test	1
Gambar 1. 2 <i>Free Running Model Test</i>	2
Gambar 2. 1 <i>High Speed Planing Hull</i>	9
Gambar 2. 2 Sistem Kerja <i>Brushless Direct Current</i> (BLDC) motor	10
Gambar 2. 3 Sistem Kerja Electrical Speed Control	10
Gambar 2. 4 Contoh Remote Kendali RC	11
Gambar 2. 5 Sistem kerja <i>Receiver</i> (Penerima sinyal)	11
Gambar 2. 6 Baterai Lipo	12
Gambar 2. 7 Bagian – bagian Servo atau Lengan Penggerak	12
Gambar 2. 8 Flexible Shaft	13
Gambar 2. 9 Aluminium Propeller	13
Gambar 2. 10 Rudder Kapal Model	14
Gambar 2. 11 Dyno Test Brushless Direct Current.	15
Gambar 2. 12 Pelat baja kecil untuk Variasi Load	16
Gambar 2. 13 <i>Output Data Graphic Tracker Video Analysis</i>	17
Gambar 2. 14 Alur Pemrosesan Data dari IMU Kapal Model	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 2 Desain Kapal Model Penelitian	23
Gambar 3. 3 Sensor <i>Inertia Measurement Unit</i> (IMU)	24
Gambar 3. 4 BLDC Sebagai Propulsi Utama	25
Gambar 3. 5 <i>Electrical Speed Controller</i> (ESC)	26
Gambar 3. 6 Remote Kendali Kapal Model	27
Gambar 3. 7 Receiver kapal model	27
Gambar 3. 8 Battery yang akan digunakan	28
Gambar 3. 9 Servo yang digunakan	29
Gambar 3. 10 Tachometer Digital	30
Gambar 3. 11 Kamera Dengan Tripod Statis	31
Gambar 3. 12 Denah Lokasi Pengujian Eksperimental	32
Gambar 3. 13 Uji Gerak Lurus (Straight Run) Penelitian	33
Gambar 3. 14 Skema Penempatan Inertia Measurement Unit	34
Gambar 3. 15 Kalibrasi Rute Lintasan dan Kedalaman Danau	36

Gambar 3. 16 Flowchart Teknik Pengambilan Data Eksperimental.....	38
Gambar 4. 1 Grafik Perubahan Velocity Terhadap Waktu (Metode IMU).....	41
Gambar 4. 2 Grafik Perubahan Velocity Terhadap Waktu (Metode <i>Video Tracker Analysis</i>).....	43
Gambar 4. 3 Grafik Perubahan Velocity Terhadap Waktu (Metode Stopwatch)..	44
Gambar 4. 4 Grafik Distribusi Normal Kondisi 19000 RPM, Lightship	50
Gambar 4. 5 Grafik Distribusi Normal Kondisi 23000 RPM, Lightship	52
Gambar 4. 6 Grafik Distribusi Normal Kondisi 19000 RPM, Total Beban 3.5.Kg	53
Gambar 4. 7 Grafik Distribusi Normal Kondisi 23000 RPM, Total Beban 3.5 Kg	54
Gambar 4. 8 Grafik Distribusi Normal Kondisi 19000 RPM, Total Beban 5 Kg	55
Gambar 4. 9 Grafik Distribusi Normal Kondisi 23000 RPM, Total Beban 5 Kg	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Logbook (Laporan Harian Kegiatan Penelitian)

Lampiran 2 Lembar Konsultasi Pembimbing 1 (Bagian 1)

Lampiran 3 Lembar Konsultasi Pembimbing 1 (Bagian 2)

Lampiran 4 Lembar Konsultasi Pembimbing 2