

**PENGARUS *RESPONSE AMPLITUDE OPERATOR* (RAO)
TERHADAP 3 VARIASI SUDUT HALUAN KAPAL KM.
CITRA INDAH 88 MENGGUNAKAN METODE CFD**

TUGAS AKHIR



COSTANTHIO IMMANUEL TUWONAUNG

2101030025

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI MARITIM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG**

2026

**PENGARUS *RESPONSE AMPLITUDE OPERATOR* (RAO)
TERHADAP 3 VARIASI SUDUT HALUAN KAPAL KM.
CITRA INDAH 88 MENGGUNAKAN METODE CFD**

Tugas Akhir

Skema Skripsi

Tugas Akhir diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana

Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan



Costanthio Immanuel Tuwonaung

2101030025

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI MARITIM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “Pengaruh *Response Amplitude Operator* (RAO) Terhadap 3 Variasi Sudut Haluan Kapal Km. Citra Indah 88 Menggunakan Metode CFD” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Tanjungpinang, 14 Januari 2026



Costanthio Immanuel Tuwonaung
NIM 2101030025

© Hak Cipta Milik Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tahun 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang- Undang

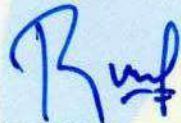
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan Universitas Maritim Raja Ali Haji.

★ *Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Maritim Raja Ali Haji.*

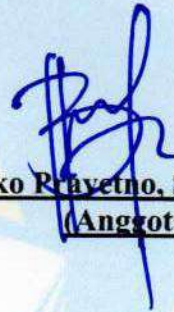
HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Pengaruh *Response Amplitude Operator* (RAO)
Terhadap 3 Variasi Sudut Haluan Kapal KM. Citra
Indah 88 Menggunakan Metode CFD
Nama : Costanthio Immanuel Tuwonaung
NIM : 2101030025
Program Studi : Teknik Perkapalan
Tanggal Persetujuan : 07 Januari 2026

Disetujui oleh,
Komisi Pembimbing



Muhd. Ridho Baihaque, ST., M.Sc.
(Ketua)



Ir. Eko Riyetno, S.T., M.Eng
(Anggota)

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh *Response Amplitude Operator* (RAO)
Terhadap 3 Variasi Sudut Haluan Kapal KM.
Citra Indah 88 Menggunakan Metode CFD

Nama : Costanthio Immanuel Tuwonaung

NIM : 2101030025

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Jurusan Teknik Industri Maritim, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

KOMISI PENGUJI

Ketua	: Ir. Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si	(.....)
Anggota I	: Ahmad Syafiq, S.T., M.Si	(.....)
Anggota II	: Bambang Irawan Ginting, S.T	(.....)
Anggota III	: Muhd. Ridho Baihaque, S.T., M.Sc.	(.....)
Anggota IV	: Ir. Eko Prayetno, S.T., M.Eng	(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri Maritim


Denny Nusyirwan, S.T., M.S.c
NIP. 197803162024211006

Tanggal Ujian: 14 Januari 2026

Tanggal Lulus:

MOTTO

“Karena Masa Depan Sungguh Ada, Dan Harapanmu Tidak Akan Hilang”

(Amsal 23:18)

*“Gantunglah Cita-Cita Setinggi Langit! Bermimpilah Setinggi Langit Jika Engkau
Jauth, Engkau Akan Jatuh Di Antara Bintang-Bintang”*

(Ir Soekarno)

*“Perang Telah Usai, Aku Bisa Pulang
Kubaringkan Panah Dan Berteriak. MENANG”*

(Nadin Amizah – Di Akhir Perang)

Skripsi ini dipersembahkan sebagai ungkapan syukur kepada Tuhan yang telah memberikan rahmat-Nya kepada penulis dan kepada kedua orang tua, kakak dan adik serta pihak yang selalu membantu, mendukung dan mendoakan penulis selama proses menempuh pendidikan sarjana.

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam tugas akhir yang akan dilaksanakan pada bulan Maret 2025 ini ialah konsumsi daya, dengan judul **“Pengaruh *Response Amplitude Operator (RAO)* terhadap 3 Variasi Sudut Haluan Kapal KM Citra Indah 88 Menggunakan Metode CFD”**.

Dalam kesempatan ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu serta mendukung dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus. Yang telah memberikan selalu kesehatan dan kekuatan dalam proses penyelesaian skripsi, serta memberikan pertolongan-Nya atas ujian yang dihadapi oleh penulis.
2. Kedua Orangtua yang sangat saya sayangi, Bapak Seal Thiel Mahamulia Tuwonaung dan Ibu Youla Noortje Sigarlaki yang telah merawat dan membesarkan penulis dengan penuh kasih cinta yang melimpah, dan juga senantiasa mendoakan setiap perjalanan hidup penulis. Terimakasih sudah menjadi penguat dan juga alasan penulis untuk bertahan sejauh ini, menjadi seorang anak yang kuat menjalani setiap cobaan hidup yang tidak tak terduga sejauh ini.
3. Kepada ke-dua saudara saya, kakak saya Clythia Fransisca Tuwonaung dan adik saya Thimoty Sigarter Tuwonaung. Yang selalu memberikan doa dan motivasi serta kelancaran selama perkuliahan kepada penulis.
4. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji
5. Bapak Muhd. Ridho Baihaque, S.T., M.Sc. selaku Koordinator Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Martim Raja Ali Haji sekaligus dosen Pembimbing 1, terimakasih telah meluangkan waktu dan memberikan ilmu, serta pandangan selama proses penulisan tugas akhir ini berjalan dengan lancar.

6. Bapak Ir. Eko Prayetno, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 2 yang sudah bersedia membimbing dan meluangkan waktu untuk mengarahkan dan memberi saran, kritik serta pandangan untuk membantu penulis sehingga tugas akhir ini berjalan dengan lancar dan selesai.
7. Bapak Bambang Gunawan Irawan Ginting, S.T selaku pemilik perusahaan PT. Cahaya Anggun Segara. Terimakasih sudah meluangkan serta memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian terhadap salah satu yang sudah diproduksi oleh perusahaan.
8. Kepada Badan Meteorologi, klimatologi, dan Geofisika (BMKG), yang telah memberikan data untuk menunjang skripsi penulis.
9. Kepada seluruh dosen-dosen teknik perkapaln dan staf yang tidak bisa disebutkan satu-perstu yang selalu memberikan ilmu pemahaman selama pembelajaran diluar maupun dilingkungan kampus.
10. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman teknik perkapalan angkatan 21 dan tidak lupa Fahreza Nur Akbar, Daniel Surya Kriswanto, Retno Agus Cahyani, Gading Farasz Syahputri, Tauhid Mulana Tarigan, dan Fauza Rikzal Ghani atas waktu, masukan, serta saran yang telah diberikan selama proses pengujian. Seluruh arahan dan diskusi yang disampaikan sangat membantu penulis dalam memperbaiki dan menyempurnakan skripsi ini.
11. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seseorang yang tidak kalah penting kehadirannya, yang tidak dapat disebutkan namanya. Terimakasih telah menjadi bagian dalam proses perjalanan penulis menyusun skripsi. Berkontribusi baik tenaga, waktu, menemani, mendukung, serta menghibur penulis dalam kesedihan, mendengarkan keluh kesah dan meyakinkan penulis untuk pantang menyerah hingga penyusunan skripsi ini terselesaikan.
12. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan dan terus melangkah hingga titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah meskipun proses penyusunan skripsi ini dipenuhi dengan keraguan, kelelahan, dan berbagai keterbatasan. Terima kasih atas kesabaran dalam menghadapi revisi demi revisi, atas keberanian untuk bangkit ketika semangat mulai melemah, serta atas komitmen untuk tetap menyelesaikan apa yang

telah dimulai. Perjalanan ini bukan hanya tentang menyelesaikan sebuah tugas akademik, tetapi juga tentang proses belajar, bertumbuh, dan mengenal diri sendiri dengan lebih baik.

Tanjungpinang, 13 Januari 2026



Costanthio Immanuel Tuwonaung



DAFTAR ISI

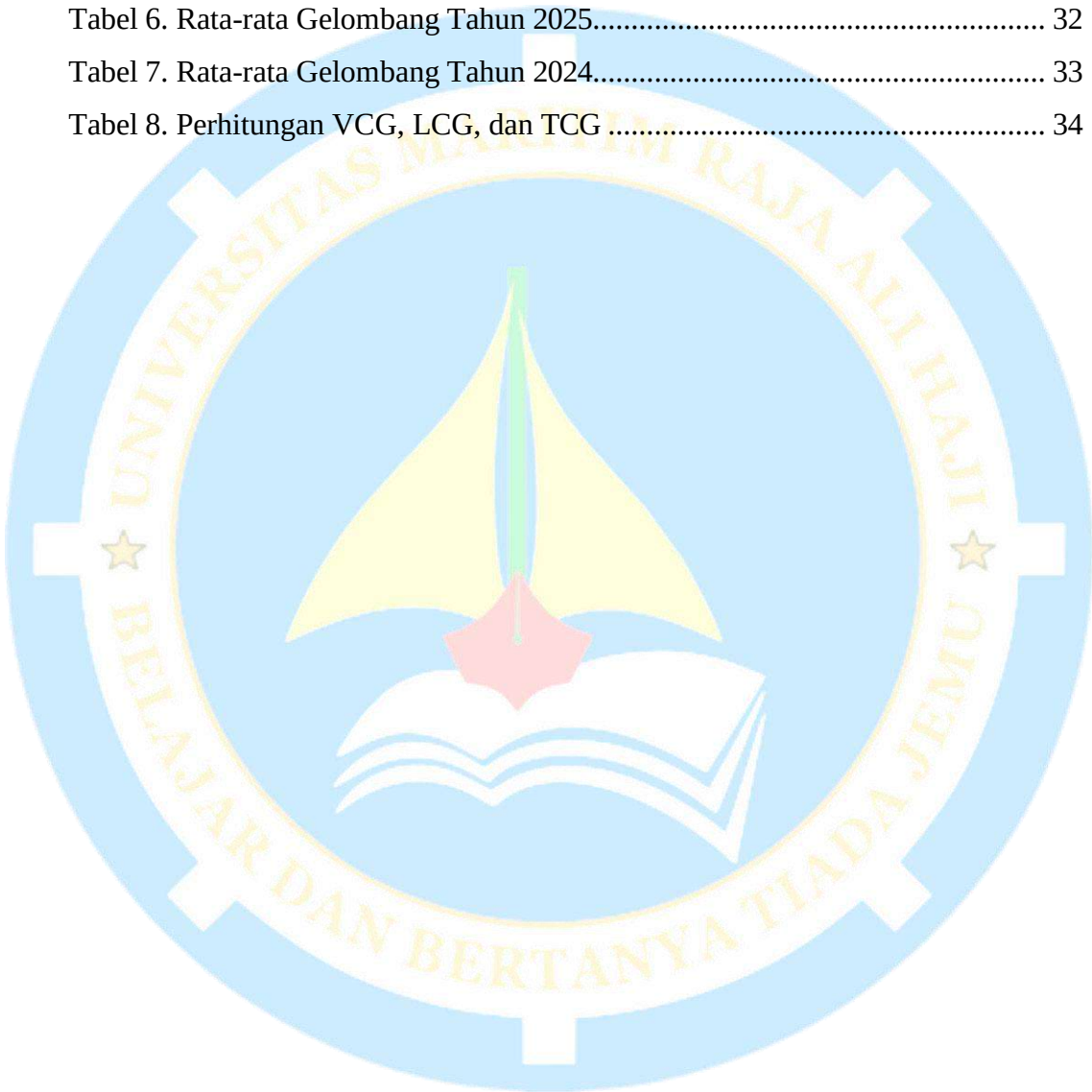
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
MOTTO.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Batasan Penelitian	2
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	4
A. Tinjauan Pustaka	4
B. Landasan Teori	9
1. Kapal Ferry.....	9
2. Olah Gerak Kapal (<i>Seakeeping</i>)	10
3. <i>Response Amplitude Operator</i> (RAO)	11
4. Gelombang Laut	12
5. Spektrum Gelombang	13

6. Spektrum Response	14
7. Spektral Momen	15
8. Sudut Masuk (<i>Angel of Entrance</i>)	15
C. <i>Computational Fluid Dynamic</i> (CFD).....	15
D. <i>Vertical Center of Gravity</i> (VCG), <i>Longitudinal Center of Gravity</i> (LCG), dan <i>Transverse Center of Gravity</i> (TCG).....	16
1. <i>Vertical Center of Gravity</i> (VCG).....	16
2. <i>Longitudinal Center of Gravity</i> (LCG).....	17
3. <i>Transverse Center of Gravity</i> (TCG)	17
E. Software Yang Digunakan	18
1. Software <i>Ansys Aqwa</i>	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian	20
B. Bahan dan Alat	21
C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	23
D. Analisis Data	24
1. Studi Literatur.....	24
2. Pengumpulan Data.....	24
3. Analisis RAO dengan CFD	26
D. Variable Penelitian	26
G. Pemodelan	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. <i>Redrawing</i> Kapal Menggunakan <i>Maxsurf Modeler</i>	30
B. Pedoman Geometri Kapal dengan <i>Rhino</i>	31
C. Data Karakteristik Gelombang Berdasarkan BMKG	31
D. Perhitungan LCG, VCG, dan TCG kapal	33

1. Maxsurf Stability Enterprise.....	34
E. Analisis Menggunakan Software <i>Ansys Aqwa</i>	34
1. Pemodelan Geometri Kapal di Dalam <i>SpaceClaim</i>	34
2. <i>Hydrodynamic Diffraction</i>	35
1. Model	35
2. Setup.....	37
3. Solution dan Results Hydrodynamic Diffraction	39
4. Hydrodynamic Response.....	40
5. <i>Irregular Wave</i>	40
6. Analysis Settings	41
7. Parameter vs Frequency	41
E. Hasil Analisis Menggunakan Software <i>Ansys Aqwa</i>	42
F. Pembahasan.....	49
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	56
A. Simpulan.....	56
B. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Waktu Penelitian	20
Tabel 2. Bahan yang digunakan	21
Tabel 3. Alat Yang Digunakan.....	22
Tabel 4. Data Kapal Km Citra Indah 88.....	26
Tabel 5. Data <i>Sea State World Meteorological Organization</i>	32
Tabel 6. Rata-rata Gelombang Tahun 2025.....	32
Tabel 7. Rata-rata Gelombang Tahun 2024.....	33
Tabel 8. Perhitungan VCG, LCG, dan TCG	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kapal Penumpang	10
Gambar 2. Enam Derajat Kebebasan	11
Gambar 3. Gelombang <i>Irregular</i>	13
Gambar 4. Gelombang <i>Reguler</i>	13
Gambar 5. Sudut Masuk (<i>Angel of Entrance</i>).....	15
Gambar 6. Software <i>Ansys Aqwa</i>	19
Gambar 7. Peta lokasi Penelitian	20
Gambar 8. Bagian depan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman yang merupakan lokasi penelitian	21
Gambar 9. Diagram Alir	23
Gambar 10. Lines Plan KM Citra 88	25
Gambar 11. General Arrangement KM Citra 88	25
Gambar 12. Penambahan Sudut Variasi Pada Haluan Raked Bow	27
Gambar 13. Variasi Bentuk Raked Bow Dengan Sudut 3°	27
Gambar 14. Variasi Bentuk Raked Bow Dengan Sudut 8°	28
Gambar 15. Variasi Bentuk Raked Bow Dengan Sudut 13°.....	28
Gambar 16. <i>Redrawing</i> Kapal Menggunakan Maxsurf Modeler.....	30
Gambar 17. Nilai <i>hydrostatic</i> Kapal Km. Citra Indah 88	30
Gambar 18. Solid Kapal di Rhino.....	31
Gambar 19. Data Gelombang BMKG	31
Gambar 20. Grafik Rata-rata Gelombang Tahun 2025.....	32
Gambar 21. Grafik Rata-rata Gelombang Tahun 2024.....	33
Gambar 22. <i>Maxsurf Stability Enterprise</i>	34
Gambar 23. Pemodelan Geometri Kapal di Dalam <i>SpaceClaim</i>	35
Gambar 24. <i>Hydodynamic Diffraction</i>	35
Gambar 25. Model	36
Gambar 26. Point Mass.....	36
Gambar 27. Mesh Kapal	37
Gambar 28. Setup.....	37
Gambar 29. Details of Wave Diraction.....	38
Gambar 30. Details of Wave Frequency	38

Gambar 31. <i>Solution dan Results Hydrodynamic Diffraction</i>	39
Gambar 32. Nilai Hydrostatic Software <i>Ansys Aqwa</i>	39
Gambar 33. Pressure dan Motions	39
Gambar 34. Hydrodynamic Response	40
Gambar 35. Irregular Wave	40
Gambar 36. Analysis Settings	41
Gambar 37. Parameter vs Frequency	41
Gambar 38. Grafik RAO <i>Heaving</i> 3°, 8°, 13° Heading Sea 180 (<i>Reguler</i>)	42
Gambar 39. Grafik RAO <i>Rolling</i> 3°, 8°, 13° Heading Sea 180 (<i>Reguler</i>)	42
Gambar 40. Grafik RAO <i>Pitching</i> 3°, 8°, 13° Heading Sea 180 (<i>Reguler</i>)	43
Gambar 41. Grafik RAO <i>Heaving</i> 3°, 8°, 13° <i>Beam Sea</i> 90 (<i>Reguler</i>)	44
Gambar 42. Grafik RAO <i>Rolling</i> 3°, 8°, 13° <i>Beam Sea</i> 90 (<i>Reguler</i>)	44
Gambar 43. Grafik RAO <i>Pitching</i> 3°, 8°, 13° <i>Beam Sea</i> 90 (<i>Reguler</i>)	45
Gambar 44. Grafik RAO <i>Heaving</i> 3°, 8°, 13° Heading Sea 180 (<i>Irregular</i>)	46
Gambar 45. Grafik RAO <i>Rolling</i> 3°, 8°, 13° Heading Sea 180 (<i>Irregular</i>)	46
Gambar 46. Grafik RAO <i>Pitching</i> 3°, 8°, 13° Heading Sea 180 (<i>Irregular</i>)	47
Gambar 47. Grafik RAO <i>Heaving</i> 3°, 8°, 13° <i>Beam Sea</i> 90 (<i>Irregular</i>)	48
Gambar 48. Grafik RAO <i>Rolling</i> 3°, 8°, 13° <i>Beam Sea</i> 90 (<i>Irregular</i>)	48
Gambar 49. Grafik RAO <i>Pitching</i> 3°, 8°, 13° <i>Beam Sea</i> 90 (<i>Irregular</i>)	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Permohonan Pengambilan Data BMKG	61
Lampiran 2. Surat Balasan Dari BMKG	62
Lampiran 3. Lines Plan KM. Citra Indah 88	63
Lampiran 4. General Arrangement KM. Citra Indah 88	63
Lampiran 5. Data Gelombang dan Angin BMKG.....	64
Lampiran 6. Report View Software <i>Ansys Aqwa</i>	65

