ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING PROPELLER* DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*

SKRIPSI

MUHAMMAD ARJU MUHAFIZ

2110313039

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026

ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING PROPELLER* DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

MUHAMMAD ARJU MUHAFIZ

2110313039

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Arju Muhafiz

NIM : 2110313039

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING PROPELLER* DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*

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

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

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

Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.
Penguji Pembimbing

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.
Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Depok

Tanggal Ujian : 5 Januari 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING PROPELLER* DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*

Disusun Oleh:
Muhammad Arju Muhafiz
2110313039

Menyetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.	Purwo Joko Suranto, ST., MT.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan

Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	: Muhammad Arju Muhafiz
NIM	: 2110313039
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.

Depok,

Yang menyatakan,

Muhammad Arju Muhafiz

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Muhammad Arju Muhafiz
NIM	: 2110313039
Program Studi	: S1 Teknik Perkapalan

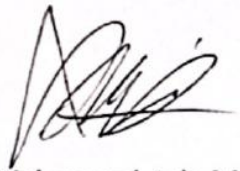
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif *(Non-Exclusive Royalty Free Right)* atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING* PROPELLER DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*"

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 : Depok
Pada tanggal :
Yang menyatakan,



Muhammad Arju Muhafiz

ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING PROPELLER* DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*

Muhammad Arju Muhafiz

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis performa *contra-rotating propeller* (CRP) dengan desain bilah toroidal dan membandingkannya dengan CRP konvensional untuk mengevaluasi efisiensi propulsi. Hal yang mendasarkan penelitian ini adalah kebutuhan akan sistem propulsi yang lebih efisien dan andal di sektor maritim. Metode yang digunakan adalah simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD), dengan variasi RPM (1000–3000) dan *pitch* (228,6–336 mm) untuk menguji kondisi operasional yang relevan. Hasil utama menunjukkan bahwa *contra-rotating* propeler toroidal menghasilkan *thrust* 16% lebih tinggi (mencapai 3193 N pada 3000 RPM) dan koefisien *thrust* (KT) rata-rata 0,47, yang 17% lebih tinggi dari CRP konvensional. Namun, efisiensi *contra-rotating* propeler toroidal (rata-rata 68,7%) ternyata 9,6% lebih rendah dibanding CRP konvensional *pitch* 264 mm (78,31%), meskipun unggul dalam daya dorong absolut. Analisis kontur aliran fluida mengindikasikan bahwa desain bilah melingkar pada propeler toroidal menciptakan pola aliran yang lebih stabil. Signifikansi penelitian ini terletak pada penyorotan potensi besar *contra-rotating* propeler toroidal dalam meningkatkan daya dorong propulsi, meski efisiensi memerlukan optimasi lebih lanjut. Temuan ini menggarisbawahi perlunya penyempurnaan parameter geometris seperti *skew* dan *rake*. Studi ini memberikan dasar penting untuk pengembangan propeler inovatif yang menggabungkan keunggulan sistem *contra-rotating* dan desain toroidal, mendorong solusi propulsi yang lebih efisien dan andal di masa depan.

Kata kunci: Toroidal propeler, contra rotating propeler, efisiensi propulsi

ANALISIS PERFORMA *CONTRA ROTATING PROPELLER* DENGAN MODEL BILAH *TOROIDAL*

Muhammad Arju Muhafiz

ABSTRACT

This research analyzes the performance of contra-rotating propellers (CRP) with toroidal blade designs and compares them to conventional CRPs to evaluate propulsion efficiency. The study is motivated by the maritime sector's need for more efficient and reliable propulsion systems. The methodology employed is Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation, utilizing variations in RPM (1000–3000) and pitch (228.6–336 mm) to test relevant operational conditions. Key findings indicate that the contra-rotating toroidal propeller generates 16% higher thrust (reaching 3193 N at 3000 RPM) and an average thrust coefficient (KT) of 0.47, which is 17% higher than conventional CRPs. However, the efficiency of the contra-rotating toroidal propeller (average 68,7%) was 9,6% lower than the conventional CRP with a 264 mm pitch (78.31%), despite its superior absolute thrust. Fluid flow contour analysis suggests that the toroidal propeller's circular blade design creates a more stable flow pattern. The significance of this research lies in highlighting the substantial potential of contra-rotating toroidal propellers in boosting propulsion thrust, though further optimization is required for efficiency. These findings underscore the necessity for refining geometric parameters like skew and rake. This study provides a crucial foundation for the development of innovative propellers that combine the advantages of contra-rotating systems and toroidal designs, promoting more efficient and reliable propulsion solutions in the future.

Keywords: *Toroidal propeller, contra rotating propeller, propulsion efficiency*

KATA PENGANTAR

Bissmillahirahmanirrohim

Dengan mengucap rasa puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Analisis Performa *Contra Rotating* Propeler dengan Model Bilah Toroidal" yang mana skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih serta penghargaan yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Keluarga penulis ibu Susiana dan ayah Bambang Irianto atas segala dukungan yang telah dicurahkan sehingga penulis bisa sampai pada titik ini.
4. Saudara dan saudari Maritim terutama Maritim 2021 yang senantiasa beriringan dalam suka dan duka, semoga seluruh pahit dan manisnya membekas.
5. Bheatric Rajib Ferdinan yang senantiasa mendukung perjalanan penulis dengan suka dan duka.
6. Rekan-rekan "Warbang" yang sudah menemani dan memberikan dukungan moral kepada penulis selama perjalanan.
7. Teman-teman bermain World of Warcraft yang selalu memberikan hiburan bahkan pembelajaran bagi penulis tentang kehidupan.
8. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penyajian materi maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima segala kritik dan saran konstruktif guna perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, peneliti teringat tiga ayat dalam Al-Quran yang menjadi pengingat dan pedoman selama penyusunan tugas akhir, yaitu Al-Insyirah (5-6) *Fa inna ma'al 'usri yusra* (5) *Inna ma'al 'usri yusra* (6) yang memiliki arti "Sessungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan (5) Sessungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan (6)." Dan Al-Hadid (20) … *Wa mal hayatud dun ya illa mata'ul ghuru* (20) yang memiliki arti "… Dan kehidupan dunia ini tidak lain hanya sendagurau (kesenangan yang menipu) (20)." Ketiga ayat tersebut menjadikan peneliti semakin kuat dan yakin dalam menyusun tugas akhir.

Penulis mengucapkan *Alhamdulillah*, berharap semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, serta menjadi sumber referensi dan informasi yang berguna, khususnya dalam bidang Teknik Perkapalan.

Depok, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING iii

PERNYATAAN ORISINALITAS iv

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI v

ABSTRAK vi

ABSTRACT vii

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

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 5

1.6 Sistematika Penelitian 6

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1. Propulsi Kapal 7

2.2. *Contra Rotating Propeller* 8

2.3. *Toroidal Propeller* 10

2.4. Persamaan Propeller 12

2.4.1. Advance Coefficient 12

2.4.2. Thrust 12

2.4.3. Torque 13

2.4.4. Efisiensi Propeler 13

2.5. Drag Force 14
2.6. Lift Force 15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 16
3.1. Flow Chart 16
3.2. Desain Propeler 17
3.3. Variasi data 19
3.4. Analisis Pendekatan *Computational Fluid Dynamic* 19
3.4.1. Domain Boundary Condition 19
3.4.2. Setup Simulasi 20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 24
4.1. Validasi 24
4.2. *Thrust* dan koefisien *thrust* (KT) 27
4.2.1. Perbandingan gaya dorong CRP Toroidal dengan CRP Konvensional 27
4.2.2. Perbandingan koefisien *thrust* (KT) CRP Toroidal dengan CRP Konvensional 29
4.3. *Torque* dan koefisien *torque* (KQ) 30
4.3.1. Perbandingan torsi CRP Toroidal dengan CRP Konvensional 30
4.3.2. Perbandingan koefisien *torque* (KQ) CRP Toroidal dengan CRP Konvensional 32
4.4. Efisiensi Propeller 33
4.5. Kontur Aliran 35
4.6. Drag Force 38
4.7. Lift Force 39
4.8. Kontur *Velocity & Pressure* 42
BAB 5 PENUTUP 48
5.1 Kesimpulan 48
5.2 Saran 50
DAFTAR PUSTAKA
DAFTAR RIWAYAT HIDUP
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Grid Independency Test 830 ribu meshing 24
Tabel 4.2 Grid Independency Test 970 ribu meshing 24
Tabel 4.3 Grid Independency Test 1.2 juta meshing..... 25
Tabel 4.4 Data perbandingan efisiensi simulasi dan eksperimen..... 26
Tabel 4.5 nilai *thrust* hasil analisis..... 27
Tabel 4.6 nilai koefisien *thrust* hasil analisis 29
Tabel 4.7 nilai *torque* hasil analisis..... 31
Tabel 4.8 nilai koefisien *torque* hasil analisis 32
Tabel 4.9 nilai efisiensi hasil analisis..... 33
Tabel 4.10 Drag Force *Contra-rotating Toroidal Propeller*..... 38
Tabel 4.11 Nilai minimum dan maksimum CL..... 40
Tabel 4.12 Lift Force *Contra-rotating Toroidal Propeller*..... 40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbandingan kecepatan Toroidal Propeler MX-1 dengan propeler konvensional 3
Gambar 1.2 Perbandingan konsumsi bahan bakar toroidal propeler dengan propeler konvensional 3

Gambar 2.1 Sistem Propulsi pada Kapal 7
Gambar 2.2 Contra Rotating Propeller 9
Gambar 2.3 Toroidal Propeller Sharrowmarine 11

Gambar 3.1 Model *Contra Rotating Propeller* Konvensional Kuadran 0° 17
Gambar 3.2 Model *Contra Rotating Toroidal Propeller* Kuadran 0° 17
Gambar 3.3 Model *Contra Rotating Propeller* Konvensional Kuadran 45° 17
Gambar 3.4 Model *Contra Rotating Toroidal Propeller* Kuadran 45° 18
Gambar 3.5 Model 3 Dimensi *Contra Rotating Toroidal Propeller* 18
Gambar 3.6 Setup simulasi awal 20
Gambar 3.7 *Setup* material dan *initial conditions* 21
Gambar 3.8 *Pengaturan boundary conditions* 22
Gambar 3.9 Mengatur area rotasi simulasi 23

Gambar 4.1. Grafik Force 3 mesh 25
Gambar 4.2 Grafik perbandingan efisiensi simulasi dan eksperimen 27
Gambar 4.3 Grafik perbandingan *thrust* terhadap RPM 28
Gambar 4.4 Grafik perbandingan koefisien *thrust* terhadap RPM 30
Gambar 4.5 Grafik perbandingan *torque* terhadap RPM 31
Gambar 4.6 Grafik perbandingan koefisien *torque* terhadap RPM 33
Gambar 4.7 Grafik perbandingan efisiensi propeler terhadap RPM 34
Gambar 4.8 *velocity contour contra-rotating* toroidal propeler pada 3000 RPM 36
Gambar 4.9 *velocity contour contra-rotating* propeler konvensional *pitch 264* mm pada 1000 RPM 36

Gambar 4.10 *velocity contour contra-rotating* propeler konvensional *pitch 312* mm pada 3000 RPM 37
Gambar 4.11 *velocity contour contra-rotating* propeler konvensional *pitch 312* mm pada 1000 RPM 37
Gambar 4.12 Grafik Drag Force *Contra-rotating Propeller* 38
Gambar 4.13 Grafik Lift Force *CRP Toroidal* 41
Gambar 4.14 Kontur *Velocity* CRP Toroidal 1000 RPM 43
Gambar 4.15 Kontur *Pressure* CRP Toroidal 1000 RPM 43
Gambar 4.16 Kontur *Velocity* CRP Toroidal 1500 RPM 43
Gambar 4.17 Kontur *Pressure* CRP Toroidal 1500 RPM 44
Gambar 4.18 Kontur *Velocity* CRP Toroidal 2000 RPM 44
Gambar 4.19 Kontur *Pressure* CRP Toroidal 2000 RPM 44
Gambar 4.20.Kontur *Velocity* CRP Toroidal 2500 RPM 45
Gambar 4.21 Kontur *Pressure* CRP Toroidal 2500 RPM 45
Gambar 4.22 Kontur *Velocity* CRP Toroidal 3000 RPM 45
Gambar 4.23 Kontur *Pressure* CRP Toroidal 2000 RPM 46