



ANALISIS PERFORMA *TOROIDAL PROPELLER*

SKRIPSI

BIMA ANUGERAH PUTRA

2010313049

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2024



ANALISIS PERFORMA *TOROIDAL PROPELLER*

SKRIPSI

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

BIMA ANUGERAH PUTRA

2010313049

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Bima Anugerah Putra

NIM : 2010313049

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Analisis Performa *Toroidal Propeller*

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.



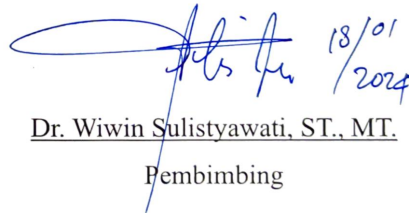
Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.

Penguji Utama



Dr. Amir Marasabessy, MT

Penguji Lembaga



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

Pembimbing

Dr. Muchamad Oktaviandri, ST., MT.,

IPM., ASEAN.Eng

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Depok

Tanggal Ujian : 11 Januari 2024

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PERFORMA *TOROIDAL PROPELLER*

Disusun Oleh:

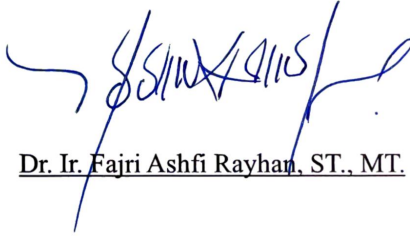
Bima Anugerah Putra

2010313049

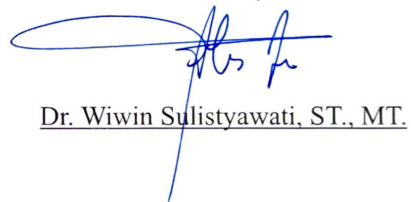
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

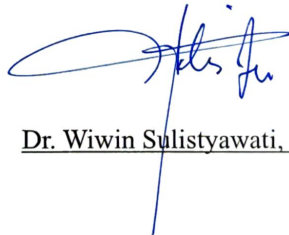


Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.



Dr. Wiwin Sulistyawati, 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 : Bima Anugerah Putra

NIM : 2010313049

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, 22 Januari 2024

Yang menyatakan,




Bima Anugerah Putra

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Bima Anugerah Putra
NIM : 2010313049
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 TOROIDAL PROPELER”

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 : 22 Januari 2024

Yang menyatakan,



Bima Anugerah Putra

ANALISIS PERFORMA *TOROIDAL PROPELLER*

Bima Anugerah Putra

ABSTRAK

Toroidal propeller adalah jenis baling-baling yang memiliki bentuk melingkar pada bilahnya. Propeler ini sedang menjadi topik perbincangan karena diklaim mampu memberikan efisiensi yang lebih tinggi, tingkat kebisingan yang rendah, dan beberapa keunggulan lainnya dibandingkan dengan model propeler yang ada saat ini. Meski demikian, publikasi ilmiah tentang penelitian *toroidal propeller* masih terbatas, dan sebagian besar hanya mengandalkan percobaan lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa *toroidal propeller* dengan propeler konvensional yang memiliki bentuk serupa, untuk mengetahui sejauh mana peningkatan yang dapat dihasilkan oleh *toroidal propeller*. Parameter geometri yang digunakan untuk memodelkan propeler konvensional agar menyerupai *toroidal* meliputi diameter propeler, jumlah daun, diameter *hub*, dan tampak depan bilah. Parameter geometri *pitch* pada propeler konvensional divariasikan untuk mengetahui apakah propeler konvensional mampu menghasilkan efisiensi yang serupa dengan *toroidal propeller*. Setiap model propeler dalam penelitian ini disimulasikan pada putaran 1000 – 6000 RPM menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan *software* Simscale. Simulasi CFD ini akan menghasilkan nilai *thrust* dan *torque* yang kemudian dihitung untuk mendapatkan nilai efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *thrust* dan *torque* pada propeler akan meningkat seiring dengan peningkatan *pitch* dan RPM. Dalam hal efisiensi, variasi propeler konvensional dengan *pitch* 171,45 mm mampu menghasilkan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *toroidal propeller*, namun memiliki gaya dorong yang rendah. Penelitian ini juga menghasilkan visualisasi aliran fluida pada setiap model propeler. Hasilnya menunjukkan bahwa aliran fluida terbaik dimiliki oleh *toroidal propeller* tanpa adanya vortisitas. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan pemahaman mengenai *toroidal propeller* dan berkontribusi pada pengembangan lebih lanjut dari desain teknologi ini.

Kata kunci: Toroidal propeller, efisiensi propulsi, performa propeller, CFD.

PERFORMANCE ANALYSIS OF TOROIDAL PROPELLERS

Bima Anugerah Putra

ABSTRACT

The toroidal propeller is a type of propeller that has a circular shape on its blades. This propeller is currently a topic of discussion because it is claimed to provide higher efficiency, lower noise levels, and several other advantages compared to the current propeller models. However, scientific publications on toroidal propeller research are still limited, and most rely only on field experiments. This study aims to compare the performance of the toroidal propeller with a conventional propeller of similar shape, to determine the extent of the improvement that can be produced by the toroidal propeller. The geometric parameters used to model the conventional propeller to resemble the toroidal include propeller diameter, number of leaves, hub diameter, and blade front view. The pitch geometric parameter on the conventional propeller is varied to determine whether the conventional propeller is able to produce efficiency similar to the toroidal propeller. Each propeller model in this study is simulated at 1000 - 6000 RPM using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation with Simscale software. This CFD simulation will produce thrust and torque values which are then calculated to obtain efficiency values. The results of the study show that the thrust and torque values on the propeller will increase along with the increase in pitch and RPM. In terms of efficiency, a variation of the conventional propeller with a pitch of 171.45 mm is able to produce higher efficiency values compared to the toroidal propeller, but has low thrust. This study also produces a visualization of fluid flow on each propeller model. The results show that the best fluid flow is owned by the toroidal propeller without any vorticity. Thus, this study can provide an understanding of the toroidal propeller and contribute to the further development of this technology design.

Keywords: *Toroidal propeller, propulsion efficiency, propeller performance, CFD.*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim

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 *Toroidal Propeller*” 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 I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Keluarga besar penulis atas segala dukungan moral dan materialnya selama penulis menyusun skripsi;
5. Saudara dan saudari Maritim yang senantiasa dalam suka dan duka serta berbagi ilmu yang dimiliki serta memberi semangat dan dukungan.
6. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan baik dalam penyajian materi hingga sistematika penulisan, oleh sebab itu penulis sangat terbuka untuk kritik dan saran agar melengkapi kekurangan tersebut.

Akhir kata penulis mengucapkan Alhamdulillah, semoga Allah SWT selalu menyertai langkah penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan berpikir serta sebagai bahan referensi dan informasi yang bermanfaat bagi pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Depok, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	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	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Hipotesis	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem Propulsi Kapal.....	6
2.2 Parameter geometri propeler.....	6
2.3 Jenis-jenis Propeler	7
2.3.1 <i>Fixed pitch propeller</i>	8
2.3.2 <i>Controllable pitch propeller</i>	8

2.3.3	<i>Ducted propeller</i>	9
2.3.4	<i>Contrarotating propeller</i>	9
2.3.5	<i>Overlapping propeller</i>	10
2.3.6	<i>Tandem propeller</i>	10
2.4	<i>Toroidal Propeller</i>	11
2.5	<i>Advance Coefficient</i>	13
2.6	<i>Thrust</i>	13
2.7	<i>Torque</i>	14
2.8	Efisiensi Propeler	14
2.9	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	15
2.10	<i>Software</i>	15
2.10.1	Onshape	15
2.10.2	Ansys SpaceClaim	16
2.10.3	Simscale	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Diagram Alir	18
3.2	Model Propeler	18
3.2.1	<i>Toroidal propeller</i>	18
3.2.2	Propeler konvensional	19
3.3	Variasi Penelitian	21
3.3.1	Variasi propeler konvensional	21
3.3.2	Variasi putaran propeler	22
3.4	Analisis Pendekatan <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	23
3.5.1	<i>Domain Boundary Condition</i>	23
3.5.2	<i>Setup simulasi</i>	24
3.5.3	Pembuatan <i>meshing</i>	27
3.5	Konvergensi nilai <i>Meshing</i>	28
3.6	Validasi	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	<i>Thrust</i> dan koefisien <i>thrust</i> (KT)	31
4.1.1	Perbandingan gaya dorong propeler konvensional dengan Prop 1 – 4	

4.1.2	Perbandingan gaya dorong propeler konvensional dengan <i>toroidal propeller</i>	34
4.2	<i>Torque</i> dan koefisien <i>torque</i> (KQ)	36
4.2.1	Perbandingan torsi propeler konvensional dengan Prop 1 – 4	36
4.2.2	Perbandingan torsi propeler konvensional dengan <i>toroidal propeller</i> 39	
4.3	Efisiensi propeler	42
4.3.1	Perbandingan efisiensi propeler konvensional dengan Prop 1 – 4	42
4.3.2	Perbandingan efisiensi propeler konvensional dengan <i>toroidal propeller</i>	44
4.4	<i>Contour</i> aliran	46
BAB 5 PENUTUP		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter geometri <i>toroidal propeller</i>	19
Tabel 3.2 Parameter geometri propeler konvensional	20
Tabel 3.3 Data variasi propeler konvensional	21
Tabel 3.4 Variasi data penelitian	23
Tabel 3.5 Perbandingan konvergensi <i>meshing</i>	28
Tabel 3.6 Data perbandingan efisiensi simulasi dan eksperimen.....	30
Tabel 4.1 Nilai <i>thrust</i> hasil simulasi CFD	31
Tabel 4.2 Nilai koefisien <i>thrust</i> hasil perhitungan	33
Tabel 4.3 Perbandingan <i>thrust</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	34
Tabel 4.4 Perbandingan koefisien <i>thrust</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	35
Tabel 4.5 Nilai <i>torque</i> hasil simulasi CFD	37
Tabel 4.6 Nilai koefisien <i>torque</i> hasil perhitungan	38
Tabel 4.7 Perbandingan <i>torque</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	40
Tabel 4.8 Perbandingan koefisien <i>torque</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	41
Tabel 4.9 Nilai efisiensi propeler konvensional	42
Tabel 4.10 Perbandingan efisiensi propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pengujian <i>toroidal propeller</i> oleh Sharrow Marine	2
Gambar 2.1 Diagram sistem propulsi kapal secara umum.....	6
Gambar 2.2 Parameter geometri propeler	7
Gambar 2.3 <i>Fixed pitch propeller</i>	8
Gambar 2.4 <i>Controllable pitch propeller</i>	8
Gambar 2.5 <i>Ducted propeller</i>	9
Gambar 2.6 <i>Contrarotating propeller</i>	10
Gambar 2.7 <i>Overlapping propeller</i>	10
Gambar 2.8 <i>Tandem propeller</i>	11
Gambar 2.9 Paten <i>Screw propeller</i>	12
Gambar 2.10 Paten <i>Undulating rotor</i>	12
Gambar 2.11 SHARROW XO™	12
Gambar 2.12 <i>Toroidal propeller</i>	12
Gambar 2.13 Logo Onshape	16
Gambar 2.14 Logo Ansys SpaceClaim	16
Gambar 2.15 Logo Simscale	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 3.2 Bentuk tiga dimensi <i>toroidal propeller</i>	19
Gambar 3.3 Perbandingan bentuk <i>toroidal propeller</i> dan propeler konvensional	20
Gambar 3.4 Bentuk tiga dimensi propeler konvensional	21
Gambar 3.5 Variasi <i>pitch</i> propeler konvensional	22
Gambar 3.6 Visualisasi <i>domain boundary condition</i>	24
Gambar 3.7 <i>Setup</i> simulasi awal	25
Gambar 3.8 <i>Setup</i> material dan <i>initial conditions</i>	25
Gambar 3.9 Pengaturan <i>boundary conditions</i>	26
Gambar 3.10 Mengatur area rotasi simulasi	26
Gambar 3.11 Pengaturan <i>simulation control</i>	27
Gambar 3.12 Tahap pengaturan <i>mesh</i> dan hasil meshing	27
Gambar 3.13 Grafik konvergensi <i>meshing</i>	28

Gambar 3.14 Percobaan Sharrow Marine	29
Gambar 3.15 Grafik perbandingan efisiensi simulasi dan eksperimen.....	30
Gambar 4.1 Grafik perbandingan <i>thrust</i> terhadap RPM	32
Gambar 4.2 Grafik perbandingan koefisien <i>thrust</i> terhadap RPM	33
Gambar 4.3 Grafik perbandingan <i>thrust</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i> 35	
Gambar 4.4 Grafik perbandingan koefisien <i>thrust</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	36
Gambar 4.5 Grafik perbandingan <i>torque</i> terhadap RPM.....	38
Gambar 4.6 Grafik perbandingan koefisien <i>torque</i> terhadap RPM	39
Gambar 4.7 Grafik perbandingan <i>torque</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i> 40	
Gambar 4.8 Grafik perbandingan koefisien <i>torque</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	41
Gambar 4.9 Grafik perbandingan efisiensi propeler terhadap RPM.....	43
Gambar 4.10 Grafik perbandingan <i>efisiensi</i> propeler konvensional dengan <i>toroidal</i>	45
Gambar 4.11 <i>Velocity contour Toroidal propeller</i> pada 2000 RPM.....	47
Gambar 4.12 <i>Velocity contour</i> propeler konvensional pada 2000 RPM	47
Gambar 4.13 <i>Velocity contour</i> Prop 2; <i>Pitch</i> = 171,45 mm pada 2000 RPM	48
Gambar 4.14 <i>Velocity contour</i> Prop 4; <i>Pitch</i> = 320,04 mm pada 2000 RPM	48
Gambar 4.15 <i>Velocity contour Toroidal propeller</i> pada 4000 RPM.....	49
Gambar 4.16 <i>Velocity contour</i> propeler konvensional pada 4000 RPM	50
Gambar 4.17 <i>Velocity contour</i> Prop 2; <i>Pitch</i> = 171,45 mm pada 4000 RPM	50
Gambar 4.18 <i>Velocity contour</i> Prop 4; <i>Pitch</i> = 320,04 mm pada 4000 RPM	51
Gambar 4.19 <i>Velocity contour Toroidal propeller</i> pada 6000 RPM.....	51
Gambar 4.20 <i>Velocity contour</i> propeler konvensional pada 4000 RPM	52
Gambar 4.21 <i>Velocity contour</i> Prop 2; <i>Pitch</i> = 171,45 mm pada 6000 RPM	52
Gambar 4.22 <i>Velocity contour</i> Prop 4; <i>Pitch</i> = 320,04 mm pada 6000 RPM	53

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Konsultasi Pembimbing I
- Lampiran 2 Lembar Konsultasi Pembimbing II
- Lampiran 3 Surat Pengajuan Pra Sidang Skripsi
- Lampiran 4 Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme