



**ANALISIS PENAMBAHAN *PRE-SWIRL DUCT* PADA
LAMBUNG KAPAL UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI PROPULSI BERBASIS SIMULASI CFD**

SKRIPSI

MUHAMMAD NAUFAL ZAKI

2110313022

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2025



**ANALISIS PENAMBAHAN *PRE-SWIRL DUCT* PADA
LAMBUNG KAPAL UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI PROPULSI BERBASIS SIMULASI CFD**

SKRIPSI

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

MUHAMMAD NAUFAL ZAKI

2110313022

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

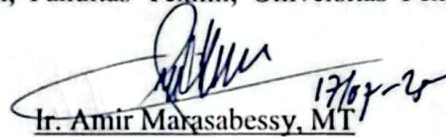
Nama : Muhammad Naufal Zaki

NIM : 2110313022

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

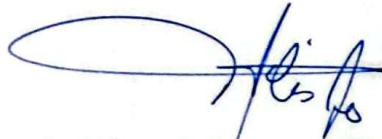
Judul Skripsi : Analisis Penambahan *Pre-Swirl Duct* Pada Lambung Kapal Untuk Meningkatkan Efisiensi Propulsi Berbasis Simulasi Cfd

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.



Ir. Amir Marasabessy, MT

Penguji Utama



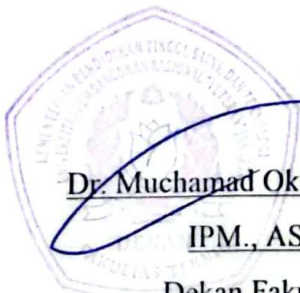
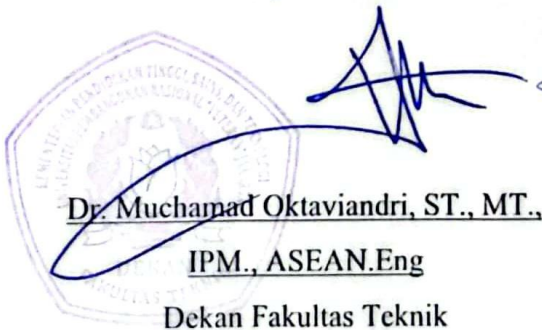
Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

Penguji Lembaga

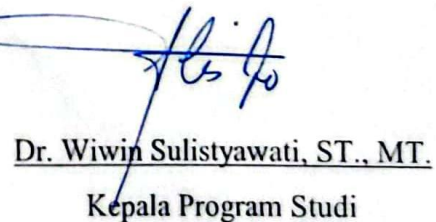


Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.

Penguji/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 : 18 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PENAMBAHAN *PRE-SWIRL DUCT* PADA LAMBUNG KAPAL UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROPULSI BERBASIS SIMULASI CFD

Disusun Oleh:

Muhammad Naufal Zaki

2110313022

Menyetujui,

Pembimbing I



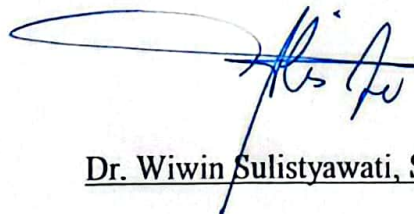
Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.

Pembimbing II



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

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 Naufal Zaki

NIM : 2110313022

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, 16 Juli 2025

Yang menyatakan,



The image shows a yellow rectangular meter stamp with a red Garuda emblem at the top. The text on the stamp includes 'METERAI TEMPEL' and a unique alphanumeric code 'E8AMX347560727'. A handwritten signature in black ink is written over the right side of the stamp.

Muhammad Naufal Zaki

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Naufal Zaki

NIM : 2110313022

Program Studi : SI 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 PENAMBAHAN *PRE-SWIRL DUCT* PADA LAMBUNG
KAPAL UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROPULSI BERBASIS
SIMULASI CFD”**

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 : 16 Juli 2025

Yang menyatakan,



Muhamamad Naufal Zaki

ANALISIS PENAMBAHAN *PRE-SWIRL DUCT* PADA LAMBUNG KAPAL UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROPULSI BERBASIS SIMULASI CFD

Muhammad Naufal Zaki

ABSTRAK

Peningkatan efisiensi sistem propulsi kapal merupakan salah satu upaya penting dalam mendukung target pengurangan emisi gas rumah kaca di sektor maritim. Salah satu teknologi yang digunakan adalah energy saving device (ESD), khususnya pre-swirl duct (PSD), yang berfungsi mengarahkan aliran fluida agar lebih optimal sebelum mencapai propeller. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan pre-swirl duct terhadap performa propulsi kapal KCS, baik dari sisi thrust, torque, maupun efisiensi propeller. Metode yang digunakan adalah simulasi numerik berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan perangkat lunak SimScale. Model kapal yang disimulasikan terdiri dari variasi: bare hull, pre-swirl stator (PSS), serta kombinasi PSS dengan PSD berdiameter 0,55D, 0,7D, dan 1D. Setiap konfigurasi diuji pada empat kecepatan aliran yang berbeda, dan hasilnya divalidasi dengan data literatur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan PSD berdampak signifikan terhadap peningkatan kinerja propulsi, khususnya pada model PSD 1D yang mencatat peningkatan efisiensi hingga 27% pada kecepatan 2,196 m/s. Kontur kecepatan juga menunjukkan aliran yang lebih merata dan terkendali di belakang propeller, yang dapat mengurangi getaran dan memperpanjang umur sistem. Temuan ini mendukung penggunaan PSD sebagai solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi energi kapal tanpa modifikasi besar pada desain utama. Sementara itu, JBC menunjukkan peningkatan thrust yang lebih moderat (21%) dengan kenaikan torsi yang rendah (12%), mencerminkan stabilitas hidrodinamik yang lebih baik. Perbandingan ini menegaskan bahwa desain lambung dan konfigurasi wake masing-masing kapal sangat memengaruhi respons terhadap penambahan ESD. Kajian ini juga menambahkan analisis konsumsi bahan bakar untuk mendukung efisiensi operasional kapal secara menyeluruh.

Kata kunci : *Pre-Swirl Duct*, Propulsi Kapal; Simulasi CFD; Efisiensi Energi; SimScale

ANALYSIS OF PRE-SWIRL DUCT IMPLEMENTATION ON SHIP HULL TO IMPROVE PROPULSION EFFICIENCY BASED ON CFD SIMULATION

Muhammad Naufal Zaki

ABSTRACT

Improving the efficiency of ship propulsion systems is a key effort in supporting greenhouse gas reduction targets in the maritime sector. One of the technologies utilized is the energy saving device (ESD), specifically the pre-swirl duct (PSD), which functions to optimize fluid flow before it reaches the propeller. This study aims to analyze the effect of adding a pre-swirl duct on the propulsion performance of the KCS ship, focusing on thrust, torque, and propeller efficiency. The research method involves numerical simulation using Computational Fluid Dynamics (CFD) through the SimScale platform. The ship model was tested in several configurations: bare hull, pre-swirl stator (PSS), and a combination of PSS with PSDs of 0.55D, 0.7D, and 1D diameters. Each configuration was simulated under four different flow velocities, and the results were validated against existing literature data. Simulation results show that the addition of a PSD significantly enhances propulsion performance, with the 1D PSD model achieving up to a 27% efficiency improvement at a flow velocity of 2.196 m/s. Velocity contours also reveal more uniform and controlled flow behind the propeller, which can reduce vibrations and extend the lifespan of the propulsion system. These findings support the application of PSD as a practical solution for improving ship energy efficiency without major modifications to the main hull design. In contrast, the JBC exhibited a more moderate thrust improvement (21%) and a lower torque increase (12%), indicating better hydrodynamic stability. This comparison confirms that hull form and wake characteristics significantly affect the response to ESDs. Additionally, fuel consumption analysis was conducted to support the assessment of operational efficiency.

Keywords: *Pre-Swirl Duct, ship Propulsion, CFD Simulation, Energy Efficiency, SimScale*

KATA PENGANTAR

Bissmillahirrahmanirrohim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Analisis Penambahan Pre-Swirl Duct pada Lambung Kapal untuk Meningkatkan Efisiensi Propulsi Berbasis Simulasi CFD*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa segala pencapaian yang berhasil diraih tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya 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 masih memiliki berbagai kekurangan, baik dari segi penyampaian materi maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai setiap kritik dan saran yang membangun guna

menyempurnakan karya ini. Akhir kata, penulis mengucapkan Alhamdulillah dan berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, serta menjadi referensi yang berguna, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Jakarta, Juli 2025

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
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Propulsi.....	5
2.2 Geometri Propeller	6
2.3 Jenis-Jenis Propeller	7
2.3.1 <i>Fixed Pitch Propeller</i>	7
2.3.2 <i>Controllable pitch propeller.</i>	7
2.3.3 <i>Ducted Propeller.</i>	8
2.3.4 <i>Contra Rotating Propeller</i>	8
2.3.5 <i>Overlapping Propeller.</i>	9

2.3.6 Tandem Propeller.....	9
2.4 Jenis-Jenis <i>Energy Saving Device</i>	10
2.4.1 PBCF (<i>Propeller Boss Cap with Fins</i>)	10
2.4.2 <i>Twisted Rubber and Bulb</i>	11
2.4.3 <i>Grim's Vane Wheel</i>	12
2.4.4 <i>Pre-Swirl Stator</i>	12
2.4.5 <i>Contracted Loaded Tip (CLT) Propeller</i>	13
2.5 <i>Pre-Swirl Duct</i>	13
2.6 <i>Advance coefficient</i>	14
2.7 <i>Thrust</i>	15
2.8 <i>Torque</i>	15
2.9 Efisiensi Propeler.....	16
2.10 <i>Fuel Consumption Rate (FCR)</i>	16
2.11 <i>Computational Fluid Dynamic</i>	17
2.12 <i>Software</i>	17
2.11.1 Rhinoceros	17
2.11.2 SIMSCALE.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir.....	19
3.2 Model analisis.....	19
3.2.1 Ukuran utama kapal dan propeller KCS	19
3.2.2 Ukuran utama kapal dan propeller <i>Japan Bulk Carrier (JBC)</i>	22
3.2.3 Pembuatan Model <i>Pre-Swirl Stator</i> dan <i>Pre-Swirl Duct</i>	24
3.3 Variasi data.....	25
3.4 Analisis Pendekatan <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	26
3.4.1 Domain Boundary Condition.....	26
3.4.2 <i>Setup Simulasi</i>	28
3.4.3 Pembuatan <i>Mesh</i>	31
3.5 Konvergensi Nilai Meshing.....	32
3.6 Validasi.....	33
3.6.1 Kapal Kribo Container Ship (KCS)	33
3.6.2 Kapal <i>Japan Bulk Carrier (JBC)</i>	34

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 <i>Thrust</i> dan Koefisien <i>Thrust</i> (KT).....	36
4.2 <i>Torque</i> dan Koefisien <i>Torque</i> (KQ)	38
4.3 Efisiensi Propeller	42
4.4 <i>Fuel Consumption Rate</i> (FCR).....	44
4.5 Analisis Perbandingan Performa Propulsi Kapal JBC terhadap KCS.....	46
4.6 Contour Aliran.....	47
BAB 5 PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Ukuran utama kapal	20
Tabel 3. 2 Parameter geometri propeller	21
Tabel 3. 3 parameter geometri propeller	23
Tabel 3. 4 Ukuran Pre-Swirl stator.....	24
Tabel 3. 5 Variasi penelitian.....	25
Tabel 3. 6 Perbandingan konvergensi meshing	33
Tabel 3. 7 Validasi K_t , dan K_q KCS Ship	34
Tabel 3. 8 Validasi K_t , dan K_q KCS with PSS based on CFD	34
Tabel 3. 9 Validasi K_t , $10K_q$ pada kapal JBC.....	35
Tabel 4. 1 Data persentase peningkatan thrust tiap model	36
Tabel 4. 2 Data persentase peningkatan torsi tiap model	39
Tabel 4. 3 Data persentase peningkatan efisiensi propeller dari tiap model	42
Tabel 4. 4 Tabel Fuel Consumption Rate pada tiap model dan variasi kecepatan.....	44
Tabel 4. 5 Tabel pengaruh energy saving device pada propulsi kapal JBC	46
Tabel 4. 6 Tabel pengaruh energy saving device pada propulsi kapal KCS	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram skema sistem propulsi pada kapal secara umum	5
Gambar 2. 2	Klasifikasi Zona ESD	10
Gambar 2. 3	Propeller Boss Cap with Fins	11
Gambar 2. 4	<i>Twisted Rudder with Costa Bulb</i>	11
Gambar 2. 5	<i>Grim's Vane Wheel</i>	12
Gambar 2. 6	<i>Pre-Swirl Stator</i>	13
Gambar 2. 7	<i>Contracted Loaded Tip Propeller</i>	13
Gambar 2. 8	<i>Pre-Swirl Duct</i>	14
Gambar 2. 9	Logo Rhinoceros.....	18
Gambar 2. 10	Logo Simscale	18
Gambar 3. 1	Diagram Alir.....	19
Gambar 3. 2	Model Lambung KCS Tanpa propeller	20
Gambar 3. 3	Bentuk propeller	21
Gambar 3. 4	Lambung KCS dan Propeller KP 505 Setelah digabungkan.	21
Gambar 3. 5	3D model Japan Bulk Carrier tanpa propeller	22
Gambar 3. 6	3D Model propeller.....	23
Gambar 3. 7	Model lambung dan propeller kapal JBC	23
Gambar 3. 8	Desain PSS pada lambung KCS	24
Gambar 3. 9	desain <i>pre-swirl Duct</i>	25
Gambar 3. 10	ukuran 0,55D (a) ukuran 0,7D (b) ukuran 1D (c).....	25
Gambar 3. 11	Luasan kapal yang akan disimulasikan.....	27
Gambar 3. 12	Ukuran Domain	27
Gambar 3. 13	Setup simulasi awal	28
Gambar 3. 14	Setup material	29
Gambar 3. 15	Pengaturan <i>boundary condition</i>	29
Gambar 3. 16	pengaturan <i>rotating zone</i>	30
Gambar 3. 17	pengaturan <i>simulation control</i>	31
Gambar 3. 18	pengaturan <i>result control</i> pada propeller	31
Gambar 3. 19	pengaturan <i>meshing</i>	32

Gambar 3. 20 <i>refinement meshing</i>	32
Gambar 3. 21 Grafik konvergensi meshing.....	33
Gambar 4. 1 Grafik perbandingan <i>thrust</i> pada tiap model	37
Gambar 4. 2 Grafik peningkatan <i>thrust</i> terhadap kecepatan kapal.....	38
Gambar 4. 3 Grafik torsi pada tiap model	40
Gambar 4. 4 Grafik peningkatan torsi terhadap kecepatan kapal.....	41
Gambar 4. 5 Grafik peningkatan efisiensi propeller terhadap kecepatan kapal	43
Gambar 4. 6 Grafik FCR pada tiap kondisi dan kecepatan	45
Gambar 4. 8 <i>Velocity Contour</i> pada <i>barehull</i> model di kecepatan 1,2 m/s.....	48
Gambar 4. 9 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan PSS model di kecepatan 1,2 m/s	48
Gambar 4. 10 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan PSD 0,55D model di kecepatan 1,2 m/s.....	49
Gambar 4. 11 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan PSD 0,7D model di kecepatan 1,2 m/s.....	49
Gambar 4. 12 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan PSD 1D model di kecepatan 1,2 m/s.....	49
Gambar 4. 13 <i>Velocity Contour</i> pada KCS <i>barehull</i> model di kecepatan 2,196 m/s	50
Gambar 4. 14 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan pss model di kecepatan 2,196 m/s.....	51
Gambar 4. 15 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan psd 0,5D model di kecepatan 2,196 m/s.....	51
Gambar 4. 16 <i>Velocity Contour</i> pada KCS psd 0,75D model di kecepatan 2,196 m/s.....	51
Gambar 4. 17 <i>Velocity Contour</i> pada KCS dengan psd 1D model di kecepatan 2,196 m/s.....	52