



TUGAS AKHIR

TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN

**STUDI PERBANDINGAN *TOROIDAL PROPELLER*
DENGAN *WAGENINGEN B-SERIES PROPELLER*
MENGUNAKAN SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID*
*DYNAMICS (CFD)***

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Terapan

Disusun oleh:

TEGAR PRASTYO
NIM.40040421650027

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : TEGAR PRASTYO
NIM : 40040421650027
Judul skripsi : STUDI PERBANDINGAN *TOROIDAL PROPELLER* DENGAN
WAGENINGEN B-SERIES PROPELLER MENGGUNAKAN SIMULASI
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan rancang bangun yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena Tugas Akhir ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Semarang, 20 Januari 2025
Yang membuat pernyataan



TEGAR PRASTYO
NIM. 40040421650027

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN ANTARA *TOROIDAL PROPELLER* DAN *WAGENINGEN B-SERIES PROPELLER* MENGGUNAKAN SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

Tugas Akhir diajukan kepada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Oleh :

TEGAR PRASTYO
40040421650027

Diajukan pada
Seminar Hasil Tugas Akhir
Tanggal 20 Januari 2025

Dinyatakan Lulus/Tidak Lulus
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T.	Pembimbing	
Dr. Aulia Windyandari, S.T., M.T.	Penguji 1	
Dr. Zulfaidah Ariany S.T., M.T.	Penguji 2	

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Dr. Mohd Ridwan, S.T., M.T.
NIP 197008271999031002

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Propeller merupakan komponen penting dalam sistem propulsi kapal yang memengaruhi kecepatan dan efisiensi transportasi laut. *Wageningen B-Series Propeller* sering digunakan sebagai standar dalam analisis hidrodinamis, sementara *Toroidal Propeller* menawarkan potensi pengurangan *noise* dan getaran melalui pengendalian *tip vortex*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik hidrodinamis dan performa propulsi kedua *propeller* menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam berbagai kondisi operasional yang relevan dengan industri maritim.

Metodologi penelitian melibatkan simulasi CFD menggunakan model turbulensi *Transition k- ω* dan *Mass Transfer Model Zwart-Gerber-Belamri* untuk analisis kavitasi. Parameter kinerja utama yang dianalisis mencakup *Thrust*, *Torque*, *Advance Coefficient* (J), *Thrust Coefficient* (KT), *Torque Coefficient* (KQ), dan efisiensi *propeller* (η) pada rentang kecepatan putaran 1500–3000 RPM.

Hasil penelitian menunjukkan Pada 1500 RPM, *Thrust Wageningen B-Series* mencapai 2610 N, lebih tinggi dibandingkan *Toroidal Propeller* yang hanya menghasilkan 654 N. Tren serupa terjadi pada RPM lebih tinggi dengan *Thrust B-Series* mencapai 3101 N pada 3000 RPM, sedangkan *Toroidal* hanya 1591 N. Namun, dalam aspek torsi, *Toroidal Propeller* menunjukkan keunggulan, meningkat dari 67 Nm pada 1500 RPM hingga 205 Nm pada 3000 RPM, dibandingkan *B-Series* yang hanya mencapai 138,58 Nm. Kesimpulannya, *Wageningen B-Series Propeller* unggul dalam efisiensi dan *Thrust*, sedangkan *Toroidal Propeller* lebih baik dalam menghasilkan torsi dengan potensi signifikan untuk pengurangan kebisingan. Optimasi geometri *Toroidal Propeller*, seperti peningkatan *Blade Area* dan *Expanded Area Ratio* (EAR), diperlukan untuk meningkatkan performa dorong dan efisiensinya agar mampu bersaing dalam industri maritim.

Kata kunci: *Wageningen B-Series*, *Toroidal Propeller*, *Computational Fluid Dynamics* (CFD), *Thrust*, *Torque*,

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

The propeller is a critical component of a ship's propulsion system, influencing the speed and efficiency of maritime transportation. The Wageningen B-Series Propeller is commonly used as a standard in hydroDynamic analysis, while the Toroidal Propeller offers potential for noise and vibration reduction through tip vortex control. This study aims to compare the hydroDynamic characteristics and propulsion performance of the two propellers using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations under various operational Conditions relevant to the maritime industry.

The research methodology involves CFD simulations employing the Transition k-kl- ω turbulence model and the Zwart-Gerber-Belamri Mass Transfer Model for cavitation analysis. Key performance parameters analyzed include Thrust, Torque, Advance Coefficient (J), Thrust Coefficient (K_T), Torque Coefficient (K_Q), and Propeller Efficiency (η) across a rotational speed range of 1500–3000 RPM.

The Results indicate that at 1500 RPM, the Wageningen B-Series Propeller achieves a Thrust of 2610 N, significantly higher than the Toroidal Propeller, which generates only 654 N. This trend continues at higher RPMs, with the B-Series reaching a Thrust of 3101 N at 3000 RPM, compared to only 1591 N for the Toroidal Propeller. However, in terms of Torque, the Toroidal Propeller demonstrates superiority, increasing from 67 Nm at 1500 RPM to 205 Nm at 3000 RPM, compared to the B-Series, which achieves only 138.58 Nm. In conclusion, the Wageningen B-Series Propeller outperforms in terms of efficiency and Thrust, while the Toroidal Propeller excels in generating Torque and has significant potential for noise reduction. Optimizing the geometry of the Toroidal Propeller, such as increasing the Blade Area and Expanded Area Ratio (EAR), is necessary to enhance its Thrust performance and efficiency, enabling it to compete effectively in the maritime industry.

Keywords: *Wageningen B-Series, Toroidal Propeller, Computational Fluid Dynamics (CFD), Thrust, Torque,*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Studi Perbandingan *Toroidal Propeller* Dengan *Wageningen B-Series Propeller* Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD)” yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (S.Tr.) pada program studi D-IV Teknologi rekayasa Kontruksi Perkapalan, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini baik secara moral maupun spiritual. Ucapan terimakasih oleh penulis ditunjukkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memeberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan pendidikan di Universitas Diponegoro dengan baik.
2. Bapak Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T., selaku Kaprodi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang yang selalu memberikan arahan dan dukungan.
3. Ibu Dr. Aulia Windyandari, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji atas bimbingan, masukan, serta saran konstruktif yang telah diberikan selama proses ujian tugas akhir. Kehadiran dan kontribusi Bapak/Ibu dosen penguji sangat berarti dalam menyempurnakan penelitian ini. Semoga ilmu dan pengalaman yang saya peroleh dapat bermanfaat di masa mendatang.
4. Ibu Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji atas bimbingan, masukan, serta saran konstruktif yang telah diberikan selama proses ujian tugas akhir. Kehadiran dan kontribusi Bapak/Ibu dosen penguji sangat berarti dalam menyempurnakan penelitian ini. Semoga ilmu dan pengalaman yang saya peroleh dapat bermanfaat di masa mendatang.
5. Bapak Muhammad Sawal Baital, S.T. M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir atas bimbingan, arahan, dan kesabarannya dalam membimbing penulis dari awal hingga akhir penyusunan tugas akhir ini serta telah memberikan panduan yang berharga, koreksi yang mendalam, serta masukan yang sangat berarti bagi peningkatan kualitas tugas akhir penulis.
6. Dosen Teknologi Rekayasa Kontruksi Perkapalan Universitas Diponegoro atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan selama perkuliahan.
7. Ibu Dr. Ir. Dini Cahyandari, S.T. M.T., yang telah mendukung penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini
8. Orang tua penulis Ibu Astutik dan Bapak Pi'i, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua penulis, Bapak dan Ibu, yang telah memberikan segala dukungan, doa, cinta, dan pengorbanan selama proses pendidikan penulis. Tanpa kasih sayang, bimbingan, dan doa restu, penulis tidak akan mampu mencapai pencapaian ini. Terima kasih telah selalu memberikan semangat dan dorongan untuk terus berjuang menjalani setiap tahap perjalanan pendidikan penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini, dikarenakan keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu dengan tidak mengurangi rasa hormat, penulis mengharapkan saran dan kritikan untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Besar harapan penulis bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa mahasiswi, khususnya program studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, 20 Januari 2025

Tegar Prastyo
NIM. 40040421650027

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR ISTILAH	xxii
DAFTAR NOTASI	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Relevansi atau manfaat.....	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1) Batasan Kecepatan Operasional.....	4
2) Batasan Geometri <i>Propeller</i>	4
3) Batasan Parameter yang Dianalisis	4
1.6 Hipotesis.....	5
1.7 Luaran Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem Propulsi	7
2.1.1 <i>Propeller</i>	7
2.1.2 <i>Propeller Geometry</i>	7
A. <i>Aerofoil</i>	8
B. <i>Pitch</i>	8
C. <i>Rake</i>	10
D. <i>Skew</i>	11
2.1.3 <i>Wageningen B-Series Propellers</i>	11
2.1.4 <i>Toroidal Propeller</i>	12
A. <i>Toroidal Propeller MIT</i>	12
B. <i>Toroidal Propeller Sharrow Marine</i>	14
C. <i>Design Sharrow Propeller</i>	15
D. <i>Testing Sharrow Propeller</i>	17
2.2 Kavitas	20
2.2.1 Fisika Dasar Kavitas	21
2.2.2 Jenis Kavitas yang Dialami Oleh <i>Propeller</i>	22
A. Kavitas Lembaran (<i>Sheet Cavitation</i>).....	23
B. Kavitas Gelembung (<i>Bubble Cavitation</i>)	24

C. Kavitasi Awan (<i>Cloud Cavitation</i>).....	24
D. Jenis Kavitasi <i>Vortex</i> pada <i>Propeller</i>	24
2.3 <i>Turbulence</i>	26
2.4 <i>Mathematical Model</i>	29
2.4.1 <i>RANS Equations</i>	29
2.4.2 <i>Turbulence Model</i>	30
2.4.3 <i>Cavitation model (Mass transfer modeling)</i>	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Rencana Desain.....	35
3.1.1 Desain <i>Propeller Wageningen B-Series</i>	35
3.1.2 Desain <i>Toroidal Propeller</i>	35
3.1.3 Kondisi Operasional.....	36
3.2 Alat	37
3.3 Tempat Pelaksanaan.....	40
3.4 Metode	40
3.5 Variabel Penelitian	40
3.5.1 Variabel Bebas (<i>Independent Variables</i>):	40
3.5.2 Variabel Terikat (<i>Dependent Variables</i>):.....	41
3.5.3 Variabel Kontrol (<i>Control Variables</i>):.....	41
3.6 <i>Output</i>	41
3.7 <i>Flowchart</i> Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Pembuatan Model	47
4.1.1 <i>Wageningen B-Series Propeller</i>	47
4.1.2 <i>Toroidal Propeller</i>	49
4.1.3 Perhitungan <i>Error Persentase EAR dan Blade Area Wageningen B-Series Propeller dan Toroidal Propeller</i>	53
4.2 Simulasi <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	54
4.2.1 <i>Pre-Processor</i>	54
A. <i>Computational Domain</i>	55
B. <i>Boundary Condition</i>	57
C. <i>Meshing</i>	63
D. <i>Cell Zone</i>	67
E. <i>Setting Parameter</i>	67
4.2.2 <i>Solver manager</i>	67
A. <i>Pressure-Velocity Coupling</i>	68
B. <i>Spatial Discretization</i>	69
4.2.3 <i>Post Processor</i>	71
4.3 Validasi data hasil <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	72
4.3.1 <i>Grid Independence</i>	72
4.3.2 <i>Convergence</i>	73
4.4 Hasil Simulasi	74
4.4.1 Hasil Simulasi <i>Thrust dan Torque Propeller Wageningen B-Series</i>	74

4.4.2 Hasil <i>Contour</i> (<i>Static Pressure</i> , <i>Dynamic Pressure</i> dan <i>Total Pressure</i>) pada Simulasi Propeller Wageningen B-Series dan <i>Toroidal Propeller</i>	76
A. Propeller Wageningen B-Series dengan 1500 RPM	76
B. Propeller Wageningen B-Series dengan 1800 RPM	79
C. Propeller Wageningen B-Series dengan 2400 RPM	82
D. Propeller Wageningen B-Series dengan 3000 RPM	85
E. Propeller Toroidal dengan 1500 RPM	88
F. Propeller Toroidal dengan 1800 RPM	91
G. Propeller Toroidal dengan 2400 RPM	94
H. Propeller Toroidal dengan 3000 RPM	97
4.4.3 Hasil <i>Streamline</i> Antara Propeller Wageningen B-Series dan Propeller Toroidal ...	100
A. <i>Result Streamline</i> Propeller Wageningen B-Series.....	100
B. <i>Result Streamline</i> Propeller Toroidal	104
4.4.4 <i>Result Simulasi Thrust Dan Torque</i> Antara <i>Propeller Wageningen B-Series Dan Toroidal Propeller</i>	108
4.4.5 <i>Result</i> Peforma Propeller	114
A. Rumus-Rumus:	114
B. Perhitungan peforma propeller Wageningen B-Series.....	115
C. Perhitungan peforma <i>Toroidal Propeller</i>	118
D. Hasil Analisis Persentase <i>Error</i> Perbandingan Peforma Propeller Wageningen B-Series dan <i>Toroidal Propeller</i>	121
4.4.6 Analisis Perbandingan Performa Propeller Wageningen B-Series dan <i>Toroidal Propeller</i>	124
4.4.7 Interpretasi dan Solusi Kegagalan <i>Thrust</i> pada <i>Toroidal Propeller</i>	125
A. Optimasi Desain Geometri	126
4.5 Interpretasi Hasil Efisiensi <i>Wageningen B-Series Propeller</i> dan <i>Toroidal Propeller</i> Pada Industri Maritim	131
4.6 Implikasi Hasil Penelitian terhadap Desain Propeller di Masa Depan	133
BAB IV KESIMPULAN	135
5.1 Kesimpulan.....	135
5.2 Saran	136
5.2.1 Rekomendasi untuk Industri Maritim	136
5.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya	136
DAFTAR PUSTAKA	137
LAMPIRAN	141

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Sound Reduction in Propeller: Propeler toroidal</i> mengurangi noise pada <i>high frequency spectrum</i> tanpa mengorbankan (<i>losing</i>) efisiensi sebenarnya.	2
Gambar 2.1 <i>General Definition Of An Aerofoil Section</i>	8
Gambar 2.2 <i>Aerofoil Section Definition</i>	8
Gambar 2.3 <i>Cylindrical Blade Section Definition</i>	9
Gambar 2.4 <i>Definition of Pitch: (A) Helix Definition on A Cylinder of Radius R And (B) Development Of Helix On The Cylinder</i>	9
Gambar 2.5 <i>Rake propeller</i>	10
Gambar 2.6 <i>Tip rake definition</i>	11
Gambar 2.7 <i>Skew Definition</i>	11
Gambar 2.8 <i>Perspective View antara Planar dan Ring Wing</i>	13
Gambar 2.9 <i>Massachusetts Institute of Technology (MIT) Mengaplikasikan Toroidal Propeller pada Drone</i>	13
Gambar 2.10 Perbandingan antara Propeller Konvensional yang Digunakan pada Quadrotor DJI (A) dan <i>Propeller Toroidal</i> (B) Menunjukkan Pengurangan Kebisingan yang Signifikan yang Dicapai Oleh <i>Propeller Toroidal</i>	14
Gambar 2.11 <i>Sharrow Propeller</i>	15
Gambar 2.12 <i>Perspective Sharrow Propeller</i>	15
Gambar 2.13 <i>Back Sharrow Propeller</i>	15
Gambar 2.14 <i>Front Sharrow Propeller</i>	16
Gambar 2.15 <i>Top Sharrow Propeller</i>	16
Gambar 2.16 <i>Bottom Sharrow Propeller</i>	16
Gambar 2.17 <i>Sharrow Marine</i> Menjalankan Ratusan Desain Prototipe Pada Sebuah Dinamometer Buatan Khusus	17
Gambar 2.18 <i>Sharrow Propeller™</i> Dimuat ke Dalam Dinamometer Laboratorium Hidrodinamika Universitas Michigan untuk Pengujian.	18
Gambar 2.19 Pemandangan dari Kolam Model Fisik Selama Sesi Pengujian dengan <i>Sharrow Propeller™</i>	18
Gambar 2.20 Versi <i>Sharrow Propeller™</i> Berbilah 2 Dimuat ke Dalam Dinamometer di <i>University Of Michigan's Marine HydroDynamics Laboratory</i>	19
Gambar 2.21 Sistem Injeksi Pewarna di <i>University Of Michigan's HydroDynamics Laboratory</i>	19
Gambar 2.22 Uji Coba Dilakukan dengan Kerjasama <i>University Of Michigan Marine HydroDynamics Laboratory</i> pada Tahun 2017	20
Gambar 2.23 <i>Phase Diagram</i> untuk Air.....	22
Gambar 2.24 <i>Fixed dan Traveling Cavities</i>	23
Gambar 2.25 Jenis Kavitasi Pada <i>Propeller (MARIN)</i> : (A) <i>Sheet Cavitation</i> dan <i>Cloud Cavitation</i> Bersama dengan <i>Tip Vortex</i> ; (B) <i>Midchord Bubble Cavitation</i> Bersama dengan <i>Tip Vortex</i> dan Beberapa <i>Leading edge Streak Cavitation</i> ; (C) <i>Hub Vortex Cavitation</i> dengan <i>Traces LE dan Tip</i> ...	25
Gambar 2.26 <i>Turbulence</i> Dalam Kehidupan Nyata.....	27
Gambar 2.27 <i>Free Turbulent flow</i>	28

Gambar 2.28 <i>Visualisation Of a Jet flow</i>	29
Gambar 3.1 <i>Global Coordinate System Propeller Wageningen B-Series</i>	38
Gambar 3.2 <i>Propeller Wageningen B-Series Model Dalam 3D</i>	38
Gambar 3.3 <i>Global Coordinate System Toroidal Propeller</i>	39
Gambar 3.4 <i>Toroidal Propeller Model Dalam 3D</i>	39
Gambar 3.5 <i>Gambar Flowchart Penelitian</i>	43
Gambar 4.1 <i>Computer Aided Design (CAD) Propeller Wageningen B-Series</i>	48
Gambar 4.2 <i>Global Coordinate System Propeller Wageningen B-Series</i>	48
Gambar 4.3 <i>Propeller Wageningen B-Series Model Dalam 3D</i>	49
Gambar 4.4 <i>Global Coordinate System Toroidal Propeller</i>	52
Gambar 4.5 <i>Toroidal Propeller Model Dalam 3D</i>	53
Gambar 4.6 <i>Domain Statik pada Propeller Wageningen B-Series</i>	55
Gambar 4.7 <i>Domain Berputar pada Propeller Wageningen B-Series</i>	56
Gambar 4.8 <i>Domain Statik pada Toroidal Propeller</i>	56
Gambar 4.9 <i>Domain Berputar pada Toroidal Propeller</i>	56
Gambar 4.10 <i>Inlet dan Outlet pada Propeller Wageningen B-Series</i>	61
Gambar 4.11 <i>Inlet dan Outlet pada Toroidal Propeller</i>	61
Gambar 4.12 <i>Mesh Hibrida Poly-Hexcore Untuk Domain Statik pada Propeller Wageningen B-Series</i>	64
Gambar 4.13 <i>Mesh Hibrida Poly-Hexcore Untuk Domain Berputar Menggunakan Local Sizing pada Propeller Wageningen B-Series</i>	64
Gambar 4.14 <i>Mesh Hibrida Poly-Hexcore Untuk Domain Statik pada Toroidal Propeller</i>	65
Gambar 4.15 <i>Mesh Hibrida Poly-Hexcore Untuk Domain Berputar Menggunakan Local Sizing pada Toroidal Propeller</i>	66
Gambar 4.16 <i>Konvergensi pada simulasi CFD sebesar 10 – 5</i>	74
Gambar 4.17 <i>Static Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 1500 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	76
Gambar 4.18 <i>Dynamic Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 1500 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	77
Gambar 4.19 <i>Total Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 1500 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	78
Gambar 4.20 <i>Static Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 1800 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	79
Gambar 4.21 <i>Dynamic Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 1800 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	80
Gambar 4.22 <i>Total Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 1800 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	81
Gambar 4.23 <i>Static Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 2400 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	82
Gambar 4.24 <i>Dynamic Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 2400 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	83
Gambar 4.25 <i>Total Pressure Propeller Wageningen B-Series dengan 2400 RPM: (A) Tampak Depan Propeller; (B) Tampak Belakang Propeller</i>	84

Gambar 4.26 <i>Static Pressure</i> Propeller Wageningen B-Series dengan 3000 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	85
Gambar 4.27 <i>Dynamic Pressure</i> Propeller Wageningen B-Series dengan 3000 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	86
Gambar 4.28 <i>Total Pressure</i> Propeller Wageningen B-Series dengan 3000 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	87
Gambar 4.29 <i>Static Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 1500 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	88
Gambar 4.30 <i>Dynamic Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 1500 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	89
Gambar 4.31 <i>Total Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 1500 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	90
Gambar 4.32 <i>Static Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 1800 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	91
Gambar 4.33 <i>Dynamic Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 1800 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	92
Gambar 4.34 <i>Total Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 1800 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	93
Gambar 4.35 <i>Static Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 2400 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	94
Gambar 4.36 <i>Dynamic Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 2400 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	95
Gambar 4.37 <i>Total Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 2400 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	96
Gambar 4.38 <i>Static Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 3000 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	97
Gambar 4.39 <i>Dynamic Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 3000 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	98
Gambar 4.40 <i>Total Pressure</i> Propeller Toroidal dengan 3000 RPM: (A) Tampak Depan <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Belakang <i>Propeller</i>	99
Gambar 4.41 <i>Result Streamline</i> Propeller Wageningen B-Series 1500 RPM: (A) Tampak Samping <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Depan <i>Propeller</i>	100
Gambar 4.42 <i>Result Streamline</i> Propeller Wageningen B-Series 1800 RPM: (A) Tampak Samping <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Depan <i>Propeller</i>	101
Gambar 4.43 <i>Result Streamline</i> Propeller Wageningen B-Series 2400 RPM: (A) Tampak Samping <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Depan <i>Propeller</i>	102
Gambar 4.44 <i>Result Streamline</i> Propeller Wageningen B-Series 3000 RPM: (A) Tampak Samping <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Depan <i>Propeller</i>	103
Gambar 4.45 <i>Result Streamline</i> Propeller Toroidal 1500 RPM: (A) Tampak Samping <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Depan <i>Propeller</i>	104
Gambar 4.46 <i>Result Streamline</i> Propeller Toroidal 1800 RPM: (A) Tampak Samping <i>Propeller</i> ; (B) Tampak Depan <i>Propeller</i>	105

Gambar 4.47 <i>Result Streamline Propeller Toroidal 2400 RPM: (A) Tampak Samping Propeller; (B) Tampak Depan Propeller</i>	106
Gambar 4.48 <i>Result Streamline Propeller Toroidal 3000 RPM: (A) Tampak Samping Propeller; (B) Tampak Depan Propeller</i>	107
Gambar 4.49 Grafik Perbandingan <i>Thrust</i> Propeller Wageningen B-Series Vs <i>Toroidal Propeller</i> .	108
Gambar 4.50 Grafik Perbandingan <i>Torque</i> Propeller Wageningen B-Series Vs <i>Toroidal Propeller</i>	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Saturation Temperature of Fresh Water</i>	22
Tabel 3.1 <i>Geometric details of the ‘INSEAN E779A’ Propeller Model</i>	35
Tabel 3.2 <i>Geometric details of the Toroidal Propeller Model</i>	35
Tabel 4.1 <i>Ukuran Geometri Propeller Wageningen B-Series</i>	47
Tabel 4.2 <i>Ukuran Geometri Toroidal Propeller</i>	50
Tabel 4.3 <i>Domain Physics</i>	57
Tabel 4.4 <i>Boundary Physics</i>	58
Tabel 4.5 <i>Simulated Boundary Conditions</i>	60
Tabel 4.6 <i>Solver configuration untuk cavitating Conditions.</i>	67
Tabel 4.7 <i>Grid Independence Test Propeller Wageningen B-Series</i>	73
Tabel 4.8 <i>Grid Independence Test Toroidal Propeller</i>	73
Tabel 4.9 <i>Tabel Hasil Simulasi Thrust dan Torque Propeller Wageningen B-Series</i>	75
Tabel 4.10 <i>Tabel Hasil Simulasi Thrust dan Torque Toroidal Propeller</i>	75
Tabel 4.11 <i>Tabel presentase perbandingan Thrust (N) antara Wageningen B-Series dan Toroidal Propeller</i>	110
Tabel 4.12 <i>Tabel presentase perbandingan Torque (Nm) antara Wageningen B-Series dan Toroidal Propeller</i>	113
Tabel 4.13 <i>Tabel Peforma Propeller Wageningen B-Series Dalam Kondisi Kavitasi</i>	117
Tabel 4.14 <i>Tabel Peforma Toroidal Propeller Dalam Kondisi Kavitasi</i>	121
Tabel 4.15 <i>Tabel efisiensi Propeller Wageningen B-Series dan Toroidal Propeller</i>	122
Tabel 4.16 <i>Tabel persentase error efisiensi Propeller Wageningen B-Series dan Toroidal Propeller</i>	124

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Gambar Computer Aided Design (CAD) Propeller Wageningen B-Series	141
Lampiran 2 : Gambar (A) Global Coordinate System Propeller Wageningen B-Series; Gambar (B) Propeller Wageningen B-Series Model Dalam 3D	142
Lampiran 3 : Gambar (A) Global Coordinate System Toroidal Propeller; Gambar (B) Propeller Toroidal Model Dalam 3D	143
Lampiran 4 : Prototipe Propeller Toroidal	144
Lampiran 5 : Prototipe Propeller Wageningen B-Series	145
Lampiran 6 : Bukti Orisinalitas Tugas Akhir dengan Cek Similarity Index di Turnitin	146
Lampiran 7 : Bukti Sertifikat HAKI (Hak Kekayaan Intelektual) berupa Hak Cipta atas karya rekaman video yang berjudul "Tutorial Simulasi CFD Guna Menganalisa Thrust dan Torque pada Toroidal Propeller"	147
Lampiran 8 : Berita Acara Serah Terima Barang Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Kapal Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro	148
Lampiran 9 : Hak Cipta atas modul yang berjudul “Modul Tutorial Simulasi CFD Guna Menganalisa Thrust, Torque dan Efisiensi pada Toroidal Propeller	149
Lampiran 10 : Jurnal “Studi Perbandingan Antara Toroidal Propeller Dan Wageningen B-Series Propeller Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)”	150

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISTILAH

<i>Acoustic Signature</i>	: Karakteristik suara yang dihasilkan oleh suatu objek atau sistem mekanis.
<i>Adjacent Fluid Layers</i>	: lapisan-lapisan fluida yang berdekatan satu sama lain dalam aliran fluida.
<i>Advance Velocity Ratios (J)</i>	: Ukuran yang digunakan dalam hidrodinamika untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan maju kapal (V) dan kecepatan putar propeller (n) dalam konteks relatif.
<i>Arah Chordal</i>	: Arah aliran fluida sepanjang <i>chord</i> , yaitu garis yang menghubungkan ujung depan dan ujung belakang dari bilah propeller atau sayap.
<i>Arah Spanwise</i>	: Arah aliran fluida sepanjang lebar bilah propeller atau sayap, yang tegak lurus terhadap arah <i>chordal</i> .
<i>Back Sheet Cavity</i>	: Pembentukan rongga atau gelembung kavitasi di bagian belakang (<i>back</i>) dari benda yang bergerak dalam cairan.
<i>Blade Angle</i>	: Sudut antara bidang bilah propeler atau sayap dengan arah aliran fluida relatif.
<i>Blade Root Vortices</i>	: Pusaran atau aliran berputar yang terbentuk di sekitar akar atau bagian pangkal bilah propeller atau sayap yang bergerak dalam cairan.
<i>Blade Tip</i>	: Ujung terluar dari bilah propeller atau sayap yang berfungsi sebagai penutup struktural dan membatasi panjang bilah.
<i>Blade Transition Section</i>	: Bagian dari bilah propeller atau sayap yang berada di antara <i>hub</i> (pusat) dan ujung bilah.
<i>Boundary Conditions</i>	: Aturan atau persyaratan yang diberlakukan pada batas area atau permukaan di dalam model matematika atau simulasi komputer.
<i>Broadband Signature</i>	: Kavitasi merujuk pada pola atau spektrum suara yang dihasilkan oleh fenomena kavitasi di berbagai frekuensi.
<i>Bubble Collapse</i>	: Fenomena di mana sebuah gelembung gas kavitasi yang terbentuk dalam cairan secara cepat runtuh atau meledak.
<i>Bubble Radius</i>	: Ukuran jarak dari pusat gelembung udara ke tepi luar atau permukaan gelembung tersebut.
<i>Camber Line</i>	: Garis lengkung yang menggambarkan profil lengkung dari bilah propeller atau sayap.
<i>Cavitation Bubbles</i>	: Gelembung gas yang terbentuk dalam cairan karena tekanan cairan turun di bawah tekanan uapnya.
<i>Cavitation Inception</i>	: Tahap awal terbentuknya gelembung kavitasi dalam cairan ketika tekanan turun di bawah tekanan uap cairan.
<i>Cavitation Numbers (Σ)</i>	: Parameter penting dalam hidrodinamika yang menggambarkan kecenderungan terjadinya kavitasi pada suatu aliran fluida.
<i>Cavity Collapse Phase</i>	: Tahap di mana rongga kavitasi atau gelembung yang terbentuk

	dalam cairan secara tiba-tiba runtuh atau meledak.
<i>Chaotic</i>	: Sifat pergerakan aliran yang tidak teratur, kompleks, dan tidak dapat diprediksi dari aliran fluida.
<i>Closed Ring-Like Structure</i>	: Desain propeller yang menyerupai cincin atau lingkaran tertutup.
<i>Closed Structure</i>	: Rancangan yang menyertakan cincin yang menutupi bagian luar propeller.
<i>Computational Fluid Dynamics</i>	: Bidang ilmu yang menggunakan metode numerik dan komputasi untuk menganalisis dan memodelkan perilaku aliran fluida.
<i>Condensation Coefficients</i>	: Parameter yang menggambarkan efisiensi kondensasi uap dalam pembentukan gelembung atau fenomena kavitasi terkait lainnya.
<i>Conventional Hull Window Penetrations</i>	: Struktur atau lubang yang dibuat pada lambung kapal secara konvensional untuk memasang jendela atau lubang pada kapal.
<i>Critical Reynolds number Recrit</i>	: Nilai <i>Reynolds number</i> di mana terjadi transisi dari aliran laminar menjadi aliran turbulen di sepanjang permukaan suatu benda.
<i>Daerah Midchord</i>	: Bagian tengah dari <i>chord</i> (panjang) bilah propeller atau sayap.
<i>Domain</i>	: Wilayah spasial yang dipilih untuk dianalisis aliran fluida.
<i>Earth-fixed reference frame</i>	: Sistem koordinat yang bergerak bersamaan dengan rotasi bumi.
<i>Empirical Evaporation</i>	: Pendekatan penggunaan data empiris atau model empiris untuk memprediksi atau memodelkan fenomena penguapan dalam aliran fluida yang mengalami kavitasi.
<i>Expanded Area Ratio (EAR)</i>	: rasio antara luas area penampang melintang di bagian ekspansi dengan luas area penampang melintang di bagian inlet pada suatu aliran fluida.
<i>Expansive Cloud</i>	: Fenomena di mana gelembung udara atau uap air yang terbentuk karena perbedaan tekanan dalam aliran fluida, terutama di sekitar bilah propeller atau objek yang bergerak dalam cairan, membentuk awan atau kumpulan gelembung yang luas atau meluas secara horizontal di sekitar objek tersebut.
<i>Flow Regimes</i>	: Merupakan kondisi-kondisi berbeda di mana aliran fluida dapat terjadi. Ini meliputi aliran laminar (teratur), turbulen (tidak teratur), dan transisi (perubahan dari laminar ke turbulen).
<i>Full-Scale</i>	: Ukuran atau skala sesuai dengan ukuran yang sebenarnya atau penuh dari suatu objek atau sistem, tanpa adanya perubahan skala atau perbesaran.
Gelembung Diskret (DBM)	: Fenomena pembentukan gelembung gas secara diskrit dalam aliran cairan.

Haluan X-Bow	: Desain haluan kapal yang inovatif, desain ini ditandai dengan bentuk haluan yang melengkung ke atas dan ke depan, memberikan penampilan seperti "X" saat dilihat dari samping.
<i>Hub Vortex Cavitation</i>	: Terjadi ketika pusaran pusat (<i>hub vortex</i>) yang terbentuk di sekitar pusat propeller menyebabkan penurunan tekanan yang signifikan di daerah tersebut.
<i>Inception Mechanism</i>	: Mekanisme awal terjadinya kavitasi merujuk pada proses atau kondisi yang menyebabkan terbentuknya gelembung kavitasi dalam cairan.
<i>Invariant Measure Of The Strain Rate</i>	: Ukuran yang tidak berubah dari laju regangan dalam aliran fluida, terlepas dari rotasi atau translasi koordinat referensi.
Lagrangian	: Pendekatan yang digunakan untuk memodelkan pergerakan partikel fluida sepanjang jalur individu mereka seiring waktu.
Lapisan Pencampuran (<i>Mixing Layer</i>)	: Area di mana terjadi pencampuran antara fluida cair yang terpengaruh oleh kavitasi dengan fluida sekitarnya yang tidak terpengaruh
<i>Leading edge</i>	: Ujung depan dari sebuah objek yang terlibat dalam fenomena kavitasi, seperti bilah propeller
<i>Leading edge Vortex</i>	: Pusaran atau aliran berputar yang terbentuk di ujung depan (<i>leading edge</i>) dari profil aerodinamis atau bilah propeller.
<i>Local Tip Vortex</i>	: Pusaran kecil atau aliran berputar yang terbentuk di sekitar ujung bilah propeller atau sayap ketika terkena fenomena kavitasi.
<i>Meshing</i>	: Proses pembagian domain geometri yang kompleks menjadi elemen-elemen kecil yang disebut "elemen <i>mesh</i> " atau " <i>Grid</i> ".
<i>Multiphase Flow Regime</i>	: Kondisi aliran di mana terdapat lebih dari satu fase yang terlibat, seperti fase cair dan gas, dalam cairan.
<i>Multiphase Flow Regions</i>	: Wilayah-wilayah di dalam aliran fluida di mana terdapat lebih dari satu fase yang terlibat, seperti fase cair dan gas.
<i>Noise</i>	: Kebisingan
<i>Non-Inertial</i>	: Kerangka acuan yang bergerak sejalan dengan propeler dalam sistem koordinat yang tidak inersial.
<i>Propeller-Fixed Reference Frame</i>	
<i>Nonseparated Flows</i>	: Kondisi aliran di mana aliran fluida di sekitar objek atau bilah propeller tidak terpisah atau terlepas dari permukaan benda secara signifikan.
<i>Nonshock Free Angles Of Incidence</i>	: Sudut-sudut serangan di mana tidak terjadi pembentukan gelombang kejut di sekitar objek atau bilah propeller yang bergerak dalam cairan.
<i>Non-Uniform Flow</i>	: Aliran fluida di mana kecepatan dan arah aliran berubah secara signifikan dari satu titik ke titik lain dalam sistem aliran.
<i>Nucleation Zone</i>	: Daerah di mana proses pembentukan gelembung pertama kali terjadi dalam aliran fluida yang mengalami kavitasi.

<i>Open Water</i>	: Kondisi pengujian propeller di mana propeller berputar dalam air bebas atau terbuka, tanpa ada gangguan dari struktur kapal atau kontaminasi dari permukaan air.
Persamaan Keller	: Persamaan diferensial parsial yang digunakan dalam analisis kavitasi untuk memodelkan aliran fluida dalam kondisi kavitasi di sekitar benda yang bergerak.
<i>Phase Transition</i>	: perubahan fisik yang terjadi saat suatu zat berubah dari satu fase materi ke fase materi lainnya, seperti dari padat ke cair, dari cair ke gas, atau sebaliknya.
<i>Pitch Ratio (P/D)</i>	: Rasio antara langkah (<i>pitch</i>) propeller (P) dan diameter (D) propeller.
<i>Podded Propulsor</i>	: Sistem propulsi kapal yang terdiri dari propeller yang terpasang di bawah atau di belakang sebuah pod atau gondola.
<i>Positive Incidence Angles</i>	: Sudut serangan di mana permukaan benda atau bilah propeller memiliki orientasi positif terhadap arah aliran fluida.
<i>Propeller Cone</i>	: Area di sekitar pusat propeller di mana terjadi penumpukan dan deformasi aliran fluida.
<i>propeller-fixed reference frame</i>	: Kerangka referensi yang bergerak bersama dengan propeler.
Pusaran (<i>Eddy</i>)	: pola aliran yang berputar di dalam fluida, sering kali terbentuk di belakang penghalang atau dalam aliran turbulen.
Pusaran Pusat (<i>Hub Vortex</i>)	: Pusaran atau aliran berputar yang terbentuk di sekitar pusat atau <i>hub</i> dari sebuah benda yang berputar dalam cairan, seperti propeller kapal.
<i>Rake Angle (RA)</i>	: Sudut antara garis tengah propeller dengan bidang vertikal, diukur di bagian depan atau belakang propeller.
<i>Reentrant Jet</i>	: Fenomena di mana aliran cairan yang kuat dan fokus terjadi setelah rongga kavitasi runtuh atau meledak kembali ke dalam cairan sekitarnya.
<i>Reynolds number</i>	: Parameter penting dalam mekanika fluida yang menggambarkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya viskositas dalam aliran fluida.
<i>Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS)</i>	: merupakan pendekatan dalam <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> yang digunakan untuk memodelkan aliran fluida turbulen.
<i>Ring-Like Vortex Structures</i>	: Pola aliran berputar yang terbentuk di sekitar objek yang bergerak dalam cairan saat terjadi fenomena kavitasi.
Rongga (<i>Cavity</i>)	: Ruang kosong atau area yang terbentuk dalam cairan ketika tekanan turun di bawah tekanan uapnya.
Rongga Bergerak (<i>Traveling Cavities</i>)	: Gelembung kavitasi yang terbentuk di sekitar benda yang bergerak dalam cairan, seperti propeller kapal.
Rongga Tetap (<i>Fixed Cavity</i>)	: Rongga atau zona yang terbentuk secara tetap di sekitar permukaan benda yang bergerak dalam cairan, seperti propeller kapal

<i>Selubung (Envelope)</i>	: Area di sekitar objek atau propeller di mana kavitasi terjadi secara signifikan.
<i>Sheet Cavitation</i>	: Jenis kavitasi di mana gelembung gas terbentuk dalam bentuk lembaran tipis yang menempel pada permukaan objek yang mengalami tekanan rendah di dalam aliran fluida.
<i>Sheet Cavity Structure</i>	: Struktur rongga kavitasi yang menyerupai lembaran atau lapisan tipis yang terbentuk di sekitar benda yang bergerak dalam cairan.
<i>Skew Angle (SA)</i>	: Sudut antara garis pusat bilah propeller dan garis yang tegak lurus terhadap poros bilah, diukur di ujung bilah.
<i>Small Vortices</i>	: Pusaran kecil atau aliran berputar dari fluida yang terjadi sebagai akibat dari fenomena kavitasi.
<i>Spilling Over The Edges</i>	: Pusaran ujung (<i>tip vortex</i>) dari propeler atau sayap melebihi batas atau tepiannya, menciptakan efek yang tidak diinginkan.
<i>Stable Sheet Cavities</i>	: Rongga kavitasi yang terbentuk dalam bentuk lembaran yang relatif stabil di sepanjang permukaan benda yang bergerak dalam cairan.
<i>Steep Buttock Flow</i>	: Kondisi aliran fluida di sepanjang permukaan lambung kapal yang memiliki kontur atau kecuraman yang tajam atau curam.
<i>Streamwise Vortices</i>	: Pusaran yang berputar sejajar dengan arah aliran fluida.
<i>Suction Surfaces</i>	: Permukaan benda yang mengalami penurunan tekanan yang signifikan, sehingga menyebabkan terjadinya kavitasi.
<i>Surface</i>	: Permukaan geometri dalam domain perhitungan yang digunakan untuk menerapkan kondisi batas atau mengukur parameter aliran.
<i>Thickness Pressure Distributions</i>	: Distribusi tekanan yang berubah sepanjang ketebalan bilah propeller atau sayap yang terkena oleh kavitasi.
<i>Three-Component Flow Regime</i>	: Kondisi aliran di mana terdapat tiga komponen yang berbeda dalam cairan yang terlibat dalam fenomena kavitasi. Ketiga komponen ini dapat berupa fase gas, fase cair, dan fase padat,
<i>Tidak Teratur (Aperiodik)</i>	: Fenomena atau pola yang tidak mengikuti pola atau siklus teratur dalam waktu.
<i>Time Derivative Of Pressure</i>	: Turunan waktu tekanan adalah konsep dalam fisika yang menggambarkan perubahan tekanan suatu sistem atau fluida terhadap waktu.
<i>Time-Averaged</i>	: Nilai rata-rata dari suatu parameter yang diukur selama periode waktu tertentu.
<i>Tip Cavitation</i>	: Fenomena kavitasi yang terjadi pada ujung bilah propeller.
<i>Tip Vortex</i>	: Pusaran udara yang terbentuk di ujung luar dari bilah propeller yang berputar.
<i>Tip Vortex Cavitation (TVC)</i>	: Fenomena kavitasi yang terjadi di ujung bilah propeller.
<i>Top Dead Center Position</i>	: Posisi di mana tekanan atau keadaan kavitasi di sekitar benda

	atau objek yang bergerak mencapai titik paling ekstrem.
<i>Trailing Volume</i>	: Ruang di belakang suatu benda yang bergerak dalam cairan di mana efek kavitasi terjadi.
<i>Trailing Vortex</i>	: Pusaran atau aliran berputar yang terbentuk di belakang (<i>trailing</i>) sebuah objek yang bergerak dalam cairan, seperti bilah propeller atau profil aerodinamis, yang terlibat dalam fenomena kavitasi.
<i>Turbulence Generation</i>	: Proses di mana aliran fluida menjadi tidak teratur, kompleks, dan acak.
<i>Turbulent Flow</i>	: Aliran fluida yang tidak teratur dan kompleks
<i>Twin-Screw</i>	: Konfigurasi propulsi kapal yang melibatkan penggunaan dua buah baling-baling atau propeller yang dipasang secara berdampingan di bawah lambung kapal.
<i>Uniform Straight</i>	: Aliran fluida yang relatif konstan dan lurus di sepanjang permukaan benda atau bilah propeller, tanpa adanya perubahan signifikan dalam kecepatan atau arah aliran.
<i>Unsteady</i>	: Keadaan di mana aliran fluida tidak stabil secara waktu, artinya variabel-variabel seperti kecepatan, tekanan, dan arah aliran berubah secara tidak teratur sepanjang waktu.
<i>Vapor Transport Equation</i>	: Persamaan matematis yang digunakan untuk memodelkan pergerakan uap dalam sistem yang melibatkan penguapan, difusi, dan kondensasi.
<i>Viscous</i>	: Sifat atau karakteristik suatu zat yang menunjukkan kecenderungan untuk mengalir dengan perlawanan terhadap perubahan bentuk atau aliran.
<i>Vortex</i>	: Pusaran atau aliran berputar dari fluida yang terjadi sebagai hasil dari fenomena kavitasi.
<i>Vortex Structures</i>	: Pola aliran berputar yang terbentuk di sekitar objek yang bergerak dalam cairan saat terjadi fenomena kavitasi.
<i>Wageningen B-Series Propeller</i>	: Serangkaian kurva propeller yang digunakan dalam perancangan dan analisis propeller kapal.
<i>Water Boiling</i>	: Kondisi di mana air atau cairan lainnya mendidih secara lokal atau mendadak karena tekanan turun di bawah tekanan uapnya akibat fenomena kavitasi.
<i>Zwart-Gerber-Belamri (ZGB)</i>	: Model matematika yang digunakan untuk memprediksi dan menganalisis fenomena kavitasi dalam aliran fluida.

DAFTAR NOTASI

Simbol	Nama	Satuan	Penjelasan
J	<i>Advance Coefficient</i>	(–)	Koefisien yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara kecepatan kapal dan kecepatan propeller dalam air. Didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan kapal dan kecepatan putar propeller dikalikan dengan diameter propeller.
KT	<i>Thrust Coefficient</i>	(–)	Koefisien yang digunakan untuk menggambarkan <i>Thrust</i> yang dihasilkan oleh propeller relatif terhadap ukuran dan kecepatan propeller.
KQ	<i>Torque Coefficient</i>	(–)	Koefisien yang menggambarkan torsi yang dihasilkan propeller relatif terhadap ukuran dan kecepatan propeller.
$10KQ$	<i>10 Times Torque Coefficient</i>	(–)	Hanya KQ yang dikalikan dengan 10 untuk keperluan plot atau grafik agar mudah dibaca dalam skala besar.
η	<i>Propeller Efficiency</i>	(–)	Efisiensi propeller, didefinisikan sebagai rasio antara daya yang dihasilkan untuk mendorong kapal dengan daya yang digunakan oleh propeller.
T	<i>Thrust</i>	N (Newton)	Gaya dorong yang dihasilkan oleh propeller dalam arah longitudinal untuk mendorong kapal maju.
Q	<i>Torque</i>	Nm (Newton meter)	Momen gaya yang bekerja pada poros propeller akibat putaran propeller dalam air.
D	<i>Diameter of Propeller</i>	m (meter)	Diameter propeller, biasanya merupakan jarak dari satu ujung bilah ke ujung bilah di sisi seberangnya.
n	<i>Propeller Speed</i>	RPS (<i>Revolutions per second</i>) atau RPM (<i>Revolutions per minute</i>)	Kecepatan putar propeller, dihitung dalam putaran per detik (RPS) atau per menit (RPM).
V	<i>Ship Speed</i>	m/s (<i>meter per second</i>)	Kecepatan kapal, yaitu kecepatan maju kapal dalam air.
ρ	<i>Water Density</i>	kg/m ³ (kilogram per meter kubik)	Densitas air yang digunakan dalam perhitungan. Nilai tipikal untuk air laut adalah sekitar 1025 kg/m ³ , sedangkan air tawar adalah 1000 kg/m ³ .
g	<i>Gravitational Acceleration</i>	m/s ² (<i>meter per second squared</i>)	Percepatan gravitasi, biasanya diambil sebagai 9.81 m/s ² di permukaan bumi.
P	<i>Pressure</i>	Pa (Pascal)	Tekanan, yang bisa berupa tekanan atmosfer,

			tekanan total, atau tekanan uap tergantung pada konteks perhitungan kavitasi.
P_a	<i>Atmospheric Pressure</i>	Pa (Pascal)	Tekanan atmosfer pada permukaan laut, biasanya diambil sebagai 101325 Pa.
P_v	<i>Vapor Pressure</i>	Pa (Pascal)	Tekanan uap air pada suhu tertentu, digunakan dalam perhitungan bilangan kavitasi.
P_{total}	<i>Total Pressure</i>	Pa (Pascal)	Tekanan total di kedalaman propeller yang terdiri dari tekanan atmosfer dan tekanan akibat kedalaman air.
h	<i>Depth (Draft)</i>	m (meter)	Kedalaman atau draft kapal, yaitu jarak vertikal antara permukaan air dan posisi propeller.
σ	<i>Cavitation Number</i>	(–)	Bilangan kavitasi yang menunjukkan potensi terjadinya kavitasi pada propeller.
E_a	<i>Expanded Area Ratio (EAR)</i>	(–)	Rasio luas bilah propeller yang diperluas terhadap lingkaran yang dibentuk oleh diameter propeller. Ini mempengaruhi performa propeller dan potensinya untuk kavitasi.
V_a	<i>Advance Velocity</i>	m/s (<i>meter per second</i>)	Kecepatan kapal yang terkait dengan pergerakan propeller dalam air, sering dikaitkan dengan kecepatan yang diukur di lokasi propeller.
D	<i>Propeller Diameter</i>	mm	Diameter propeller, yaitu ukuran lingkaran yang dibentuk oleh ujung bilah propeller.
D_h	<i>Hub Diameter</i>	mm	Diameter <i>hub</i> , yaitu ukuran poros di tengah propeller yang tidak menghasilkan gaya dorong.
P	<i>Pitch</i>	mm	Jarak teoritis yang ditempuh propeller dalam satu putaran penuh tanpa slip.
PR	<i>Pitch Ratio</i>	–	Rasio antara pitch (P) dan diameter propeller (D), menunjukkan geometri propeller.
$A_{expanded}$	<i>Blade Area</i>	mm ²	Luas total bilah propeller yang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong.
A_{disk}	<i>Disk Area</i>	mm ²	Luas lingkaran propeller yang dibentuk oleh diameter propeller (D).
EAR	<i>Expanded Area Ratio</i>	–	Perbandingan antara <i>blade area</i> dan <i>disk area</i> , mengindikasikan efisiensi propeller.
W	<i>Blade Width</i>	mm	Lebar bilah propeller, berpengaruh terhadap luas total bilah dan gaya dorong yang dihasilkan.
π	<i>Pi</i>	–	Konstanta matematika (≈ 3.14159), digunakan dalam perhitungan lingkaran.