



KAJIAN TEKNIS *PROPELLER* TIPE B - *SERIES* DAN KAPLAN DENGAN VARIASI SUDUT *RAKE* PADA KAPAL *OFFSHORE SUPPLY VESSEL 80 (OSV 80)*

Muhammad Alif Ridha Hermawan, *Arif Winarno
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah
*arif.winarno@hangtuah.ac.id

Abstrak

Propeller adalah salah satu bagian kapal yang digerakkan oleh mesin, yang mempunyai fungsi untuk mendapatkan gaya dorong bagi laju kapal sehingga *propeller* harus mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada *blade* akibat beban hidrodinamik. *Propeller* dibedakan menjadi dua jenis salah satunya yaitu *Fixed Pitch Propeller (FPP)*. Kecepatan pada kapal tidak terlepas dari desain *propeller* yang baik agar mendapatkan gaya dorong (*thrust*) optimal yang dihasilkan oleh gerak *propeller*. Penelitian ini dilakukan karena sering terjadinya *losses* dan terjadi retakan pada daun *propeller*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *thrust* optimum *propeller* dari analisa model variasi sudut *rake* yang dibuat sehingga dapat diketahui dari variasi model tersebut manakah yang memiliki nilai *thrust* dan *torque* tertinggi serta untuk mengetahui perbandingan nilai *thrust* yang dihasilkan dari variasi model B-Series dan Kaplan. Metode penelitian ini menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Hipotesa dari studi simulasi variasi yang sudut berpengaruh pada nilai daya dorong kapal serta, nilai perbandingan *thrust* dan pola aliran serta kontur tersebut di dapatkan dari model dengan parameter analisis dimensi dan putaran yang sama dan mendapatkan nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada model *propeller* B-Series dan Kaplan dengan variasi sudut *rake* yang maksimum.

Kata Kunci: efisiensi, *propeller*, *thrust*, B-Series, Kaplan.

Abstract

The *propeller* is one part of the ship that is driven by the engine, which has the function of obtaining *thrust* for the speed of the ship so that the *propeller* must be able to withstand the forces acting on the blade due to hydrodynamic loads. *Propellers* are divided into two types, one of which is the *Fixed Pitch Propeller (FPP)*. The speed on the ship is inseparable from a good *propeller* design in order to get optimal *thrust* generated by the *propeller* motion. This research was conducted because of the frequent occurrence of *losses* and cracks in the *propeller* leaves. The purpose of this study is to determine the optimum *propeller* *thrust* value from the analysis of the *rake* angle variation model made so that it can be seen which model variation has the highest *thrust* and *torque* values and to determine the comparison of the *thrust* values resulting from the B-Series and Kaplan model variations. This research method uses *Computational Fluid Dynamic (CFD)* simulations. The hypothesis from the variation simulation study that the angle influences the *thrust* value of the ship as well as the *thrust* comparison value and the flow pattern and contours is obtained from the model with the same dimensional and rotation analysis parameters and the highest efficiency value is obtained on the B-Series and Kaplan *propeller* models. with maximum *rake* angle variation.

Keyword: efficiency, *propeller*, *thrust*, B-Series, Kaplan.



1. PENDAHULUAN

Dalam memenuhi kinerja pada suatu kapal maka dibutuhkan energi/daya yang sangat efisien dan relatif mudah untuk digunakan, *Propeller* adalah salah satu bagian mesin yang berfungsi sebagai alat penggerak mekanik, misalnya pada pesawat terbang, kapal laut, *hovercraft* dan lain-lain. Tujuan pengaturan *rake propeller* untuk mendapatkan gaya dorong (*thrust*) yang besarnya bervariasi dari minimum hingga maksimum pada kecepatan putar poros *propeller* konstan [1][8].

Untuk mendukung kinerja operasional pada suatu kapal maka dilakukan penelitian mengenai alat gerak kapal yaitu *propeller* supaya didapatkan hasil yang maksimal dalam proses operasional atau efisiensi saat berlayar [6]. Maka dari itu perlu dilakukan analisa dan pengamatan terhadap penelitian sebelumnya dengan tema yang sama dengan penelitian kali ini. Penelitian ini yaitu mengenai analisa daya dorong (*thrust*) pada kapal *offshore*. Simulasi dan analisa mengenai setiap perbandingan pada variasi jumlah sudut pada jenis *propeller B-Series* dan Kaplan, diharapkan penelitian ini mendapat hasil yang maksimal pada simulasi. Pembuatan model dan simulasi menggunakan aplikasi *Rhinoceros 5.0*. dan *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. [2]

Namun setelah mengamati penelitian sebelumnya, sudah ada yang membahas terkait analisa nilai *thrust* pada kapal *offshore* dengan variasi sudut *propeller* dengan membandingkan tipe *B-Series* dan Kaplan, tetapi perlu dikaji ulang karena dilapangan sering terjadi permasalahan seperti terjadinya *losses* sehingga kapal kurang optimal dalam kinerjanya dan terjadinya retakan pada daun *propeller* serta adanya perbedaan objek penelitian pada kapal sebelumnya dan menggunakan metode simulasi dengan *software Computational Fluid Dynamic (CFD)*.

2. METODE

Metode yang digunakan untuk mengerjakan untuk membuat desain *propeller* menggunakan *Rhinoceros* atau *Rhino 3D* adalah *software* komputer grafis 3D, setelah proses pembuatan model selesai selanjutnya adalah proses membuat model sudut *rake* yang dihasilkan dari setiap variasi *propeller* selanjutnya Setelah proses pembuatan model selesai selanjutnya adalah proses pengujian pada variasi sudut *rake* yang dihasilkan dari setiap variasi *propeller* pada CFD. Pengujian model ini bertujuan untuk mengetahui variasi daya dorong kapal dan bentuk aliran fluida akibat pergerakan *propeller* kapal tipe *propeller B-Series* dan Kaplan. Pengujian dilakukan dalam satu kondisi yaitu pada kapal dengan kecepatan dinas 13 knot atau kecepatan standart operasional kapal.

2.1. Data Kapal dan Pembuatan Model *Propeller*

Data kapal digunakan acuan sebagai hitungan pada nilai gaya dorong (*thrust*) serta sebagai hasil validasi hitungan manual. Sedangkan perencanaan variasi sudut *rake* pada *propeller* kapal yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah membuat design *blade* dari *propeller* yang dipilih untuk diterapkan pada *propeller* kapal AHT yaitu *B-Series* dan Kaplan, dengan menggunakan metode desain dari buku merancang *propeller* serta pengambilan data secara langsung. Termasuk menggambar *rake* pada *blade propeller*.

2.1.1. Data Kapal AHT

Pekerjaan kapal AHT meliputi menunjang pengeboran minyak di laut, menunjang operasional anjungan lepas pantai, dan pekerjaan sejenis lainnya, maka penulis melakukan pengambilan data. Hasil pengambilan data yang sudah dilakukan sebelumnya maka didapatkan data kapal pada Tabel 1 seperti berikut :

Tabel 1. Dimensi Kapal AHT

No.	Dimensi Kapal	
1.	LOA	40 M
2.	LWL	38 M
3.	LBP	36,8 M
4.	BMLD	11,4 M
5.	DMLD	4,95 M



No.	Dimensi Kapal	
6.	Draft	4 M
7.	Vd	13 Knot

2.1.2. Data Propeller

Dari hasil pengambilan data yang sudah dilakukan sebelumnya maka dapat dilanjutkan ke dalam tahap pembuatan model *propeller* kapal desain menggunakan *autocad 2* dimensi terlebih dahulu seperti yang tercantum pada Tabel 2. Secara keseluruhan mulai dari *expanded blade*, *pitch diagram*, *develop and project outline*, dan *side view*. Pada model ini ditambahkan variasi pada tipe *propeller* B-Series dan Kaplan yaitu dengan sudut kemiringan 5° , 10° , dan 15° .

Tabel 2. Dimensi *Propeller* B-Series

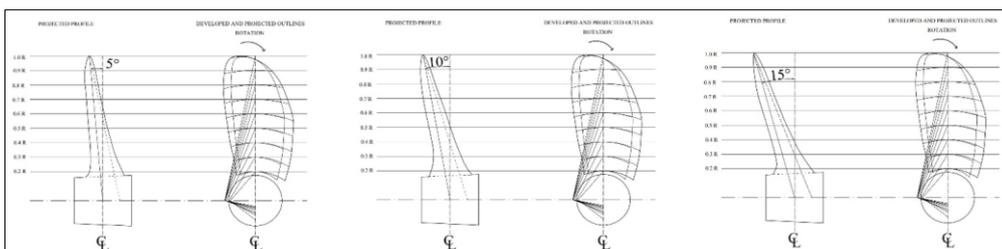
No.	Dimensi <i>Propeller</i>		
1.	Tipe	B4-40	Ka-40
2.	Putaran	300 rpm	300 rpm
3.	Efisiensi	0,56	0,56
4.	Diameter	2,4 m	2,4 m
5.	Pitch	0,63	0,65

2.1.3. Pembuatan Model *Propeller*

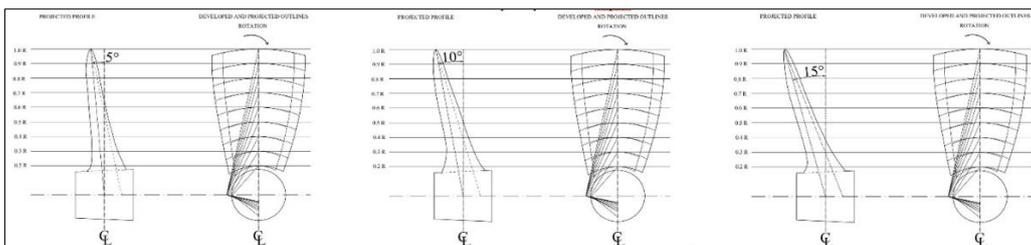
Pada pembuatan model *propeller* kapal dilakukan penambahan variasi model yaitu pemodelan sudut *rake* 5° , 10° , dan 15° yang akan diaplikasikan pada tipe B-Series dan Kaplan, maka dibutuhkan gambaran secara umum yang akurat, serta data yang sudah diperoleh akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengerjaan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada penjelasan pada Gambar 1 dan Gambar 2 dibawah :

Tabel 3. Variasi Model *Propeller*

No	Tipe <i>Propeller</i>	Variasi Model					
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
1.	B-Series	Rake 5°	Rake 10°	Rake 15°	-	-	-
2.	Kaplan	-	-	-	Rake 5°	Rake 10°	Rake 15°



Gambar 1. Model *propeller* tipe B-series

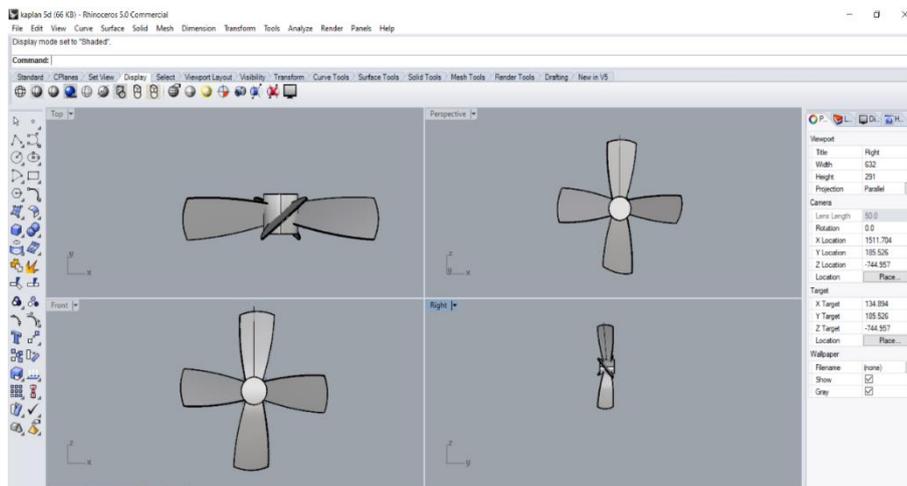


Gambar 2. Model *propeller* tipe Kaplan



2.2. Rhinoceros

Pada penelitian kali ini *rhinoceros* akan digunakan untuk membuat desain *propeller* yang akan dilakukan pengujian daya dorong pada kapal. Pada Rhino 3D akan membuat desain sesuai dengan pemodelan dengan variasi sudut kemiringan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses desain *rhino* 3D

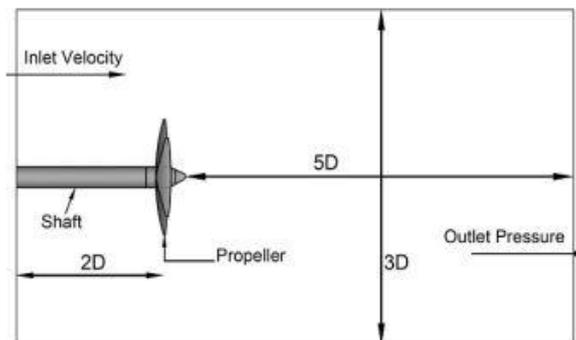
2.3. Computational fluid dynamic (CFD)

Computational fluid dynamic (CFD) merupakan salah satu dari mekanika fluida alat yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD yakni untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks yang melibatkan satu atau semua fenomena dengan keadaan suatu kondisi tertentu [7]. CFD tidak dapat sepenuhnya menggantikan pengukuran secara eksperimen, tetapi jumlah dan biaya eksperimen yang dilakukan dapat diperkecil atau hemat biaya menurut [3]

Pada proses analisa simulasi model satu yaitu *propeller* kapal tipe *B-Series* dan Kaplan dengan variasi sudut *rake* 5° , 10° , dan 15° menggunakan *software* CFD (*fluent*) melalui proses dan tahapan seperti *geometry*, *meshing*, *setup*, dan *result* dapat diuraikan sebagai berikut :

2.3.1. Geometry

Pada proses geometri merupakan proses *import* model *propeller* kapal yang sebelumnya dibuat pada *software* lain kemudian diubah kedalam *software* *ansys*. Penentuan dimensi kolam harus tepat Setelah model diimport kemudian dilanjutkan dengan pembuatan boundary building sebagai media analisis CFD dengan ketentuan dimensi boundary building berdasarkan diameter *propeller*, jika dimensi kolam terlalu sempit maka pengaruh aliran tidak dapat terbaca dengan maksimal seperti Gambar 4. [4]. Pembuatan kolam simulasi pada *open water test* juga menggunakan standart dari ketentuan *International Towing Tank Conference* (ITTC). [5]



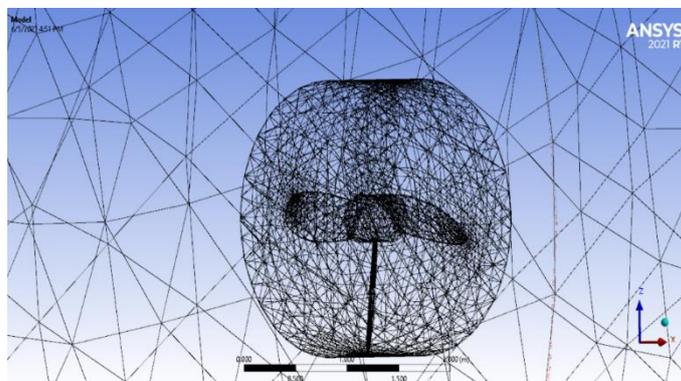
Gambar 4. Ilustrasi proses geometri pembuatan kolam untuk simulasi *propeller*



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

2.3.2. Meshing

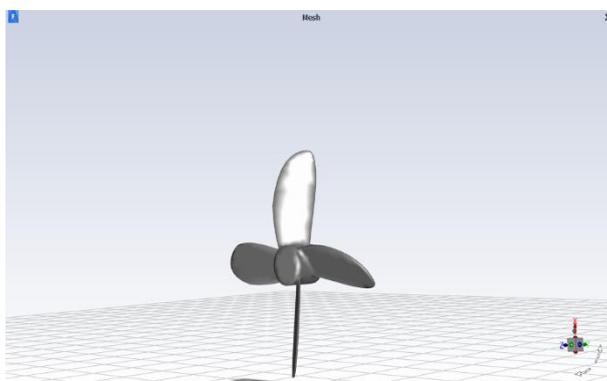
Proses *mesh* merupakan pengaturan elemen-elemen kecil untuk mengetahui karakter suatu bentuk kapal yang akan dianalisis. Pada tahap *mesh* menggunakan pengaturan *meshing* CFD *fluent* serta pada proses ini juga mengatur kondisi batas seperti *inlet*, *outlet*, *wall*, *propeller*. Untuk kondisi *inlet* didefinisikan sebagai arah masuk aliran fluida menuju *propeller*, kemudian untuk kondisi *outlet* didefinisikan sebagai arah keluar aliran fluida setelah kontak langsung dengan *propeller*. Pada kondisi *wall* merupakan batas kolam bagian *top* dan *bottom*, selanjutnya kondisi *propeller* merupakan penggerak dari kapal yang akan diuji seperti Gambar 5.



Gambar 5. Geometry condition

2.3.3. Setup

Pada proses *setup* merupakan salah satu tahapan yang harus dilalui dalam sebuah simulasi CFD. Dimana pada proses *setup* merupakan pengaturan terhadap parameter yang mencakup keberhasilan dalam simulasi, proses *setup* mengatur setiap komponen yang akan dijadikan sebagai acuan hitung algoritma pada CFD seperti pada Gambar 6.



Pada proses pengaturan parameter *setup* untuk *propeller* yang akan disimulasikan dengan variasi sudut *rake* 5°, 10°, dan 15° melalui tahapan seperti yang ditunjukkan Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 4. Set up propeller sebelum melakukan proses kalkulasi pada CFD

Set up		
Processing option		parallel
Time		Transient
Viscous	Model	Reynolds stress (7 eqn)
Fluid	Cell zone conditions	Rotating zone
Rotational velocity		300 rpm (31 rad/s)
Rotation-Axis direction		X : 0, Y : 1, Z : 0
	Boundary conditions	
Inlet, velocity magnitude		13 knot (6.9 m/s)
Initialization		standart initialization,

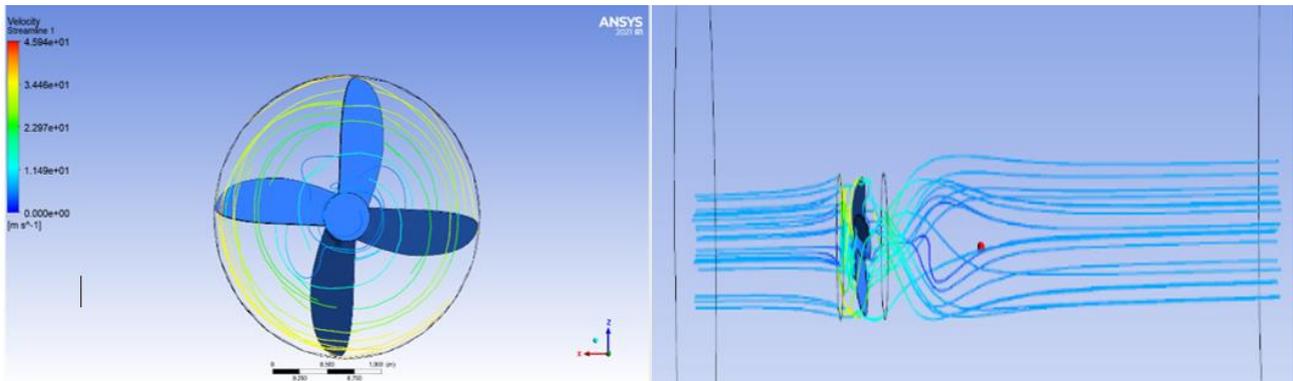


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

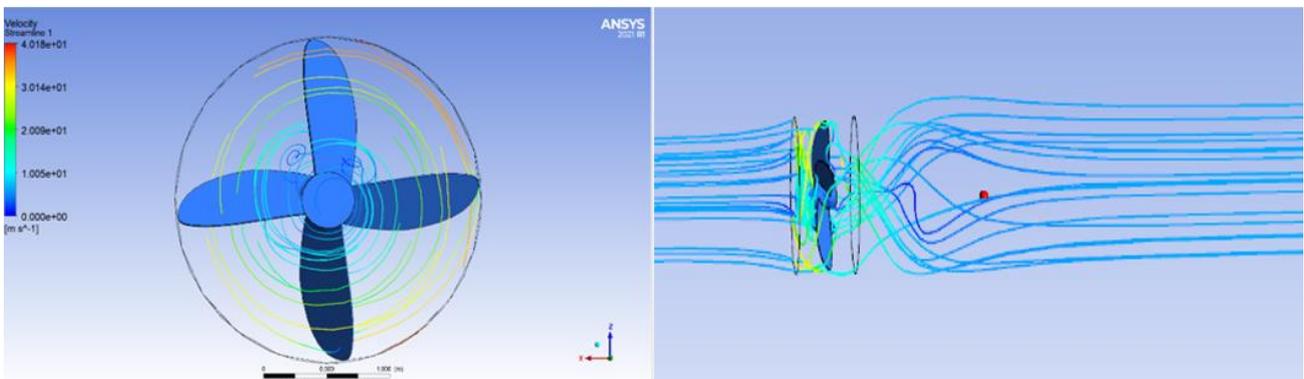
		<i>Set up</i>
<i>Compute from</i>		<i>inlet</i>
	<i>Run calculation</i>	
<i>Timescale factor</i>		<i>0.5</i>
<i>Number of iteration</i>		<i>100</i>
<i>Number of time step</i>		<i>10</i>

2.3.4. Result

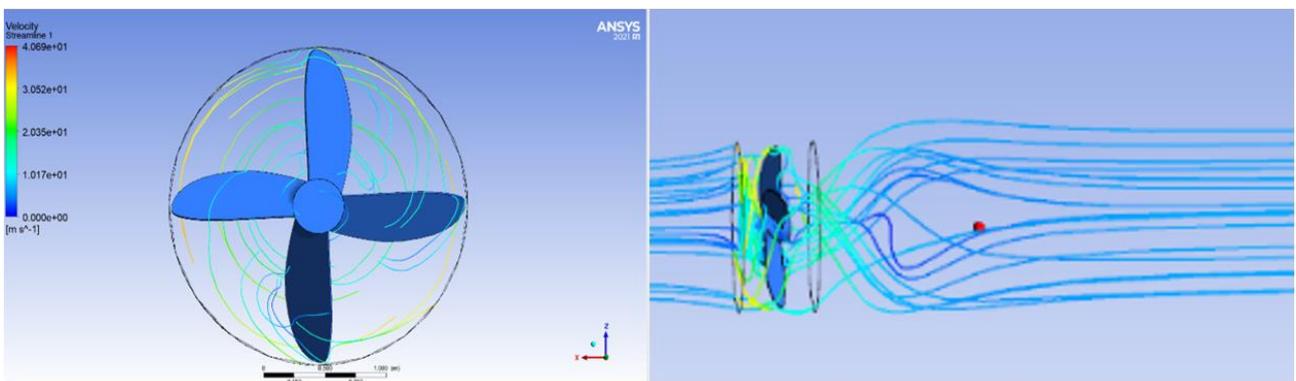
Result merupakan tahap akhir setelah proses *calculation* telah dilakukan dan didapatkan hasil visual dari model yang sedang diteliti. Pada hasil simulasi yang telah dilakukan berupa distribusi tekanan oleh aliran fluida. Hasil simulasi *propeller B-Series* dan Kaplan dengan variasi sudut *rake* 5° , 10° , dan 15° terdapat beberapa model propeller dengan aliran turbulen tinggi dan tekanan pada area ducting propeller cukup tinggi ditandai warna pada aliran dengan warna merah atau kuning seperti ditunjukkan pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Hasil dari model 1



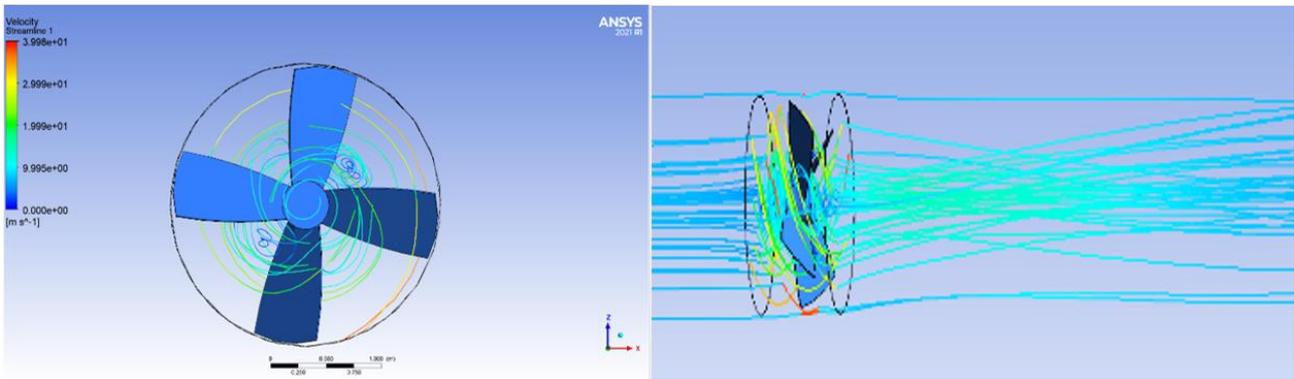
Gambar 8. Hasil dari model 2



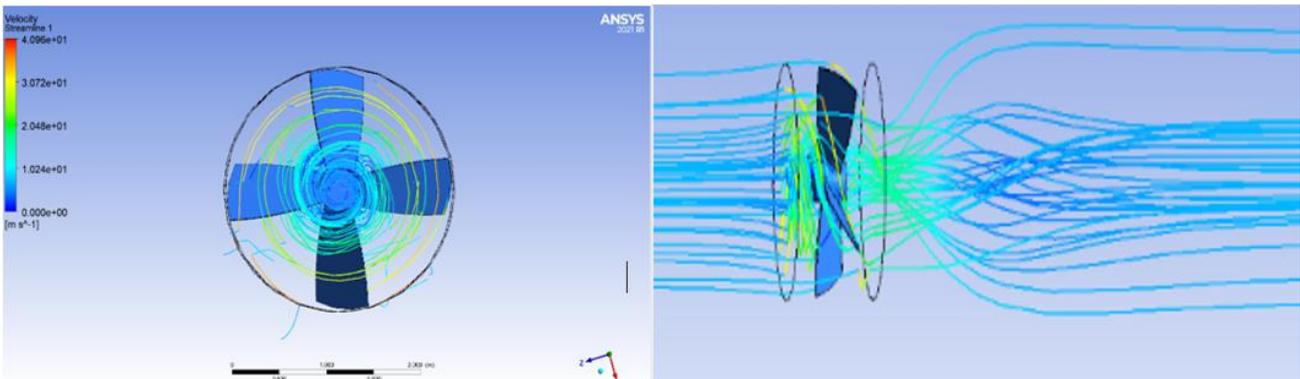
Gambar 9. Hasil dari model 3



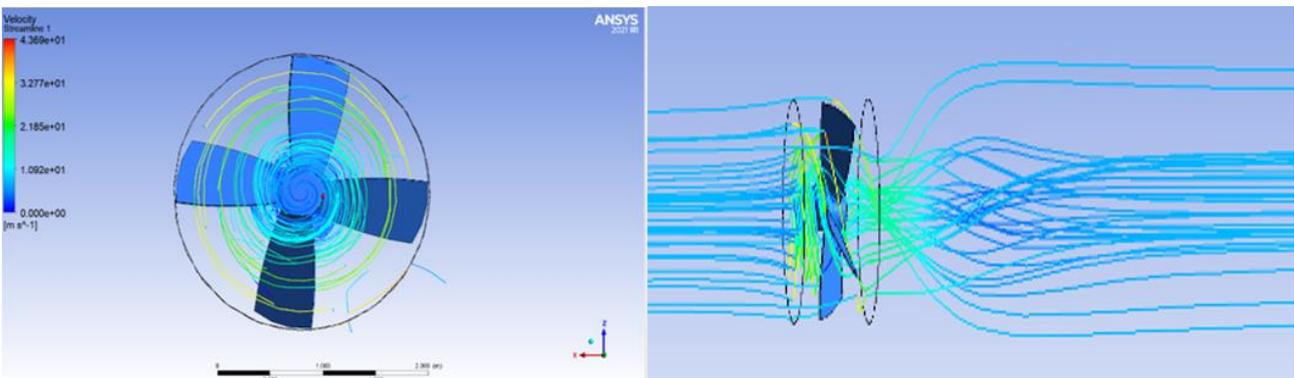
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 10. Hasil dari model 4



Gambar 11. Hasil dari model 5



Gambar 12. Hasil dari model 6

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil simulasi

Pada hasil simulasi menggunakan CFD (*fluent*) *propeller* dengan sudut variasi sudut *rake* didapatkan hasil gaya dorong (*thrust*) yang bervariasi, serta aliran fluida rata-rata mengalami laminar sebelum masuk ke *duct propeller* tetapi setelah masuk melalui *duct propeller* aliran fluida menjadi turbulen yang sangat tinggi karena tekanan pada *propeller* yang berputar dengan RPM yang tinggi setelah itu beralih aliran transisi ke aliran laminar yang cukup stabil. Dengan ditunjukkan dengan Tabel 5.

Tabel 5. Hasil simulasi menggunakan CFD

No.	Variasi	Hitungan thrust simulasi
1.	Model 1	310,22 kN
2.	Model 2	309,61 kN
3.	Model 3	354,11 kN



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

No.	Variasi	Hitungan thrust simulasi
4.	Model 4	402,46 kN
5.	Model 5	391,10 kN
6.	Model 6	381,26 kN

3.2. Hasil hitung manual

Setelah melakukan simulasi pada *software ansys* maka didapatkan hasil hitungan otomatis yang menggunakan algoritma dari CFD (*fluent*), namun perhitungan pada *software ansys* harus divalidasi menggunakan hitungan manual dengan menggunakan metode *harvald*, tahapan yaitu melakukan hitungan tahanan total kapal, dan gaya dorong kapal untuk menentukan seberapa besar tahanan yang diterima kapal dan gaya dorong yang diperlukan kapal untuk melaju dengan kecepatan dinas pada suatu kapal.

- Perhitungan *Froude Number* (F_n)

$$F_n = \frac{v_s}{\sqrt{g \cdot Lwl}} \quad (1)$$

- Perhitungan *Reynold number* (R_n)

$$R_n = \frac{v_s \times lwl}{\nu} \quad (2)$$

- Perhitungan luasan kapal yang tercelup air

$$S = 1,025 \times Lwl (C_b \times B + 1,7 \times T) \quad (3)$$

- Perhitungan koefisien tahanan gesek (C_F)

$$C_F = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2} \quad (4)$$

- Perhitungan koefisien tahanan sisa (C_R)

$$C_R = \text{Di ambil dari diagram } \frac{Lwl}{\nabla^{1/3}} \quad (5)$$

- Perhitungan koefisien tahanan tambahan (C_A)

Dimana, F_n adalah Angka Froude, V adalah Kecepatan kapal (m/s), g adalah Percepatan gravitasi (m/s^2), L adalah Panjang kapal (m), R_n adalah *Reynold number*, V_s adalah Kecepatan kapal 13 knot adalah 6,9 m/s, Lwl adalah Panjang garis air adalah 38 m, ν adalah Viskositas kinematik adalah $1,188 \times 10^{-6} m^2/s$, S adalah luasan kapal yang tercelup air, C_F adalah koefisien tahanan gesek, C_R adalah koefisien tahanan sisa, C_A adalah koefisien tahanan tambahan.

Tabel 6. Koefisien tahanan tambahan

No.	Panjang kapal (L)	Koefisien tahanan tambahan (C_A) $\times 10^{-3}$
1.	≤ 100 m	0,4
2.	150 m	0,2
3.	200 m	0
4.	250 m	-0,2
5.	≥ 300 m	-0,4



- Koefisien tahanan total (C_T)

$$C_T = C_F + C_R + C_A \quad (6)$$

- Perhitungan tahanan total (R_T)

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_T \cdot S \cdot V^2 \quad (7)$$

Dimana R_T adalah Tahanan total (kN), C_R adalah Koefisien tahanan sisa, C_F adalah Koefisien tahanan gesek, ρ adalah Massa jenis fluida (kg/m^3), C_T adalah Koefisien tahanan total, S adalah Luasan permukaan yang tercelup air (m^2), V_s adalah Kecepatan gerak fluida (m/s).

Dari hasil hitungan manual didapatkan tahanan total untuk mengetahui beban tahanan gerak kapal untuk gaya dorong yang dibutuhkan kapal mendapatkan hasil hitungan sebesar $R_T = 164,2$ kN dengan variasi kecepatan dinas 13 knot. Untuk menentukan perhitungan gaya dorong (*thrust*) dari setiap model variasi *propeller* menggunakan rumus yang terdapat dalam buku *Sv. Aa. Harvald* sebagai berikut:

$$T = \frac{R_T}{1-t} \quad (8)$$

$$T_{\text{ship}} = \frac{\alpha V_s^2}{(1-t)(1-w)} \quad (9)$$

Dimana, T adalah Gaya dorong (*Thrust*), R_T adalah Tahanan total kapal, t adalah *Thrust deduction factor*.

Dari hasil perhitungan manual gaya dorong yang ada pada *propeller* didapatkan T adalah 194,8 kN, dan hasil hitung manual gaya dorong yang dibutuhkan *propeller* untuk melawan hambatan agar kapal bisa bergerak maju sebesar 236,1 kN. Maka hasil hitngan kebutuhan gaya dorong *propeller* harus lebih besar dari pada kebutuhan total gaya dorong pada kapal, sehingga hitungan manual menjadi validasi yang akurat dan bisa dibandingkan dengan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

4. KESIMPULAN

Hasil dari simulasi menggunakan *software* CFD (*fluent*) antara 6 model yang telah diteliti, model 4 menunjukkan hasil *thrust* tertinggi dengan kecepatan aliran konstan 13 knot sebesar 402.46 kN dan pada model 4 dengan tipe *propeller* Kaplan dengan sudut *rake* 5° . Sementara itu hasil *thrust* terendah yaitu model 2 dengan kecepatan aliran konstan 13 knot sebesar 309.61 kN dengan tipe *propeller* B-Series dengan sudut *rake* 10° . Setiap model *propeller* dapat melayani kebutuhan gaya dorong total pada kapal, dikarenakan nilai hitung manual menunjukkan $236,1 >$ dari model yang telah disimulasikan. Pada model 4 menunjukkan aliran yang bagus karena sedikit mengalami turbulensi dan aliran secara cepat berubah ke aliran laminar. Dari hasil penelitian ini rata-rata suhu pada *ducting* masih terbilang tidak terlalu tinggi ditandai dengan warna kuning pada aliran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Kaprodi Teknik Sistem Perkapalan, dosen pembimbing Teknik Sistem Perkapalan, dan juga teman-teman atas dukungan pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Y. Sutadi, S. A. Widyanto and I. Haryanto, " Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang," *PERANCANGAN MEKANISME PENGONTROL CONTROLLABLE PITCH PROPELLER*, pp. 12-17, 2012.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- [2] D. B. Darmawan, D. Chrismianto and M. Iqbal, "Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro," *ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN HUB PROPELLER*, Vols. Vol 4, No 2, pp. 352-361, 2016.
- [3] A. P. Wicaksono and A. Winarno, "Analisa Pengaruh Posisi Wake Equalizing Duct Terhadap Gaya Dorong (Thrust) Pada Kapal Ikan Tradisional Purse Seine. [Skripsi]," *Surabaya : Universitas Hang Tuah*, 2022.
- [4] B. A. Mahaputra, A. F. Zakki and I. P. Mulyatno, "Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro," *Analisis Pengaruh Konfigurasi Perubahan Sudut Rake Propeller B5-80 Terhadap Fatigue Life pada Kapal Kontainer 3600 TEUs*, Vols. Vol. 8., No. 3, pp. 301-311, 2020.
- [5] I. T. T. C. ITTC, "International Towing Tank. Conference. ITTC," International Towing Tank. Conference. ITTC, 2011. [Online]. Available: International Towing Tank. Conference. ITTC.
- [6] S. Klara, M. I. Nikmatullah and M. Faizal, "Efektivitas Keel Cooler Pada Sistem Pendingin Mesin Penggerak Utama Kapal," *zonalaut*, Vols. Vol. 3, No. 3, pp. 10-17, 2022.
- [7] A. S, R. F and S. D, "Analisis Ship Resistance Untuk Menentukan Daya Main Engine Kapal," *zonalaut*, Vols. Vol. 3, No.2 , pp. 19-24, 2022.
- [8] W. A, C. G, I. A and W. A. S., "Experiment Study of the Resistance on Nusantara Ship Hull Modification with Fishing Boat in Pantura East Java," *International Journal on Engineering Applications (IREA)*, pp. 11 (2),, pp. 111-120., 2023.

