



## Analisa Pengaruh Pemasangan *Energy Saving Device* (ESD) Jenis *Mewis Duct* Terhadap *Thrust* Propeller *INSEAN E779A* Dengan Menggunakan Pendekatan CFD

Alif Fauzan Rachmat<sup>1)\*</sup>, Andi Trimulyono<sup>1)</sup>, Parlindungan Manik<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Hydrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*e-mail: [aliffauzanrachmat@gmail.com](mailto:aliffauzanrachmat@gmail.com)

### Abstrak

Peningkatan performa penggerak kapal dapat ditingkatkan dengan memasang komponen bernama ESD (*Energy Saving Device*). *Mewis Duct* merupakan salah satu jenis ESD (*Energy Saving Device*) multi component device yang menggabungkan antara nozzle dan fin terintegrasi didalam nozzle, struktur tersebut mampu meminimalisir kerugian akibat weak losses pada buritan kapal dan kerugian rotational losses atau kehilangan gaya dorong pada area slipstreams. *Mewis Duct* dapat mereduksi power sekitar 3-8% dan dapat meningkatkan thrust pada propeller sekitar 2-5%. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performance propeller type *INSEAN e779a* menggunakan *Mewis Duct* modifikasi jumlah fin 4,5,6 asimetris dan 4 fin simetris dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Simulasi yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu berdasarkan persamaan RANS (*Reynolds - Averaged Navier Stokes*) dengan  $k-\epsilon$  sebagai model turbulen yang digunakan. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa pemasangan komponen ESD (*Energy Saving Device*) berupa *Mewis Duct* memberikan pengaruh terhadap penambahan nilai thrust sebesar 3-5%, nilai torque sebesar 3-4% pada propeller *INSEAN e779a*.

Kata Kunci : Propeller, *INSEAN e779a*, *Energy Saving Device*, *Mewis Duct*, *Computational Fluid Dynamics*

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam upaya mengurangi penggunaan bahan bakar pada sebuah kapal adalah perencanaan komponen penggerak kapal (*propulsor*). Propulsor merupakan salah satu hal yang dapat ditinjau terutama dalam upaya menghemat penggunaan bahan bakar kapal. Propulsor merupakan perangkat penggerak yang digunakan kapal untuk mobilisasi dari satu tempat ke tempat berbeda. Salah satu alat penggerak yang aplikasikan pada kapal adalah baling-baling (*propeller*) [1].

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performa tenaga penggerak pada kapal adalah dengan menambahkan *Energy Saving Device* (ESD) atau perangkat hemat energi yang dapat dipasang di depan baling-baling, di belakang baling-baling, pada baling-baling itu sendiri, pada lambung, bahkan pada kemudi yang bertujuan

untuk mengurangi terjadinya kehilangan energi selama kapal beroperasi [2].

Cukup banyak jenis *Energy Saving Device* (ESD) yang dapat digunakan pada kapal diantaranya seperti *Pre-swirl*, *Kort Nozzle*, *WED*, *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)*. *Energy Saving Device* (ESD) ini dirancang untuk menerapkan efisiensi aliran baling-baling dan meningkatkan performa propulsi pada sebuah kapal [3].

Bedasarkan riset yang dilakukan pada penelitian terdahulu penggunaan ESD PBCF pada propeller B-series memberikan peningkatan *thrust* 3-4% dan penggunaan Duct pada propeller sebesar 20% hal ini membuktikan bahwa penggunaan ESD memberikan pengaruh terhadap peningkatan performa propeller [4].

*Energy Saving Device* (ESD) atau perangkat hemat energi mulai dikenalkan sekitar abad 20 dan terkenal pada akhir tahun 1970-an hingga awal 1980-an saat krisis minyak dunia terjadi [5]. Cukup

banyak desain ESD yang dikembangkan, namun tidak semua cocok untuk digunakan pada kapal saat awal inovasi ESD ini muncul, karena kegagalan konstruksi pada ESD, terdapat cacat, hingga desain yang tidak memungkinkan untuk dipasang pada kapal tertentu. Namun seiring berjalannya waktu, pengembangan ESD ini dapat diterima dan dapat digunakan pada hampir semua jenis kapal [6].

*Energy Saving Device* (ESD) ini dirancang untuk menerapkan efisiensi aliran baling-baling dan meningkatkan performa propulsi pada sebuah kapal [7].

Secara umum *Mewis Duct* merupakan kombinasi dari *Nozzle* (saluran), ditempatkan di depan Propeller dengan *fin* (sirip) yang pasang secara *asimetris* terintegrasi yang terletak didalam *nozzle* tersebut. Struktur tersebut dapat mendistribusikan *wake* menjadi lebih luas menuju propulsor [8].

Struktur *Mewis duct* mampu meminimalisir dua kerugian yang terjadi pada propulsi kapal, yaitu kerugian akibat *wake*, dan kerugian akibat rotasi pada *slipstreams* dengan adanya pemusatan aliran pada saluran, hal tersebut dapat mereduksi power sekitar 3-8% [2].

Penyebaran dan jumlah sirip yang digunakan tidak harus simetris ke kiri dan kanan, karena tidak meratanya distribusi *wake* yang di depan *Mewis Duct* dan menggabungkan kebutuhan untuk membangkitkan aliran rotasi belakang *Mewis Duct* dan di depan baling-baling [9].

*Mewis Duct* menempatkan saluran simetris tidak sejajar dengan garis poros atau terlepas dari garis poros, saluran ini dinamakan dengan *Eccentric duct*. Ide ini berfungsi untuk memandu aliran ke area tertentu dari putaran baling-baling dan memungkinkan memiliki pengaruh positif pada propulsi kapal.[10]. *Mewis Duct* bekerja dengan cara mengurangi hilangnya energi arus ikut yang masuk kedalam putaran propeller [3].

Dalam penelitian ini *Mewis Duct* digunakan pada propeller *INSEAN E779a* dan menggunakan lambung kapal *Kriso Container Ship* (KCS) yang bertujuan untuk mengetahui efek terhadap gaya dorong (*thrust*) dengan beberapa variasi berdasarkan jumlah sirip (*fin*) dan dianalisis dengan menggunakan metode (*Computational Fluid Dynamics*) CFD.

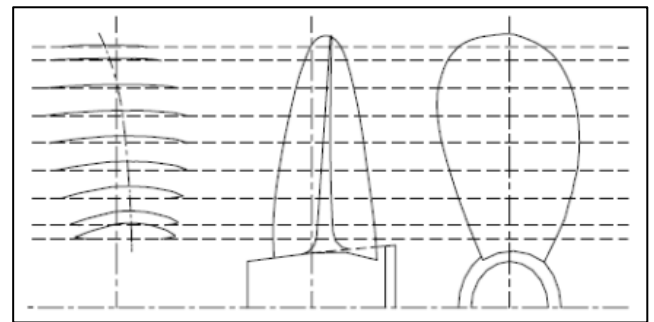
## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Propeller dalam penelitian ini berjenis *INSEAN E779a* dengan spesifikasi data terdapat pada Tabel 1 dan gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Propeller INSEAN e779a* [11].

No	Spesifikasi	Dimensi
1	Jumlah daun	4 buah
2	Diameter	227,27 mm
3	Normal Pitch	250 mm
4	<i>P/D ratio</i>	1,1
5	<i>Rake angle</i>	+4,5833°
6	<i>Ae/Ao ratio</i>	0,689
7	Arah putar	<i>Clockwise</i>
8	Hub diameter	45,53 mm



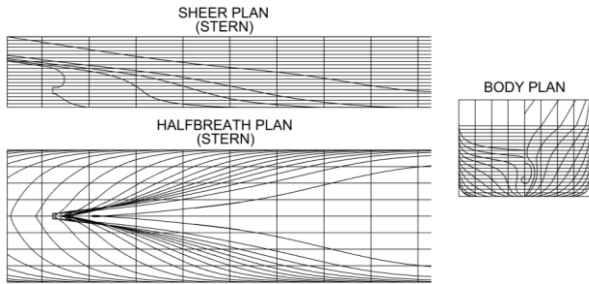
Gambar 1. Propeller *INSEAN e779a* [12].

Model propeller dibuat dengan skala 1:1 sesuai ukuran asli propeller yang memiliki diameter 227,27 mm. Kemudian untuk ukuran utama lambung kapal KCS (*Kriso Container Ship*) terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Ukuran utama lambung *KCS (Kriso Container Ship)* [13].

Ukuran Utama	Referensi	Hasil model skala	
		1	31,56
Lpp	230 m	230m	
Lwl	232,5 m	232,48 m	7,36 m
Bwl	32,2 m	32,24 m	1,02 m
D (depth)	19 m	19 m	
T (draft)	10,8 m	10,8 m	0,342 m
CB	0,65	0,64	0,64
CM	0,985	0,985	0,985
S w/o Rudder	9530 m <sup>2</sup>	9551m <sup>2</sup>	9,575m <sup>2</sup>
Displacement	52.030 m <sup>3</sup>	52.016 m <sup>3</sup>	1,65 m <sup>3</sup>

Model lambung dibuat dengan ukuran skala 1:31,56 sesuai dengan dimensi kebutuhan propeller, bagian buritan lines plan kapal KCS (*Kriso Container Ship*) terdapat pada gambar 2.

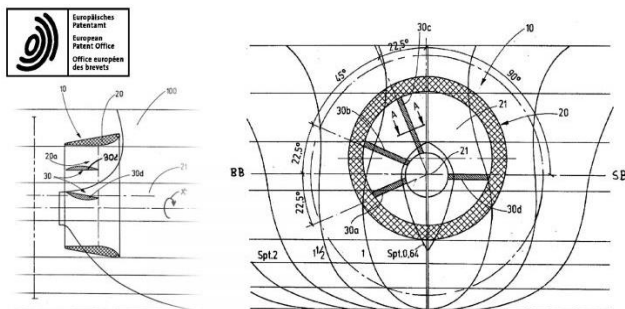


Gambar 2. Lines plan (bagian stern) kapal Kriso Container Ship (KCS) [13].

Untuk ukuran *Mewis Duct* yang akan dimodelkan menggunakan software CAD (*Computer Aided Design*) berdasarkan pada tabel 3 dengan ilustrasi pada gambar 4.

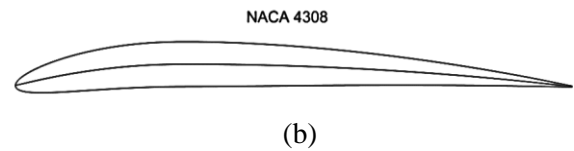
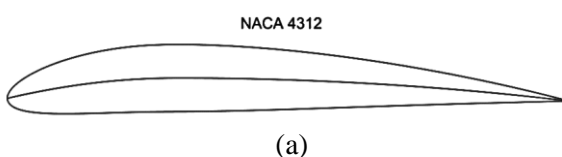
Tabel 3. Spesifikasi *Mewis Duct* [8].

No	Spesifikasi	Dimensi
1	Duct Diameter (Dd)	0,55DP 125 mm
2	Duct Length (Ld)	0.5Dd 62 mm
3	Duct Position	Above
4	Duct Profile	Naca 4312
5	Fin Profile	Naca 4308



Gambar 4. Gambaran 2D *Mewis Duct* [8].

Untuk jenis profil yang digunakan adalah jenis Naca 4312 untuk bagian *duct*, dan Naca 4308 untuk bagian *fin* didalam *duct*. Gambar 5 merupakan bentuk geometri dari profil yang digunakan.



Gambar 5. Geometri (a)Naca 4312, (b)Naca 4308 [14].

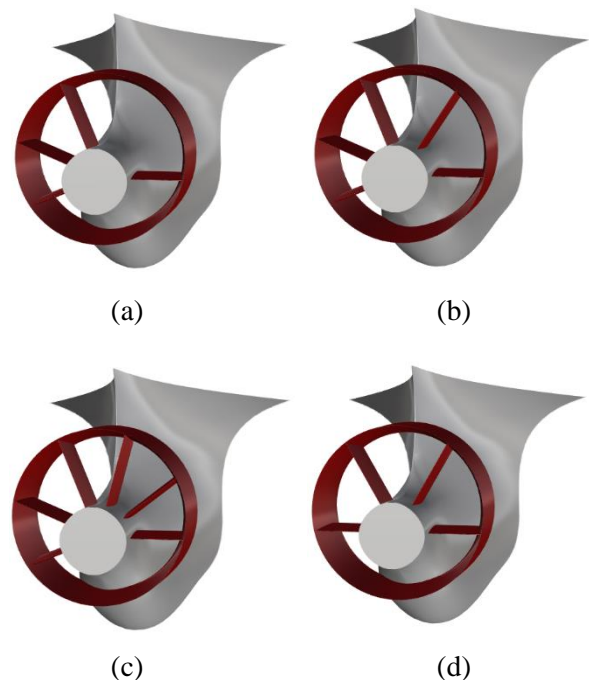
## 2.2. Variasi Mewis Duct

*Mewis Duct* adalah ESD (*Energy Saving Device*) berjenis *multi component device* yang merupakan gabungan *nozzle* dan *fin* yang terpasang didalam *nozzle* tersebut. Struktur *Mewis Duct* mampu meminimalisir kerugian akibat *weak losses* pada buritan kapal dan *rotational losses* pada area *slipstream* [8].

Pada penelitian ini penulis membuat variasi *Mewis Duct* berdasarkan jumlah *fin* yang terdapat didalam *duct* yang mengacu pada parameter *mewis duct* 4, 5, dan 6 sirip.

*Mewis Duct* dengan jumlah 4 *fin* merupakan bentuk awal dari ESD ini dibuat, sementara 5 dan 6 *fin* merupakan bentuk evolusi berdasarkan optimasi CFD [6].

Gambar 6 menunjukkan bentuk variasi *Mewis Duct* yang dibuat dengan menggunakan software CAD.



Gambar 6. Geometri (a)*Mewis Duct* 4 sirip, (b)*Mewis Duct* 5 sirip, (c)*Mewis Duct* 6 sirip, (d)*Mewis Duct* 4 sirip simetris.

### 2.3. Lokasi Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian ini bertempat di Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

### 2.4. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

- OS : Windows 10 Home single 64 Bit
- Processor : Intel® Core™ i7-9700 CPU @ 3.00GHz (8 CPUs)
- Ram : 32.0 GB
- Grafik : NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti

Software yang digunakan dalam pemodelan dan perhitungan :

- Software CAD
- Software CFD
- Software Strip Theory

### 2.5. Perhitungan Simulasi CFD

Proses simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) diawali dengan membuat semua model yang berpengaruh dalam perhitungan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yaitu model hull kapal, komponen ESD berupa *Mewis duct* dan Propeller. Pembuatan model dibuat dengan menggunakan program CAD (*Computer Aided Design*), dalam pembuatan model pastikan seluruh komponen berupa *Closed-solid* sehingga dapat di-import kedalam program CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

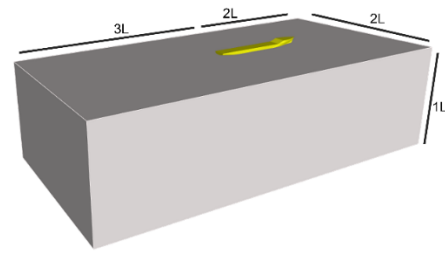
Secara umum dalam perhitungan CFD terdapat 3 alur proses pengerjaan yaitu *Pre-processing*, *Solving* dan *Post-process*.

Simulasi numerik yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu berdasarkan persamaan RANS (*Reynolds - Averaged Navier Stokes*). Dengan menggunakan model turbulen  $k-\epsilon$  [10].

Dalam perhitungan dengan menggunakan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada kasus ini terlebih dahulu diperlukan membuat kolam simulasi yang mengacu pada aturan ITTC. Dimensi kolam dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 7.

Tabel 4. Ukuran Kolam Simulasi.

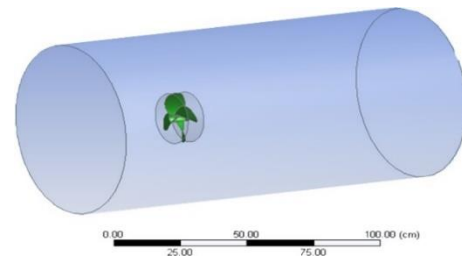
Jarak dari AP	Jarak	Besaran
<i>Boundary-Sisi</i>	1Lpp	7,5 m
<i>Boundary-Inlet</i>	2Lpp	15 m
<i>Boundary-Outlet</i>	3Lpp	22,5 m
<i>Boundar-Bottom</i>	1Lpp	7,5 m



Gambar 7. Dimensi Kolam Simulasi.

Prosedur selanjutnya yang dilakukan adalah membuat domain, penamaan *boundary condition*, dan *meshing*. Domain pertama adalah domain fluida (*fluid domain*) dalam hal ini digunakan untuk mencari nilai hambatan kapal.

Sementara untuk mencari nilai *thrust* dan *torque* propeller terdapat penambahan domain yaitu domain rotasi (*rotating domain*) sebagai tempat propeller untuk berputar. Simulasi ini menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

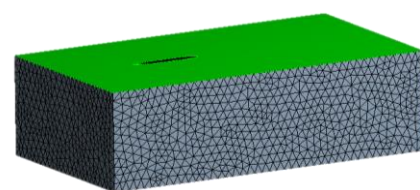


Gambar 8. *Boundary fluid* dan propeller.

Setelah membuat geometri dan penamaan *boundary* selanjutnya ialah melakukan tahap *meshing* yaitu membagi model geometri kedalam elemen-elemen berukuran lebih rapat dan kecil. Pembuatan mesh harus mencapai *grid-independent* yakni perubahan *mesh* tidak mempengaruhi hasil simulasi. Hasil *mesh* terdapat pada tabel 5, gambar 9 menunjukkan gambar *mesh* yang dibuat.

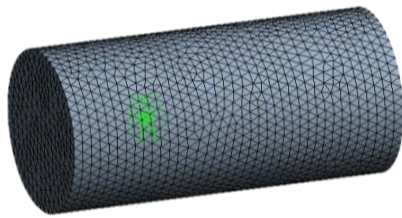
Tabel 5. Jumlah *element Mesh*.

Variasi	Nodes	Elements
Hull	280.353	$1,564 \times 10^6$
MD1 + Hull	297.792	$1,661 \times 10^6$
MD2 + Hull	298.189	$1,663 \times 10^6$
MD3 + Hull	298.625	$1,664 \times 10^6$
MD4 + Hull	297.687	$1,660 \times 10^6$



(a)

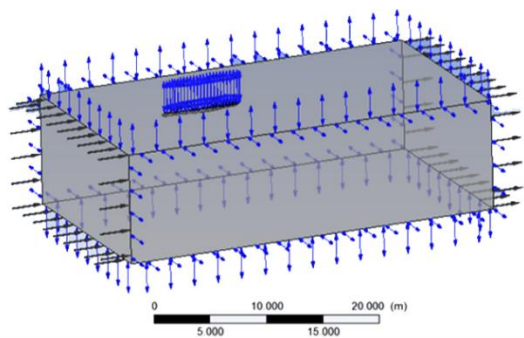




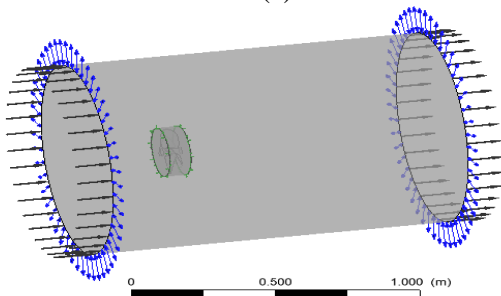
(b)

Gambar 9. Gambar Meshing (a) fluid domain, pada (b) rotating domain.

Langkah selanjutnya adalah membuat *set-up* simulasi. Pada bagian ini dilakukan pengaturan alur aliran masuk, aliran keluar, besar putaran propeller, termasuk sifat dari aliran fluida yang digunakan. Tabel 6 dan gambar 10 menunjukkan skema *set-up* yang dibuat pada penelitian ini.



(a)



(b)

Gambar 10. (a) *Set-up* fluid domain (b) *Set-up* rotating domain.

Tabel 6. *Set-up* fluid domain.

Domain - Fluid	
Type	Fluid
Location	B97
Materials	Water
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	$1 \times 10^0$ [atm]
Heat Transfer Model	None
Turbulence Model	K-Epsilon
Turbulent Wall	Scalable

Setelah membuat skema pada *set-up* selanjutnya dilakukan pengecekan pada *solver control*, *solver control* untuk tingkat konvergensi dibuat sama dengan pengaturan *default software* CFD yaitu  $1 \times 10^{-4}$ .

Simulasi pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai hambatan kapal menggunakan *software* CFD yang kemudian divalidasi dengan hasil perhitungan *software Strip Theory*.

Metode yang dilakukan dalam perhitungan hambatan ini mengacu pada *metode Holtrop*. Hasil perhitungan hambatan kapal terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan hambatan kapal.

Parameter	Fn	Hasil		Error (%)
		Strip Theory	CFD	
Hambatan (N)	0,108	19,07	17,88	6,0
	0,135	28,83	27,75	4,0
	0,162	40,70	40,15	1,0
	0,188	55,26	52,13	5,7
	0,215	72,2	67,37	6,4

Setelah mendapatkan hasil perhitungan hambatan kapal, selanjutnya dilakukan perhitungan *thrust* dan *torque* propeller berdasarkan variasi ESD (*Energy Saving Device*) *Mewis Duct* dengan menggunakan *software* CFD.

Untuk menghitung *thrust* dan *torque* diperlukan langkah menghitung nilai  $V_a$  (*Speed of Advance*) terlebih dahulu yang akan digunakan sebagai ukuran aliran masuk menuju propeller.

Dari kelima nilai  $F_n$  yang digunakan didapatkan nilai  $V_s$  (*ship velocity*) sesuai dengan skala model yang telah dibuat. Berdasarkan nilai  $V_s$  (*ship velocity*) maka nilai  $V_a$  (*Speed of Advance*) dapat diketahui berdasarkan persamaan (1) dan (2).

$$V_a = V_s \times (1 - w) \quad (1)$$

$$w = 0,5 \times CB - 0,05 \quad (2)$$

Dimana :

$$V_a = \text{Speed of Advance (m/s)}$$

$$V_s = \text{Ship Velocity (m/s)}$$

$$CB = \text{coef. Block}$$

$$w = \text{wake fraction}$$

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) dan berdasarkan simulasi CFD didapatkan hasil pada Tabel 8 yang menunjukkan hasil perhitungan  $V_a$  (*Speed of Advance*) dan mendapatkan selisih *error* sebesar 8%.

Tabel 8. Perhitungan  $V_a$  (*Speed of Advance*).

$V_s$ (m/s)	Hasil $V_a$		Error (%)
	Perhitungan	CFD	
0,93	0,6506	0,6065	7,2
1,14	0,8357	0,8016	4,3
1,37	1,0009	1,0096	8
1,60	1,1675	1,1326	3,1
1,82	1,3340	1,3245	7,2

Setelah mendapatkan nilai  $V_a$  (*Speed of Advance*) tahap selanjutnya menghitung *thrust* dan *torque* propeller. Perhitungan *thrust* dan *torque* propeller dilakukan dengan menambahkan *rotating domain* dengan skema *set-up* sesuai tabel 9.

Tabel 9. *Set-up rotating domain*.

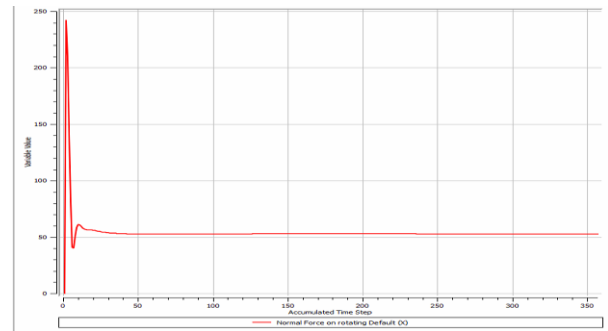
Domain - Rotating	
Type	Fluid
Location	B46
Materials	Water
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
Settings	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating
Angular Velocity	(tabel 10)
Axial Definition	Coordinate Axis
Rotating Axis	Global X
Reference Pressure	$1 \times 10^0$ [atm]
Heat Transfer Model	None
Turbulence Model	K-Epsilon
Turbulent Wall	Scalable

Nilai *angular velocity* (kecepatan rotasi) untuk masing-masing  $V_a$  adalah berbeda-beda dan berdasarkan pada hasil perhitungan menggunakan persamaan (6) seperti ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Nilai *Angular Velocity*.

$V_a$ (m/s)	$J$	Angular Velocity (rps)
0,6065		5,2
0,8016		6,5
1,0096	0,57	7,7
1,1326		9,0
1,3245		10,2

Grafik pada gambar 11 menunjukkan hasil nilai *thrust* yang stabil pada satu nilai dan mencapai hasil konvergen pada iterasi 300-500 dengan pengaturan nilai residual pada angka  $1 \times 10^{-4}$ .



Gambar 11. Grafik konvergen pada simulasi propeller.

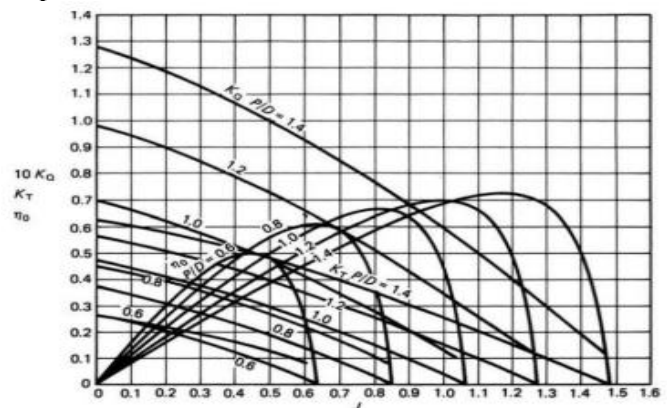
Setelah selesai proses *running* selanjutnya adalah menampilkan *result* dari hasil perhitungan seperti *flow* aliran, *thrust*, *torque*, dll.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah selanjutnya adalah melakukan validasi dari hasil-hasil yang telah didapatkan pada analisis CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

#### 3.1. Perhitungan dan Validasi *Thrust* dan *Torque* Propeller

Validasi yang digunakan adalah melakukan perbandingan hasil dari simulasi dengan kurva  $KT$ - $KQ$ - $J$  Wageningen *INSEAN e779a* yang terdapat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kurva  $KT$ - $KQ$ - $J$  Wageningen *INSEAN e779a* [15].

Perhitungan nilai  $KT$ - $KQ$ - $J$  dilakukan dengan interpolasi menggunakan persamaan (3).

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} J &\rightarrow x_1 = 0,5 & x_2 = 0,6 \\ KT &\rightarrow y_1 = 0,35 & y_2 = 0,29 \\ KQ &\rightarrow z_1 = 0,06 & z_2 = 0,054 \end{aligned}$$

Sementara  $y$  adalah nilai  $KT$  dan  $z$  adalah nilai  $KQ$  pada saat  $J$  0,57.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada diagram  $KT$ - $KQ$ - $J$  Wageningen *INSEAN e779a*, dengan  $J$  0,57 dan  $P/D$  1,1 didapatkan nilai  $KT$  sebesar 0,308 dan nilai  $KQ$  sebesar 0,0558.

Setelah mendapatkan nilai  $KT$  dan  $KQ$  selanjutnya dilakukan perhitungan nilai  $thrust$  dan  $torque$  dengan simulasi CFD dan dengan perhitungan berdasarkan persamaan (4), (5), (6) atau persamaan  $KT$ - $KQ$ - $J$ . [11].

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (4)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (5)$$

$$J = \frac{Va}{n \times D} \quad (6)$$

Dimana :

- $K_T$  = Coef. Thrust Propeller
- $K_Q$  = Coef. Torque Propeller
- $J$  = Coef. Advance Propeller
- $\rho$  = fluid density ( $kg/m^3$ )
- $n$  = rotating propeller (rps)
- $D$  = diameter propeller (m)
- $Va$  = Speed of Advance (m/s)

Berdasarkan perhitungan dengan persamaan (4), (5), dan (6) dan simulasi CFD didapatkan nilai  $thrust$  dan  $torque$  seperti pada tabel 11.

Tabel 11. Koreksi validasi  $thrust$  dan  $torque$ .

Parameter	Hasil Perhitungan		Error (%)
	E779a	CFD	
<i>Thrust</i>	22,15	22,45	1,35
	34,45	35,03	1,67
	50,23	50,91	1,99
	66,04	67,49	2,15
	91,63	93,19	2,32
<i>Torque</i>	0,94	0,99	5,12
	1,41	1,50	5,74
	2,06	2,19	6,35
	2,72	2,89	6,25
	3,77	3,98	6,15

Hasil simulasi CFD dan hasil perhitungan menggunakan persamaan  $KT$ - $KQ$ - $J$  tersebut mendapat selisih *error* sebesar 2,32% untuk nilai  $thrust$  dan 6% untuk  $torque$ .

### 3.2. Hasil Simulasi pada Variasi *Mewis Duct*

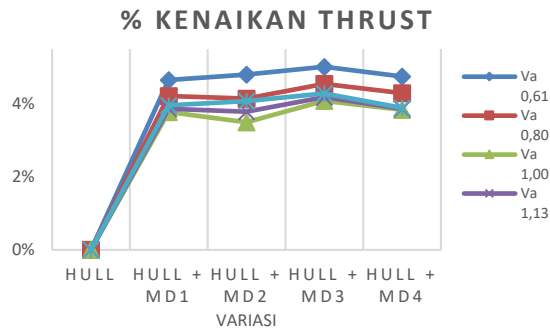
Dari beberapa variasi ESD (*Energy Saving Device*) berupa *Mewis Duct* yang telah di uji coba cukup memberikan pengaruh dengan adanya peningkatan pada  $thrust$  dan  $torque$  Propeller setelah dilakukan simulasi menggunakan software CFD dan hasilnya terdapat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil simulasi CFD untuk  $thrust$  dan  $torque$  pada variasi *Hull* + *Mewis Duct*.

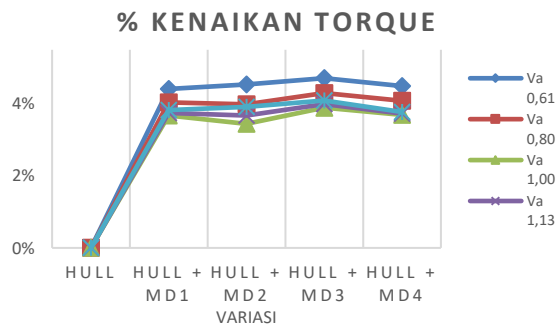
Jenis	$Va$ (m/s)	$Thrust$ (N)	% kenaikan $n$ Thrust	$Torque$ (Nm)	% kenaikan $Torque$
<i>Hull</i>		22,4555	0	0,9613	0
<i>Hull</i> + MD1		23,5007	4,68	1,0037	4,41
<i>Hull</i> + MD2	0,61	23,5338	4,80	1,0049	4,53
<i>Hull</i> + MD3		23,5816	5,01	1,0066	4,71
<i>Hull</i> + MD4		23,5218	4,75	1,0045	4,49
<i>Hull</i>		35,0345	0	1,5030	0
<i>Hull</i> + MD1		36,5102	4,21	1,5637	4,04
<i>Hull</i> + MD2	0,80	36,4867	4,15	1,5629	3,99
<i>Hull</i> + MD3		36,6269	4,55	1,5676	4,30
<i>Hull</i> + MD4		36,5373	4,29	1,5644	4,09
<i>Hull</i>		49,3246	0	2,1230	0
<i>Hull</i> + MD1		51,1856	3,77	2,2009	3,67
<i>Hull</i> + MD2	1,00	51,0473	3,49	2,1961	3,44
<i>Hull</i> + MD3		51,3364	4,08	2,2057	3,89
<i>Hull</i> + MD4		51,2154	3,83	2,2014	3,69
<i>Hull</i>		67,4979	0	2,8972	0
<i>Hull</i> + MD1		70,1063	3,86	3,0058	3,75
<i>Hull</i> + MD2	1,13	70,0501	3,78	3,0038	3,68
<i>Hull</i> + MD3		70,3203	4,18	3,0129	3,99
<i>Hull</i> + MD4		70,1045	3,86	3,0053	3,73
<i>Hull</i>		90,2805	0	3,8645	0
<i>Hull</i> + MD1		93,8515	3,96	4,0122	3,82
<i>Hull</i> + MD2	1,32	93,9538	4,07	4,0158	3,92
<i>Hull</i> + MD3		94,1481	4,28	4,0226	4,09
<i>Hull</i> + MD4		93,7923	3,89	4,0101	3,77

\* MD1 = *Mewis Duct* 4 sirip.  
 MD2 = *Mewis Duct* 5 sirip.  
 MD3 = *Mewis Duct* 6 sirip.  
 MD4 = *Mewis Duct* 4 sirip simetris.

Hasil pada tabel 12 yang didapatkan menunjukkan persentase kenaikan  $thrust$  dan  $torque$  tertinggi terjadi pada variasi *Mewis Duct* dengan 6 fin asimetris dengan persentase 5,01%  $thrust$  dan 4,71%  $torque$ . Gambar 13 menunjukkan grafik hasil persentase kenaikan  $thrust$  dan gambar 14 hasil persentase kenaikan  $torque$  seluruh variasi.

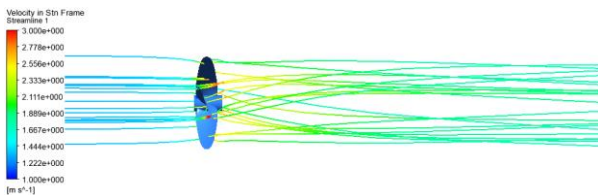


Gambar 13. Grafik % kenaikan *thrust* propeller INSEAN E779a.



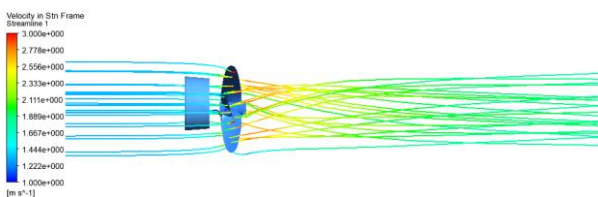
Gambar 14. Grafik % kenaikan *torque* propeller INSEAN E779a.

Sementara itu Gambar 15-19 menunjukkan pola aliran yang dihasilkan dari hasil simulasi CFD untuk propeller INSEAN E779a konvensional dan variasi *Mewis Duct* yang dibuat.

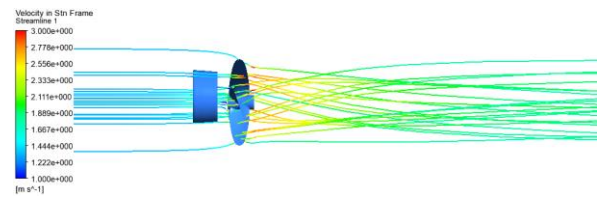


Gambar 15. Pola aliran pada Propeller konvensional.

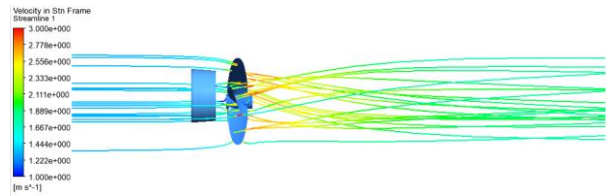
Pola aliran yang dihasilkan propeller INSEAN e779a konvensional pada gambar 15 cenderung tidak menunjukkan terjadinya peningkatan *thrust* karena tidak adanya komponen *Mewis Duct* yang memusatkan aliran menuju propeller sehingga tidak menunjukkan adanya efek *rotational losses* dibelakang propeller [8].



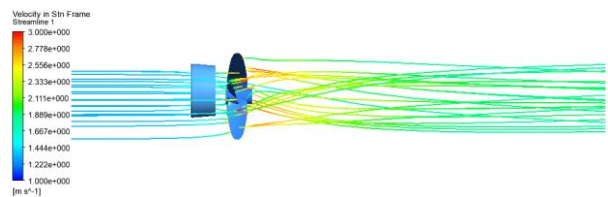
Gambar 16. Pola aliran dengan *Mewis Duct* 4 sirip asimetris.



Gambar 17. Pola aliran dengan *Mewis Duct* 5 sirip asimetris.



Gambar 18. Pola aliran dengan *Mewis Duct* 6 sirip asimetris.



Gambar 19. Pola aliran dengan *Mewis Duct* 4 sirip simetris.

Sementara pola aliran yang dihasilkan dari penggunaan *Mewis Duct* menunjukkan adanya perbedaan kontur dengan propeller INSEAN e779a konvensional, dimana terjadi persebaran aliran yang lebih merata dibelakang propeller dengan penggunaan *Mewis Duct* yang menunjukkan pengurangan efek kehilangan gaya dorong (*rotational losses*) pada propeller [8].

Penambahan komponen ESD berupa *Mewis Duct* memberikan pengaruh terjadi peningkatan *thrust* dan *torque* propeller, besar kecilnya peningkatan performa yang terjadi para propeller dipengaruhi oleh kecepatan dan jumlah sirip dari *mewis duct* yang digunakan. *Mewis Duct* mengklaim bahwa dapat mereduksi power sebesar 3-8% dan berdasarkan penelitian [16] *Mewis Duct* memberikan sekitar 2-5% untuk peningkatan *thrust*.

Persentase peningkatan *thrust* yang didapatkan pada penelitian ini sekitar 3,49 - 5,01% dan peningkatan *torque* sebesar 3,44 - 4,71%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa penambahan komponen ESD *Mewis Duct* dapat memberikan peningkatan performa propeller kapal.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh penggunaan ESD (*Energy Saving Device*) jenis *Mewis Duct* pada propeller INSEAN e779a menunjukkan adanya



penambahan performa pada *thrust* dan *torque* dari kinerja propeller itu sendiri. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ESD yang tepat dapat meningkatkan performa propeller.

Berdasarkan dari variasi *Mewis Duct* yang dibuat secara keseluruhan pada penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan *thrust* sekitar 3-5 % dan *torque* sekitar 3-4%.

Peningkatan *thrust* dan *torque* tertinggi dari lima kecepatan yang berbeda terjadi pada variasi *Mewis Duct* 6 sirip yang merupakan bentuk evolusi *Mewis Duct*. Dibuktikan dengan adanya peningkatan *thrust* sebesar 5,01% pada kecepatan aliran 0,61m/s, dan peningkatan *torque* sebesar 4,71% pada kecepatan aliran 0,61m/s.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Manik, *Buku Ajar Propulsi Kapal*. 2008.
- [2] F. Mewis and T. Guiard, "Mewis duct--new developments, solutions and conclusions," in *Second International Symposium on Marine Propulsors, Hamburg, Germany*, 2011.
- [3] H. Nowruzi and A. Najafi, "An experimental and CFD study on the effects of different pre-swirl ducts on propulsion performance of series 60 ship," *Ocean Eng.*, vol. 173, pp. 491–509, 2019.
- [4] A. Trimulyono, P. Manik, and N. Huda, "Pengaruh Penggunaan Energy Saving Device Pada Propeller B4 55 Dengan Metode CFD," *KAPAL J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 10, no. 3, pp. 147–153, 2013.
- [5] J. H. de Jong and G. J. D. Zondervan, "A Framework for energy saving device (ESD) decision making," in *International Conference on Ship Efficiency, Hamburg, Germany*, 2011.
- [6] J. Holtrop and G. G. J. Mennen, "An approximate power prediction method," *Int. Shipbuild. Prog.*, vol. 29, no. 335, pp. 166–170, 1982.
- [7] T. Kawamura, K. Ouchi, and T. Nojiri, "Model and full scale CFD analysis of propeller boss cap fins (PBCF)," *J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 17, no. 4, pp. 469–480, 2012.
- [8] F. Mewis and M. S. H. MSH, "Six Years Mewis Duct®—Six years of hydrodynamic development," *Injahrb. der Schiffbautechnischen Gesellschaft*, pp. 157–164, 2014.
- [9] I. Ichwansyah, "Analisa Peningkatan Thrust Akibat Penerapan Energy Saving Device pada Kapal Perintis 500 DWT Menggunakan Metode CFD (Computation Fluid Dynamic)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 3, 2019.
- [10] H.-J. Shin, J.-S. Lee, K.-H. Lee, M.-R. Han, E.-B. Hur, and S.-C. Shin, "Numerical and experimental investigation of conventional and un-conventional preswirl duct for VLCC," *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 414–430, 2013.
- [11] S. Gaggero, "Design of PBCF energy saving devices using optimization strategies: A step towards a complete viscous design approach," *Ocean Eng.*, vol. 159, pp. 517–538, 2018.
- [12] M. Abdou and A. S. M. Al-Obaidi, "Studying the Effect of Pitch Ratio on Sheet Cavitation in Marine Propellers," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 13, pp. 28–38, 2018.
- [13] H. Islam, M. M. Rahaman, H. Akimoto, and M. R. Islam, "Calm water resistance prediction of a container ship using reynolds averaged navier-stokes based solver," *Procedia Eng.*, vol. 194, pp. 25–30, 2017.
- [14] T. Sumaryada, A. M. Jaya, and A. Kartono, "Simulating the Aerodynamics Profiles of NACA 4312 Airfoil in Various Incoming Airspeed and Gurney Flap Angle," *Omega J. Fis. dan Pendidik. Fis.*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2018.
- [15] J. Carlton, *Marine Propellers and Propulsion, 2nd edn.*, Butterworth. Heinemann, Oxford, UK, 2007.
- [16] N. M. Ridha and I. K. A. P. Utama, "Studi Kasus: Analisis Peningkatan Efisiensi Thrust Akibat Penerapan Energy Saving Device pada Kapal Tanker Pertamina (Persero) 40000 LTDW dengan Ansys Fluent Menggunakan Metode Moving Mesh," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. G47–G52, 2017.