

# KAJIAN NUMERIK PENGARUH PENAMBAHAN *ENERGY SAVING DEVICE* JENIS *WAKE EQUALIZING DUCT* PADA KINERJA *PROPELLER*

Muhamad Andika Prasetyo <sup>1\*</sup>, Burniadi Moballa <sup>2</sup>, Daisy Dwijati Kumala Ratna <sup>3</sup>

Program studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2,3</sup>

Email: [andikapras986@gmail.com](mailto:andikapras986@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [bmmoballa@ppns.ac.id](mailto:bmmoballa@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [mustaghfirin@gmail.com](mailto:mustaghfirin@gmail.com)<sup>3\*</sup>

---

**Abstract** - In recent years, research in the marine field has focused on reducing exhaust emissions by increasing fuel efficiency and carbon dioxide emissions. Reducing carbon emissions in the industry can be achieved by using energy-saving devices that also function to reduce fuel consumption. This device also serves to reduce frictional resistance at the ship's aft so that energy losing impact to fuel consumption can be prevented. Based on this condition, this study uses an wake equalizing duct type with symmetrical and asymmetrical NACA variations. The CFD (Computational Fluid Dynamics) method is used to analyze the coefficient of thrust and coefficient of torque. The duct is added to increase the value of both coefficients. The analysis without NACA variations results thrust coefficient value of 0.1442 and torque coefficient value of 0.01539. The NACA 0015 variation produces thrust coefficient value of 0.215747279, torque coefficient value of 0.020711813 and its efficiency increases 10%. NACA 4412 variation produces thrust coefficient value of 0.208392027, torque coefficient value of 0.020178827 and its efficiency ( $\eta_0$ ) increases by 11%. The conclusion is additional wake equalizing duct is able to align the flow at the ship's aft so that it can minimize the occurred turbulent current.

**Keyword:** Energy Saving Device, Wake Equalizing Duct, CFD, NACA

---

## Nomenclature

$K_T$	Koefisiensi gaya dorong <i>propeller</i>
$K_Q$	Koefisiensi torsi <i>propeller</i>
J	Koefisiensi torsi <i>propeller</i>
$V_a$	Kecepatan <i>advancing</i>
D	Diameter <i>propeller</i>
N	putaran <i>propeller</i>
T	<i>Thrust propeller</i>
Q	<i>Torque propeller</i>
$\rho$	Massa jenis fluida

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan transportasi laut dalam lingkup nasional dan internasional terus meningkat, hal tersebut berakibat pada pemanfaatan laut sebagai jalur lalu lintas pelayaran. Polusi yang diakibatkan merupakan permasalahan yang membutuhkan penanganan yang perlu diperhatikan dengan konsisten oleh negara-negara yang memiliki kepentingan baik dalam perdagangan ataupun dalam aspek menjaga keamanan wilayah maritimnya. Kapal dengan angkutan barang berpotensi menurunkan degradasi di lingkungan laut. Dikarenakan pencemaran dari pengoperasian kapal yang tidak bisa dihindari seperti minyak kotor dan gas buang dari engine kapal serta limbah kotoran dan sampah yang dihasilkan oleh kapal.

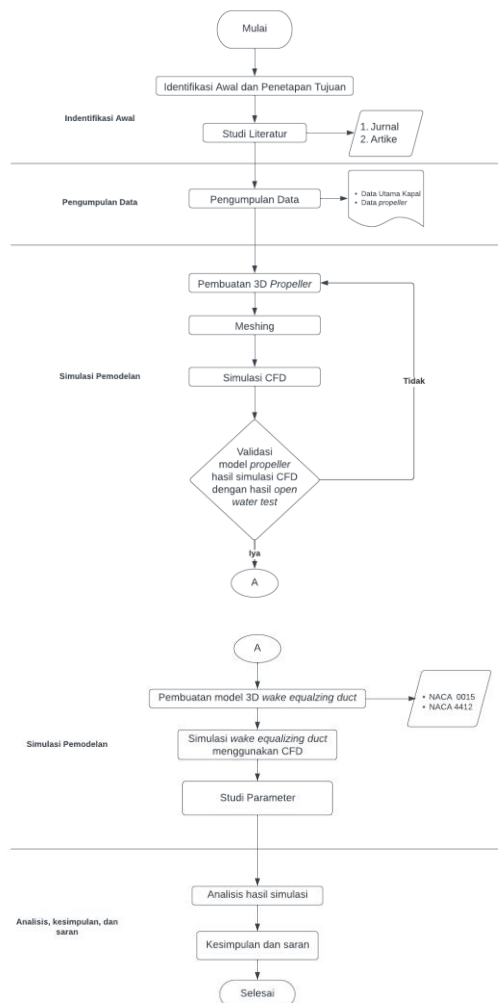
Hal itu menyebabkan efek kumulatif yang berkontribusi terhadap masalah kualitas udara secara keseluruhan yang dihadapi oleh penduduk di banyak wilayah, dan juga memengaruhi lingkungan alam, seperti hujan asam yang kuat (Marpol Annex VI, 2005). Pengurangan biaya bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang salah satunya dengan cara pengoptimalan lambung dan propeller. Sejalan dengan hal ini peningkatan kinerja kapal-kapal yang baru dibangun ataupun kapal yang sudah beroperasi, banyak yang minat terhadap potensi untuk meningkatkan kapal dengan cara mengoptimalkan lambung kapal (Martinas & Cupsa, 2015). Pembuatan kapal baru meninjau banyak aspek dalam perancangannya, kapal didesain sedemikian rupa untuk tujuan efisiensi pengoperasian maupun perawatan yang meninjau aspek ekonomis. Pengurangan biaya bahan bakar pada bisnis perkapalan salah satu menjadi tujuan penting bagi para pemilik kapal. Dan berbagai peraturan perundang-undangan terbaru yang juga mengharuskan para pemilik kapal untuk bergerak menuju pengurangan emisi dari kapal SOx, NOx, dan CO. Dekarbonisasi dalam perkapalan dapat dicapai melalui teknis dan operasional strategi seperti Energy Saving Devices (ESDs) untuk mengurangi konsumsi bahan bakar baru dan yang sudah ada di kapal. ESD dapat mengoptimalkan

efisiensi bahan bakar hingga 15%. (Spinelli et al., 2022). Energy Saving Devices (ESD) merupakan alat yang berfungsi menekan hambatan gesek yang terjadi pada buritan kapal, sehingga energi yang dikeluarkan oleh mesin kapal tidak mengalami loss energy yang cukup berpengaruh pada konsumsi bahan bakar. (de Jong, 2015). Karena kapal harus sehemat dan seawet mungkin. Untuk menemukan cara menghemat biaya operasional di kapal banyak Energy Saving Device yang telah dikembangkan seperti Propeller Redesign, Wake Equalizing Duct, Becker Mewis Duct, Bulbous Bow Retro – Fit, dll. Pada penelitian akan membahas Study Numeric Pengaruh Penambahan Wake Equalizing Duct pada kinerja propeller. Pemasangan WED di kapal mempunyai keuntungan konstruksi yang tidak terlalu rumit, dan dianalisa menggunakan CFD sehingga mengurangi kerumitan dan mahalnya biaya untuk melakukan pengujian di air terbuka.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1 Metodologi Penelitian

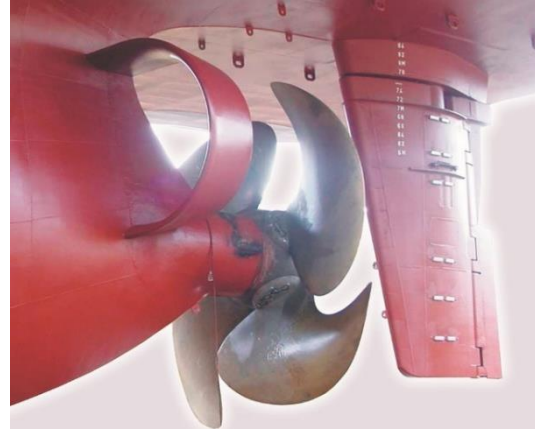
Pada penelitian ini data penunjang untuk perhitungan didapatkan dari jurnal. Berikut merupakan diagram proses pengerjaan penelitian ini.



Gambar 1 Diagram proses.

### 2.2 Wake Equalizing Duct

Perangkat peningkatan propulsi, terutama untuk kapal blok penuh, dikembangkan oleh . Wake Equalizing Duct terdiri dari dua saluran halfring berbentuk nozzle yang dipasang di kedua sisi buritan di depan baling-baling. Saluran tersebut dapat mempercepat aliran ke bagian atas bidang baling-baling dan memperlambatnya sedikit di bagian bawah. Tampilan wake equalizing duct dapat dilihat pada Gambar 2.7.



### 2.3 Perhitungan Kecepatan Batuk

*Droplet* merupakan percikan air liur yang Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (resistance) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus diatasi oleh gaya dorong kapal (thrust) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (propulsor). Daya yang disalurkan ( $P_D$ ) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros ( $P_S$ ), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem ( $P_B$ ) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Sehingga untuk gaya dorong kapal dapat ditulis seperti model persamaan, sebagai berikut:  
 $W = 0,5 C - 0,05$

$$V_a = V_s(1 - w)$$

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

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

$$J = \frac{Va}{nD}$$

Efisiensi Propeller adalah rasio antara daya dorong ( $P_T$ ) dengan daya yang disalurkan ( $P_D$ ). Efisiensi ini merupakan power conversion, dan perbedaan nilai yang terjadi adalah terletak pada dimana pengukuran Torsi Propeller (Propeller Torque) tersebut yang dilakukan pada saat kondisi open water test. Persamaan ini menunjukkan kondisi dari efisiensi baling baling, sebagai berikut:

$$\eta_o = \frac{K_T J}{K_Q 2\pi}$$

Thrust dan torque dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T_{prop} = K_T \rho n^2 D^4$$

$$Q_{prop} = K_Q \rho n^2 D^5$$

### 2.4 Computational Fluid Dynamics

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas. Aplikasi dari CFD untuk penyelesaian masalah aliran pada propeller telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perancangan. Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- Pre-Processor
- Solver Manager
- Post-Processor

### 2.5 SALOME

SALOME merupakan software yang menyediakan platform umum untuk 3D dan 2D modelling. SALOME dipilih dikarenakan bersifat gratis dan mudah diakses. Selain itu, simulasi numerik besar seperti dalam studi multi-fisika atau para metrik dapat ditangani dengan menggunakan SALOME[14].

### 2.6 OpenFOAM

OpenFOAM adalah software CFD gratis yang dikembangkan oleh OpenCFD Ltd sejak tahun 2004. Sebagian besar pengguna OpenFOAM berbasis pada bidang teknik dan sains, baik dari organisasi komersial maupun akademis. OpenFOAM dapat menyelesaikan berbagai permasalahan seperti turbulensi dan perpindahan panas, fluida kompleks yang melibatkan reaksi kimia, hingga akustik, mekanika padat, dan elektromagnetik. OpenFOAM pada dasarnya digunakan sebagai media penyelesaian (*solving*) dalam CFD.

### 2.7 ParaView

ParaView digunakan pada tahap *postprocessing* dalam analisa CFD. ParaView adalah aplikasi visualisasi dan analisis data *multi-platform open-source*. Dengan menggunakan software ParaView *visualisadi* untuk keperluan analisis data dengan menggunakan teknik kuantitatif dan kualitatif dapat dilakukan. Eksplorasi data dapat dilakukan secara interaktif dalam 3D atau secara terprogram menggunakan kemampuan pemrosesan *batch* ParaView.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan Manual

Pada perencanaan ini menggunakan *single screw propeller*, sehingga:

$$\begin{aligned} W &= 0,5 C_b - 0,05 \\ &= 0,5 \times 0,7868 - 0,05 \\ &= 0,3434 \\ V_a &= (1-w) V_s \\ &= 4,053 \text{ m/s} \end{aligned}$$

P/D	0,6	0,63	0,7
K <sub>T</sub>	0,1172	0,1313	0,1641

### 3.2 Hasil Perhitungan Validasi Propeller

Perhitungan *error* nilai *thrust* dan *torque* propeller B-series dirumuskan sebagai berikut:

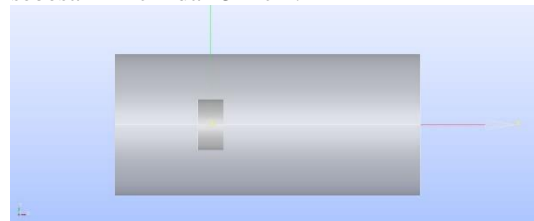
$$\text{Error (\%)} = \frac{T_{\text{simulasi}} - T_{\text{perhitungan}}}{T_{\text{perhitungan}}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan terdapat pada tabel 4.4

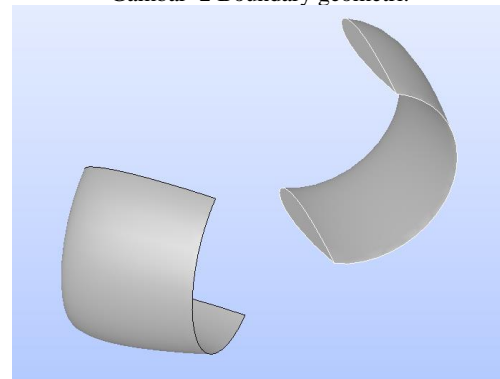
	K <sub>T</sub>	K <sub>Q</sub>	η <sub>o</sub>
ΔX	0,1442	0,0159	0,521933072
Grafik Waginengen B-Series	0,1501	0,01602	0,521922905
%Error	3,941	3,949	0,001948019

### 3.3 Pemodelan Geometri

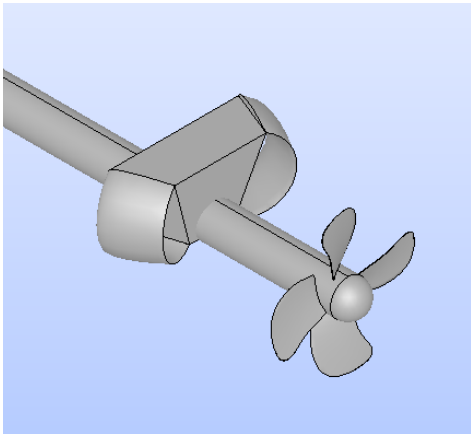
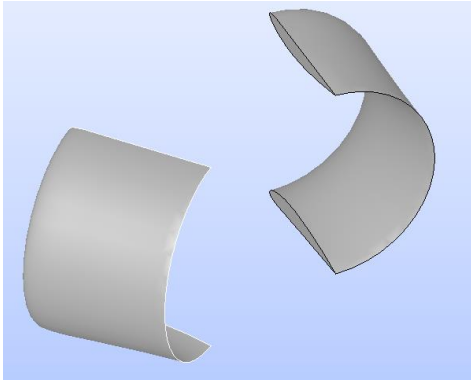
Pemodelan geometri dilakukan dengan menggunakan software SALOME. Dilakukan dua variasi pemodelan geomtri yaitu dengan menggunakan manekin dan tanpa mengugnakan manekin, pemodelan dilakukan dengan menggunakan diameter *suction* dan *blow nozzle* sebesar 2 inchi dan 5 inchi.



Gambar 2 Boundary geometri.

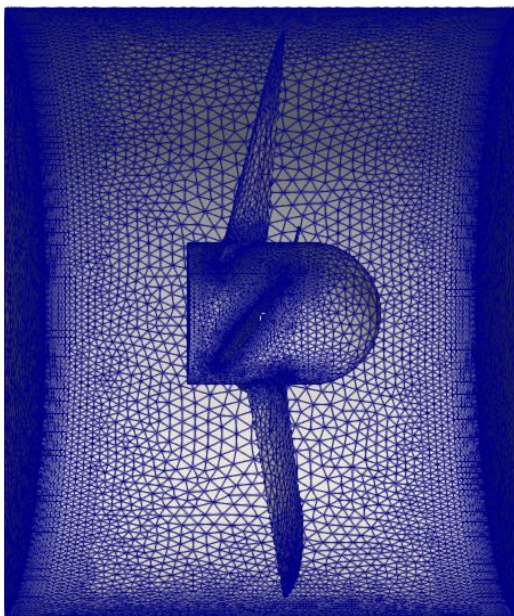


Gambar 3 Boundary geometry dimension.

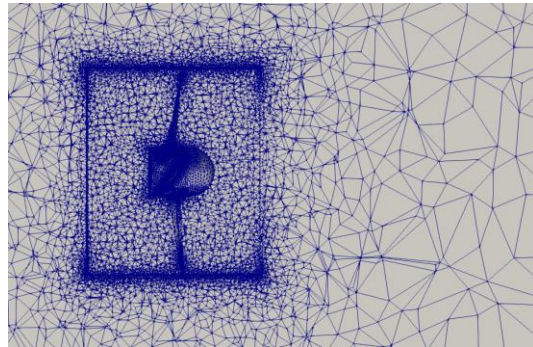


### 3.4 Meshing

Setelah domain terbentuk tahap selanjutnya yaitu tahap meshing menggunakan software Pointwise. Langkah pertama pada tahap meshing yaitu meshing surface. Untuk set-up yang digunakan pada tahap meshing surface yaitu input nilai minimum edge length dan maximum edge length. Jumlah cell yang dihasilkan dari proses surface mesh yaitu sebanyak 366.492. Hasil untuk proses surface mesh ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut:



Gambar 4 Hasil Meshing *Boundary Geometry* Tanpa Manekin

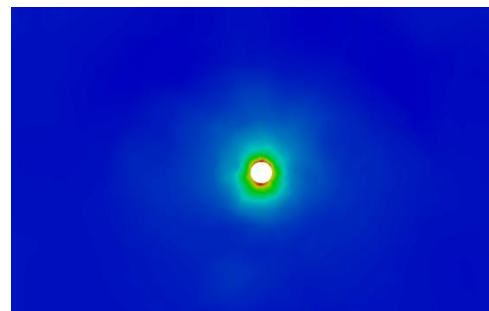


Gambar 5 Hasil *meshing boundary geometry* dengan menggunakan manekin.

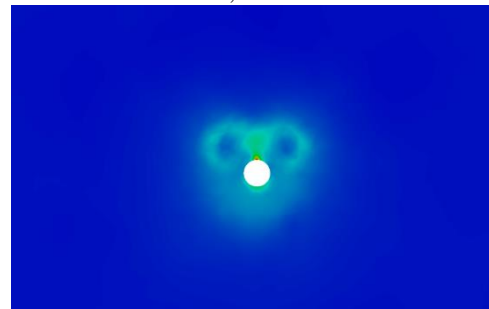
Setelah dilakukan surface mesh, langkah selanjutnya yaitu volume mesh. Proses volume mesh menghasilkan jumlah cell sebesar 2.264.198

### 3.5 Hasil Simulasi Menggunakan WED

Simulasi dilakukan setelah *meshing* dan didapatkan hasil sebagai berikut untuk U (magnitude).



$X/6,5D = -5$

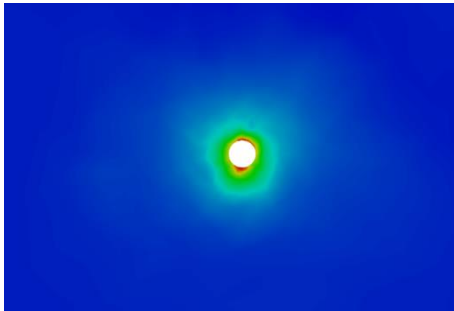


$X/6,5 = -1,5$

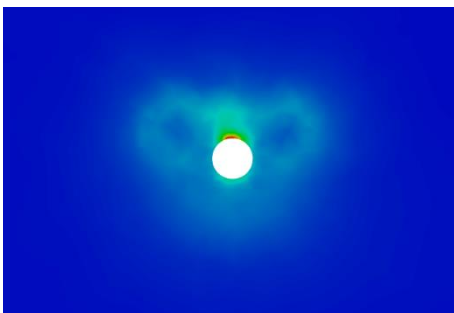
Gambar 6 Hasil simulasi tanpa manekin ratio 6.

Pada Gambar 4.13 adalah potongan  $X/6,5D = -5$  dan  $X/6,5D = -1,5$  yang menunjukkan countour kecepatan aliran pada sumbu X sebelum melewati wake equalizing duct dan setelah melewati wake equalizing duct pada profil NACA 4412. Pada gambar kecepatan aliran sebelum melewati WED dapat dilihat kalau aliran yang masuk tidak merata dengan kecepatan aliran yang tinggi, setelah melewati WED kecepatan aliran

disekitar propeller menjadi rata dan kecepatan yang menurun di belakang propeller.



X/6,5D=-5

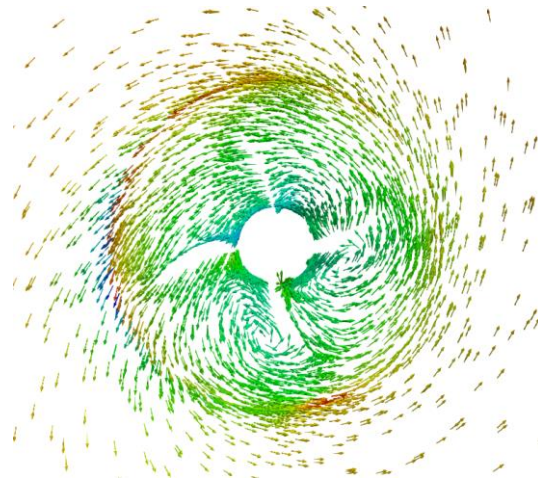


X/6,5 = -1,5

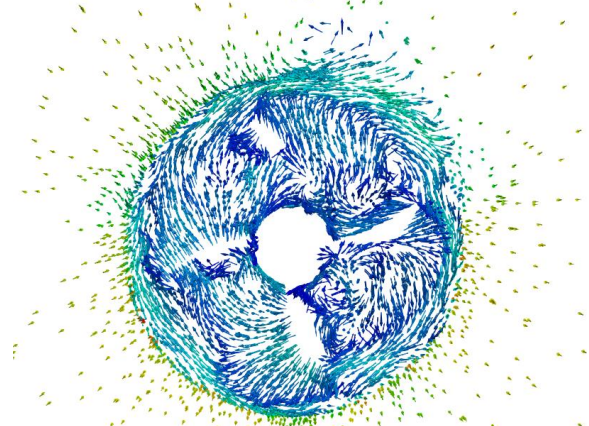
Sama seperti penjelasan sebelumnya, pada Gambar 4.14 juga berlaku demikian. Pada Gambar 4.14 adalah potongan X/6,5D = -5 dan X/6,5D = -1,5 yang menunjukkan countour kecepatan aliran pada sumbu X sebelum melewati wake equalizing duct dan setelah melewati wake equalizing duct pada profil NACA 4412. Pada gambar kecepatan aliran sebelum melewati WED dapat dilihat kalau aliran yang masuk tidak merata dengan kecepatan aliran yang tinggi, setelah melewati WED kecepatan aliran disekitar propeller menjadi rata dan kecepatan yang menurun di belakang propeller.

### 3.6 Hasil Simulasi Dengan Manekin

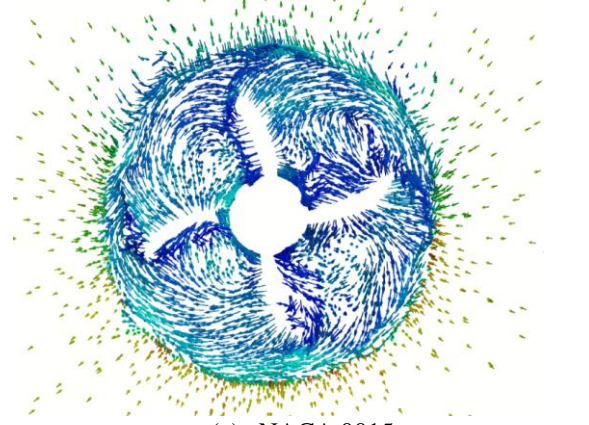
Berikut merupakan hasil simulasi dengan menggunakan manekin untuk (*vorticity*) dan ratio 6.



(a) *Exiting Design*



(b) NACA 4412



(c) NACA 0015

Gambar 7 Velocity

Pada Gambar 4.18 menunjukkan velocity hasil simulasi pada propeller. Dapat dilihat propeller tanpa menggunakan wake equalizing duct di daerah blade propeller terjadi penumpukan vortex, sedangkan kondisi propeller dengan menggunakan wake equalizing duct pada bagian yang sama tidak terjadi penumpukan vortex.

### 3.7 Pembahasan Hasil Simulasi Tanpa Manekin

Setelah dilakukan simulasi seluruh model, langkah selanjutnya yaitu rekapitulasi nilai koefisien *thrust* dan *torque* yang dihasilkan dari proses simulasi. Nilai dari hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.1 KT dan KQ

	<i>Thrust</i>	<i>Torque</i> (Nm)	$K_T$	$K_Q$
ESD 0015	0,2157 47279	0,0207 11813	0,2083 92027	0,0233 15034
ESD 4412	0,2083 92027	0,0201 78827	0,2157 47279	0,0552 00151

Dari hasil perhitungan *thrust* dan *torque* diatas dapat digunakan untuk menghitung nilai efisiensi ( $\eta_o$ ) dari setiap model simulasi menggunakan persamaan 2.7 yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.2 Efisiensi

	( $\eta_o$ )
ESD0015	0,582969201
ESD4412	0,577967726

Setelah dilakukan perhitungan koefisien *thrust*, koefisien *torque* dan efisiensi *propeller* pada semua model, selanjutnya dilakukan rekapitulasi hasil perhitungan tersebut, seperti pada Tabel 4.11

Tabel 4. 3 Perbandingan *Thrust*, *Torque* dan Efisiensi ( $\eta_o$ )

	$K_T$	$K_Q$	( $\eta_o$ )	Kenaikan (%)
<i>Exiting design</i>	0,1442	0,01539	0,521933072	
CFD				
WE D 4412	0,2083 92027	0,0251 10486	0,5779 67726	10,735 98462
WE D 0015	0,2157 47279	0,0257 46402	0,5829 69201	11,694 24442

Pada Tabel 4.11 di atas menunjukkan peningkatan nilai koefisien *thrust*, *torque*, dan efisiensi

*propeller wake equalizing duct* dibandingkan dengan *exiting design*. Peningkatan terjadi karena aliran yang menuju ke *propeller* terarah dan aliran *fluida* yang bertubrukan di sekitar putaran *propeller* berkurang dengan begitu hambatan yang ada pada *propeller* juga berkurang, oleh sebab itu efisiensi yang dihasilkan pada putaran *propeller* menjadi naik sekitar 11%.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah peneliti lakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada variasi NACA simetris 0015 didapat kenaikan nilai koefisien *thrust* *propeller* sebesar 182609,7159 N dibandingkan dengan tanpa *wake equalizing duct*. Kenaikan  $K_T$  0,215747279 sebesar hal ini dikarenakan pada saat simulasi dilakukan terjadi kenaikan kecepatan pada daerah sekitar *propeller*
2. Pada variasi NACA simetris 0015 didapat nilai *torque* sebesar 37916,62412 Nm kenaikan  $K_Q$  pada NACA simetris 0015 meningkat sebesar 0,020178827 dibandingkan dengan simulasi tanpa *wake equalizing duct*.
3. Pada variasi NACA asimetris 4412 didapat nilai koefisien *thrust* *propeller* sebesar 475427,325 N dibandingkan dengan tanpa *wake equalizing duct*. Kenaikan  $K_T$  sebesar 0,208392027 hal ini dikarenakan pada saat simulasi dilakukan terjadi kenaikan kecepatan pada daerah sekitar *propeller*
4. Pada variasi NACA simetris 0015 didapat nilai *torque* sebesar 12358,5474 Nm kenaikan  $K_Q$  pada NACA asimetris 4412 meningkat sebesar 0,020711813 dibandingkan dengan simulasi tanpa *wake equalizing duct*.
5. Dari perbandingan kedua profil NACA tersebut terjadi peningkatan efisiensi yang tegak lurus antara NACA 0015 dan NACA 4412 dengan peningkatan efisiensi masing – masing sebesar 0,582969201 dan 0,577967726 dengan prosentase kenaikan efisiensi yaitu 11%.