

# **ANALISA PENGARUH PEMASANGAN *ENERGY SAVING DEVICE (ESD)* *PROPELLER BOSS CAP FINS (PBCF)* DAN *KORT NOZZLE* PADA *PROPELLER TYPE B-SERIES* DAN *PROPELLER TYPE AU* TERHADAP GAYA DORONG *PROPELLER* DENGAN METODE *CFD***

Desto Pradika Putra, Andi Trimulyono , Eko Sasmito Hadi  
Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Email : [dpradika91@gmail.com](mailto:dpradika91@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Meningkatnya harga bahan bakar saat ini sangat signifikan. Hal ini mendorong pelaku industri perkapalan khususnya pemilik kapal (*Owner*) melakukan penghematan konsumsi bahan bakar. Pengurangan konsumsi bahan bakar bisa dilakukan dengan cara menambah instalasi alat pada *propeller* atau yang biasa disebut dengan *Energy Saving Device (ESD)* yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi propulsi. Beberapa desain ESD yang telah dikembangkan yaitu *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* dan *Ducted Propeller (Kort nozzle Propeller)* telah terbukti mampu membuat laju suatu kapal menjadi lebih optimal dan efektif, hingga meningkatkan gaya *thrust* kapal sampai beberapa persen. Dengan kedua ESD yang berbeda, disini penulis ingin menganalisa pengaruh instalasi *Energy Saving Device (ESD)* terhadap gaya dorong (*thrust*) yang di hasilkan sehingga dapat diketahui ESD dengan performa paling optimal, selain itu penulis juga ingin menganalisa perbandingan persentase gaya dorong (*thrust*) yang di hasilkan dengan kedua *propeller* yang berbeda yakni *propeller type B-Series* dan *propeller type AU* dengan bantuan paket program *Computer Aided Design (CAD)* serta *Computational fluid Dynamics (CFD)*. Dalam penganalisaan yang dilakukan menggunakan software *CFD ANSYS CFX 14.0* menunjukkan dari kedua model *propeller* yang di analisa, terjadi perubahan bentuk fluida, yang berpengaruh pula terhadap gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan. Nilai *Thrust* terbesar pada *propeller type B-Series* terjadi pada instalasi *PBCF* dikombinasikan dengan *kort nozzle* yaitu sebesar 11,50% sedangkan instalasi *PBCF* dikombinasikan dengan *kort nozzle* pada *propeller type AU* memperoleh *thrust* sebesar 41,59%.

Kata kunci : *Propeller, Energy Saving Device, Propeller Boss Cap Fins (PBCF), Ducted Propeller, CFD.*

## **1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini Indonesia telah melakukan peningkatan harga bahan bakar sangat signifikan. Hal ini mendorong semua pihak untuk dapat menjadi lebih baik hingga dampaknya juga terjadi pada pelaku industri perkapalan khususnya pemilik kapal (*Owner*) melakukan penghematan konsumsi bahan bakar.

Berbagai cara pun dilakukan untuk menghemat konsumsi bahan bakar untuk kapal. Dari berbagai macam yang dikembangkan diantaranya adalah bentuk badan kapal agar mendapatkan hambatan yang kecil, *boulbous bow*, dan sistem propulsi kapal. Salah satu yang paling

banyak dikembangkan untuk menghemat bahan bakar adalah sistem propulsi kapal.

Komponen penggerak mekanik pada kapal yang membutuhkan bahan bakar adalah *propeller*. Perkembangan desain *propeller* yang unik dengan menambah instalasi alat yang disebut *Energy Saving Device (ESD)* pada *propeller* ini akan meminimalisir energy loses yang terjadi pada *propeller*. Beberapa *Energy Saving Device (ESD)* yang telah di kembangkan yakni *propeller boss cap fins (PBCF)* dan *kort nozzle* terbukti mampu membuat laju suatu kapal menjadi lebih *optimal* dan efektif, hingga meningkatkan gaya *thrust* kapal sampai beberapa persen.

Kapal-kapal yang berlayar di Indonesia umumnya adalah *Fixed Pitch Propeller*. *Fixed Pitch Propeller* secara umum telah memenuhi ‘proporsi’ yang tepat terutama jenis rancangan dan ukurannya, baik itu untuk baling-baling perahu motor yang kecil hingga untuk kapal muatan curah hingga kapal tangki yang berukuran besar. Jenis baling-baling ini umumnya dipilih oleh pengguna kapal karena mudah untuk membuatnya.[8]

Karena *Fixed Pitch Propeller* banyak digunakan pada *propeller*, banyak peneliti melakukan penelitian agar nilai efisiensi dari *propeller* meningkat, salah satunya adalah pemasangan *Energy Saving Device* Pada *Propeller*. Pemilahan pemasangan *Energy Saving Device* dilakukan karena tidak merubah rancangan *Propeller* secara umum.

Dalam penelitian ini *Energy Saving Device* yang di gunakan ialah *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* dan *Kort Nozzle*. Kedua *Energy Saving Device* ini dipasangkan dan divariasikan instalasinya ke kedua *type propeller* yaitu pada *propeller type B-Series* dan *propeller type Au*, dan selanjutnya aliran fluida yang terjadi pada kedua *type propeller* tersebut akan dianalisa menggunakan metode *CFD (Computational Fluid Dynamics)*.

### 1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apa pengaruh pemasangan *Energy Saving Device* berupa *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* dan *Kort Nozzle* pada *propeller type B-Series* dan *propeller type AU* terhadap nilai gaya dorong yang dihasilkan dibandingkan dengan *propeller konvensional*?
2. Dari variasi model instalasi yang dibuat, kombinasi pengaruh penambahan *PBCF* dan *Kort Nozzle* pada *propeller* jenis *B-Series* dan *propeller type AU* seperti apa yang memiliki gaya dorong (thrust) paling tinggi ?
3. Bagaimana perbandingan presentase kenaikan gaya dorong (thrust) antara *propeller* jenis *B-Series* dan *propeller type*

*Au* dengan pemasangan kedua *ESD* tersebut?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

1. *Propeller* yang digunakan adalah *type B3*

50 Diameter	1300
[mm]	
<i>Pitch</i>	930
[mm]	
<i>Expanded Area Ratio</i>	0.50
<i>Number of Blades</i>	3
<i>Blade Section</i>	<i>B-Series</i>
Kecepatan putaran	350rpm
2. Asumsi aliran di depan *propeller steady-uniform*.
3. Analisa pada keadaan *open water*.
4. Kondisi *propeller* akan dianalisa pada keadaan statis sesuai dengan putaran yang dikehendaki.
5. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida di belakang *propeller*.
6. Analisis yang dilakukan dengan mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari lambung.
7. Analisis biaya tidak diperhitungkan
8. *PBCF* yang di gunakan tipe konfigurasi C
9. Variasi Instalasi menggunakan *Kort Nozzle Model B* tipe *Shushkin Nozzle*.
10. Variasi yang di lakukan ada 8:
  - a. *Propeller type B-Series* tanpa instalasi *ESD (Energy Saving Device)*
  - b. *Propeller type B-Series* dengan instalasi *PBCF*
  - c. *Propeller type B-Series* dengan instalasi *Kort Nozzle*
  - d. *Propeller type B-Series* dengan instalasi *PBCF dan Kort Nozzle*
  - e. *Propeller type AU* tanpa instalasi *ESD (Energy Saving Device)*
  - f. *Propeller type AU* dengan instalasi *PBCF*
  - g. *Propeller type AU* dengan instalasi *Kort Nozzle*

- h. *Propeller type AU* dengan instalasi *PBCF dan Kort Nozzle*
11. Tidak ada pengujian *towing tank*

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemasangan *Energy Saving Device* berupa *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* dan *Kort Nozzle* pada *propeller type B-Series* dan *Propeller type AU* terhadap nilai gaya dorong yang dihasilkan dibandingkan dengan propeller konvensional
2. Mendapatkan nilai thrust paling tinggi dari variasi / kombinasi model instalasi yang dibuat pada *propeller type B-Series* dan *Propeller type AU*.
3. Mengetahui perbandingan presentase kenaikan gaya dorong (thrust) yang lebih signifikan antara *propeller* jenis *B-Series* dan *propeller type Au* dengan pemasangan kedua ESD tersebut.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Propeller (baling-baling) kapal

Propulsor (Alat Gerak Kapal) adalah alat yang dapat digunakan untuk memindahkan atau menggerakkan kapal dari satu tempat ke tempat lainnya. Alat gerak kapal ini, kemudian dibedakan menjadi dua. Yaitu alat gerak mekanik dan non mekanik. Alat gerak non mekanik biasanya digunakan pada kapal-kapal konvensional, sedangkan pada kapal-kapal sekarang, banyak yang menggunakan alat gerak mekanik dalam kapal adalah *propeller*. [8]

### 2.2 Hidrodinamika propeller

Dalam membuat bentuk dasar propeller dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan Hidrofoil dimana menghasilkan suatu lift yang lebih besar dibandingkan dengan drag-nya. Pergerakan dari hidrofoil ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika. Hidrodinamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil

terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas airfoil melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan.

Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih pelan bila dibandingkan bagian atas hidrofoil. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena lift atau gaya angkat itu. [4]

### 2.3 Karakteristik Baling-baling Kapal

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi open water test adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram KT – KQ – J. Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat digeneralised untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. [2,5]

Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut:

$$K_T = \frac{T_{Pr op}}{\rho \times n^2 \times D^4}$$

$$K_Q = \frac{Q_{Pr op}}{\rho \times n^2 \times D^5}$$

$$J = \frac{V_A}{n \times D} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- $K_T$  = Koefisien gaya dorong baling-baling
- $K_Q$  = Koefisien Torsi Baling-baling
- J = Koefisien Advanced Baling-baling
- $V_A$  = Kecepatan air masuk yang melewati *propeller*
- D = Diameter *propeller*

$T_{Prop}$  = Gaya Dorong (*Thrust*) Baling-baling  
 Untuk nilai efisiensi *propeller* pada *open water* diberikan rumus:

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

.....(4)

Dimana :

$\eta_o$  = Effisiensi baling-baling pada open water

### 2.4 Gaya Dorong (*Thrust*) Propeller

*Thrust* disini yang dimaksud adalah gaya dorong yang dihasilkan oleh *propeller* pada kecepatan tertentu dalam satuan *newton*. Dalam kapal pesiar perhitungan *thrust* tidak begitu penting, kecuali dibutuhkan *propeller* yang mempunyai nilai efisiensi yang baik. Sebuah kapal dengan nilai *thrust* yang baik dapat membuat sebuah kapal berjalan lebih baik dalam segi kecepatan jika dibandingkan dengan nilai *thrust* yang buruk dalam kondisi nilai *horse power* dan *rpm* yang sama.[2]

Gaya dorong dari *propeller* dapat dicari dengan rumus :

$$T = K_T \times \rho \times n^2 \times D^4$$

.....(5)

Dimana :

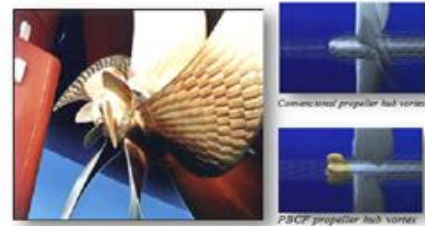
- $K_T$  = Koefisien gaya dorong baling-baling
- $D$  = Diameter *propeller*, (ft)
- $n$  = Putaran *propeller*, (rev/s)
- $T$  = Gaya Dorong (*Thrust*) *Propeller*, (lbf)
- $\rho$  = Massa jenis fluida, (1,99905 S<sup>2</sup>/ft<sup>4</sup>)

### 2.5 Propeller Boss Cap Fins (PBCF)

*Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) merupakan sirip kecil yang dipasang pada *propeller hub*, yang bertujuan untuk mengebalikan rotational energy yang hilang, dan mengurangi *cavitasasi*. Konsep ini telah ditemukan oleh Mitsui OSK Lines Ltd.

PBCF sekarang dikenal sebagai salah satu perangkat penghematan yang paling sukses dikapal. PBCF telah menghemat *energy* pada lebih

dari 2000 kapal di seluruh dunia. Meningkatkan efisiensi *propeller* dengan memanfaatkan kembali *energy* dari *hub vortex*, yang merupakan efek dari pemasangan *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF).

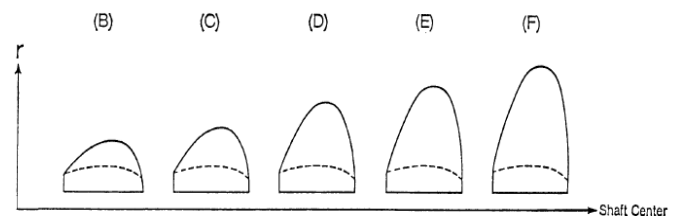


Gambar 2. Konsep PBCF Mitsui O.S.K.

*Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) memulihkan energi yang hilang yang diakibatkan *hub vortex*. PBCF sangat mudah dipasang untuk kapal-kapal baru ataupun kapal-kapal lama tanpa mengubah sedikitpun bagian dari kapal.[9]

PBCF dapat didesain untuk dipasang pada segala ukuran dan tipe kapal, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jumlah *fin* atau sirip harus sama dengan jumlah daun baling-baling.
2. Perbedaan fase pada *cross-section* dari pangkal daun *propeller* dengan sirip antara 20°- 30°.
3. Diameter *fin*/sirip tidak lebih 33% dari diameter *propeller*.
4. *Leading edge* dari *fin* terletak dekat antara dua pangkal daun *propeller*.



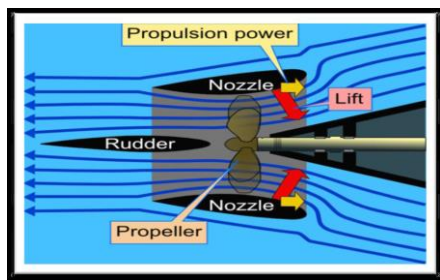
Gambar 3. Konfigurasi Fins

### 2.6 Kort Nozzle

Beban gaya dorong dapat diubah dengan jalan memasang foil udara mengelilingi baling – baling yang diselubungi atau unit baling – baling di dalam tabung (*nozzle*). Unit ini juga disebut sebagai tabung Kort.

Cara kerja *Kort Nozzle* adalah pada bentuk *foil* yang *aerofoil* berfungsi meningkatkan dan memusatkan aliran air yang mengalir menuju

*propeller* sehingga memaksimalkan air yang dihisap *propeller*. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan kerja *propeller* sehingga gaya dorong yang dihasilkan juga maksimal.



Gambar 4. Skema Asas Kerja Baling – baling Dalam Tabung

Asas kerja baling – baling yang diselubungi mirip dengan asas kerja pompa aksial. Dinding tersebut akan menurunkan kekuatan pusaran ikut pada ujung daun, dan bahkan akan dapat menghilangkan pusaran tersebut jika sela antara ujung daun dengan dinding tabung cukup kecil. Karena itu untuk mendapatkan efisiensi setinggi mungkin maka sela antara ujung daun dengan dinding tabung harus dibuat sekecil mungkin, sekitar 0,001 diameter propeller.[7]

## 2.7 Computational Fluid Dynamic (CFD)

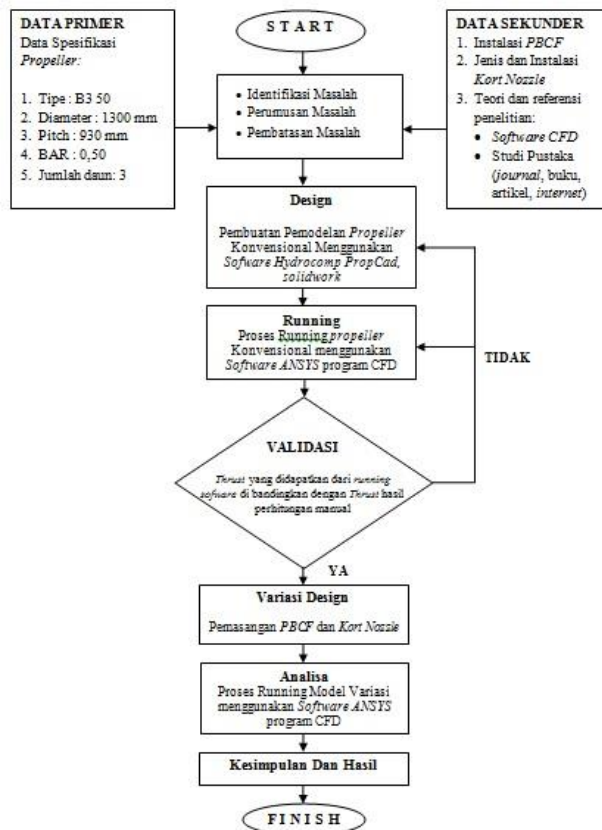
CFD adalah metode perhitungan, memprediksi dan pendekatan aliran fluida secara numerik dengan bantuan komputer. Aliran fluida dalam kehidupan nyata memiliki banyak sekali jenis dan karakteristik tertentu yang begitu kompleks, CFD melakukan pendekatan dengan metode numerisasi serta menggunakan persamaan-persamaan fluida.[1]

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

1. Pre Processor
2. Solver / Processor
3. Post Processor

## 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipakai untuk penyelesaian tugas akhir ini secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah dengan tahapan-tahapan seperti berikut :



Gambar 5. Flow Chart metodologi penelitian

## 4 Penghitungan dan Analisa Data

### 4.1 Pengolahan Data

#### 4.1.1 Pemodelan CAD khusus Propeller

Data ukuran utama propeller digunakan sebagai input pada software CAD khusus *propeller* kemudian menghasilkan model *propeller*.

*Propeller* yang digunakan adalah type B3

50

Diameter 1300  
[mm]

Pitch 930  
[mm]

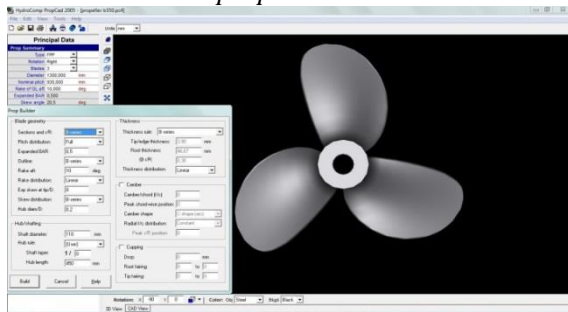
Expanded Area Ratio 0.50

Number of Blades 3

Blade Section B-Series

Kecepatan putaran 350rpm

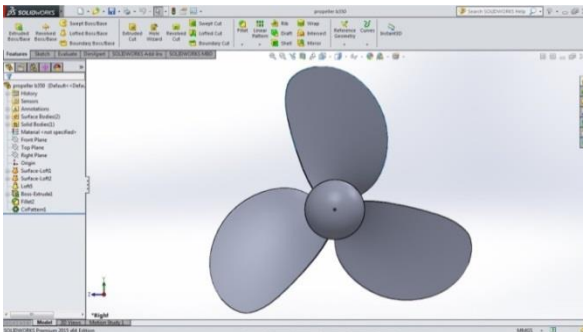
Berikut ini adalah hasil permodelan propeller pada software CAD khusus *propeller*.



Gambar 6. Hasil Permodelan *Propeller* dengan CAD khusus *Propeller*

#### 4.1.2 Pemodelan Menggunakan CAD 3D

Pembuatan model *Propeller* Menggunakan software CAD 3D dimana hasil koordinat 3D dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya pada software CAD khusus *propeller*, kemudian digambar ulang dengan menggunakan software ini pada Gambar 4.2 Berikut ini adalah hasil visualisasi desain geometri pada software CAD 3D.

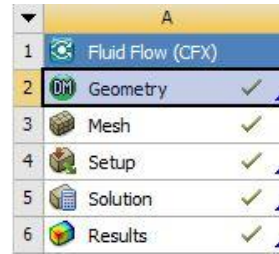


Gambar 7. Hasil Penggambaran CAD 3D

#### 4.2 Simulasi Computational Fluid Dynamic

Langkah simulasi numerik dengan software yang berbasis *Computational Fluid Dynamic*. Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

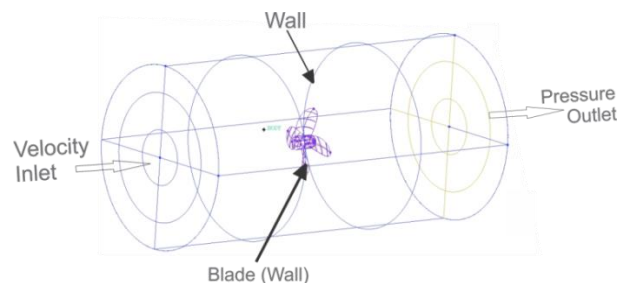
- a. *Geometry*
  - b. *Mesh*
  - c. *Setup*
  - d. *Solution* → *Solver / Processor*
  - e. *Result* → *Post Processor*
- } *Pre Processor*



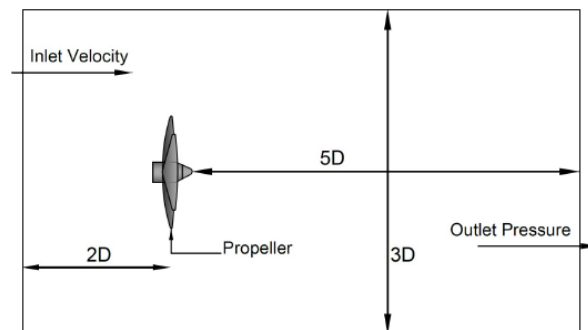
Gambar 8. Tampilan tahapan pada *CFD*

#### 4.2.1 Pre Processor

*Propeller* yang telah dibuat dengan menggunakan software CAD 3D kemudian di import menggunakan software CFD dan selanjutnya dibuat domain fluida atau *boundary building*. Domain fluida yang dibuat berbentuk tabung. Besar ukuran dari domain fluida disesuaikan dengan ukuran model yang dibuat (Gambar 10.). Dan setiap bagian-bagian dari domain fluida didefinisikan untuk kondisi-kondisi batas (*inlet*, *outlet*, *wall* dan model) yang akan diterapkan nantinya. *Inlet* merupakan tempat aliran fluida masuk. Sedangkan *outlet* merupakan tempat aliran fluida tersebut keluar. *wall* adalah batasan sisi kanan dan kiri atas bawah domain fluida.

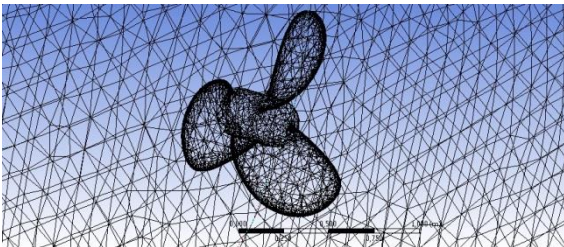


Gambar 9. *Boundary building* untuk model *propeller*



Gambar 10. Ukuran *Boundary building* yang dibuat

Setelah domain fluida terbentuk langkah selanjutnya adalah melakukan *meshing* pada model. Untuk itu lebih dahulu menentukan ukuran element yang akan kita gunakan. Namun perlu diingat bahwa semakin kecil elemen yang dibuat, maka jumlah element yang terbentuk semakin banyak sehingga waktu *running* akan semakin lama dan menghasilkan kapasitas file yang besar.



Gambar 11. *Meshing* model *propeller*

Setelah melakukan *meshing* tahapan selanjutnya adalah *Setup*. *Setup* merupakan tahapan yang berisi tentang penentuan hal – hal yang berkaitan dengan simulasi. Pada tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, antara lain default domain, solver, pembuatan expression, dan lain-lain.

Langkah awal yang harus di lakukan yaitu dengan menentukan pengaturan dasar yaitu *Domain Motion* dengan *Option Rotating* pada tabel di bawah ini.

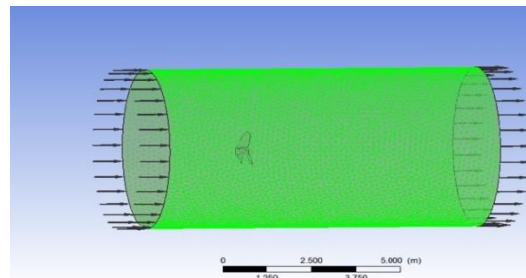
Berikut adalah setup Domain Physics CFX:

Table 1. Domain Physics

Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B45
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating

Angular Velocity	[rev min <sup>-1</sup> ]
Axis Definition	Coordinate Axis
Rotation Axis	Coord 0.1
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Isothermal
Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable

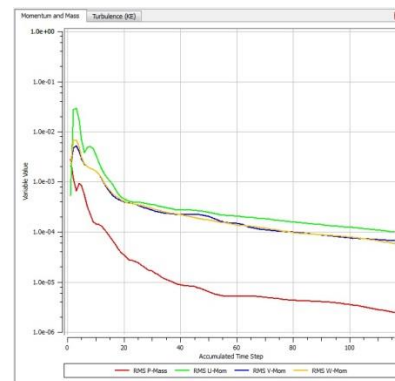
Disini juga ditentukan *solver control* simulasi. *Solver control* yang dipilih yaitu 0,0004. Sebagai nilai konvergensi untuk melihat tingkat error. Angka tersebut dipilih karena semakin kecil tingkat error, semakin bagus pula kualitas hasil simulasi.



Gambar 12. Domain pada setup

#### 4.2.2 Solver / Processor

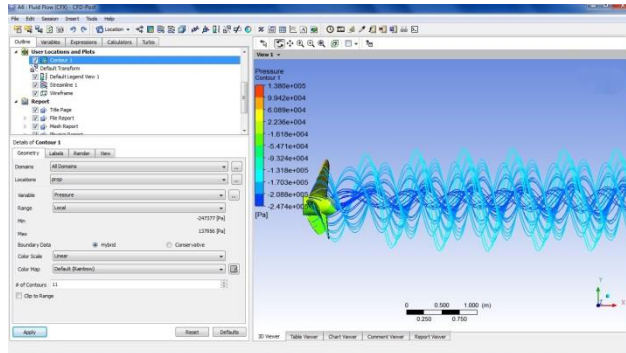
Setelah tahap *pre-processor* selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah *Solver/Processor*. Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa iterasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.



Gambar 13. Grafik Iterasi *Convergence*

### 4.2.3 Post Processor

Setelah proses *running* atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap *post processor*. Seperti gambar di bawah ini.



Gambar 14. Result

### 4.3 Validasi

#### 4.3.1 Perhitungan Thrust Propeller dengan CFD

Perhitungan thrust (force) pada Propeller dengan metode CFD pada post processor (hasil running) diambil dari tahap *results* yaitu pada *function calculator*, *function* yang di inginkan yaitu *force*. *Location* merupakan pemilihan area yang ingin di ketahui nilainya. Kemudian dari data tersebut kita olah sehingga menjadi data yang matang.

Hasil Thrust (T) CFD= 11,0613 KN

#### 4.3.2 Perhitungan Matematis Wageningen untuk Thrust Propeller

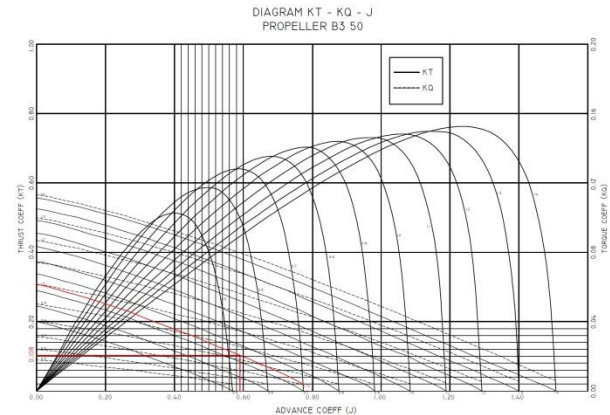
Menghitung Thrust pada Propeller B3 50 Series sebagai berikut :

Diketahui B3 50 Series :

- Diameter : 1,3 m = 4,26504 ft
- Putaran : 350 rpm = 5,83 rps
- P/D : 0,72

$$J = \frac{Va}{nxD} \quad J = \frac{14,697984}{(5,83 \times 4,26504)} = 0,59$$

Nilai KT = 0,108 di dapatkan pada grafik di bawah ini



Gambar 15. Diagram KT – KQ – J Propeller B3 50

$$T = KT \times \rho n^2 D^4$$

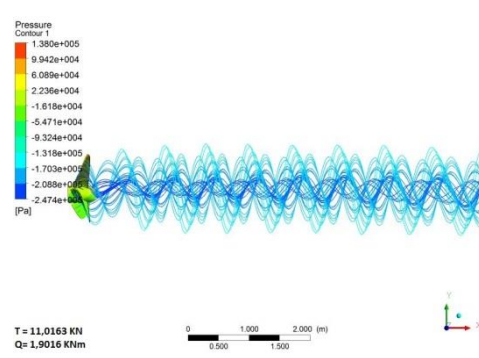
$$T = 0,108 \times 1,99905 \times (5,83)^2 \times (4,26504)^4 = 2428,158 \text{ lbf} = 10800,99 \text{ N} = 10,801 \text{ KN}$$

Maka dapat disimpulkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Perbandingan Thrust hasil perhitungan Wageningen dengan hasil simulasi CFD

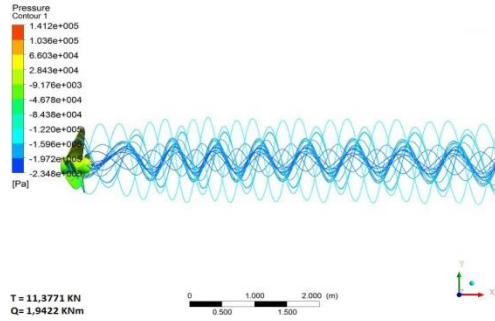
Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil simulasi CFD (KN)	Hasil Perhitungan Matematis Wageningen (KN)	Erorr (%)
350	11,0163	10,801	1,9

### 4.4 Analisa Data

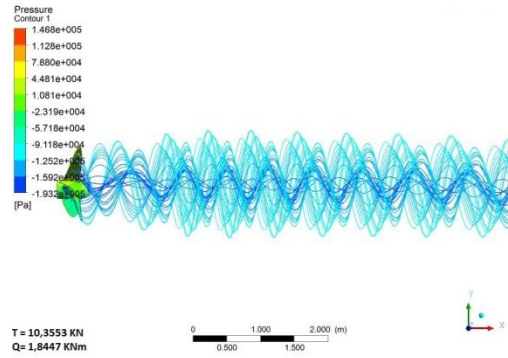


Gambar 16. Streamline velocity pada propeller B konvensional [10]

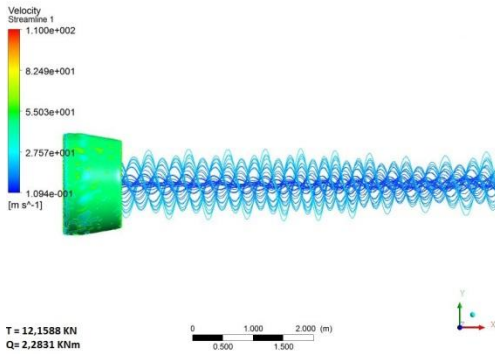




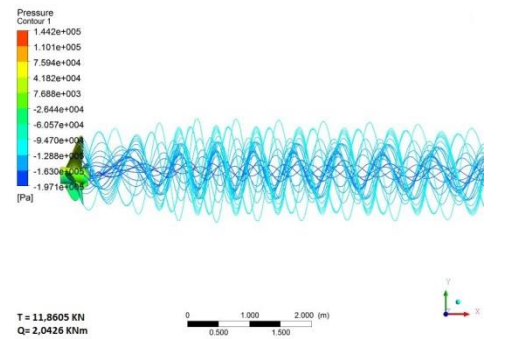
Gambar 17. *Streamline velocity* pada *propeller B* dengan instalasi *PBCF* [10]



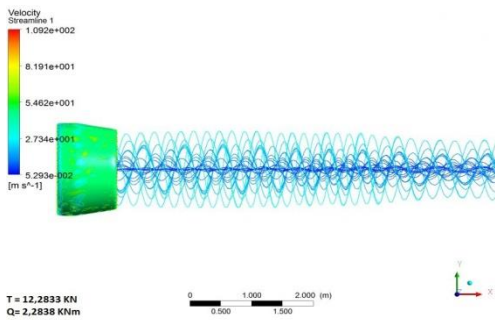
Gambar 20. *Streamline velocity* pada *propeller AU* konvensional [10]



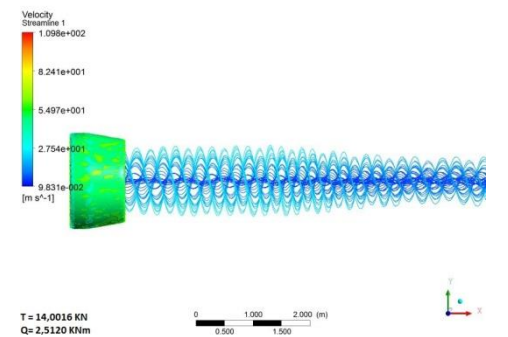
Gambar 18. *Streamline velocity* pada *propeller B* dengan instalasi *Kort Nozzle* [10]



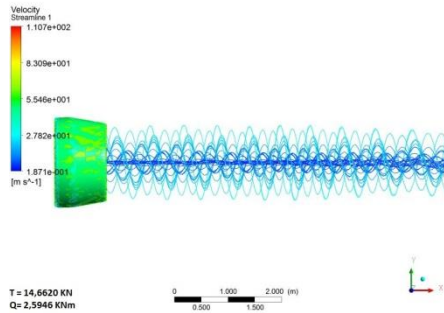
Gambar 21. *Streamline velocity* pada *propeller AU* dengan instalasi *PBCF* [10]



Gambar 19. *Streamline velocity* pada *propeller B* dengan instalasi *PBCF* dan *Kort Nozzle* [10]



Gambar 22. *Streamline velocity* pada *propeller AU* dengan instalasi *Kort Nozzle* [10]



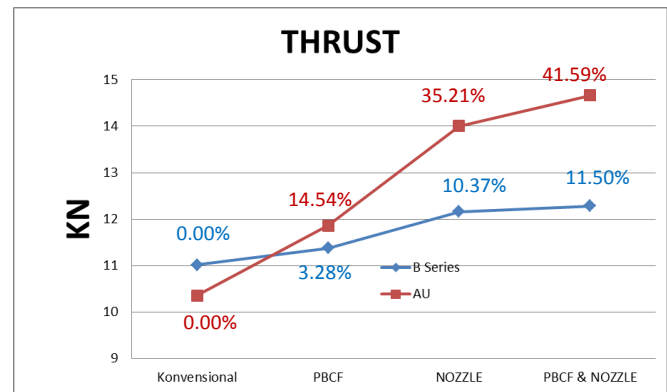
Gambar 23. *Streamline velocity* pada *propeller AU* dengan instalasi *PBCF* dan *Kort Nozzle* [10]

Dari hasil running simulasi aliran fluida pada Gambar 16. sampai dengan gambar 23. menunjukkan fenomena berikut ini:

1. Bentuk aliran fluida mengikuti arah putaran propeller, dengan distribusi kecepatan semakin besar dalam arah radial.
2. Distribusi tekanan yang dominan bekerja pada back-blade side lebih besar daripada face-blade side.
3. Dari gambar *streamline velocity* pada *propeller* konvensional pusaran aliran yang di bentuk oleh *bosspropeller (hub vortex)* merata, berbeda dengan propeller dengan instalasi *PBCF* yang justru melemahkan / meminimalisir *hub vortex* yang kemudian aliran tersebut dikembalikan menuju daun *propeller* lagi, dan aliran yang dikembalikan oleh *PBCF* tersebut akan menambah gaya dorong yang dihasilkan.
4. Pada instalasi *Propeller* dengan *Kort nozzle*, daun *propeller* di belakang menghasilkan tekanan daerah tinggi dan daerah tekanan rendah di depan dan perbedaan tekanan inilah yang memberikan kekuatan menggerakkan kapal. Dengan adanya tabung kort dengan bentuk *foil* berfungsi meningkatkan dan memusatkan aliran air yang mengalir menuju *propeller* sehingga memaksimalkan air yang dihisap *propeller*. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan kerja *propeller* sehingga gaya dorong yang dihasilkan juga maksimal.

#### 4.5 Pembahasan

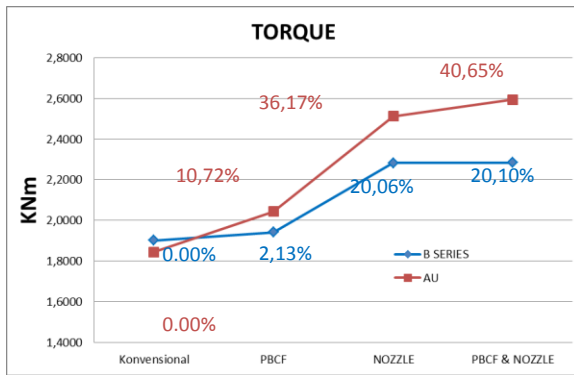
Dari hasil analisa diatas maka dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 24. Grafik presentase perbandingan *Thrust propeller B Series* dengan *propeller AU* [10]

Dari Grafik perbandingan *Thrust Propeller B Series* dengan *Propeller AU* dapat di simpulkan bahwa:

1. Nilai *thrust* pada *propeller B* konvensional (11,0163 KN) lebih besar dibandingkan propeller AU konvensional (10,3553 KN).
2. Nilai *thrust* pada *propeller B* dengan instalasi *PBCF* (11,3771 KN), dan propeller B dengan instalasi *Nozzle* (12,1588 KN) dan propeller B dengan instalasi *PBCF & Nozzle* (12,2833 KN) lebih kecil dibandingkan *propeller AU* dengan instalasi *PBCF* (11,8605 KN) *Propeller AU* dengan instalasi *Nozzle* (14,0016 KN) dan AU dengan instalasi *PBCF & Nozzle* yang sebesar (14,6620 KN).
3. Presentase kenaikan gaya dorong (*thrust*) dengan pemasangan ESD pada *propeller AU* lebih signifikan (0,00%, 14,54%, 35,24% dan 41,59%), dibandingkan dengan *propeller B* yang hanya (0,00%, 3,28%, 10,32% dan 11,50%).



Gambar 25. Grafik presentase perbandingan Torque propeller B Series dengan propeller AU [10]

Dari Grafik perbandingan Torque Propeller B Series dengan Propeller AU dapat di simpulkan bahwa:

1. Nilai torque terendah pada propeller B terjadi pada Propeller B tanpa instalasi ESD yaitu sebesar 1,9016 KNm.
2. Nilai torque terendah pada propeller AU terjadi pada Propeller AU tanpa instalasi ESD yaitu sebesar 1,8447 KNm.

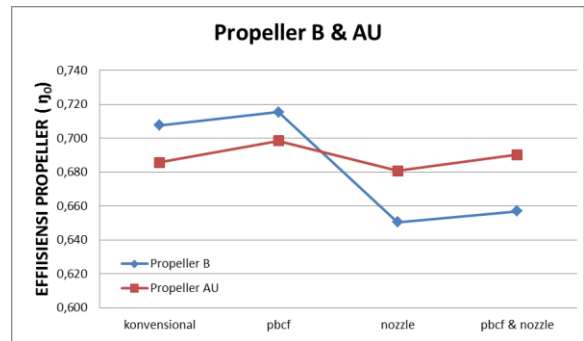
Nilai Effisiensi propeller ( $\eta_0$ ) :

Tabel 3. Nilai Effisiensi propeller type B-Series

Propeller Type B3 50			
Propeller dan Instalasinya	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Effisiensi Propeller( $\eta_0$ )
B Konvensional	11,0163	1,9016	0,708
PBCF	11,3771	1,9422	0,715
Kort Nozzle	12,1588	2,2831	0,650
PBCF dan Kort Nozzle	12,2833	2,2838	0,657

Tabel 4. Nilai Effisiensi propeller type AU

Propeller Type AU			
Propeller dan Instalasinya	Thrust (KN)	Torque (KNm)	Effisiensi Propeller( $\eta_0$ )
AU Konvensional	10,3553	1,8447	0,686
PBCF	11,8605	2,0426	0,698
Kort Nozzle	14,0016	2,5120	0,681
PBCF dan Kort Nozzle	14,6620	2,5946	0,690



Gambar 26. Grafik perbandingan nilai effisiensi propeller type B dan AU [10]

Dari Tabel dan grafik di atas dapat di simpulkan bahwa:

1. Nilai Effisiensi Propeller ( $\eta_0$ ) pada Propeller type B terjadi kenaikan hanya pada propeller dengan instalasi PBCF yaitu sebesar 0,715 atau 71,5 % dan terjadi penurunan dengan instalasi Kort Nozzle dan PBCF & Kort Nozzle, nilai Effisiensi terendah terjadi pada propeller dengan instalasi Kort Nozzle yaitu sebesar 0,65 atau 65%.
2. Sedangkan Nilai Effisiensi Propeller ( $\eta_0$ ) pada Propeller type Au terjadi kenaikan hanya pada propeller dengan instalasi PBCF yaitu sebesar 0,698 atau 69,8% dan terjadi penurunan dengan instalasi Kort Nozzle dan PBCF & Kort Nozzle, nilai Effisiensi terendah terjadi pada propeller dengan instalasi Kort Nozzle yaitu sebesar 0,681 atau 68,1%.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh pemakaian Energy Saving Device (ESD), yaitu propeller dengan instalasi PBCF dapat membuat gaya dorong meningkat sekitar 14,54% (pada *propeller AU*) dan 3,28% (pada *propeller B Series*). Propeller dengan Instalasi PBCF mampu menyelaraskan aliran searah dengan arah aliran pada daun sehingga melemahkan/meminimalisir *hub vortex*. Sedangkan Propeller dengan instalasi Kort Nozzle meningkatkan gaya dorong sebesar 35,21% (pada *propeller AU*) dan 10,37% (pada *propeller B Series*). Propeller dengan instalasi Kort Nozzle menghasilkan tekanan daerah tinggi di belakang daun dan daerah tekanan rendah di depan dan perbedaan tekanan inilah yang meningkatkan gaya dorong propeller.
2. Dari kedua pemasangan Energy Saving Device (ESD), terlihat nilai *Thrust* tertinggi terjadi pada propeller dengan penambahan instalasi Kort Nozzle yakni 14,0016 KN atau terjadi peningkatan sebesar 35,21% (pada *propeller AU*), dan 12,1588 KN atau terjadi peningkatan sebesar 10,37% (pada *propeller B Series*). Sedangkan gabungan kedua ESD (PBCF dan Kort Nozzle menghasilkan *thrust* 14,662 KN atau terjadi peningkatan sebesar 41,59% (pada *propeller AU*), dan 12,2833 KN atau terjadi peningkatan sebesar 11,50% (pada *propeller B Series*).
3. Presentase kenaikan gaya dorong (*thrust*) dengan pemasangan ESD pada *propeller AU* lebih signifikan (0,00%, 14,54%, 35,21% dan 41,59%), dibandingkan dengan *propeller B* yang hanya (0,00%, 3,28%, 10,37% dan 11,50%).
4. Berdasarkan hasil analisa yang di dapatkan, maka dapat disimpulkan propeller dengan instalasi ESD terbaik yaitu terjadi pada

propeller dengan instalasi PBCF karena disamping menghasilkan gaya dorong/*thrust* ( $T$ ) yang tinggi menghasilkan pula efisiensi propulsi tertinggi, dibandingkan dengan propeller konvensional walaupun efisiensi propulsi cukup tinggi akan tetapi *thrust* ( $T$ ) terendah, dan jika dibandingkan dengan propeller dengan instalasi kort nozzle menghasilkan *thrust* ( $T$ ) yang begitu besar/tinggi yang otomatis membutuhkan torque ( $Q$ ) yang besar juga yang akhirnya mengakibatkan efisiensi propulsinya rendah, dan untuk propeller dengan gabungan keduanya (PBCF dan Kort Nozzle) menghasilkan *thrust* ( $T$ ) tertinggi dan efisiensi propulsinya rendah juga sama halnya dengan propeller dengan instalasi Kort Nozzle.

## Daftar Pustaka

- [1] Abidin, Zaenal, 2015. “Komparasi Desain Dan Analisa Underwater Thruster Pada Remotely Operated Vehicle (ROV) Dengan metode CFD”. Tugas Akhir,UNDIP. Semarang.
- [2] Bernitsas, M.M., Ray D., Kinley P.,1981. “KT, KQ and Efficiency Curves For the Wageningen B-Series Propellers”.The University Of Michigan. Michigan.
- [3] G. Kuiper, 1992. “The Wageningen Propeller series”. Hamburg.
- [4] Huda, Nurul, 2013. “Analisa Pengaruh Penggunaan Energy Saving Device Pada Propeller Dengan Metode CFD”. Tugas Akhir,UNDIP. Semarang.
- [5] Harvald,1983. “Resistance and Propulsion of Ship”,A Wiley-Interscience Publication. New York.
- [6] Luthfi, Muhammad, 2014, “Analisa Pengaruh Pemasangan Propeller Boss Cap Fins Terhadap Gaya Dorong Propeller Dengan Metode CFD”. Tugas Akhir,UNDIP. Semarang.
- [7] Lewis, E.V., 1989. “Principles of naval architecture. Edition: 2nd revision” Society of Naval Architects and Marine Engineers,Vol. 2.Jersey City, NJ.

- [8] Manik, Parlindungan. ST, MT.2008. "*Buku Ajar Propulsi Kapal*".Jurusan Teknik Perkapalan. UNDIP.Semarang.
- [9] Ouchi, K., Tamashima, M. 1989. " *Research and development of PBCF (propeller boss cap fin), new and practical device to enhance propeller efficiency*", 4th international Symposium on Practical Design of Ships and Mobile Units (PRADS). Bulgaria.
- [10] Pradika, Desto, 2015. "*Analisa Pengaruh Pemasangan Energy Saving Device (ESD) Propeller Boss Cap Fins (PBCF) Dan Kort Nozzle Pada Propeller Type B-Series Dan Propeller Type AU Terhadap Gaya Dorong Propeller*" Tugas Akhir,UNDIP. Semarang.