



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Nilai Thrust Optimum Propeler B4-70, Ka4-70 Dan Au4-59 Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-Ii 2x1850hp Dengan Variasi Sudut Rake Menggunakan CFD

Gagah Prayogo Wibowo<sup>1</sup>, Deddy Chrismianto<sup>1</sup>, Berlian Arswendo A<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: [gagahprayogowibowo@gmail.com](mailto:gagahprayogowibowo@gmail.com)

### Abstrak

Suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (Vs). Hal ini mempunyai arti bahwa kapal haruslah mempunyai rancangan sistem propulsi yang baik. Salah satu komponen utama sistem propulsi adalah alat penggerak (Propeller), pemilihan alat penggerak yang efektif akan mempengaruhi gaya dorong yang dihasilkan kapal tersebut. Adapun aspek dari sistem propulsi itu sendiri ialah Perencanaan desain Propeller. Propeller merupakan salah satu aspek yang wajib direncanakan dengan baik guna mencapai tujuan fungsi kapal dalam hal kecepatan. Kecepatan pada kapal tidak terlepas dari desain propeller yang baik agar mendapatkan gaya dorong (Thrust) optimal yang dihasilkan oleh gerak propeller. Penelitian ini dibuat pada 18 model tipe dari propeler b-series, k-series dan au-series dengan variasi sudut rake dari 0<sup>0</sup>, 3<sup>0</sup>, 6<sup>0</sup>, 9<sup>0</sup>, 12<sup>0</sup> dan 15<sup>0</sup>. Perbedaan model mengindikasikan nilai thrust, torque dan efisiensi yang berbeda sehingga penulis menganalisa masing-masing model agar dapat diketahui model dengan thrust tertinggi dan torque terendah dengan bantuan program Computational Fluid Dynamics (CFD). Dalam penganalisaan yang dilakukan menggunakan software CFD ANSYS CFX 14.0 menunjukkan dari masing-masing model propeller yang di analisa terdapat perbedaan nilai thrust, torque dan efisiensi yang dihasilkan. Dari hasil analisa model tersebut, nilai thrust tertinggi dihasilkan pada model Propeller Ka4 70 Series dengan sudut rake 6<sup>0</sup> dengan nilai sebesar 337206 N. Nilai torque terendah dihasilkan pada model Propeller B4 70 Series dengan sudut rake 12<sup>0</sup> dengan nilai sebesar 40068,80 Nm, dan mendapat Nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada model propeller B4 70 sudut rake 15<sup>0</sup> yaitu sebesar 0,61694956.

Kata Kunci : Propeller, Thrust, Torque, efisiensi, CFD.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Banyak aspek yang mempengaruhi dan harus diperhatikan dalam mencapai kecepatan maximum pada kapal yaitu perencanaan lambung yang baik, perencanaan sistem permesinan yang baik, dan perencanaan sistem propulsi yang baik dan perencanaan lain nya yang wajib dipenuhi guna mencapai tujuan pembangunan sebuah kapal berdasarkan fungsinya.[4]

Salah satu aspek yang paling penting dalam pembuatan kapal itu sendiri ialah aspek perencanaan dibidang sistem propulsi. Adapun aspek dari sistem propulsi itu sendiri ialah Perencanaan desain Propeller. Propeller merupakan

salah satu aspek yang wajib direncanakan dengan baik guna mencapai tujuan fungsi kapal dalam hal kecepatan. Kecepatan pada kapal tidak terlepas dari desain propeller yang baik agar mendapatkan gaya dorong (Thrust) optimal yang dihasilkan oleh gerak propeller.

*Thrust* merupakan gaya dorong yang ditimbulkan dari gaya angkat / *lift* pada bagian belakang *propeller* yang bergerak serta searah dengan gerakan kapal. adapun persyaratan yang perlu diperhatikan pada desain *propeller* sendiri guna mendapatkan *Thrust Optimum* adalah Sudut *rake*. melalui analisa persyaratan Sudut *rake* dalam setiap pembuatan desain-desain *propeller* maka akan menghasilkan nilai *thrust* yang berbeda pula.

Sehingga dapat mengetahui *Thrust Optimum* yang terbaik dari variasi persyaratan tersebut untuk Kapal *Tugboat* Pelabuhan Paket-II 2x1850HP Adapun Beberapa Kajian tentang desain propeller yang telah dipublikasikan

- Ishiodu, 2013 melakukan analisa prosedur dalam step-step pembuatan propeller berjumlah daun 4.[3]
- Serkan Ekinci, 2011 melakukan kajian tentang design Fixed Pitch Propeller.[6]
- Wisnu Cahyaning,2011 melakukan kajian tentang analisa propeller dengan perubahan sudut rake.[2]

Oleh karena itu untuk mendapatkan kemampuan memandu kapal dengan baik diperlukan tenaga yang besar yang dihasilkan dari gaya dorong pada *propeller* pada kapal *tugboat*.

## 1.2. Perumusan Masalah

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

1. Manakah model Variasi yang memberikan nilai thrust optimum dan torque terendah,?
2. Berapakah nilai efisiensi tertinggi yang didapatkan pada variasi pengujian model Propeller menggunakan cfd Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP?

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan.

1. Berikut adalah Ukuran utama dari TB. Pelabuhan Paket-II 2x1850HP:
 

Name	= PELABUHAN PAKET-II
Type	= Tugboat
Length Over All	= 28,00 m
Length BP	= 24,85 m
Breadth	= 9,80 m
Draught Moulded	= 4,60 m
Draft	= 3,70 m
Vs	= 12,00 Knots
Dwt	= 71,053 ton
2. Berikut Adalah Ukuran Propeller TB. Pelabuhan Paket-II 2x1850HP
 

Propeler Ka-Series (Ka4 70)(Data kapal)	
Diameter	= 2,200 m
Blade Area Ratio(Ae/Ao)	= 0,70
Number of blades	= 4 blades
Sudut Rake	= 0 <sup>0</sup>
Putaran Propeller	= 287 rpm

3. Variasi yang dipakai : Sudut rake dan Jenis Propeller. Sudut rake yang dipakai : 0<sup>0</sup>, 3<sup>0</sup>, 6<sup>0</sup>, 9<sup>0</sup>, 12<sup>0</sup> dan 15<sup>0</sup>. Jenis Propeller yaitu :
  - a. Propeler B-Series (B4 70) (Variasi)
 

Diameter	= 2,200 m
Blade Area Ratio	= 0,70
Number of blades	= 4 blades
  - b. Propeler AU-Series (Au4 59)(Vasiasi)
 

Diameter	= 2,200 m
Blade Area Ratio	= 0,59
Number of blades	= 4 blades
4. Khusus model Propeller Kaplan Series , B-Series dengan sudut rake 6<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup> dan AU Series dengan sudut rake 6<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup> terdapat penambahan Kort Nozzle.
5. Hanya membandingkan variasi desain yang ada.
6. Asumsi aliran di depan propeller steady-uniform
7. Analisa pada keadaan open water.
8. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida di belakang propeller.
9. Analisis biaya tidak diperhitungkan.
10. Analisis yang dilakukan dengan mengabaikan faktor maupun kondisi aliran (fluida) dari lambung.
11. Simulasi menggunakan software ANSYS CFD single rotating reference frames

## 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latarbelakang diatas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui nilai thrust optimum dan torque minimum untuk Propeller TB Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP dari analisa
2. model variasi yang dibuat, menggunakan CFD sehingga dapat mengetahui dari model tersebut manakah yang memiliki nilai thrust yang optimum dan torque minimum.
3. Untuk mengetahui nilai efisiensi tertinggi yang didapatkan pada variasi pengujian model Propeller menggunakan CFD Pada Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Second-Level Heading

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 dimana 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.[4].

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

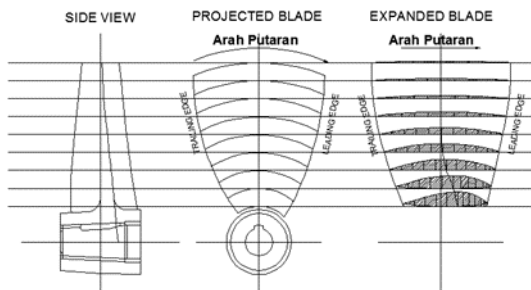
## 2.2. Third-Level Heading

Baling-baling ulir merupakan bentuk alat penggerak kapal yang paling umum. Sebuah baling-baling ulir mempunyai dua buah daun atau lebih yang menjorok dari hub atau bos . Bos ini dipasang pada poros yang digerakkan oleh mesin penggerak kapal. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub atau merupakan daun yang dapat dikendalikan (*controllable pitch propeller*). [4]

Baling-baling umumnya diletakkan pada kedudukan yang serendah mungkin di bagian belakang kapal. Suatu baling-baling harus mempunyai garis tengah (diameter) demikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling tersebut akan terbenam dengan memadai sehingga dapat menghindari sejauh mungkin terjadinya fenomena terikunya udara (*airdrawing*) dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami gerakan *pitching*. [4]

## 2.3. Geometri

Permukaan daun baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi muka, atau paras, (*face*) atau sisi tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung atau sisi belakang, (*back*) atau sisi tekanan rendah. [4]



Gambar 2.1. Sketsa definisi baling-baling.[4]

Bentuk sisi tekanan tinggi yang paling sederhana adalah permukaan berbentuk spiral (*helicoidal surface*). Permukaan ini dapat didefinisikan sebagai permukaan yang dibentuk oleh sebuah garis lurus, disebut generatriks atau

garis generator (*generatrix*, atau *generator line*) yang berkisar mengelilingi suatu sumbu yang melalui salah satu ujungnya dan sekaligus bergerak ke sepanjang sumbu tersebut. Jarak aksial yang ditempuh dalam tiap kisaran disebut langkah atau jarak ulir *P* (*pitch*). Jika langkah ulir tersebut tetap maka berarti bahwa untuk semua jari-jari dalam baling-baling demikian itu sama. [4]

## 2.4. Karakteristik Propeller

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram  $KT - KQ - J$ . [5] 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. Model persamaan untuk karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut:

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad J = \frac{Va}{nxD}$$

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

Keterangan :

$KT$  = Koefisien gaya dorong

$KQ$  = Koefisien torsi

$J$  = Koefisien *advanced*

$Va$  = kecepatan *advanced*

$D$  = diameter *propeller*

$N$  = putaran *propeller*

$T$  = *thrust propeller*

$Q$  = *torque propeller*

$\rho$  = massa jenis

Untuk nilai efisiensi *propeller* pada *open water* diberikan persamaan:

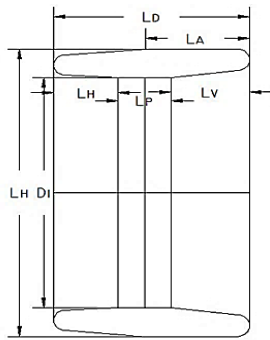
$$\eta_0 = \frac{JxKT}{2x\pi xKQ}$$

## 2.5. Ducted Propeller

Beban gaya dorong yang tinggi memberikan efisiensi yang rendah, sebaliknya beban gaya dorong yang rendah memberikan efisiensi yang tinggi. Dengan demikian maka efisiensi baling-baling dapat ditingkatkan, berarti peningkatan kualitas propulsif kapal, dengan jalan menurunkan beban gaya dorong. [4]

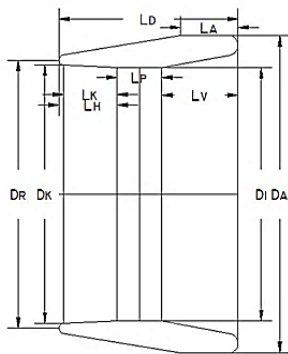
Beban gaya dorong dapat diubah dengan jalan memasang foil udara mengelilingi baling-baling sehingga membentuk satu unit baling-baling yang diselubungi atau unit baling-baling di dalam tabung (*nozzle*). Unit ini juga disebut sebagai tabung Kort. Kort diambil dari nama Ludwig Kort,

yaitu perancang baling-baling tabung (*ducted propeller*) untuk kapal yang pertama; pada tahun 1927.



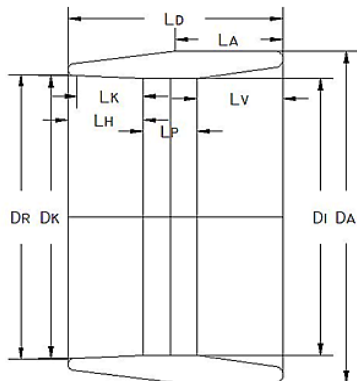
Ketentuan ukuran kort nozzle tipe A adalah sebagai berikut:  
 $L_D/D_P = 0,75$ ;  $D_I/D_P = 1.015$ ; limits:  $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{mm}$ ;  $D_A/D_I = 1,25$ ;  $l_A/L_D = 0,53$ ;  $l_P/L_D = 0,27$ ;  $l_V/L_D = 0,40$ ;  $l_H/L_D = 0,33$

Gambar 2.2. Kort Nozle Shushkin Tipe A [4]

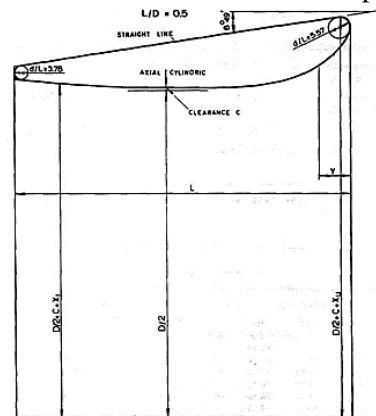


Ketentuan ukuran kort nozzle tipe B adalah sebagai berikut:  
 $L_D/D_P = 0,75$ ;  $D_I/D_P = 1,015$ ; limits:  $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{mm}$ ;  $D_A/D_I = 1,25$ ;  $D_R/D_I = 1,02$ ;  $D_K/D_I = 1,035$ ;  $l_A/L_D = 0,32$ ;  $l_P/L_D = 0,25$ ;  $l_V/L_D = 0,425$ ;  $l_H/L_D = 0,325$ ;  $l_K/l_H = 0,925$

Gambar 2.3. Kort Nozle Shushkin Tipe B [4]



Gambar 2.4. Kort Nozle Shushkin Tipe C [4]



Gambar 2.5. Kort Nozle Marin's Nozzle 19A [4]

## 2.6. Computational Fluid Dynamic (CFD)

*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. [7]

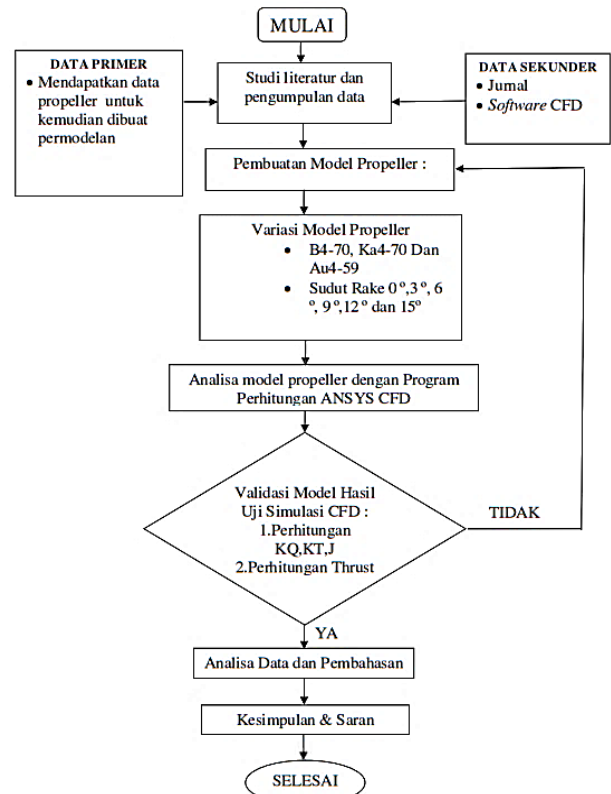
Aplikasi dari CFD untuk penyelesaian masalah aliran pada *propeller* telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perancangan

*Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- Pre Processor
- Solver Manager
- Post Processor

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

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



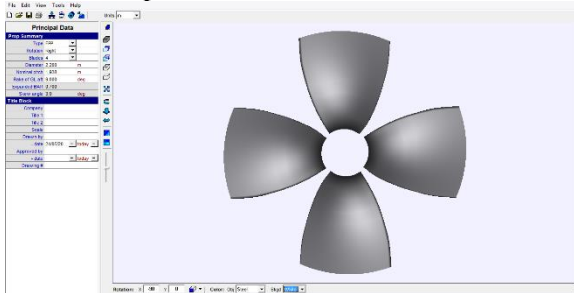
Gambar 3.1 Flow Chart metodologi penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pemodelan *Propeller*

#### 4.1.1. Pemodelan Menggunakan *Propcad*

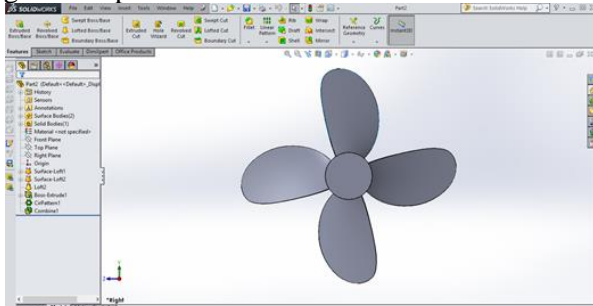
Data ukuran utama *propeller*, digunakan sebagai input pada *software* PropCad yang kemudian langsung dilakukan perhitungan guna menghasilkan koordinat propeller 3D (koordinat *propeller* ditunjukkan dalam Lampiran). Berikut ini adalah hasil visualisasi desain geometri pada *software* PropCad.



Gambar 4.1 Hasil Penggambaran *propeller* dengan *Solidwork*

#### 4.1.2. Pemodelan Menggunakan *Splidwork*

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



Gambar 4.2 Hasil Penggambaran *propeller* dengan *Solidwork*

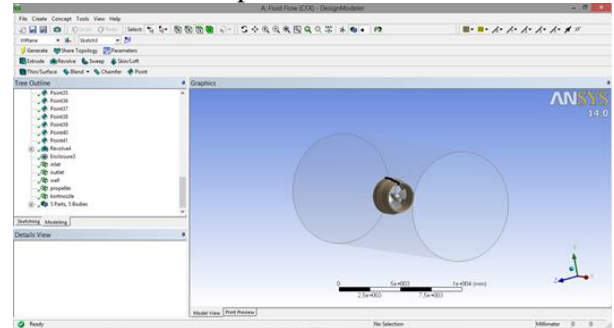
### 4.2. Simulasi *Computasional Fluid Dynamic*

Langkah simulasi numerik pada ANSYS 14.0 pada dasarnya sama dengan jenis *software* lain yang berbasis *Computasional Fluid Dynamic*. Pengujian ini menggunakan perhitungan solver *Fluid Flow Analys* (CFX). Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada solver ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- Geometri
- Mesh
- Setup
- Solution
- Result

#### 4.2.1. Tahap Geometri

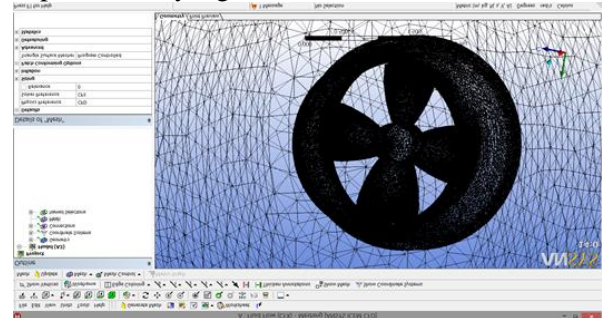
Geometry merupakan langkah awal dimana pengecekan solid tidaknya model. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan domain fluida tempat pengujian. Pada tahap ini perintah yang digunakan adalah *file > import external geometry file > enter file model > OK > generate*. Pada Gambar 4.3 Model akan solid apabila muncul tanda balok



Gambar 4.3 *Boundary Building*

#### 4.2.2. Tahap Mesh

Setelah domain fluida terbentuk langkah selanjutnya adalah melakukan meshing pada model pada Gambar 4.5 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 4.5 Meshing

#### 4.2.3. Tahap Set Up

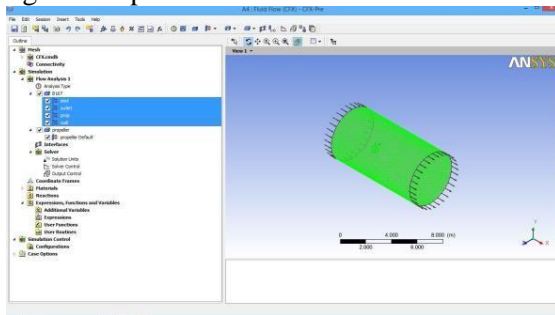
*Setup* adalah tahapan yang dilakukan setelah mesh berhasil dilakukan. Pada tahap *setup* ini adalah *setup* yang digunakan untuk memvalidasi hasil uji coba *propeller* dengan CFD dan perhitungan manual yang kemudian *setup* tersebut akan di adopsi untuk pengujian *kort nozzle propeller*. Berikut adalah *setup* yang digunakan.

Pada *setup* domain *physic, type* yang digunakan berupa fluida, dengan domain *motion rotating* yang berarti fluida tersebut berputar, penggunaan *angular velocity* disesuaikan dengan satuannya, turbulence model menggunakan k-epsilon. Hasil yang diinginkan berupa nilai *thrust*

(force), dan *torque* model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi maupun 3 dimensi.

Pada *setup* inlet tipe *boundary* yang digunakan berupa *inlet* yang diibaratkan tempat masuknya fluida, massa dan momentumnya menggunakan *normal speed*.

Pada *setup* wall tipe *boundary* yang digunakan berupa *wall* karena berfungsi sebagai bidang samping tertutup, massa dan momentumnya menggunakan *free slip wall* yang berarti bergerak tanpa hambatan.



Gambar 4.6 Domain pada *setup*

#### 4.2.4. Tahap *Solution*

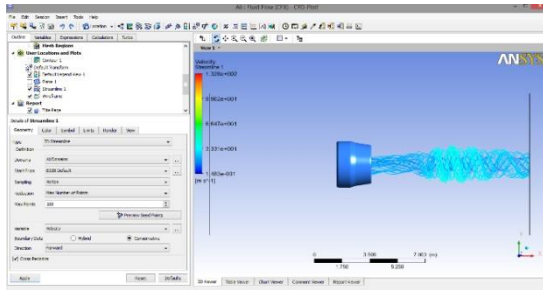
Setelah *setup* selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah *solution*. Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.



Gambar 4.7 *Convergence running* model

#### 4.2.5. Tahap *Result*

Setelah proses running atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap *solution*. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa nilai thrust dan torsi pada Propeller, model dan visualisasi aliran.

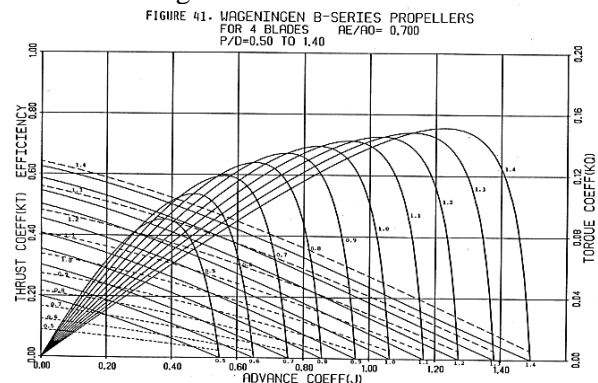


Gambar 4.8 *Result*

### 4.3. Validasi *Propeller*

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan perhitungan manual nilai Thrust dan Torque. Validasi digunakan untuk menentukan boundary condition yang tepat untuk digunakan pada boundary condition pada saat menganalisa 18 model Propeller untuk Kapal Tugboat Pelabuhan Paket-II 2x1850 HP dengan menggunakan *software* berbasis CFD. Acuan Validasi untuk Propeller Menggunakan Grafik pada Diktat Analisa KT-KQ-J Wageningen B-series Propeller dengan pengujian Propeller B-Series yaitu propeller yang digunakan tipe Wageningen B4 70 series propeller. Adapun maximal error untuk validasi antara CFD dengan uji hasil perhitungan KT-KQ-J adalah 5%. Berikut data Propeller untuk di validasi :

- *Jenis Propeller* = FPP- B Series
- *Rotation* = Right
- *Diameter* = 2,200 m
- *Pitch* = 1,938 m
- *Pitch Diameter Ratio* = 0,81
- *Blade Area Ratio* = 0,70
- *Number of blades* = 4 blades
- *Rake angle* = 0°



Gambar 4.9 diagram  $K_q$ ,  $K_t$ ,  $J$  B4-70

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan simulasi CFD.

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil Perhitungan thrust (N)	Hasil simulasi CFD (N)	Errorr (%)
287	123006,49	122713,00	0,23

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan simulasi CFD.

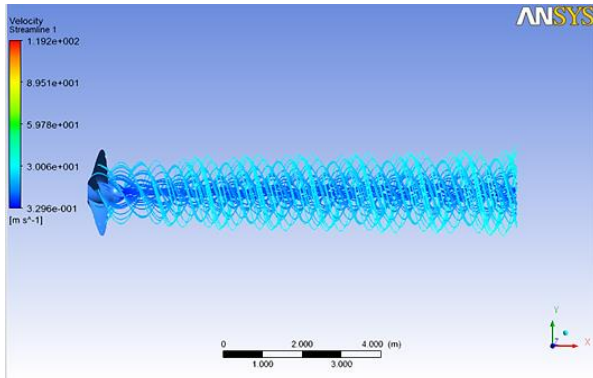
Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil Perhitungan torque (N m)	Hasil simulasi CFD (N m)	Errorr (%)
287	39646,94	40196,4	1,38

#### 4.3.1. Perhitungan *Force* dan *Torque* pada *Propeller*

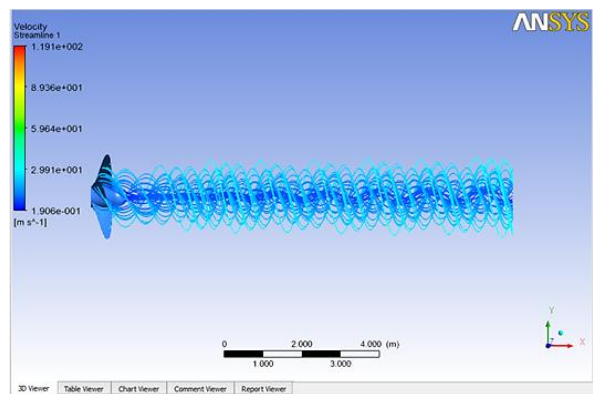
Perhitungan *thrust* (force) dan *torque* pada *Propeller* dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*)

diambil dari tahap *results* yaitu pada *function calculator*, *function* yang diinginkan yaitu *force* dan *torque*. *Location* merupakan pemilihan area yang ingin di ketahui nilainya.

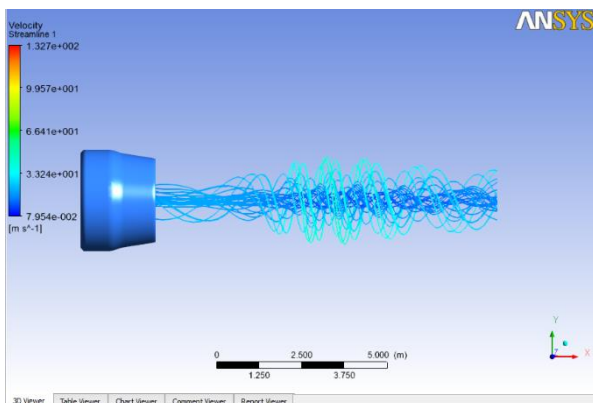
#### 4.4. Analisa Data



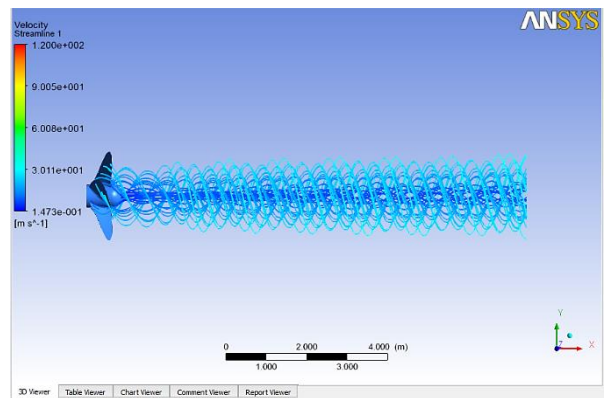
Gambar 4.10 Result Streamline B4 70 rake 0°



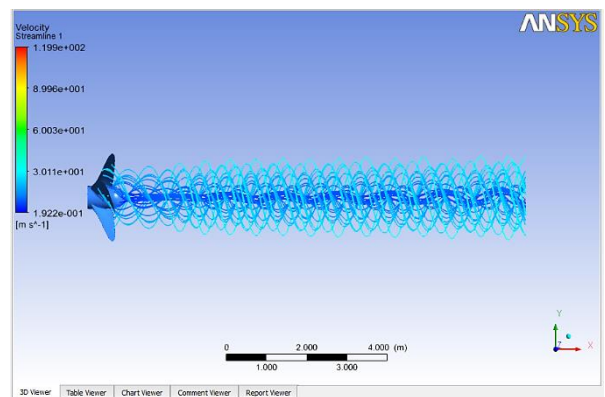
Gambar 4.11 Result Streamline B4 70 rake 3°



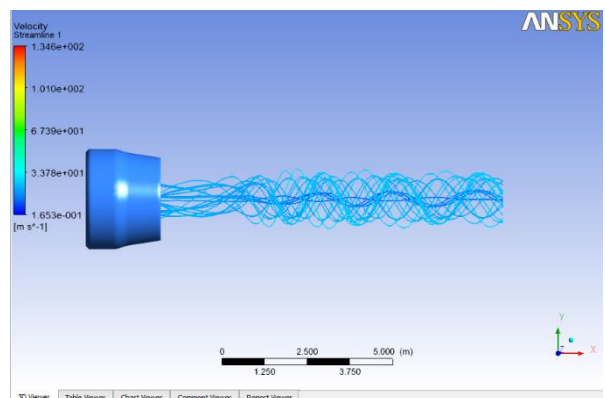
Gambar 4.12 Result Streamline B4 70 rake 6° dengan nozzle



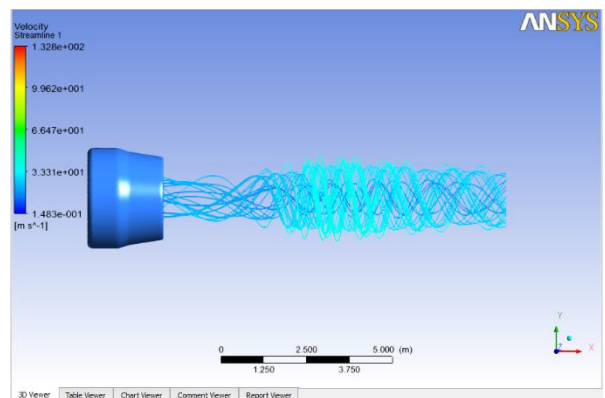
Gambar 4.13 Result Streamline B4 70 rake 9°



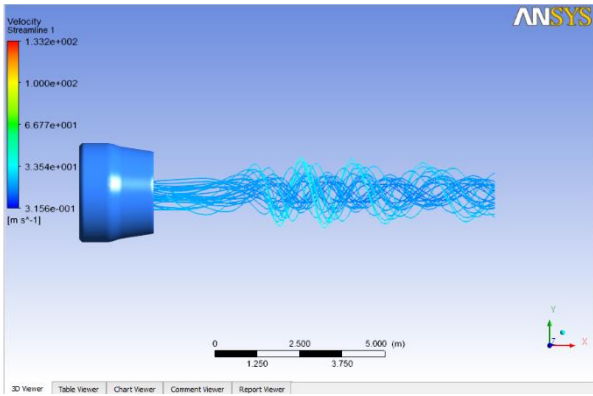
Gambar 4.14 Result Streamline B4 70 rake 12°



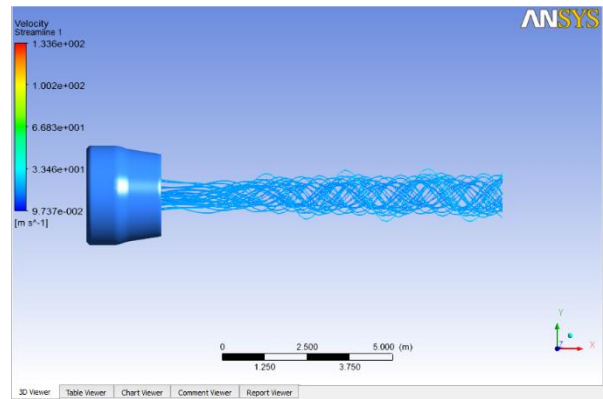
Gambar 4.15 Result Streamline B4 70 rake 15° dengan nozzle



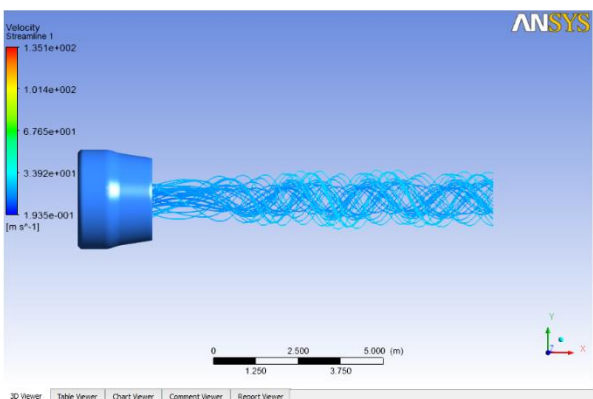
Gambar 4.16 Result Streamline K4 70 rake 0° dengan nozzle



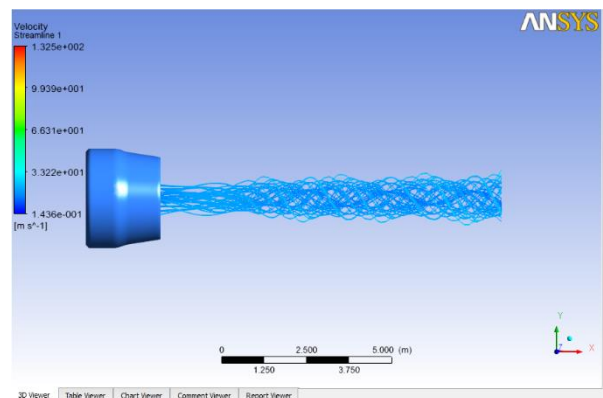
Gambar 4.17 Result Streamline K4 70 rake 3<sup>0</sup> dengan *nozzle*



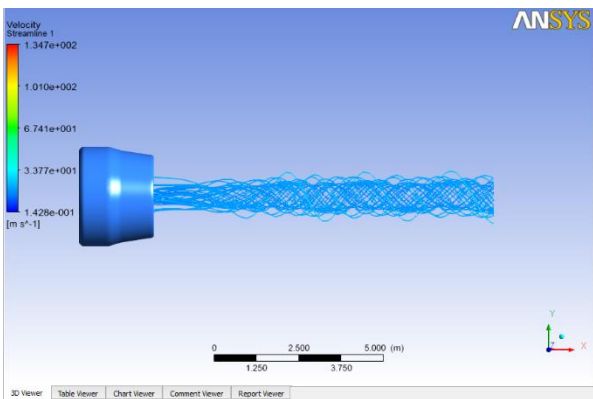
Gambar 4.20 Result Streamline K4 70 rake 12<sup>0</sup> dengan *nozzle*



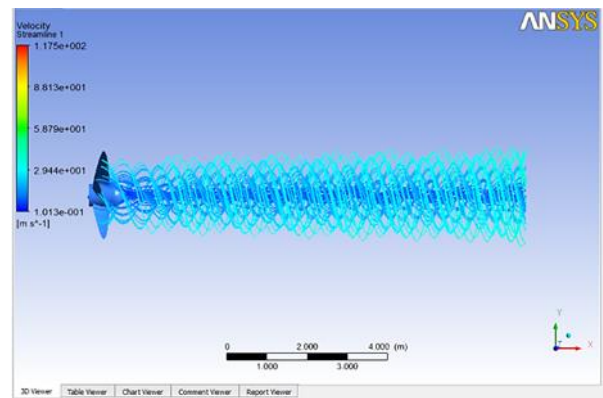
Gambar 4.18 Result Streamline K4 70 rake 6<sup>0</sup> dengan *nozzle*



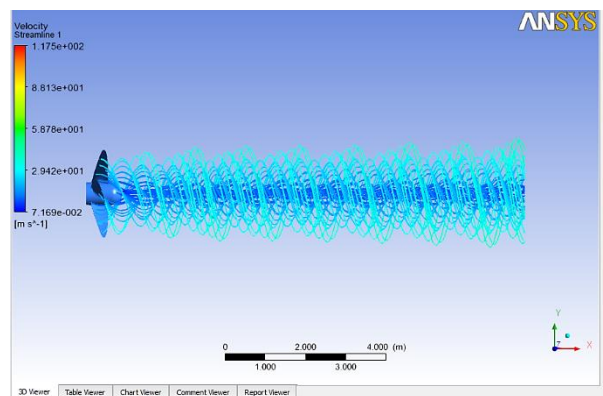
Gambar 4.21 Result Streamline K4 70 rake 15<sup>0</sup> dengan *nozzle*



Gambar 4.19 Result Streamline K4 70 rake 9<sup>0</sup> dengan *nozzle*

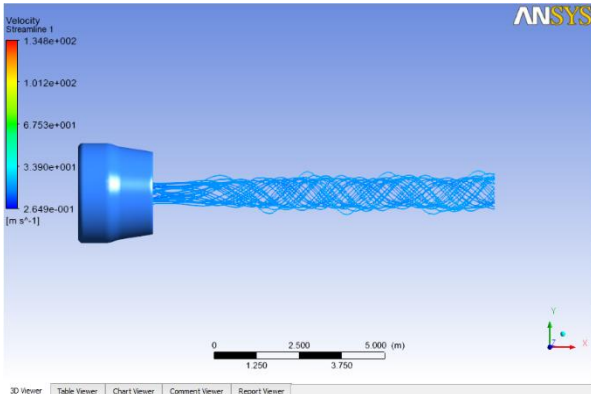


Gambar 4.22 Result Streamline AU4 59 rake 0<sup>0</sup>

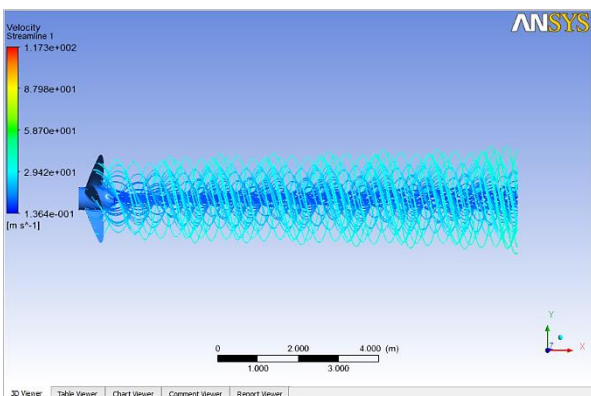




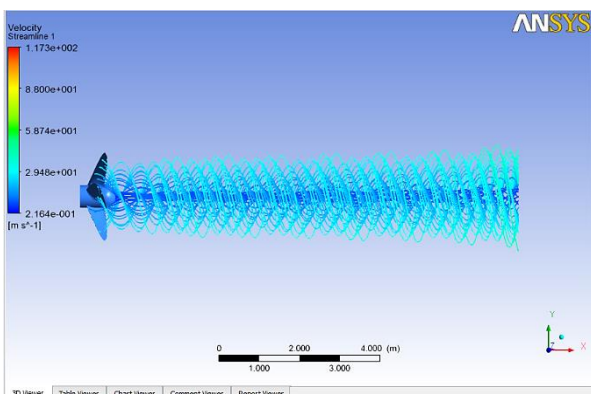
Gambar 4.23 Result Streamline AU4 59 rake 3<sup>0</sup>



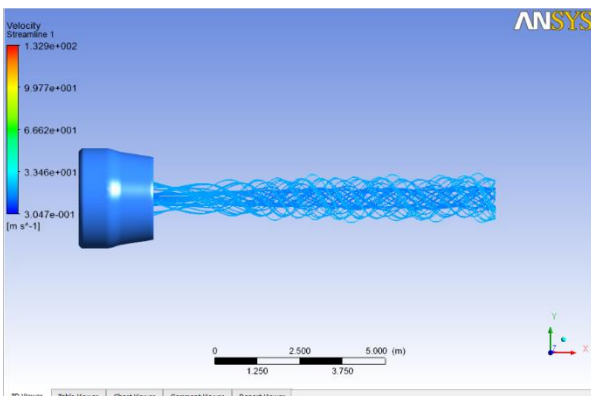
Gambar 4.24 Result Streamline AU4 59 rake 6<sup>0</sup> dengan nozzle



Gambar 4.25 Result Streamline AU4 59 rake 9<sup>0</sup>



Gambar 4.26 Result Streamline AU4 59 rake 12<sup>0</sup>



Gambar 4.27 Result Streamline AU4 59rake 15<sup>0</sup> dengan nozzle

Berikut adalah data variasi *propeller* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* :

a. Tabel 4.3 Variasi *propeller B-series* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque*

Propeller	Sudut Rake	Thrust (N)	Torque (Nm)	Efisiensi
B-Series	0 Derajat	122713,00	40196,40	0,52347
	3 Derajat	122944,00	40307,20	0,52301
	6 Derajat	206638,00	66187,30	0,53533
	9 Derajat	124237,00	40497,10	0,52604
	12 Derajat	122536,00	40068,80	0,52438
	15 Derajat	239418,00	66542,10	0,61695

Pada Tabel 4.3 Variasi *propeller B-series* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* menunjukkan hasil perhitungan nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi tiap model *propeller B-Series* dengan variasi sudut *rake*. Dari tabel hasil perhitungan tersebut dapat dilihat hasil nilai maximum dan minimum pada *Thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller*. Adapun nilai max pada *thrust* didapatkan 239418 N dikarenakan memiliki nilai *thrust* terbesar, lalu ditambahkan dengan *nozzle* dibandingkan dengan model lainnya. nilai *torque* minimum 40068,80 Nm dan nilai efisiensi maximum 0,616949560 pada tipe pengujian b-series karena penambahan *nozzle*.

b. Tabel 4.4 Variasi *propeller Kaplan* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque*

Propeller	Sudut Rake	Thrust (N)	Torque (Nm)	Efisiensi
K-Series	0 Derajat	303944,00	90330,20	0,57697
	3 Derajat	318072,00	96684,70	0,56410
	6 Derajat	337206,00	103522,00	0,55854
	9 Derajat	324115,00	98328,60	0,56521
	12 Derajat	305494,00	90245,70	0,58045
	15 Derajat	289306,00	83564,50	0,59364

Pada Tabel 4.4 Variasi *propeller Kaplan* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* menunjukkan hasil perhitungan nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi tiap model *propeller Kaplan* dengan variasi sudut *rake*. Dari tabel hasil perhitungan tersebut dapat dilihat hasil nilai *Thrust* maximum, *torque* minimum dan efisiensi *propeller*. Adapun nilai max pada *thrust* didapatkan 337206 N nilai *torque* minimum 83564,5 Nm dan nilai efisiensi maximum 0,593642499 pada tipe pengujian *Kaplan*.

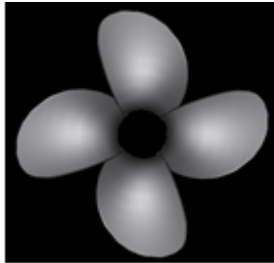
c. Tabel 4.5 Variasi *propeller AU-Series* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque*

Propeller	Sudut Rake	Thrust (N)	Torque (Nm)	Efisiensi
AU-Series	0 Derajat	126898,00	41009,30	0,53059
	3 Derajat	127340,00	41065,60	0,53171
	6 Derajat	261129,00	87930,90	0,50922
	9 Derajat	129855,00	41597,10	0,53528
	12 Derajat	132017,00	42028,30	0,53861
	15 Derajat	213394,00	63844,80	0,57312

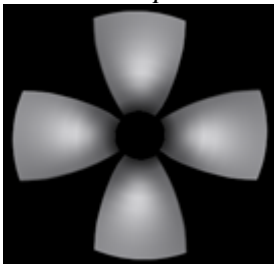
Pada Tabel 4.5 Variasi *propeller AU* beserta nilai efisiensi, *thrust* dan *torque* menunjukkan hasil

perhitungan nilai *thrust*, *torque* dan efisiensi tiap model *propeller AU* dengan variasi sudut *rake*. Dari tabel hasil perhitungan tersebut dapat dilihat hasil nilai maximum dan minimum pada *Thrust*, *torque* dan efisiensi *propeller*. Adapun nilai max pada *thrust* didapatkan 261129 N dikarenakan memiliki nilai *thrust* terbesar, lalu ditambahkan dengan *nozzle* dibandingkan dengan model lainnya. Nilai *torque* minimum 41009,3 Nm dan nilai efisiensi maximum 0,573120623 pada tipe pengujian *AU*.

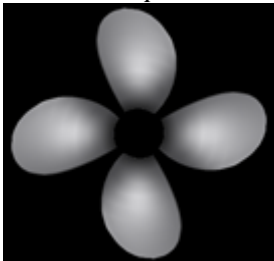
Perbandingan Visual *Propeller B-Series*, *K-Series* dan *AU-Series*.



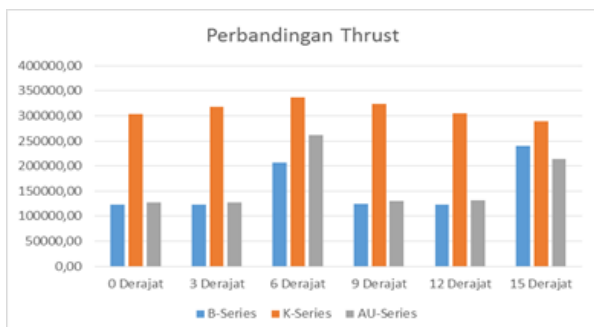
Gambar 4.28 *Propeller B-Series*



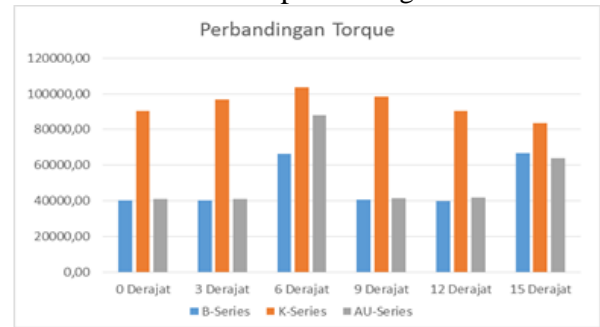
Gambar 4.29 *Propeller Ka-Series*



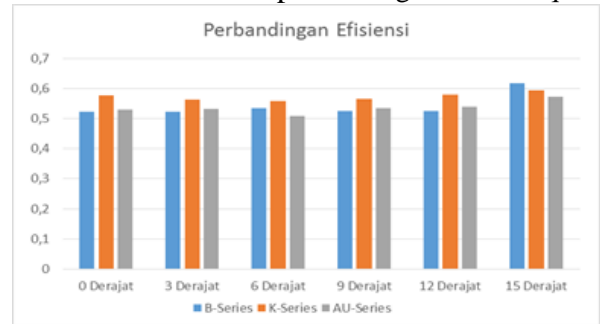
Gambar 4.30 *Propeller Au-Series*



Gambar 4.28 Grafik perbandingan nilai *Thrust*



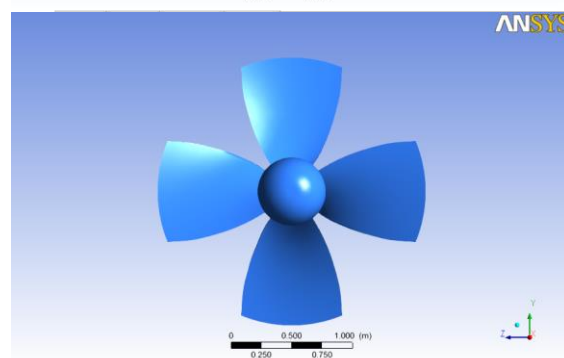
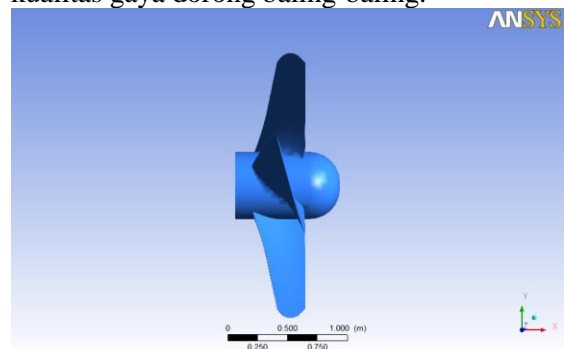
Gambar 4.29 Grafik perbandingan nilai *Torque*

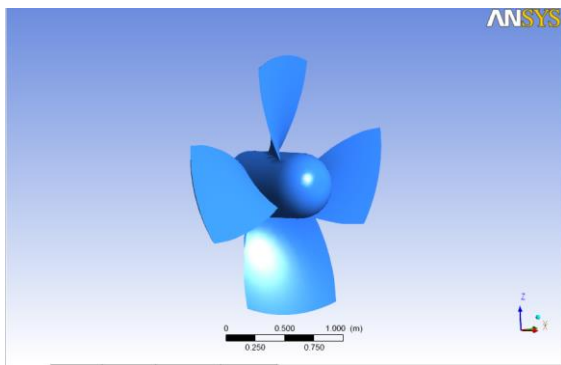


Gambar 4.30 Grafik perbandingan nilai *Efisiensi*

Dari hasil *running* simulasi pada Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.5 dan dari Gambar grafik 4.28 sampai gambar grafik 4.30 menunjukkan Nilai *thrust* dan *torque* pada model *Propeller* yang berbeda :

1. Pada model *Propeller K4 70 Series*, (Sudut *Rake*: 6°) mempunyai nilai *Thrust* paling besar senilai 337206,00 dibandingkan dengan 18 variasi model lainnya. Karena adanya penambahan kort *Nozzle* dalam peningkatan kualitas gaya dorong baling-baling.





Gambar 4.31 Propeller K4 70 Series,  
(Sudut Rake:  $6^{\circ}$ )

2. Pada model Propeller B4 70 Series (sudut rake:  $12^{\circ}$ ) memiliki nilai Torque paling rendah dibandingkan variasi model yang lainnya dengan nilai 40068,80 Nm.
3. Pada model Propeller B4 70 Series (sudut rake:  $15^{\circ}$ ) memiliki nilai efisiensi terbesar dibandingkan dengan variasi model yang lainnya dengan nilai efisiensi 0,61694956.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Dari 18 variasi model tersebut, terlihat Nilai thrust tertinggi dihasilkan pada model Propeller K4 70 Series, (Sudut Rake:  $6^{\circ}$ ) dengan nilai thrust tertinggi sebesar 337.206,00 KN pada putaran 287 RPM. Nilai torque terendah dihasilkan pada model Propeller B4 70 Series (sudut rake:  $12^{\circ}$ ) dengan nilai 40.068,80 Nm pada putaran 287 RPM. Sehingga, penggunaan jenis propeller yang tepat untuk kapal TB. Pelabuhan Paket-II 2x1850HP yang dimana kapal ini membutuhkan nilai thrust yang tinggi, maka disarankan menggunakan tipe Propeller K4 70 Series, (Sudut Rake:  $6^{\circ}$ ) yang memiliki nilai thrust maksimum.
2. Nilai perbandingan thrust dan torque tersebut di dapatkan dari model dengan parameter analysis dimensi yang sama dan Putaran 287 RPM. Dan mendapatkan Nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada model Propeller B4 70 Series (sudut rake:  $15^{\circ}$ ) yaitu sebesar 0,61694956.

### 5.2. Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (future research) antara lain :

1. Perlunya dilakukan kajian lebih mendalam lagi untuk masing-masing model thruter

dengan lebih fokus desain optimasi suatu model yang memiliki nilai optimal sehingga kajiannya lebih komprehensif.

2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan jenis propeller dengan series yang berbeda

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bernitsas, M.M., Ray, D, Kinley, P, 1981, *Kt Kq Eta curves - Wageningen B-Series Propellers - Bernitsas 1981*, Jurnal, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan
- [2] Cahyaning Ati, Wisnu, 2011, *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Rake Propeller B-Series Terhadap Distribusi Aliran Fluida Dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS: Surabaya
- [3] Ishiodu Anthony , "Design Procedure of 4-Bladed Propeller", West African Journal of Industrial and Academic Research Vol.8 No.1 September 2013: Maritime Academy of Nigeria, Nigeria
- [4] Manik, Parlindungan, 2008, *Buku Ajar Propulsi Kapal*, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [5] Molland, Antony E, 2010, *The Maritime Engineering Reference Book*, Oxford University, Oxford:UK
- [6] Serkan Ekinci, 2011, "A Practical Approach for Design of Marine propellers With Systematic Propeller Series", Yildiz Technical University, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Besiktas, Istanbul: Turkey
- [7] Simbolon, Herbert, 2015, *Analisa efisiensi propeller b-series dan kaplan pada kapal tugboat ari 400 hp dengan variasi jumlah daun sudut rake menggunakan cfd*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang