



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Perbandingan Propeller Berdaun 4 Pada Kapal Trimaran Untuk Mengoptimalkan Kinerja Kapal Menggunakan Metode CFD

Adri Zakky Zain<sup>(1)</sup>, Berlian Arswendo Adietya<sup>(1)</sup>, Muhammad Iqbal<sup>(1)</sup>  
S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Email : [adrizakky@gmail.com](mailto:adrizakky@gmail.com),

### Abstrak

Baling – baling pada kapal trimaran membutuhkan beberapa kriteria khusus yaitu baling – baling yang dapat memberikan gaya dorongan besar dengan hasil kecepatan yang tinggi. Maka desain baling – baling harus memiliki nilai *thrust* besar, nilai tekanan rendah, dan aliran baling-baling yang halus. Penelitian ini membandingkan 3 jenis baling - baling berdaun 4 yaitu B-4series, Au – 4 Outline Gawn Series dan Kaplan-4 series dengan menyamakan beberapa aspek yaitu diameter, sudut skew, dan pitch. Sehingga didapatkan jenis baling – baling yang paling cocok untuk kapal trimaran KRI klewang II, dengan bantuan program *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dalam proses analisa menggunakan *software* berbasis CFD, kami mendapatkan hasil dari semua model baling – baling yaitu bentuk aliran, nilai *thrust* dan nilai *pressure* yang berbeda sesuai dengan RPM yang diberikan. Dari ketiga model yang telah dibandingkan didapat model baling – baling yang optimum yaitu B-4 Series pada Rpm 450 dengan nilai *thrust* 28213,92 N, nilai *torque* 6591,75 N.m, nilai rata-rata *pressure* 8098,56 Pa dan aliran turbulensi dengan nilai kecepatan aliran rata - rata 17,95 m/s.

Kata kunci : Hambatan, Trimaran, , CFD, *Propeller*, *b-4 series*, *au-4 outline series*, *kaplan series*

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mana memiliki wilayah perairan yang cukup luas dan berpotensi sebagai salah satu penunjang pertumbuhan ekonomi. Salah satu alat transportasi yang sangat berperan dalam menunjang ekonomi di bidang transportasi adalah kapal.

Kapal Trimaran merupakan kapal *Multi hull*. Kapal *Multi hull* merupakan jenis kapal yang memiliki lambung lebih dari satu lambung oleh karena itu Trimaran berarti memiliki 3 buah lambung. Desain seperti ini dapat menaikkan *Center of Gravity* dan *Center of Bouyancy* sehingga memiliki stabilitas yang tinggi[1]. Selain *Center of Gravity* dan *Center of Bouyancy*, kecepatan juga sangat di perhatikan dalam perancangan kapal multihull. Maka dari itu,

jenis propeller yang dapat menghasilkan kecepatan kapal yang baik tetapi dengan getaran yang kecil sangat diutamakan.

Jenis-jenis propeller tersebut nantinya akan dianalisa menggunakan metode CFD untuk mengetahui apakah pengujian secara eksperimen dan secara CFD tidak jauh berbeda dan juga mengetahui jenis propeller yang paling efektif dan efisien dalam penggunaannya pada kapal trimaran.

Jenis propeller yang digunakan sebagai perbandingan adalah Au-Outline gawn series, B-Sereis, dan kaplan series. Perbandingan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat kecocokan pada kapal KRI Klewang II.

#### 1.2. Perumusan Masalah

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

1. Berapakah gaya dorong yang dihasilkan, tekanan yang dihasilkan pada daun baling-baling dan bentuk aliran turbulensi dari masing-masing desain propeller kapal trimaran?
2. Bagaimanakah hasil perbandingan *thrust*, *pressure* dan torsi dari variasi propeller B-Series, Au-Outline Gawn Series, dan Kaplan?
3. Manakah jenis propeller yang paling efektif dalam penggunaannya pada kapal trimaran dengan variasi yang ada ?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan

Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Propeller yang digunakan adalah
  - Diameter : 2,21 m
  - Skew Angle : 10 degree
  - Pitch : 0,80
  - Blade Rasio : 0.050
  - No. Of Blade : 4
  - Type : *B-Series*
2. Propeller yang digunakan adalah
  - Diameter : 2,21 m
  - Skew Angle : 10 degree
  - Pitch : 0,80
  - Blade Rasio : 0.050
  - No. Of Blade : 4
  - Type : *Au-Outline Gawn*
3. Propeller yang digunakan adalah
  - Diameter : 2,21 m
  - Skew Angle : 10 degree
  - Pitch : 0,80
  - Blade Rasio : 0.050
  - No. Of Blade : 4
  - Type : *Kaplan*
4. Data propeller diambil dari spek *propeller* yang terdapat di dalam jurnal mendekati kesamaan dimensi dari *propeller* tersebut.
5. Hanya membandingkan desain yang ada.
6. Asumsi aliran di depan *propeller* *steady-uniform*
7. Analisa pada keadaan *open water*.
8. Kondisi thruster akan dianalisa pada keadaan statis sesuai dengan putaran yang dikehendaki.
9. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida di belakang thruster.

10. Analisis yang dilakukan dengan mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari badan propeller.
11. Analisis biaya tidak diperhitungkan.
12. Menggunakan *Ansys CFX software* analisa CFD
13. *Boss Cap* menggunakan bentuk setengah lingkaran
14. Kemiringan pada *Boss* yaitu 5 derajat dari belakang *propeller* hingga *boss cap*
15. Tidak melakukan variasi bentuk *Boss* atau *Hub*

### 1.4. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui nilai *thrust*, *streamline*, serta *pressure* yang terjadi pada masing-masing jenis propeller kapal trimaran.
2. Untuk mengetahui perbandingan dari hasil variasi jenis propeller *B-Series*, *Au-Outline Gawn Series*, dan *Kaplan* pada kapal trimaran.
3. Untuk mendapatkan jenis propeller yang optimum untuk meningkatkan efisiensi kapal trimaran

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Propeller Kapal Trimaran

Dalam perkembangan propeller mengalami beberapa bentuk modifikasi dengan tujuan untuk mendapatkan model yang paling tepat sebagai alat penggerak kapal. Kebutuhan yang paling penting untuk propeller kapal trimaran adalah tingginya kecepatan yang dibutuhkan tetapi dengan getaran yang cukup kecil, karena biasanya trimaran digunakan sebagai kapal cepat. Oleh karena itu, ditakutkan adanya kavitasi yang menimbulkan getaran dan pengurangan kinerja.

#### 2.1.1. Propeller B-Series

Propeller B-Series atau lebih dikenal dengan Wageningen merupakan propeller yang sering digunakan terutama pada kapal jenis merchant ship. Bentuk dari propeller B-Series sangatlah sederhana. Propeller ini mempunyai section yang modern dan karakteristik kinerja yang baik. Pada umumnya propeller B-Series mempunyai variasi [2]:

H/D 0,5 sampai 1,4  
 Z 2 sampai 7  
 AE/Ao 0,3 sampai 1,05

### 2.1.2. Propeller Au-Outline

Baling-baling tipe Au-outline ini merupakan hasil pengembangan dari “unken type Aerofill” dengan mengadakan pengujian dengan metode systematic series test. Baling-baling tipe ini mempunyai kinerja lebih baik dari tipe sebelumnya, baik dari segi efisiensi, kavitasi, maupun getaran baling-baling. Desain diagram hasil percobaan series ini telah digunakan untuk perencanaan baling-baling kapal modern [3].

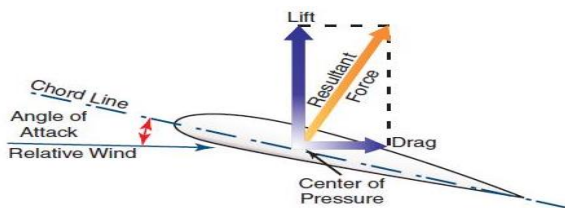
### 2.1.3. Propeller Kaplan

Propeller Kaplan merupakan propeller dengan menggunakan rekasi aliran aksial. Tipe kaplan ini tersusun seperti propeller pada perahu. Propeller tersebut biasanya mempunyai 3 hingga 7 daun baling-baling [4].

Dengan cara kerja yang mirip dengan turbin pembangkit listrik yaitu turbin francis, kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Propeller kaplan ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang.

### 2.1.4. Hidrodinamika Propeller.

Hidrodinamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas *Hydrofoil* 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.



Gambar 1. Gaya pada foil

### 2.1.5. Geometri Propeller

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 [5].

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 *P* untuk semua jari-jari dalam baling-baling demikian itu sama[6].

### 2.1.6. Karakteristik Propeller

Karakteristik beban propeller dapat disampaikan dengan grafik beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Secara umum karakteristik balin-baling kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram *KT* (*koefisien Thrust*) – *KQ* (*koefisien Torque*) – *J* (*koefisien Advanced*). Model persamaan karakteristik kinerja baling-baling kapal adalah sebagai berikut :

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

$$KQ = \frac{Q}{\rho n^2 D^4} \quad (1)$$

$$J = \frac{Va}{nxD} \quad (2)$$

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (3)$$

Dimana:

- KT* = Koefisien gaya dorong baling-baling
- KQ* = Koefisien torsi baling-baling
- J* = Koefisien advanced baling-baling
- 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 rumus:

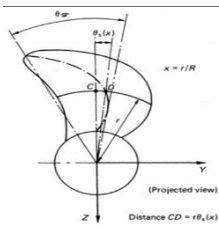
$$\eta_0 = \frac{TxVa}{2x\pi n x Q} \quad (4)$$

$$\eta_0 = \frac{JKT}{2\pi KQ} \quad (5)$$

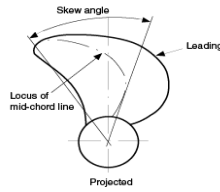
### 2.1.7. Skew Angle Propeller

Pada Perkembangan propeller mengalami beberapa modifikasi salah satunya adalah skew propeller, dimana bentuk dari propeller ini nantinya agak lancip pada bagian ujungnya, *skew angle propeller* sendiri mempunyai pengertian yaitu sudut antara propeller shaft center line sampai dengan blade tip. Blade tip sendiri adalah pertemuan dari trailing edge dan leading edge pada surface propeller dan merupakan jarak maksimum dari radius propeller. Skew pada propeller dapat berfungsi untuk mengurangi beban dan tekanan propeller saat memecah aliran fluida[7].

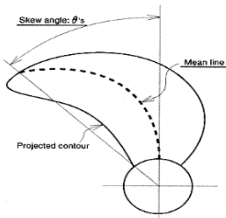
Skew pada propeller sendiri dibagi dua tipe yaitu biased skew (kemiringan bias) dan balanced skew (kemiringan seimbang).



Gambar 2. *Balanced skew* propeller



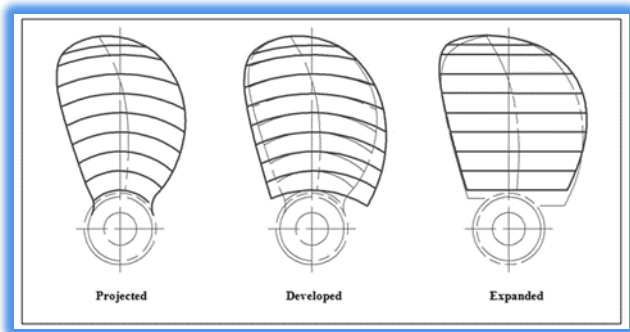
Gambar 3. *Skew Angle*



Gambar 4. *Biased skew*

**2.1.8. Blade Area Rasio**

Blade Area Rasio atau BAR adalah perbandingan antara luasan daun baling baling dengan luas perputaran penuh blade tip atau biasa disebut dengan A0. Dalam kenyataannya ada 3 type BAR, yaitu : Projected Area, Developed Area, dan Expanded area



Gambar 5. Type Blade Area Ratio.

Dari beberapa luasan propeller itu memiliki persamaan sebagai berikut :

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\frac{A_p}{A_0} = \frac{4A_p}{\pi D^2}$$

$$\frac{A_D}{A_0} = \frac{4A_D}{\pi D^2}$$

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{4A_E}{\pi D^2}$$

**2.1.9. Teori-Teori Propeller**

**a. Teori Baling-Baling**

Dalam Teori baling-baling[8], dijelaskan bahwa pada awalnya teori baling-baling dijelaskan dengan cara yang sangat sederhana, yaitu berdasarkan prinsip kerja mur dan baut (screw & nut). Menurut teori ini, efisiensi baling-baling dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_p = \frac{T_x Va}{T_x n x H} = 1 - S_w$$

$$S_w = 1 - \frac{Va}{n x H}$$

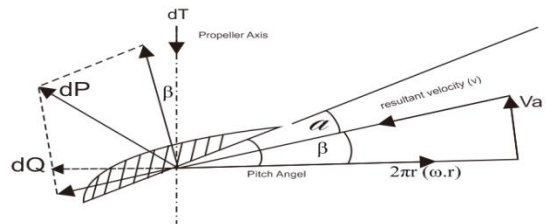
(6)

**b. Teori Momentum Baling-Baling**

Teori momentum menerangkan gaya dorong yang dihasilkan oleh bekerjanya baling-baling adalah disebabkan oleh adanya perbedaan momentum yang terjadi pada waktu daun baling-baling bergerak difluida.

**c. Teori Elemen Daun Baling-Baling**

Dalam teori ini, daun baling-baling dibagi bentuknya menjadi beberapa elemen daun, dimana setiap elemen daun timbul gaya-gaya akibat bekerjanya baling-baling. Gaya-gaya tersebut besarnya tergantung pada besarnya kecepatan relative V, yaitu kecepatan dari partikel air dari arus air yang bergerak melewati elemen daun dengan sudut α (angle of attack terhadap elemen daun) dan juga tergantung dari luas elemen daun yang bersangkutan.



Gambar 6. Elemen daun baling-baling .

**d. Teori Sirkulasi untuk Baling-Baling**

Teori ini lebih dapat menjelaskan dan menghitung bagaimana terjadinya gaya dorong yang dihasilkan oleh bekerjanya baling-baling.

**e. Teori Kutta – Joukowski**

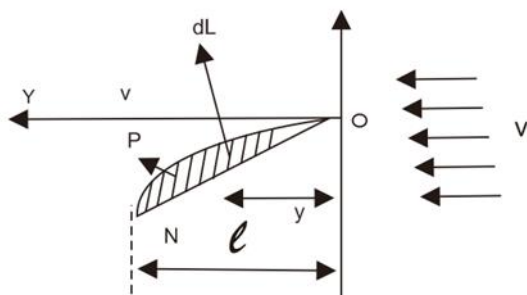
Suatu benda yang bergerak dengan kecepatan teratur (uniform velocity) didalam suatu fluida yang ideal dan sehubungan dengan terdapatnya aliran sirkulasi pada benda tersebut, maka akan mendapatkan gaya angkat (lifting force).

Dapat dihitung dengan persamaan

$$dL = \rho \cdot V \cdot \Gamma \cdot dr$$

$$\oint V_s x ds$$

$dL$  = gaya angkat atau lift pada elemen daun  
 $\rho$  = densitas dari fluida  
 $V$  = kecepatan dari uniform velocity bendanya  
 $\Gamma$  = kekuatan sirkulasi  
 $dr$  = lebar elemen daun



Gambar 7. Teori Kutta-Joukowski .

## 2.2. Kavitasasi Propeller

### 2.2.1. Kavitasasi

Secara teori kavitasasi yang terjadi pada propeller disebabkan oleh naiknya kecepatan yang menyebabkan penurunan tekanan. Kavitasasi merupakan fenomena yang dapat terjadi bila baling-baling bekerja dengan beban yang relative tinggi.

### 2.2.2. Jenis-Jenis Kavitasasi

Tidak ada standar nyata yang dapat dipakai untuk menerangkan jenis kavitasasi, tetapi tidak dapat dikatakan bahwa penjelasan mengenai bentuk kavitasasi harus mencakup keterangan baik mengenai letak, ukuran, struktur, dan dinamika kavitasasi maupun dinamika aliran yang diacu secara teratur[9]. Letak kavitasasi dapat diterangkan sebagai berikut:

- Ujung daun
- Pangkal daun (root fillet)
- Celah antara daun dan tabung propeller

### 2.2.2. Pengaruh Kavitasasi yang Merusak

Kavitasasi pada baling-baling kapal mempunyai pengaruh merusak, antara lain[10] :

- Effisiensi baling-baling akan berkurang, sehingga kecepatan kapal tidak sesuai yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh karena baling-baling tidak bekerja pada air yang homogen, tetapi didalamnya air tersebut tercampur dengan uap dan gas, sehingga menurunkan daya propeller.
- Kavitasasi dapat menyebabkan erosi pada bahan baling-baling, yang mengakibatkan turunnya effisiensi baling-baling. Erosi baling-baling dibedakan menjadi dua kelas :
  1. Keausan umum atau pengasaran yang meliputi daerah yang cukup luas.

2. Erosi cepat dan Burik (pitting) pada luasan setempat.

• Kavitasasi dapat menyebabkan getaran dan bunyi, dan ini sering merupakan sumber masalah besar, misalnya pada kapal yang mempunyai daya mesin besar.

## 2.3. Computational Fluid Dynamics (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. Teknik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non-industri. Ada beberapa keuntungan dari CFD berdasarkan pendekatan eksperimen untuk desain sistem fluida antara lain:

- Meminimumkan biaya dan waktu dalam mendesain suatu produk, jika proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Mempunyai kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
- Mempunyai kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).

Dalam design kerjanya, problem yang ada perlu dideskripsikan kedalam software CFD dengan menggambarkan model dan juga penentuan kondisi batasnya. Selanjutnya dalam solver problem akan dihitung dengan pendekatan persamaan Navier Stroke. Dari hasil perhitungan kemudian didapatkan hasil output dari running program CFD. Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:[11]

### 1. Pre Processor

Pre-processor meliputi masukan dari permasalahan aliran ke suatu program CFD dan transformasi dari masukan tersebut ke bentuk yang cocok digunakan oleh solver.

### 2. Solver Manager

Solver dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu finite difference, finite element, dan metode spectral.

### 3. Post Processor

Post processor merupakan tahap visualisasi dari tahapan sebelumnya. Post processor semakin



berkembang dengan majunya engineering workstation yang mempunyai kemampuan grafik dan visualisasi cukup besar.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Materi Penelitian Studi Literature

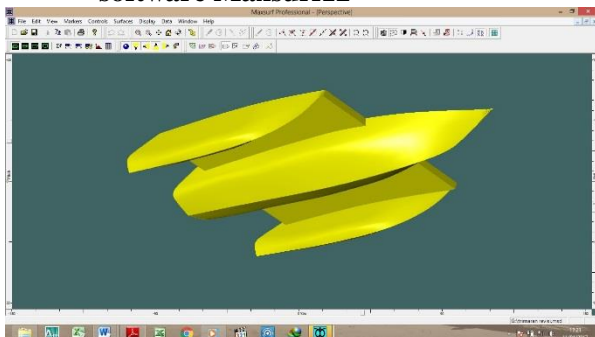
Materi penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi data- data yang bersifat primer dan sekunder serta teori dan referensi yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

#### 3.2. Data Primer

##### 3.2.1. Ukuran Utama KRI Klewang I

LOA	= 65 m	B	= 28,476 m
LPP	= 58,82 m	H	= 5,78 m
LWL	= 61,75	T	= 3,153 m
CB	= 0,305	Vs	= 24,5 knot
DISPL	= 963,5 ton	Va	= 18,6 knot

##### 3.2.2. gambar kapal trimaran dengan software Maxsurf12



Gambar 8. Software Pemodelan Kapal Trimaran bmaxsurf12

##### 3.2.3. gambar tipe propeller dengan daun baling-baling 4



AU-OUTLINE KAPLAN      B-SERIES

Gambar 9 . jenis propeller model

#### 3.2.4. Persamaan perhitungan propeller

Diameter Propeller (D)

$$D = 0.7 \times T$$

$$= 0.7 \times 3,153$$

$$= 2.21 \text{ m}$$

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

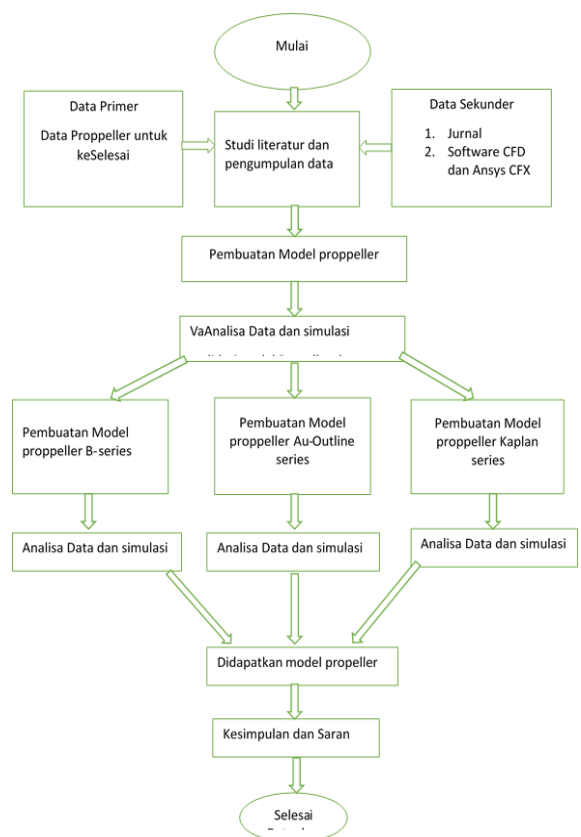
$$= (3,14 \times ((2.21 \text{ m}))^2)/4$$

$$= 3,834 \text{ m}^2$$

### 3.3. Data Sekunder

Untuk mempelajari permasalahan dan juga solusinya telah dilakukan pembelajaran dengan menggunakan berbagai referensi baik berupa buku, artikel, majalah dan jurnal mengenai geometri, proses perancangan, simulasi CFD, dan penggunaan propeller pada kapal yang didapatkan dari internet atau melakukan peminjaman buku ke perpustakaan Program Studi S1 Teknik Perkapalan UNDIP .

### 3.4. Diagram Alir

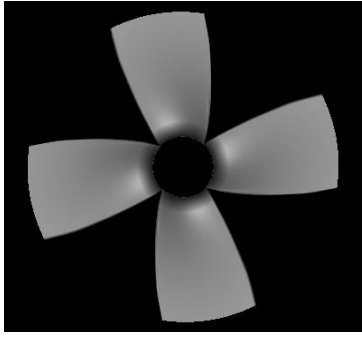


Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

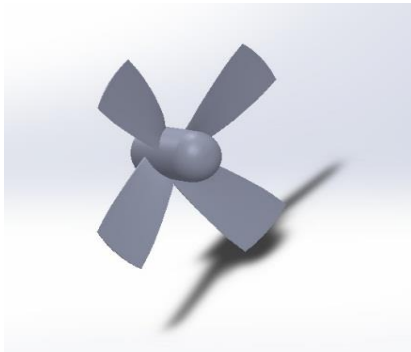
### 4.1. Pembuatan Model

Data ukuran utama propeller diolah menggunakan software pemodelan propeller yang merupakan software pengolah koordinat baling – baling.



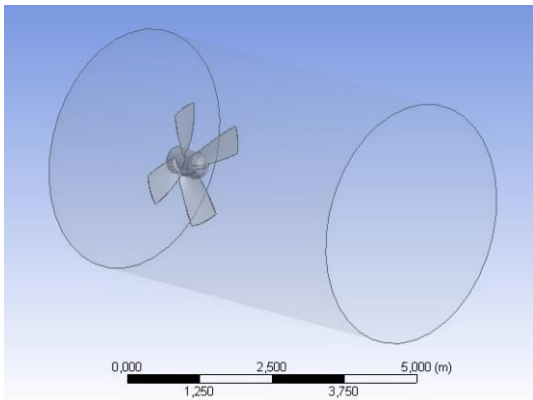
Gambar 11. *Software* Pemodelan *Propeller*

Selanjutnya dilakukan pembuatan 3D model untuk diolah menjadi benda solid sebelum dimasukkan ketahap analisa, pemodelan 3D tersebut menggunakan *software solidwork 3d*.



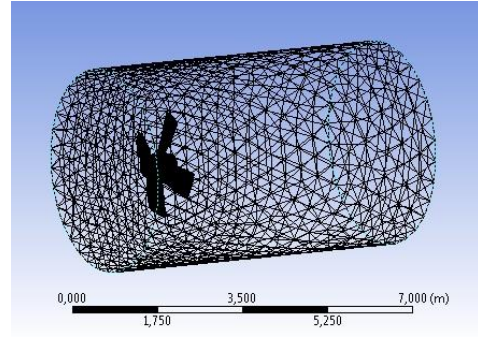
Gambar 12. *Software* Pemodelan 3D

Tahap selanjutnya yaitu *geometry* dimana model dilakukan pengecekan apakah model sudah *solid*. Lalu dilakukan pembentuk *boundary* pada bidang sumbu x y z dan pendefinisian setiap bagian boundary seperti pengaturan inlet, outlet, dan wall.



Gambar 13. Tahap *Geometry*

Selanjutnya tahap *meshing* untuk menentukan ukuran tiap elemen dan mengatur kedetailan melalui ukuran elemen yang kita gunakan.



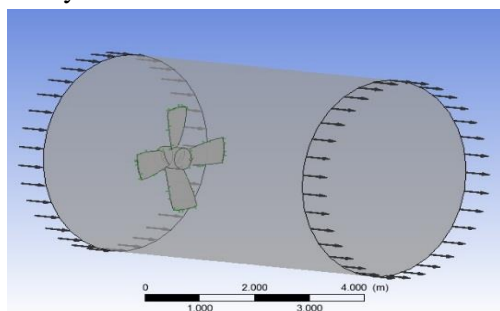
Gambar 14. Tahap *Mesh*

Selanjutnya kita mengatur setiap kriteria yang kita gunakan dengan mengatur *Set-up*. *Set-up* yang digunakan merupakan kriteria yang telah di validasi dahulu sebelumnya sehingga mendapatkan hasil yang memiliki *error* tidak jauh dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Berikut *Domain Physics* yang digunakan.

Tabel 1. *Domain Default*

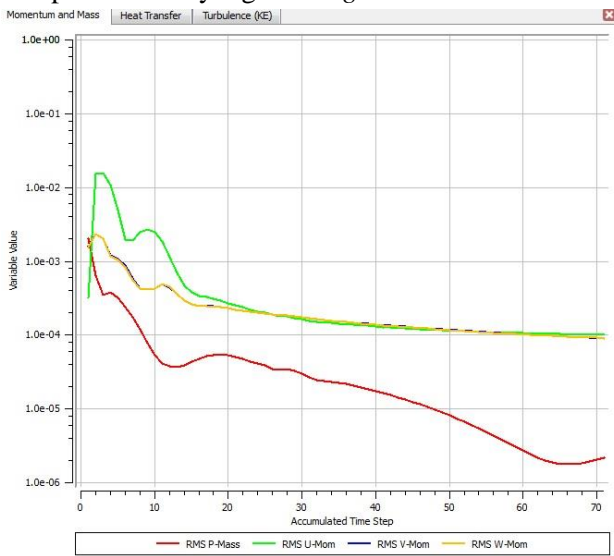
<b>Domain - Default Domain</b>	
Type	Fluid
Location	B342
<i>Materials</i>	
Water	fluid
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating
Angular Velocity	[rev min <sup>-1</sup> ]
Axis Definition	Coordinate Axis
Rotation Axis	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

Berikut merupakan gambar dari pengaturan *set-up* pada *boundary* yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.



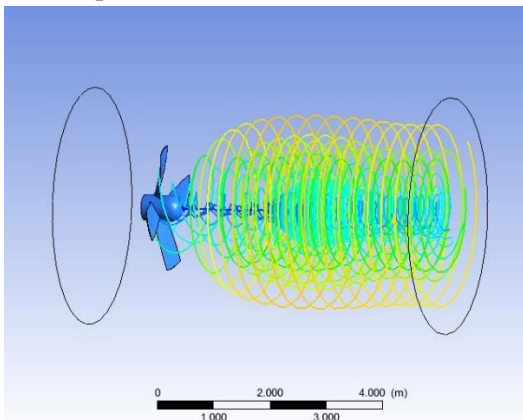
Gambar 15. *Boundary Set-up*

Tahap *solution* yaitu tahap dimana *boundary* yang telah diberi kriteria dilakukan iterasi hingga didapatkan hasil yang *convergence*.



Gambar 16. *Convergence model*

Tahap akhir yaitu tahap *post* dimana kita mendapatkan hasil yang dapat disimulasikan baik 3D ataupun 2D.



Gambar 17. *Result model*

## 4.2 Validasi Model

Validasi digunakan untuk menentukan *boundary condition* yang tepat untuk menganalisa 3 model *propeller*. Acuan model untuk divalidasi diambil dari pengujian *propeller* kapal trimaran, yaitu *propeller* yang digunakan tipe *B-series*, *Au-outline*, dan *Kaplan* sudut kemiringan *hub propeller*  $0^\circ$ , berikut data *propeller* untuk di validasi :

- Diameter *propeller* : 2,21 m
- Jumlah blade : 4
- Pitch/diameter : 0,80
- Skew, Degree :  $10^\circ$

Pada penelitian tersebut diambil rpm yang mendekati rpm yang digunakan pada jurnal. Pada hasil perhitungan dengan CFD pada *software* berbasis CFD adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Perbandingan Hasil uji coba dengan simulasi CFD

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil uji coba ( $K_T$ ) (AU,B,Kaplan)	Hasil simulasi CFD ( $K_T$ ) (AU,B,Kaplan)	Error (%)
450	3,106	3,331	3,2 %
450	3,326	3,506	3,0 %
450	3,472	3,722	3,5 %

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil uji coba ( $K_Q$ ) (AU,B,Kaplan)	Hasil simulasi CFD ( $K_Q$ ) (AU,B,Kaplan)	Error (%)
450	0,83	0,783	2,8 %
450	0,78	0,768	3,1 %
450	0,765	0,778	2,7 %

## 4.3 Pembahasan

### 4.3.1 Pembahasan Perbandingan *Thrust* dan *Torque* pada model.

Dari hasil analisa *thrust* tertinggi pada 450 rpm yaitu *propeller Kaplan Series* dengan kemiringan *hub propeller*  $0^\circ$  dengan nilai 31562,78 N, sedangkan pada B series 28213,92 N dan Au-Outline 26592,91 N yaitu dengan sudut kemiringan *hub propeller*  $0^\circ$ .

Dari hasil analisa *torque* tertinggi pada 450 rpm yaitu *propeller Kaplan Series* dengan kemiringan *hub propeller*  $0^\circ$  dengan nilai 9210,25 N, sedangkan pada B series 6591,75 N dan Au-Outline 6423,10 N yaitu dengan sudut kemiringan *hub propeller*  $0^\circ$

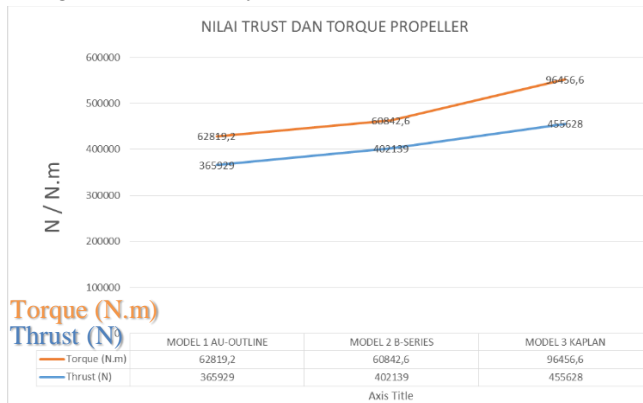
(tabel 3) berikut :

Tabel 3. Tabel *Thrust* dan *Torque Propeller*

Model (jenis <i>propeller</i> )	Au-Outline	B-Series	Kaplan
Thrust	26592,91	28213,92	31562,78
Torque	6423,10	6591,75	9210,25
Rpm	450	450	450



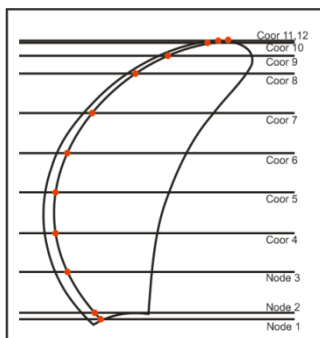
Dari hasil analisa *thrust* dilakukan perbandingan nilai *thrust* antara sudut 0° dengan model lainnya seperti yang telah terdapat pada (tabel 4) berikut: Tabel 4. Tabel Presentase Perbandingan *Thrust* dan *Torque* dengan model lainnya .



Gambar 18. Grafik Presentase Perbandingan *Thrust* dan *Torque* (*Thrust* grafik biru dan *Torque* grafik merah).

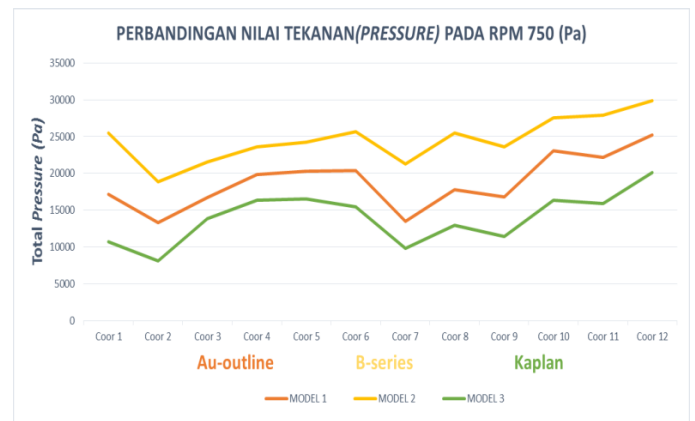
#### 4.3.2. Pembahasan Perbandingan *Pressure* pada model

Berikut adalah koordinat dari setiap titik dan garis yang digunakan untuk menentukan *pressure* pada analisa.



Gambar 19. Koordinat *Pressure*

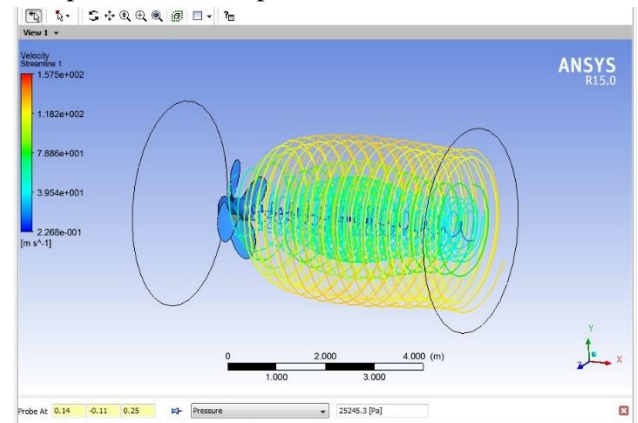
Dari hasil analisa pada *propeller* B-series, Au-Outline dan Kaplan dengan kemiringan *hub propeller* 0° memiliki *pressure* tertinggi adalah 24597,875 Pa yaitu tipe *propeller* B-Series dan yang terendah pada Kaplan 13978,68 Pa Seperti yang telah terdapat pada grafik berikut :



Gambar 20. Grafik *Pressure* pada model.

#### 4.3.4 Pembahasan Perbandingan Simulasi Turbulensi pada 450 Rpm dari 3 model.

Berikut adalah koordinat untuk menentukan kecepatan rata - rata pada analisa:



Gambar 21. Koordinat *Velocity*

Setelah dibandingkan pada putaran 450 rpm dari ketiga model tersebut didapatkan bentuk aliran paling baik pada *propeller* Au-Outline series dengan sudut kemiringan *hub* 0° dengan nilai kecepatan rata-rata 17,4 m/s.

#### 4.3.5. Pembahasan Perbandingan Simulasi Efisiensi dari 3 model.

Mencari nilai efisiensi dari *propeller* menggunakan rumus

$$\eta_0 = \frac{JKT}{2\pi KQ} \quad \eta_0 = \frac{TxVa}{2x\pi xNxDQ}$$

Dimana:

- KT = Koefisien gaya dorong baling-baling
- KQ = Koefisien torsi baling-baling
- J = Koefisien *advanced* baling-baling
- Va = kecepatan *advanced*
- D = diameter *propeller*
- N = putaran *propeller*

T = thrust propeller  
 Q = torque propeller  
 $\rho$  = massa jenis

Tabel 10. Hasil Nilai Efisiensi 3 Propeller.

Model Propeller	AU-4 OUTLINE	B-4 SERIES	KAPLAN-4 SERIES
Pressure (Pa)	8235	8098,6	8157,6
Thrust (N)	26592,9	28213,92	31562,78
Torque (N.m)	6423,1	6591,75	9210,25
V (m/s)	17,4	17,95	17,8
D (m)	2,21	2,21	2,21
n (RPM)	450	450	450
Va (knot)	18,6	18,6	18,6
J	0,011	0,011	0,011
KT	3,261	3,459	3,871
KQ	0,78	0,808	1,129
$\eta_0$ (efisiensi)	33,2 %	33,4 %	30,7 %

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

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

1. Setelah dilakukan analisa model propeller B-Series, Au-Outline dan Kaplan series dengan sudut kemiringan 0° hub propeller dengan Rpm model yaitu 450 Rpm didapatkan hasil sebagai berikut, pada model B-series memiliki thrust sebesar 28213,92 N, torque sebesar 6591,75 N.m , pressure sebesar 80985,6 Pa dan velocity sebesar 17,95 m/s. Analisa model propeller Au-Outline Series, dengan 450 Rpm didapatkan hasil sebagai berikut, pada model Au-Outline Series memiliki thrust sebesar 26592,91 N ,torque sebesar 6423,10 N.m , pressure sebesar 8235 Pa dan velocity sebesar 17,4 m/s. Analisa model propeller Kaplan Series, dengan 450 Rpm didapatkan hasil sebagai berikut, pada model Kaplan Series memiliki thrust sebesar 31562,78 N ,torque sebesar 9210,25 N.m , pressure sebesar 8157,6 Pa dan velocity sebesar 17,8 m/s.
2. Perbandingan dari setiap nilai thrust, torque, pressure, terbesar pada 450 RPM, dengan kemiringan hub propeller 0° adalah jenis propeller kaplan series. Jenis

propeller B-4 series merupakan jenis propeller yang memiliki kecepatan dan aliran turbulensi terbaik pada RPM 450 di kapal Trimaran..

3. Propeller yang optimum digunakan pada kapal KRI Klewang I yaitu Propeller B-series dengan sudut kemiringan hub propeller 0° dengan 450 RPM dengan nilai efisiensi sebesar 0,334022 atau 33,4%.

### Daftar Pustaka

- [1] Clarendon Press, Oxford, The New Shorter Oxford English Dictionary, English, 1993, Vol. 2 N-Z

- [2] Prof Joulbert, P.N, 2004, Some Aspect of Submarine Design Part 1 Hydrodynamics, Australian Government: Australian
- [3] Poul Anderson, Jens J.Kappel, Eugen Spangenberg, 2009, Aspects of Propeller Developments for a Submarine, Department
- [4] Harvald, Sv, Aa. 1992. Tahanan dan Propulsi Kapal. Surabaya : Airlangga University Press
- [5] Carlton, J.2007. Marine Propellers and Propulsion, 2nd Edition. Butterworth-Heinemann
- [6] Carlton, J.2007. *Marine Propellers and Propulsion, 2nd Edition. Butterworth-Heinemann Penta, AB Volvo, 1998, Inboard Propellers and Speed Calculation Marine Engines 2.1L-1.6L*, Technical Information Dept.42200 Gotteborg: Sweden
- [7] Cahyaning Ati,Wisnu, 2011, *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Rake Propeller B-Series Terhadap Distribbusi Aliran Fluida Dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS: Surabaya
- [8] Simbolon, Herbet. 2015, *Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series dan Kaplan Series Pada kapal Tugboat Ari 400 HP dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan CFD*, Tugas akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP : Semarang.
- [9] Purwanto, Ajib Wahab, 2014, *Analisa pengaruh variasi hullform terhadap hambatan total kapal selam dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [10] Huda,Nurul, 2013, *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [11] Dimas Bagus Darmawan, 2016, *Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Hub Propeller Tipe B-Series Pada Kapal Selam Tipe Menengah Untuk Mengoptimalkan Kinerja Kapal Selam Dengan Metode CFD*, Penelitian, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang