

2. Konsistensi, yaitu urutan numerik untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan dengan persamaan pengendalian sebagai jarak grid mendekati nol.
3. Stabilitas, yaitu penggunaan faktor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik stabil dalam setiap kesalahan pembuatan *path* data awal maka dapat menyebabkan terjadinya osilasi atau divergensi.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian digunakan agar dalam pengerjaan penelitian dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Dalam metode penelitian akan memuat semua kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Labo Propulsi Kapal Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Waktu Penelitian

Direncanakan penelitian akan dilakukan selama 3 bulan yakni dari bulan September 2020 – Juli 2021.

3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini peneliti merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Dalam hal ini, teori kapal perikanan, teori propeler, nilai *thrust*, efisiensi *propeller*, dan metode perhitungan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Studi literatur ini dapat di peroleh dari buku, jurnal, paper atau dari internet.

3.3 Pengumpulan Data

Adapun data – data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kapal, koefisien bentuk kapal, data *propeller*, data poros, dan data motor penggerak.

1. Data Kapal

Data kapal yang digunakan pada penelitian ini adalah data kapal yang diperoleh dari penelitian sebelumnya yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data kapal KM. INKA MINA 759

Parameter	Dimensi	
<i>Length Over All (LOA)</i>	26	m
<i>Length Water Line (LWL)</i>	24	m
<i>Length Between Perpendiculars (LBP)</i>	22,3	m
<i>Breadth (B)</i>	4,2	m
<i>Depth (H)</i>	1,8	m
<i>Draft (T)</i>	1,2	m
Displacement	65,71	ton
V	10,7	knot

Tabel 3.2 Koefisien bentuk kapal

Parameter	Dimensi
C _b	0,45
C _p	0,62
C _m	0,72
C _w	0,76

2. Data *Propeller* Kapal

Data *Propeller* diambil dari penelitian sebelumnya.

Tabel 3.3 Data *propeller*

Parameter	Dimensi
D	0,76 m
Z	4
<i>Pitch</i>	0,71
<i>Ae/Ao</i>	0,55
<i>P/D</i>	0,93
n (rps)	13,29

3. Data Motor Penggerak Kapal

Data motor penggerak kapal diperoleh dari penelitian sebelumnya.

Tabel 3.4 Data motor penggerak

Parameter	Dimensi
PB	127 kW
n(rps)	1500/60

3.4 Kriteria *Propeller Clearance*

Untuk mengetahui pengaruh peletakan *propeller* terhadap efisiensi *propeller*, maka dilakukan konfigurasi peletakan *propeller* dengan melakukan perubahan jarak antara *propeller post* dengan lambung kapal dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jarak minimum clearance antara tip *propeller* dan lambung kapal

$$\% = 0,23 - (0,02 \times n) ; \text{dimana } n = 4$$

Maka jarak minimum clearance antara *tip propeller* dan lambung kapal adalah 0,15%D atau 0,129 m

2. Jarak minimum antara *propeller post* dengan lambung kapal

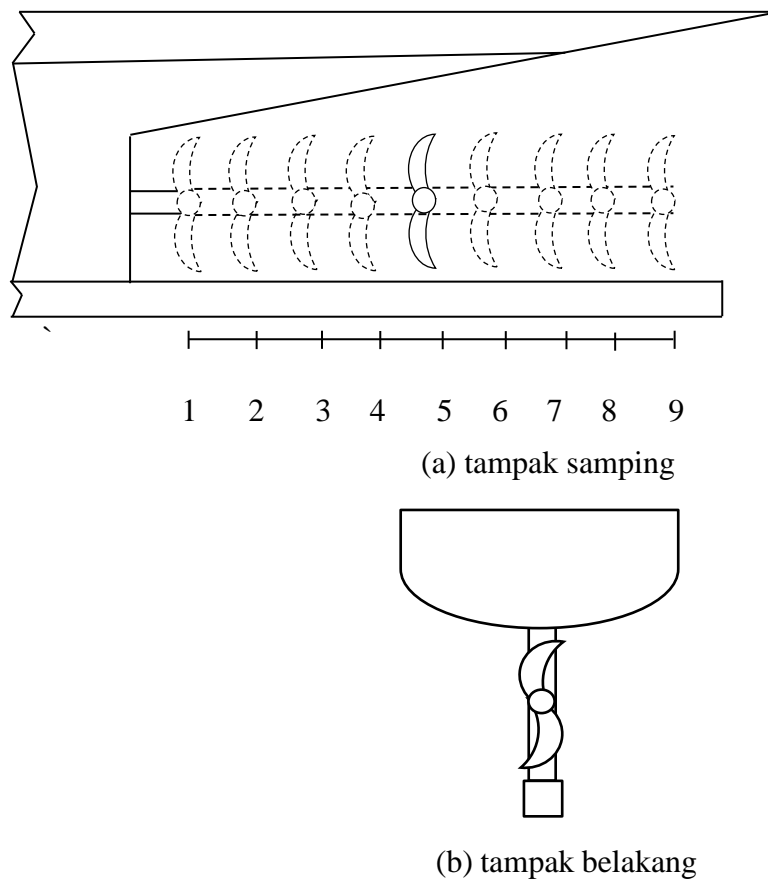
$$\% = 0,33 - (0,02 \times n) ; \text{dimana } n = 4$$

Maka jarak minimum antara *propeller post* dengan lambung kapal adalah 0,25%D atau 0,205 m

Berdasarkan ketentuan diatas, maka di buat sembilan konfigurasi peletakan *propeller* dengan mengubah jarak antara *propeller post* dengan lambung kapal dengan tetap memperhatikan jarak minimum clearance antara *tip propeller* dan lambung kapal.

Tabel 3.5 Konfigurasi peletakan *propeller*

Konfigurasi	Jarak <i>propeller</i> (m)	%D
1	0,206	27,11
2	0,305	40,13
3	0,403	53,03
4	0,502	66,05
5	0,600	78,95
6	0,665	87,50
7	0,731	96,18
8	0,797	102,63
9	0,863	109,21



Gambar 3.1 (a) (b) Konfigurasi peletakan *propeller*

3.5 Pemodelan Struktur

Dalam proses pemodelan struktur, data kapal dan data *propeller* yang telah didapatkan melalui studi literatur digunakan untuk membuat model struktur. Model struktur ini terdiri dari lambung dan *propeller* kapal.

Dalam pemodelan lambung kapal, parameter yang digunakan adalah *Length Water Line* (LWL), *Breadth* (B), *Draft* (T), C_b (Koefisien blok), V_s (Kecepatan dinas). Pemodelan *propeller* menggunakan parameter ukuran yaitu diameter, *expanded bar*, *pitch ratio* dan jumlah *blade*. Untuk peletakan *propeller* menggunakan rumus yang telah ditentukan.

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan beberapa software pendukung yaitu Maxsurf untuk membuat model kapal, Hydrocom Propcad untuk membuat model propeller dan Rhinoceros 5.0 untuk membuat model *propeller* dan kapal berbentuk solid.

3.6 Simulasi CFD

Dalam penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik *solver fluid flow analys* (CFX) yang berbasis *Computational Fluid Dynamic* melalui software Ansys CFX R18.1. Analisa yang akan dilakukan adalah pemodelan, simulasi, perhitungan *thrust* dan torsi *propeller*, dan perhitungan efisiensi propulsi. Simulasi yang dibuat adalah sebuah kapal dengan kecepatan 5,504 m/s dan kecepatan putaran *propeller* 13,29 rps, kemudian dilakukan variasi peletakan *propeller*.

Langkah-langkah simulasi dibagi dalam beberapa tahapan yaitu:

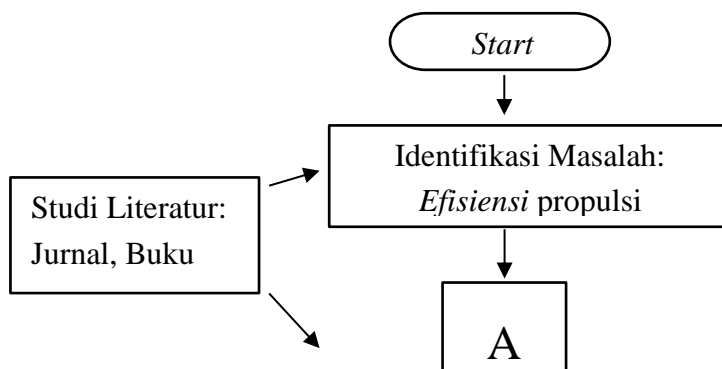
- *Geometry*
- *Mesh*
- *Setup*
- *Solution*
- *Result*

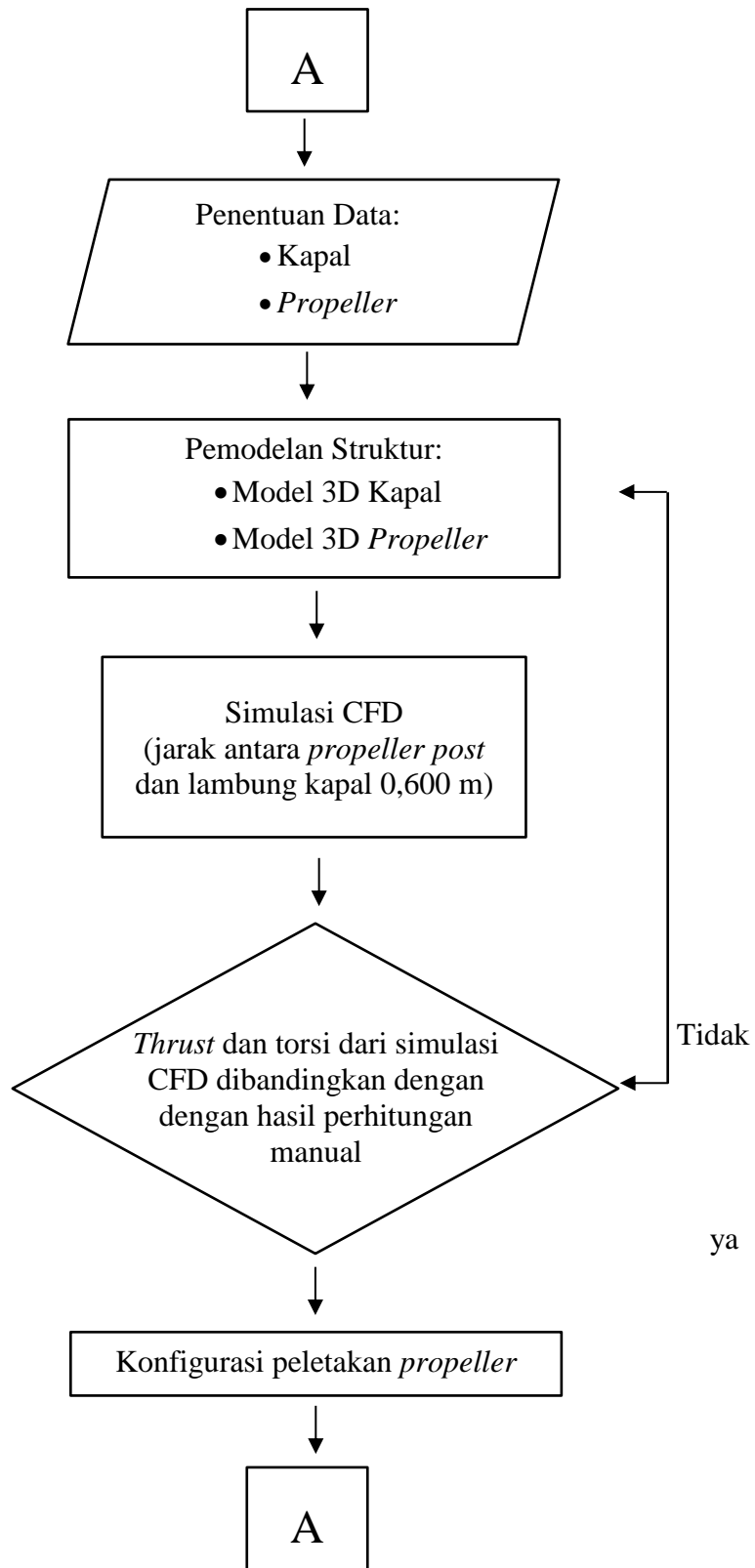
3.7 Analisa Data dan Pembahasan

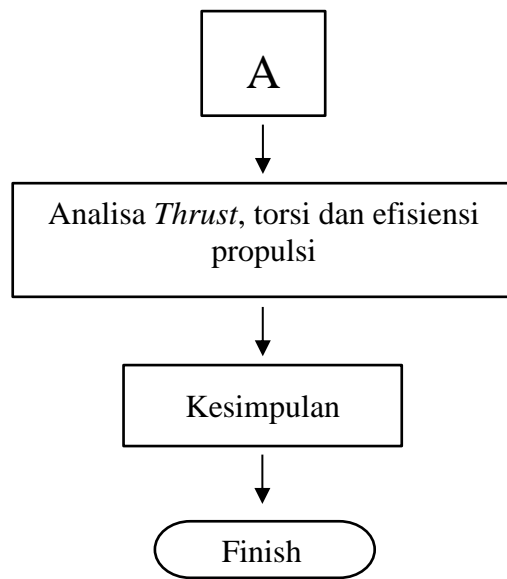
Setelah proses simulasi selesai, tahap selanjutnya adalah menganalisa dan membahas hasil simulasi dengan membanding hasil simulasi setiap model dan menentukan jarak clearance yang efektif untuk kapal perikanan yang diteliti.

3.8 Diagram alir penelitian

Berikut ini diagram alir penelitian:







Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

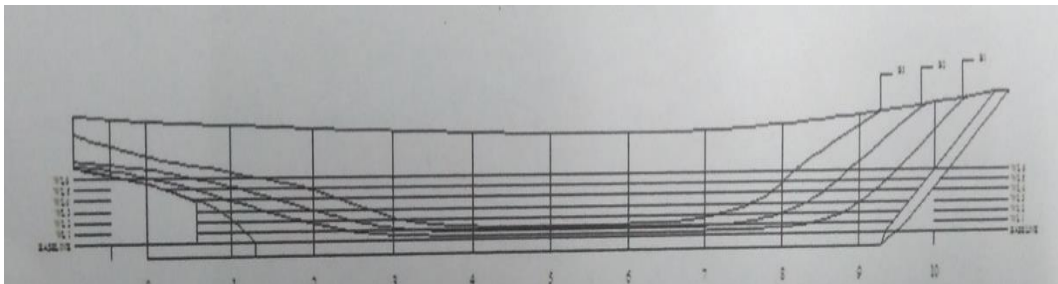
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Pelaksanaan

4.1.1 Tahap Pemodelan

1. Pemodelan Lambung Kapal

Setelah data yang dibutuhkan telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan model. Model yang pertama kali dibuat adalah model kapal. Pembuatan model kapal menggunakan software Maxsurf. Data-data yang dibutuhkan adalah ukuran utama kapal dan gambar lines plan dari kapal.



Gambar 4.1 *Lines plan* KM. Inka Mina 759

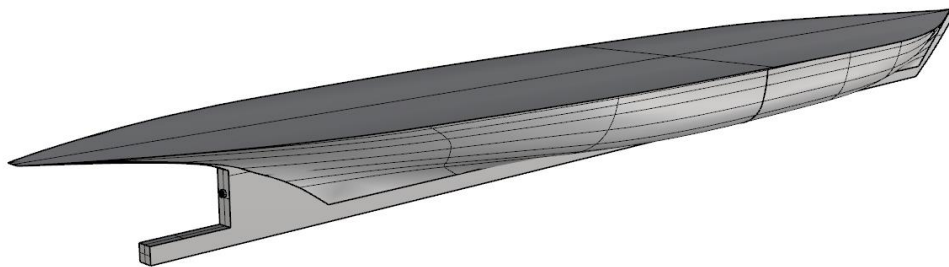
Gambar *lines plan* digunakan sebagai *background image* dalam pembuatan model. Model mengikuti gambar *lines plan* dengan 3 (tiga) bagian, yaitu tampak depan dan belakang (*body plan*), tampak atas atas (*waterplan*), dan tampak samping (*side plan*).

Untuk mengecek kebenaran dari sebuah model, perlu dilakukan validasi model yang sebenarnya dengan model yang dibuat menggunakan software. Validasi menggunakan perbandingan antara hasil perhitungan hidrostatis dengan data referensi yang telah didapatkan. Apabila selisih antara model dan referensi tidak lebih dari 5%, maka model dinyatakan valid.

Tabel 4.1 Validasi model lambung

Ukuran Utama	Nilai		Unit	Selisih (%)	Keterangan
	Model	Referensi			
LBP	22,3	22,3	m	0,000	Memenuhi
LWL	23,99	24	m	0,042	Memenuhi
B	4,17	4,2	m	0,700	Memenuhi
T	1,2	1,2	m	0,000	Memenuhi
Cb	0,45	0,45	m	0,000	Memenuhi
<i>Displacement</i>	65,43	65,71	ton	0,426	Memenuhi

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa model yang dibuat valid karena selisih antara nilai model dengan nilai referensi di bawah 5%. Setelah itu langkah selanjutnya adalah melakukan penyempurnaan model menggunakan software Rhinoceros 5.0.

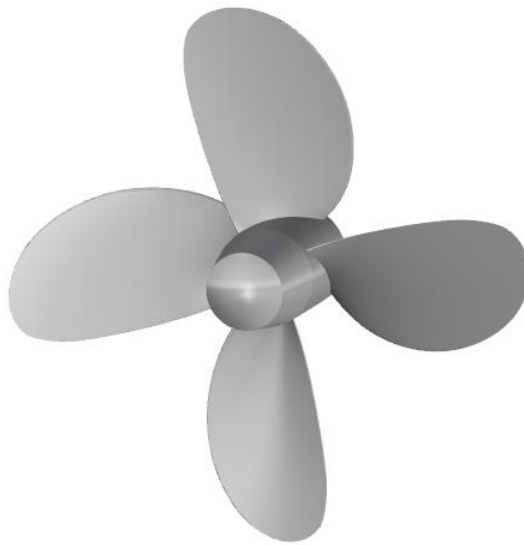


Gambar 4.2 Model Kapal Perikanan KM. Inka Mina 759

2. Pemodelan *propeller* kapal

Pemodelan *propeller* menggunakan software Hydrocom Propcad dengan menggunakan beberapa parameter kemudian dilakukan penyempurnaan model di Rhinoceros 5.0.

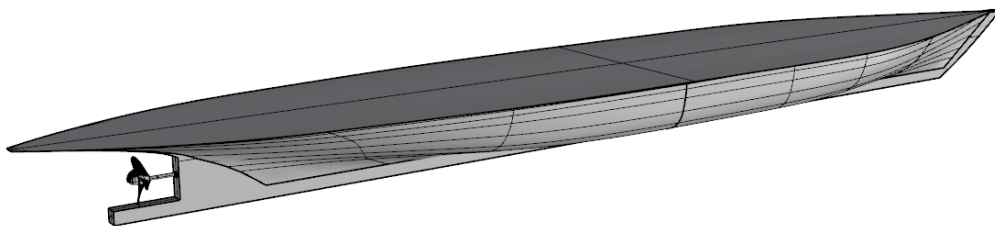
Sumbu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumbu Z. Setelah itu model di export dalam bentuk file stp (.stp) agar model terbaca pada saat di import dalam software ansys.



Gambar 4.3 Model *propeller* kapal

3. Penggabungan Model

Setelah pembuatan masing-masing model yaitu model kapal dan model *propeller* maka, langkah selanjutnya adalah menggabungkan kedua model tersebut. Setelah digabungkan langkah selanjutnya yang dilakukan adalah membuat konfigurasi peletakan *propeller* yaitu jarak horisontal antara *propeller* post dengan lambung.



Gambar 4.4 Penggabungan Model

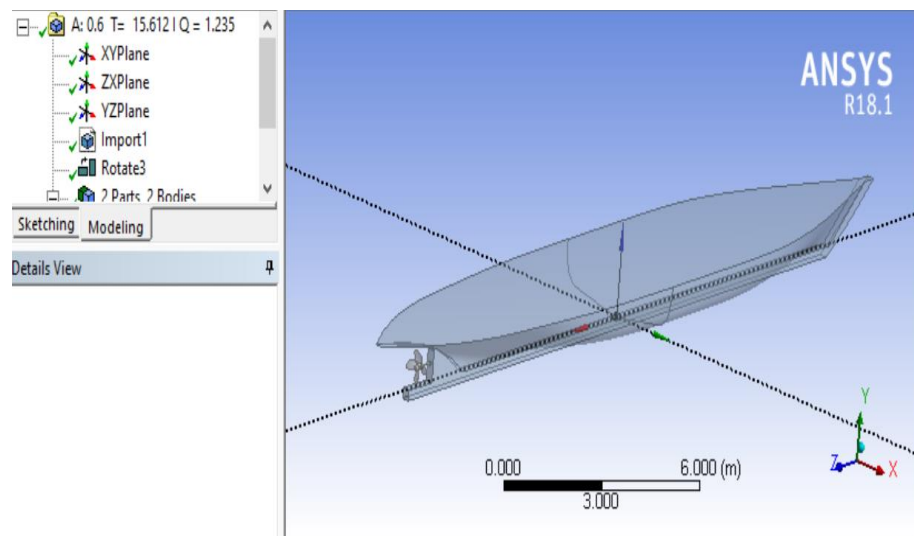
4.1.2 Tahap Simulasi

Tahap simulasi terdiri dari 5 tahapan yaitu:

a. Tahap Geometry

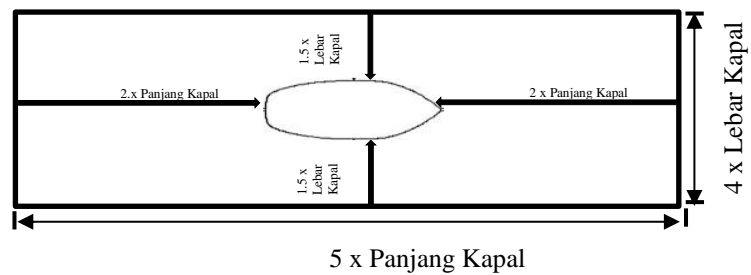
Tahap geometri adalah tahap utama yang dilakukan dalam proses simulasi yaitu pembuatan model yang akan di analisa. Dalam tahap ini akan diketahui pertama kali apakah model yang dibuat telah solid. Proses pembuatan model dapat

dilakukan langsung di Ansys CFX pada menu geometry namun, dalam penelitian ini model yang digunakan sangat rumit sehingga pembuatan model dilakukan di luar Ansys yaitu di Rhinoceros 5.0. Setelah model di Rhinoceros telah selesai dibuat dan telah berbentuk file stp (.stp) langkah selanjutnya adalah import file ke Ansys menggunakan menu file > *import external geometry file* > pilih file model > OK > *generate*. Apabila muncul keterangan ready atau tanda centang biru maka model telah solid dan bisa digunakan. Arah kapal diatur searah dengan sumbu z.



Gambar 4.5 Pengaturan *geometry* Ansys CFX 18.1

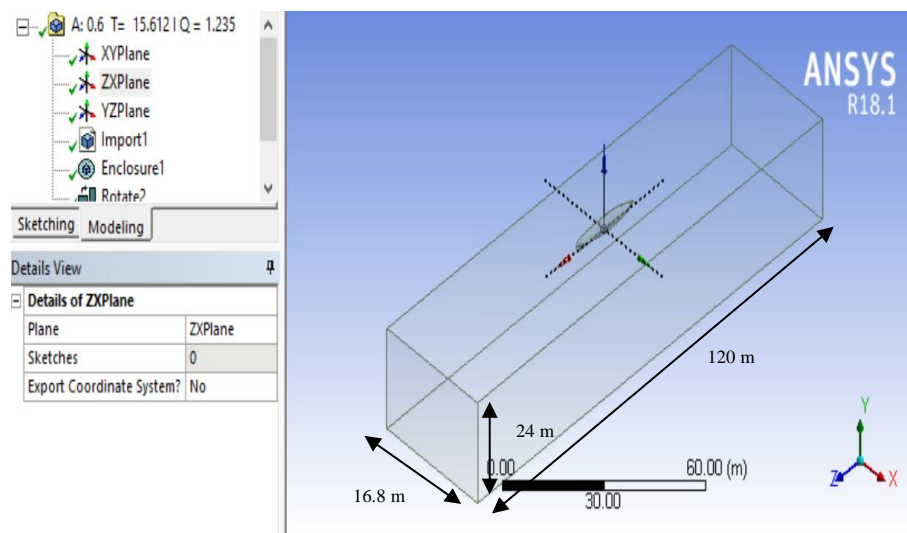
Langkah selanjutnya adalah penentuan *Boundary Condition* atau kondisi batas. Kondisi batas adalah wilayah kerja dari simulasi yang akan dijalankan. *Boundary condition* dibentuk dengan memperhatikan jarak model ke batas-batas domain seperti jarak *upstream* dan *downstream* terhadap model, sehingga tidak ada pengaruh dari batas-batas domain terhadap model [18]. Domain dapat diartikan sebagai media dimana model uji bergerak. Dalam penelitian ini domain yang digunakan berbentuk kolam dengan ukuran-ukuran yang telah ditentukan. Kapal diletakkan pada sebuah domain yang sudah dibuat dengan ukuran depan kapal 2 kali panjang kapal, dibelakang 2 kali panjang kapal, sisi kanan 1,5 kali lebar kapal, sisi kiri 1,5 kali lebar kapal dan tingginya adalah 20 kali sarat kapal. Perencanaan *boundary domain*:



Gambar 4.6 Pengaturan kondisi batas

Keterangan ukuran *boundary domain*:

Panjang	: 5 x L	= 5 x 24 m	= 120 m
Lebar	: 4 x B	= 4 x 4,2 m	= 16,8 m
Tinggi	: 20 x T	= 20 x 1,2 m	= 24 m



Gambar 4.7 Boundary domain

b. Tahap Pendefinisian Nama-Nama *Boundary Condition* dan *Meshing*

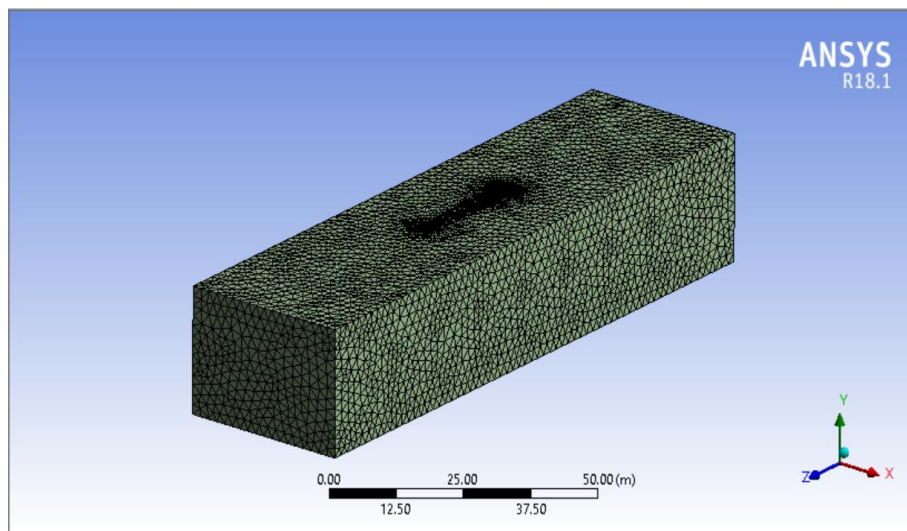
Setelah tahap geometri maka tahap selanjutnya adalah pendefinisian nama-nama *boundary condition*. Dalam penelitian ini digunakan:

- *Inlet* didefinisikan tempat masuk aliran fluida dengan kecepatan fluida sesuai dengan kecepatan kapal.
- *Wall* didefinisikan sebagai dinding. Dinding fluida dianggap berada pada kondisi tidak ada gesekan sehingga boundary detail diisikan *no slip wall* yang berarti kecepatan fluida yang mendekati dinding tidak mengalami

perlambatan sehingga dengan kata lain pada bagian ini tidak mengalami kekasaran.

- *Outlet* didefinisikan sebagai tempat keluarnya fluida. Zona *outlet* memodelkan aliran keluar dari domain stationer dalam keadaan tekanan statis normal.

Selanjutnya adalah proses *Meshing*. *Meshing* adalah pembagian model geometry yang akan di analisa menjadi beberapa elemen-elemen kecil. Nilai akurasi hasil simulasi juga dipengaruhi oleh ukuran meshing. Semakin kecil ukuran meshing, maka akan semakin banyak elemen yang terbentuk sehingga nilai lebih akurat. Akan tetapi semakin kecil ukuran meshing akan berpengaruh terhadap waktu analisa. Dalam penelitian ini menggunakan jenis meshing *unstructured mesh*. Dalam penelitian sebelumnya penggunaan jenis *unstructured mesh* lebih baik dibandingkan jenis structure mesh [19].



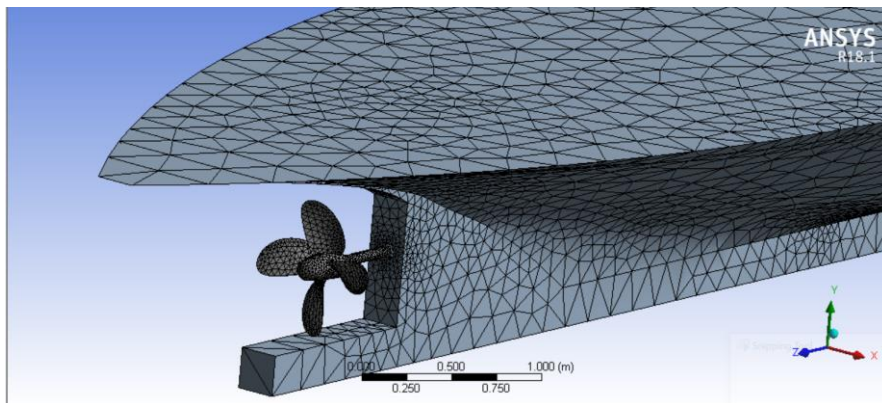
Gambar 4.8 Proses *Meshing*

Dalam penelitian ini jumlah *element mesh* dipilih *Fine*, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyatakan bahwa menggunakan *fine* akan memiliki hasil yang lebih akurat dan waktu komputasi yang tidak terlalu membutuhkan banyak waktu [20].

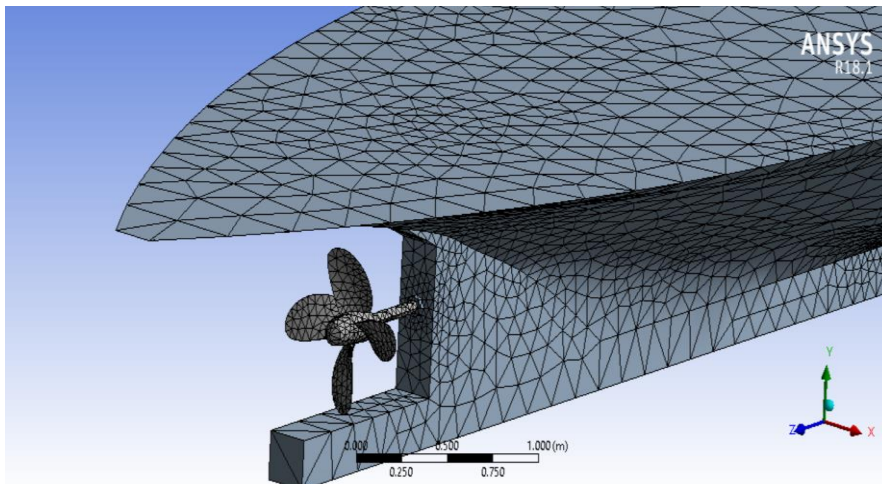
Tabel 4.2 Jumlah *grid mesh*

Jumlah Elemen (N)	N1	N2	N3
T (simulasi)	14,802	15,115	15,612
T (perhitungan)	15,463	15,463	15,463
Persentase %	4,27	2,41	0,96
Waktu simulasi	10 menit	15 menit	22 menit

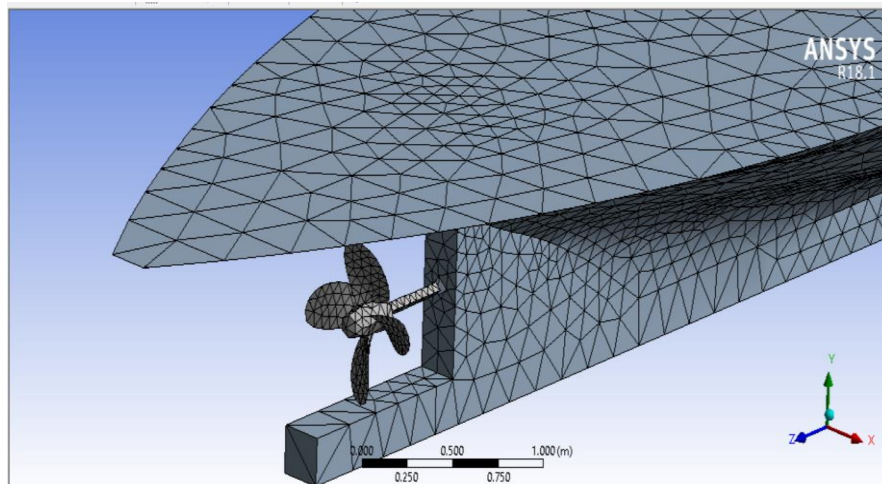
Ket: N1 = Jumlah elemen (coarse)
 N2 = Jumlah elemen (medium)
 N3 = Jumlah elemen (fine)



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.9 (a) *fine*, (b) *medium*, (c) *coarse*

c. Tahap Set-Up

Setelah proses *meshing* dan pendefinisian nama *boundary condition*, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah setup. Setup adalah proses setting hal-hal yang berkaitan dengan simulasi. Tahap setup dibagi dalam tiga langkah yaitu default domain, solver, dan pembuatan ekspresi. Dalam default domain diatur tentang sifat-sifat dalam analisis, seperti arah aliran fluida, sifat fisik dan sifat fluida yang digunakan.

Tabel 4.3 Kondisi fisik dan aliran pada domain fluida stationer

No.	Parameter	Keterangan
1	<i>Domain type</i>	<i>Fluid domain</i>
2	<i>Material</i>	<i>Water</i>
3	<i>Reference pressure</i>	<i>1 atm</i>
4	<i>Buoyancy model</i>	<i>Non buoyant</i>
5	<i>Domain motion</i>	<i>Stationary</i>
6	<i>Mesh Deformation</i>	<i>None</i>
7	<i>Heat transfer</i>	<i>None</i>
8	<i>Turbulence</i>	<i>Shear Stress Transport</i>
9	<i>Velocity Tipe</i>	<i>Cartesian</i>
10	<i>Cartesian Velocity Component</i>	<i>Automatic With Value</i> $U=0m/s^1, V=0m/s^1, W=0m/s^1$
11	<i>Relative Pressure</i>	<i>1 atm</i>

Tabel 4.4 Kondisi domain kapal

No.	Parameter	Keterangan
1	<i>Domain type</i>	<i>Immersed Solid</i>
2	<i>Domain motion</i>	<i>Stationary</i>

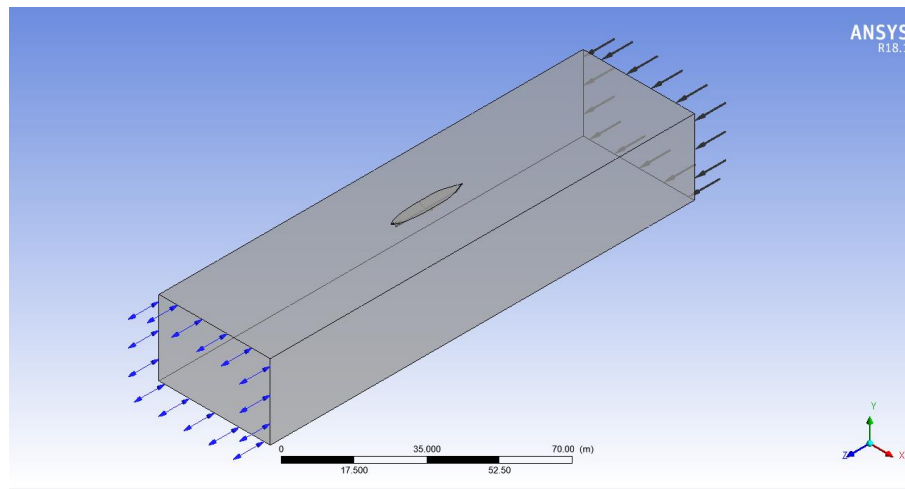
Tabel 4.5 Kondisi domain *propeller*

No.	Parameter	Keterangan
1	Domain type	Immersed Solid
2	Angular Velocity	-13,29 RPS
3	Domain motion	Rotating
4	Axis Definition	Two Points
5	Rotation axis From	X=0, y=0,412099, Z=0
6	Rotation axis To	X=0, y=0,412099, Z=1

Model turbulence yang digunakan menggunakan model $k-\varepsilon$ (SST). SST atau Shear Stress Transport adalah kombinasi dari k -epsilon dan k -omega [21]. Aliran k -epsilon (untuk aliran yang jauh dari boundary layer) memiliki kelebihan yaitu memiliki adverse pressure gradient rendah dan kesensitifannya pada daerah free stream kurang. Sedangkan aliran k -omega (pada aliran dalam boundary layer) memiliki bilangan Reynold yang rendah [22]. Domain kapal (hull) menggunakan tipe domain immersed solid dalam kondisi diam (stationary). Domain propeller menggunakan tipe domain immersed solid dalam kondisi berputar 13,29 put/s.

Pengaturan kondisi batas dalam penelitian ini ada tiga kondisi, yaitu inlet, side, dan outlet.

- a) Kondisi batas inlet untuk mengatur perlakuan terhadap aliran yang masuk ke sistem yaitu 5,504 m/s (kecepatan service kapal).
- b) Kondisi batas side untuk mengatur perlakuan terhadap aliran yang bersinggungan dengan dinding sistem. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa tidak ada pengaruh kekasaran pada besarnya kecepatan aliran fluida.
- c) Kondisi batas outlet digunakan untuk mengatur perlakuan terhadap aliran yang meninggalkan sistem.



Gambar 4.10 *Setup*

d. Tahap Solution

Setelah tahap Set-up selesai, langkah selanjutnya adalah solution. Pada tahap ini akan dilakukan proses perhitungan (*running*) dengan menggunakan persamaan dasar dinamika fluida pada *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

e. Tahap Result

Tahap result adalah tahap akhir dari proses simulasi. Pada tahap ini akan menampilkan hasil dari simulasi. Dalam penelitian ini hasil yang diinginkan adalah nilai *thrust* (*force*), dan nilai torsi (*torque*). Selain menampilkan hasil berupa nilai, visualisasi aliran model juga dapat ditampilkan.

4.2 Data Hasil Simulasi CFD

4.2.1 Nilai *Thrust*

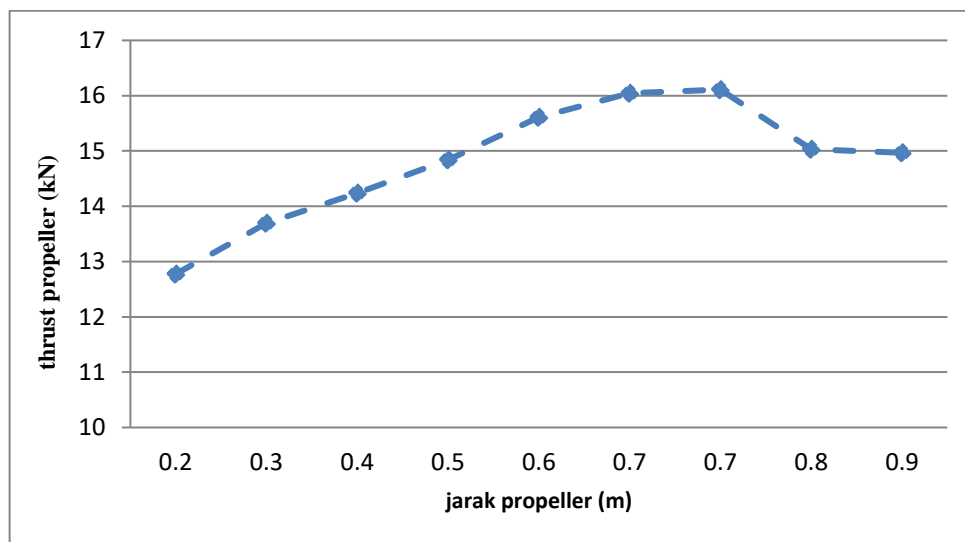
Thrust adalah besarnya gaya dorong yang dihasilkan oleh putaran *propeller* untuk menggerakkan kapal. Nilai *thrust* pada jarak *propeller* yang terpasang saat ini di kapal (0,600 m) adalah 15,214 kN. Berikut adalah nilai *thrust* yang di dapat melalui simulasi CFD dengan beberapa konfigurasi peletakan *propeller*.

Tabel 4.6 Hasil simulasi *thrust propeller*

Konfigurasi	%D	Jarak (m)	<i>Thrust</i> (kN)	KT
1	27,11	0,206	12,775	0,212
2	40,13	0,305	13,697	0,227
3	53,03	0,403	14,236	0,236

Konfigurasi	%D	Jarak (m)	Thrust (kN)	KT
4	66,05	0,502	14,842	0,246
5	78,95	0,600	15,612	0,254
6	87,50	0,665	16,047	0,266
7	96,18	0,731	16,110	0,268
8	102,87	0,797	15,029	0,249
9	113,55	0,863	14,966	0,248

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilai *thrust* yang diperoleh pada saat propeller dipasang pada jarak 0,206 m adalah sebesar 12,775 kN, pada jarak 0,305 m sebesar 13,697 kN, pada jarak 0,403 m sebesar 14,236 kN, pada jarak 0,502 m sebesar 14,842 kN, pada jarak 0,600 m sebesar 15,612 kN, pada jarak 0,665 m sebesar 16,047 kN, pada jarak 0,731 m sebesar 16,110 kN, pada jarak 0,797 m sebesar 15,029 kN, dan pada jarak 0,863 m sebesar 14,966 kN.



Gambar 4.11 Hubungan jarak *propeller* dan *thrust propeller*

Gambar 4.11 menunjukkan nilai optimum *thrust propeller* adalah 16,110 kN pada jarak *propeller* 0,731 m dari linggi poros. Seiring penambahan jarak *propeller* dari jarak 0,206 m sampai 0,731 m terjadi penambahan nilai *thrust propeller*, namun pada saat *propeller* berada pada jarak 0,797 m sampai jarak 0,863 m nilai *thrust propeller* mengalami penurunan. Nilai *thrust* yang tidak optimal pada saat peletakan *propeller* dibawah kondisi normal (dibawah 0,600 m) dapat dikarenakan ketidakcukupan area kerja *propeller* yang ada pada saat *propeller* berputar.

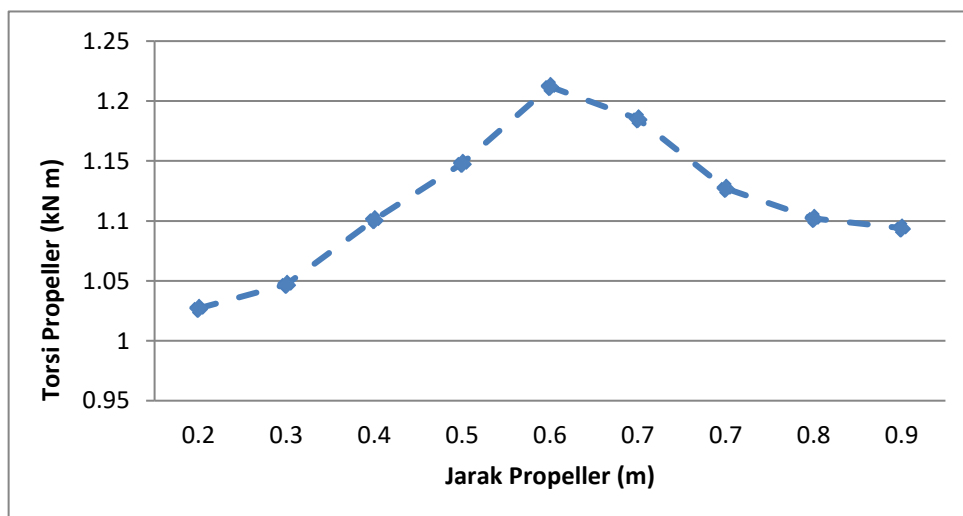
4.2.2 Nilai Torsi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai torsi *propeller* pada jarak *propeller* yang terpasang saat ini di kapal (0,600 m) adalah 1,256 kN m. Berikut adalah nilai torsi yang di dapat melalui simulasi CFD dengan beberapa konfigurasi peletakan *propeller*.

Tabel 4.7 Hasil simulasi torsi *propeller*

Konfigurasi	Jarak (m)	Torsi (kN m)	KQ
1	0,206	1,027	0,022
2	0,305	1,047	0,023
3	0,403	1,101	0,024
4	0,502	1,148	0,025
5	0,600	1,212	0,026
6	0,665	1,185	0,026
7	0,731	1,127	0,025
8	0,797	1,102	0,024
9	0,863	1,094	0,024

Tabel 4.7 menunjukkan nilai torsi yang di peroleh pada saat *propeller* di pasang pada jarak 0,206 m adalah sebesar 11,027 kN m, pada jarak 0,305 m sebesar 1,047 kN m, pada jarak 0,403 sebesar 1,101 kN m, pada jarak 0,502 m sebesar 1,148 kN m, pada jarak 0,600 m sebesar 1,212 kN m, pada jarak 0,665 m sebesar 1,185 kN m, pada jarak 0,731 m sebesar 1,127 kN m, pada jarak 0,797 m sebesar 1,102 kN m, dan pada jarak 0,863 m sebesar 1,094 kN m



Gambar 4.12 Hubungan antara jarak *propeller* dan torsi

Grafik 4.12 menunjukkan grafik hubungan antara jarak *propeller* dan torsi nilai torsi *propeller*. Nilai torsi optimum dihasilkan pada jarak *propeller* 0,600 m dari linggi poros. Seiring penambahan jarak *propeller* terjadi peningkatan nilai torsi, namun pada saat berada pada jarak 0,665 m sampai 0,830 m nilai torsi mengalami penurunan.

4.3 Evaluasi Hasil Simulasi

Evaluasi digunakan untuk mengetahui keakuratan hasil simulasi menggunakan Ansys dengan hasil perhitungan menggunakan rumus empiris.

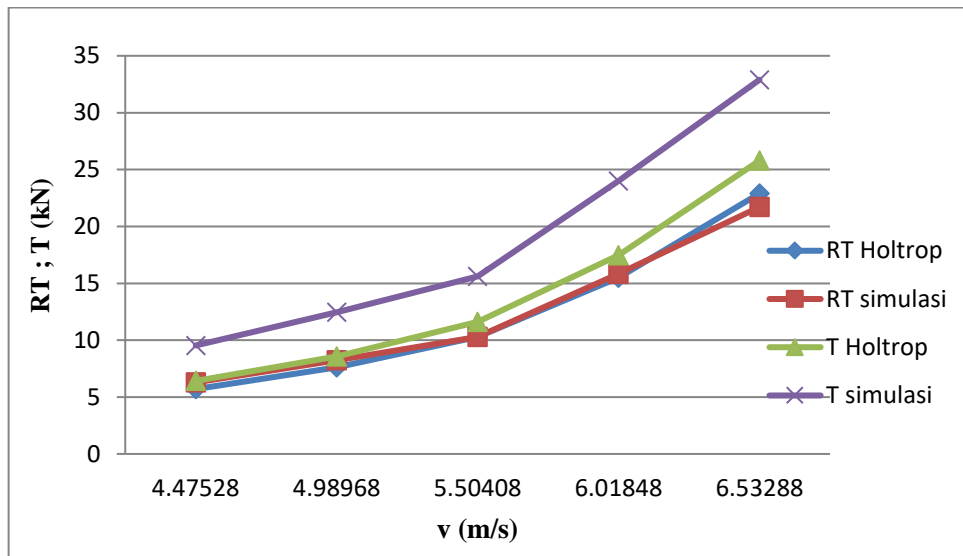
4.3.1 Evaluasi Nilai Tahanan Kapal

Tahanan kapal menjadi salah satu komponen penting yang harus di ketahui pada saat melakukan simulasi. Hal ini dilakukan untuk melihat keakuratan dari model lambung yang di buat.

Tabel 4.8 Nilai tahanan dan *thrust* pendekatan maxsurf dan simulasi CFD

Kecepatan (m/s)	Tahanan (kN)		<i>Thrust</i> (kN)		Selisih (%)	
	Holtrop	Simulasi	Holtrop	Simulasi	Tahanan	<i>Thrust</i>
4,475	5,700	6,291	6,419	9,951	10,400	55,026
4,990	7,600	8,224	8,558	12,768	8,200	49,184
5,504	10,300	10,301	11,599	15,612	0,000	34,596
6,018	15,500	15,836	17,455	24,985	2,022	43,139
6,533	22,900	21,706	25,788	31,970	5,200	23,971

Tabel 4.8 menunjukkan perbandingan nilai tahanan dan *thrust* yang dihasilkan berdasarkan dua pendekatan yaitu pendekatan Holtrop dan pendekatan menggunakan simulasi CFD. Pada kecepatan kapal normal (5,504 m/s) selisih nilai tahanan antara pendekatan CFD dengan pendekatan maxsurf 0,000%. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dibuat untuk simulasi telah tervalidasi.



Gambar 4.13 Perbandingan nilai tahanan dan *thrust* kapal dengan pendekatan maxsurf dan Ansys CFD

4.3.2 Perhitungan *Thrust* pada Jarak 0,600 m

$$Ehp = Bhp \times \eta_{propeller}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Bhp &= Break Horse Power \\ &= Bhp \text{ mesin} \times 85\% \\ &= 127 \text{ kW} \times 85\% \\ &= 107,97 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\eta_{prop} = 0,7$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Ehp &= 107,97 \text{ kW} \times 0,7 \\ &= 75,579 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$Ehp = RT \times V$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V &= Kecepatan kapal \\ &= 5,504 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$RT = \text{Tahanan total}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 RT &= \frac{E_{hp}}{V} \\
 &= \frac{75,579 \text{ kW}}{5,504 \text{ m/s}} \\
 &= 13,731 \text{ kN} \\
 T &= \text{Thrust propeller} \\
 &= \frac{RT}{(1-t)}
 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 t &= \text{thrust deduction} \\
 &= k \times w \\
 k &= 0,5 \\
 w &= 0,5 \times C_b \\
 &= 0,5 \times 0,45 \\
 &= 0,225
 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 t &= 0,5 \times 0,225 \\
 &= 0,112 \\
 1 - t &= 1 - 0,112 \\
 &= 0,888 \\
 T &= \frac{13,731 \text{ kN}}{0,888} \\
 &= 15,463 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan *Torque Propeller*

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{B_{hp}}{2 \times \pi \times n} \\
 &= \frac{107,97 \text{ kW}}{2 \times 3,14 \times 13,29 \text{ s}^{-1}} \\
 &= \frac{107,97 \text{ kW}}{83,461 \text{ s}^{-1}} \\
 &= 1294 \text{ N m} \\
 &= 1,294 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Validasi hasil simulasi

Kecepatan rotasi (rps)	<i>Thrust</i> (kN)		<i>Torque</i> (kN m)		Selisih (%)	
	Perhitungan	Simulasi CFD	Perhitungan	Simulasi CFD	<i>Thrust</i>	<i>Torque</i>
13,29	15,463	15,612	1,294	1,212	1,6	2,9

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan dan hasil simulasi yang telah dilakukan memiliki selisih 1,6% untuk *thrust propeller* dan 2,9% untuk torsi *propeller*. Maka dengan ini dinyatakan bahwa hasil simulasi yang didapatkan valid terhadap hasil perhitungan karena nilai selisih tidak melebihi 5%.

4.4 Efisiensi Propulsi

Efisiensi propulsi adalah perbandingan antara *output* daya yang dihasilkan dengan daya *input* yang disalurkan ke dalam sistem. Dalam penelitian ini dianggap bahwa efisiensi *hull*, efisiensi *relatif rotatif* dan efisiensi transmisi yang dihasilkan konstan sehingga untuk mendapatkan nilai efisiensi propulsi dapat menggunakan persamaan:

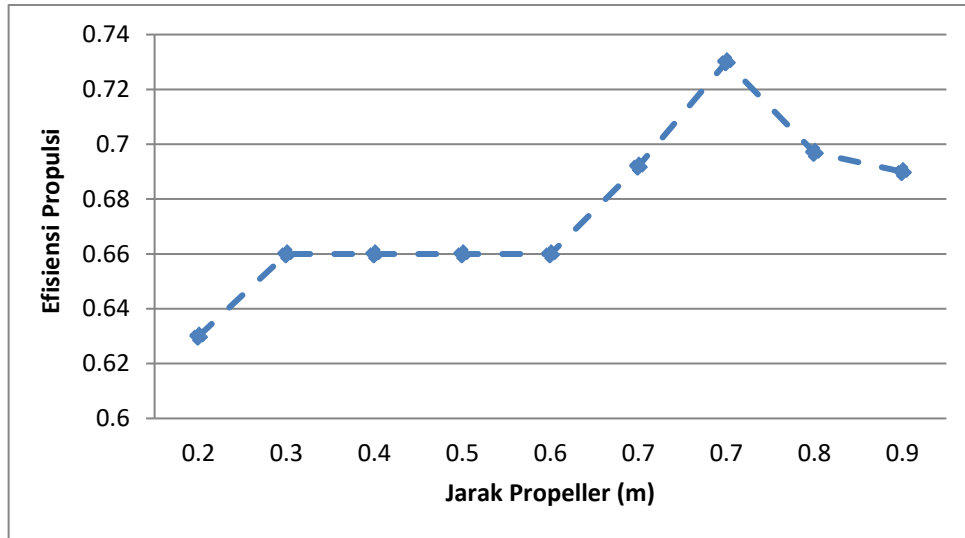
$$\eta \text{ propulsi} = \frac{TXV_S}{2\pi Q_D n} = \frac{K_T}{K_Q} \times \frac{J_S}{2 \times \pi}$$

Tabel 4.10 Nilai efisiensi propulsi pada setiap konfigurasi *propeller*

Konfigurasi	Jarak (m)	<i>Thrust</i> (kN)	Torsi (kN m)	η_{propulsi}
1	0,206	12,775	1,027	0,630
2	0,305	13,697	1,047	0,660
3	0,403	14,236	1,101	0,660
4	0,502	14,842	1,148	0,660
5	0,600	15,612	1,212	0,660
6	0,665	16,047	1,185	0,692
7	0,731	16,110	1,127	0,730
8	0,797	15,029	1,102	0,697
9	0,863	14,966	1,094	0,690

Tabel 4.10 menunjukkan nilai efisiensi propulsi yang dihasilkan akibat perubahan jarak *clearance propeller* pada kapal. Pada jarak 0,206 m nilai efisiensi propulsi sebesar 0,630, pada jarak 0,305 m sebesar 0,660, pada jarak 0,403 m sebesar 0,660, pada jarak 0,502 m sebesar 0,660, pada jarak 0,600 m sebesar 0,660,

pada jarak 0,665 m sebesar 0,692, pada jarak 0,731 m sebesar 0,730, pada jarak 0,797 m sebesar 0,697 dan pada jarak 0,863 m sebesar 0,690.



Gambar 4.14 Hubungan antara jarak *propeller* dengan efisiensi *propeller*

Gambar 4.14 menunjukkan grafik hubungan antara jarak *propeller* dengan efisiensi propulsi yang dihasilkan. Dari grafik dapat dilihat bahwa efisiensi propulsi optimum pada saat *propeller* berada pada jarak 0,731 m dengan efisiensi propulsi sebesar 0,730. Sedangkan efisiensi propulsi terendah adalah pada saat *propeller* pada jarak 0,206 m dengan efisiensi propulsi sebesar 0,630. Nilai efisiensi propulsi optimum dengan *thrust propeller* sebesar 16,110 kN dan torsi propeller sebesar 1,127 kN m. Efisiensi mengalami peningkatan sebesar 10,6%.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil yang telah di kemukakan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Konfigurasi peletakan *propeller* berpengaruh terhadap nilai *thrust* dan torsi *propeller* yang dengan demikian juga berpengaruh terhadap nilai efisiensi propulsi. Nilai *thrust propeller* optimum pada jarak 0,731 m dengan nilai *thrust* sebesar 16,110 kN dan nilai torsi optimum pada jarak 0,600 m dengan nilai torsi sebesar 1,685 kN m. Nilai *thrust* dan torsi meningkat seiring penambahan jarak *propeller* (0,206 m – 0,731 m), namun pada saat *propeller* dipasang pada jarak 0,780 m – 0,830 m nilai *thrust* dan torsi mengalami penurunan. Hal ini dapat diakibatkan oleh kecukupan area kerja *propeller*.
2. Desain *propeller clearance* yang tepat di pasang pada kapal perikanan 30 GT KM. Inka Mina 759 adalah *propeller* pada jarak 0,731 m dari linggi poros dengan efisiensi propulsi sebesar 0,730. Efisiensi propulsi yang dihasilkan pada jarak ini mengalami peningkatan sebesar 10,6% dari peletakan *propeller* sebelumnya (jarak 0,600 m).

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya *clearance propeller* arah vertikal dapat divariasikan.
2. Lebih memperhatikan setiap variable – variable yang ada pada saat proses setup.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad, A. H. “Performa Maneuvering Kapal Perikanan 30 GT Dengan Konfigurasi Propeler Asimetrik”. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis IPB*, Vol. 9, No. 2: 491-498, 2017.
- [2] Firmansyah, A. D., Santoso, A. and Djatmiko, E. “Perancangan Controllable Pitch *Propeller* pada Kapal Offshore Patroli Vessel 80 (OPV80)”. *Jurnal Teknik ITS*. Vol.1, No.1: 2301-9271, 2012.
- [3] H. Schneekluth, V. Bertram, V. *Ship Design for Efficiency and Economy*, Ed. 2. Oxford Boston, Butterworth-Heineman, 1998.
- [4] Muhammad, A. H., & Hasan, H. “Desain Kriteria *Propeller* Clearance Kapal Tradisional Tipe Pinisi Terhadap Efisiensi Propulsi”. *Jurnal JPE*. Vol.20, No. 1: 28-31, 2016.
- [5] Republik Indonesia. Undang-Undang No. 45 Tahun 2009 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No 31 Tahun 2004. SJD/Biro Hukum dan Organisasi-DKP. 2009.
- [6] Muhammad, A.H. Propulsi Kapal Cepat. Buku Ajar, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [7] Yuana, Budi Rolly, Siti Sadiyah, Kristian Hadi Siswanto. “Studi Eksperimental Penggunaan *Boss Cap Fins* untuk Meningkatkan Efisiensi Pada *Propeller*”. Balai Teknologi Hidrodinamika, BPPT, Vol.19, No.2: 181-195. 2018.
- [8] Bernitsas, M.M., Ray, D, Kinley, P. “*Kt Kq Eta curves - Wageningen B-Series Propellers - Bernitsas 1981*”. Jurnal, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan. 1981.
- [9] Maputo J.D.K.Wilson., Mozambique. Fuel and financial savings for operators

of small fishing vessels. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

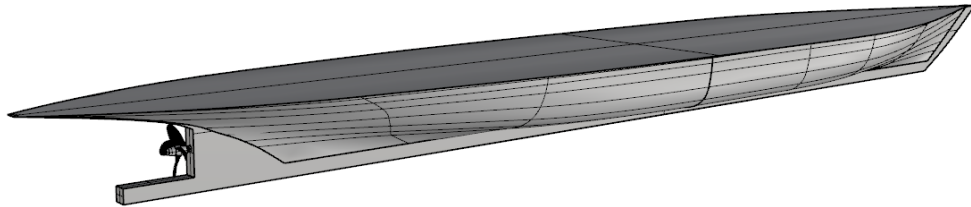
- [10] Jusman. *Pengaruh Perubahan Propeller Clearance Model Kapal Tadisional Tipe Phinisi*. Skripsi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [11] Bensow, R. E., Gustafsson, R. "Effect of *Propeller* Tip Clearance on Hull Pressure Pulses Effect of *Propeller* Tip Clearance on Hull Pressure Pulses". *Fifth International Symposium on Marine Propulsors smp'17*, 2017.
- [12] Carlton, J S. *Marine Propellers and Propulsion* . Butterworth Heinemann Ltd., London, 2012.
- [13] Yasir, M. *Pengaruh Geometri Propeler Terhadap Efisiensi Propeler Kapal Perikanan 30 GT*. Skripsi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2018.
- [14] Belalawe, B.B. *Analisa Variasi Posisi Rudder Terhadap Efektivitas Manuver Kapal*. Skripsi, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [15] Alfian. *Analisis Nilai Thrust dan Torque Propeller Tipe B-Series pada Kapal Perikanan 30 GT dengan Variasi Pitch Ratio Propeller Boss Cap Fins (PBCF) Menggunakan CFD*. Skripsi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2020.
- [16] Utama, I.K.A.P., Hantoro, R. Modul Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan Ansys CFX. Modul, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2012.
- [17] Susantio, Y. Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga. Andi, Yogyakarta, 2004.
- [18] Lumbantobing, T. P. P, Parlindungan, M. Kiryanto. "*Pengaturan Variasi*

Bentuk Buritan Kapal Perintis 500 Dwt Terhadap Arah dan Nilai Wake Kapal dengan Menggunakan Metode CFD". Jurnal Teknik Perkapalan. Vol.5, No.4. 2017.

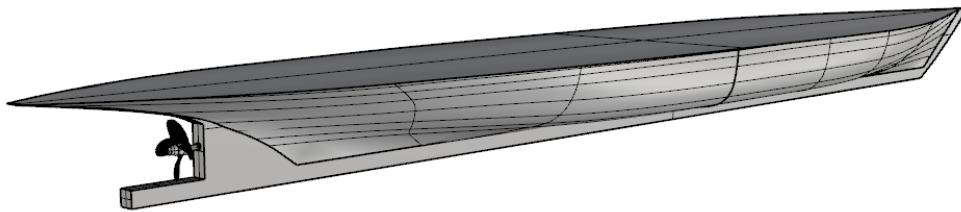
- [19] Zainal, Abidin. *Analisa Performance Propeller B-Series dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing*. Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya. 2012.
- [20] Elghorab, M, A., dkk. 2012. Open Water Performance of a Marine Propeller Model Using CFD. Jurnal.
- [21] Menter, F. R. (2009), "Review of the shear-stress transport turbulence model experience from an industrial perspective", *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, Vol. 23, No. 4. Pp 305–316.
- [22] Bardina, J.E., Huang, P.G., and Coakley, T.J. *Turbulence Modelling, Validation, Testing and Development*". NASA Technical Memorandum 110446. 1997.

LAMPIRAN

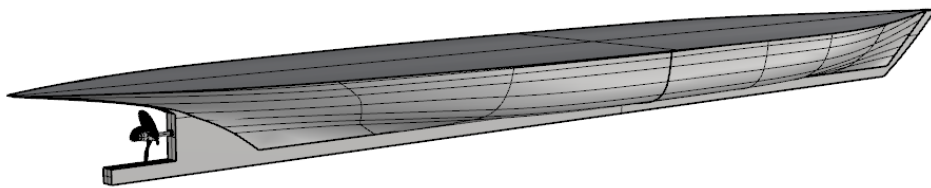
Lampiran 1 Gambar Konfigurasi Peletakan *Propeller*



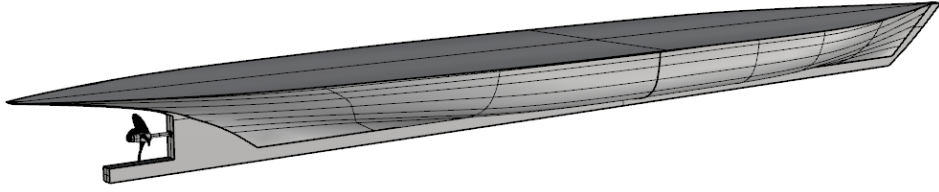
Gambar 1 Konfigurasi 1



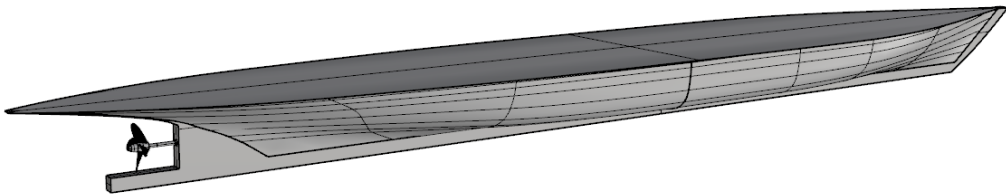
Gambar 2 Konfigurasi 2



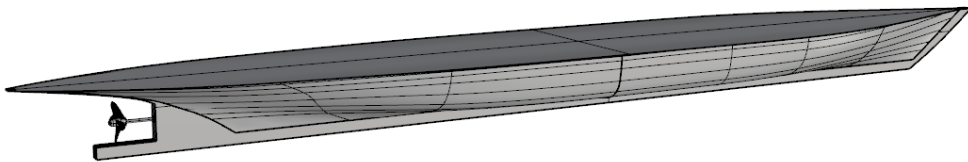
Gambar 4.5 Konfigurasi 3



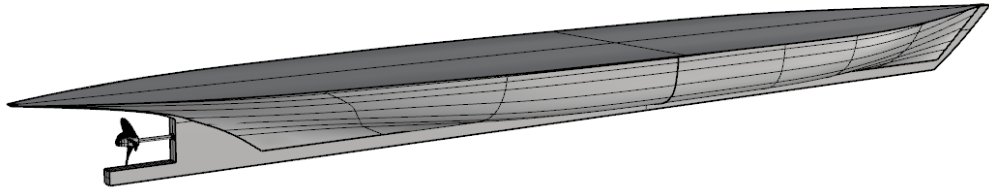
Gambar 4.6 Konfigurasi 4



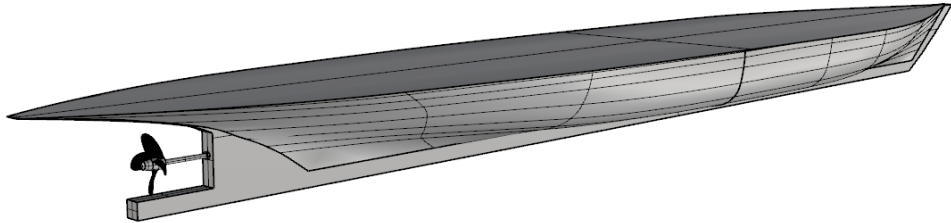
Gambar 4.7 Konfigurasi 5



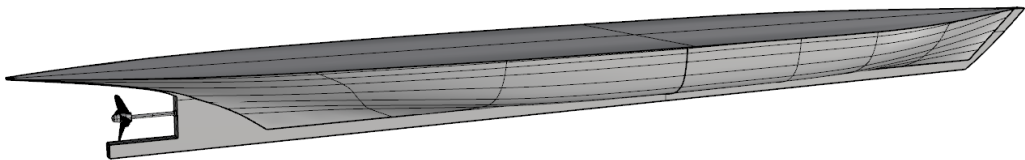
Gambar 4.8 Konfigurasi 6



Gambar 4.9 Konfigurasi 7



Gambar 4.10 Konfigurasi 8



Gambar 4.11 Konfigurasi 9

Lampiran 2 Perhitungan Tahanan Kapal dengan Maxsurf

	Speed (m/s)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)	Fung Resist. (kN)	Fung Power (kW)
1	4.4700	0.291	0.714	5.6	25.058	5.5	24.3
2	4.5215	0.295	0.722	5.8	26.197	5.6	25.4
3	4.5730	0.298	0.730	6.0	27.343	5.8	26.6
4	4.6245	0.301	0.739	6.2	28.495	6.0	27.8
5	4.6760	0.305	0.747	6.3	29.655	6.2	28.9
6	4.7275	0.308	0.755	6.5	30.826	6.4	30.2
7	4.7790	0.312	0.763	6.7	32.015	6.6	31.4
8	4.8305	0.315	0.772	6.9	33.227	6.8	32.7
9	4.8820	0.318	0.780	7.1	34.470	7.0	34.0
10	4.9335	0.322	0.788	7.2	35.754	7.2	35.3
11	4.9850	0.325	0.796	7.4	37.087	7.4	36.7
12	5.0365	0.328	0.804	7.6	38.480	7.6	38.2
13	5.0880	0.332	0.813	7.9	39.942	7.8	39.7
14	5.1395	0.335	0.821	8.1	41.483	8.0	41.3
15	5.1910	0.338	0.829	8.3	43.115	8.3	42.9
16	5.2425	0.342	0.837	8.6	44.848	8.5	44.7
17	5.2940	0.345	0.846	8.8	46.694	8.8	46.6
18	5.3455	0.348	0.854	9.1	48.663	9.1	48.6
19	5.3970	0.352	0.862	9.4	50.768	9.4	50.7
20	5.4485	0.355	0.870	9.7	53.020	9.7	52.9
21	5.5000	0.359	0.878	10.1	55.432	10.1	55.4
22	5.5515	0.362	0.887	10.5	58.014	10.5	58.0
23	5.6030	0.365	0.895	10.8	60.781	10.9	60.8
24	5.6545	0.369	0.903	11.3	63.743	11.3	63.8
25	5.7060	0.372	0.911	11.7	66.913	11.8	67.0
26	5.7575	0.375	0.920	12.2	70.303	12.2	70.5
27	5.8090	0.379	0.928	12.7	73.925	12.8	74.2
28	5.8605	0.382	0.936	13.3	77.789	13.3	78.2
29	5.9120	0.385	0.944	13.9	81.906	13.9	82.4
30	5.9635	0.389	0.953	14.5	86.286	14.6	86.9
31	6.0150	0.392	0.961	15.1	90.938	15.3	91.8
32	6.0665	0.396	0.969	15.8	95.868	16.0	96.9
33	6.1180	0.399	0.977	16.5	101.08	16.7	102.
34	6.1695	0.402	0.985	17.3	106.50	17.5	108.
35	6.2210	0.406	0.994	18.0	112.00	18.4	114.
36	6.2725	0.409	1.002	18.7	117.58	19.3	120.
37	6.3240	0.412	1.010	19.5	123.24	20.2	127.
38	6.3755	0.416	1.018	20.2	128.99	21.1	134.
39	6.4270	0.419	1.027	21.0	134.81	22.1	142.
40	6.4785	0.422	1.035	21.7	140.72	23.1	149.
41	6.5300	0.426	1.043	22.5	146.71	24.2	157.

Lampiran 3 Perhitungan Efisiensi Propulsi

$$\eta \text{ propulsi} = \frac{TXV_S}{2\pi Q_D n} = \frac{K_T}{K_Q} \times \frac{J_S}{2 \times \pi}$$

$$J_S = \frac{V_a}{n \times D}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} V_a &= V_S \times (1 - w) \\ &= 5,504 \text{ m/s} \times (1 - 0,225) \\ &= 4,266 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$n = 13,29 \text{ put/s}$$

$$D = 0,76 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} J_s &= \frac{4,266 \text{ m/s}}{13,29 \text{ s}^{-1} \times 0,76 \text{ m}} \\ &= 0,422 \end{aligned}$$

Tabel 1 KT dan KQ

Konfigurasi	Jarak (m)	KT	KQ
1	0,206	0,212	0,022
2	0,305	0,227	0,023
3	0,403	0,236	0,024
4	0,502	0,246	0,025
5	0,600	0,254	0,026
6	0,665	0,266	0,026
7	0,731	0,268	0,025
8	0,797	0,249	0,024
9	0,863	0,248	0,024

1. Efisiensi propulsi konfigurasi 1

$$\begin{aligned} \eta \text{ propulsi} &= \frac{0,212}{0,022} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,630 \end{aligned}$$

2. Efisiensi propulsi konfigurasi 2

$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,227}{0,023} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,660\end{aligned}$$

3. Efisiensi propulsi konfigurasi 3

$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,236}{0,024} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,660\end{aligned}$$

4. Efisiensi propulsi konfigurasi 4

$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,246}{0,025} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,660\end{aligned}$$

5. Efisiensi propulsi konfigurasi 5

$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,254}{0,026} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,660\end{aligned}$$

6. Efisiensi propulsi konfigurasi 6

$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,266}{0,026} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,692\end{aligned}$$

7. Efisiensi propulsi konfigurasi 7

$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,268}{0,025} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,730\end{aligned}$$

8. Efisiensi propulsi konfigurasi 8

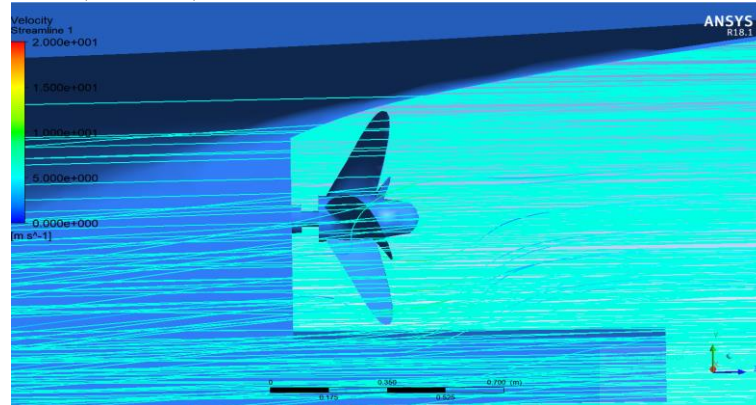
$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,249}{0,024} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,697\end{aligned}$$

9. Efisiensi propulsi konfigurasi 9

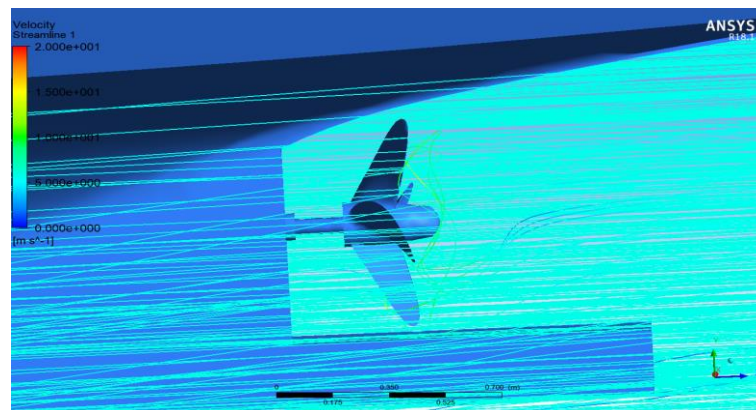
$$\begin{aligned}\eta \text{ propulsi} &= \frac{0,248}{0,024} \times \frac{0,422}{2 \times 3,14} \\ &= 0,690\end{aligned}$$

Lampiran 4 Visualisasi Aliran

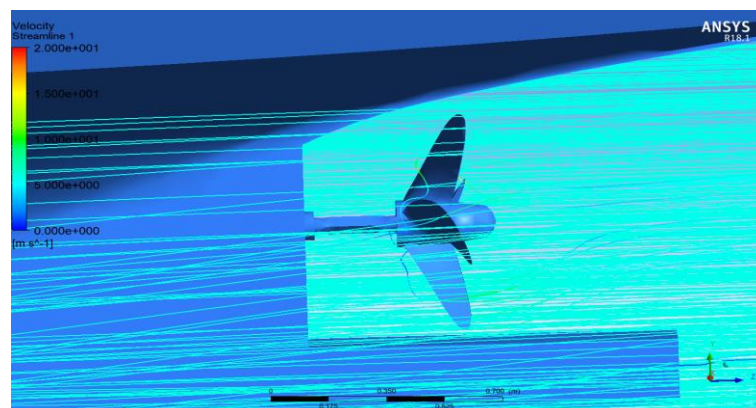
1. Konfigurasi 1 (0,206 m)



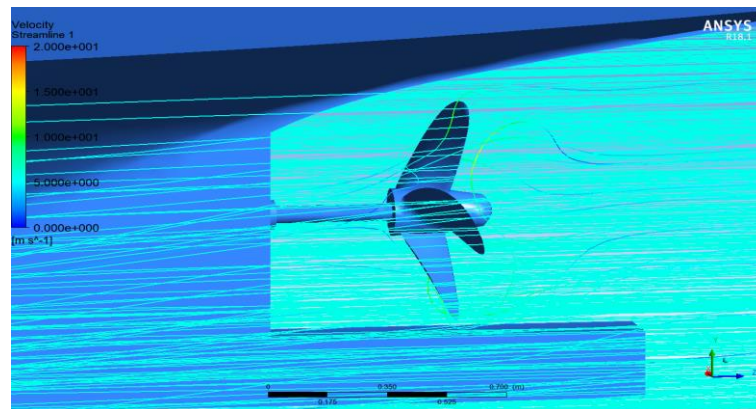
2. Konfigurasi 2 (0,305 m)



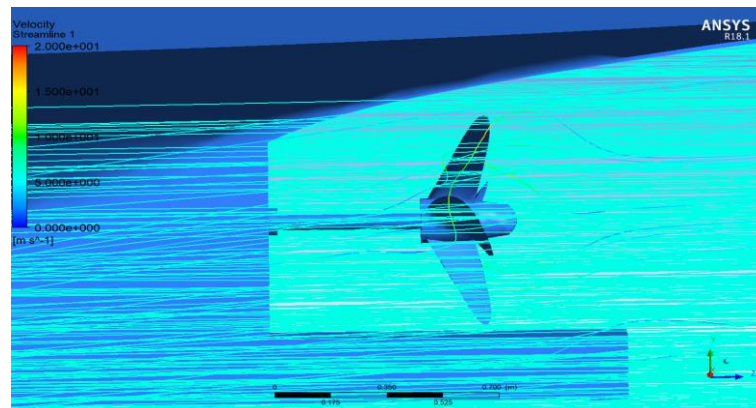
3. Konfigurasi 3 (0,403m)



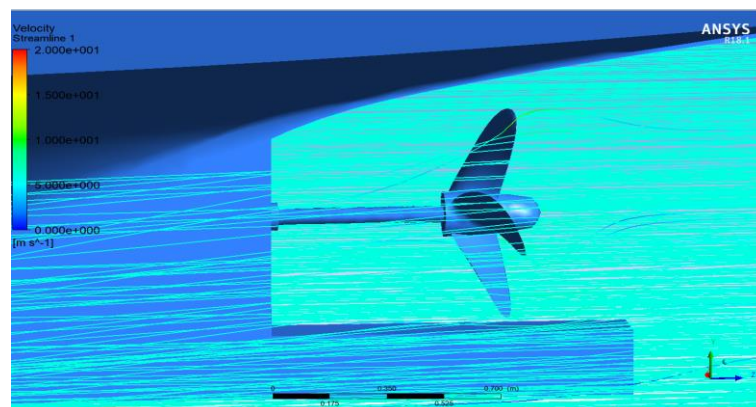
4. Konfigurasi 4 (0,502m)



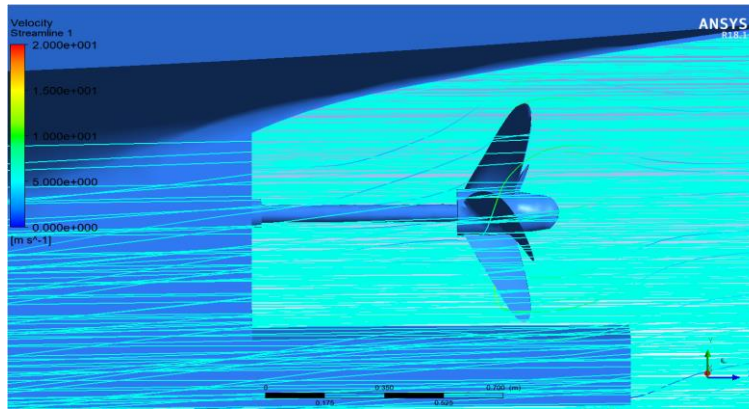
5. Konfigurasi 5 (0,600 m)



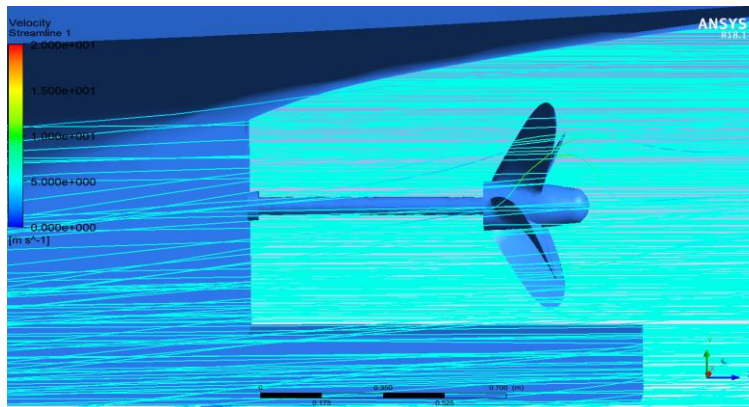
6. Konfigurasi 6 (0,665 m)



7. Konfigurasi 7 (0,731 m)



8. Konfigurasi 8 (0,797 m)



9. Konfigurasi 9 (0,863 m)

