

Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic* antara lain [18] :

- a. Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi
- b. Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan dalam eksperimen.
- c. Memiliki kemampuan untuk studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan). Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam poses desain.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian digunakan agar dalam pengerjaan 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

a. Lokasi penelitian

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

b. Waktu Penelitian

Direncanakan penelitian akan dilakukan selama 3 bulan yakni dari bulan Maret– Mei 2022.

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 pinisi, tahanan kapal, *Propeller*, efisiensi propulsi dan metode perhitungan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Studi literatur ini dapat diperoleh 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.

a. Data kapal

Data kapal digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2:

Tabel 3.1 Data Kapal MV.ALL IN

Parameter	Dimensi
<i>Length Water Line (LWL)</i>	31,63 m
<i>Length Between Perpendiculars (LBP)</i>	30,05 m
<i>Breadth (B)</i>	7,97 m
<i>Depth (H)</i>	4 m
<i>Draft (T)</i>	2,3 m
a b V	12,7 knot

el 3.2 Koefisien bentuk kapal

Parameter	Dimensi
Cb	0,49
Cp	0,69
Cm	0,84
Cw	0,58

b. Data *Propeller* Kapal

Data *Propeller* kapal dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Data *Propeller*

Parameter	Dimensi
D	1,30 m
Z	4
<i>Pitch</i>	0,9
<i>Ae/Ao</i>	0,55
<i>P/D</i>	0,9

c. Data Motor Penggerak Kapal

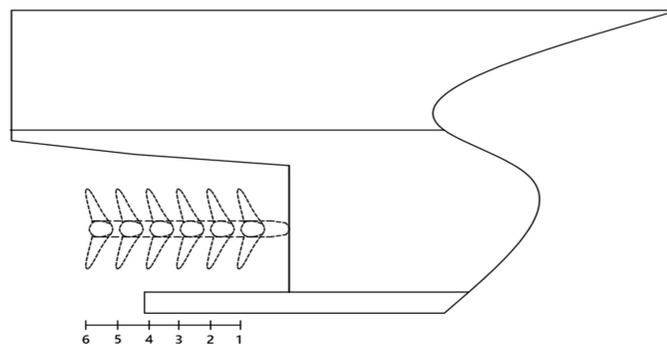
Data motor penggerak kapal dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Data motor penggerak

Parameter	Dimensi
Merk Mesin	Mitsubishi
Type	S12A2-MPTA
ME	776 KW
RPM	2000
Bahan Bakar	Solar

D. Kriteria *Propeller Clearance*

Untuk mengetahui pengaruh jarak horizontal *propeller* terhadap efisiensi *propeller*, maka dilakukan beberapa konfigurasi peletakan *propeller* seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Konfigurasi peletakan *propeller*

3.4 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.

3.5 Simulasi CFD

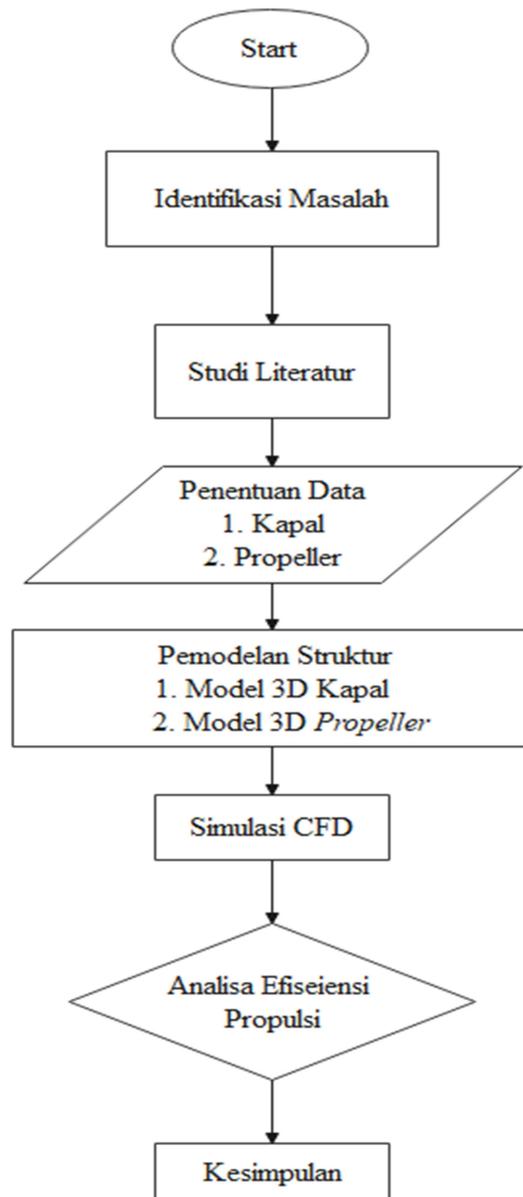
Dalam penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik *solver fluid flow analys* (CFX) yang berbasis *Computational Fluid Dynamic* melalui software *Ansys CFX R18.1*. Analisa yang akan dilakukan adalah pemodelan, simulasi, perhitungan *thrust* dan torsi *Propeller*, dan perhitungan efisiensi propulsi. Simulasi yang dibuat adalah sebuah kapal dengan kecepatan 6,1728 m/s dan kecepatan putaran *Propeller* 13,33 rps, kemudian dilakukan variasi peletakan *Propeller*. Langkah-langkah simulasi dibagi dalam beberapa tahapan yaitu *Geometry, Mesh, Setup, Solution, Result*

3.6 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.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir penelitian seperti pada gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

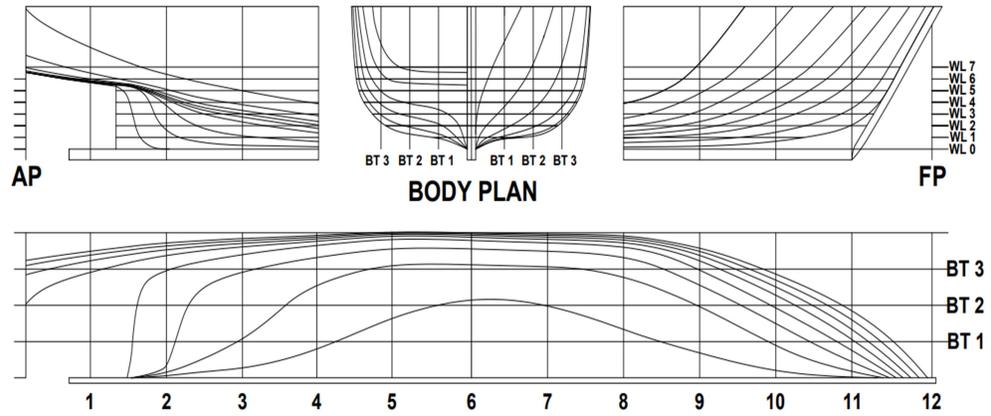
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Pelaksanaan

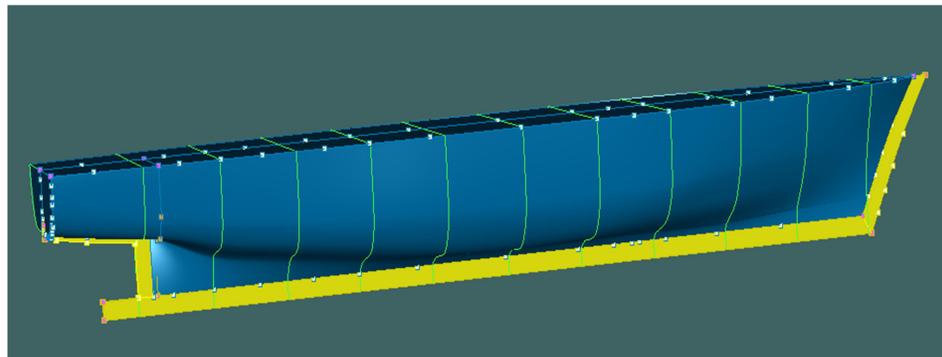
4.1.1 Tahap Pemodelan

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 seperti terlihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2



Gambar 4.1 Lines Kapal MV.All In



Gambar 4.2 Desain Lambung Kapal MV. All In

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.

Dalam penelitian ini terdapat dimensi *Propeller* yang digambar yaitu 1,05 m terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Propeller* Diameter 1,05 m

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 dilakukan adalah membuat konfigurasi peletakan *Propeller* yaitu jarak horizontal antara *Propeller* post dengan lambung seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 konfigurasi peletakan *Propeller*

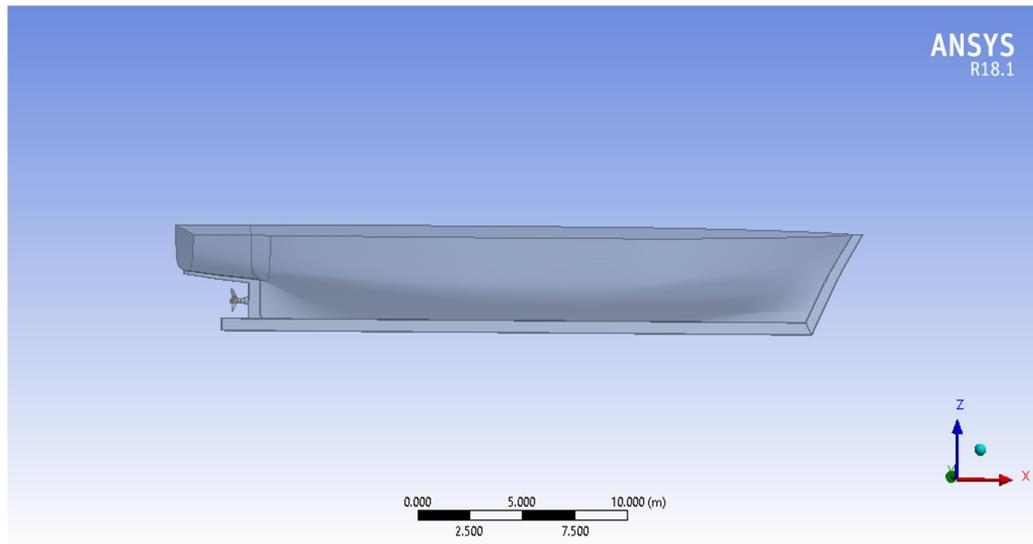
Konfigurasi	Jarak (m)
1	0.430
2	0.530
3	0.630
4	0.730
5	0.830
6	0.930

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 x. Pengaturan geometri ansys CFX R18.1 dapat di lihat pada Gambar 4.4.

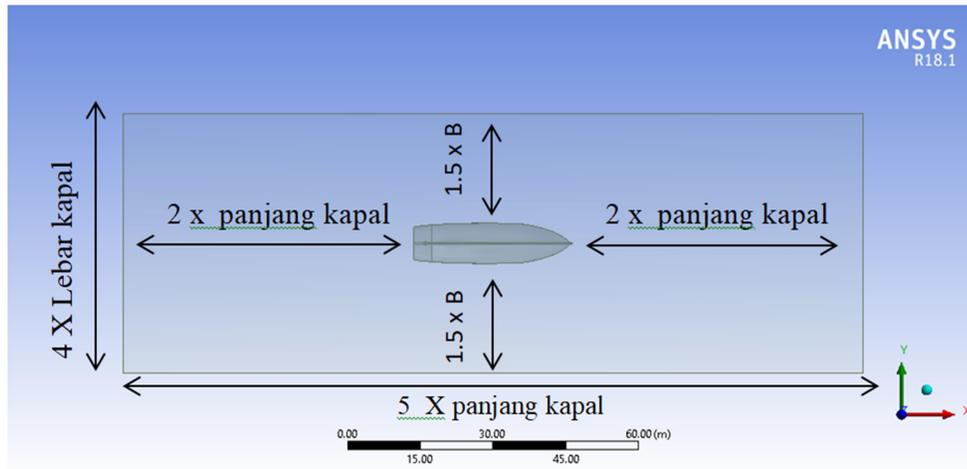


Gambar 4.4 Pengaturan Geometry Ansys CFX 18.1

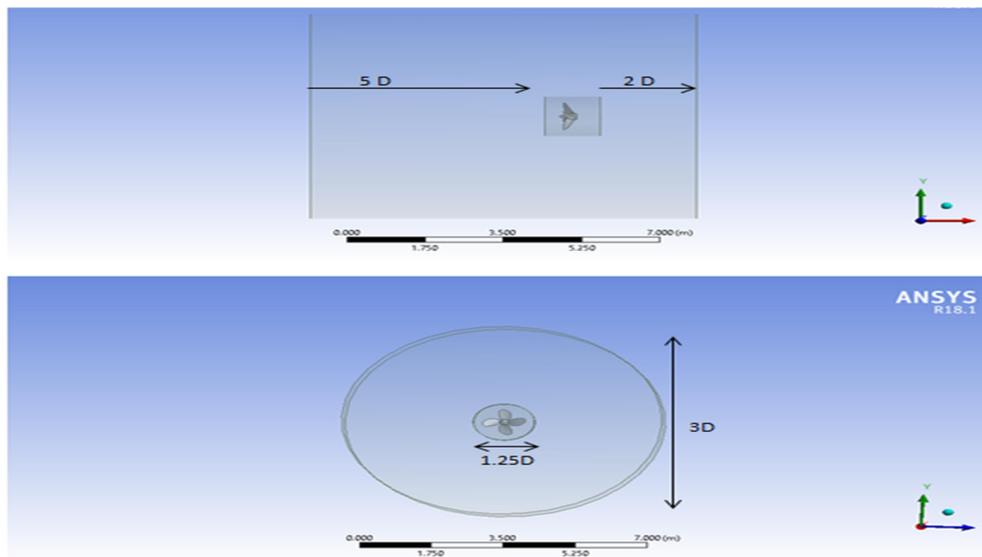
Langkah pertama yaitu membuat plane dengan base plan YZ plane pada halaman geometry, langkah selanjutnya adalah penentuan Boundary Condition atau kondisi batas. Kondisi batas adalah wilayah kerja dari simulasi yang akan dijalankan. Boundary condition dibentuk dengan memperhatikan jarak model ke batas-batas domain seperti jarak upstream dan downstream terhadap model, sehingga tidak ada pengaruh dari batas-batas domain terhadap model. 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.

Untuk simulasi open water test propeller dalam aliran steady dibagi zona perhitungan dalam dua silinder yaitu daerah stationer dan daerah rotating. Untuk daerah stationer digunakan boundary dengan panjang hulu $2D$, panjang hilir $5D$ dan diameter zona $3D$ [22], ditunjukkan pada gambar 5 dimana D adalah diameter baling-baling. Perencanaan boundary domain atau kondisi batas kerja fluida

dengan memilih *tools > enclosure > box > generate*. Boundary Condition pada penelitian ini dapat di lihat pada gambar 4.5.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Boundary Condition lambung kapal (a) dan propeller (b)

b. Tahap *Mesh*

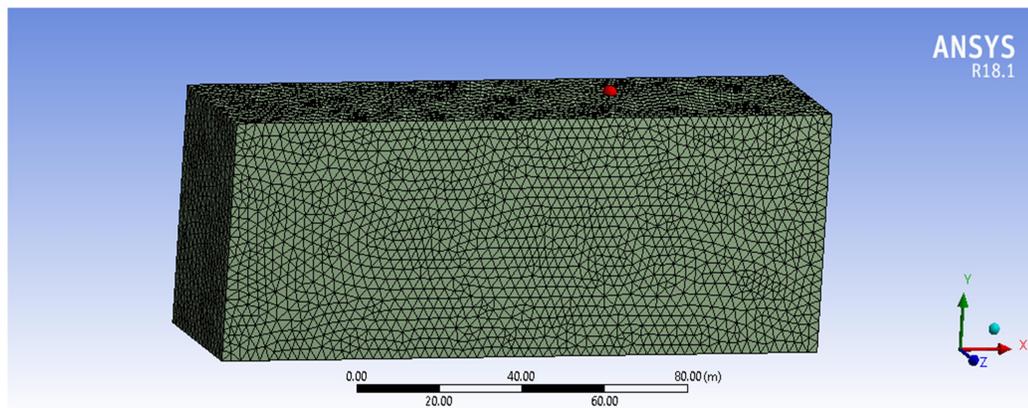
pada tahap mesh adalah pendefinisian nama-nama boundary Condition dan proses meshing. Pendefinisian boundary condition dilakukan untuk memberikan identitas pada kondisi batas. Memberikan nama identitas sebagai inlet, outlet, wall, hull dan *Propeller*. Meshing merupakan proses membagi geometry ke dalam beberapa elemen sederhana untuk proses perhitungan. Pada saat meshing ukuran meshing yang digunakan dibuat sekecil mungkin untuk mendapatkan kualitas meshing yang lebih baik. Terdapat tiga percobaan resolusi yang digunakan yaitu coarse, medium dan fine dengan jumlah elemen masing-masing 55657, 55872 dan 61171. Tabel 4.2 yang menunjukkan elemen mesh running pada kecepatan 12 knot.

Tabel 4.2 *Grip Independence* model kapal

Elemen (mesh)	Coarse (55657)	Medium (55872)	Fine (6117)
RT (CFD) (Kn)	57,247	52,2194	40,4036
RT (Prediksi) (Kn)	43	43	43
Error	0,331325	0,21440	-0,060381
Waktu (menit)	2	3	5

Mesh memengaruhi akurasi, konvergensi dan kecepatan simulasi. 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.

Pada tahap ini perintah yang digunakan adalah mesh > pilih on curvature > jumlah element pilih Fine > Generate Mesh. 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. Proses meshing dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Proses *Meshing*

C. Tahap *Setup*

Pada tahap setup, domain water diatur sebagai material water dan continuous fluid dengan reference pressure 1 atm. Domain lambung kapal digunakan tipe Immersed Solid yaitu sebagai benda solid yang tercelup air dan tetap diam di tempat walau terkena beban fluida. Model turbulensi menggunakan model turbulensi $k-\omega$ *Shear Stress Transport* untuk setiap kondisi. Menurut peneliti model turbulensi fluida menggunakan $k-\omega$ *Shear Stress Transport* pada kondisi isothermal lebih memberikan akurasi yang lebih baik. Metode turbulen ini telah digunakan oleh Menter (1993a,1994b) dan dinyatakan sebagai metode paling akurat untuk pemodelan berbagai aliran yang termasuk dalam diskusi NASA Technical Memorandum [19]. Dan disimpulkan sebagai model yang paling akurat untuk berbagai aplikasi aliran.

Pengaturan kondisi batas pada simulasi ini dibedakan menjadi tiga kondisi, yakni inlet, outlet dan wall . kondisi batas inlet digunakan untuk mengakomodasi perilaku aliran masuk pada sistem. Basic Setting pada daerah inlet dipilih Subsonic pada Flow regime. Pemilihan subsonic berdasarkan bilangan mach. Turbulensi yang digunakan adalah medium (intensity = 5%). Penggunaan medium 5% ini merupakan opsi yang disarankan untuk informasi level turbulensi tidak

diketahui secara detail [20]. Kondisi batas outlet digunakan untuk perilaku aliran untuk meninggalkan sistem. Daerah ini dianggap dalam kondisi yang tidak bertekanan sehingga disimulasikan bahwa outlet berada pada kondisi static pressure dan untuk memastikan tidak ada gangguan ke belakang atau di kenal dengan istilah *no upstream disturbances* [21]. Sedangkan kondisi wall ialah dinding fluida dianggap berada pada kondisi tanpa gesekan sehingga boundary diisikan *free slip wall*.

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 6,1728 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.

Untuk perhitungan thrust dan torsi pada simulasi open water test propeller dalam aliran steady dibagi zona perhitungan dalam dua silinder yaitu daerah stationer dan daerah rotating. Untuk daerah stationer digunakan boundary dengan panjang hulu 2D, panjang hilir 5D dan diameter zona 3D [22], ditunjukkan pada gambar 5 dimana D adalah diameter baling-baling. Selanjutnya untuk daerah berputar panjang dan diameter daerah ini sebesar 1.25D panjang hulu sebesar 0.315 meter dan hilir sebesar 0.215 meter air dalam simulasi ini adalah aliran mampat dengan dua pendekatan yang berbeda yang akan diuji. Pada percobaan ini dilakukan meshing unstructured propeller yang telah di meshing selanjutnya di lakukan set up time duration total time digunakan 0.9735 times step 0.009375 untuk 100 kali perhitungan. Asumsi ini digunakan karena dalam 1 putaran di tempuh selama 0.9375 s. domain propeller di asumsikan immersed solid dan

sebagai objek yang berputar maka diberi batasan pada angular velocity sebesar $13.333 \text{ rev.s}^{-1}$. Pada solver di atur tingkat simulasi menggunakan tingkat eror yang minim yaitu 0.0004, karena semakin kecil tingkat eror maka semakin bagus kualitas hasil simulasi setelah itu dilakukan tahap solution yaitu proses running dan selanjutnya result untuk mendapatkan nilai thrust dan torsi.

d. *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. *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 Evaluasi Hasil Simulasi

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

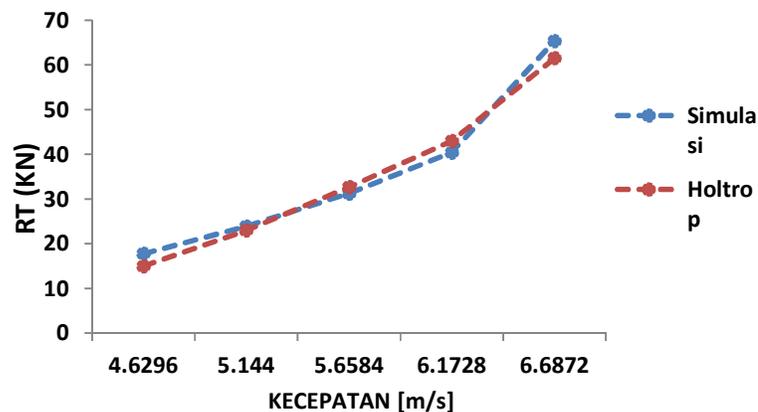
4.2.1 Evaluasi Nilai Tahanan kapal

Evaluasi nilai tahanan kapal menjadi salah satu komponen yang harus diketahui pada saat melakukan simulasi. Hal ini dilakukan untuk melihat keakuratan dari model lambung yang dibuat. Metode yang digunakan untuk menghitung tahanan kapal yaitu metode holtrop. Metode holtrop merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam menghitung prediksi tahanan kapal. Algoritma yang dirancang untuk memprediksi seperti tahanan kapal tanker, kapal kargo umum, kapal penangkap ikan, kapal tunda, kapal container. Metode holtrop hanya terbatas pada Froude number dibawah 0,5 ($F_n > 0,5$) [21]. Evaluasi nilai tahanan kapal tertera pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Tabel nilai tahanan pendekatan holtrop dan simulasi CFD

Kecepatan (m/s)	Tahanan (kN)		selisih (%)
	Simulasi	Holtrop	
4.6296	17.7771	15	2.7771
5.144	23.8812	23	0.8812
5.6584	31.2613	32.7	-1.4387
6.1728	40.4036	43	-2.5964
6.6872	65.352	61.5	3.852

Tabel 4.3 menunjukkan nilai tahanan yang dihasilkan berdasarkan dua pendekatan yaitu pendekatan holtrop dan menggunakan simulasi CFD. Pada kecepatan normal 6.1728 m/s selisih nilai tahanan antara pendekatan simulasi dengan holtrop -2.5%. hal ini menunjukkan bahwa model yang terbuat tervalidasi. Perbandingan nilai tahanan kapal dengan kecepatan kapal dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4. 7 Grafik perbandingan nilai tahanan Perhitungan dengan simulasi CFD

4.2.2 Perbandingan nilai *Thrust* dan Torsi *Propeller* pada Jarak 0.530 m

Untuk memperoleh nilai efisiensi propeller terlebih dahulu menghitung nilai thrust dan torsi propeller pada jarak 0.530 meter untuk mengevaluasi dari hasil simulasi CFD dengan perhitungan. Perbandingan hasil perhitungan dan hasil simulasi CFD dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Validasi Hasil simulasi CFD

Kecepatan rotasi (rps)	<i>Thrust</i> (kN)		<i>Torque</i> (kN m)		selisih (%)	
	perhitungan	simulasi	perhitungan	simulasi	<i>Thrust</i>	<i>Torque</i>
13.333	58.696	57.528	8.398	8.419	1.168	-0.21

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan hasil perhitungan dan hasil simulasi yang telah dilakukan dan memiliki selisih 1.168% untuk *Thrust Propeller* dan -2.1% untuk torsi *Propeller*. Maka dengan ini dinyatakan bahwa hasil simulasi yang di dapatkan valid terhadap hasil perhitungan karena nilai selisih tidak melebihi 5%.

4.3 Hasil Simulasi CFD

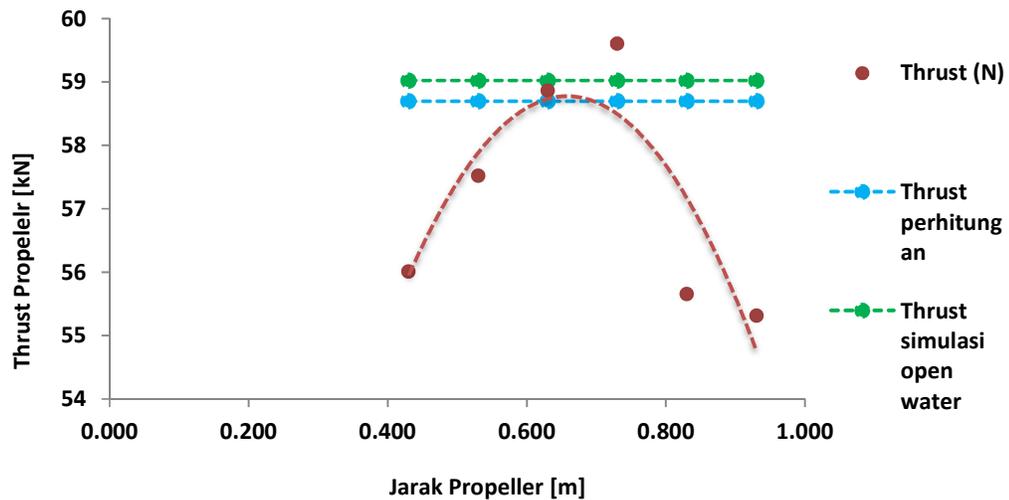
4.3.1 Nilai *Thrust*

Thrust adalah besarnya gaya dorong yang dihasilkan oleh putaran *Propeller* untuk menggerakkan kapal. Nilai *thrust* pada jarak *Propeller* yang terpasang saat ini di kapal (0,530 m) adalah 58.688 kN. Kemudian nilai *thrust* yang diperoleh dari hasil simulasi open water test mempunyai nilai sebesar 59.023 kN. Tabel 4.5 adalah nilai *thrust* yang di dapat melalui simulasi CFD dengan beberapa konfigurasi peletakan *Propeller*.

Tabel 4.5 Hasil simulasi *Thrust Propeller*

Konfigurasi	Jarak (m)	<i>Thrust</i> (kN)
1	0.430	56.023
2	0.530	57.528
3	0.630	58.866
4	0.730	59.607
5	0.830	55.669
6	0.930	55.328

Berdasarkan tabel 4.5 bisa di lihat bahwa nilai *thrust* yang diperoleh pada saat *Propeller* dipasang pada jarak 0.430 m sebesar 56.023 kN, pada jarak 0.530 m sebesar 57.528 kN, pada jarak 0.630 m sebesar 58.866 KN, pada jarak 0.730 m sebesar 59.607 kN, pada jarak 0.83 m sebesar 55.669 kN, pada jarak 0.93 m sebesar 55.328 kN. Grafik hubungan thrust dengan jarak propeller dapat di lihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Jarak *Propeller* dan *Thrust Propeller*

Berdasarkan grafik hubungan antara *Thrust Propeller* dengan jarak *Propeller* menunjukkan nilai *thrust Propeller* yang terbesar berada pada jarak 0.730 m sebesar 59.607 kN. Ketika terjadi pertambahan jarak nilai *thrust Propeller* yang diperoleh meningkat. Namun terjadi penurunan nilai *thrust* pada jarak 0.830 m dan 0.930 m. nilai thrust yang tidak optimal pada jarak dibawah 0.630 m dapat di karenakan ketidakcukupan area kerja *propeller* yang ada pada saat *propeller* berputar. Besarnya daya dorong yang dihasilkan kapal sangat bergantung pada kecukupan area kerja *propeller*.

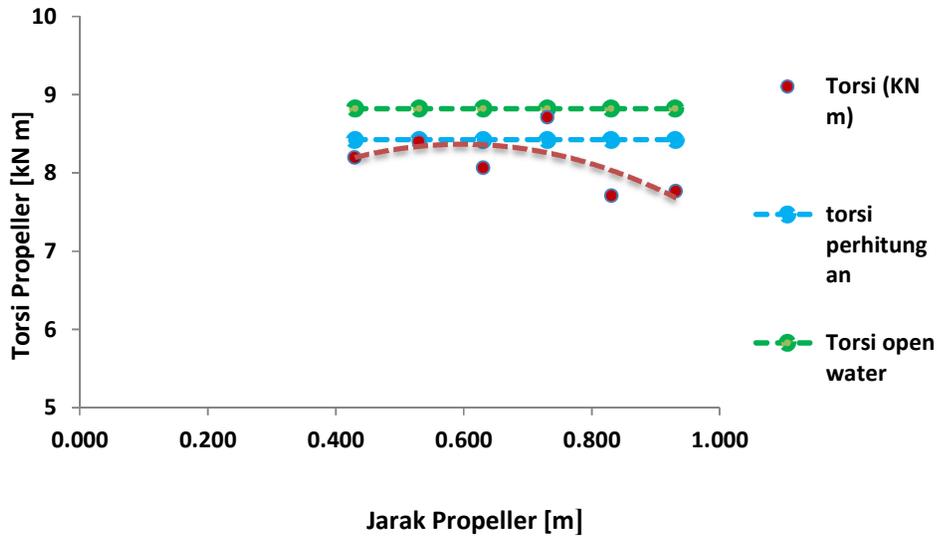
4.2.2 Nilai Torsi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai torsi *Propeller* pada jarak *Propeller* yang terpasang saat ini di kapal (0,530 m) adalah 8.398 kN m. kemudian nilai torsi yang dihasilkan pada simulasi open water tes sebesar 8.822 kN m. Tabel 4.6 adalah nilai torsi yang di dapat melalui simulasi CFD dengan beberapa konfigurasi peletakan *Propeller*.

Tabel 4.6 Hasil simulasi Torsi *Propeller*

Konfigurasi	Jarak (m)	Torsi (kN m)
1	0.430	8.197
2	0.530	8.398
3	0.630	8.068
4	0.730	8.714
5	0.830	7.714
6	0.930	7.772

Berdasarkan tabel 4.6 bisa di lihat bahwa nilai torsi yang diperoleh pada saat *Propeller* dipasang pada jarak 0.43 m sebesar 8.197 kN m, pada jarak 0.530 m sebesar 8.398 kN m, pada jarak 0.630 m sebesar 8.068 kN m, pada jarak 0.730 m sebesar 8.714 kN, pada jarak 0.830 m sebesar 7.714 kN m, pada jarak 0.930 m sebesar 7.72 kN. Grafik hubungan torsi dengan jarak propeller dapat di lihat pada gambar 4.8



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Jarak *Propeller* dengan torsi *Propeller*

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai torsi *Propeller* tertinggi terdapat pada jarak *Propeller* 0.730 m seiring dengan penambahan jarak *Propeller* terjadi peningkatan nilai torsi namun pada jarak propeller 0.630 m terjadi penurunan nilai torsi dan kembali lagi meningkat pada jarak 0.730 m kemudian pada jarak 0.830 m dan 0.930 m nilai torsi menurun. Ketidakteragamannya nilai torsi yang muncul pada grafik dikarenakan beberapa factor penyebab seperti salah satunya resolusi yang digunakan pada meshing kurang bagus sehingga menyebabkan ketidakakuratan hasil simulasi.

4.4 Efisiensi Propulsi

Efisiensi propulsi merupakan perbandingan antara output daya yang dihasilkan dengan daya input yang disalurkan ke dalam system. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa efisiensi hull, efisiensi relative rotatif dan efisiensi transmisi yang dihasilkan konstan sehingga untuk mendapatkan nilai efisiensi propulsi dapat menggunakan persamaan :

$$\eta_{\text{propulsi}} = \frac{T \times V S}{2\pi Q D n} = \frac{KT}{KQ} \times \frac{J S}{2\pi}$$

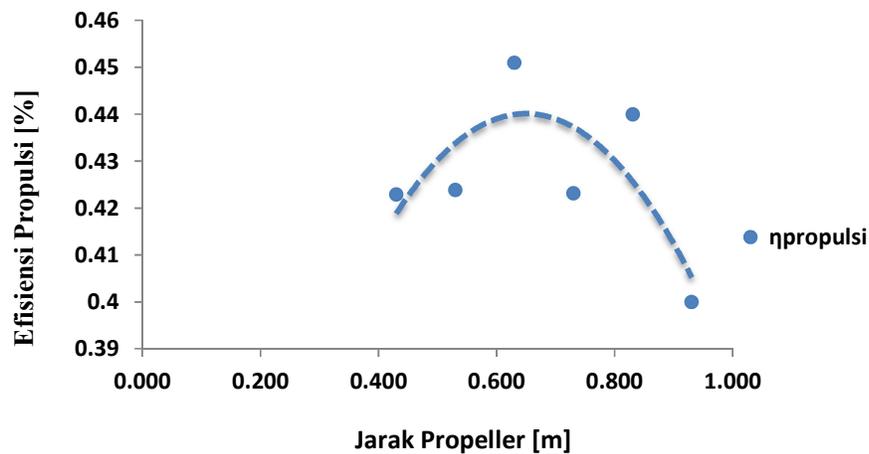
Hasil nilai Efisiensi propulsi pada setiap konfigurasi propeller dapat dilihat pada

tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai efisiensi propulsi pada setiap konfigurasi *Propeller*

Konfigurasi	Jarak (m)	Thrust (kN)	Torsi (kN m)	η propulsi
1	0.430	56.023	8.197	0.4230
2	0.530	57.528	8.398	0.424
3	0.630	58.866	8.068	0.451
4	0.730	59.607	8.714	0.4233
5	0.830	55.669	7.714	0.44
6	0.930	55.328	7.772	0.40

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan nilai efisiensi propulsi yang dihasilkan akibat perubahan jarak *Clearance Propeller* pada kapal. Pada jarak 0.430 m nilai efisiensi propulsi sebesar 0.423, pada jarak 0.530 m sebesar 0.424, pada jarak 0.630 m sebesar 0.451, pada jarak 0.730 m sebesar 0.4233, pada jarak 0.830 m sebesar 0.44, pada jarak 0.930 m sebesar 0.40. grafik hubungan antara efisiensi propeller dengan jarak propeller dapat dilihat pada grafik 4.10



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara jarak *Propeller* dengan efisiensi propulsi

Gambar 4.10 menunjukkan grafik hubungan antara jarak *Propeller* dengan efisiensi propulsi yang dihasilkan. Dari grafik dapat dilihat bahwa efisiensi propulsi optimum pada jarak 0.630 m dengan efisiensi propulsi sebesar 0.451. sedangkan efisiensi propulsi terendah terdapat pada jarak 0.430 m dengan efisiensi propulsi sebesar 0.423 m. meskipun nilai *thrust* dan torsi yang dihasilkan

Propeller pada jarak 0.730 m lebih besar dibandingkan pada jarak 0.630 m akan tetapi dapat dilihat bahwa pada jarak *Propeller* 0.630 m menghasilkan *thrust* 58.886 dengan torsi yang lebih rendah dibandingkan dengan torsi pada jarak *Propeller* 0.730 m sehingga dianggap efisien dibandingkan dengan jarak 0.730 m. kemudian berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa pada jarak *Propeller* 0.830 m memiliki efisiensi propulsi sebesar 0.44. meskipun nilai torsi pada jarak 0.830 m lebih kecil daripada 0.630 m namun *Propeller* pada jarak 0.630 m memiliki *thrust* yang lebih besar sehingga dianggap efisien dibandingkan dengan jarak 0.830 m. *Propeller* yang baik adalah *Propeller* yang menghasilkan *Thrust* yang besar namun dengan torsi yang kecil karena nilai efisiensi propulsi berbanding terbalik dengan nilai torsi, apabila torsi besar maka efisiensi akan berkurang.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Konfigurasi peletakan *Propeller* berpengaruh terhadap efisiensi propulsi pada kapal. Nilai *Thrust* dan torsi *Propeller* optimum pada jarak 0.630 m dengan nilai *Thrust* sebesar 58.866 dan nilai torsi sebesar 8.068 kN m serta memiliki efisiensi propulsi sebesar 0.451.
2. Desai *Propeller Clearance* yang tepat di pasang pada kapal MV. All In adalah *Propeller* pada jarak 0.630 m dari linggi poros dengan efisiensi sebesar 0.451.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya untuk mencapai efisiensi *Propeller* yang optimum serta untuk mendapatkan data yang lebih akurat diharapkan melakukan penelitian dengan membuat prototype kapal kemudian di uji di towink tank.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusuma Bagus Aditya, Heri Supomo, Buana Ma'ruf. "Studi Teknis dan Ekonomis Dimensi Konstruksi Kapal Kayu Berdasarkan BKI". Jurnal, Teknik Produksi dan Material Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2020
- [2] H. Schneekluth, V. Bertram, V. *Ship Design for Efficiency and Economy, Ed. 2.* Oxford Boston, Butterworth-Heineman, 1998.
- [3] Muhammad, Andi Haris, & Hasan, H. "Desain Kriteria *Propeller Clearance* Kapal Tradisional Tipe Pinisi Terhadap Efisiensi Propulsi". *Jurnal JPE. Vol.20, No. 1: 28-31*, 2016.
- [4] Harvald SV.ta.1992. Tahanan dan Propulsi kapal, terjemahan Indonesia oleh Ir. Sutomo Jusuf. Jurnal Airlangga University press. Surabaya.
- [5] Suryo W. Adji, M.Sc CEng. FIMarEST, *Engine Propeller Machting*, Indonesia, 2005.
- [6] Holtrop, J. 1984 *A Statistical Re-analysis of Resistance and Propulsion Data*, International Shipbuilding Progress.
- [7] Kristensen Hans Otto. 2013. *Prediction of Resistance and Propulsion Power Ships*. Denmark. Technical University
- [8] Muhammad, A.H. *Propulsi Kapal Cepat*. Buku Ajar, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [9] 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.
- [10] Ardhianto , Kurniawan. 2011. *Desain dan Analisis Propeller pada*

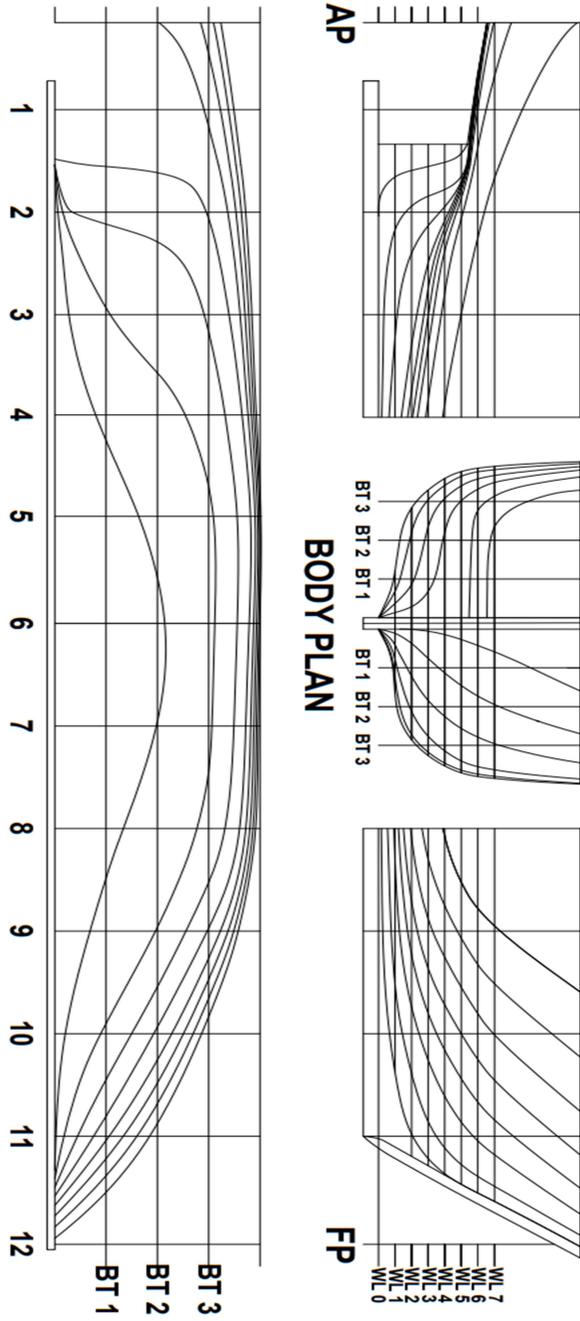
- Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *AAU Journal of Defense Science and Technology* Volume 2, Number 1, 1 July 2011, 125 – 133.
- [11] Jusman. *Pengaruh Perubahan Propeller Clearance Model Kapal Tadisional Tipe Phinisi*. Skripsi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [12] 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.
- [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] Subhas, S.2012. CFD Analysis of a *Propeller* Flow and cavitation. *International Journal of Computer application*. Volume 55- No.16:26-33
- [15] I Ketut Aria Pria Utama. 2012. Modul Computational Fluid Dynamics (CFD) Dengan Ansys CFX. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.
- [16] Nashruddin, Ahmad Haidar. 2012. Studi Numerik Karakteristik Aliran 3 Dimensi di Sekitar Bodi Modifikasi Sapuan Urban Concept dengan Rasio Ground Clearance terhadap Panjang Model (C/L) 0,048. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [17] Ahmad fauzan.2006.Rancangan Bangun Circular Hovercraf dan Analisa Aliran pada Bag Yang Mempengaruhi Cushion Pressure Dengan Computational Fluid Dynamic. Jakarta.

- [18] Bardina, J. E., Huang, P. G & Coakley, T. J. (1997). *Turbulence Modelling, Validation, Testing and Development*, NASA Technical Memorandum 110446.
- [19] ANSYS CFX Tutorials, 2010
- [20] Mitchell, R. R. & Webb, M. B. (2008). A Study Of The Base Pressure Distribution Of A Slender Body Of Square Cross-Section. AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. Pp 1-8.
- [21] Leksono S, Muryadin, D Kartikasari. 2018. Comparative study of Ship Resistance between Model Test and Empirical Calculation of 60 GT Fishing Vessel. International Journal of Science and Research Volume 7, No.12 : 1077- 1082.
- [22] Mehdi Nakisa, Mohammad Javad Abbasi, and Ahmad Mobasher Amini, (2010), "Assessment of Marine Propeller Hydrodynamic Performance in Open Water via CFD", Proceedings of MARTEC, The International Conference on Marine Technology, BUET, Dhaka, Bangladesh.

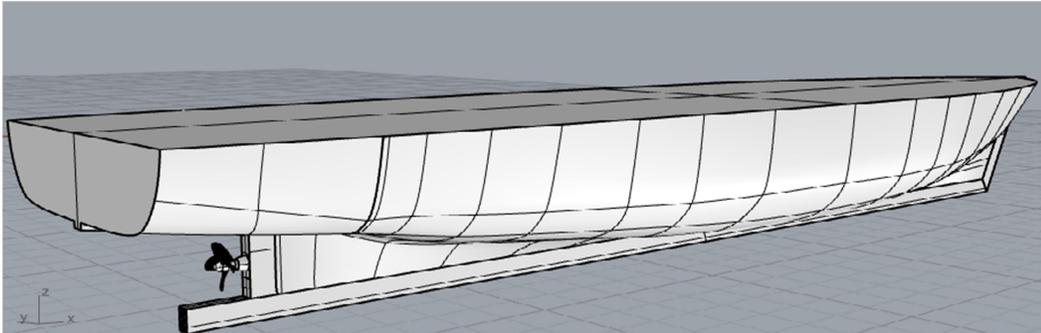
LAMPIRAN

Lampiran 1 data kapal

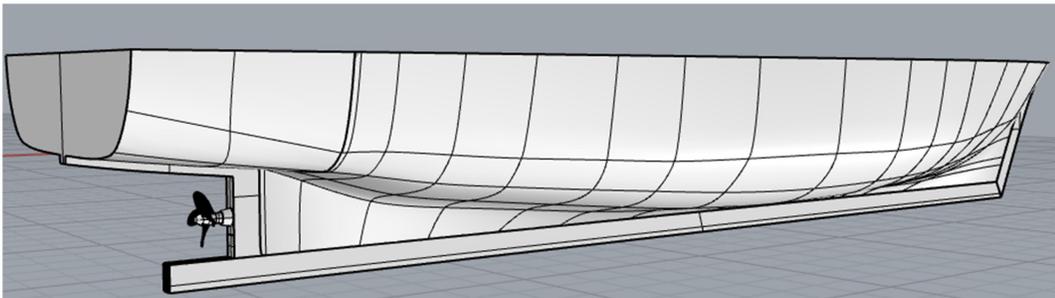
1. gambar lines plan



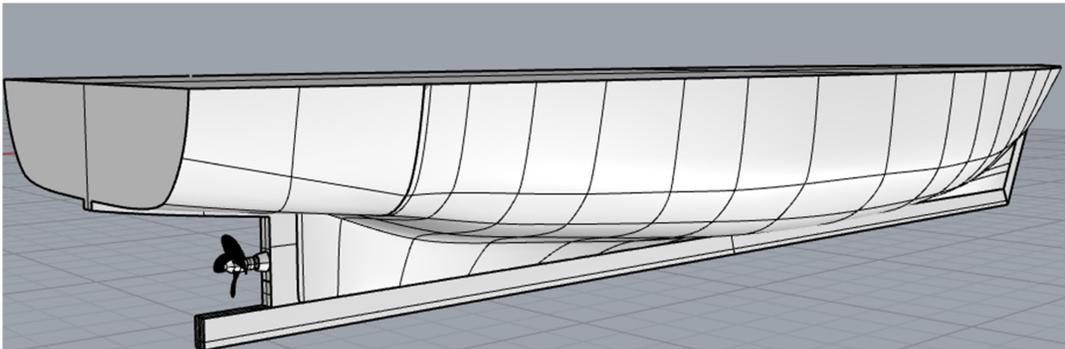
Lampiran 2 gambar konfigurasi peletakan *Propeller*



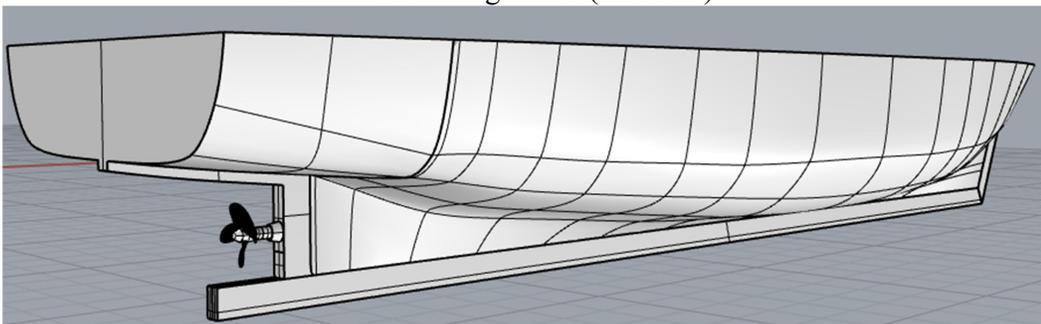
Gambar 1 konfigurasi 1 (0.430 m)



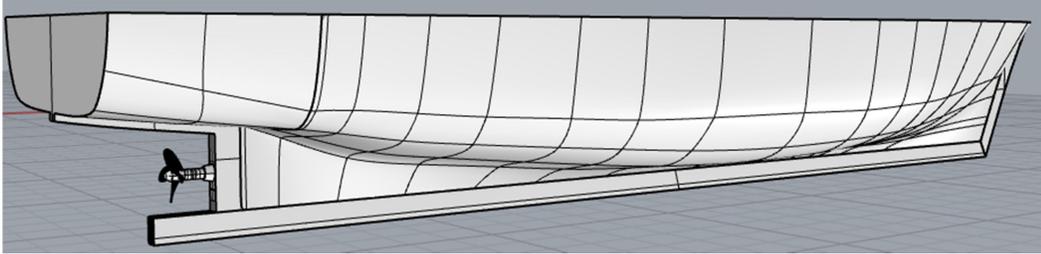
Gambar 2. Konfigurasi 2 (0.530 m)



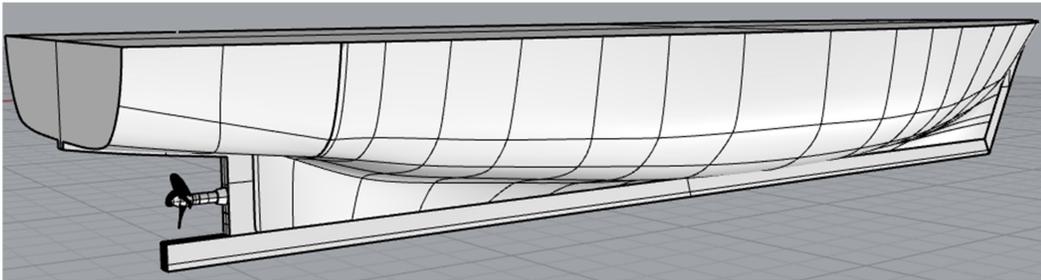
Gambar 3. Konfigurasi 3 (0.630 m)



Gambar 4. Konfigurasi 4 (0.730 m)



Gambar 5. Konfigurasi 5 (0.830 m)



Gambar 6. Konfigurasi 6 (0.930 m)

Lampiran 3 Perhitungan Tahanan Kapal

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (N)	Holtrop Power (W)
1	9,000	0,263	0,573	15007,05	157915,11
2	9,100	0,265	0,579	15611,76	166103,60
3	9,200	0,268	0,586	16259,53	174896,69
4	9,300	0,271	0,592	16952,97	184337,92
5	9,400	0,274	0,598	17693,63	194460,10
6	9,500	0,277	0,605	18481,66	205261,62
7	9,600	0,280	0,611	19315,73	216804,49
8	9,700	0,283	0,617	20192,85	229010,37
9	9,800	0,286	0,624	21108,42	241862,02
10	9,900	0,289	0,630	22056,45	255303,45
11	10,000	0,292	0,636	23029,83	269262,96
12	10,100	0,295	0,643	24020,80	283657,72
13	10,200	0,298	0,649	25021,43	298399,56
14	10,300	0,300	0,656	26024,23	313401,38
15	10,400	0,303	0,662	27022,58	328583,70
16	10,500	0,306	0,668	28011,25	343860,48
17	10,600	0,309	0,675	28986,63	359243,66
18	10,700	0,312	0,681	29946,99	374647,42
19	10,800	0,315	0,687	30892,49	390067,69
20	10,900	0,318	0,694	31825,12	405585,37
21	11,000	0,321	0,700	32748,52	421182,34
22	11,100	0,324	0,707	33667,80	436941,74
23	11,200	0,327	0,713	34589,26	452944,57
24	11,300	0,330	0,719	35520,13	469267,23
25	11,400	0,333	0,726	36468,36	486079,02
26	11,500	0,335	0,732	37442,42	503439,62
27	11,600	0,338	0,738	38451,13	521498,26
28	11,700	0,341	0,745	39503,53	540390,26
29	11,800	0,344	0,751	40608,82	560258,18
30	11,900	0,347	0,757	41776,32	581250,03
31	12,000	0,350	0,764	43015,43	603519,47
32	12,100	0,353	0,770	44335,61	627225,73
33	12,200	0,356	0,777	45746,45	652533,88
34	12,300	0,359	0,783	47257,65	679615,11
35	12,400	0,362	0,789	48879,03	708647,15
36	12,500	0,365	0,796	50620,57	739814,57
37	12,600	0,368	0,802	52492,44	773309,07
38	12,700	0,370	0,808	54504,94	809329,59
39	12,800	0,373	0,815	56668,57	848062,32
40	12,900	0,376	0,821	58993,94	889760,51
41	13,000	0,379	0,827	61491,78	934644,02

Lampiran 4 penentuan *Propeller*

1. Perhitungan daya

Untuk SHP dengan metode Holtrop harus ditentukan efisiensi propulsinya terlebih dahulu.

$$\text{DHP} = \text{EHP}/P_C$$

Setelah masing-masing efisiensi propulsi diketahui maka nilai koefisien propulsi dapat diketahui.

$$\begin{aligned} P_C &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_O \\ &= 0,991 \times 1,0 \times 0,443 \\ &= 0,439 \end{aligned}$$

Setelah diketahui P_C maka SHP dapat dihitung dengan cara :

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP} / P_C \\ &= 810,59 \text{ HP atau } 604,46 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP} / \eta_S \\ &= 810,59 / 0,98 \\ &= 827,13 \text{ HP atau } 616,79 \text{ kW} \end{aligned}$$

Perhitungan BHP (Brake Horse Power)

Pada perhitungan BHP yang perlu diketahui yaitu nilai BHPscr akan tetapi untuk faktor keamanan maka nilai BHPscr ditambahkan antara 15% sampai 20%, sebagaimana persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{BHPscr} &= \text{SHP} / 0,98 \\ &= 827,13 / 0,98 \\ &= 844,01 \text{ HP atau } 629,38 \text{ kW} \end{aligned}$$

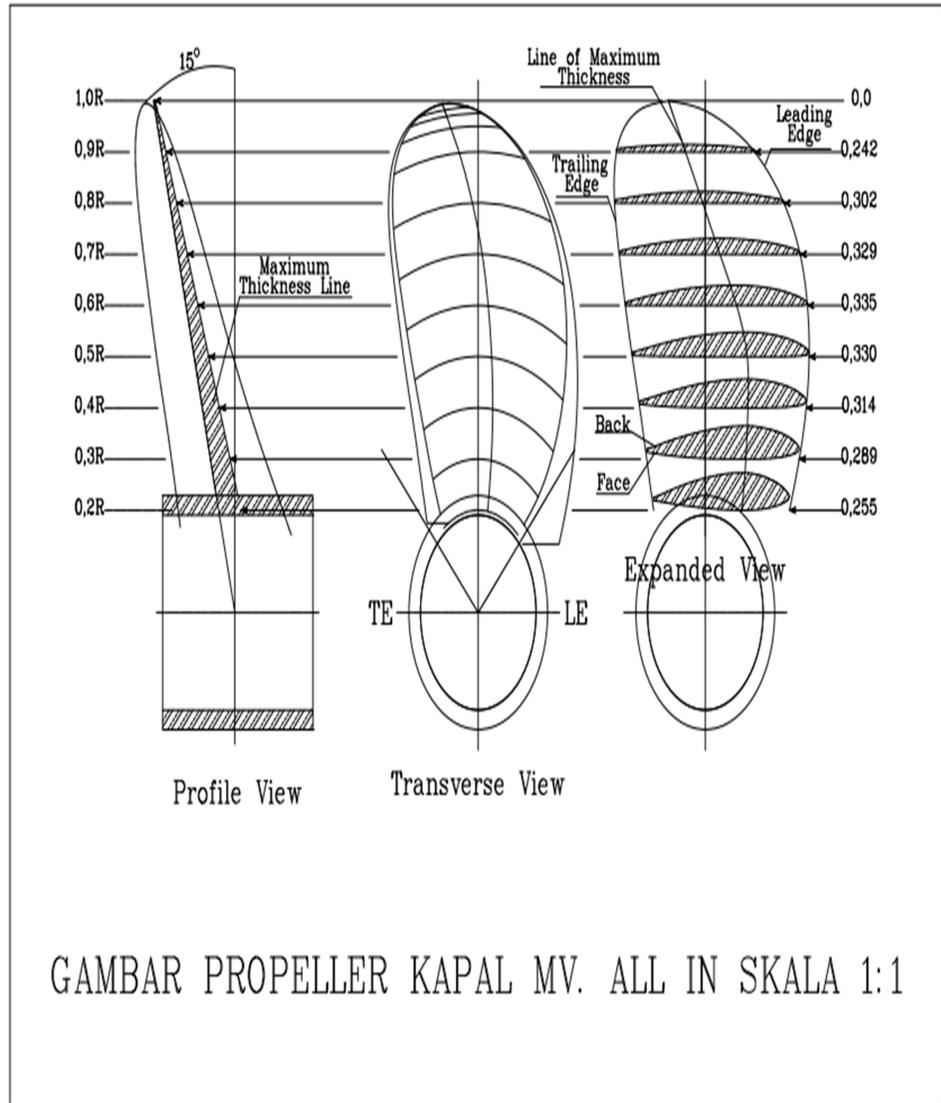
$$\begin{aligned} \text{BHPmcr} &= \text{BHPscr} / 0,85 \\ &= 992,96 \text{ HP atau } 740,45 \end{aligned}$$

2. Penentuan *Propeller*

Data *Propeller* B4-55 D 1,05 m

Parameter	Dimensi
A_e/A_o	0,55
P/d	0,9
rps	13,33
rpm	800
Q	8,605
T, kN	58,696
P_D	720,523
KT	0,265
KQ	0,037
J	0,380
η_0	0,43

Gambar propeller Diameter 1,05 meter



3. Engine Propeller Matching

- a. Tahanan kapal dan kecepatan service

$$R_t = 43 \text{ kN}$$

$$V_s = 12 \text{ knot atau } 6,1728 \text{ m/s}$$

- b. Perhitungan KT/J^2

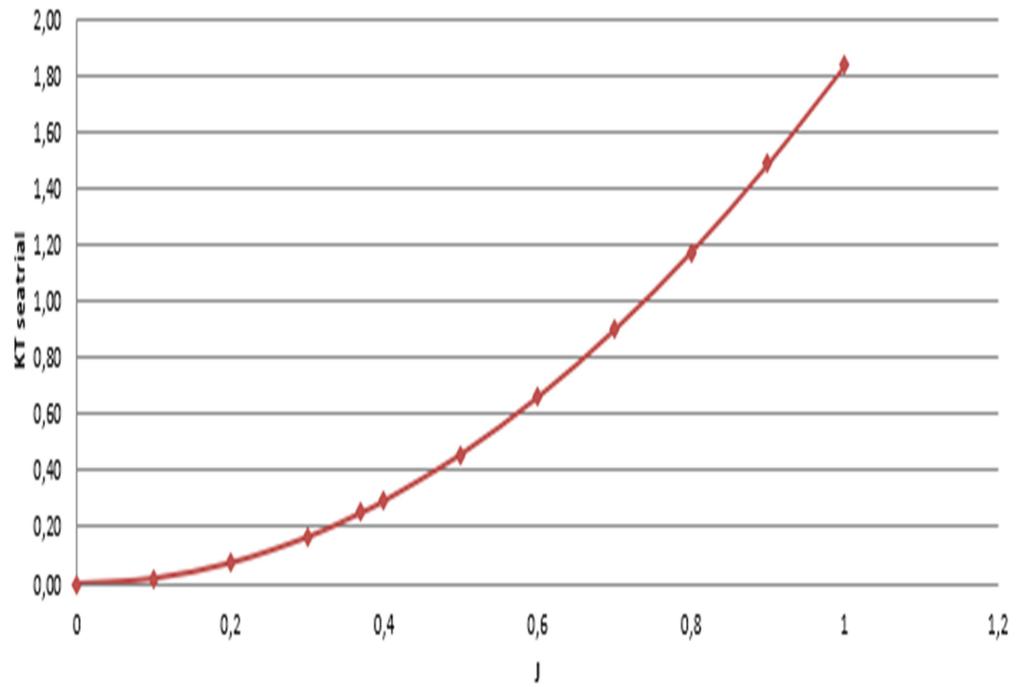
$$KT = \beta \times J^2$$

$$\text{Dimana } \beta = \frac{\alpha}{(1-t)(1-w)^2 \rho D^2}$$

Adapun nilai KT yang didapatkan yaitu $KT = 1,834508 \times J^2$ dimana nilai J pada penelitian ini berkisar antara 0-1,0. Setelah itu dibuat table berikut:

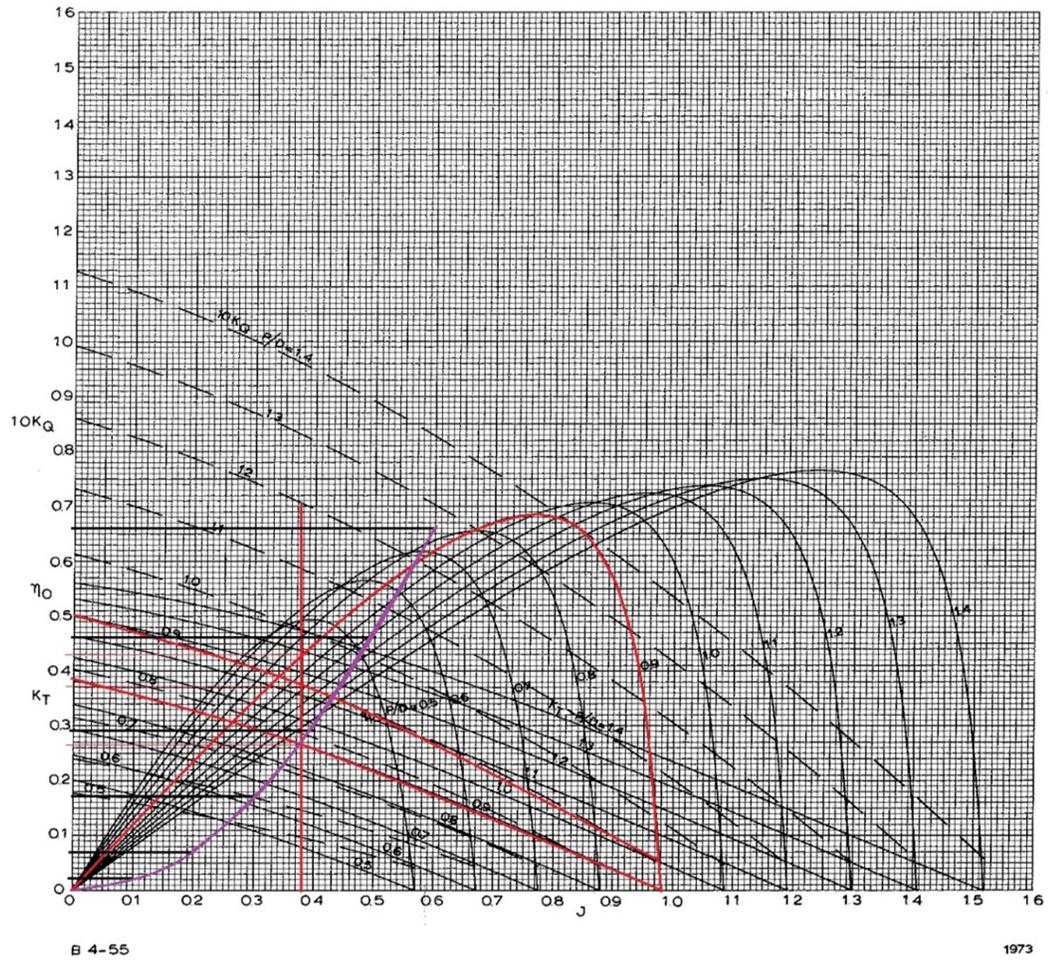
J	J ²	KT
0	0	0,00
0,1	0,01	0,02
0,2	0,04	0,07
0,3	0,09	0,17
0,4	0,16	0,29
0,5	0,25	0,46
0,6	0,36	0,66
0,7	0,49	0,90
0,8	0,64	1,17
0,9	0,81	1,49
1	1	1,83

HUBUNGAN ANTARA KT DENGAN J



c. Penentuan karakteristik propeller

Grafik wegeningen open water test B4-55, dengan P/D_b 0,90



C. Tabel nilai dari grafik wegingen open water test b4-55

J	KT	10KQ	ηO
0	0,387	0,5	0
0,1	0,357	0,469	0,12
0,2	0,328	0,436	0,23
0,3	0,293	0,402	0,34
0,4	0,256	0,363	0,45
0,5	0,215	0,318	0,55
0,6	0,174	0,269	0,63
0,7	0,123	0,215	0,67
0,8	0,073	0,157	0,64
0,9	0,022	0,096	0,44
0,95	0	0,065	0

d. Karakteristik propeller kapal

Parameter	Blade Area Ratio (A_e/A_o)
	0,55
D, m	1,05
P/D	0,9
Rps	13,33
Rpm	800
Q	8,605
T, kN	58,696
P_D	720,523
KT	0,265
KQ	0,037
J	0,380
ηO	0,43

Lampiran 5 Perhitungan Efisiensi Propulsi

$$\eta_{propulsi} = \frac{T \times V_s}{2\pi Q D n} = \frac{KT}{KQ} \times \frac{Js}{2\pi}$$

$$Js = \frac{va}{n \times D}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_a &= V_s \times (1 - w) \\ &= 6.618 \times (1 - 0.148) \\ &= 5.25 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$n = 13.33 \text{ put/s}$$

$$D = 1.05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Js &= \frac{5.25 \text{ m/s}}{13.33 \text{ put/s} \times 1.05 \text{ m}} \\ &= 0.375 \end{aligned}$$

Tabel 1 KT dan KQ

Konfigurasi	Jarak (M)	KT	KQ
1	0.430	0.253	0.0352
2	0.530	0.259	0.0361
3	0.630	0.265	0.0347
4	0.730	0.269	0.0374
5	0.830	0.251	0.0331
6	0.930	0.249	0.0334

2. Efisiensi propulsi konfigurasi 1

$$\begin{aligned} \eta_{propulsi} &= \frac{0.253}{0.0352} \times \frac{0.375}{2 \times 3.14} \\ &= 0.4230 \end{aligned}$$

3. Efisiensi propulsi konfigurasi 2

$$\begin{aligned}\eta_{\text{propulsi}} &= \frac{0.259}{0.0361} \times \frac{0.375}{2 \times 3.14} \\ &= 0.424\end{aligned}$$

4. Efisiensi propulsi konfigurasi 3

$$\begin{aligned}\eta_{\text{propulsi}} &= \frac{0.265}{0.0347} \times \frac{0.375}{2 \times 3.14} \\ &= 0.451\end{aligned}$$

5. Efisiensi propulsi konfigurasi 4

$$\begin{aligned}\eta_{\text{propulsi}} &= \frac{0.269}{0.0374} \times \frac{0.375}{2 \times 3.14} \\ &= 0.4233\end{aligned}$$

6. Efisiensi propulsi konfigurasi 5

$$\begin{aligned}\eta_{\text{propulsi}} &= \frac{0.251}{0.0331} \times \frac{0.375}{2 \times 3.14} \\ &= 0.44\end{aligned}$$

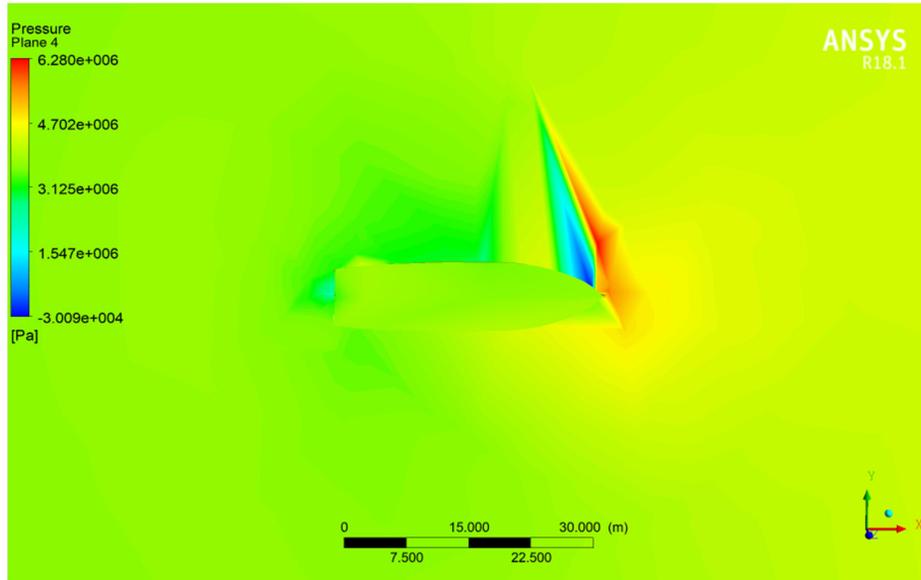
7. Efisiensi propulsi konfigurasi 6

$$\begin{aligned}\eta_{\text{propulsi}} &= \frac{0.249}{0.0334} \times \frac{0.375}{2 \times 3.14} \\ &= 0.40\end{aligned}$$

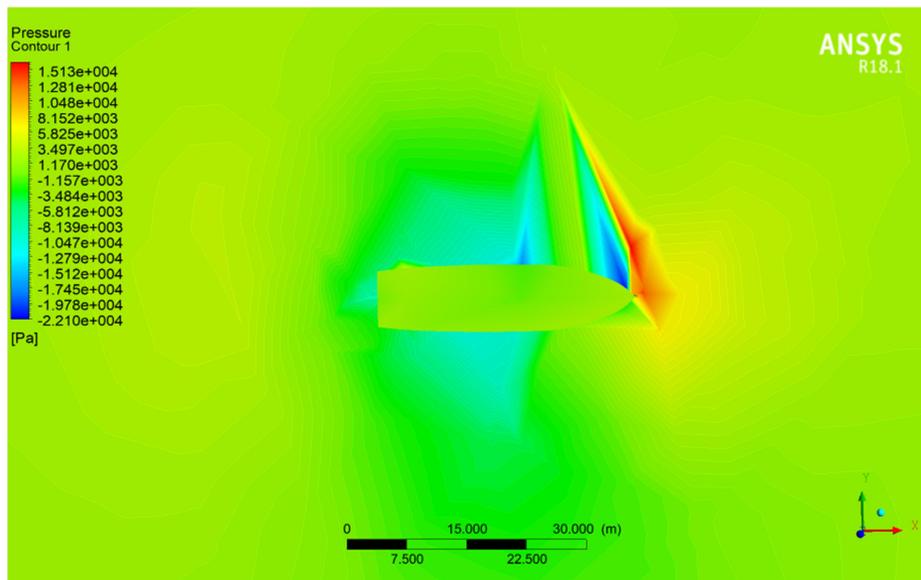
Lampiran 5 Visualisasi aliran

1. Tahanan kapal

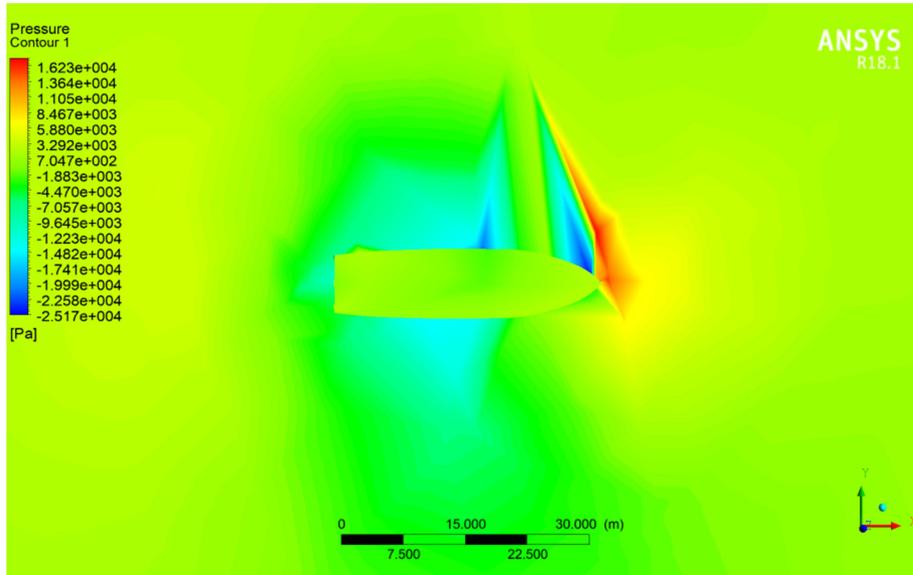
- Gambar Kecepatan 9 knot



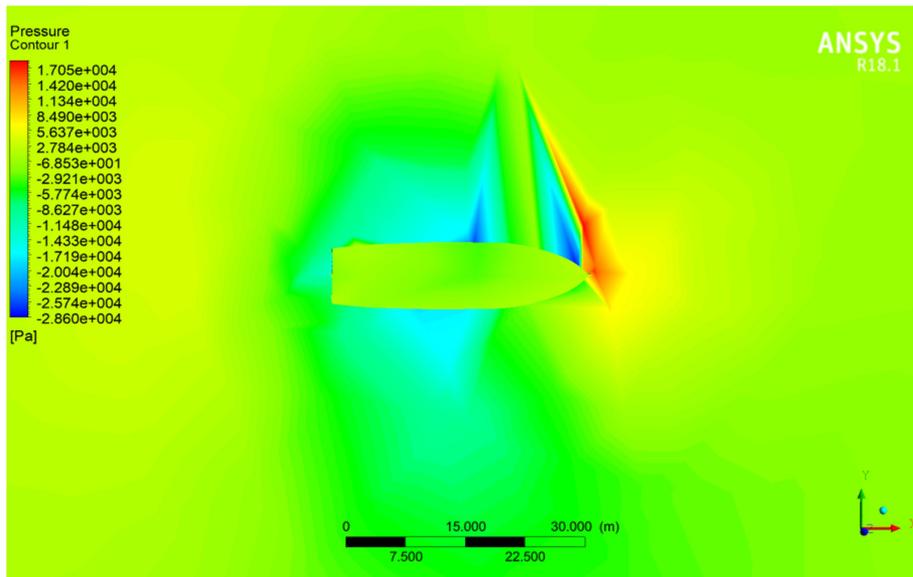
- Gambar kecepatan 10 knot



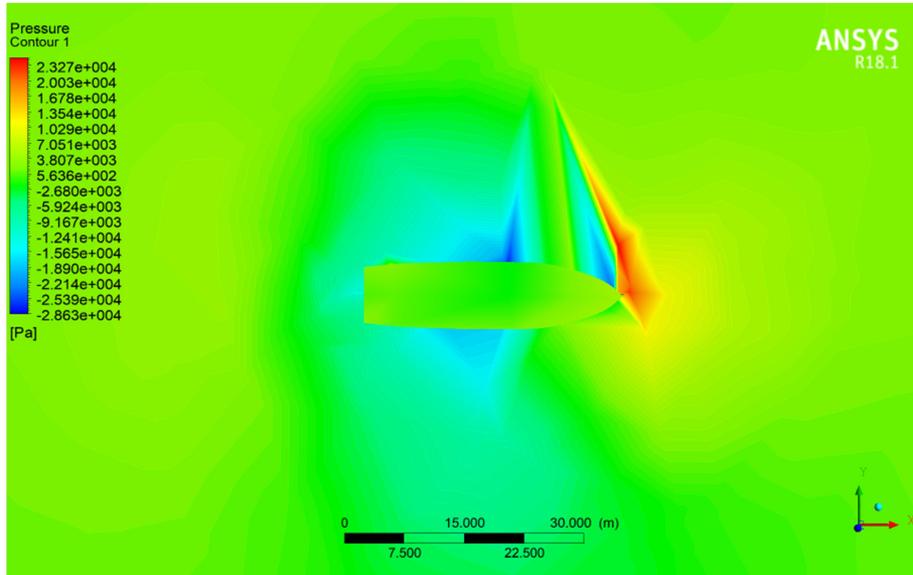
- Gambar kecepatan 11 knot



- Gambar kecepatan 12 knot

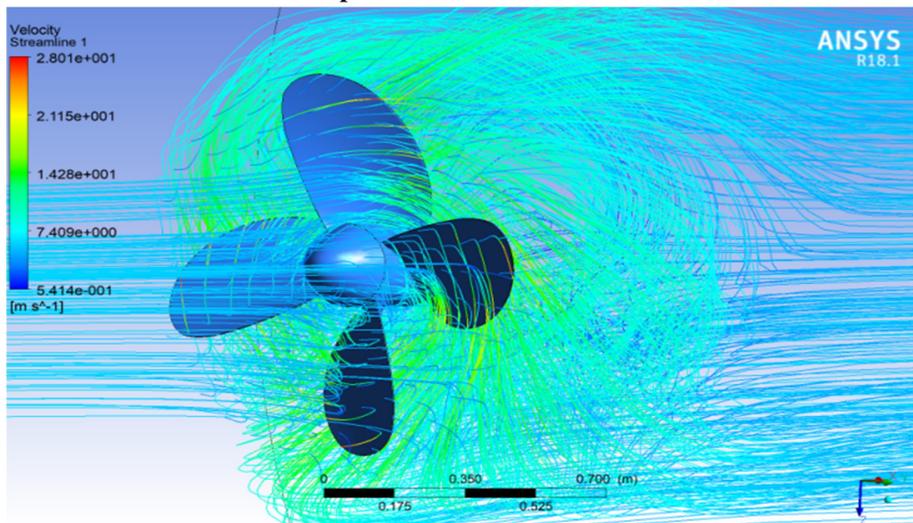


- Gambar kecepatan 13 knot



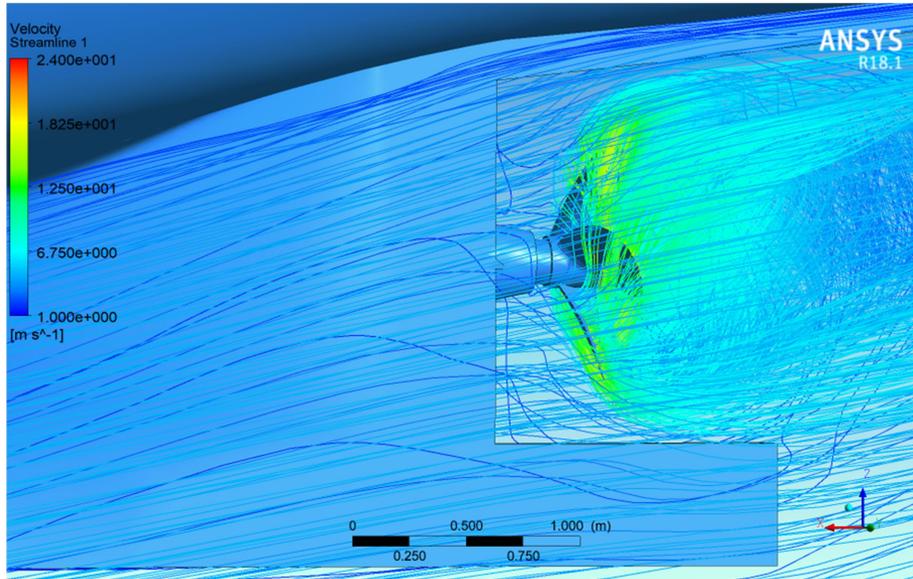
2. Open Water Test

Gambar simulasi open water test

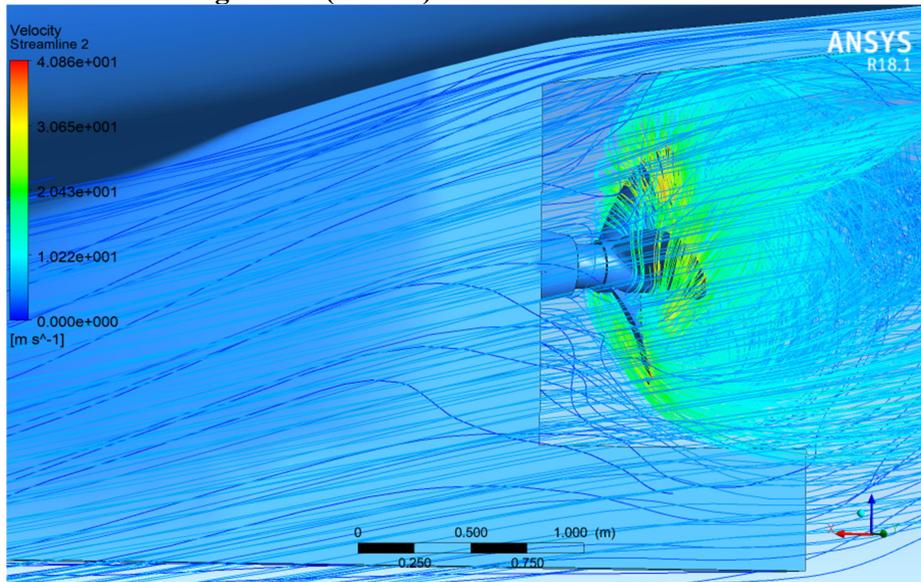


3. Konfigurasi Peletakan *Propeller*

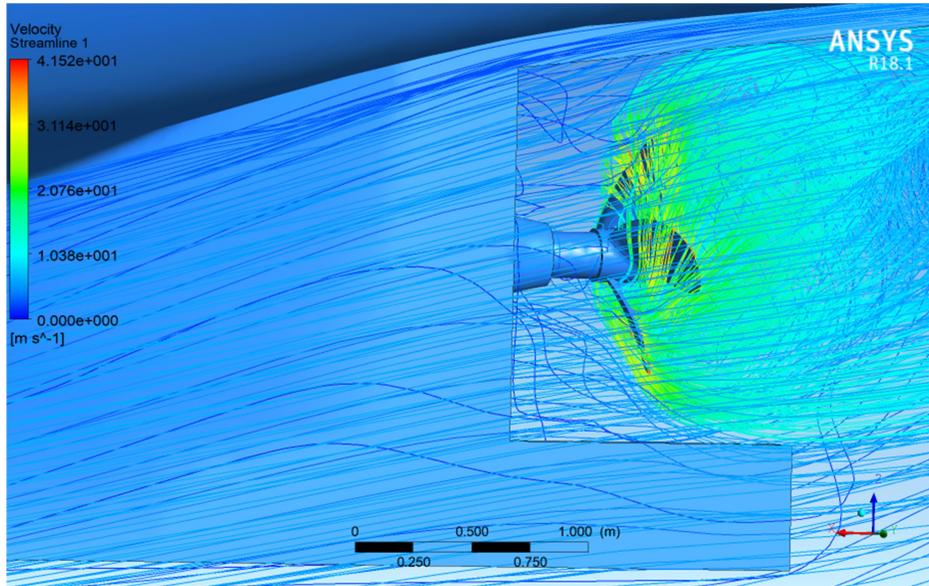
1. Konfigurasi 1 (0.43 M)



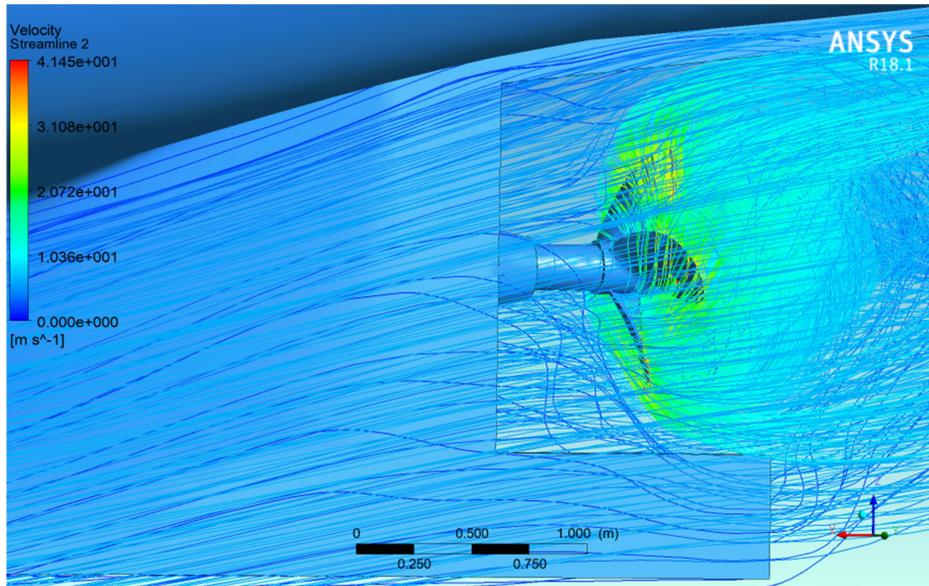
2. Konfigurasi 2 (0.53 M)



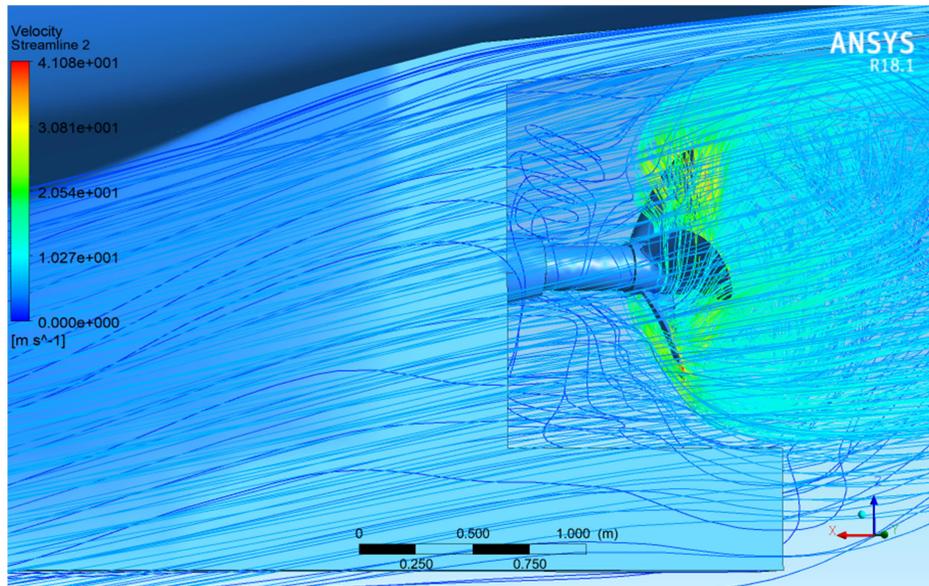
3. Konfigurasi 3 (0.63 M)



4. Konfigurasi 4 (0.73 M)



5. Konfigurasi 5 (0.83 M)



6. Konfigurasi 6 (0.93 M)

