



**TUGAS AKHIR – (ME184834)**

**ANALISA PENAMBAHAN PELINDUNG PROPELLER  
PADA SELF PROPELLER OIL BARGE (SPOB) 3200  
DWT DENGAN MENGGUNAKAN METODE CFD**

Muhammad Faishal Ar Rifqy  
NRP 04211746000002

Dosen Pembimbing 1  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

Dosen Pembimbing 2  
Achmad Baidowi, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**TUGAS AKHIR – (ME184834)**

**ANALISA PENAMBAHAN PELINDUNG PROPELLER  
PADA SELF PROPELLER OIL BARGE (SPOB) 3200  
DWT DENGAN MENGGUNAKAN METODE CFD**

Muhammad Faishal Ar Rifqy  
NRP 0421174600002

Dosen Pembimbing 1  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

Dosen Pembimbing 2  
Achmad Baidowi, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**BACHELOR THESIS – (ME184834)**

**ANALYSIS OF PROPELLER PROTECTION ADDITION  
IN SELF PROPELLER OIL BARGE (SPOB) 3200 DWT  
USING CFD METHOD**

Muhammad Faishal Ar Rifqy  
NRP 04211746000002

Dosen Pembimbing 1  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

Dosen Pembimbing 2  
Achmad Baidowi, S.T., M.T

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR****ANALISA PENAMBAHAN PELINDUNG PROPELLER PADA *SELF PROPELLER OIL BARGE* (SPOB) 3200 DWT DENGAN MENGGUNAKAN METODE CFD**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik  
Pada

Bidang studi Marine Machinery and Fluids System  
Dan Marine Manufacture and Design  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

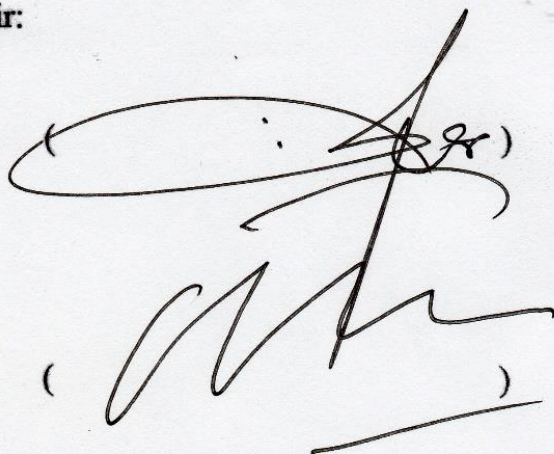
**MUHAMMAD FAISHAL AR RIFQY**  
**NRP. 0421174600002**

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

NIP. 196809281991021001

2. Achmad Baidowi, ST., MT.



**SURABAYA, JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR  
ANALISA PENAMBAHAN PELINDUNG PROPELLER PADA *SELF  
PROPELLER OIL BARGE* (SPOB) 3200 DWT DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE CFD**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik Pada  
Bidang studi Marine Machinery and Fluids System  
Dan Mrine Manufacture and Design  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD FAISHAL AR RIFQY  
NRP. 0421174600002**

Disetujui Oleh Kepala Departemen  
Teknik Sistem Perkapalan



**Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197903192008011008**

**SURABAYA, JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar dengan wilayah laut yang sangat luas mencapai  $2/3$  wilayah Indonesia. Sehingga kapal merupakan sarana transportasi yang penting digunakan untuk menuju pulau lain termasuk pengiriman bahan bakar. Salah satu sarana transportasi untuk mengirimkan bahan bakar adalah kapal *Self Propeller Oil Barge* (SPOB). Akan tetapi pada setiap pelayaran kapal tersebut mengalami kendala dengan banyaknya limbah sisa penebangan kayu yang ditemui di sungai Kapuas dan Barito yang mengakibatkan rusaknya propeller sehingga mengurangi efisiensi dari propeller tersebut.

Dari permasalahan di atas pada tugas akhir ini menambahkan pelindung propeller berupa plat dengan ukuran 5000 mm x 100 mm x 12 mm dengan jumlah 12 untuk melindungi propeller dari sampah tersebut. Setelah ditambahkan pelindung propeller dilakukan analisa tahanan dan aliran pada pelindung propeller yang sudah dirancang. Hasil dari analisa tahanan kapal sebelum ditambahkan pelindung propeller adalah 46,985 kN dan setelah ditambahkan pelindung propeller tahanan kapal berubah menjadi 47,805 kN. Terdapat penambahan tahanan sebesar 1.7 % setelah ditambahkan pelindung propeller. Untuk perhitungan daya penggerak utama setelah ditambahkan pelindung propeller adalah 355.98 kW.

Kata Kunci: CFD, SPOB, Tahanan,

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### ABSTRACT

*Indonesia is the largest archipelago country with a very wide sea area reaching 2/3 of Indonesia's territory. So the ship is an important means of transportation used to go to other islands including fuel delivery. One means of transportation to transport fuel is the Self Propeller Oil Barge (SPOB). However, on each voyage the ship encountered problems with the large amount of wood logging residue that was found in the Kapuas and Barito rivers which caused damage to the propeller thereby reducing the efficiency of the propeller.*

*According to the problems above in this final project, add a propeller protector in the form of a plate with a size of 5000 mm x 100 mm x 12 mm with a total of 12 to protect the propeller from the garbage. After the propeller protector is added, resistance and flow analysis is carried out on the designed propeller protector. The result of Kapla resistance analysis before adding propeller protector is 46,985 kN and after adding propeller protector the ship resistance changes to 47,805 kN. There is an additional resistance of 1.7% after the propeller protector is added. for the calculation of the main driving force after adding a propeller shield is 355.98 kW.*

*Keywords: CFD, SPOB, Resistance,*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Perencanaan Sistem Penggerak AUV Menggunakan Metode CFD” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak M. Ridlwan T dan Tsulusiah A, serta semua anggota keluarga yang telah memberikan doa, motivasi serta semangat untuk menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Beny Cahyono S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil. dan Bapak Achmad Baidowi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Adhi Iswanto, S.T., M.T. selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Teman-teman seperjuangan ITS-121 di lab MMD yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman Lintas Jalur 2017 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.
7. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Fluid and Machinery System (MMS” dan “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Skripsi ini.
8. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga dengan semua ini mendapat berkah sekaligus rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan desain dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industry perkapalan.

Surabaya, Januari 2020  
Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR ISI

v	
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	ix
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT .....	xiii
KATA PENGANTAR .....	xv
DAFTAR ISI .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xviii
DAFTAR TABEL DAN GRAFIK.....	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.1 Rumusan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Manfaat.....	2
BAB II .....	3
DASAR TEORI .....	3
2.1. Jenis Kapal Pengangkut Minyak.....	3
2.3. Kort Nozzle .....	5
2.4. Data limbah kayu di sungai Kapuas dan Barito .....	6
2.5. Tahanan (Resistance) .....	7
2.6. Fluida.....	8
7 Jenis Aliran Fluida .....	9
2.8. Sifat-sifat Fluida (Cairan) .....	10
2.9. Wake Fraction, Advance Velocity ( $V_a$ ), dan Thurst (T) .....	13
2.7. Computational Fluids Dynamic .....	17
2.8. Metode Elemen Hingga ( <i>Finite Elemen Method</i> ) .....	18
BAB III .....	19
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2. Studi Literatur.....	20
3.3. Pengumpulan Data Penelitian .....	20

3.4. Perancangan Pelindung Propeller Dan Pemodelan 3D Untuk Analisa CFD ....	20
3.5. Analisa Data .....	20
3.6. Kesimpulan dan Saran .....	20
BAB IV .....	21
4.1. Penjelasan Umum .....	21
4.2. Pembuatan Model .....	21
4.2.1. Ukuran Utama kapal SPOB 3200 DWT .....	21
4.2.2. Lines Plan SPOB 3200 DWT .....	21
4.2.3. Perancangan Model Pelindung Propeller.....	24
4.3. Perhitungan Tahanan Menggunakan metode <i>Computational Fluids Dynamics</i> (CFD) .....	26
4.3.1. Proses Input Geometri.....	26
4.3.2. Proses Meshing .....	28
4.3.3. Proses Set up, Solution, Result .....	29
4.3.4. Hambatan SPOB 3200 DWT .....	38
4.3.5. Analisa Hasil Visual Simulasi.....	42
BAB V .....	51
PENUTUP .....	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	53
BIODATA PENULIS .....	54

### DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Very Large Crude Carrier</i> .....	3
Gambar 2. 2 <i>Panamax Vessel</i> .....	3
Gambar 2. 3 SPOB Kapuas 3200 DWT.....	4
Gambar 2. 4 <i>Propeller Guard</i> .....	5
Gambar 2. 5 Kort Nozzle.....	6
Gambar 2. 6 Limbah kayu di sungai .....	7
Gambar 2. 7 Perbedaan solid dan fluida ketika diberi gaya geser .....	8
Gambar 2. 8 Aliran Tunak ( <i>Steady Flow</i> ) .....	10
Gambar 2. 9 Aliran Tak Tunak ( <i>Unsteady Flow</i> ) .....	10
Gambar 2. 10 Ilustrasi Wake pada badan kapal .....	13
Gambar 2. 11 Diagram Halvard untuk menentukan Wake .....	16
Gambar 2. 12 Contoh analisa CFD .....	17

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	19
Gambar 4. 1 Lines Plan SPOB 3200 DWT.....	21
Gambar 4. 2 Model Maxsurf Modeller SPOB 3200 DWT .....	22
Gambar 4. 3 Model Rhinoceros SPOB 3200 DWT .....	22
Gambar 4. 4 Model Rhinoceros SPOB 3200 DWT .....	23
Gambar 4. 5 Model 3D kapal dengan pelindung propeller .....	23
Gambar 4. 6 Tampak Samping Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT .....	24
Gambar 4. 7 Detail Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT.....	24
Gambar 4. 8 Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT .....	25
Gambar 4. 9 Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT .....	25
Gambar 4. 10 Langkah simulasi aliran dengan software CFD.....	26
Gambar 4. 11 Input geometri tanpa pelindung propeller .....	26
Gambar 4. 12 Input geometri dengan pelindung propeller.....	27
Gambar 4. 13 Proses input geometri dan pembuatan domain .....	27
Gambar 4. 14 Langkah meshing model dan domain.....	28
Gambar 4. 15 Hasil dari meshing model dan domain .....	29
Gambar 4. 16 Langkah pengaturan untuk proses solution dan result .....	29
Gambar 4. 17 Langkah pengaturan model dan jenis fluida.....	30
Gambar 4. 18 Langkah pengaturan viscous model .....	30
Gambar 4. 19 Langkah pengaturan multiphase model.....	31
Gambar 4. 20 Langkah pengaturan material model .....	31
Gambar 4. 21 Langkah pengaturan fluida air yang digunakan model.....	32
Gambar 4. 22 Langkah pengaturan model fluida untuk air laut .....	32
Gambar 4. 23 Langkah pengaturan phase 1 model .....	33
Gambar 4. 24 Langkah pengaturan phase 2 model .....	33
Gambar 4. 25 Langkah pengaturan baoundary condition model.....	33
Gambar 4. 26 Langkah pengaturan velocity inlet .....	34
Gambar 4. 27 Langkah pengaturan outlet pressure.....	34
Gambar 4. 28 Langkah pengaturan solution methods .....	35
Gambar 4. 29 Langkah pengaturan solution control .....	35
Gambar 4. 30 Langkah pengaturan monitors .....	36
Gambar 4. 31 Langkah pengaturan drag monitor .....	36
Gambar 4. 32 Langkah pengaturan drag report definition .....	37
Gambar 4. 33 Langkah pengaturan solution initialization .....	37
Gambar 4. 34 Langkah pengaturan run calculation .....	38
Gambar 4. 35 Result Pressure kapal tanpa pelindung propeller dari samping .....	42
Gambar 4. 36 Result Pressure kapal dengan pelindung propeller dari samping.....	43
Gambar 4. 37 Result Pressure kapal tanpa pelindung propeller dari atas .....	43
Gambar 4. 38 Result Pressure kapal dengan pelindung propeller dari samping.....	44
Gambar 4. 39 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller dari samping .....	44
Gambar 4. 40 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari samping .....	45
Gambar 4. 41 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller dari atas .....	45
Gambar 4. 42 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas .....	46

Gambar 4. 43 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller dari samping ..... 46  
Gambar 4. 44 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas..... 47  
Gambar 4. 45 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas..... 47  
Gambar 4. 46 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas..... 48  
Gambar 4. 47 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller secara isometri ..... 48  
Gambar 4. 48 Result velocity kapal dengan pelindung propeller secara isometri ..... 49

**DAFTAR TABEL DAN GRAFIK**

Tabel 4. 1 Tabel hasil running hambatan kapal ..... 38

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertamina merupakan salah satu perusahaan minyak di Indonesia. Dalam perjalanannya telah mendistribusikan minyak ke seluruh penjuru Indonesia. Wilayah Indonesia sangat luas dan tidak terpusat pada satu pulau, akan tetapi terbagi menjadi 18.000 pulau dari yang besar sampai pulau kecil. Untuk mendistribusikan minyak ke pulau lain diperlukan sarana transportasi yang memadai, sehingga kapal tanker dipilih untuk menjadi sarana transportasi minyak ke seluruh Indonesia.

Di daerah Kalimantan menggunakan kapal tanker jenis *Self Propeller Oil Barge* (SPOB) untuk mendistribusikan produknya. SPOB dipilih karena ukurannya besar dengan sarat air relatif lebih kecil karena akan berlayar di sungai untuk masuk ke pedalaman Kalimantan. Akan tetapi selama pelayaran terdapat beberapa masalah salah satunya adalah banyaknya sampah dari hasil penebangan pohon dari hutan-hutan yang ada di pinggir sungai, sehingga karena banyaknya potongan kayu tersebut yang menghantam bagian propeller kapal mengakibatkan kerusakan pada propeller kapal. Dari kerusakan tersebut bisa mengganggu pelayaran dari kapal tersebut karena trust yang dihasilkan tidaklah sempurna. Pada umumnya perbaikan propeller dijadwalkan setiap 5 tahun sekali pada saat overhull akan tetapi karena adanya kerusakan akibat limbah kayu pada sungai mengharuskan propeller di perbaiki setiap 1-2 tahun sekali. Hal tersebut akan mengakibatkan penambahan biaya pada proses perbaikan setiap 1-2 tahun sekali.

Dari masalah tersebut kami berencana untuk menambahkan pelindung propeller untuk mempertahankan masa pakai dari propeller kapal sehingga tidak terlalu sering melakukan perbaikan pada propeller. Setelah ditambahkan pelindung propeller akan dianalisa bagaimana pengaruh aliran pada propeller, perbandingan performa sebelum ditambahkan

### **1.1 Rumusan Masalah**

Dari uraian yang disampaikan di atas, maka permasalahan yang menjadi bahan analisa dalam kajian ini adalah:

1. Bagaimana desain dari pelindung propeller untuk SPOB 3200 DWT?
2. Bagaimana analisa aliran pada kapal SPOB 3200 DWT sebelum ditambahkan pelindung propeller dan setelah ditambahkan pelindung propeller?

### **1.2 Tujuan Penulisan**

Terdapat beberapa tujuan penulisan pada pengerjaan tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Untuk menentukan desain pelindung propeller yang sesuai dengan kapal SPOB 3200 DWT
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh aliran sebelum ditambahkan pelindung propeller dan setelah ditambahkan pelindung propeller?

### **1.3 Batasan Masalah**

Terdapat batasan masalah pada pengerjaan penelitian ini, sebagai berikut:

1. Pada tugas akhir ini akan membahas penambahan pelindung propeller secara teknis
2. Kasus yang diambil adalah kapal SPOB 3200 DWT pada sungai yang ada di Kalimantan

### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan kajian ini adalah:

1. Untuk memberikan solusi desain pelindung propeller yang sesuai untuk kapal SPOB 3200 DWT
2. Untuk mengurangi interval perbaikan propeller pada kapal SPOB 3200 DWT

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Jenis Kapal Pengangkut Minyak

#### a. *Very Large Crude Carrier (VLCC)*

VLCC adalah kapal tanker yang mampu membawa minyak dalam jumlah besar dengan kapasitas 200.000 – 320.000 DWT. Kapal ini mampu melewati jarak yang jauh dengan muatan yang banyak sehingga lebih ekonomis untuk mengangkut muatan dari tempat yang jauh. Kapal jenis ini mampu melewati rute antar benua seperti dari asia timur atau afrika menuju amerika.



Gambar 2. 1 *Very Large Crude Carrier*  
Sumber: <https://maritime-connector.com/>

#### b. *Panamax*

Panamax adalah jenis kapal tanker yang di gunakan untuk jarak pendek dan bisa memasuki kanal, seperti pada kanal Panama. Kapal ini memiliki kapasitas muatan 300.000 DWT.



Gambar 2. 2 *Panamax Vessel*  
Sumber: <https://maritime-connector.com/>

### c. *Self Propeller Oil Barge (SPOB)*

Self Propeller Oil Barge atau yang selanjutnya disebut SPOB adalah kapal hasil dari modifikasi dari barge atau ponton yang ditambahkan dengan mesin penggerak dan perlengkapan kapal lainnya. Kapal ini digunakan untuk mendistribusikan bahan bakar minyak ke seluruh Indonesia. SPOB Kapuas adalah kapal milik yang digunakan untuk mendistribusikan bahan bakar minyak ke seluruh daerah di Indonesia salah satunya adalah ke pulau Kalimantan. Karena ukuran kapal yang tidak terlalu besar maka kapal ini bisa dengan mudah memasuki wilayah sungai besar yang ada di Kalimantan seperti sungai Kapuas dan sungai Barito.



Gambar 2. 3 SPOB Kapuas 3200 DWT  
Sumber: <https://www.marinetraffic.com>

### 2.2. Pelindung Propeller (Propeller Guard)

Propeller guard adalah salah satu komponen tambahan yang dipasangkan pada bagian propeller kapal untuk melindungi propeller dari benda asing yang bisa merusak propeller. Pada umumnya propeller kapal akan bergerak terus menerus selama kapal berlayar, akan tetapi jika ada benda asing yang menghantam bagian daun dari propeller maka hal tersebut akan merusaknya. Karena rusaknya propeller maka akan mengurangi kemampuan propeller untuk menghasilkan daya dorong untuk menggerakkan kapal.

Sehingga perlu diberikan pelindung propeller untuk melindungi propeller dari benda asing yang bisa merusak propeller.



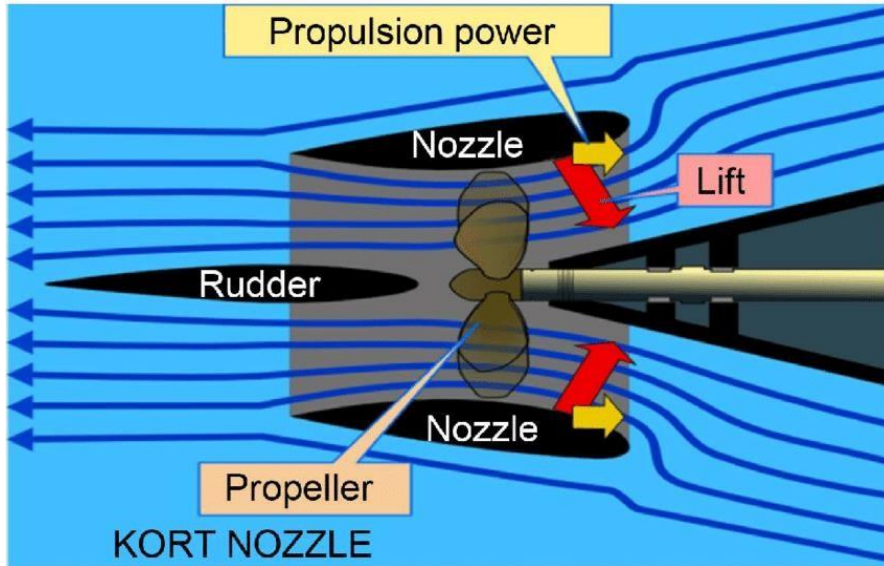


Gambar 2. 4 *Propeller Guard*  
Sumber: <http://www.olds.com.au/>

### 2.3. Kort Nozzle

Kort nozzle bisa juga disebut nozzle adalah pelindung propeller yang digunakan pada kapal dengan memberikan selubung plat pada sekeliling propeller berbentuk foil. Tujuan diberikannya kort nozzle pada propeller adalah untuk meningkatkan efisiensi dari propeller sehingga bisa ikut membantu meningkatkan kecepatan kapal pada saat melaju. Selain menambahkan efisiensi propeller kort nozzle juga membantu melindungi propeller dari benda asing yang datang dari samping.

Selain memaksimalkan kerja propeller nozzle juga berfungsi untuk mengurangi kebisingan dan getaran. Kombinasi dari kort nozzle dan propeller disebut ducted propeller. Pada diameter yang sama propeller yang menggunakan nozzle akan memiliki kecepatan yang lebih besar daripada propeller yang tidak menggunakan nozzle. Hal tersebut terjadi karena aliran air yang masuk ke dalam nozzle mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada tidak menggunakan nozzle.



Gambar 2. 5 Kort Nozzle

Sumber: <https://www.researchgate.net/>

#### 2.4. Data limbah kayu di sungai Kapuas dan Barito

Pulau Kalimantan adalah salah satu pulau terbesar di Indonesia dengan luas wilayah 743.330 km<sup>2</sup> yang sebagian besar adalah hutan. Hal tersebut dimanfaatkan oleh pemerintah untuk melakukan program transmigrasi penduduk ke pulau Kalimantan. Hal tersebut dilakukan untuk pemerataan penyebaran penduduk Indonesia. Setelah dilakukan program transmigrasi banyak warga yang melakukan pembukaan lahan dengan cara menebang hutan untuk dimanfaatkan sebagai ladang.

Selain digunakan untuk membuka lahan ada beberapa warga yang memanfaatkan pohon dari hutan untuk dijual. Setelah dipotong kayu tersebut diangkut oleh kapal pengangkut kayu untuk di kirimkan kepada pelanggan. Akan tetapi kayu yang dipakai tidak seluruhnya, sehingga ada beberapa limbah dari hasil pemotongan kayu tersebut yang dibuang ke sungai. Efek dari limbah kayu tersebut dapat menjadikan sungai kotor dan mengganggu aktifitas pelayaran pada sungai tersebut seperti menggores lambung kapal sampai merusak propeller yang menjadikan kapal tidak bisa beroperasi secara lancar di sungai.



Gambar 2. 6 Limbah kayu di sungai

Sumber: <http://korankaltara.com/>

## 2.5. Tahanan (Resistance)

Tahanan kapal merupakan ilmu yang mempelajari reaksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah hidrodinamika kapal, tahanan adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut [4]. Besarnya nilai tahanan total merupakan jumlah total tahanan yang bekerja pada kapal sebagai berikut:

### a. Tahanan Gesek

Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya yaitu air. Partikel air yang terdapat pada lapisan batas (*boundary layer*) mengalami percepatan karena adanya kecepatan lambung kapal. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*).

### b. Tahanan Gelombang

Tahanan gelombang merupakan hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

### c. Tahanan Udara

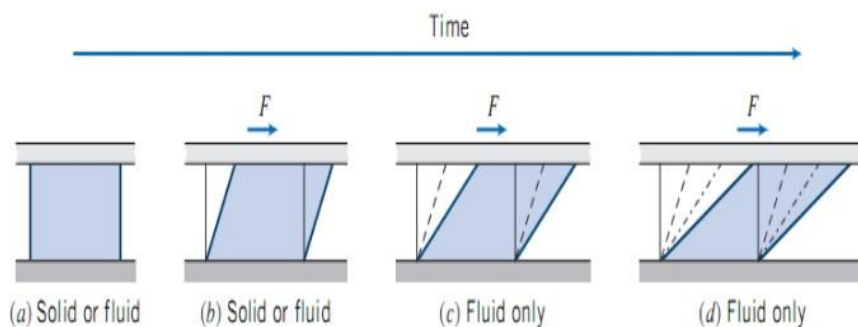
Tahanan udara diartikan sebagai tahanan yang dialami oleh bagian badan yang berada di atas air dan bangunan atas. Tahanan ini bergantung pada kecepatan kapal, dan luas serta bentuk bagian atas tersebut.

### d. Tahanan Tambahan

Tahanan yang diakibatkan oleh tahanan selain tahanan gelombang, tahanan udara, dan tahanan gesek. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, bagian badan kapal, dan kemudi.

## 2.6. Fluida

Mekanika Fluida adalah cabang ilmu yang mempelajari mengenai zat fluida bergerak atau diam serta gaya akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Sedangkan fluida sendiri merupakan zat yang akan mengalami deformasi secara terus menerus jika diberikan tegangan geser (tangensial) tidak peduli seberapa kecil tegangan geser tersebut. Batas tersebut dapat berupa permukaan padat atau fluida lainnya. Pembahasan tentang fluida yang bergerak yaitu dengan mengembangkan persamaan-persamaan dasar untuk penerapan teori analisis berdasarkan volume atur. Analisis didasarkan pada volume atur, karena: Pertama, fluida sebagai media dapat mengalami distorsi dan deformasi secara terus menerus dan oleh karenanya sangat sulit sekali untuk mengidentifikasi suatu massa yang sama di setiap saat. Kedua, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu. Ketiga, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu. Secara umum terdapat perbedaan antara fluida dengan benda solid, dimana benda solid tidak terjadi deformasi secara kontinu selama gaya ( $F$ ) yang dikenakan lebih kecil dibanding batas elastisnya. Sedangkan fluida sendiri akan mengalami deformasi secara terus menerus jika di berikan tegangan geser (tangensial) seiring berjalannya waktu, seberapa kecil tegangan geser tersebut tidak akan berpengaruh. Kondisi di lapangan menyatakan bahwa jika fluida berada dalam keseimbangan, fluida tidak dapat menahan gaya tangensial atau gaya geser. Berikut merupakan visualisasi sifat fluida jika dibandingkan dengan benda solid.



Gambar 2. 7 Perbedaan solid dan fluida ketika diberi gaya geser  
Sumber: Fox and McDonald's, 8th edition

Berdasarkan pergerakan partikelnya, aliran fluida dibedakan menjadi aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar merupakan aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal itu maka garis alir antar partikel fluida tersebut akan saling berpotongan. Untuk menentukan aliran fluida tersebut aliran laminar

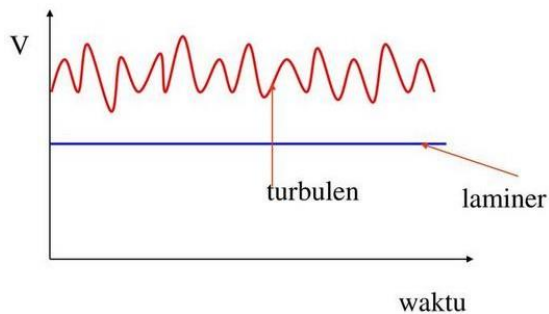
ataupun aliran turbulen dapat dilihat dari nilai bilangan Reynold-nya, pada external flow (aliran tersebut melewati suatu contour body yang berada pada aliran fluida tanpa batas), pada aliran laminar bilangan Reynold-nya  $\leq 5 \times 10^5$ , dan pada aliran turbulen bilangan Reynold - nya  $> 5 \times 10^5$ . Kemudian aliran fluida diklasifikasikan berdasarkan perubahan terhadap waktu yaitu aliran tunak (steady flow) dan aliran tak tunak (unsteady flow). Aliran tunak (steady flow) terjadi jika kondisi fluida pada titik manapun tidak terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu dengan jangka waktu yang tidak terbatas dan dapat dinotasikan dengan  $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$ , apabila pada kondisi kecepatan aliran berubah terhadap waktu  $\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$ , maka aliran tersebut digolongkan menjadi aliran tak tunak (unsteady flow).

Cairan adalah suatu zat yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas tergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Pada umumnya wahana ini di dalam air melaju dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran fluida berupa cairan yang mengalir di sekeliling wahana dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible. Properti lain dari cairan adalah viskositas. Properti ini dikarenakan oleh gesekan molekuler antar partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum, karena adanya gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas yang dimiliki fluida ini dapat menyebabkan terjadinya friction drag sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding.

## 2. 7 Jenis Aliran Fluida

### a. Aliran Tunak (*Steady Flow*)

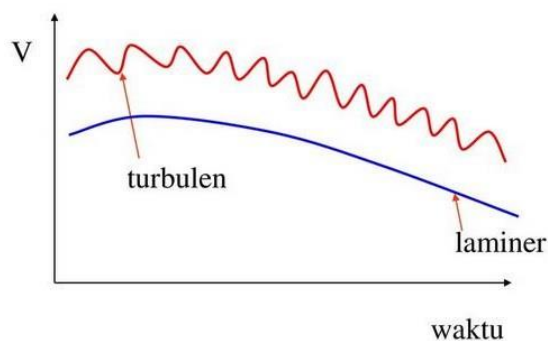
Aliran tunak adalah aliran dimana, sifat dari partikel partikel pada suatu tempat tidak akan berubah terhadap waktu. Jadi dalam aliran yang tunak, sifat sifat partikel pada suatu tempat tidak akan berubah terhadap waktu, meskipun tempat yang lainnya bisa jadi sifat sifat partikel tadi akan berbeda, yang hanya disebabkan karena perubahan posisi dari partikel. Sebagai contoh, aliran air yang dipompa secara terus menerus melalui pipa secara konstan, sehingga parameter aliran, seperti kecepatan aliran tadi tidak akan berubah terhadap waktu.



Gambar 2. 8 Aliran Tunak (*Steady Flow*)  
 Sumber:Harjanti Susman,2018

b. Aliran Tak Tunak (*Unsteady Flow*)

Aliran tak tunak adalah aliran dimana, sifat sifat dari partikel pada suatu tempat berubah terhadap waktu. Jadi sifat partikel pada tempat yang sama akan selalu berubah dan tidak sama. Sebagai contoh aliran air yang dipompa secara tidak tentu (seperti membuka tutup katup aliran dalam pipa)melalui pipa, sehingga parameter aliran, seperti kecepatan aliran tadi akan berubah ubah terhadap waktu.



Gambar 2. 9 Aliran Tak Tunak (*Unsteady Flow*)  
 Sumber:Harjanti Susman,2018

## 2.8. Sifat-sifat Fluida (Cairan)

Cairan adalah fluida yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas ( $\rho$ ) didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Properti ini tergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Kendaraan di jalan pada umumnya berjalan dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil,

oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran udara yang mengalir di sekeliling kendaraan dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible. Untuk kondisi standar,  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 288 \text{ K}$ , harga densitas atau  $(\rho) = 1,2250 \text{ kg/m}^3$ .

Properti lainnya dari udara adalah viskositas. Properti ini disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Pada kondisi standar viskositas  $\mu = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$  dan  $\nu = 1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . Viskositas yang dimiliki fluida ini menyebabkan terjadinya friction drag sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding

#### a. Densitas

Densitas ( $\rho$ ) atau kerapatan suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut yang dinyatakan dalam massa persatuan volume pada atmosfer bumi. Properti ini bergantung pada tekanan (P) dan temperatur (T). Densitas dinyatakan dalam tiga bentuk, yaitu:

##### 1) Densitas Massa

Densitas massa merupakan perbandingan jumlah massa dengan jumlah volume. Densitas massa dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Dimana:  $m =$  massa (kg)  $V =$   
volume (m<sup>3</sup>)

$\rho =$  massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

Harga standarnya pada tekanan  $P = 1,01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  dengan temperatur 288,15 K sehingga densitas udara 1,225 kg/m<sup>3</sup> dan untuk air adalah 1000 kg/m<sup>3</sup>.

##### 2) Berat Spesifik

Didefinisikan sebagai gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2.2)$$

Dimana:  $\gamma =$  berat spesifik (N/m<sup>3</sup>)

Untuk  $\gamma$  udara = 12,07 N/m<sup>3</sup> dan  $\gamma$  air = 9,81 x 10<sup>3</sup> N/m<sup>3</sup>

##### 3) Densitas Relatif (Specific Gravity)

Densitas relatif disebut juga specific gravity (SG) yaitu perbandingan antara berat spesifik suatu zat dengan berat spesifik air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi yang tepat.

$$SG = \frac{\gamma_{zat}}{\gamma_{air}} \quad (2.3)$$

## b. Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran ketahanan fluida terhadap deformasi, sedangkan viskositas sendiri disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk yaitu:

1) Viskositas Dinamis ( $\mu$ )

Viskositas dinamis merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya viskositas air bervariasi dan dipengaruhi temperatur. Pada kondisi standar (temperatur kamar 26,5°C) besar viskositas dinamik adalah  $\mu_{air} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$  dan  $\mu_{udara} = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$

2) Viskositas Kinematik ( $\nu$ )

Merupakan perbandingan viskositas dinamik ( $\mu$ ) terhadap kerapatan ( $\rho$ ):

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.4)$$

Viskositas kinematik muncul dalam banyak terapan, misalnya dalam bilangan reynold yang tanpa dimensi. Untuk viskositas kinematik pada temperatur 26,5°C ialah  $8,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  dan udara  $1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

## c. Bilangan Reynolds

Kondisi aliran laminar atau turbulen dapat dinyatakan dengan bilangan Reynolds untuk aliran incompressible. Jenis lapis batas pada aliran udara yang mengalir suatu obyek juga sangat ditentukan oleh bilangan Reynolds (Re). Hal ini dapat dijelaskan bahwa dalam lapis batas, gaya geser dan gaya inersia sangat penting. Sedangkan bilangan Reynolds sendiri menggambarkan perbandingan.

Antara gaya inersia terhadap gaya geser yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu.

$$\text{Re} = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{Gaya geser}} \quad (2.5)$$

dimana: Gaya Inersia  $= p \times A = \rho \cdot U^2 \cdot L^2$

Gaya Geser  $= \tau \times A = \left(\frac{\mu \cdot U}{L}\right) \cdot L^2$

Sehingga,

## 1) Untuk aliran eksternal

$$\text{Re} = \frac{\rho U_{\infty}^2 L^2}{\left(\frac{\mu U_{\infty}}{L}\right) L^2} = \frac{\rho U_{\infty} L}{\mu} \quad (2.6)$$

dimana :  $\rho$  : Densitas fluida

$U$  : Kecepatan aliran free stream fluida



- $L$  : Panjang karakteristik yang diukur pada medan aliran, dalam kasus ini digunakan diameter hidrolis, yaitu  $D_h$   
 $\mu$  : Viskositas dinamis fluida

2) Untuk aliran internal

Diameter hidrolis ( $D_h$ ) digunakan untuk perhitungan saluran yang tidak berbentuk bundar. Diameter hidrolis dapat didefinisikan sebagai

$$D_h = \frac{4.A}{P} \quad (2.7)$$

Dimana :  $A$  = Luas penampang  
 $P$  = keliling penampang

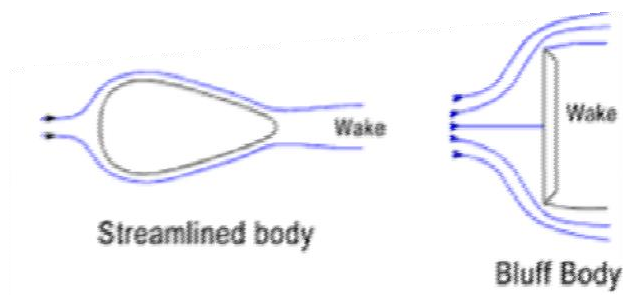
Sehingga,

$$Re_h = \frac{\rho \cdot U_\infty \cdot D_h}{\mu} \quad (2.8)$$

## 2.9. Wake Fraction, Advance Velocity ( $V_a$ ), dan Thrust ( $T$ )

Wake fraction adalah perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan propeller. Dalam setiap aliran air pada badan kapal sampai ke bagian buritan kapal, selalu terjadi wake/ arus ikut ( $w$ ) yang merupakan perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang melalui baling-baling. Wake disebabkan oleh :

- Fraction drag ( arus ikut gesekan) dari badan kapal yang menyebabkan kenaikan dari kecepatan dan volume air yang menuju ke daerah propeller. Fraction drag ini menyebabkan kenaikan kecepatan fluida
- Bentuk hull kapal akan membentuk pola gelombang pada permukaan air dimana partikel air dan permukaan gelombang mempunyai kecepatan yang disebabkan oleh gerakan orbitaly, dimana kecepatan orbitaly tersebut bergerak menuju kearah belakang.
- Besarnya wake akan dipengaruhi oleh jumlah propeller. Kapal dengan rancangan menggunakan beberapa propeller akan dirancang sedemikian rupa sehingga air dapat mengalir melalui luasan baling-baling.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Wake pada badan kapal

Semakin besar  $w$  yang terjadi akan mengakibatkan  $V_a$  akan menjadi lebih kecil. Dengan  $V_a$  yang semakin kecil maka daya yang diperlukan untuk mendorong kapal agar mencapai kecepatan yang diinginkan akan menjadi lebih besar. Kecepatan wake yang efektif pada propeller ini adalah  $V_w$ , yang memiliki arah sama dengan kecepatan kapal  $V$ , sehingga kecepatan air yang sampai ke propeller,  $V_a$  (speed of advance of propeller), kecepatan rata-rata aliran di disk propeller  $V_w$ , lebih rendah dari kecepatan kapal  $V$ . Kecepatan wake efektif pada propeller:  $V_w = V - V_a$ , parameter koefisien fraksi wake di definisikan oleh Taylor sebagai berikut:

$$(1 - w) = \frac{V_a}{V_s} \quad \dots (2.9)$$

Wake ini adalah faktor penyebab munculnya 2 jenis kecepatan kapal yaitu  $V_s$  kecepatan service kapal dan  $V_a$  kecepatan advance atau kecepatan relative dari partikel air yang melewati propeller. Wake pada kapal dapat terjadi karena pengaruh dari lambung kapal itu sendiri, yaitu air akan mengalir menuju buritan kapal dan membentuk arus. Dan juga disebabkan karena gerakan propeller kapal sehingga pada bagian tersebut mengandung arus yang sesuai dengan arah gerak propeller tersebut. Kapal dengan single propeller memiliki koefisien fraksi wake antara: 0,20 s/d 0,45, berhubungan dengan kecepatan aliran ke propeller  $V_a$ , 0,80 s/d 0,55 kecepatan kapal  $V$ . Koefisien blok besar, koefisien fraksi wake lebih besar. Pada kapal yang memiliki dua propeller, biasanya penempatan propeller di luar daerah lapisan gesek (friction belt/boundary layers) sehingga  $w$  akan lebih rendah. Wake yang homogen disekitar propeller dapat meningkatkan advance velocity. Besarnya nilai  $V_a$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_a = V_s(1 - w) \quad \dots (2.10)$$

Nilai dari  $V_a$  sangat berpengaruh terhadap gaya dorong dan efisiensi propeller, adapun rumus dari daya dorong propeller yaitu:

$$P_t = T \times V_a \quad \dots (2.11)$$

Dimana:

$P_t$  = daya dorong (Kwatt)

$T$  = Gaya dorong (kN)

$V_a$  = kecepatan advance aliran fluida (m/s)  $w$  = wake fraction (fraksi arus ikut)

Gaya dorong (Thrust) kapal adalah komponen yang sangat penting untuk mengatasi tahanan (resistance) atau gaya hambat kapal. Besarnya gaya dorong yang dibutuhkan kapal sama dengan besarnya gaya hambat yang terjadi pada kapal.

$$T = \frac{R}{(1-t)} \quad \dots(2.12)$$

.... (6)

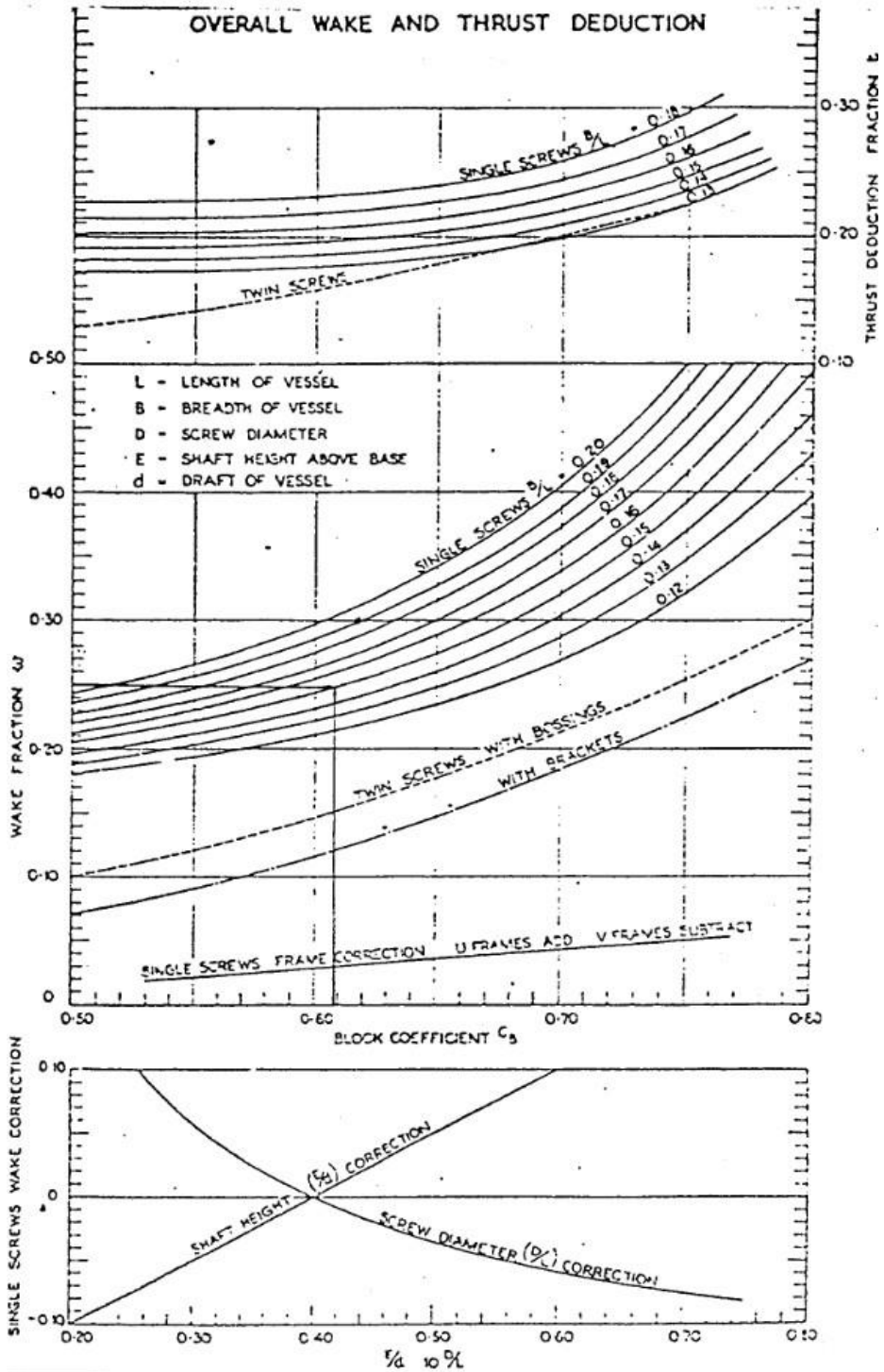
Dimana:

R = tahanan kapal (resistance) (kN)

T = Gaya dorong (kN)

t = thrust deduction

Faktor utama yang mempengaruhi wake adalah bentuk lambung kapal, sehingga ada beberapa rumus yang menggunakan fungsi dari koefisien block ( $C_b$ ) untuk menentukan wake fraction. Wake akan bertambah dengan membesarnya  $C_b$ . Selain itu faktor yang menentukan harga wake yaitu panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, kondisi permukaan luar badan kapal, trim kapal, dan letak Longitudinal Center of Bouyancy (LCB). Aliran wake ini juga dipengaruhi oleh adanya bagian kapal yang letaknya menonjol dari lambung kapal. Contohnya seperti kemudi, skag, dll. peletakan kemudi akan menambah besarnya aliran wake karena resultan dari aksi kerja kemudi berarah maju. Hal ini mengaibatkan sedikit pertambahan pada wake fraction kapal. Selain itu wake fraction juga berpengaruh terhadap wake fraction, semakin besar tahanan kapal maka akan mengurangi besarnya wake. Pada gambar 2.8 merupakan diagram harlvard untuk menentukan harga wake fraction.



Gambar 2. 11 Diagram Halvard untuk menentukan Wake

Gaya dorong  $T$  yang diperlukan untuk mendorong kapal harus lebih besar dari  $R$  kapal, selisih antara  $T$  dengan  $R = T - R$  disebut penambahan tahanan, yang pada prakteknya hal ini dianggap sebagai pengurangan atau deduksi dalam gaya dorong baling-baling, kehilangan gaya dorong sebesar  $(T - R)$  ini dinyatakan dalam fraksi deduksi gaya dorong. Putaran propeller menyebabkan air di bagian depannya terhisap ke arah belakang propeller. Hal ini akan menghasilkan tahanan ekstra badan kapal yang biasa disebut dengan augment of resistance atau dalam hubungannya dengan daya dorong total  $T$  (total thrust), yang dibutuhkan propeller adalah thrust deduction fraction. Nilai  $t$  dapat dihitung apabila nilai  $w$  diketahui:

Untuk single screw ships: [13]

$$t = k \cdot w \quad \dots (2.13)$$

Dimana:

$k = 0.5 - 0.7$  untuk kapal dengan streamlined or contrarudders

$k = 0.8 - 0.9$  untuk kapal dengan double plate rudder

$k = 0.9 - 1.0$  untuk kapal dengan single plate rudders

Untuk twins screw ships: [13]

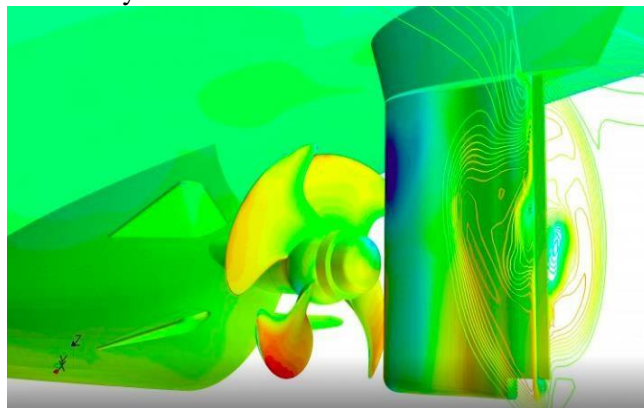
$$t = 0.7 w + 0.06 \quad \dots (2.14)$$

Dimana:

$W =$  wake fraction

## 2.7. Computational Fluids Dynamic

Computational Fluid dynamics adalah salah satu metode komputasi fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan masalah aliran fluida dengan bantuan komputer. Prinsip kerja dari CFD adalah dimulai dengan meshing yaitu dengan membagi beberapa ruangan yang berisi fluida. Kontrol perhitungan akan ditentukan pada bagian yang telah dibagi sebelumnya.



Gambar 2. 12 Contoh analisa CFD

Sumber: <https://amw.nl/>

## 2.8. Metode Elemen Hingga (*Finite Elemen Method*)

Metode ini menggunakan fungsi bentuk sederhana (linier atau kuadrat) pada elemen yang menggambarkan variasi aliran. Persamaan pengendali dapat dipenuhi dengan penyelesaian secara eksak. Jika perkiraan persamaan tersebut tidak dipenuhi, sisa (residual) dapat diukur tingkat kesalahannya. Kemudian sisa tersebut diminimumkan dengan cara mengalikannya dengan fungsi berat dan mengintegalkannya. Hasilnya merupakan fungsi aljabar untuk koefisien yang tidak diketahui dari fungsi perkiraan.

### a. Metode Volume Hingga (*Finite Volume Method*)

Metode ini dikembangkan sebagai formulasi khusus metode beda hingga. Secara global metode beda hingga memiliki algoritma numerik sebagai berikut:

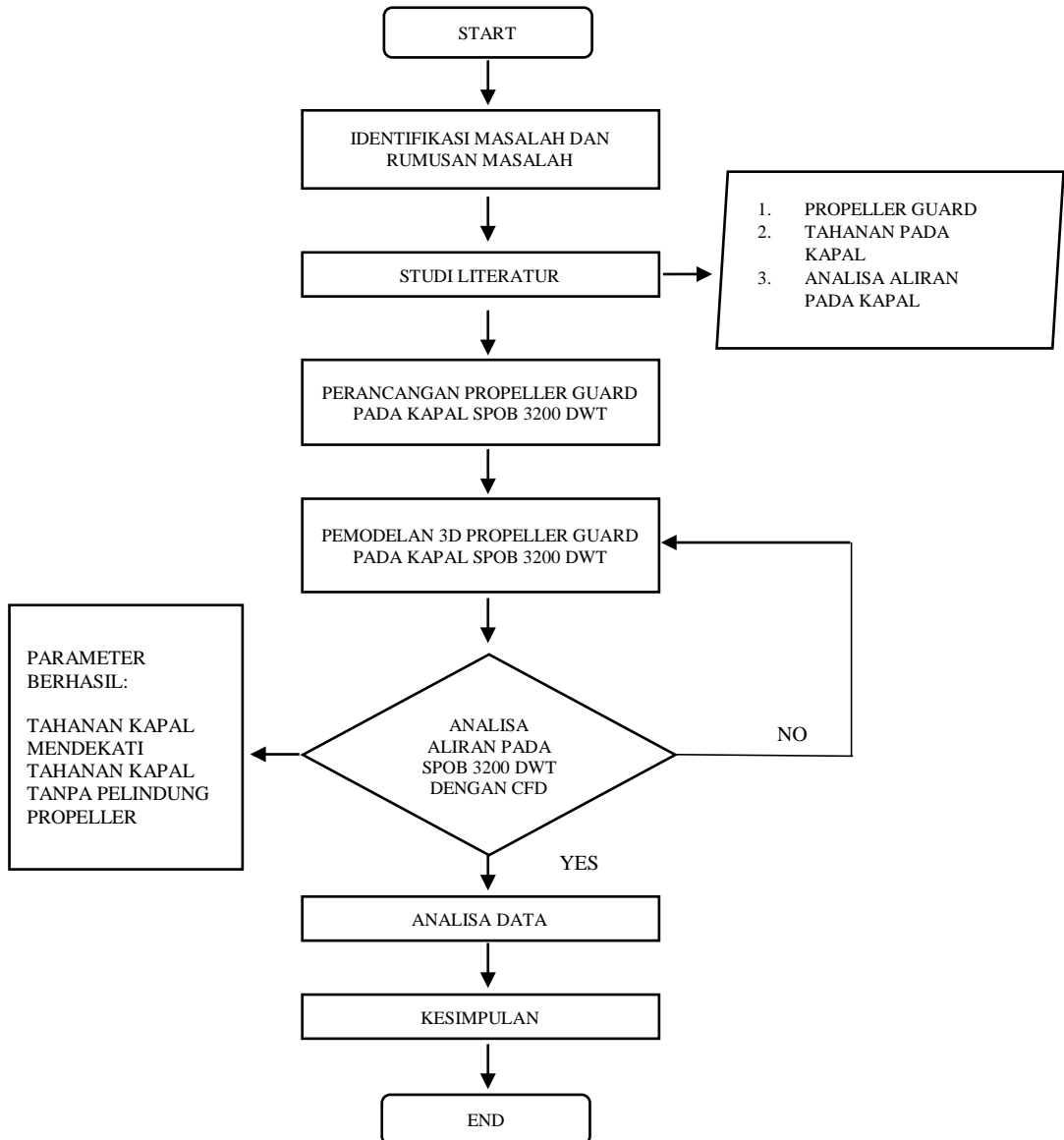
- Pengintegralan persamaan pengendali aliran fluida terhadap seluruh kontrol volume dari domain penyelesaian.
- Pendeskritan yang meliputi substitusi sebagai pendekatan beda hingga dari suku-suku persamaan yang diintegrasikan tersebut diatas yang menggambarkan proses aliran seperti konveksi difusi, dan source. Pada tahap ini persamaan integral akan diubah menjadi persamaan aljabar.
- Penyelesaian persamaan aljabar dengan metode literasi.

### b. Meshing

Pada proses pembuatan *mesh* juga terdapat metoda *standard mesh*, *curvature mesh*, *blended curvature mesh*. Pada metode *standard*, mesh di atur global mesh dan toleransi *mesh*, kemudian. Sedangkan pada metode *curvature mesh*, mesh dibuat langsung pada entiti geometri yang berbentuk lengkungan, yaitu bidang atau volume. Pada *blended curvature mesh*, *mesh* dibuat langsung pada entity geometri yang berbentuk banyak terjadi lengkungan, ukuran *mesh* pada obyek tersebut seragam pada semua bagian obyek, sehingga tidak cocok digunakan untuk kasus yang mempunyai obyek dengan bentuk yang rumit dan memerlukan ukuran mesh yang berbeda-beda pada tiap bagian demi mengurangi jumlah *mesh*. Pada umumnya prinsip dasar *meshing* adalah mengurangi ukuran meshing keseluruhan, membuat sel-sel kecil sebisa mungkin hanya untuk daerah yang diperlukan (misal daerah dimana gradien tekanan/kecepatan/apa pun yang diperkirakan tinggi).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Untuk menyelesaikan penelitian ini diperlukan beberapa tahapan yang harus dilakukan mulai dari pencarian referensi dari sumber ataupun jurnal terkait dengan pelindung propeller.

### 3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan bertujuan untuk mendukung ke-valid-an dari pengerjaan tugas akhir ini, serta memperoleh informasi-informasi yang berhubungan dengan pelindung propeller pada kapal. Bahasan pokok studi literatur ini meliputi:

- a. Perancangan pelindung propeller
- b. *Computational Fluid Dynamic*
- c. *Kort nozzle*

Langkah selanjutnya ialah pemahaman yang lebih mendalam dari dasar teori yang didapat dari berbagai sumber mulai dari jurnal, buku, serta hasil tugas akhir mahasiswa terdahulu yang memiliki topik hampir sama. Pada pemahaman dasar teori ini terdapat tujuan yang harus dicapai yaitu, desain pelindung propeller yang sesuai untuk SPOB 3200 DWT dan analisa performa dari SPOB 3200 DWT setelah penambahan pelindung propeller.

### 3.3. Pengumpulan Data Penelitian

Data yang digunakan untuk penelitian ini berupa:

- a. Rencana Umum kapal SPOB 3200 DWT
- b. Jurnal tentang pelindung propeller

### 3.4. Perancangan Pelindung Propeller Dan Pemodelan 3D Untuk Analisa CFD

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan pelindung propeller untuk menemukan jenis pelindung propeller yang sesuai dengan kapal SPOB 3200 DWT dengan tetap menjaga performa dari kapal. Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa percobaan untuk menguji performa kapal. Ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk menentukan penelitian ini berhasil, antara lain:

- a. Kecepatan dari kapal sesuai dengan kecepatan dinas

### 3.5. Analisa Data

Dari hasil percobaan diatas didapatkan bahwa simulasi telah berhasil dilakukan. Data hasil simulasi akan diolah untuk menjawab rumusan masalah yang ada.

### 3.6. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir pada tugas akhir ini adalah pengambilan keputusan dari hasil analisa data yang dilakukan setelah simulasi beberapa model dengan beberapa model. Hasil analisa yang diambil ialah hasil dengan nilai efisiensi tertinggi. Tahap ini akan diambil kesimpulan dari serangkaian hasil tugas akhir, serta disampaikan saran-saran yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya.



## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Penjelasan Umum

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana langkah pengerjaan tugas akhir yang berjudul Analisa Penambahan Pelindung Propeller Pada *Self Propeller Oil Barge* (SPOB) 3200 DWT Dengan Menggunakan Metode CFD. pada pengujian ini akan digunakan software Numeca Fine/Marine. Langkah percobaan untuk tugas akhir ini adalah pembuatan model untuk pelindung propeller dengan menggunakan beberapa variasi yang berbeda.

### 4.2. Pembuatan Model

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan model berdasarkan kapal yang sudah direncanakan yaitu kapal SPOB 3200 DWT. Data yang dibutuhkan adalah ukuran utama kapal SPOB 3200 DWT, dan software untuk membuat model.

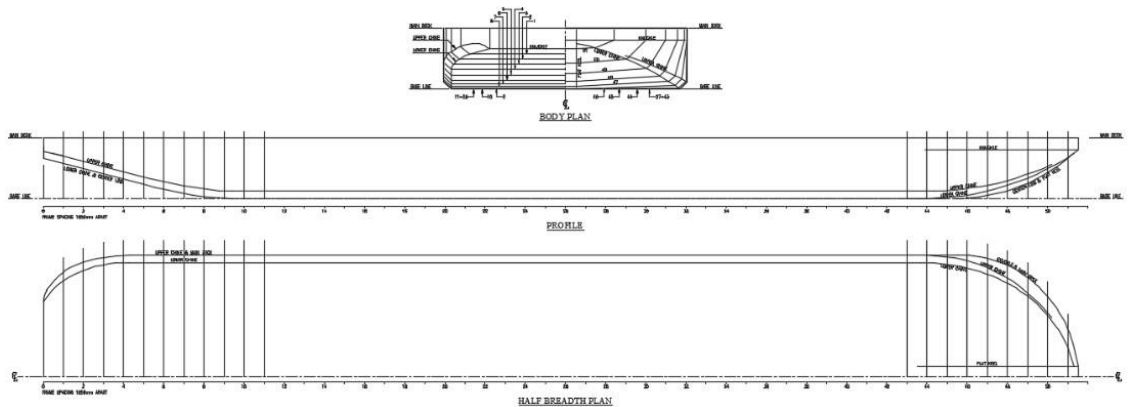
#### 4.2.1. Ukuran Utama kapal SPOB 3200 DWT

Ukuran kapal SPOB 3200 DWT yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

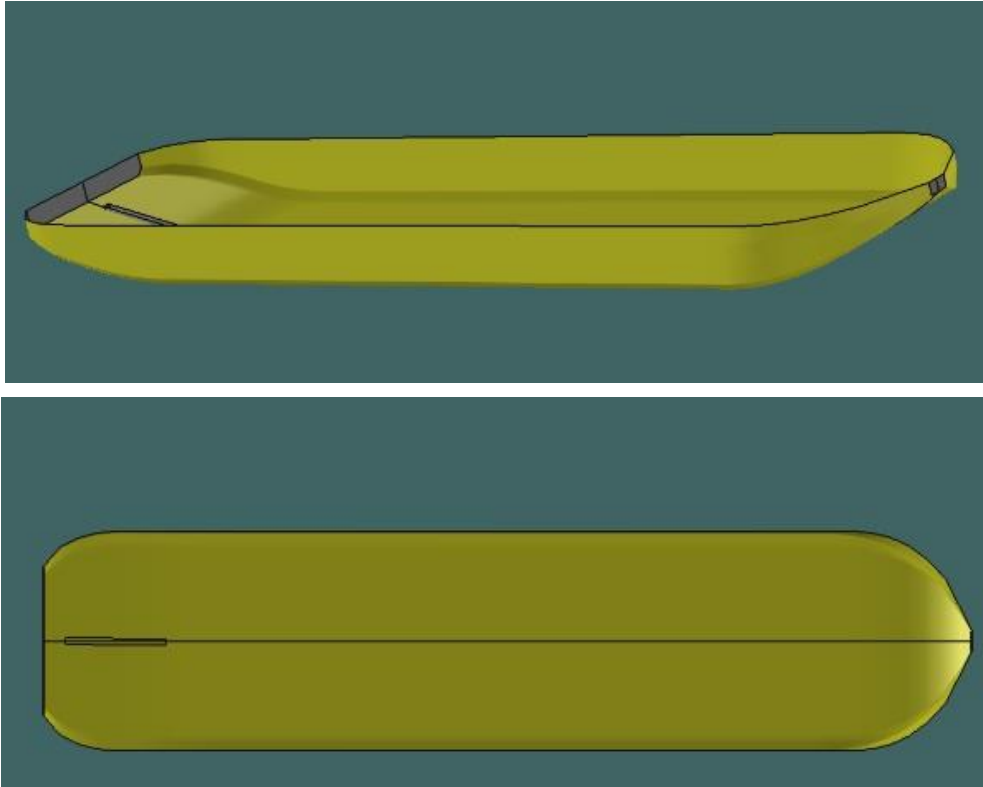
Length Over All	: 85	m
Breadth Moulded	: 20	m
Depth Deck	: 5	m
Draft Designed	: 3.5	m

#### 4.2.2. Lines Plan SPOB 3200 DWT

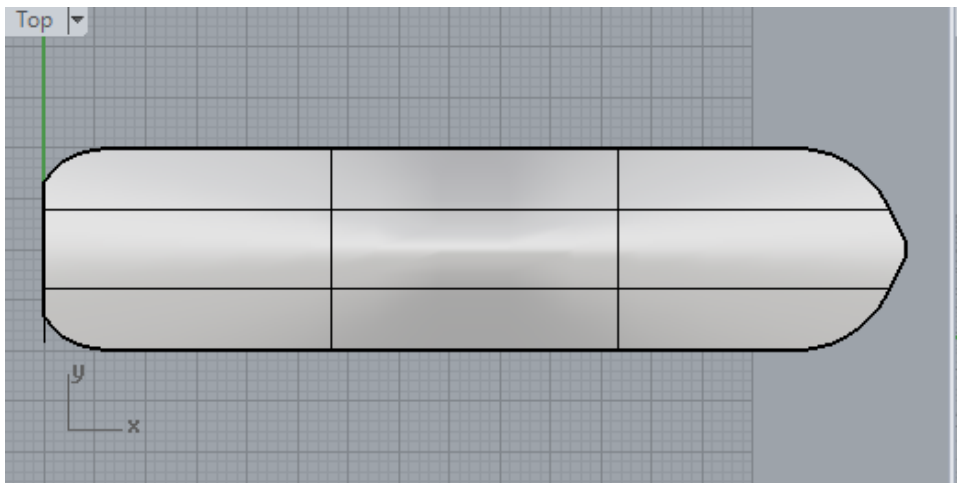
Lines Plan atau rencana garis yang telah ada digunakan untuk membuat model kapal dengan menggunakan software Maxsurf Modeller



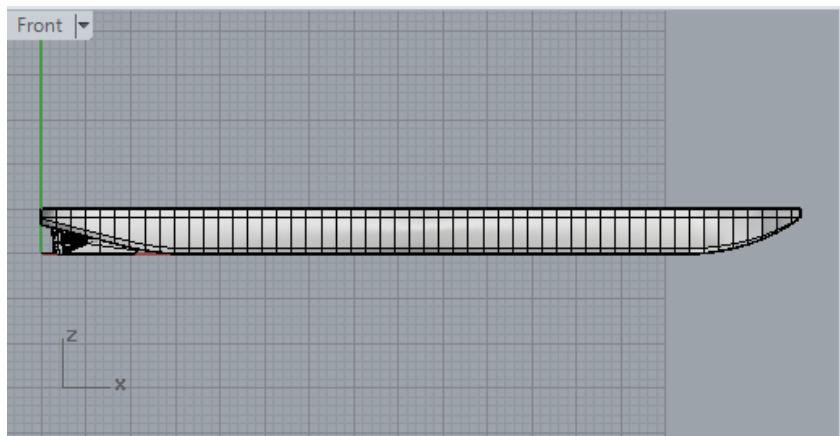
Gambar 4. 1 Lines Plan SPOB 3200 DWT



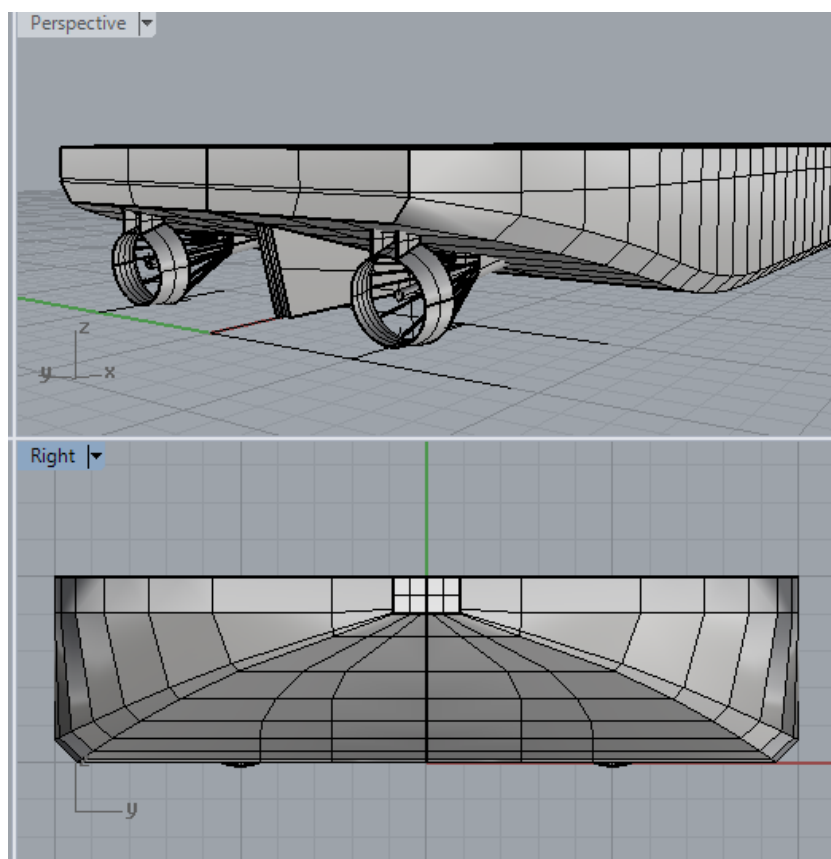
Gambar 4. 2 Model Maxsurf Modeller SPOB 3200 DWT



Gambar 4. 3 Model Rhinoceros SPOB 3200 DWT



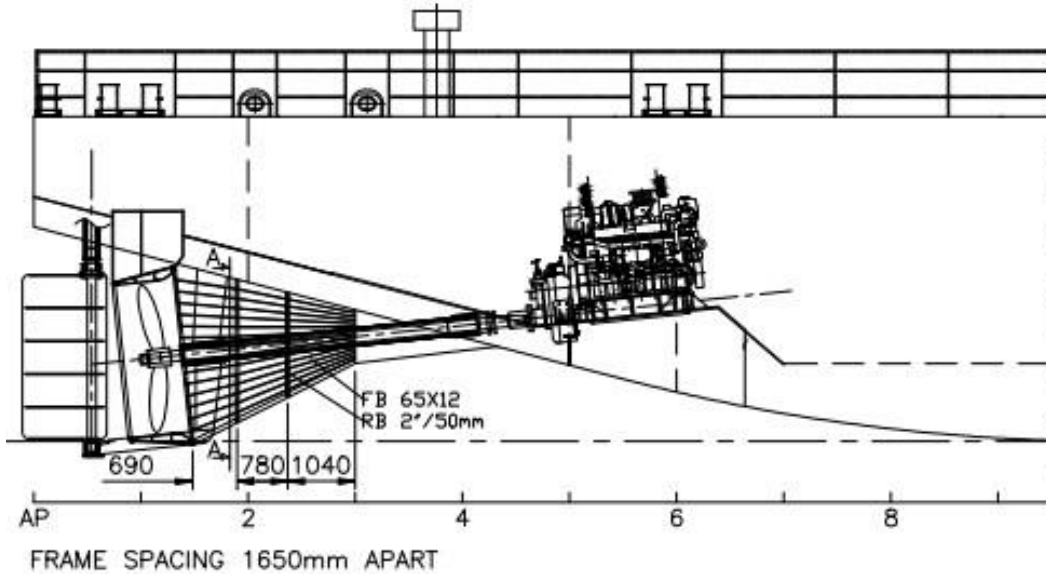
Gambar 4. 4 Model Rhinoceros SPOB 3200 DWT



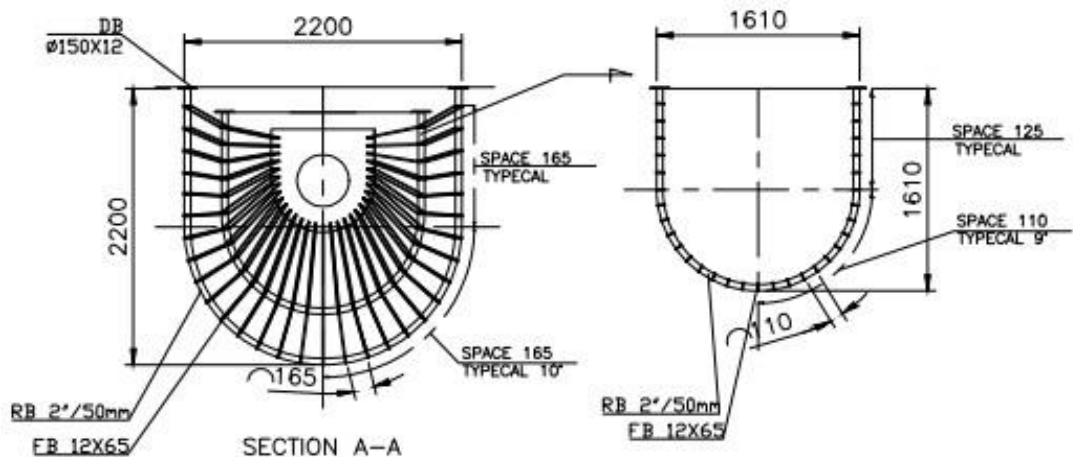
Gambar 4. 5 Model 3D kapal dengan pelindung propeller

### 4.2.3. Perancangan Model Pelindung Propeller

Dalam merencanakan pelindung propeller akan divariasikan kerapatan dari pelindung propeller dan akan dianalisa bagaimana pengaruh dari penambahan pelindung propeller dengan variasi tersebut. Variasi yang akan dilakukan adalah kerapatan dari pelindung propeller.

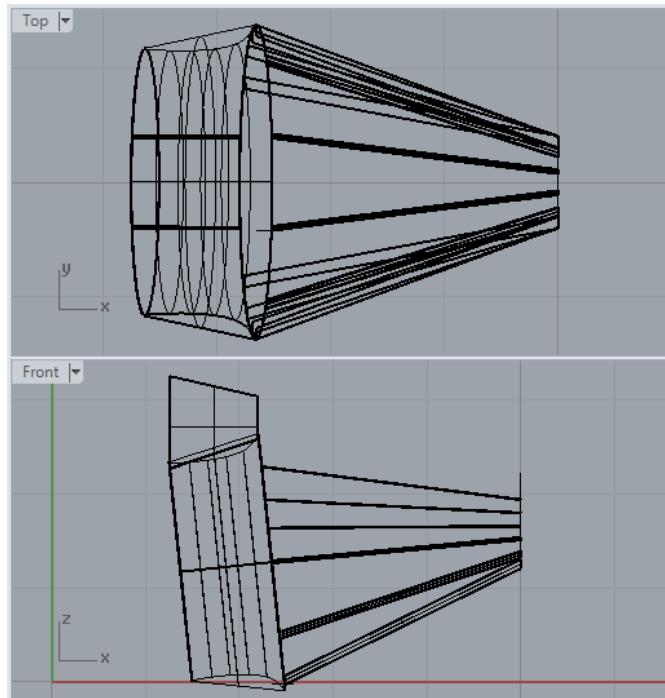


Gambar 4. 6 Tampak Samping Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT

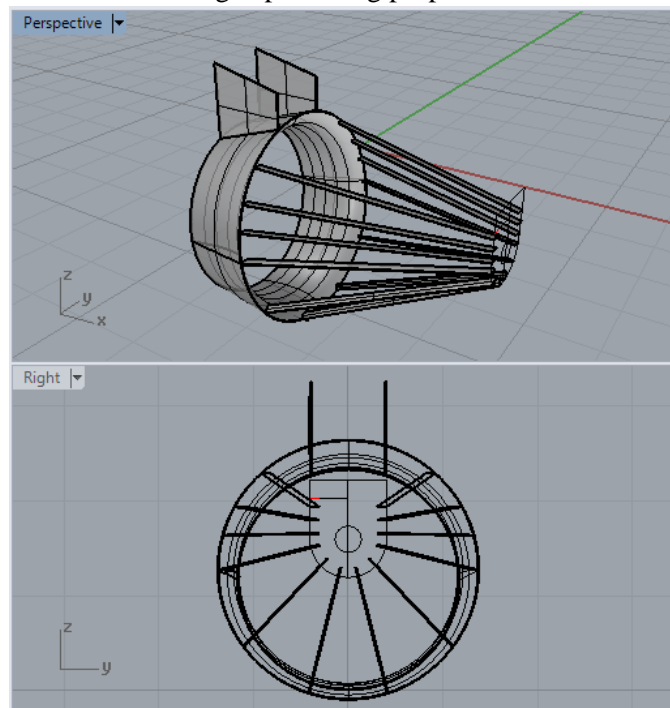


Gambar 4. 7 Detail Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT

Pada proses ini dilakukan perancangan dari pelindung propeller yang ada pada autocad dan dilanjutkan untuk membuat model 3D pada Rhinoceros.



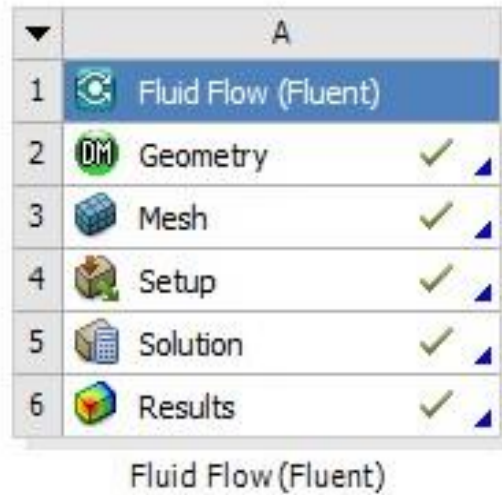
Gambar 4. 8 Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT



Gambar 4. 9 Rancangan pelindung propeller SPOB 3200 DWT

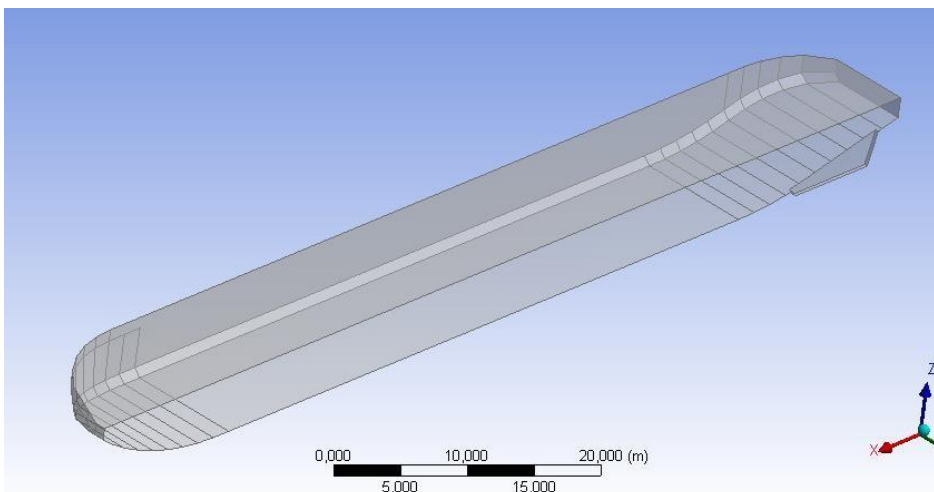
### 4.3. Perhitungan Tahanan Menggunakan metode *Computational Fluids Dynamics* (CFD)

Pada proses ini perhitungan tahanan menggunakan software yang berbasis CFD yaitu Ansys Fluent terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk mempersiapkan model sebagai berikut:

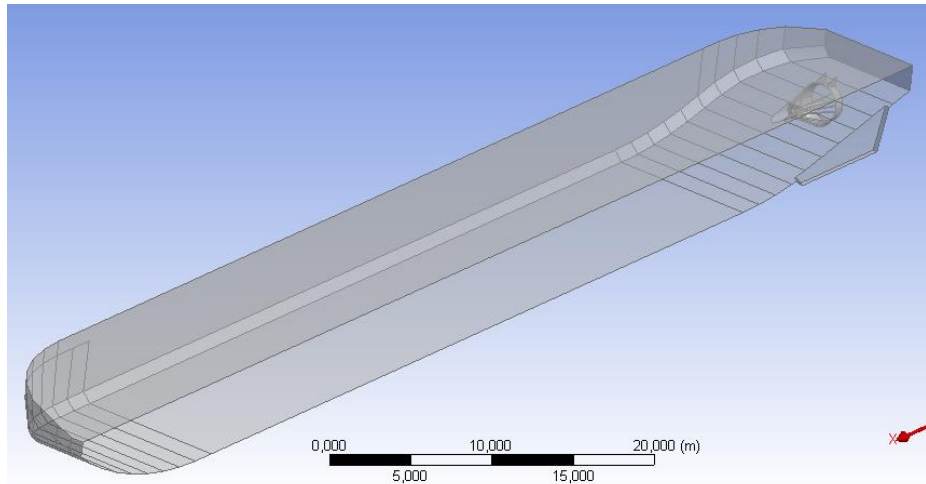


Gambar 4. 10 Langkah simulasi aliran dengan software CFD

#### 4.3.1. Proses Input Geometri

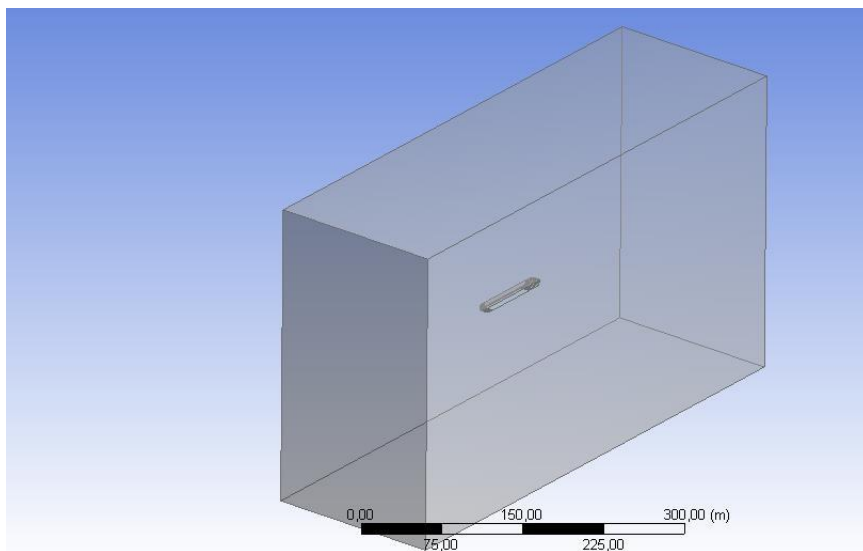


Gambar 4. 11 Input geometri tanpa pelindung propeller



Gambar 4. 12 Input geometri dengan pelindung propeller

Pada proses ini dilakukan input model solid pada software CFD tanpa pelindung propeller dan menggunakan pelindung propeller. pada percobaan ini model yang digunakan adalah setengah bagian kapal karena bentuk dari kapal sama antara kanan dan kiri, serta untuk mempercepat proses analisa menggunakan software CFD.



Gambar 4. 13 Proses input geometri dan pembuatan domain

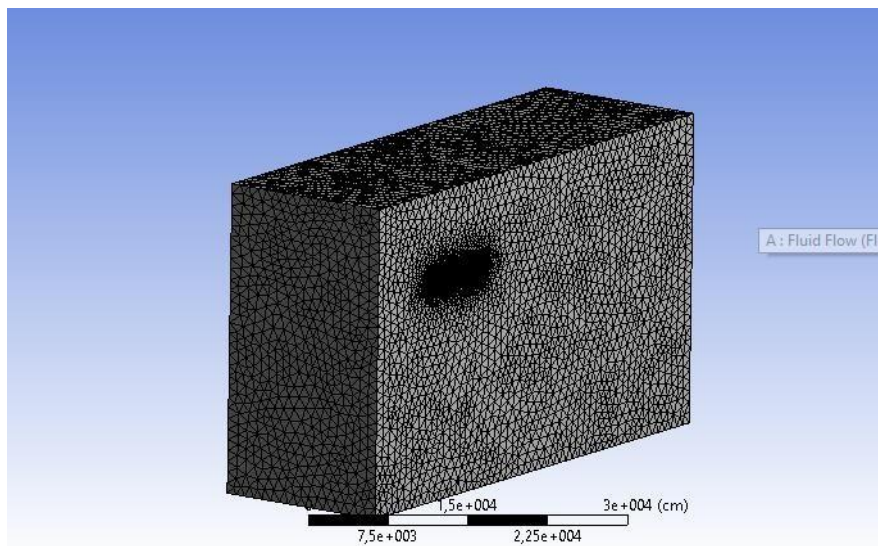
Pada proses selanjutnya adalah pembuatan domain yang berfungsi untuk menentukan batasan dari area yang akan dianalisa. Ukuran domain yang digunakan runningmengacu

pada ukuran standar domain pada analisa software CFD, ukuran domain yang digunakan sebagai berikut:

Panjang kapal = 85 m

- a. Depan = 85 m
- b. Belakang = 255 m
- c. Samping = 127,5 m
- d. Atas = 42,5 m
- e. Bawah = 127,5 m

#### 4.3.2. Proses Meshing



Gambar 4. 14 Langkah meshing model dan domain

Tahapan ini adalah salah satu proses persiapan model untuk dianalisa dengan software Ansys Fluent. Meshing digunakan untuk memberikan batasan pada model dan ukuran meshing yang digunakan pada saat perhitungan. Didapatkan nilai dari node 159492 titik dan jumlah element 853115 buah.

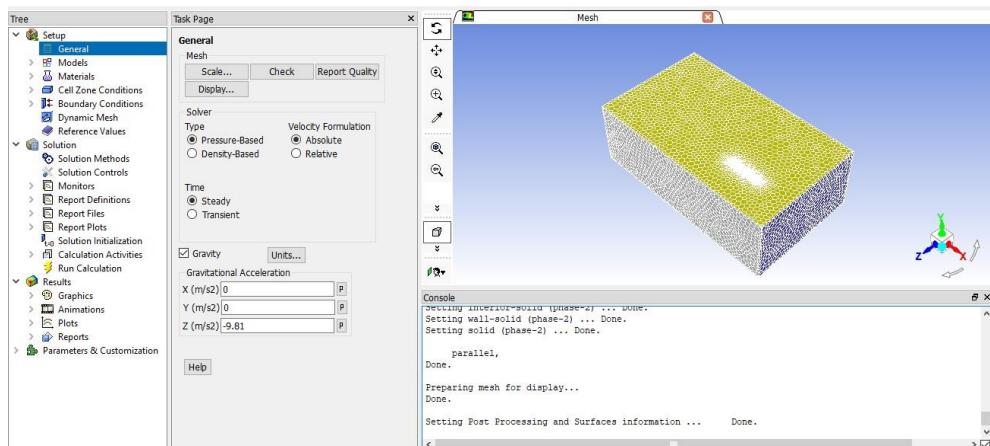


Details of "Mesh"	
[-] <b>Display</b>	
Display Style	Body Color
[-] <b>Defaults</b>	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	Fluent
<input type="checkbox"/> Relevance	0
Export Format	Standard
Shape Checking	CFD
Element Midside Nodes	Dropped
+ <b>Sizing</b>	
+ <b>Inflation</b>	
+ <b>Assembly Meshing</b>	
+ <b>Advanced</b>	
[-] <b>Statistics</b>	
<input type="checkbox"/> Nodes	159492
<input type="checkbox"/> Elements	853115
Mesh Metric	None

Gambar 4. 15 Hasil dari meshing model dan domain

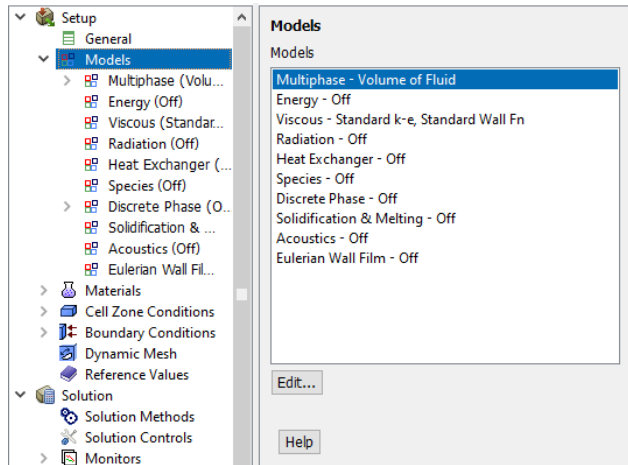
### 4.3.3. Proses Set up, Solution, Result

Pada tahap ini dilakukan pengaturan data sampai pada tahap mendapatkan bentuk hasil berupa *contour* aliran dan nilai dari force setiap axis

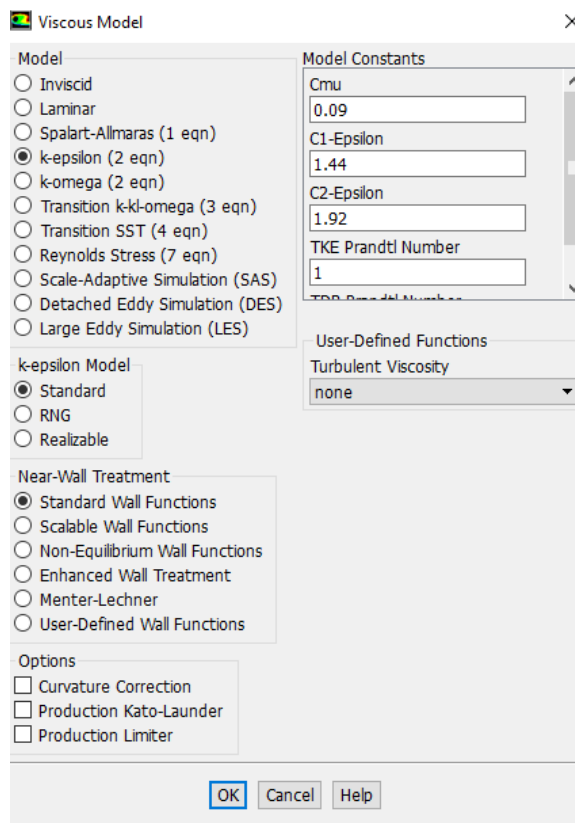


Gambar 4. 16 Langkah pengaturan untuk proses solution dan result

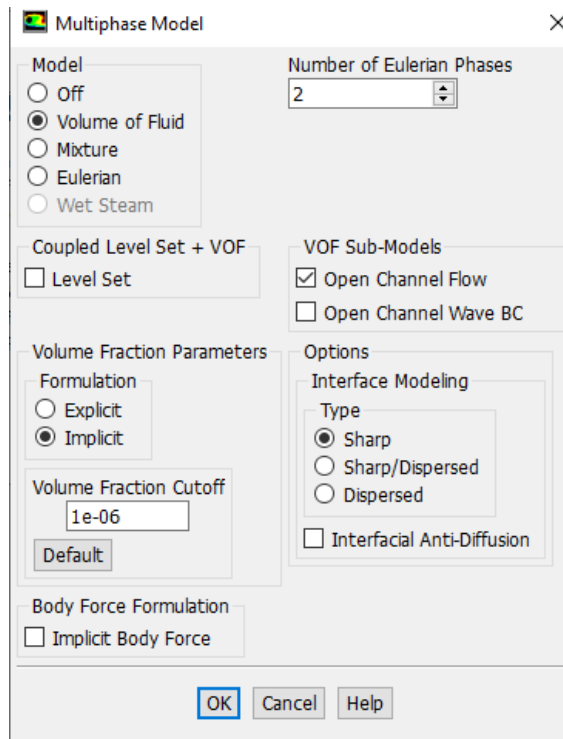
Pada langkah ini akan diatur bagian objek mana yang bergerak, inlet dan outlet fluida, wall, dan kecepatan fluida yang akan dialirkan.



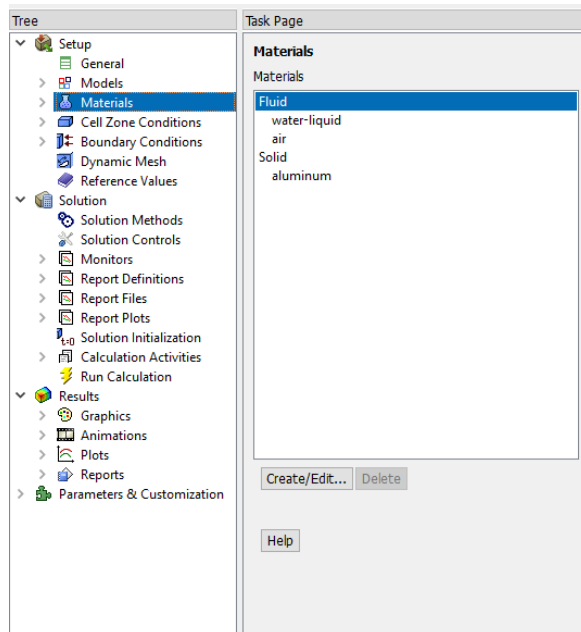
Gambar 4. 17 Langkah pengaturan model dan jenis fluida



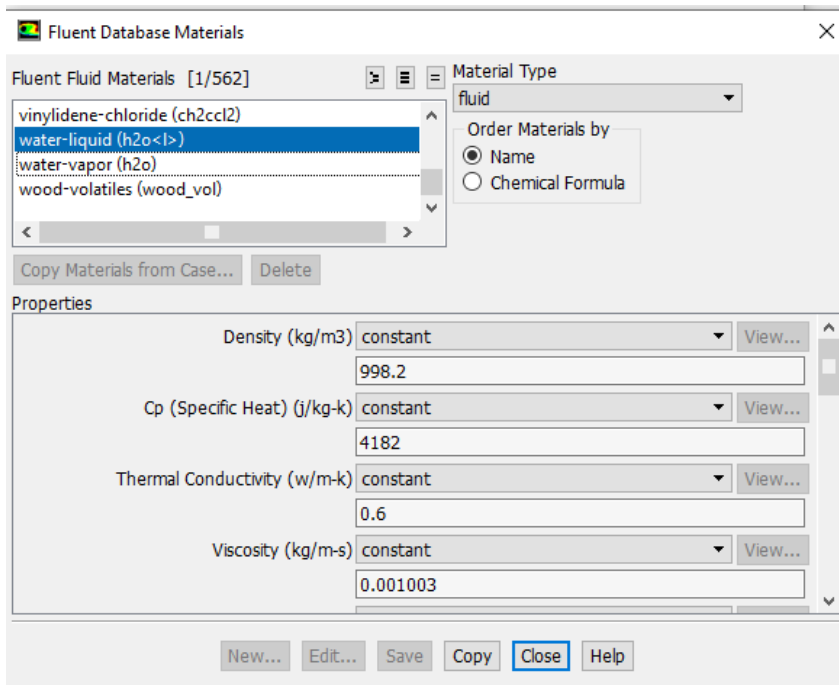
Gambar 4. 18 Langkah pengaturan viscous model



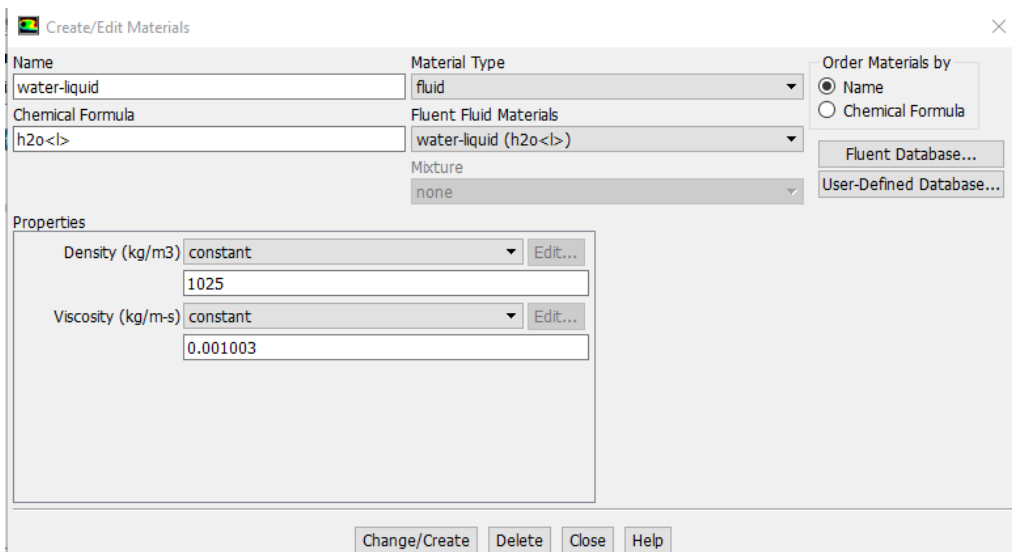
Gambar 4. 19 Langkah pengaturan multiphase model



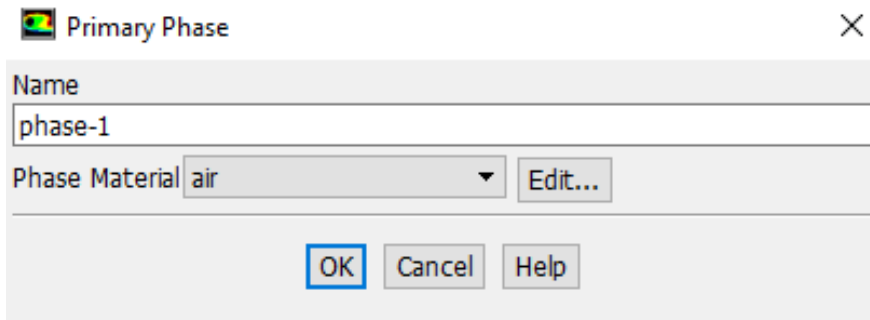
Gambar 4. 20 Langkah pengaturan material model



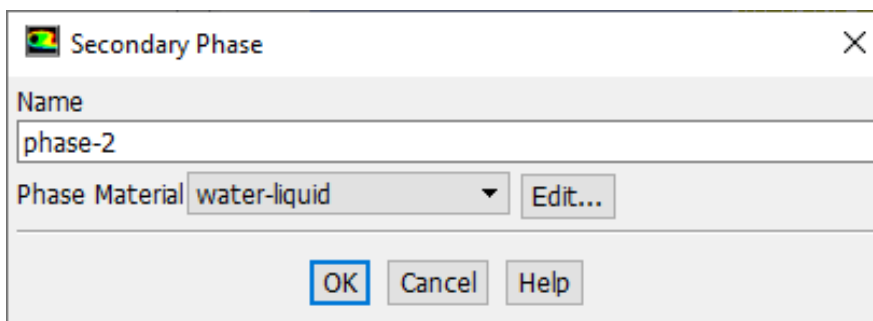
Gambar 4. 21 Langkah pengaturan fluida air yang digunakan model



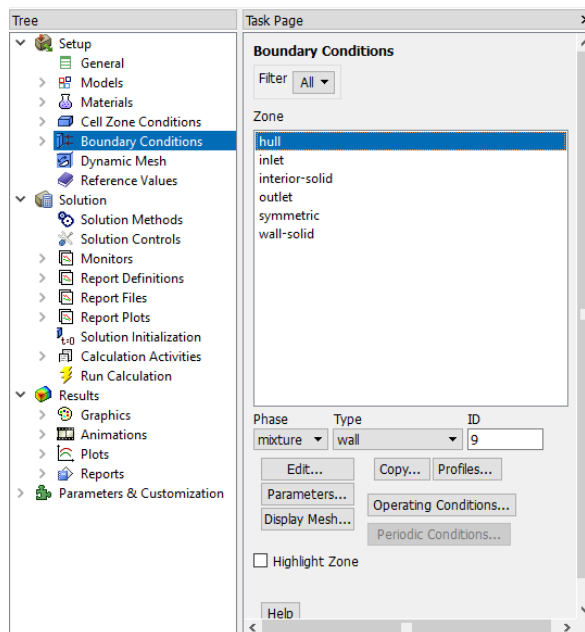
Gambar 4. 22 Langkah pengaturan model fluida untuk air laut



Gambar 4. 23 Langkah pengaturan phase 1 model



Gambar 4. 24 Langkah pengaturan phase 2 model



Gambar 4. 25 Langkah pengaturan baoundary condition model

Velocity Inlet

Zone Name: inlet Phase: mixture

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Velocity Specification Method: Magnitude and Direction

Reference Frame: Absolute

Velocity Magnitude (m/s): 3.6 constant

Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal): 0 constant

Coordinate System: Cartesian (X, Y, Z)

X-Component of Flow Direction: -1 constant

Y-Component of Flow Direction: 0 constant

Z-Component of Flow Direction: 0 constant

Turbulence

Specification Method: Intensity and Viscosity Ratio

Turbulent Intensity (%): 5 P

Turbulent Viscosity Ratio: 10 P

OK Cancel Help

Gambar 4. 26 Langkah pengaturan velocity inlet

Pressure Outlet

Zone Name: outlet Phase: mixture

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Gauge Pressure (pascal): 0 constant

Backflow Direction Specification Method: Direction Vector

Coordinate System: Cartesian (X, Y, Z)

X-Component of Flow Direction: -1 constant

Y-Component of Flow Direction: 0 constant

Z-Component of Flow Direction: 0 constant

Radial Equilibrium Pressure Distribution

Turbulence

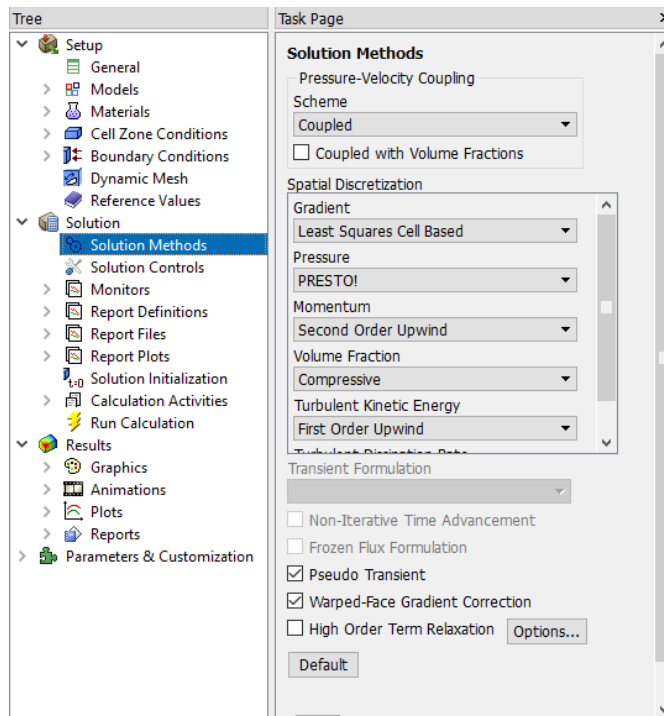
Specification Method: Intensity and Viscosity Ratio

Backflow Turbulent Intensity (%): 5 P

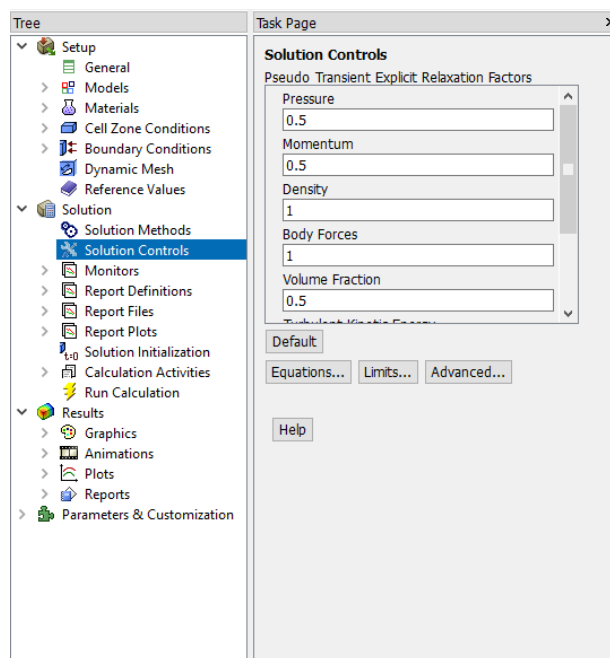
Backflow Turbulent Viscosity Ratio: 10 P

OK Cancel Help

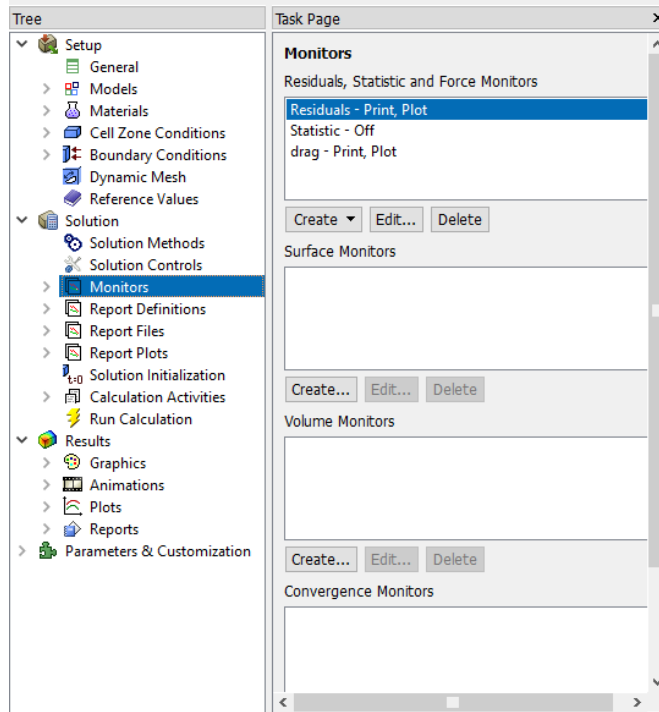
Gambar 4. 27 Langkah pengaturan outlet pressure



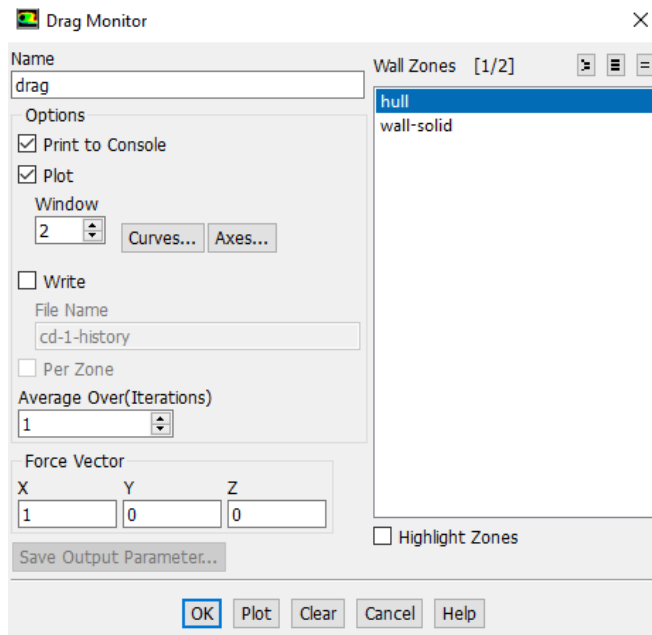
Gambar 4. 28 Langkah pengaturan solution methods



Gambar 4. 29 Langkah pengaturan solution control

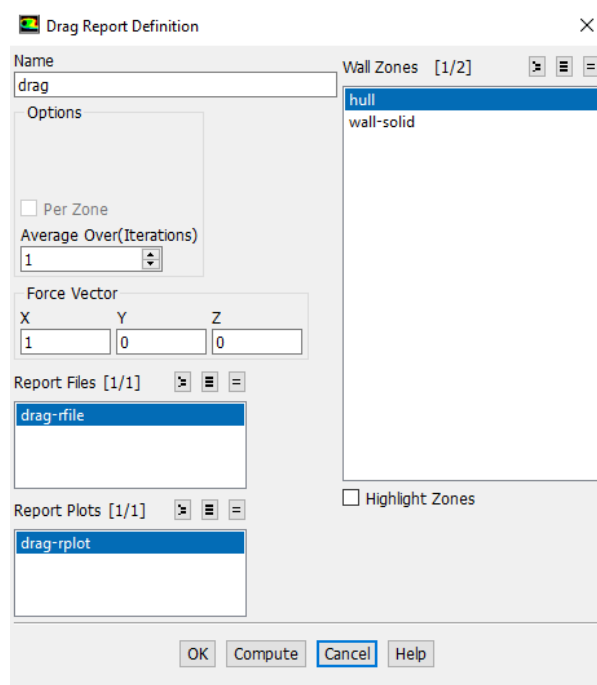


Gambar 4. 30 Langkah pengaturan monitors

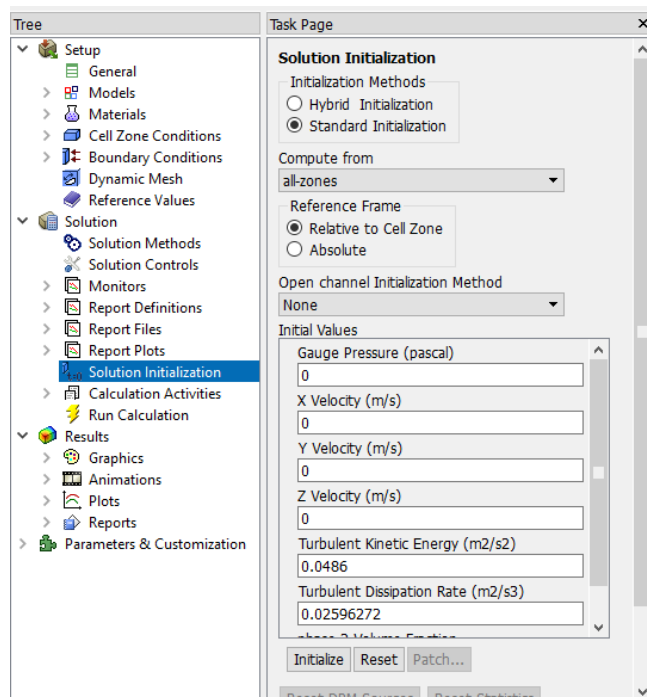


Gambar 4. 31 Langkah pengaturan drag monitor

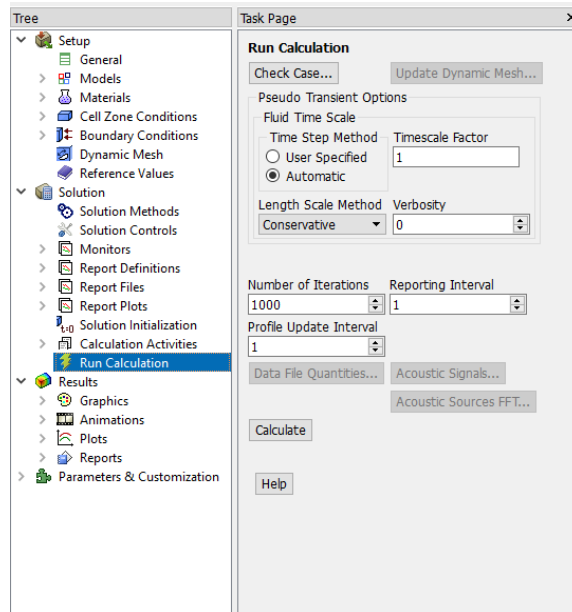




Gambar 4. 32 Langkah pengaturan drag report definition



Gambar 4. 33 Langkah pengaturan solution initialization



Gambar 4. 34 Langkah pengaturan run calculation

Setelah semua proses di atas maka model bisa di running untuk menemukan hambatan dan pressure yang dicari.

#### 4.3.4. Hambatan SPOB 3200 DWT

Perhitungan hambatan SPOB 3200 DWT dilakukan menggunakan simulasi dengan melakukan running pada sumbu ordinat x, y, dan z. Dengan menggunakan kecepatan dinas kapal 6 knot.

Tabel 4. 1 Tabel hasil running hambatan kapal

No	Nama Kapal	Tahanan Kapal
1	SPOB 3200 DWT tanpa pelindung propeller	46,985 kN
2	SPOB 3200 DWT dengan pelindung propeller	47,805 kN

Perhitungan kenaikan tahanan SPOB 3200 DWT setelah ditambahkan pelindung propeller

$$\% = \frac{\text{Nilai Awal} - \text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

$$\% = \frac{47,805 - 46,985}{47} \times 100\%$$

$$\% = 1,7 \%$$

Hasil running tersebut menunjukkan adanya penambahan tahanan kapal karena ada penambahan luasan dari pelindung propeller yang terpasang pada bagian buritan kapal sebesar 0.82 kN dibandingkan dengan tahanan kapal sebelum adanya pelindung propeller. Sedangkan menurut persentase kenaikan tahanan kapal adalah 1,7 % dari tahanan kapal sebelum ditambahkan pelindung propeller. Karena ada penambahan tahanan pada SPOB 3200 DWT maka perlu dilakukan perhitungan ulang untuk daya Main Engine yang digunakan.

Perhitungan daya main engine SPOB 3200 DWT setelah ditambahkan pelindung propeller

#### DATA UTAMA KAPAL

Tipe Kapal	=	SPOB 85m
LBP	=	83,42 m
LWL	=	84,12 m
B	=	20,00 m
H	=	5,00 m
T	=	3,50 m
Vs	=	7 knot = 3,60 m/s
Ldispl	=	84,12 m
RT(dinas)	=	46,985 kN
Cb	=	0,819

#### Volume Displacement (▼)

$$\begin{aligned}\blacktriangledown &= Lwl \times B \times T \times Cbwl \\ &= 84,12 \times 20 \times 3,5 \times 0,819 \\ &= 4822,59 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### Displacement ( $\Delta$ )

$$\begin{aligned}\Delta &= \blacktriangledown \times \rho \\ &= 4822,59 \times 1,025 \\ &= 4943,15 \text{ ton}\end{aligned}$$

dimana :  $\rho = 1,025 \text{ ton/m}^3$

#### MENGHITUNG DAYA MAIN ENGINE

#### MENGHITUNG DAYA EFEKTIF KAPAL (EHP)

Daya Efektif atau EHP adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v. Perhitungan daya efektif kapal (EHP) menurut buku Harvard, Tahanan dan Propulsi Kapal, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{EHP} &= R_{tdinas} \times V_s \\
 &= 46,985 \times 3,60 \\
 &= 169,146 \text{ kW} \qquad 1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW} \\
 &= 169,146 / 0,746 \\
 &= 226,82 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Menghitung Wave Friction (w)

Wave friction merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan dari arus air yang menuju ke propeller (arus ikut). Dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Taylor, maka didapat:

$$\begin{aligned}
 w &= 0.5 C_b - 0.05 \\
 &= (0.5 \times 0.819) - 0.05 \\
 &= 0.360
 \end{aligned}$$

(Resistance, Propulsion, and Steering of Ships, Van Lammeren, hal 178)

Menghitung Thrust Deduction Factor

$$\begin{aligned}
 t &= k \cdot w \qquad \text{(nilai k adalah 0.7-0.9 nilai yang diambil 0.75)} \\
 &= 0.8 \times 0.360 \\
 &= 0.288
 \end{aligned}$$

Menghitung Speed of advance (V<sub>a</sub>)

$$\begin{aligned}
 V_a &= (1 - w) \times V_s \\
 &= (1 - 0.360) \times 3.6 \\
 &= 2.304 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

#### MENGHITUNG DAYA PADA TABUNG POROS BURITAN BALING-BALING (DHP)

Adalah daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust)

$$\begin{aligned}
 \text{DHP} &= \text{EHP}/P_c \\
 P_c &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o
 \end{aligned}$$

Menghitung Efisiensi Propulsi

Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_R$ )

harga  $\eta_{rr}$  untuk kapal dengan propeller tipe twin screw berkisar 0.95 - 1.0 . (Principal of Naval Architecture hal 152) pada perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil nilai:

$$\eta_R = 0,95$$

Efisiensi Hull ( $\eta_h$ )

$$\begin{aligned}\eta_h &= (1 - t) / (1 - w) \\ &= 1.1125\end{aligned}$$

Efisiensi Open Water ( $\eta_o$ )

Open water efficiency yaitu efisiensi dari propeller yang didapat pada saat dilakukan open water test nilainya berkisar antara 40-70%, dan diambil:

$$\eta_o = 50\%$$

Coeffisien Propulsif ( $P_c$ )

$$\begin{aligned}P_c &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o \\ &= 1.1125 \times 0.95 \times 0.5 \\ &= 0,528\end{aligned}$$

maka, daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif, yaitu:

$$\begin{aligned}DHP &= EHP/P_c \\ &= 226.82 / 0.528 \\ &= 389.72 \text{ HP}\end{aligned}$$

#### MENGHITUNG DAYA PADA POROS BALING-BALING (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesinnya pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3% ("Principal of Naval Architecture hal 131"). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi hanya 2%

$$\begin{aligned}SHP &= DHP / \eta_{sb} && \text{Efisiensi shaft transmisi} = 0,98 \\ &= 389.72 / 0.98 && \text{(kamar mesin dibelakang)} \\ &= 397.67 \text{ HP} \\ &= 296.54 \text{ kW}\end{aligned}$$

#### MENGHITUNG DAYA PENGGERAK UTAMA (BHP)

$BHP_{scr}$

karena kapal ini menggunakan sistem roda gigi reduksi tunggal atau single reduction gears dengan loss 2% untuk arah maju, maka pengaruh efisiensi sistem roda gigi transmisi ( $\eta_G$ ) menjadi = 0.98

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{scr}} &= \text{SHP} / \eta_G \\ &= 296.54 / 0.98 \text{ HP} \\ &= 302.59 \text{ kW} \end{aligned}$$

BHP<sub>mcr</sub>

BHP mcr adalah daya output dari main engine keluaran pabrik (Maximum Continuous Rating = 100%). dimana besarnya diambil 80% - 85%. Sehingga cukup dengan daya 80% - 85% dari MCR, kapal dapat bergerak dengan kecepatan dinas (vs)

daya BHP<sub>scr</sub> diambil = 85%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \text{BHP}_{\text{scr}} / 0.85 \\ &= 302.59 / 0.85 \\ &= 355.98 \text{ Kw} \end{aligned}$$

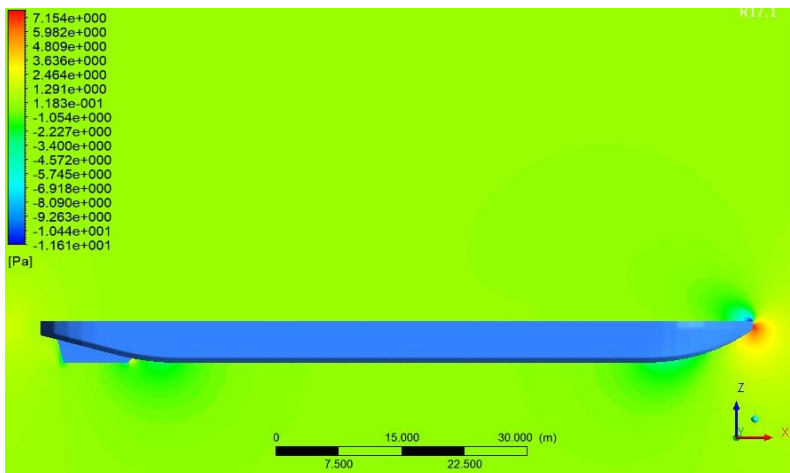
Dari perhitungan daya diatas di dapatkan daya yang dibutuhkan oleh SPOB 3200 DWT setelah penambahan pelindung propeller adalah **355.98 kW**

#### 4.3.5. Analisa Hasil Visual Simulasi

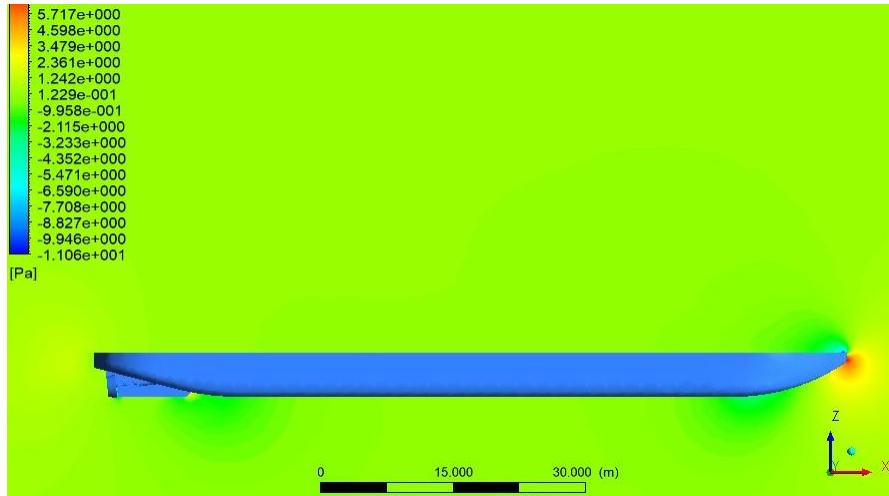
Dari analisa yang telah dilakukan di atas, maka dipilihlah desain variable pertama karena mempunyai tahanan yang kecil untuk dilakukan analisa pada visual dari contour pressure dan velocity yang terjadi di SPOB 3200 DWT.

##### a. Contour Pressure

Pada kontur tekanan didapatkan hasil yang berbeda antara kapal sebelum ditambahkan pelindung propeller dan sesudah ditambahkan. Pada saat kapal tanpa pelindung propeller nilai dari pressure minimal  $-0.1161 \text{ Pa}$  dan maksimal  $7.154 \text{ Pa}$ . Setelah ditambahkan pelindung propeller  $-0.1106 \text{ Pa}$  dan maksimal  $6.836 \text{ Pa}$ .

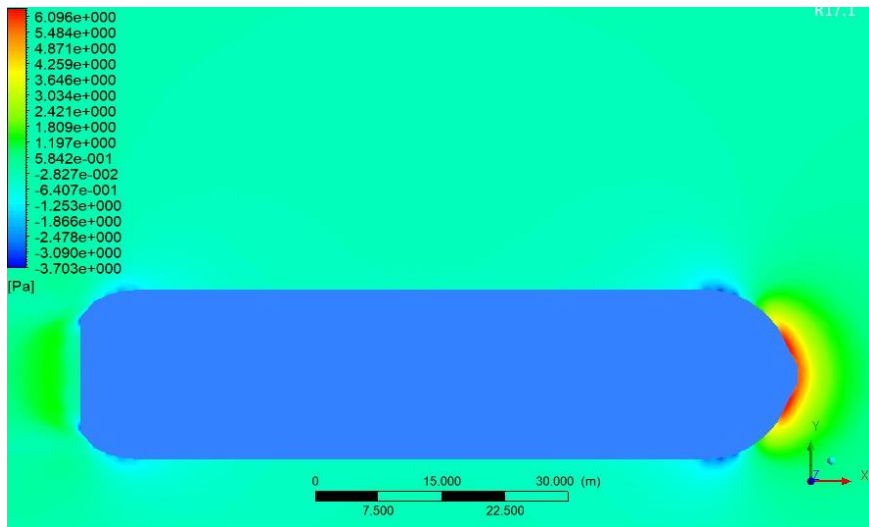


Gambar 4. 35 Result Pressure kapal tanpa pelindung propeller dari samping

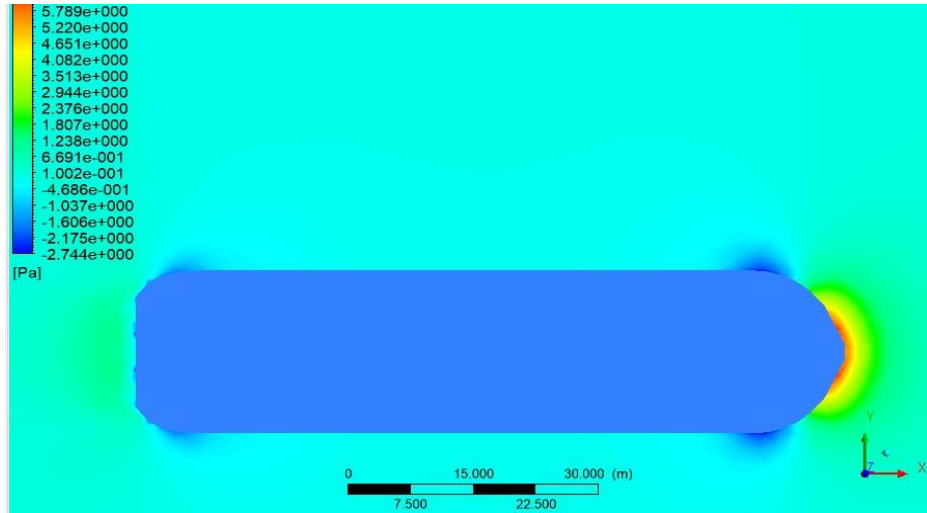


Gambar 4. 36 Result Pressure kapal dengan pelindung propeller dari samping

Untuk analisa pressure contour tampak dari atas didapatkan hasil pada kapal tanpa pelindung propeller nilai minimal adalah -3.703 Pa dan nilai maksimal 6.066 Pa, sedangkan hasil pengujian pada objek yang sudah ditambahkan pelindung propeller minimal  $-2.744$  Pa dan maksimal 6.358 Pa.



Gambar 4. 37 Result Pressure kapal tanpa pelindung propeller dari atas



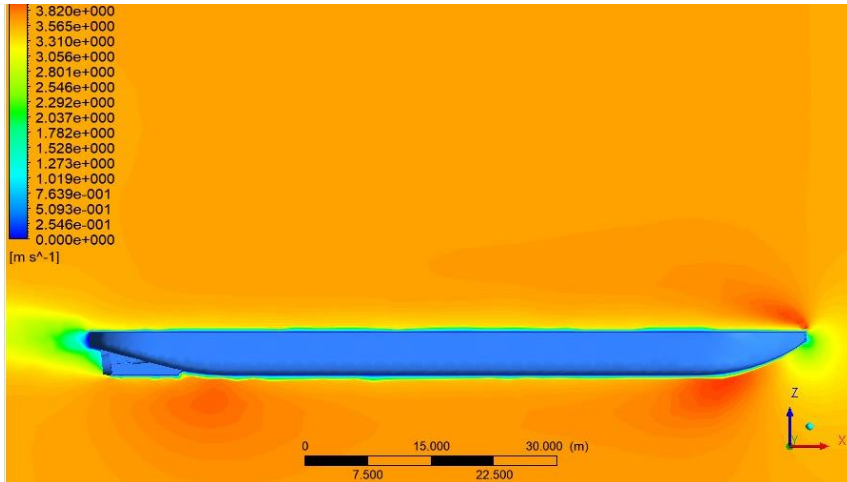
Gambar 4. 38 Result Pressure kapal dengan pelindung propeller dari samping

Untuk analisa velocity contour tampak dari samping didapatkan hasil pada kapal tanpa pelindung propeller nilai minimal adalah 0 m/s dan nilai maksimal 4.405 m/s, sedangkan hasil pengujian pada objek yang sudah ditambahkan pelindung propeller minimal 0 m/s dan maksimal 4.074 m/s.



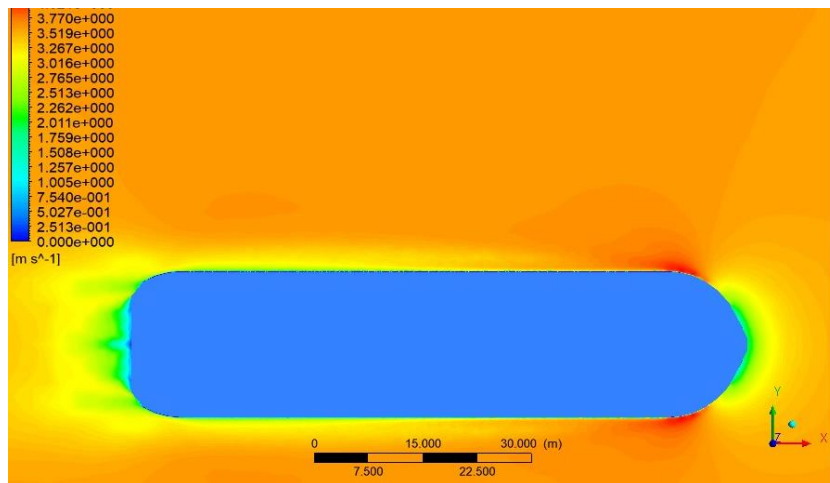
Gambar 4. 39 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller dari samping



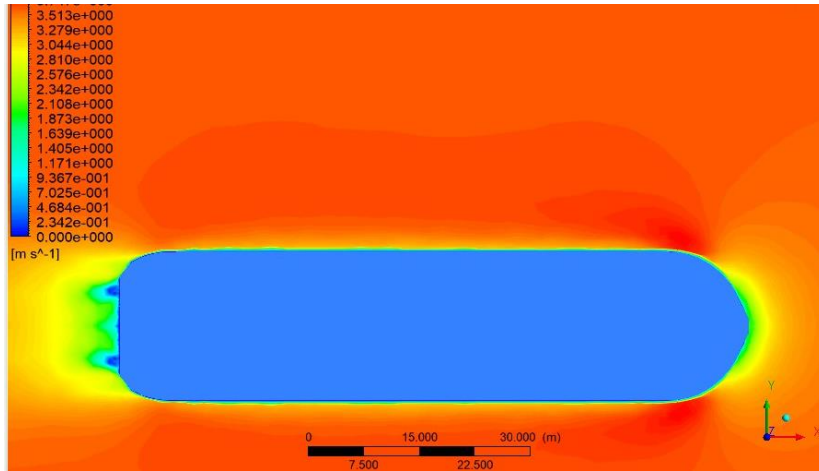


Gambar 4. 40 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari samping

Untuk analisa velocity contour tampak dari atas didapatkan hasil pada kapal tanpa pelindung propeller nilai minimal adalah 0 m/s dan nilai maksimal 4.021 m/s, sedangkan hasil pengujian pada objek yang sudah ditambahkan pelindung propeller minimal 0 m/s dan maksimal 3.747 m/s.

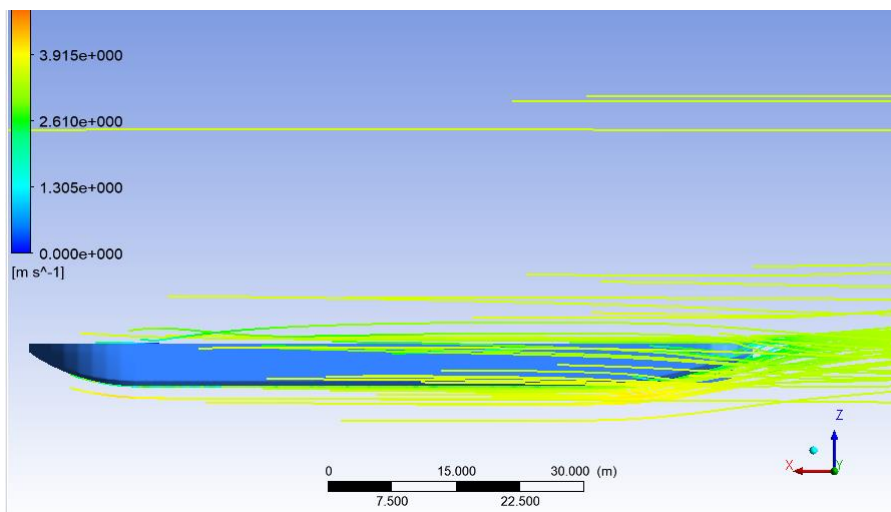


Gambar 4. 41 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller dari atas

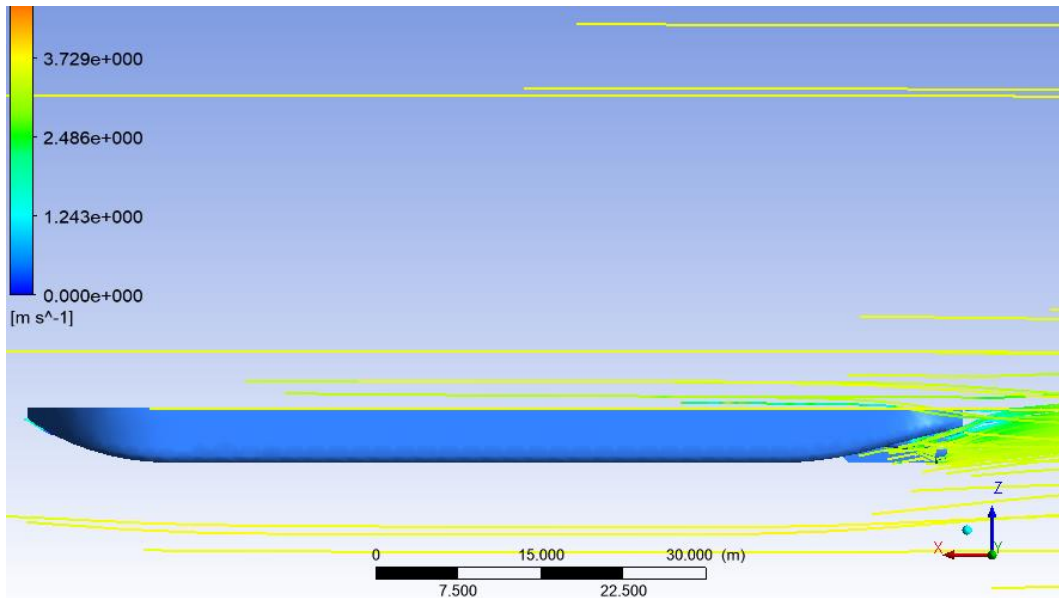


Gambar 4. 42 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas

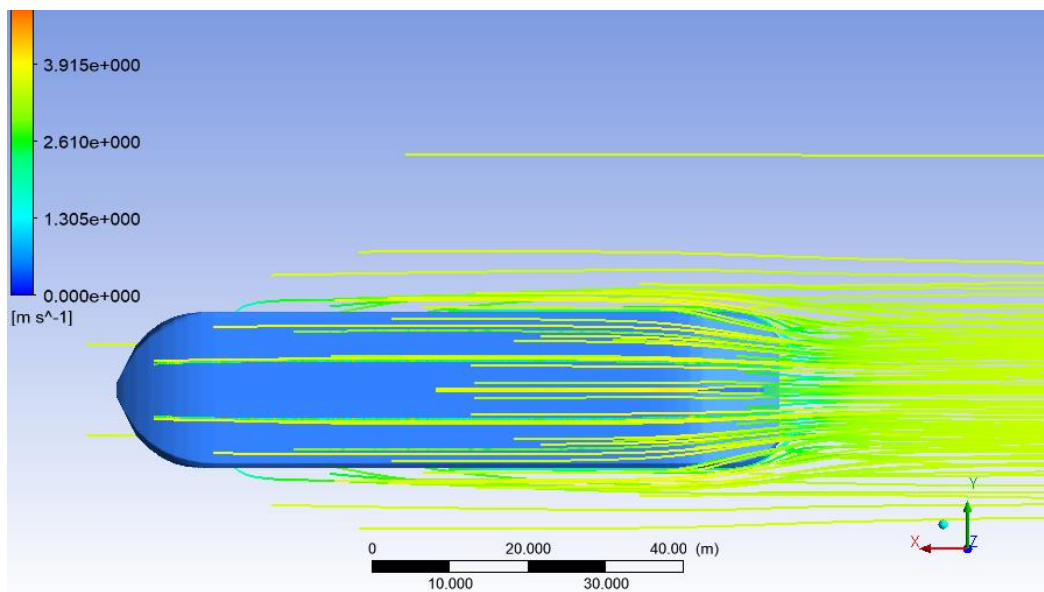
Untuk analisa velocity streamline tampak dari samping didapatkan hasil pada kapal tanpa pelindung propeller pada gambar 4.40. aliran yang dihasilkan cenderung laminar dengan sedikit turbulen, sedangkan pada gambar 4.41. aliran yang terjadi pada kapal dengan pelindung propeller mengalami lebih banyak turbulen.



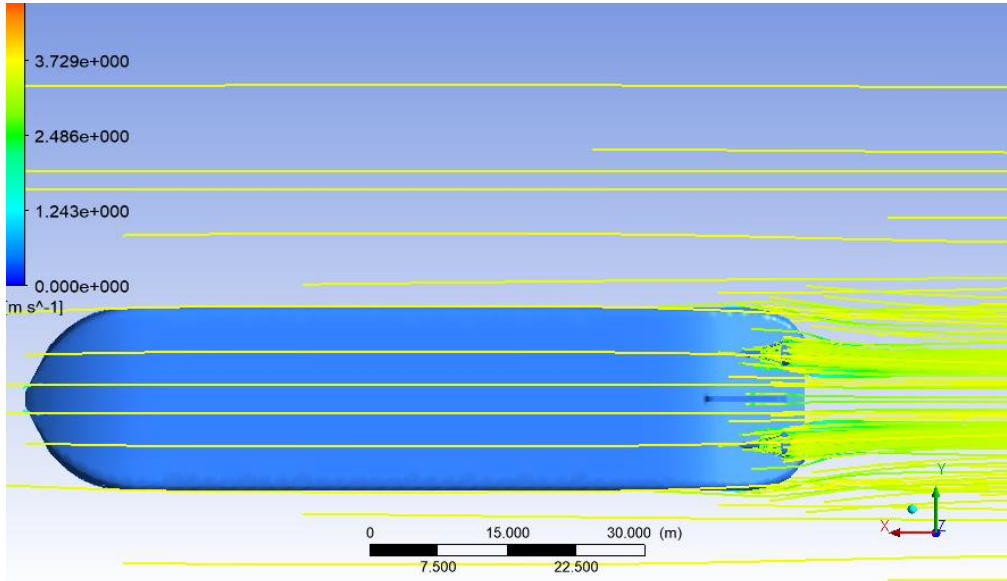
Gambar 4. 43 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller dari samping



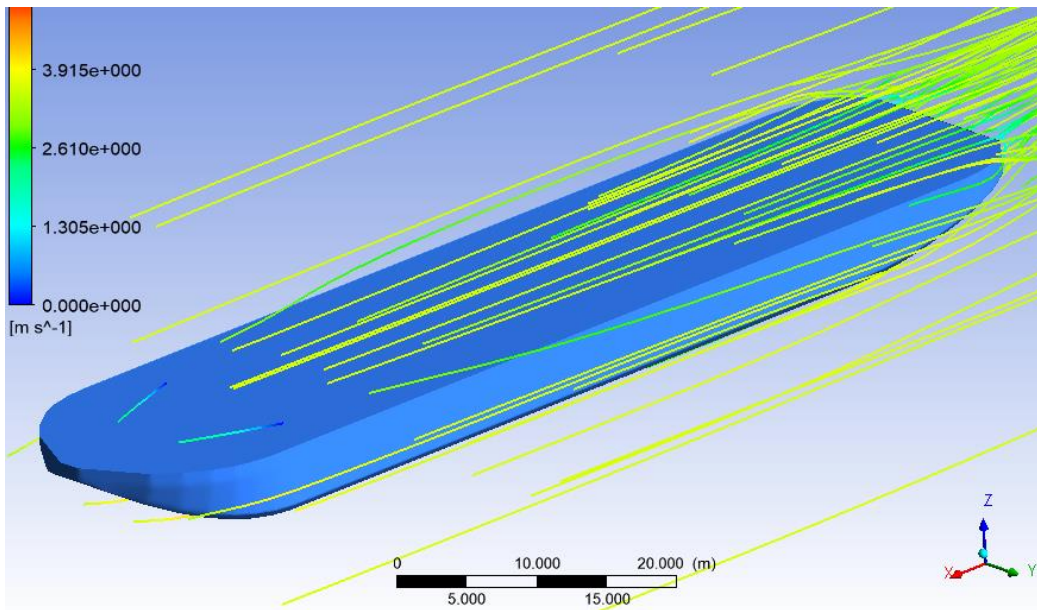
Gambar 4. 44 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas



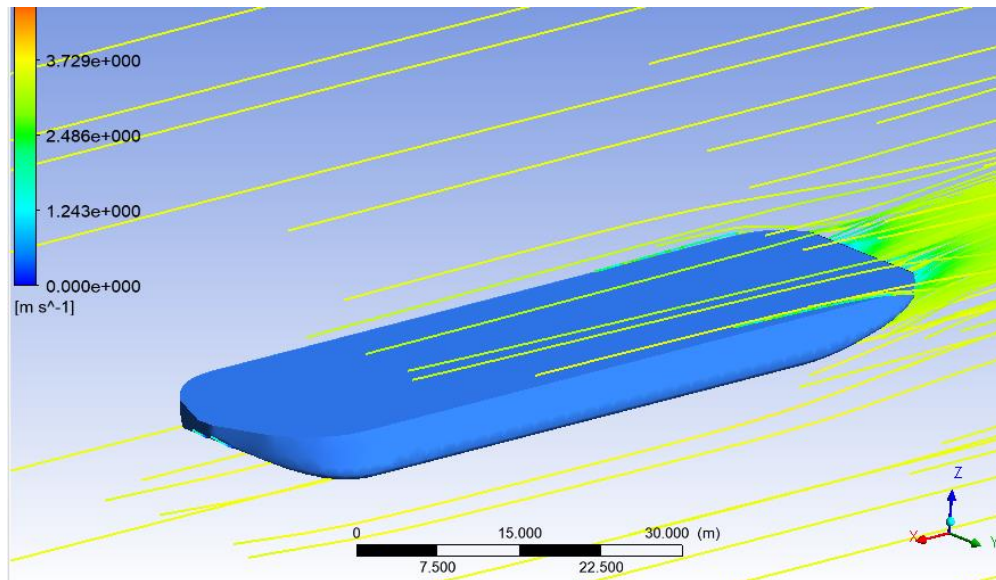
Gambar 4. 45 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas



Gambar 4. 46 Result velocity kapal dengan pelindung propeller dari atas



Gambar 4. 47 Result velocity kapal tanpa pelindung propeller secara isometri



Gambar 4. 48 Result velocity kapal dengan pelindung propeller secara isometri

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

- a. Dari hasil perhitungan tahanan dan analisa aliran pada kapal SPOB 3200 DWT sebelum dan sesudah ditambahkan pelindung propeller dapat dilihat pada table 4.1. Dari hasil diatas didapatkan selisih tahanan yang dihasilkan oleh adanya penambahan pelindung propeller adalah 0.82 kN dengan kenaikan sebesar 1.7 % jika dibandingkan dengan sebelum ditambahkan pelindung propeller.
- b. Pada kontur tekanan didapatkan hasil yang berbeda antara kapal sebelum ditambahkan pelindung propeller dan sesudah ditambahkan. Pada saat kapal tanpa pelindung propeller nilai dari pressure minimal  $-0.1161$  Pa dan maksimal 7.154 Pa. Setelah ditambahkan pelindung propeller  $-0.1106$  Pa dan maksimal 6.836 Pa. Sehingga
- c. Untuk analisa velocity contour tampak dari samping didapatkan hasil pada kapal tanpa pelindung propeller nilai minimal adalah 0 m/s dan nilai maksimal 4.405 m/s, sedangkan hasil pengujian pada objek yang sudah ditambahkan pelindung propeller minimal 0 m/s dan maksimal 4.074 m/s.
- d. Untuk analisa velocity streamline tampak dari samping didapatkan hasil pada kapal tanpa pelindung propeller pada gambar 4.40. aliran yang dihasilkan cenderung laminar dengan sedikit turbulen, sedangkan pada gambar 4.41. aliran yang terjadi pada kapal dengan pelindung propeller mengalami lebih banyak turbulen.
- e. Kesimpulan dari perhitungan dan analisa diatas adalah penambahan pelindung propeller akan menambah nilai dari hambatan suatu kapal, menurunkan kecepatan dari kapal dan menambah pressure terhadap bagian kapal yang ditambahkan pelindung propeller.

### **5.2. Saran**

Saran yang bias dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a. Pada penelitian selanjutnya bias dilakukan beberapa variasi seperti kecepatan dan variasi jumlah pelat untuk pelindung propeller yang digunakan.
- b. Pada penelitian selanjutnya bias digunakan software lain untuk menguji ke valid an hasil dari pengujian yang sudah dilakukan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR PUSTAKA

- Carlton, John, 2007, *Marine Propellers and Propulsion*, Burlington, Elsevier
- Cahyono, Bayu Sukma, 2016, Analisa Teknis Penerapan Kort Nozzle Untuk Kapal SPOB 4990 DWT Pada Perairan Sungai, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Harvald, Sv Aa. 1983. Tahanan dan Propulsi Kapal. Airlangga University Press. Surabaya.
- Sandjaja, Irfan Eko, 1997, Analisa Pemasangan Fins Cap pada Boss Cap Propeller Untuk Meningkatkan Efisiensi Propeller dengan Percobaan di Cavitation Tunnel
- Purnamasari, Dian, 2017, CFD Simulation to Calculate the Resistance of a 17.500 DWT Tanker, Surabaya, Intitut Teknologi Sepuluh Nopember
- Zulqarna'in, Rizal, 2018, Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Buritan Kapal Terhadap Hambatan Total Pada Kapal Twin Screw Propeller Menggunakan Metode CFD, Surabaya, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- Chrismianto, Deddy, 2014, Analisa Pengaruh Modifikasi Bentuk Haluan Kapal Terhadap Hambatan Total Dengan Menggunakan CFD, Semarang, Universitas Diponegoro
- Virliani, Putri, 2017, Analisis Drag dan Lift pada Variasi Bentuk After Body Kapal Selam Mini dengan Metode Computational Fluid Dynamics, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Rohmah, Lilis Nikmatur, 2018, Analisa Penggunaan Eagle Shape Foil Pada Liquid Robotics Wave Glider Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD), Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Wulandari, Jayanti, 2018, Analisa Penambahan Stern Flap Pada Kapal Patroli, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- <https://magazines.marinelink.com/Magazines/MaritimeReporter/201801/content/propeller-guards-cutters-533965> diakses pada 6 september 2019
- <https://www.marineinsight.com/tech/what-is-a-prop-guard/> diakses pada 6 september 2019
- <http://www.propellersafety.com/propeller-guard-types/> diakses pada 7 september 2019

**BIODATA PENULIS**

**Muhammad Faishal Ar Rifqy** dengan nama panggilan Faishal, dilahirkan di Ponorogo, 16 Juni 1994 yang bertempat tinggal di Desa Bangunsari RT. 02 RW 10 Kecamatan Ponorogo. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara yang berasal dari orang tua **M. Ridlwan T** dan **Tsulusiah A**. Riwayat pendidikan penulis adalah lulusan SD Ma'arif Ponorogo pada tahun 2006, lulusan MTs. Darul Huda Ponorogo pada tahun 2009, dan lulusan MA Darul Huda Ponorogo pada tahun 2012. Pada tahun 2012 penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya tepatnya di Jurusan Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal.

Setelah lulus program diploma penulis melanjutkan kuliah sarjana di Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Kelautan (FTK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada masa pendidikan di ITS, penulis mengerjakan Tugas Akhir yang berjudul "Analisa Penambahan Pelindung Propeller Pada Self Propeller Oil Barge (Spob) 3200 DWT dengan Menggunakan Metode CFD". Dibawah bimbingan bapak Ir. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil. dan Achmad Baidowi, S.T., M.T

**Data Pribadi**

Nama : Muhammad Faishal Ar Rifqy  
Alamat : Bangunsari RT 02/Rw 01 Kec. Ponorogo Kab. Ponorogo  
Email : 27faishelrifqy@gmail.com