TUGAS AKHIR – ME 184834

ANALISA PENGARUH SUDUT RAKE 0 TERHADAP PERUBAHAN PITCH PADA CPP WAGENINGEN B3-35 DENGAN METODE CFD

Aldy Andana Haris
NRP. 04211640000064

Dosen Pembimbing
Ir. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
Edi Jadmiko, S.T., M.T.

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

TUGAS AKHIR – ME 184834

ANALYSIS OF EFFECT OF RAKE 0 TO PITCH CHANGES ON CPP B3-35 WAGENINGEN SERIES PROPELLER USING CFD METHOD

Aldy Andana Haris
NRP. 04211640000064

Supervisors :
Ir. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
Edi Jadmiko, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARIN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOG
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH SUDUT RAKE 0 TERHADAP PERUBAHAN PITCH PADA *CPP WAGENINGEN B3-35* DENGAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)
/Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:
Aldy Andana Haris
NRP. 04211640000064

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.
NIP. 196912251997021001

Edi Jadmiko, S.T., M.T.
NIP. 197807062008011012

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH SUDUT *RAKE* 0 TERHADAP PERUBAHAN *PITCH* PADA CPP WAGENINGEN B3-35 DENGAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design (MMD)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Aldy Andana Haris

NRP. 04211640000064

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA PENGARUH SUDUT RAKE 0 TERHADAP PERUBAHAN PITCH PADA CPP WAGENINGEN B3-35 DENGAN METODE CFD

Nama Mahasiswa	:	Aldy Andana Haris
NRP	:	04211640000064
Jurusan	:	Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing	:	1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T. 2. Edi Jadmiko, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pada saat ini, ada berbagai macam jenis propeller yang diaplikasikan di dunia perkapalan. Salah satunya adalah jenis CPP atau *Controllable Pitch propeller.* Penggunaan CPP memiliki mekanisme untuk mengubah nilai *pitch,* yang akan berpengaruh terhadap performa *propeller* dengan RPM yang tetap. Hal ini menjadi sebuah kelebihan jika dibandingkan dengan FPP atau *Fixed Pitch propeller,* karena dengan ini maka kebutuhan propulsi pada kondisi – kondisi tertentu lebih mudah dicapai. Pada hampir semua desain CPP, besarnya sudut *rake* propeller terhadap hub adalah 0. Perubahan sudut *rake* ini dilakukan untuk mencegah overlapping antara satu daun *propeller* dengan lainnya, juga untuk memudahkan dalam pemasangan baut pengencang antara *root* propeller dengan *hub.* Tetapi perubahan sudut *rake* ini tentu menyebabkan perubahan performa propeller. Pada penelitian ini digunakan metode CFD dengan memvariasikan 3 model propeller Wageningen B3-35 rake 0, dengan sudut *pitch* yang bervariasi yaitu model dengan kode simulasi X0 yang memiliki sudut pitch 0, model dengan kode simulasi X15 yang memiliki sudut pitch 15, dan model dengan kode simulasi X30 yang memiliki sudut pitch 30 derajat, serta satu model B3-35 dengan rake 15 dan P/d 0.8. RPM yang digunakan adalah 600 RPM dengan variasi nilai J dari 0.2 sampai 0.8. Model yang memiliki performa paling optimal adalah model dengan kode simulasi X30 dengan rata – rata penambahan *thrust* sebesar 151.5 Newton, *torque* sebesar 11.9 N.m dan pengurangan efisiensi rata – rata sebesar 4.5%.

Kata Kunci : Propeller Rake Angle, CFD, Performa

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS OF EFFECT OF RAKE 0 TO PITCH CHANGES ON CPP B3-35 WAGENINGEN SERIES PROPELLER WITH CFD

Student Name	:	Aldy Andana Haris
NRP	:	04211640000064
Department	:	Marine Engineering
Supervisors	:	1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T. 2. Edi Jadmiko, S.T., M.T.

ABSTRACT

These days, there are many suitable types of marine propellers. One of them is the Controllable Pitch Propeller or CPP. Controllable Pitch Propeller has a mechanism to adjust the pitch value of the propeller, which will cause changes in thrust, torque, and efficiency within the same RPM. Compared to Fixed Pitch Propeller, this mechanism can be an advantage, because its easier to fulfil the propulsion needs in a particular condition. On CPP design, the rake angle of the propeller blade is 0 degrees. The purpose of change on the propeller rake angle is to prevent overlapping between propeller blades and to ease the bolt installation between the propeller root and hub. Despite these advantages, there may be changes in thrust, torque, and efficiency compared to the FPP with a rake angle of 15 degrees. In this research, one Model of 15 rake angles with P/D of 0.8, and three models with 0 rake angles with different pitch angles (0,15,30) are tested using CFD methods. The RPM of the models are 600 RPM, with the range of advance numbers (J) are 0.2 – 0.8 The model that has optimal performance is X30 Model with average changes in thrust 151.5 N, torque 11.9 N.m and efficiency -4.5%, compared to the performance of the Rake 15 propeller.

Keywords : Propeller Rake Angle, CFD, Performance

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad Shalallaahu 'Alaihi Wasallam sehinga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan laoran tugas akhir ini yang berjudul "**ANALISA PENGARUH SUDUT RAKE 0 TERHADAP PERUBAHAN PITCH PADA CPP WAGENINGEN B3-35 DENGAN METODE CFD**".

Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis juga menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis yang bernama Ibu Idawati Agustina dan Bapak Ahmad Taufiqurrachman yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan selalu memberikan dukungan moril dan materiil.
2. Adik penulis bernama Rifat Yustar Afif yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama berkuliah.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak A.A.B. Dinariyana Dwi Putranta, S.T., MES, Ph.D. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan nasihat sekaligus menjadi orang tua penulis di kampus
5. Bapak Irfan Syarif Arief, S.T., M.T. dan Bapak Edi Jadmiko S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu membimbing dan memberi arahan hingga selesainya Tugas akhir ini.
6. Seluruh staff dan member Laboratorium Marine Manufacturing and Design (MMD) yang telah membantu dan menemani penulis selama mengerjakan tugas akhir.
7. Teman-taman angkatan Voyage`16 yang telah berjuang bersama-sama selama kuliah di Teknik Sistem Perkapalan.
8. Teman penulis bernama Anjani yang meluangkan waktunya untuk menemani penulis saat pengerjaan Tugas Akhir
9. Mas Izzul Fikry yang selalu memberikan masukan untuk penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Namun, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar

Teknik Sistem Perkapalan dan civitas akademis ITS pada umumnya, serta dapat menjadi referensi untuk pengerjaan tugas akhir bagi mahasiswa lainnya.

Surabaya, 26 Juli 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN....iii
LEMBAR PENGESAHAN....v
ABSTRAK....vii
ABSTRACT....ix
KATA PENGANTAR....xi
DAFTAR ISI....xiv
DAFTAR GAMBAR....xvi
DAFTAR TABEL....xviii
BAB I....1
1.1 Latar Belakang....1
1.2 Rumusan Masalah....2
1.3 Batasan Masalah....2
1.4 Tujuan Penelitian....3
1.5 Manfaat Penelitian....3
BAB II....4
2.1 *State of The Art*....4
2.2 *Propeller*....4
2.3 Wageningen B – *Series Propeller*....6
2.3 *Controllable Pitch Propeller*....6
2.4 Karakteristik Performa *Propeller*....7
2.5 Sudut *Rake Propeller*....9
2.6 *Propeller Pitch*....10
2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD)....10
BAB III....12
3.1 Alur Penelitian....12
BAB IV....38
4.1 Model Propeller....38
4.2 Karakteristik *Propeller* B3-35 pada *Propeller Open Water Test*....39

4.4 Analisa *Propeller Open Water Test* pada B3-35 dengan *rake 0* 43
4.4.1 *Propeller Open Water Test* pada model X0 43
4.4.2 *Propeller Open Water Test* pada model X15 46
4.4.3 *Propeller Open Water Test* pada model X30 49
BAB V 56
5.1 Kesimpulan 56
5.2 Saran 56
LAMPIRAN 58
DAFTAR PUSTAKA 66
BIODATA PENELITI 68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Contoh *propeller* FPP dan CPP pada kapal....1
Gambar 1. 2 Ilustrasi pemasangan baut pengencang pada CPP....2

Gambar 2. 1 Bagian – bagian *propeller*....5
Gambar 2. 2 B – *Series Propeller*....6
Gambar 2. 3 *Blade Controllable pitch propeller*....7
Gambar 2. 4 *Controllable pitch propeller*....7
Gambar 2. 5 Kurva *Open Water Test Propeller* Wageningen B3-35....8
Gambar 2. 6 *Propeller Rake*....9
Gambar 2. 7 *Propeller Pitch*....10

Gambar 3. 1 Alur Penelitian....13
Gambar 3. 2 Gambar blade B3-35 dengan *rake* 15 dan P/d 0.8....15
Gambar 3. 3 Gambar blade B3-35 dengan rake 0....16
Gambar 3. 4 Contoh Model Propeller....16
Gambar 3. 5 Contoh Proses Penentuan Batasan model....17
Gambar 3. 6 Proses *Meshing*....18
Gambar 3. 7 *Initial Mesh*....19
Gambar 3. 8 *adapt to Geometry*....19
Gambar 3. 9 *Snap to Geometry*....20
Gambar 3. 10 *Optimize*....21
Gambar 3. 11 *Viscous Layer Insertion*....21
Gambar 3. 12 *General Parameters*....22
Gambar 3. 13 *Fluid Model*....23
Gambar 3. 14 *Flow Model Parameters*....23
Gambar 3. 15 *Boundary Condition*....24
Gambar 3. 16 *Body Definition*....25
Gambar 3. 17 *Body Motion*....26
Gambar 3. 18 *Mesh Management*....26
Gambar 3. 19 *initial solution parameters*....27
Gambar 3. 20 *Control Variables*....28
Gambar 3. 21 *Output Parameters*....28
Gambar 3. 22 *Thrust Monitor*....29
Gambar 3. 23 *Torque Monitor*....29
Gambar 3. 24 Validasi nilai KT simulasi terhadap nilai KT eksperimen....31
Gambar 3. 25 Validasi nilai 10KQ Simulasi Terhadap nilai 10KQ Eksperimen....32
Gambar 3. 26 Blade *Propeller* Model X0 (sudut pitch 0)....34
Gambar 3. 27 Sudut pitch 0 model X0 tampak atas pada 0.2R....34
Gambar 3. 28 Blade Propeller Model X15 (sudut pitch 15)....35

Gambar 3. 29 Sudut pitch 15 model X15 tampak atas pada 0.2R.....35
Gambar 3. 30 Blade Propeller Model X30 (sudut pitch 30) 36
Gambar 3. 31 Sudut pitch 30 model X30 tampak atas pada 0.2R.....36

Gambar 4. 1 Model *Propeller* B3-35 38
Gambar 4. 2 Karakteristik *Open Water Test Propeller B3-35* dengan *Rake* 15 derajat 40
Gambar 4. 3 *Propeller* B3-35 *rake 0* dengan *pitch angle* 0 (Model X0) 41
Gambar 4. 4 *Propeller* B3-35 *rake 0* dengan *pitch angle* 15 (Model X15) 42
Gambar 4. 5 *Propeller* B3-35 *rake 0* dengan *pitch angle* 30 (Model X30) 42
Gambar 4. 6 Kurva *Open Water Test* Model X0.....44
Gambar 4. 7 Perbandingan Kurva Open Water Test X0 terhadap model A 45
Gambar 4. 8 Kurva *Open Water Test* Model X15.....47
Gambar 4. 9 Perbandingan Kurva *Open Water Test* Model X15 terhadap model Rake 15.....48
Gambar 4. 10 Kurva *Open Water Test* Model X30.....50
Gambar 4. 11 Perbandingan Kurva *Open Water Test* Model B3- terhadap Model Rake 15.....51
Gambar 4. 12 Perubahan Nilai *Thrust*.....52
Gambar 4. 13 Perubahan nilai *Torque* 53
Gambar 4. 14 Perubahan nilai Efisiensi.....54

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Validasi *Meshing Propeller* 30
Tabel 3. 2 Hasil KT Eksperimen dan KT Simulasi.....30
Tabel 3. 3 Hasil nilai 10KQ Eksperimen dan 10KQ Simulasi.....32
Tabel 3. 4 Variasi Model Propeller Rake 0.....33

Tabel 4. 1 Variasi Koefisien *Advance*.....39
Tabel 4. 2 Hasil Analisa *Propeller B3-35* 39
Tabel 4. 3 Variasi Model Propeller B3-35 *Rake 0* 41
Tabel 4. 4 Hasil Analisa Model X0 terhadap Model Rake 15.....43
Tabel 4. 5 Hasil Analisa Model X15 terhadap Model A.....46
Tabel 4. 6 Hasil Analisa Model X30 terhadap Model A.....49
Tabel 4. 7 Rata – Rata Perbedaan *Thrust, Torque,* dan Efisiensi antar model terhadap model A.....54

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

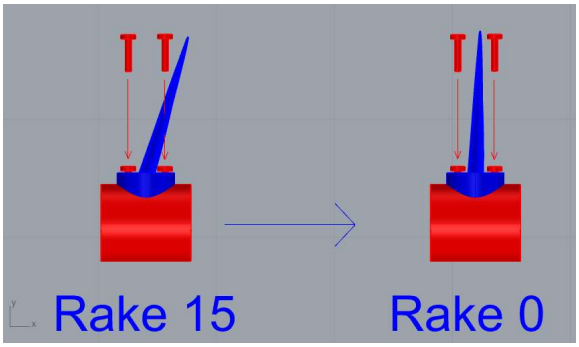
1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, ada berbagai macam jenis propeller yang diaplikasikan di dunia perkapalan. Salah satunya adalah jenis CPP atau *Controllable Pitch Propeller.* Penggunaan CPP memiliki mekanisme untuk mengubah nilai *pitch,* yang akan berpengaruh terhadap gaya dorong, torsi, dan efisiensi *propeller* dengan RPM yang tetap. Hal ini menjadi sebuah kelebihan jika dibandingkan dengan FPP atau *Fixed Pitch propeller,* karena dengan ini maka kebutuhan propulsi pada kondisi – kondisi tertentu lebih mudah dicapai.

Pada hampir semua desain CPP, besarnya sudut *rake* propeller terhadap hub adalah 0. Perubahan sudut *rake* ini dilakukan untuk mencegah overlapping antara satu daun *propeller* dengan lainnya, juga untuk memudahkan dalam pemasangan baut pengencang antara *root* propeller dengan *hub.* Tetapi perubahan sudut *rake* ini tentu mempengaruhi performa *propeller*. Sehingga nilai pitch harus diubah untuk mendapatkan performa yang sama atau mendekati pada keadaan sudut *rake* 15 derajat.

Gambar 1. 1 Contoh *propeller* FPP dan CPP pada kapal

(Sumber : www.marineinsight.com)



Gambar 1. 2 Ilustrasi pemasangan baut pengencang pada CPP

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh sudut rake propeller 0 terhadap perubahan performa propeller CPP B3 – 35?
2. Variasi Model mana kah yang memiliki performa yang paling optimal?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan lingkup permasalahan yang akan diteliti, maka dibuatlah beberapa batasan masalah seperti di bawah ini :

1. *Propeller* yang digunakan adalah *propeller* yang telah ada dengan spesifikasi seperti berikut :

Diameter	:	316.6 mm
Jumlah baling	:	3
Expanded blade area ratio	:	0.35
Fwd Hub. Diameter	:	80 mm
Mid Hub. Diameter	:	80 mm
Aft Hub. Diameter	:	80 mm

2. Pada penelitian ini tidak mempertimbangkan analisa kekuatan material dari propeller.

3. Pada penelitian ini, distribusi *pitch propeller* yang digunakan pada 0 R – 1.0R adalah sama dan diharapkan pada penelitian lanjutan distribusi *pitch propeller* yang digunakan pada 0R – 1.0R berbeda.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh sudut rake propeller 0 terhadap perubahan performa propeller B3 - 35
2. Untuk mengetahui Variasi Model yang memiliki performa yang paling optimal

1.5 Manfaat Penelitian

Karena kebutuhan *Controllable Pitch Propeller* yang memodifikasi posisi sudut *rake propeller Wageningen* B3 – 35 dari 15 derajat menjadi 0 derajat, maka dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan terhadap penurunan atau kenaikan performa *propeller* akibat modifikasi sudut *rake* tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of The Art*

Bagian ini akan membahas tentang penelitian - penelitian yang dapat dijadikan latar belakang serta menjadi literatur pada penelitian ini.

2.1.1 A study on the effect of the rake angle on the performance of marine propellers

Jurnal ini membahas tentang efek dari variasi *rake angle* terhadap performa *propeller*. Dalam penelitian ini, tiga model propeller B series dengan sudut rake yang berbeda disimulasikan menggunakan metode CFD untuk melihat perbedaan performa yang dihasilkan dari masing – masing propeller.

Diawali dengan menentukan dimensi propeller dan membuat modelnya. Langkah selanjutnya adalah memodifikasi *rake angle* model. Langkah terakhir adalah menganalisa performa propeller dengan software *computational fluid dynamics*. Dari perubahan *rake angle propeller* diyakini bahwa dapat meningkatkan nilai gaya dorong, torsi, dan efisiensi. Simulasi dilakukan dengan pada empat variasi *rake angle*, yaitu -5^o, 5^o, 15^o,d an 20^o

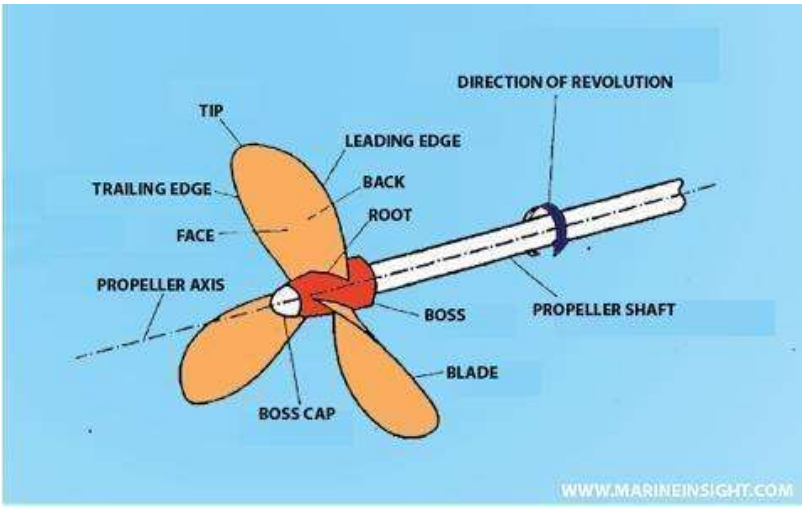
Dari penelitian ini, perubahan *rake angle* mempengaruhi kenaikan gaya dorong dan torsi, terutama pada variasi sudut yang besar yaitu 15 derajat dan 20 derajat. Tetapi perubahan *rake angle* ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi propeller. (Hayati, 2012)

2.2 *Propeller*

Propeler adalah jenis baling-baling yang memberikan kekuatan dengan mengubah rotasi gerak ke gaya dorong. Propeler terdiri dari satu atau lebih blade dan beroperasi seperti perputaran sekrup. Perbedaan tekanan antara depan dan belakang permukaan airfoil berbentuk *blade* menghasilkan akselerasi udara atau air

dibelakang blade. Propeller pada umumnya diletakkan pada kedudukan serendah mungkin di bagian belakang kapal. Propeler harus mempunyai diameter sedemikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermatan penuh baling-baling dapat terbenam secara memadai sehingga dapat

menghindari terjadinya fenomena terikutnya udara (airdrawing) dan pemacuan baling-baling (racing) ketika kapal mengalami gerakan angguk. (Abidin, 2011).



Gambar 2. 1 Bagian – bagian *propeller*

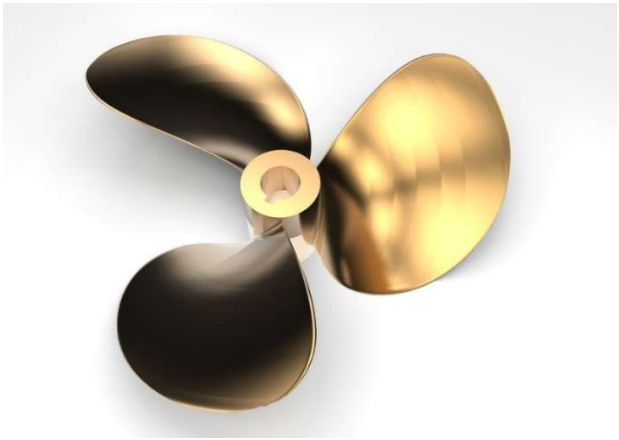
(Sumber : www.marineinsight.com)

Pada kondisi pengoperasian normal, *propeller* akan berotasi searah jarum jam jika dilihat dari arah buritan kapal. Bagian tepi dari daun *propeller* bagian depan disebut *leading edge* , sedangkan sisi sebaliknya disebut *trailing edge*. Permukaan daun *propeller* yang terlihat dari sisi belakang disebut *face,* sedangkan dari depan disebut *back*. (Kuiper, 1992)

Dalam kasus tertentu suatu kapal akan dirancang menggunakan jenis *propeller* lain dengan harapan dapat meningkatkan performa. Sampai saat ini jenis – jenis *propeller* dibedakan menjadi 11 jenis yaitu *Fixed Pitch Propeller (FPP), Controlable Pitch Propeller (CPP), Contracted Loaded Tip (CLT) Propeller, Contra Rotating Propeller (CRP) Ducted Propeller, Propeller Boss Cap Fins (PBCF), Adjustable Bolted Propeller (ABP), High Skew Propeller, Keyless Propeller, Solid Propeller, Surface Piercing Propeller.* (Oloan, 2018)

2.3 Wageningen B – *Series Propeller*

Propeller B – Series didesain dan diuji coba di *Netherlands Ship Model Basin* yang terletak di *Wageningen*. 120 model *propeller* diuji coba di NSMB dan dianalisa menggunakan regresi polynomial untuk menyatakan nilai koefisien gaya dorong dan torsi yang dihasilkan dari jumlah daun, *blade area ratio*, diameter *pitch*, dan koefisien *advance*. (M.M Barnitsas et al, 2012)



Gambar 2. 2 B – *Series Propeller*

(sumber : grabcad.com)

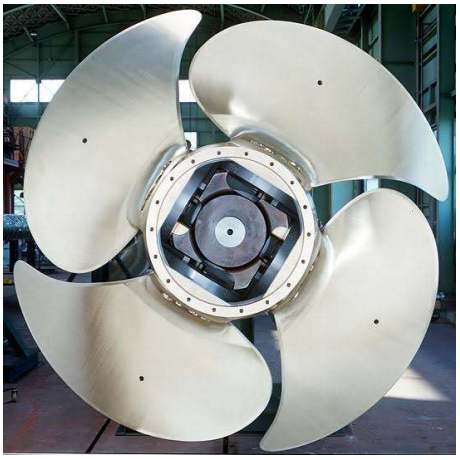
2.3 *Controllable Pitch Propeller*

Controllable pitch propeller adalah salah satu jenis *propeller* yang memiliki sistem untuk merubah nilai pitch dari daun *propeller*. Meski begitu, *propeller* jenis ini memiliki sistem yang lebih kompleks daripada *fixed pitch propeller*. (Carlton, 2007)

Controllable pitch propeller juga memiliki beberapa kelebihan, salah satunya adalah dapat dimanfaatkan untuk gerakan mundur pada kapal. (Prasad & Babu, 2017)

Gambar 2. 3 *Blade Controllable pitch propeller*

(Sumber : reneko.ee)



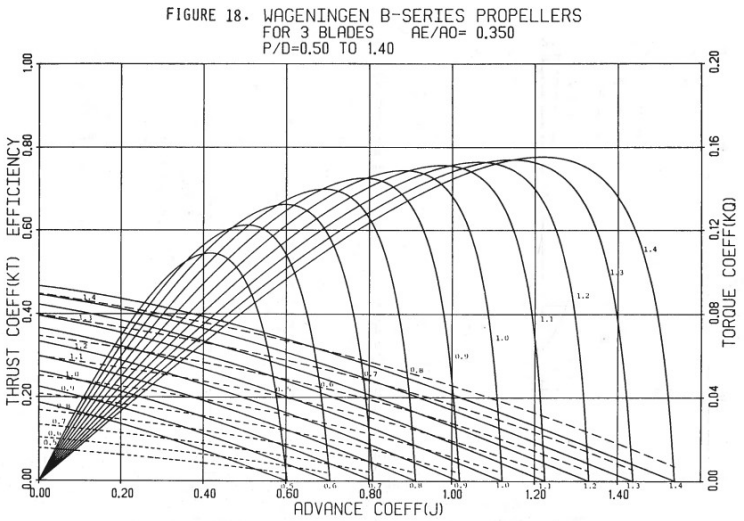
Gambar 2. 4 *Controllable pitch propeller*

(sumber : https://kamome-propeller.co.jp/)

2.4 Karakteristik Performa *Propeller*

Karakteristik performa *propeller* pada dasarnya dapat dilihat dari 3 komponen yaitu KT (Koefisien *Thrust*), KQ (Koefisien *Torque)*, dan ηo (Efisiensi Propeller) pada setiap variasi *J* (Koefisien

Advance). Untuk mendapatkan nilai – nilai tersebut perlu dilakukan *Open Water Test* terlebih dahulu.



Gambar 2. 5 Kurva *Open Water Test Propeller* Wageningen B3-35

Sumber : (The University of Michigan, 1981)

Untuk mendapatkan persamaan nilai – nilai diatas, dapat digunakan beberapa persamaan seperti berikut (Carlton, 2007) :

1. Koefisien *Thrust*

   KT $= \frac{T_{prop}}{\rho \; x \; n^2 \; x \; D^4}$ (1)

2. Koefisien *Torque*

   KQ $= \frac{Q_{prop}}{\rho \; x \; n^2 \; x \; D^5}$ (2)

3. Koefisien *Advance Propeller*

$$J = \frac{V_A}{n \, x \, D} \quad (3)$$

4. *Efficiency Propeller Open Water*
   Efficiency propeller open water adalah adalah rasio perbandingan antara *thrust horsepower* (THP) dan *delivered horsepower* (DHP).

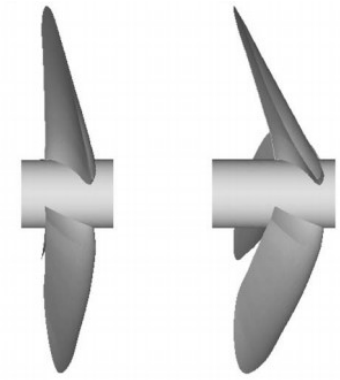
   Dimana,
   THP = T x Va (4)

   DHP = 2 x π x n x Q (5)

   Sehingga, dari persamaan (4) dan (5) didapatkan nilai
   $$\eta o = \frac{T \, x \, V_a}{2 \, x \, \pi \, x \, n \, x \, Q} \quad (6)$$

2.5 Sudut *Rake Propeller*

Sudut *rake* propeller adalah sudut yang terbentuk karena oleh kemiringan bidang daun *propeller* terhadap sumbu poros *propeller*. (Prasad & Babu, 2017)

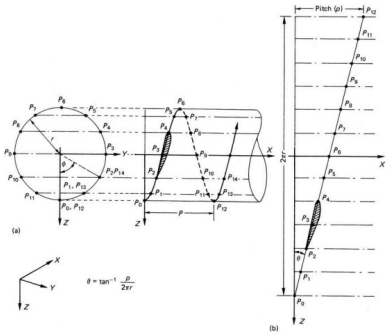


Gambar 2. 6 *Propeller Rake*

Sumber : (Hayati, et al., 2012)

2.6 *Propeller Pitch*

Propeller pitch merupakan jarak terjauh yang dapat ditempuh *propeller* dalam satu kali putaran atau revolusi (Carlton, 2007)



Gambar 2. 7 *Propeller Pitch*

(Sumber : Carlton, 2017)

Dari gambar 2.5, didapatkan persamaan yang menunjukkan hubungan antara *pitch* dan *pitch angle* dari *propeller*.

$$\emptyset = tan^{-1}\left(\frac{p}{2\pi r}\right)$$

2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas.

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

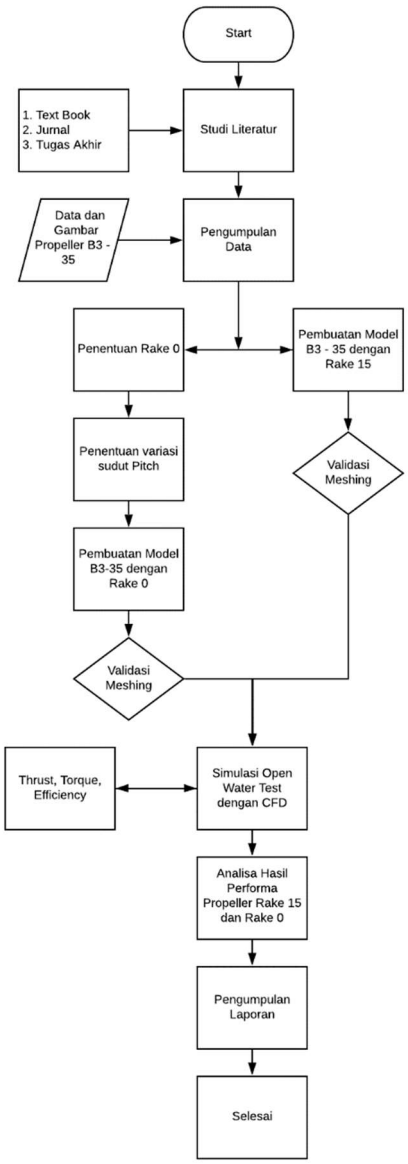
Proses CFD dibagi menjadi tiga, yakni pre-processing, computation, dan post-processing. Pre-processing adalah tahapan input data yang meliputi penentuan domain dan boundary condition. Pada tahapan ini juga dilakukan meshing, dimana benda yang dianalisa dibagi dalam jumlah grid tertentu. Computation atau processing adalah proses perhitungan data yang telah dimasukkan menggunakan persamaan terkait secara iterative hingga hasil yang didapatkan bisa mencapai nilai error terkecil. Post-processing adalah hasil dari perhitungan pada tahap processor akan ditampilkan dalam gambar, grafik maupun animasi. (Nanda, 2019)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam pengerjaan penelititan ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan langkah – langkah berdasarkan *flowchart* seperti berikut :



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari *flowchart* diatas :

1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pengerjaan skripsi ini. Perumusan masalah dilakukan dengan cara menentukan topik yang akan dibahas pada skripsi ini. Penulis menentukan bahasan tentang pengaruh sudut *rake* 0 terhadap perubahan performa propeller. Modifikasi sudut rake ini dilakukan untuk kebutuhan pemasangan baut pengencang antara root *propeller* dengan hub propeller, pada jenis *propeller* CPP.

2. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk memperdalam pemahaman penulis tentang permasalahan yang akan dibahas. Studi literatur ini dapat bersumber dari buku bacaan, jurnal, serta skripsi yang sebelumnya membahas topik yang sama. Studi literatur diharapkan juga dapat menunjang landasan dasar dari pengerjaan skripsi ini, dimulai dari pembahasan umum tentang *propeller* sampai dengan secara khusus tentang topik yang akan diangkat.

3. Pengumpulan Data

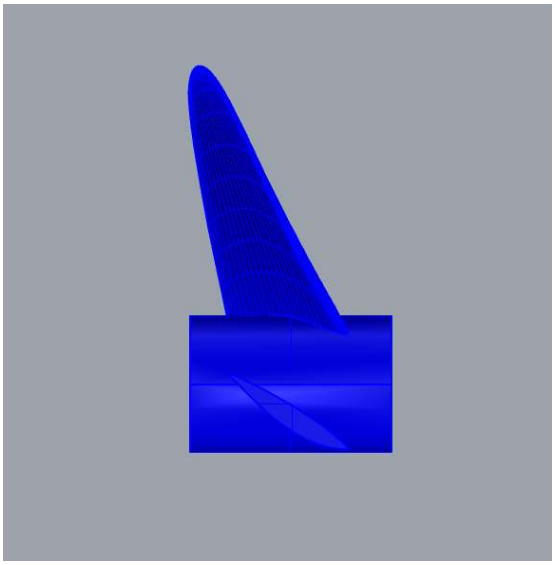
Pada tahap ini merupakan pengambilan data dan gambar dari suatu objek yang akan diteliti. Pada penelitian ini digunakan dua objek yaitu *Propeller* yang sudah ada. Berikut adalah data dan gambar dari *propeller*:

- Data dan gambar *Propeller* 1

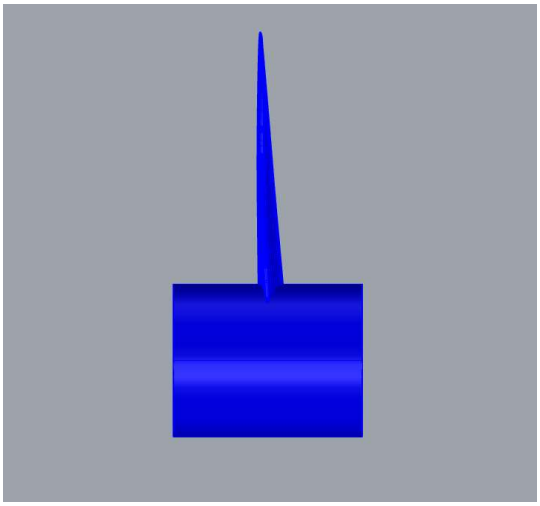
Tipe	:	B - Series
Diameter	:	316.6 mm
Jumlah baling	:	3
Expanded blade area ratio	:	0.35
Pitch Ratio (P/D)	:	0.8
Panjang Hub	:	100 mm
Fwd Hub. Diameter	:	80 mm
Mid Hub. Diameter	:	80 mm
Aft Hub. Diameter	:	80 mm

- Data dan gambar *Propeller* 2

Tipe	:	B - Series
Diameter	:	316.6 mm
Jumlah baling	:	3
Expanded blade area ratio	:	0.35
Variasi Sudut Pitch	:	0; 15; 30
Panjang Hub	:	100 mm
Fwd Hub. Diameter	:	80 mm
Mid Hub. Diameter	:	80 mm
Aft Hub. Diameter	:	80 mm



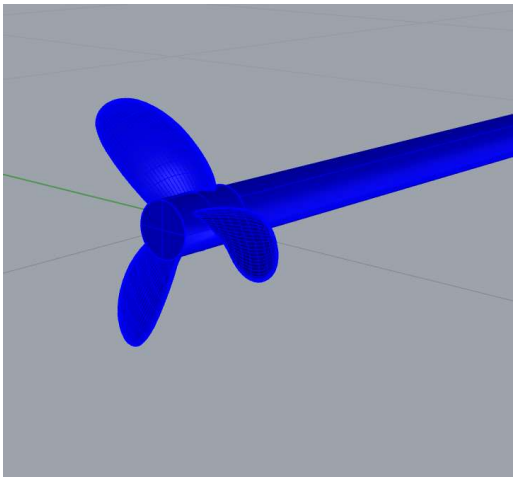
Gambar 3. 2 Gambar blade B3-35 dengan *rake* 15 dan P/d 0.8



Gambar 3. 3 Gambar blade B3-35 dengan rake 0

4. Pemodelan *Propeller*

Pada proses ini dilakukan permodelan bentuk 3 dimensi dari data dan gambar 2 dimensi yang sudah ada.

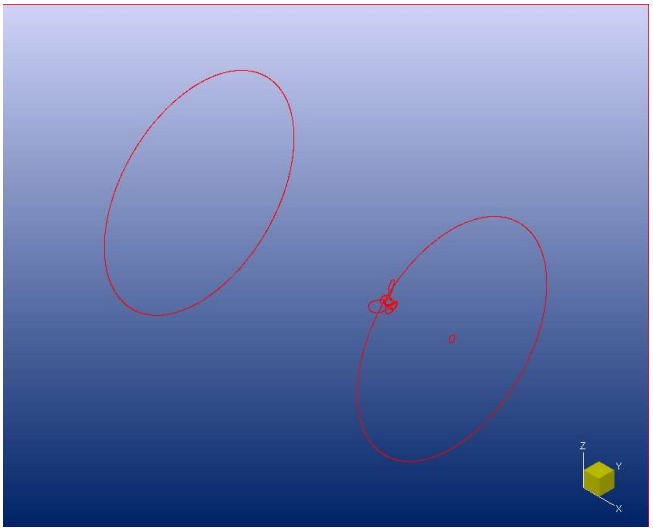


Gambar 3. 4 Contoh Model Propeller

5. Simulasi *Propeller.*

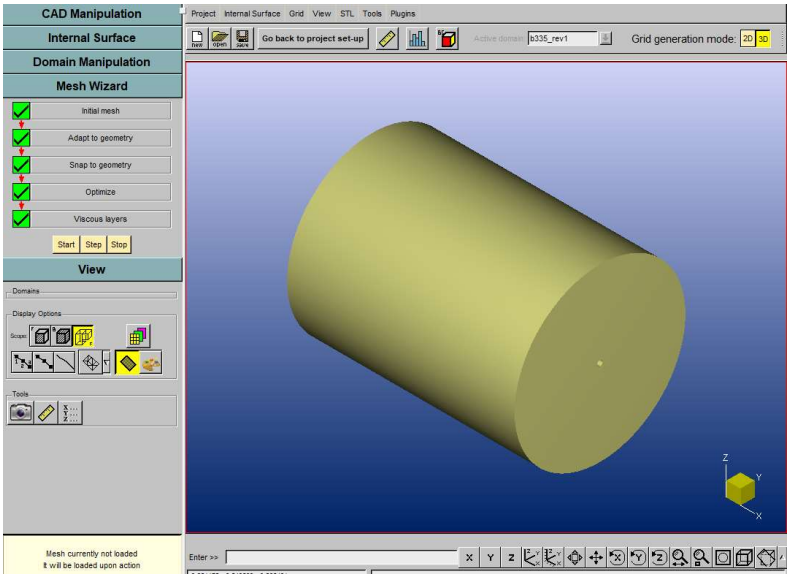
Setelah selesai dalam penggambaran model, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada model. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang dilakukan.

a. Penentuan Batasan model
Pada tahap ini dilakukan batasan model atau membuat domain dalam simulasi open water test. Input yang dimasukkan berupa kecepatan putaran *propeller* beserta kecepatan *advance* dari fluida.



Gambar 3. 5 Contoh Proses Penentuan Batasan model

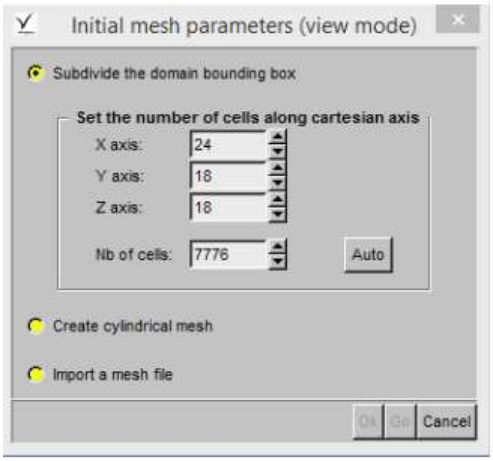
b. *Meshing*
Pada tahap meshing, benda akan dibagi menjadi blok-blok kecil. Ukuran dari blok-blok tersebut sesuai dengan luasan benda itu sendiri. Sebagai contoh, blok-blok pada propeller akan lebih kecil dibandingkan dengan blok yang ada pada cylinder yang menyelubungi.



Gambar 3. 6 Proses *Meshing*

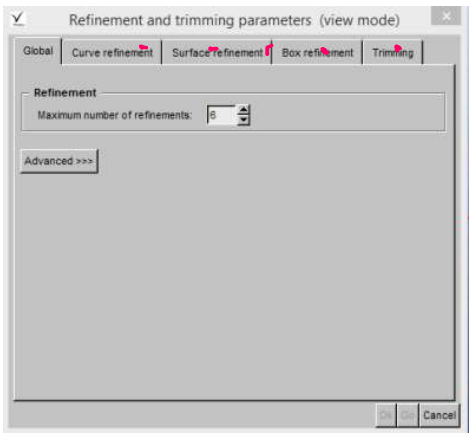
Berikut adalah tahapan – tahapan dari *meshing*.

1. *Initial Mesh*
   Pada *initial mesh* dilakukan penentuan jumlah cell berdasarkan sumbu



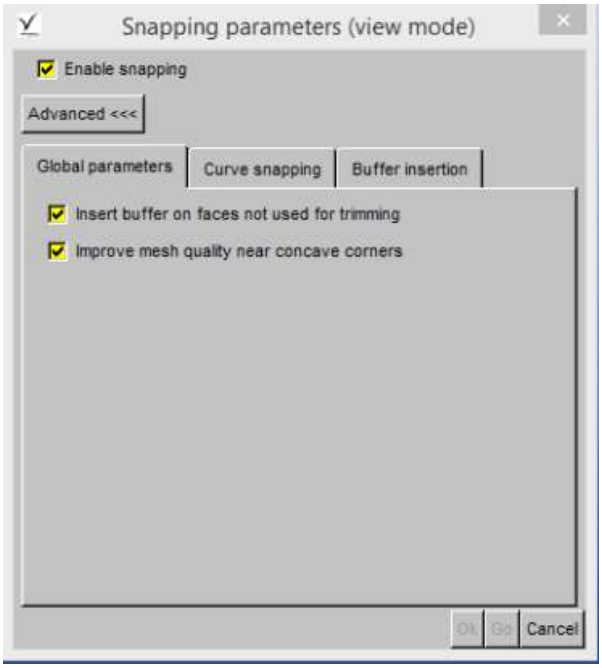
Gambar 3. 7 *Initial Mesh*

2. *Adapt to Geometry*
   Pada tahap ini dilakukan refinement pada cell yang telah dibuat pada proses sebelumnya.



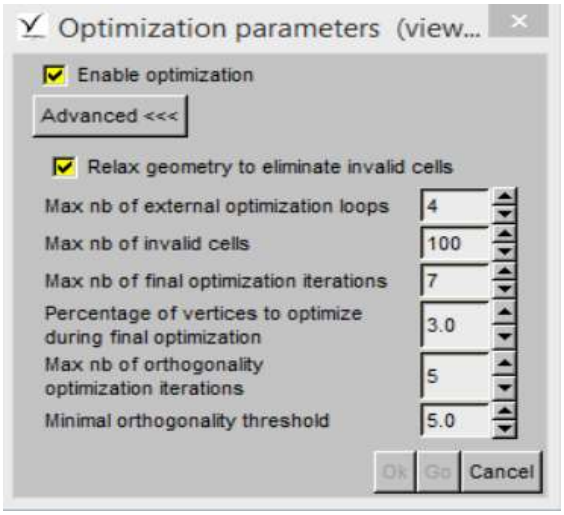
Gambar 3. 8 *adapt to Geometry*

3. *Snap to Geometry*
   Pada tahap ini dilakukan penghalusan pada *cell*s.



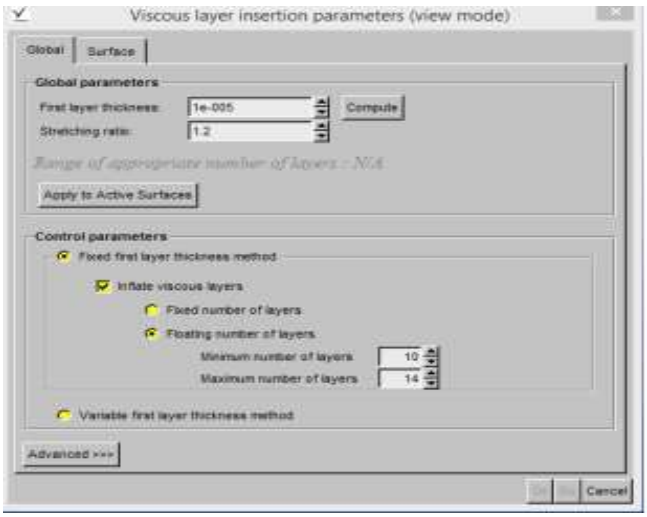
Gambar 3. 9 *Snap to Geometry*

4. *Optimize*
   Pada tahap ini dilakukan proses optimasi terhadap *cell* yang ada. Optimalisasi dilakukan pada *mesh* dengan kualitas yang buruk diantaranya *negative cell, concave cell*, dan twisted *cell*.



Gambar 3. 10 *Optimize*

5. *Viscous Layer*



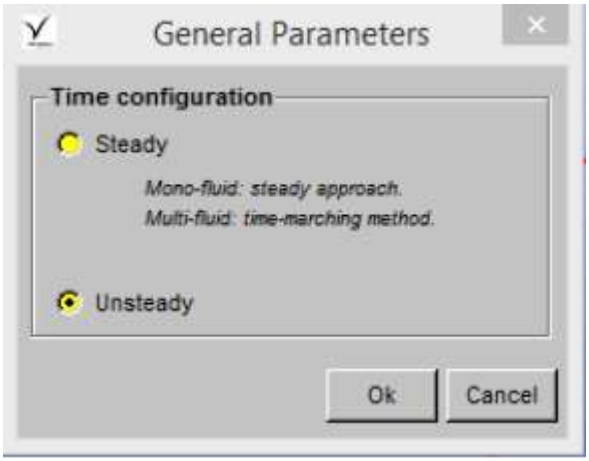
Gambar 3. 11 *Viscous Layer Insertion*

c. Simulasi

Setelah proses meshing selesai, maka langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan software fine marine. Terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan. Berikut adalah parameter - parameter tersebut.

1. *General Parameters*

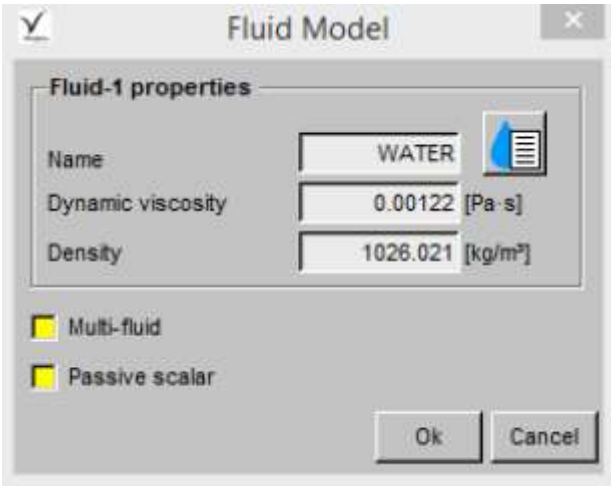
   Pada tahap ini dilakukan konfigurasi waktu, dimana steady digunakan ketika kita ingin hasil yang akan kita dapatkan terjadi pada *time step* terakhir. Sedangkan *unsteady* merupakan konfigurasi waktu dimana kita dapat melihat hasil simulasi pada t*ime step* tertentu.



Gambar 3. 12 *General Parameters*

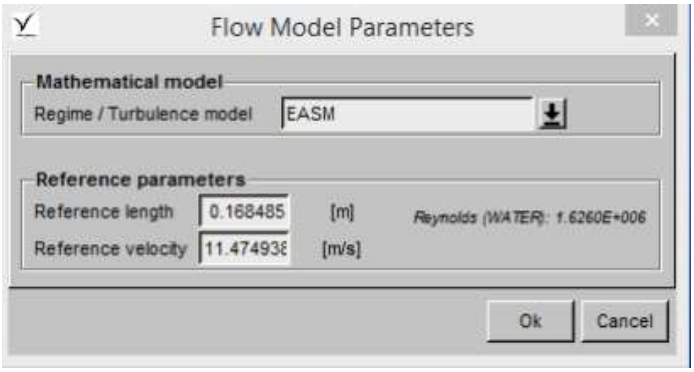
2. *Fluid Model*

   Pada tahap ini dilakukan penentuan *fluid properties,* dimana komponennya adalah *dynamic viscosity* dan densitas dari air laut. Pada *open water test* ini menggunakan fluida air laut dengan suhu 15°C.



Gambar 3. 13 *Fluid Model*

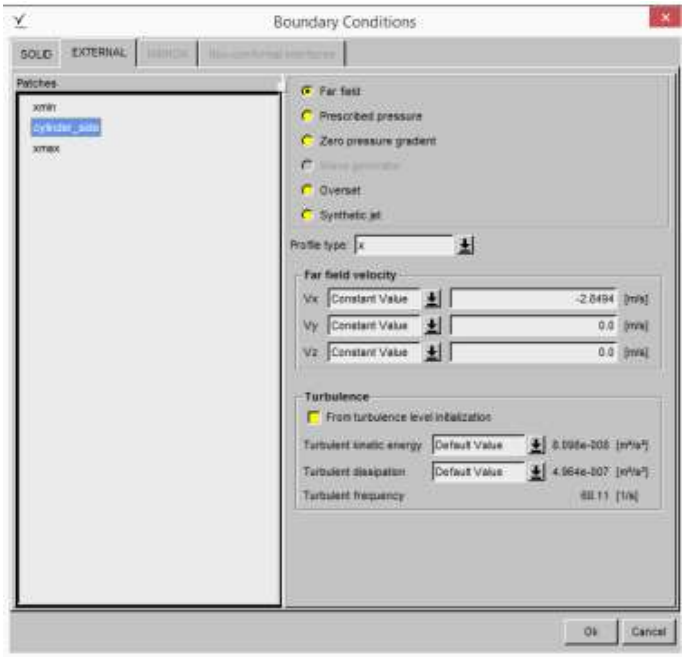
3. *Flow Model*
   Pada tahap ini dilakukan penentuan aliran, yakni *laminar* atau *turbulent*.



Gambar 3. 14 *Flow Model Parameters*

4. *Boundary Conditions*
   Boundary condition adalah pende*fini*sian *surface* yang ada pada model. Dimana *propeller* dide*fini*sikan sebagai *wall function,* sedangkan *shaft* dide*fini*sikan sebagai *slip.* Pada tahap ini terdapat beberapa

komponen yang dimasukkan, yakni *speed of advance* pada silinder penyelubung dan juga saluran keluar.

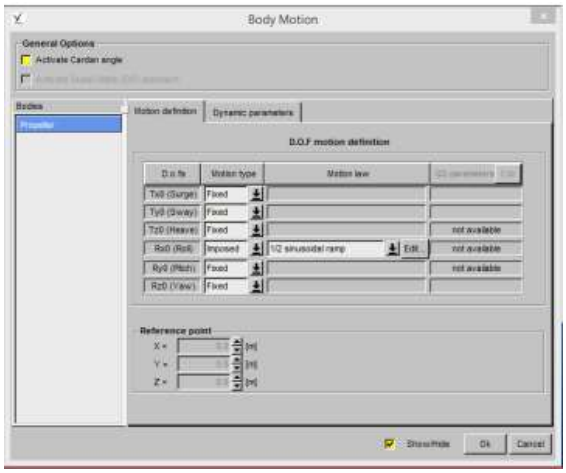


Gambar 3. 15 *Boundary Condition*

5. *Body Definition*
   Pada tahap ini dilakukan pendefinisian terhadap surface yang ada. Pada simulasi kali ini, propeller dibagi menjadi dua, yakni blade dan shaft.

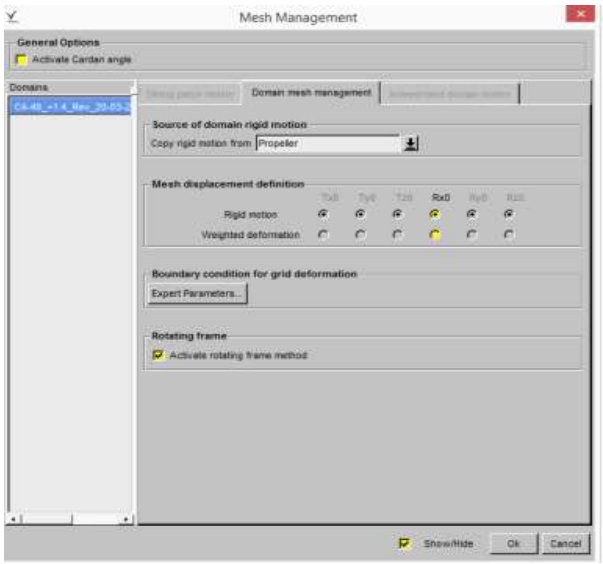
Gambar 3. 16 *Body Definition*

6. *Body Motion*
   Body motion merupakan penentuan gerak dari propeller yang akan diuji. Pada simulasi ini menggunakan ½ *sinusoidal ramp*.



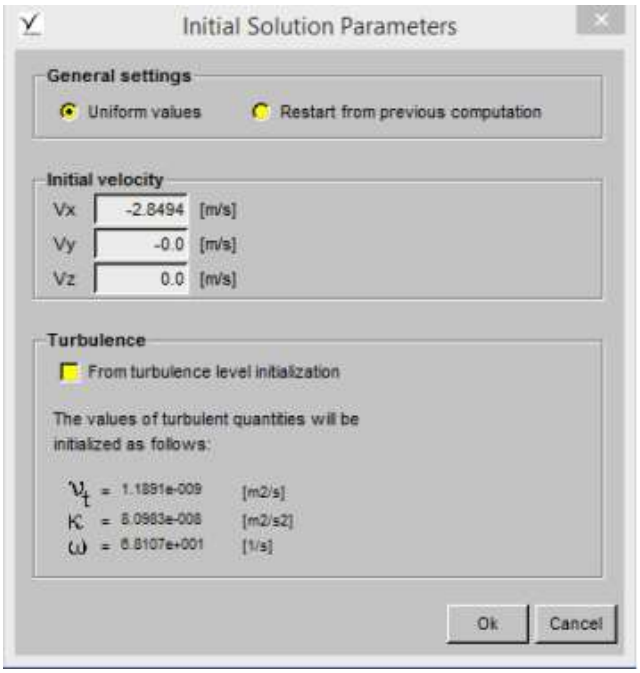
Gambar 3. 17 *Body Motion*

7. *Mesh Management*
   Pada tahap ini ditentukan gerak rotasi *propeller* terhadap koordinat sumbu.



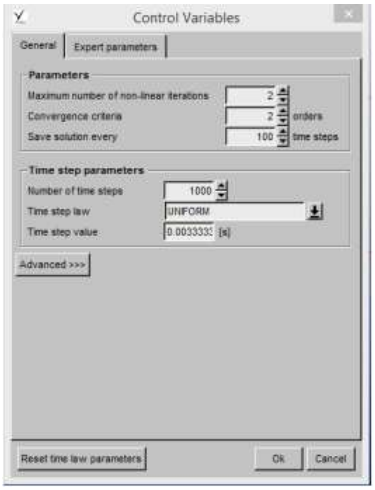
Gambar 3. 18 *Mesh Management*

8. *Initial Solution*
   Initial solution merupakan tahap dimana menentukan kecepatan aliran pada sumbu tertentu.



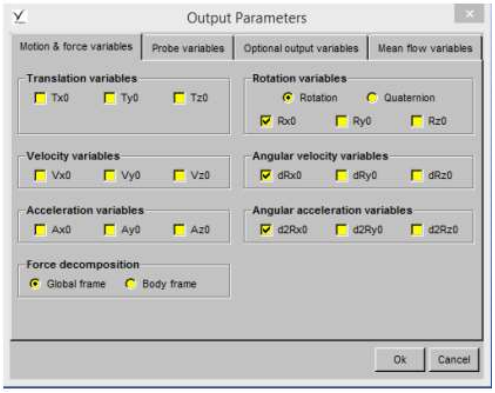
Gambar 3. 19 *initial solution parameters*

9. *Control Variable*
   Pada tahap ini ditentukan jumlah *time step.*



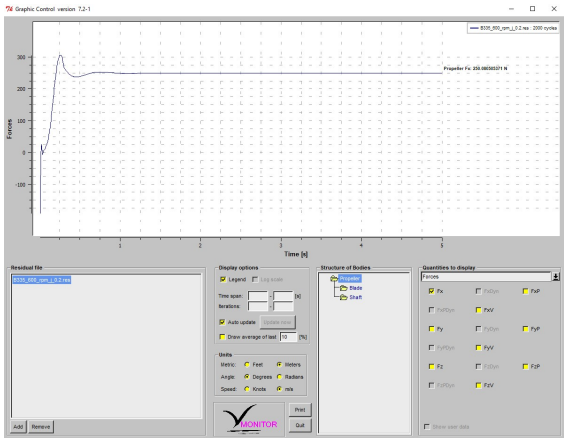
Gambar 3. 20 *Control Variables*

10. *Output Parameter*
    Dalam *output parameter* ditentukan *output-output* apa saja yang diinginkan.

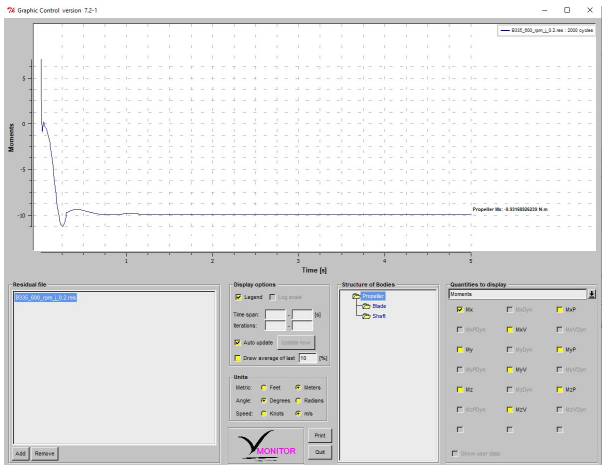


Gambar 3. 21 *Output Parameters*

d. Hasil Simulasi
   Setelah melakukan proses simulasi, Langkah selanjutnya adalah mengamati hasil simulasi. Terdapat beberapa komponen yang diambil dai hasil simulasi yang telah dilakukan, yakni *force* atau *thrust, moment* atau *torque*, dan juga aliran.



Gambar 3. 22 *Thrust Monitor*



Gambar 3. 23 *Torque Monitor*

6. Validasi *Grid*

Setelah membuat model *propeller*, maka harus dilakukan validasi untuk memastikan data yang dihasilkan akurat. Validasi yang

dilakukan pada penelitian ini adalah validasi *meshing* menggunakan jumlah *cell* yang berbeda.

Tabel 3. 1 Validasi *Meshing Propeller*

Cell	J	T (N)	Q (N.m)
718,580	0.2	250.08	-9.93
1,224,733	0.2	252.954	-10.179
2,231,303	0.2	252.543	-9.948

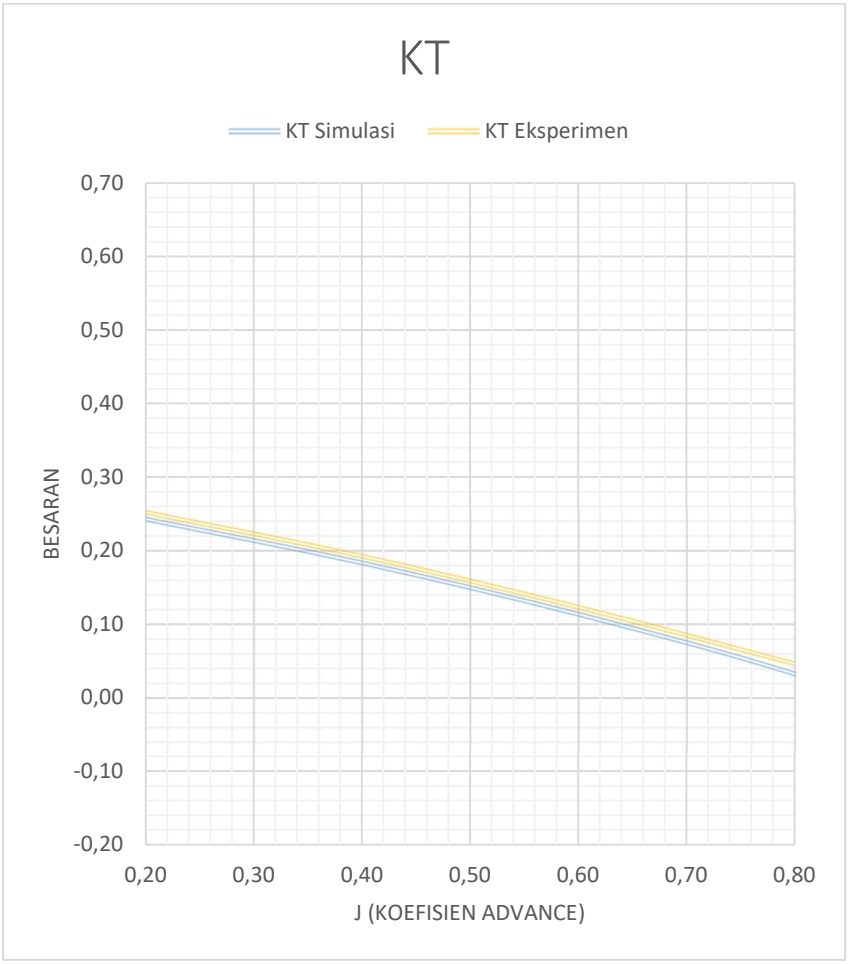
Melihat hasil dari perbandingan *thrust* dan *moment*, maka jumlah cell yang digunakan dalam analisa CFD *propeller* adalah 700 ribu – 2 juta *cell.*

7. Validasi Eksperimen

Karena pada *propeller* Wageningen B3-35 sudah dilakukan eksperimen berupa *open water test*, maka dalam penelitian ini digunakan referensi hasil *open water test* yang sudah ada untuk validasi data yang sudah didapatkan dari simulasi NUMECA FineMarine.

Tabel 3. 2 Hasil KT Eksperimen dan KT Simulasi

KT		
J	Eksperimen	Simulasi
0.2	0.251	0.25
0.4	0.192	0.18
0.6	0.123	0.11
0.8	0.0462	0.03

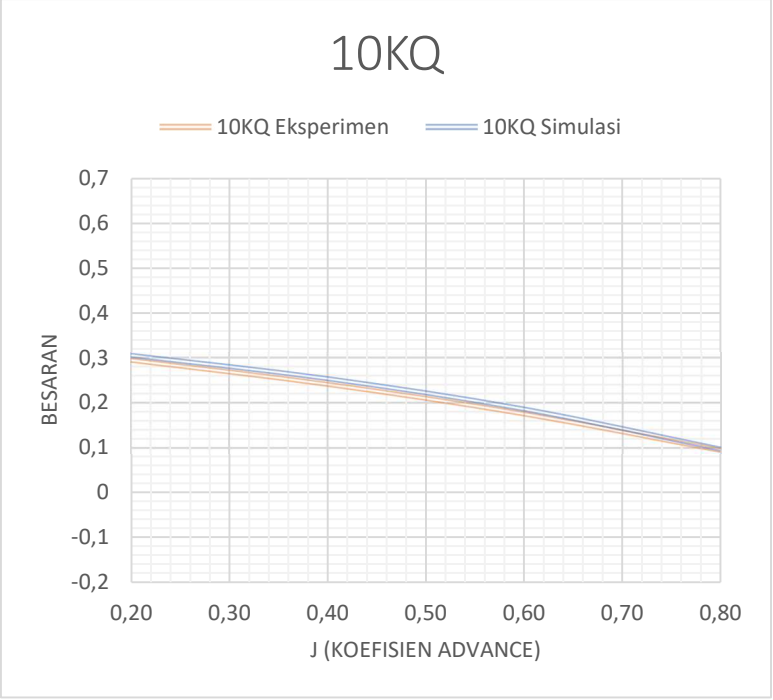


Gambar 3. 24 Validasi nilai KT simulasi terhadap nilai KT eksperimen

Dari gambar 3.24 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang kecil antara KT hasil eksperimen yang sudah ada dengan KT hasil simulasi NUMECA FineMarine pada setiap variasi nilai J.

Tabel 3. 3 Hasil nilai 10KQ Eksperimen dan 10KQ Simulasi

10KQ		
J	Eksperimen	Simulasi
0.2	0.293	0.304
0.4	0.240	0.253
0.6	0.175	0.185
0.8	0.093	0.096



Gambar 3. 25 Validasi nilai 10KQ Simulasi Terhadap nilai 10KQ Eksperimen

Dari gambar 3.24 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang kecil antara 10KQ hasil eksperimen yang sudah ada dengan 10KQ hasil simulasi NUMECA FineMarine pada setiap variasi nilai J.

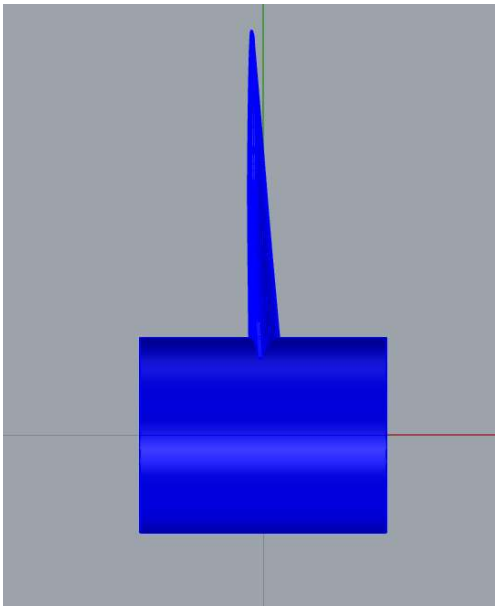
8. Pemodelan *Rake 0* dengan variasi sudut *pitch*.

Setelah dilakukan validasi *grid* dan validasi eksperimen dan didapatkan perbedaan yang kecil, selanjutnya model tersebut dapat diterima untuk kemudian dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengubah nilai rake *propeller* menjadi 0 derajat. Berikut adalah variasi model yang dibuat beserta nama kode model simulasi nya.

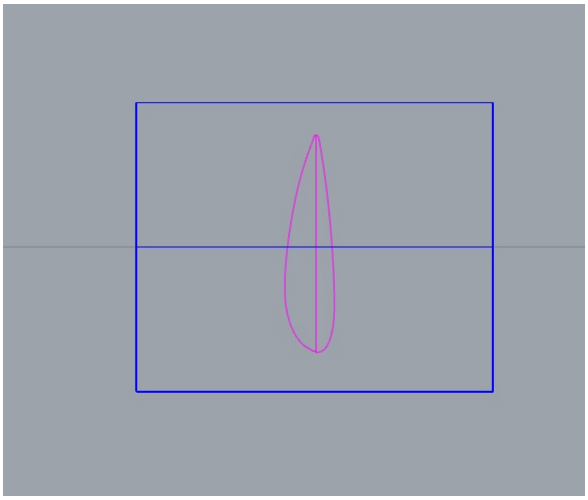
Tabel 3. 4 Variasi Model Propeller Rake 0

Kode Model	*Propeller Type*	*Pitch Angle*
X0	B3-35	0
X15	B3-35	15
X30	B3-35	30

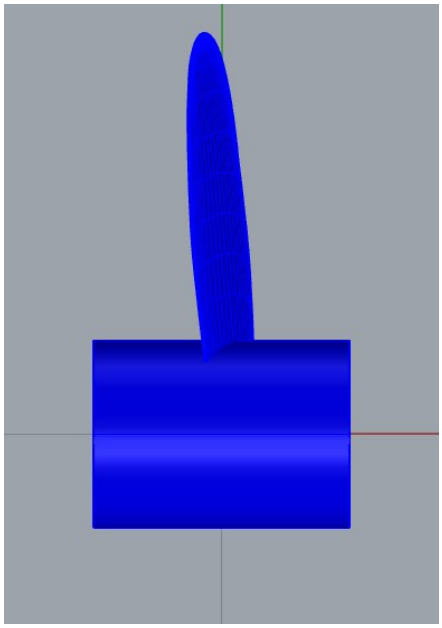
Kemudian dilakukan pemodelan 3 dimensi *propeller* menggunakan bantuan CAD.



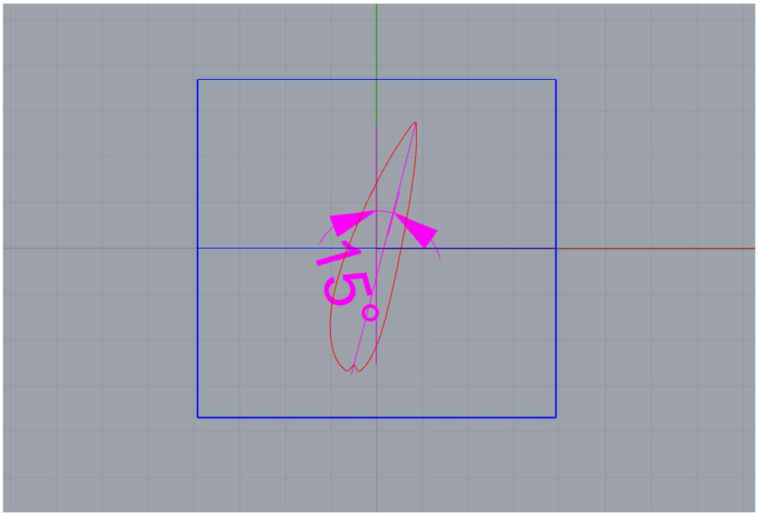
Gambar 3. 26 Blade *Propeller* Model X0 (sudut pitch 0)



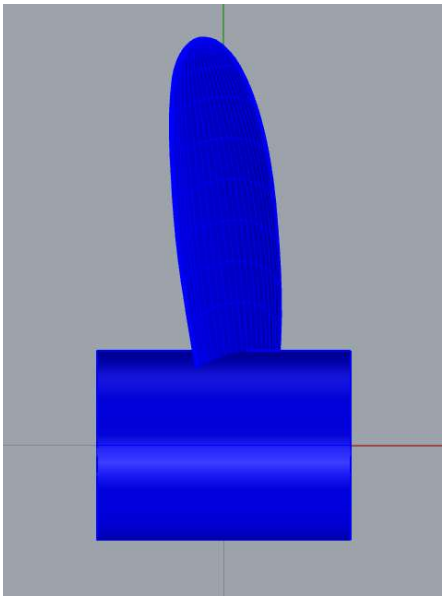
Gambar 3. 27 Sudut pitch 0 model X0 tampak atas pada 0.2R



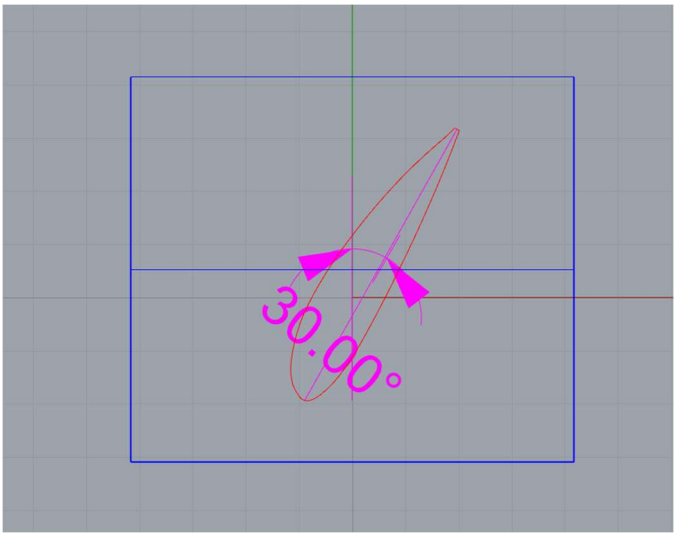
Gambar 3. 28 Blade Propeller Model X15 (sudut pitch 15)



Gambar 3. 29 Sudut pitch 15 model X15 tampak atas pada 0.2R



Gambar 3. 30 Blade Propeller Model X30 (sudut pitch 30)



Gambar 3. 31 Sudut pitch 30 model X30 tampak atas pada 0.2R

9. Analisa Hasil Simulasi

Setelah mendapatkan data dari hasil simulasi, maka data tersebut akan dianalisa (dibandingkan) antar data pada setiap variasi model.

10. Pengumpulan Laporan

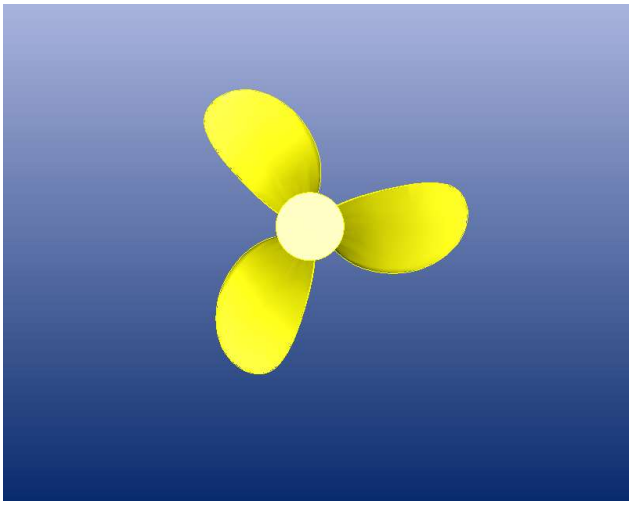
Pada tahap ini laporan akan disusun sedemikian rupa hingga siap untuk diserahkan dan diujikan.

BAB IV
ANALISA DATA

4.1 Model Propeller

Data *propeller* yang digunakan adalah sebagai berikut

Type	: B3-35
Diameter	: 316.6 mm
Diameter poros	: 80 mm
Jumlah *Blade*	: 3
Expanded Ratio	: 0.35
Pitch/Diameter	: 0.8
RPM	: 600



Gambar 4. 1 Model *Propeller* B3-35

4.2 Karakteristik *Propeller* B3-35 pada *Propeller Open Water Test.*

Pada Penelitian ini digunakan beberapa variasi koefisien *advance number*. Berikut adalah variasi tersebut.

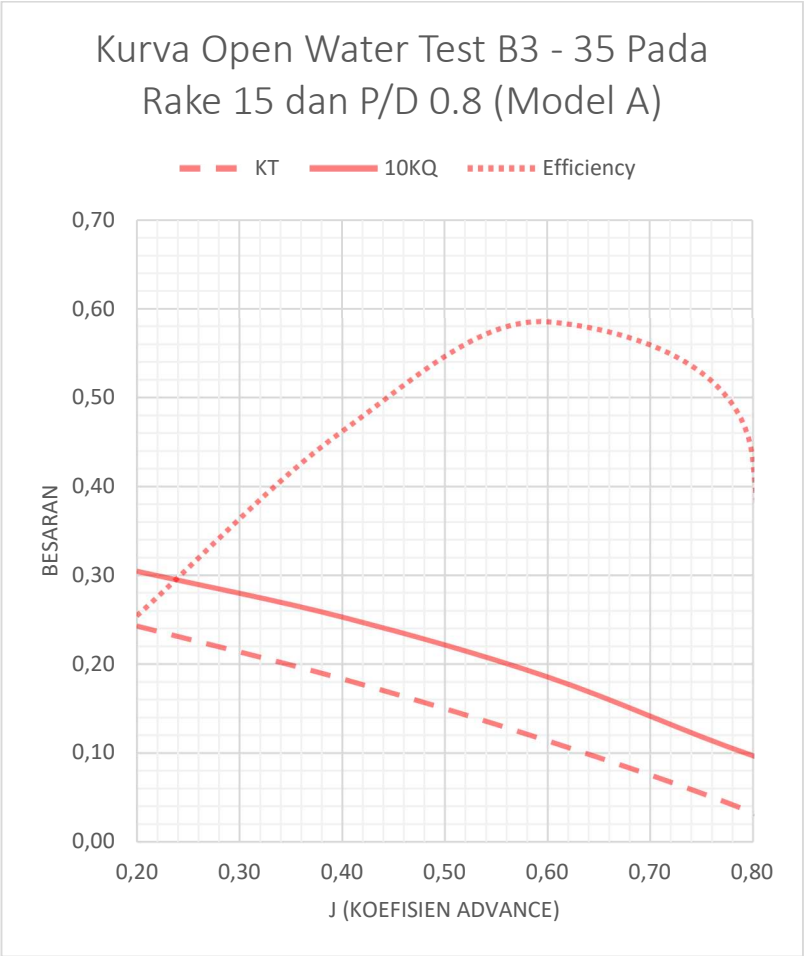
Tabel 4. 1 Variasi Koefisien *Advance*

Variasi			
RPM	RPS	Va	J
600	10,0	0,633	0,20
600	10,0	1,266	0,40
600	10,0	1,899	0,60
600	10,0	2,533	0,80

Setelah dilakukan analisa pada *propeller* Wageningen B3-35, maka didapatkan hasil berupa :

Tabel 4. 2 Hasil Analisa *Propeller B3-35*

J	Rake 15 (718850 Cells)		
	Thrust (N)	Q (N.m)	Efisiensi
0.2	250.08	9.931	0.25
0.4	188.8	8.247	0.46
0.6	117.0	6.05	0.58
0.8	33.63	3.155	0.43



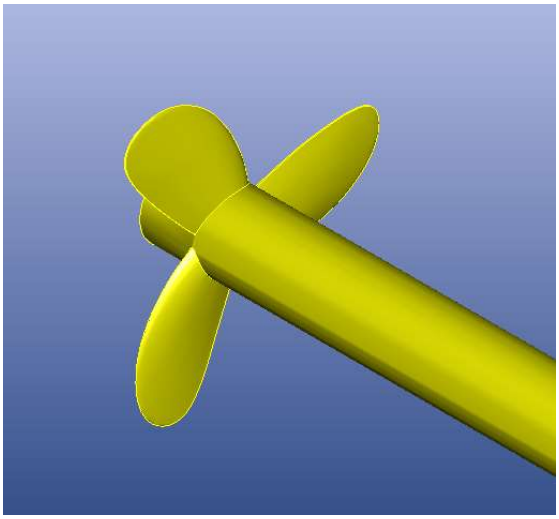
Gambar 4. 2 Karakteristik *Open Water Test Propeller B3-35* dengan *Rake* 15 derajat

4.3 Model *Propeller* Sudut *Rake 0*

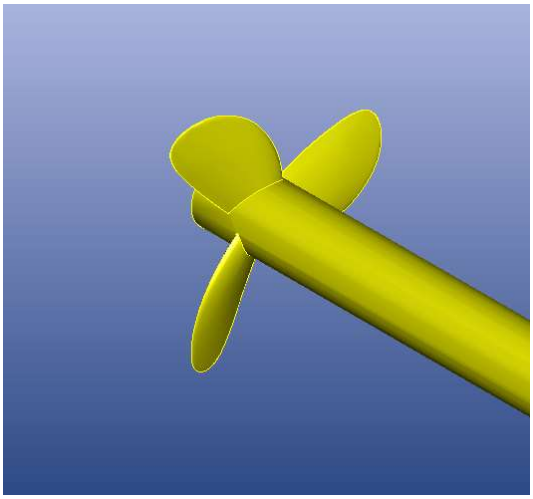
Terdapat tiga variasi model *propeller rake 0* pada penelitian ini, di mana ketiga model tersebut memiliki perbedaan pada nilai *pitch angle*. Berikut adalah data *propeller* tersebut.

Tabel 4. 3 Variasi Model Propeller B3-35 *Rake 0*

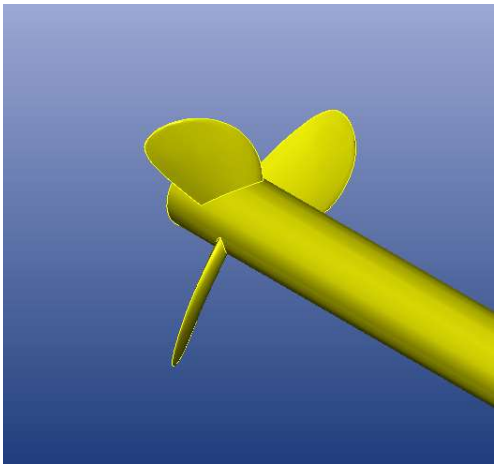
Nama *Propeller*	*Propeller Type*	*Pitch Angle*
X0	B3-35	0
X15	B3-35	15
X30	B3-35	30



Gambar 4. 3 *Propeller* B3-35 *rake 0* dengan *pitch angle* 0 (Model X0)



Gambar 4. 4 *Propeller* B3-35 *rake 0* dengan *pitch angle* 15 (Model X15)



Gambar 4. 5 *Propeller* B3-35 *rake 0* dengan *pitch angle* 30 (Model X30)

4.4 Analisa *Propeller Open Water Test* pada B3-35 dengan *rake 0*

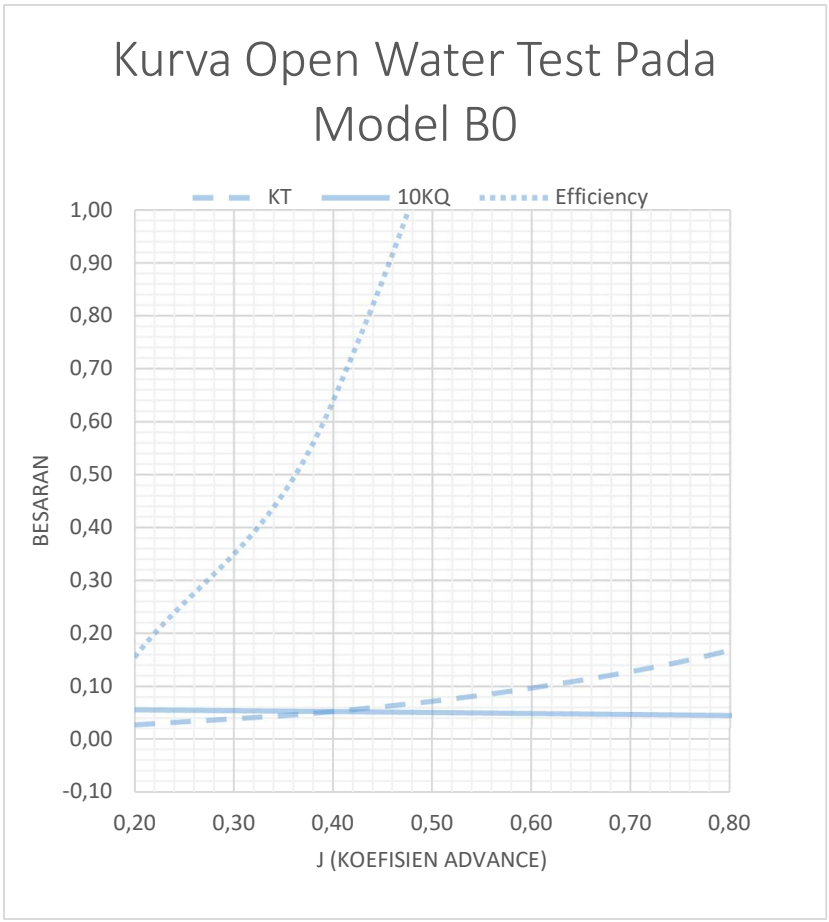
4.4.1 *Propeller Open Water Test* pada model X0

Untuk mengetahui *thrust* dan *torque propeller* B3-35 dengan *rake 0*, maka dilakukan *open water test* dengan aplikasi *NUMECA FineMarine*. Setelah dilakukan *computational fluid dynamics,* maka dihasilkan data sebagai berikut

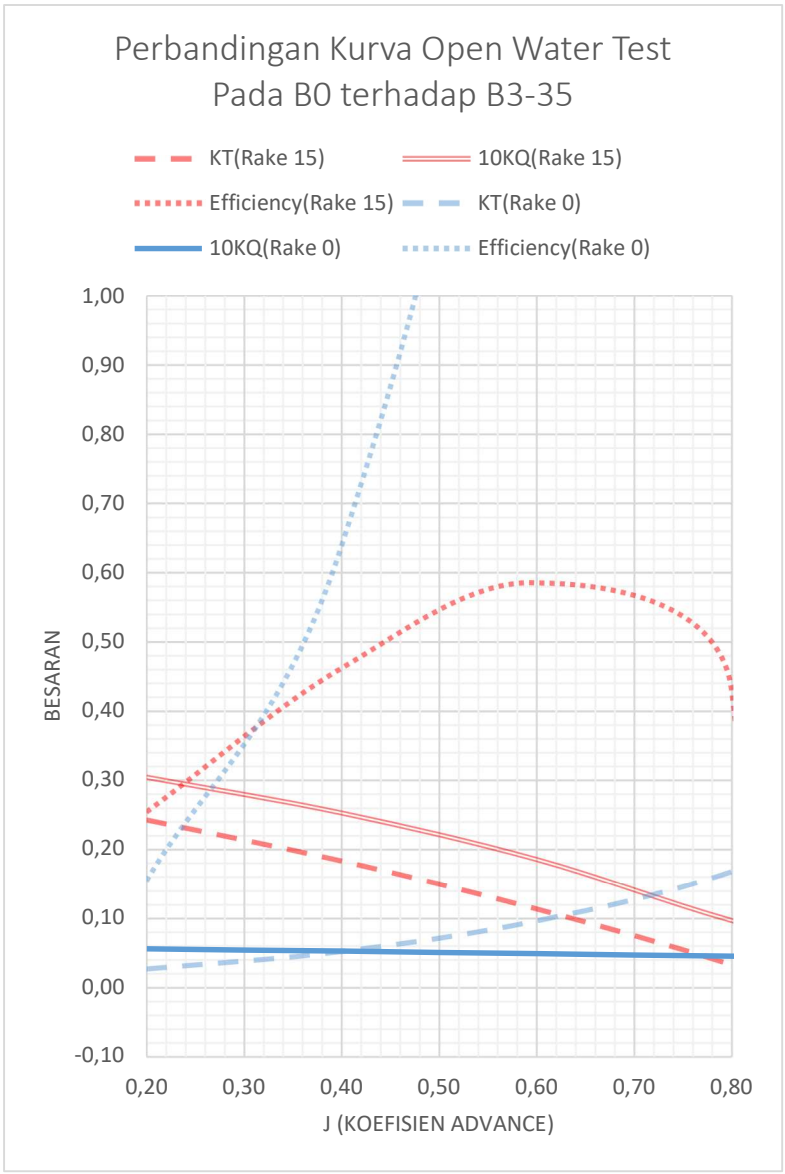
Tabel 4. 4 Hasil Analisa Model X0 terhadap Model Rake 15

T (N)	Q (Nm)	ηo	KT	10KQ
-27,40	1,79	0,15	-0,03	0,05
-53,40	1,69	0,64	-0,05	0,05
-99,037	1,5686	1,91	-0,096	0,048
-172,64	1,445	4,82	-0,167	0,044

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pada *rake* 0 dan *pitch angle* 0, nilai *thrust, torque,* dan efisiensi mengalami perubahan. Pada J 0.2 dihasilkan thrust sebesar -27.40 N, *torque* sebesar 1,79 N.m, dan efisiensi sebesar 0.15. Pada J 0.4 dihasilkan *thrust* sebesar -53.40 N, *torque* sebesar 1.69 N.m, dan efisiensi sebesar 0.64. Pada J 0.6 dihasilkan *thrust* sebesar -99.037 N, *Torque* sebesar 1.5686 N.m, dan efisiensi sebesar 1.9098. Pada J 0.8 dihasilkan nilai *thrust* sebesar -172.64 N, *Torque* sebesar 1.445 N.m, dan efisiensi sebesar 4.82.



Gambar 4. 6 Kurva *Open Water Test* Model X0



Gambar 4. 7 Perbandingan Kurva Open Water Test X0 terhadap model A

Dari gambar 4.7 Dapat dilihat bahwa pada J 0.2, KT menurun dari 0.24 pada *rake* 15 menjadi -0.03 pada *propeller* X0. Pada J 0.4, nilai KT menurun dari 0.18 pada model A menjadi -0.05 pada model X0. Pada J 0.6 nilai KT menurun dari 0.11 pada model A menjadi -0.096 pada model X0. Pada J 0.8 nilai KT menurun dari 0.03 pada model A menjadi -0.167 pada model X0.

Untuk nilai 10KQ, pada J 0.2 nilai 10KQ menurun dari 0.3 pada model A menjadi 0.05 pada model X0. Pada J 0.4 nilai 10KQ menurun dari 0.25 pada model A menjadi 0.05 pada model X0. Pada J 0.6 nilai 10KQ menurun dari 0.19 pada model A menjadi 0.048062 pada model X0. Pada J 0.8 nilai 10KQ menurun dari 0.10 pada model A menjadi 0.044275 pada model X0

Untuk nilai efisiensi (ηo), pada J 0.2 nilai efisiensi meningkat dari 0.25 pada model A menjadi 0.15 pada model X0. Pada J 0.4 nilai efisiensi meningkat dari 0.46 pada model A menjadi 0.64 pada model X0. Pada J 0.6 nilai efisiensi meningkat dari 0.58 pada model A menjadi 1.9098 pada model X0. Pada J 0.8 nilai efisiensi meninkat dari 0.43 pada model A menjadi 4.81853 pada model X0

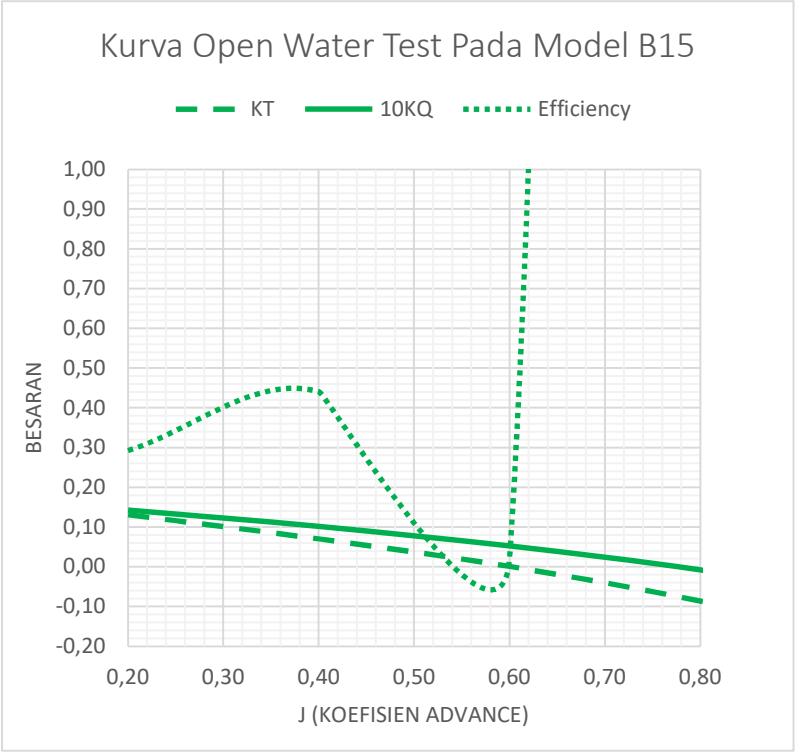
4.4.2 *Propeller Open Water Test* pada model X15

Tabel 4. 5 Hasil Analisa Model X15 terhadap Model A

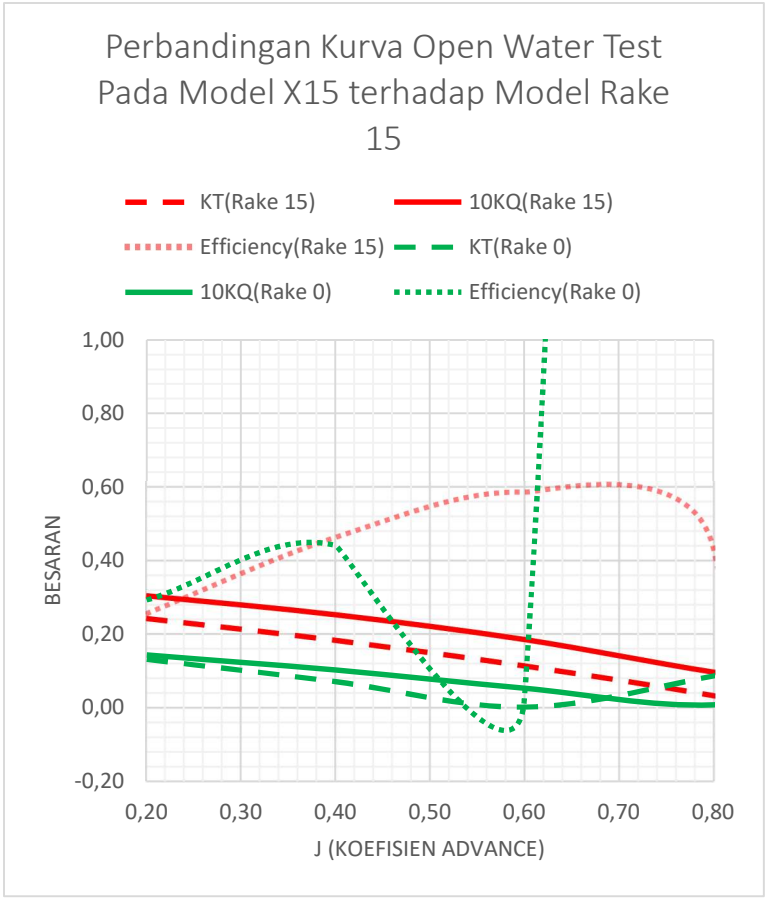
Model X15				
T (N)	Q (Nm)	ηo	KT	10KQ
135,46	4,67	0,29	0,13	0,14
72,78	3,33	0,44	0,07	0,10
1,27	1,72	0,02	0,00	0,05
-88,50	0,24	14,87	0,09	0,01

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa pada model X15, nilai *thrust, torque,* dan efisiensi mengalami penurunan. Pada J 0.2 dihasilkan thrust sebesar

135.46 N, *torque* sebesar 4.67 N.m, dan efisiensi sebesar 0.29. Pada J 0.4 dihasilkan *thrust* sebesar 72.78, *torque* sebesar 3.37 N.m, dan efisiensi sebesar 0.44. Pada J 0.6 dihasilkan *thrust* sebesar 1.27 N, *Torque* sebesar 1.72 N.m, dan efisiensi sebesar 0.02. Pada J 0.8 dihasilkan nilai *thrust* sebesar -88.50 N, *Torque* sebesar -0.24 N.m, dan efisiensi sebesar 15.



Gambar 4. 8 Kurva *Open Water Test* Model X15



Gambar 4. 9 Perbandingan Kurva *Open Water Test* Model X15 terhadap model Rake 15

Dari gambar 4.9 Dapat dilihat bahwa pada J 0.2, KT menurun dari 0.24 pada Model A menjadi 0.13 pada *propeller* X15. Pada J 0.4, nilai KT menurun dari 0.18 pada model A menjadi 0.07 pada model X15. Pada J 0.6 nilai KT menurun dari 0.11 pada model A menjadi 0.0012 pada model X15. Pada J 0.8 nilai KT naik dari 0.03 pada model A menjadi 0.09 pada model X15.

Untuk nilai 10KQ, pada J 0.2 nilai 10KQ menurun dari 0.3 pada model A menjadi 0.14 pada model X15. Pada J 0.4 nilai 10KQ menurun dari

0.25 pada model A menjadi 0.10 pada model X15. Pada J 0.6 nilai 10KQ menurun dari 0.19 pada model A menjadi 0.05 pada model X0. Pada J 0.8 nilai 10KQ menurun dari 0.10 pada model A menjadi -0.01 pada model X15.

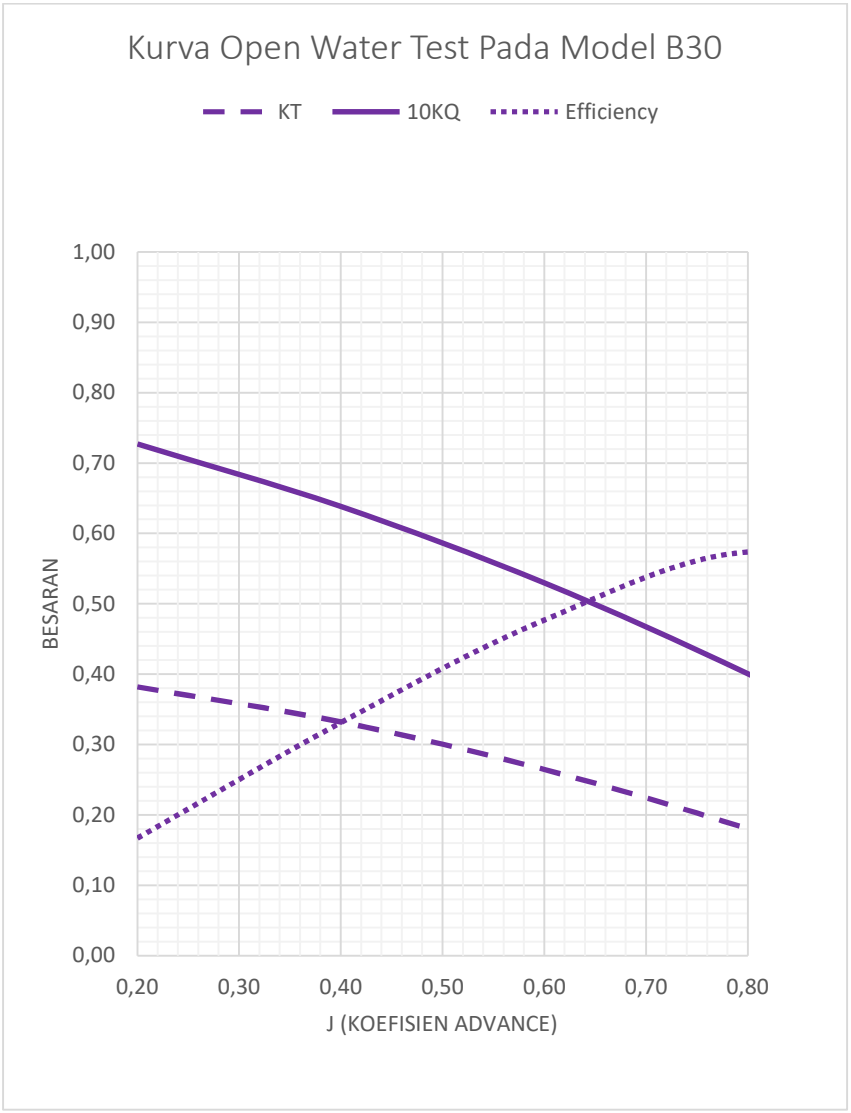
Untuk nilai efisiensi (ηo), pada J 0.2 nilai efisiensi meningkat dari 0.25 pada model A menjadi 0.29 pada model X15. Pada J 0.4 nilai efisiensi menurun dari 0.46 pada model A menjadi -0.44 pada model X15. Pada J 0.6 nilai efisiensi menurun dari 0.58 pada model A menjadi 0.02 pada model X15. Pada J 0.8 nilai efisiensi meningkat dari 0.43 pada model A menjadi 15 pada model X15

4.4.3 *Propeller Open Water Test* pada model X30

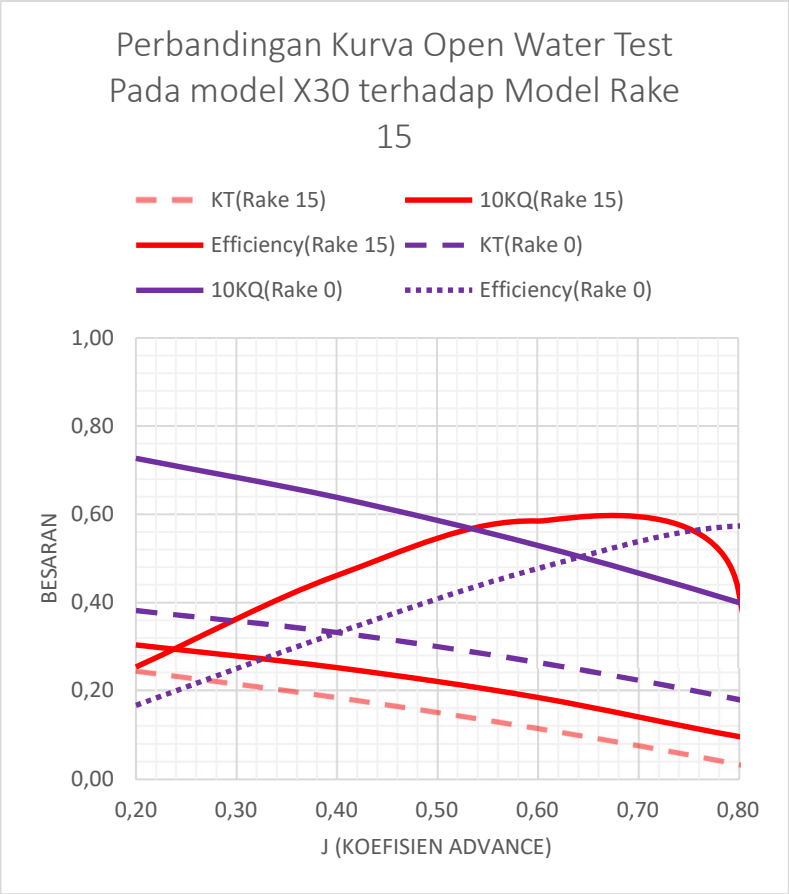
Tabel 4. 6 Hasil Analisa Model X30 terhadap Model A

Model X30				
T (N)	Q (Nm)	ηo	KT	10KQ
393,86	23,74	0,167	0,382	0,727
342,64	20,84	0,331	0,332	0,638
272,93	17,3	0,477	0,264	0,530
186,077	13,08	0,573	0,180	0,400

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa pada model X30, nilai *thrust, torque,* dan efisiensi mengalami kenaikan. Pada J 0.2 dihasilkan thrust sebesar 393.86 N, *torque* sebesar 23.74 N.m, dan efisiensi sebesar 0.17. Pada J 0.4 dihasilkan *thrust* sebesar 342.64 N, *torque* sebesar 20.84 N.m, dan efisiensi sebesar 0.33. Pada J 0.6 dihasilkan *thrust* sebesar 272.93 N, *Torque* sebesar 17.30 N.m, dan efisiensi sebesar 0.48. Pada J 0.8 dihasilkan nilai *thrust* sebesar 186.08 N, *Torque* sebesar 13.08 N.m, dan efisiensi sebesar 0.57.



Gambar 4. 10 Kurva *Open Water Test* Model X30



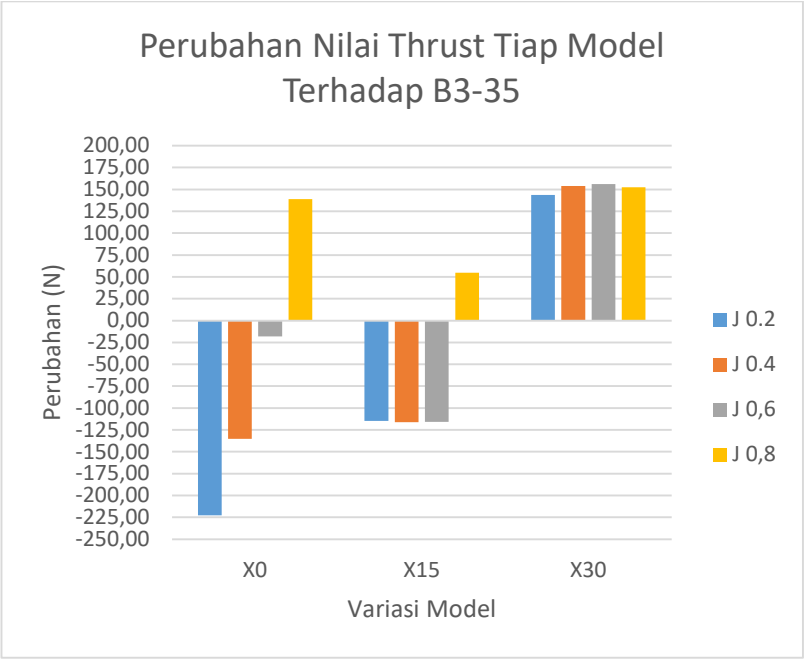
Gambar 4. 11 Perbandingan Kurva *Open Water Test* Model B3-terhadap Model Rake 15

Dari gambar 4.11 Dapat dilihat bahwa pada J 0.2, KT meningkat dari 0.24 pada Model A menjadi 0.38 pada *propeller* X30. Pada J 0.4, nilai KT meningkat dari 0.18 pada model A menjadi 0.33 pada model X30. Pada J 0.6 nilai KT meningkat dari 0.11 pada model A menjadi 0.26 pada model X30. Pada J 0.8 nilai KT menurun dari 0.03 pada model A menjadi 0.18 pada model X30.

Untuk nilai 10KQ, pada J 0.2 nilai 10KQ meningkat dari 0.3 pada model A menjadi 0.73 pada model X30. Pada J 0.4 nilai 10KQ meningkat dari

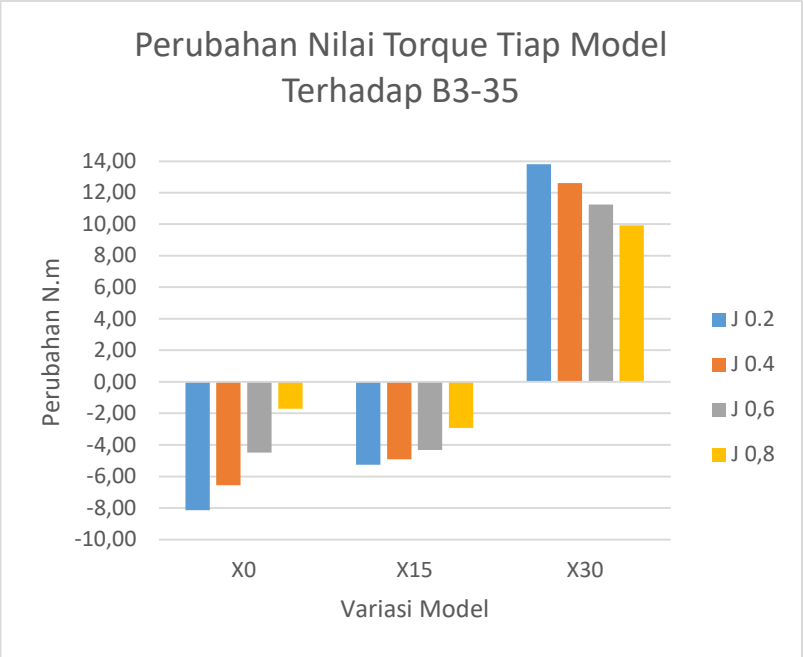
0.25 pada model A menjadi 0.64 pada model X30. Pada J 0.6 nilai 10KQ meningkat dari 0.19 pada model A menjadi 0.53 pada model X30. Pada J 0.8 nilai 10KQ menurun dari 0.10 pada model A menjadi 0.40 pada model X30.

Untuk nilai efisiensi (ηo), pada J 0.2 nilai efisiensi menurun dari 0.25 pada model A menjadi 0.17 pada model X30. Pada J 0.4 nilai efisiensi menurun dari 0.46 pada model A menjadi -0.33 pada model X30. Pada J 0.6 nilai efisiensi menurun dari 0.58 pada model A menjadi 0.48 pada model X30. Pada J 0.8 nilai efisiensi meningkat dari 0.43 pada model A menjadi 0.57 pada model X30.



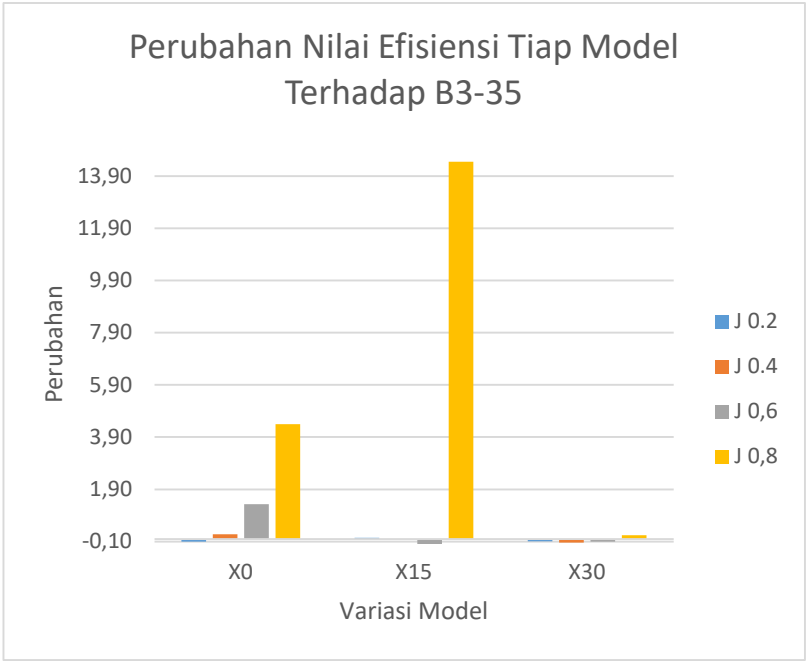
Gambar 4. 12 Perubahan Nilai *Thrust*

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa perubahan *thrust* pada *propeller* wageningen B3-35 setelah penggantian menjadi *rake* 0 dengan *pitch angle* yang berbeda menghasilkan *thrust* yang fluktuatif antar model.



Gambar 4. 13 Perubahan nilai *Torque*

Dari gambar 4.13 dapat dilihat bahwa perubahan torque pada *propeller* wageningen B3-35 setelah penggantian menjadi *rake* 0 dengan *pitch angle* yang berbeda menghasilkan *torque* yang fluktuatif antar model.



Gambar 4. 14 Perubahan nilai Efisiensi

Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa perubahan efisiensi pada *propeller* wageningen B3-35 setelah penggantian menjadi *rake* 0 dengan *pitch angle* yang berbeda menghasilkan *efisiensi* yang fluktuatif antar model.

Tabel 4. 7 Rata – Rata Perbedaan *Thrust, Torque,* dan Efisiensi antar model terhadap model A

Model	Thrust (N)	Torque (N.m)	Efisiensi
X0	-59,26	-5,22	1,45
X15	-72,88	-4,36	3,47
X30	151,50	11.90	-0,05

Merujuk pada tabel 4.7, terjadi perubahan nilai *thrust, torsi,* dan efisiensi yang signifikan. Pada model X0, terjadi penurunan pada nilai *thrust, torsi,* dan efisiensi. Nilai *thrust* menunjukkan nilai yang negatif. Hal ini disebabkan karena putaran *propeller* yang terbalik saat dialiri oleh fluida.

Pada model X0, rata – rata perubahan nilai *thrust* adalah sebesar –59.26 N, dan *torque* sebesar –5.22 N.m. Nilai *thrust* dan *torque* menurun jika dibandingkan dengan B3-35 Rake 15.

Pada model X15, rata – rata perubahan nilai *thrust* adalah sebesar –72.88 N, dan *torque* sebesar –4.36 N.m. Nilai *thrust* dan *torque* menurun jika dibandingkan dengan B3-35 Rake 15. Nilai perubahan rata – rata efisiensi adalah 1.45. Nilai efisiensi rata – rata di atas 1 disebabkan pada J 0.8, nilai efisiensi yang dihasilkan dari simulasi yaitu 14.87 pada J 0.8. Hal ini terjadi karena nilai *Thrust* yang semakin besar dan nilai *Torque* yang semakin kecil..

Pada model X30, terjadi rata -rata peningkatan pada nilai *thrust* sebesar 151.50 N, dan *torque* sebesar 11.90 N.m, sedangkan terjadi rata – rata penurunan efisiensi sebesar 0.05 dibandingkan dengan Propeller Rake 15.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Perubahan pada sudut *rake* dapat memberikan pengaruh terhadap besarnya nilai *thrust, torque,* dan efisiensi. Pada model X0 terjadi penurunan rata - rata nilai *thrust* sebesar 59.26 N, torque 5.22 N.m dan efisiensi sebesar 1.45. Pada model X15 terjadi penurunan rata – rata nilai *thrust* sebesar -72.88 N, *torque* sebesar 4.36 N.m, dan efisiensi meningkat sebesar 3.47. Peningkatan rata – rata nilai efisiensi disebabkan oleh nilai efisiensi yang tinggi pada variasi J 0.8. Pada model X30 terjadi peningkatan rata – rata nilai *thrust* sebesar 151.50 N, *torque* sebesar 11.90 N.m dan penurunan rata – rata efisiensi sebesar 0.05.

2. Sudut *pitch* yang paling optimal untuk pembuatan CPP B3-35 adalah model X30 dengan perbedaan rata – rata *thrust* sebesar 151.5 N, *torque* sebesar 11.9 N.m, dan efisiensi sebesar 4.5%.

5.2 Saran

Berdasarkan simulasi dan analisa data yang telah dilakukan pada penelitian ini, penulis menyarankan untuk:

1. Melakukan eksperimen *propeller open water test*.
   Saran tersebut berguna untuk validasi hasil simulasi yang lebih akurat mengenai *propeller*.
2. Melakukan simulasi menggunakan model yang lebih rinci terutama pada bagian *root* daun *propeller.*
3. Melakukan simulasi menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi karena dibutuhkan waktu yang lama dan penyimpanan yang besar untuk mendapatkan data dari simulasi.

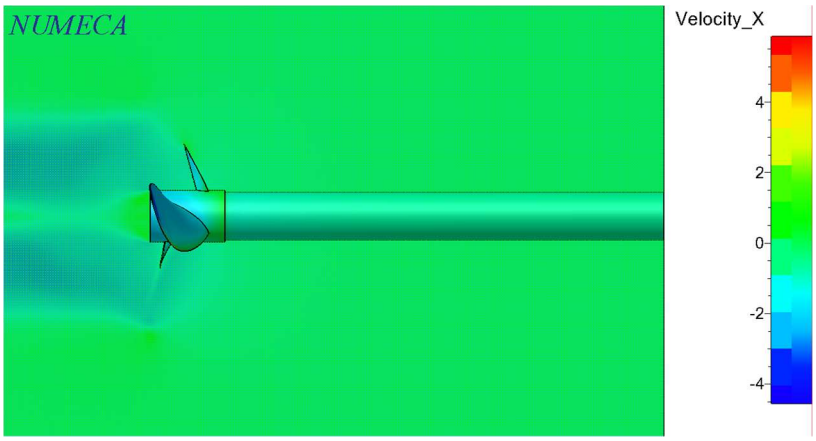
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

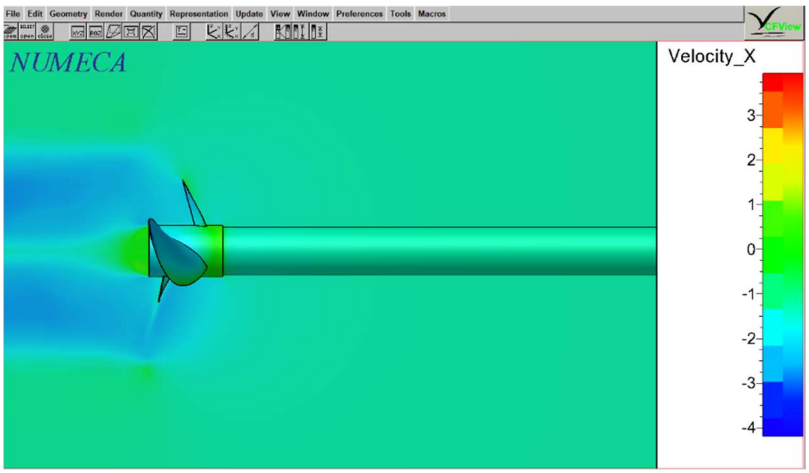
1. *Propeller* Model A

   a. Aliran

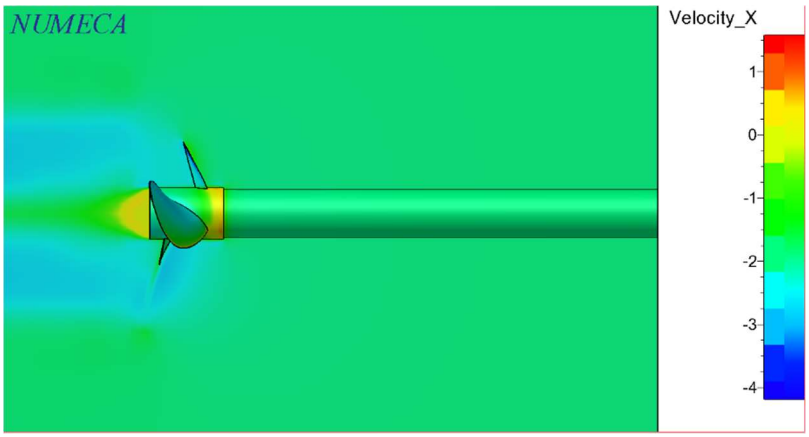
- Aliran J.02



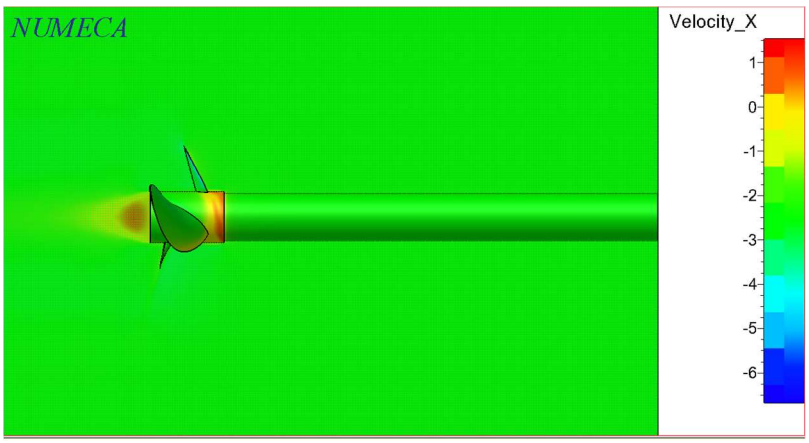
- Aliran J 0.4



- Aliran J 0.6

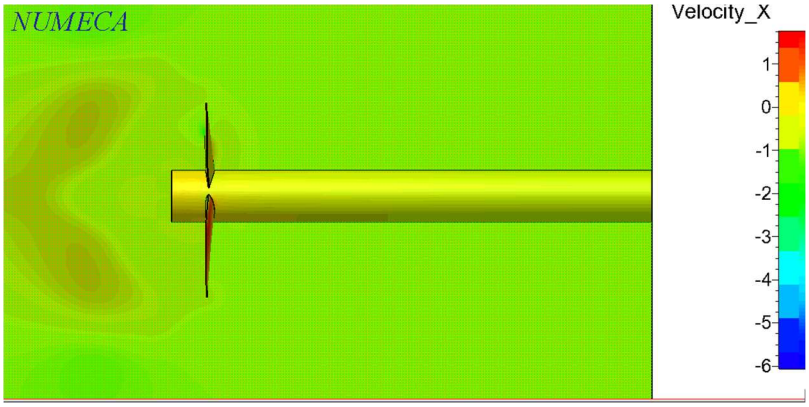


- Aliran J 0.8

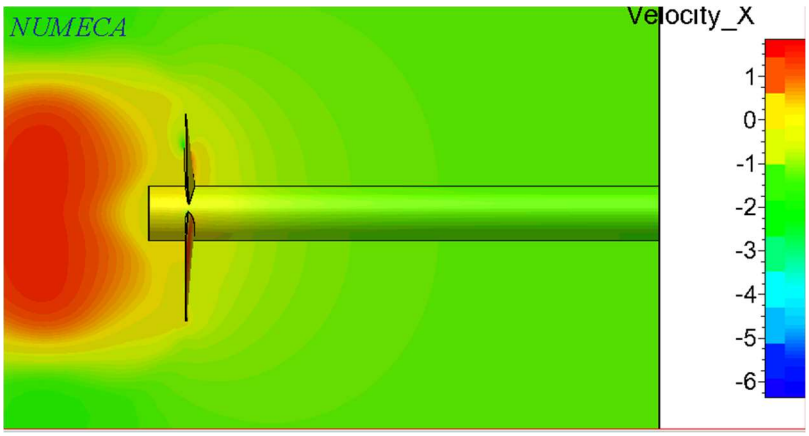


2. *Propeller model X0*

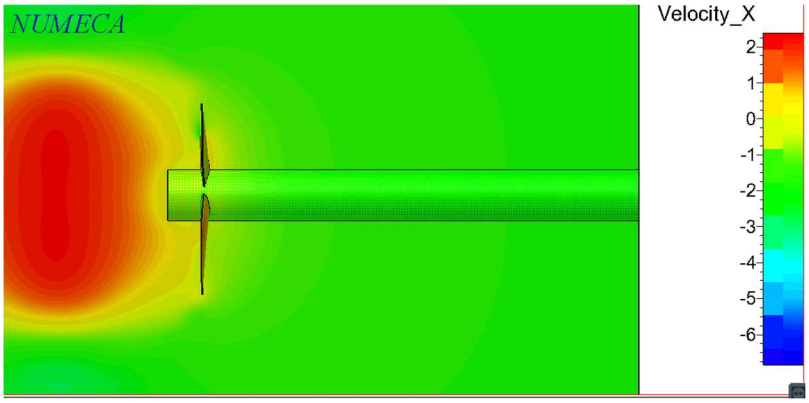
- Aliran J 0.2



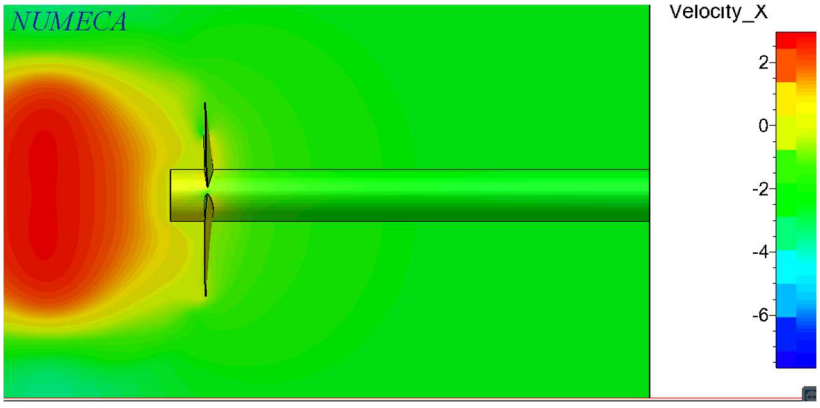
- Aliran J 0.4



- Aliran J 0.6

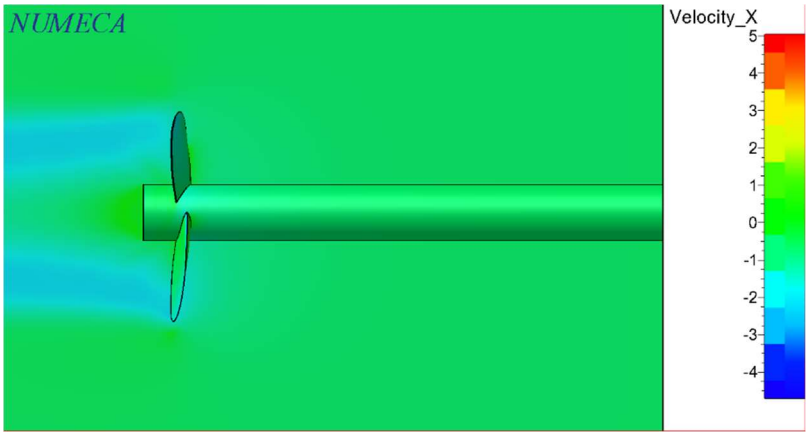


- Aliran J 0.8

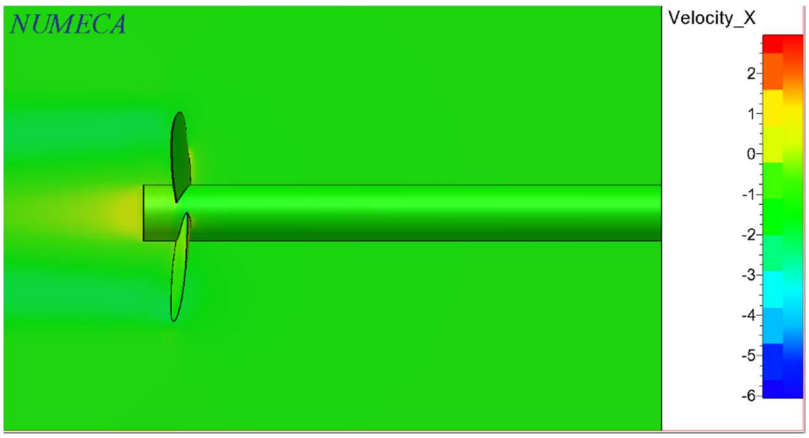


3. Model X15

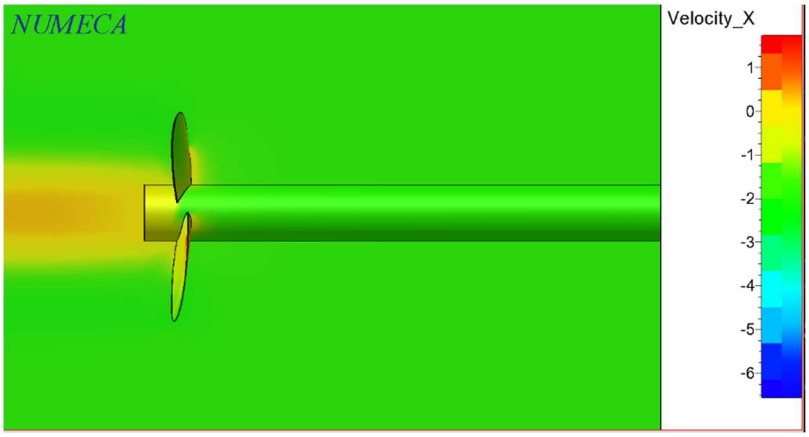
- Aliran J 0.2



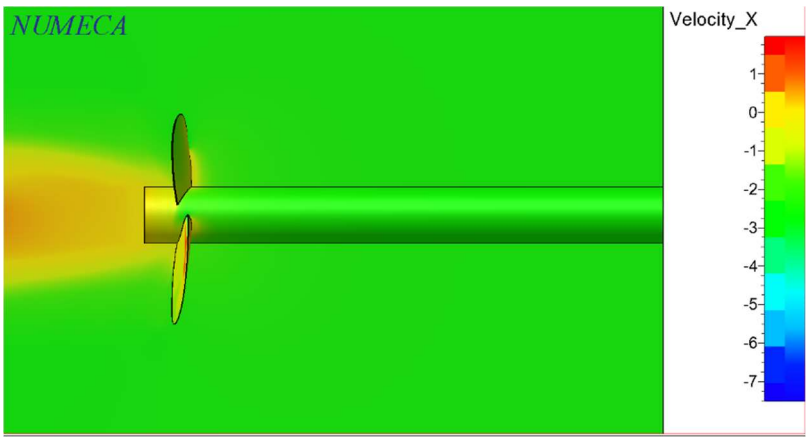
- Aliran J 0.4



- Aliran J 0.6

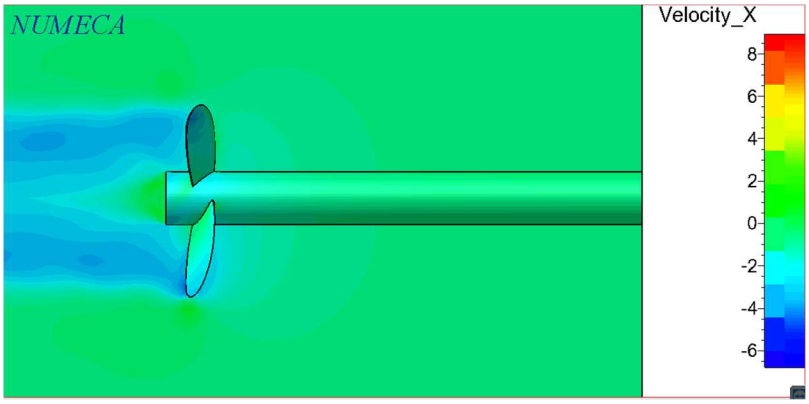


- Aliran J 0.8

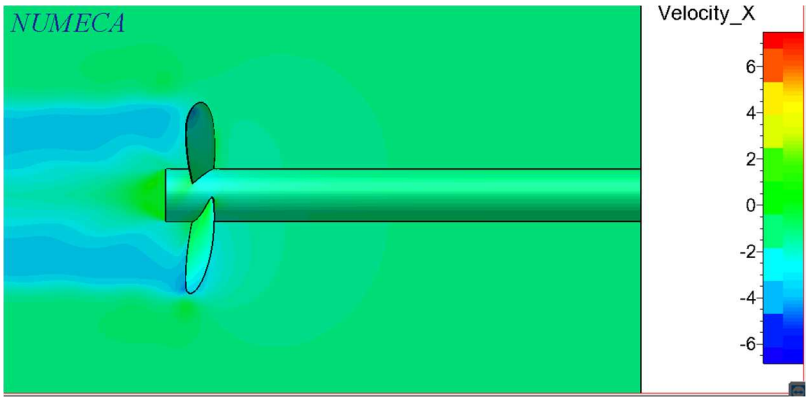


4. Model X30

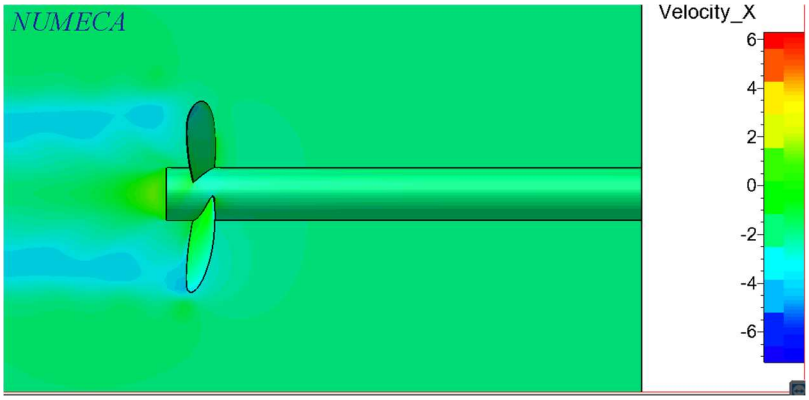
- Aliran J 0.2



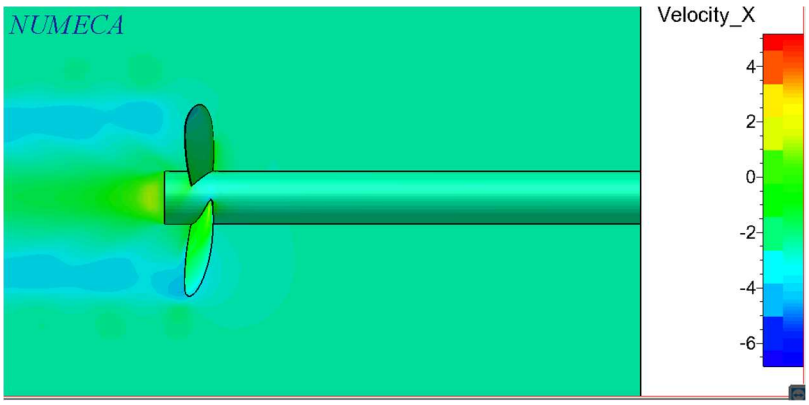
- Aliran J 0.4



- Aliran J 0.6



- Aliran J 0.8



DAFTAR PUSTAKA

Abidin, 2011. Analisa Performance Propeller B-Series dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing, Surabaya:Departemen Teknik SIstem Perkapalan ITS

Barnitsas, M.M. & Ray, D. & Kinley, P.. (2012). Kt, Kq and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers.

Carlton, J., 2007. *MARINE PROPELLERS AND PROPULSION*. Second ed. Great Britain: Elsevier Ltd..

Fikry, I., 2019. *ANALISA PENGARUH PERUBAHAN SPAN TO CHORD RATIO PROPELLER BOSS CAP FINS PADA PROPELLER WAGENINGEN SERIES C4-40 DENGAN METODE CFD,* Surabaya: Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS.

Hayati, 2011. A study on the effect of the rake angle on the performance of marine propellers, Tehran: Department of Mechanical Engineering Tootsi University

Kuiper, G., 1992. *THE WAGENINGEN PROPELLER SERIES*. Netherlands: MARIN Publication.

Nanda, M. I., 2019. *ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT SKEW PROPELLER B-SERIES TERHADAP PERFORMA DAN KAVITASI MENGGUNAKAN METODE CFD.* Surabaya: Departemen Teknik Sistem Perkapalan - ITS.

Oloan, A. F. N., 2018. *Analisa Pengaruh Penambahan Boss Cap Fins pada Propeller B-Series dengan Pendekatan Metode CFD,* Surabaya: Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS.

P. Prasad, "DESIGN AND ANALYSIS OF THE PROPELER BLADE," 2017.

S. H. Ismail, Perancangan Program Pemilihan Propeller Jenis Wageningen B Series Berbasis Efisiensi, Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS, 2010.

W. C. Ati, “Analisa Pengaruh Variasi Sudut Rake Propeller B - Series terhadap Distribusi Fluida dengan Metode CFD,” *Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.

BIODATA PENELITI

Penulis bernama lengkap Aldy Andana Haris. Lahir di Bondowoso pada tanggal 22 Desember 1997. Penulis adalah anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SDN 01 Kotakulon Bondowoso, SMPN 01 Bondowoso, SMAN 02 Bondowoso dan S1 Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS. Selama masa studi, penulis adalah anggota organisasi HIMASISKAL FTK-ITS, dan adalah anggota dari Laboratorium Perancangan dan Manufaktur atau MMD. Penulis dapat dihubungi melalui surel : aldyandanah@gmail.com