



TUGAS AKHIR - ME184834

ANALISA PERFORMANCE *SYMMETRICAL* *BLADE PROPELLER* UNTUK KAPAL JALAPATIH 3 MENGGUNAKAN CFD

ABDI SAUQI AKRAM
NRP. 0421164000037

Dosen Pembimbing
Edi Jadmiko, S.T., M.T.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



BACHELOR THESIS - ME184834

**ANALYSIS SYMMETRICAL BLADE
PROPELLER PERFORMANCE FOR
JALAPATIH 3 SHIP USING CFD**

ABDI SAUQI AKRAM
NRP. 0421164000037

SUPERVISOR
Edi Jadmiko, S.T., M.T.
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERFORMANCE *SYMMETRICAL BLADE PROPELLER*
UNTUK KAPAL JALAPATIH 3 MENGGUNAKAN 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

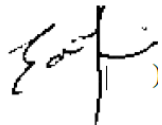
Oleh:

Abdi Sauqi Akram
NRP. 04211640000037

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Edi Jadmiko, S.T., M.T.

NIP. 197807062008011012

()

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT

NIP. 195904101987011001

()

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA *PERFORMANCE SYMMETRICAL BLADE PROPELLER* UNTUK KAPAL JALAPATIH 3 MENGGUNAKAN 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:

Abdi Sauqi Akram

NRP. 0421164000037



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

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA PERFORMANCE SYMMETRICAL BLADE PROPELLER UNTUK KAPAL JALAPATIH 3 MENGUNAKAN CFD

Nama mahasiswa : Abdi Sauqi Akram
NRP : 04211640000037
Pembimbing : 1. Edy Jadmiko, S.T., M.T
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M. MT.

ABSTRAK

Solar Sport One merupakan sebuah perlombaan bergengsi yang diadakan setiap tahun di belanda. Kompetisi ini berfokus pada inovasi, teknologi, dan energi berkelanjutan. Berdasarkan pengalaman /keikutsertaan Tim *Marine Solar Boat* (MSBT) ITS pada ajang *Solar Sport One* 2018 yang menggunakan kapal Jalapatih 3, maka dilakukan riset pada sistem propulsi terutama *propeller* untuk di gunakan pada ajang *Solar Sport One* berikutnya.. Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian dengan menggunakan program *opensource* bernama Openprop untuk merancang sebuah propeller dengan menggunakan perhitungan numerik untuk kapal jalapatih 3. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, dimana tahap awal kita mendesain dan menghitung secara numerik menggunakan Openprop dan membandingkan hasil perhitungan dengan hasil simulasi CFD sebagai *Analisa Performance* dari propeller yang ditentukan. Dari sebuah model *propeller* yang sudah didesain, *symmetrical blade propeller* belum mampu mendorong kapal Jalapatih 3 pada kecepatan 16 knot dan hasil dari perbandingan, didapat selisih nilai *Thrust* $J = 1,4$ sebesar 22,063 N sedangkan nilai *Torque* memiliki selisih sebesar 2,35 Nm.

Kata kunci: *Propeller, Jalapatih 3, Solar Sport One, CFD*

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS SYMMETRICAL BLADE PROPELLER PERFORMANCE FOR JALAPATIH 3 SHIP USING CFD

Nama mahasiswa : Abdi Sauqi Akram
NRP : 04211640000037
Pembimbing : 1. Edy Jadmiko, S.T., M.T
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M. MT.

ABSTRACT

Solar Sport One is a prestigious competition held annually in the Netherlands. The competition focuses on innovation, technology, and sustainable energy. Based on the experience/participation of Marine Solar Boat Team (MSBT) ITS in Event Solar Sport One 2018 using Jalapatih 3 vessel, then researched the propulsion system especially propeller for use in the next Solar Sport One event. On this final task is done research using an opensource program called Openprop to design a propeller using numerical calculations for the ship Jalapatih 3. The research is conducted in several phases, where our initial stage of designing and counting numerically uses Openprop and comparing the calculation results with CFD simulation results as Performance analysis of the selected propeller. From a propeller model that has been designed, Fortescue Blade Propeller has not been able to push the ship Jalapatih 3 at 16 knots and the result of the comparison, gained the difference of Thrust $J = 1.4$ of 22.063 N while Torque value has a difference of 2.35 Nm.

Keywords: Propeller, Jalapatih 3, Solar Sport One, CFD

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad Shalallaahu 'Alaihi Wasallam sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan laoran tugas akhir ini yang berjudul “ANALISA PERFORMANCE *SYMMETRICAL BLADE PROPELLER* UNTUK KAPAL JALAPATIH 3 MENGGUNAKAN CFD”

Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana dari Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis juga menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Nursidah dan Bapak Adisar Kesuma yang telah susah payah merawat, membesarkan, mendidik serta selalu mendoakan penulis dengan selalu memberikan dukungan setiap saat.
2. Ranti dan Rafitah yang selalu membantu dan memberikan penulis motivasi semangat belajar.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan sekaligus dosen wali penulis.
4. Bapak Edi Jadmiko, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu membimbing dan memberi arahan hingga selesainya Tugas akhir ini.
5. teman sehidup semati, teguh dan salsa yang selalu mensupport dari awal sampai akhir.
6. Seluruh staff dan member Laboratorium marine Manufacturing and Design (MMD) yang telah membantu dan menemani penulis selama mengerjakan tugas akhir
7. Sahabat – sahabat MOM tercinta, Dwicky, Teguh, Rifqi, Ihsan
8. Kakak senior, mas Jangka yang memperkenalkan aplikasi Openprop.
9. Teman-teman angkatan Voyage`16 yang telah berjuang bersama-sama selama 4 tahun kuliah di Teknik Sistem Perkapalan.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu - persatu

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Namun, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat

memberikan manfaat kepada semua kalangan dan menjadi ilmu yang berkah dunia dan akhirat. Mohon maaf atas segala kekhilafan.

Surabaya, 26 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACK.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Kontribusi	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian <i>Propeller</i>	5
2.2 Geometri Propeller	5
2.3 <i>OPENPROP V3.3.4</i>	7
2.4 Faktor-Faktor pemilihan <i>Propeller</i>	8
2.4.1 Diameter Propeller	8
2.4.2 Jumlah Blade Propeller	9
2.4.3 Kecepatan Rotasi Propeller	9
2.4.4 <i>Pitch Propeller</i>	9
2.5 Performance <i>Propeller</i>	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	11
3.2 Studi Literatur	11
3.3 Pengumpulan Data	11

3.4	Analisa dan Pembahasan	11
3.5	Pengambilan Kesimpulan.....	12
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		15
4.1	Data Utama.....	15
4.2	Analisa Perhitungan Numerik	20
4.3	Pembuatan 3D Model.....	23
4.4	Performance <i>Propeller</i>	24
4.5	Validasi Model	25
4.6	Pembahasan	26
4.7	Kesimpulan.....	31
4.8	Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....		33
LAMPIRAN		35
BIODATA PENULIS.....		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Geometri <i>Propeller</i>	5
Gambar 2.2 OPENPROP V3.3.4.....	7
Gambar 2.3 Hasil dari perhitungan OpenProp	8
Gambar 3.1 Diagram Metodologi Penelitian	13
Gambar 4.1 Gambar Rencana Garis Jalapatih 3	15
Gambar 4.2 Aliran gelombang pada tampak samping kapal	18
Gambar 4.3 Aliran gelombang pada tampak depan kapal	18
Gambar 4.4 Aliran gelombang pada tampak belakang kapal.....	19
Gambar 4.5 Aliran Gelombang pada tampak atas kapal	19
Gambar 4.6 Data hasil perhitungan dengan Openprop	21
Gambar 4.7 Diagram Open Water hasil hasil Openprop	22
Gambar 4.8 Gambar 2D daun Symmetrical blade propeller	23
Gambar 4.9 Hasil 3D Model	24
Gambar 4.10 Diagram Open Water Hasil Simulasi CFD	27
Gambar 4.11 Diagram Open Water Hasil Openprop	27
Gambar 4.12 Hasil penggabungan diagram Open Water.....	28

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar Utama Jalapatih 3	12
Tabel 4.2 Nilai <i>wake fraction</i> dan <i>thrust deduction factor</i>	12
Tabel 4.3 Hasil simulasi tahanan kapal Jalapatih 3.....	12
Tabel 4.4 Hasil Simulasi CFD	12
Tabel 4.5 Perbandingan hasil KT Openprop dan Simulasi CFD	12
Tabel 4.6 Perbandingan hasil 10KQ Openprop dan simulasi CFD	12
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Effisiensi Openprop dan simulasi CFD	12
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Thrust	12
Tabel 4.9 Perbandingan nilai Torque	12

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Solar Sport One (SSO) adalah kompetisi bergengsi yang diadakan setiap tahun di Belanda. Kompetisi ini berfokus pada inovasi, teknologi, dan energi berkelanjutan. Kompetisi ini diikuti oleh siswa dan para profesional dari seluruh dunia.

Perlombaan ini pertama kali diikuti oleh Tim *Marine Solar Boat* (MSBT) ITS pada tahun 2014 dengan menggunakan kapal Jalapatih 1. Sebagai pionir kapal bertenaga surya pertama di Indonesia, tim MSBT ITS turut aktif mengikuti perlombaan paling bergengsi ini. Inovasi terbaru dari tim MSBT ITS saat ini adalah kapal Jalapatih 3. Peringkat yang diperoleh pada perlombaan ini pada tahun 2018 adalah posisi ke 3 *Top Speed Record* SSO 2018 dengan kecepatan 23.5 km/jam. Pencapaian ini masih sangatlah jauh dibandingkan dengan tim – tim lainnya.

Berdasarkan pengalaman pada keikutsertaan tersebut, terdapat banyak evaluasi dan rencana pengembangan tim agar dapat bersaing dengan performa yang lebih baik.. hal yang perlu diperhatikan adalah pada sistem propulsi pada kapal Jalapatih yang masih kurang dalam hal riset. Terutama pada *propeller*. *Propeller* yang dimiliki oleh tim saat ini masih belum mampu mendorong kapal Jalapatih 3 pada kecepatan 30 km/jam. Parameter kecepatan tersebut merupakan kunci agar tim ITS MSBT mampu menjuarai SSO selanjutnya.

Dalam tugas akhir ini, penulis merancang dan melakukan penelitian performance dari *Symmetrical blade propeller* untuk kapal Jalapatih 3 menggunakan CFD.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang *Symmetrical Blade Propeller* untuk kapal Jalapatih 3 ?
2. Bagaimana karakteristik dari *Symmetrical Blade Propeller* menggunakan metode numerik dan CFD ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui cara merancang *symmetrical blade propeller* dengan menggunakan metode numerik
2. Mengetahui karakteristik dan performance dari *symmetrical blade propeller* menggunakan metode numerik dan metode CFD.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang *Symmetrical Blade Propeller* dengan jumlah *blade* 3
2. Diameter *Propeller* 320 mm
3. Rpm *Propeller* 1100
4. Pengujian *Propeller* bersifat *Open Water Test* menggunakan software CFD

1.5 Kontribusi

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk Tim Marine Solar Boat ITS yang menggunakan *Symmetrical Blade Propeller* ini,. Penulisan tugas akhir ini bias menjadi referensi untuk meningkatkan efisiensi sistem propulsi Jalapatih 3.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

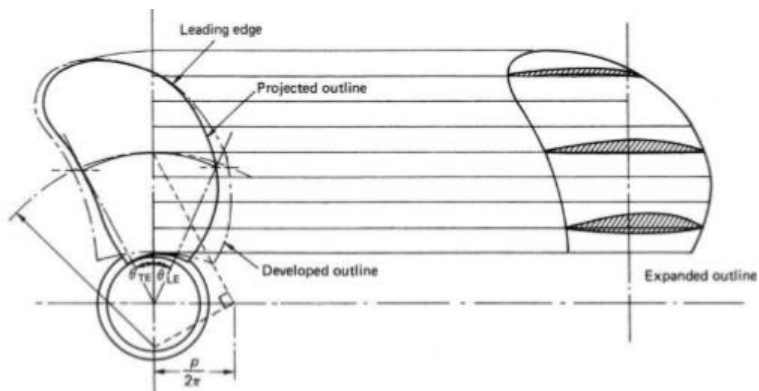
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Propeller*

Propeller merupakan suatu bagian terpenting pada sistem propulsi di kapal. Prinsip kerja dari *propeller* adalah sebagai penghasil daya dorong dengan cara memutar dan menghisap aliran fluida. Berbagai jenis *propeller* sudah dikembangkan sesuai dengan fungsi kapal. Saat ini perkembangan dari *propeller* sudah banyak diantaranya *A-series*, *B-series*, *C-series*, *K-series*, *Surface Piercing Propeller* dan sebagainya.

2.2 Geometri *Propeller*

Geometri *propeller* merupakan bagian-bagian dari *propeller* itu sendiri. Apabila geometri *propeller* terkena kerusakan, maka akan menurunkan performa *propeller* itu sendiri. Berikut ini merupakan gambar dari geometri *propeller* :



Gambar 2.1 Geometri *Propeller*

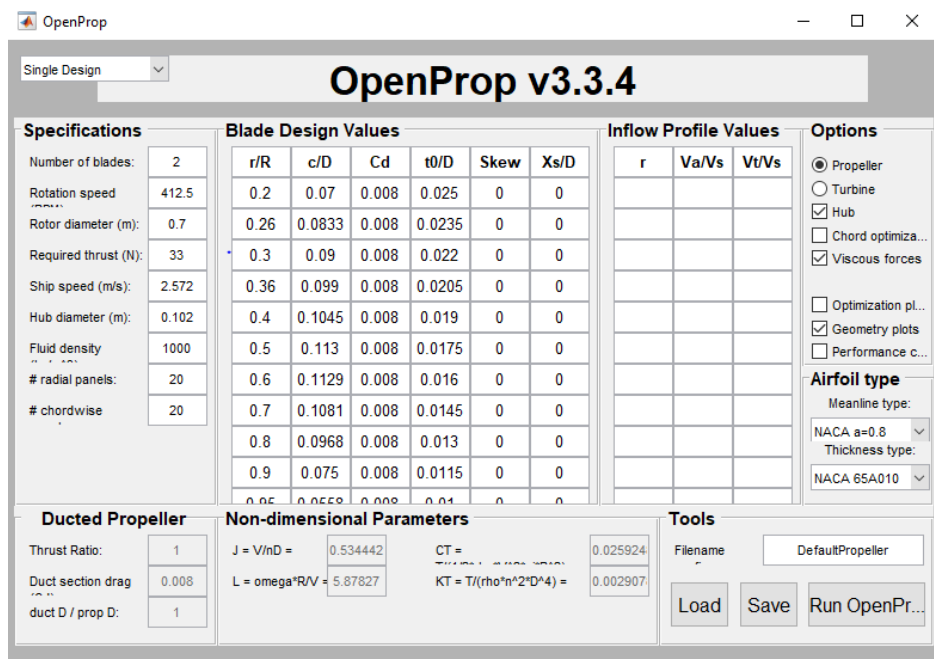
Geometri *propeller* tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Trailing edge* : tepi belakang dari sebuah foil *propeller*
2. *Leading edge* : tepi depan dari sebuah foil *propeller*
3. *Shaft* : sebuah poros untuk memutar *propeller*
4. *Cap* : penutup pada lubang *propeller* dengan poros
5. *Hub* : sebuah silinder padat yang terletak pada baling-baling serta tempat menempelnya daun *propeller*
6. *Back* : sisi pengisapan. *Back* juga permukaan daun baling baling yang menghadap ke belakang dan pada sisi-sisi nya terdapat tekanan tinggi. Pada sisi yang bertekanan tinggi memiliki permukaan berbentuk spiral (*helioidal surface*)
7. *Face* : sisi bertekanan rendah yang tidak berbentuk spiral.

2.3 OPENPROP V3.3.4

OpenProp adalah program *open source* yang dapat digunakan untuk desain, analisis, dan fabrikasi baling-baling yang dioptimalkan dan turbin sumbu horisontal.[4]

Metode numerical pada aplikasi ini menggunakan *Lifting Line Theory*. Pada penelitian ini kami menggunakan program *open source* yakni *OpenProp* ini yang dioperasikan dengan *MATLAB*.



Gambar 2.2 OPENPROP V3.3.4

Tahap ini merupakan tahap untuk menginput beberapa nilai seperti :

1. Jumlah Daun

2. Rpm
3. Diameter *Propeller*
4. Nilai *THRUST*
5. Kecepatan kapal
6. Diamater *Hub*

Setelah memasukkan nilai – nilai diatas , maka *Output* yang dihasilkan seperti gambar di bawah ini :

The screenshot displays the output of the OpenProp software. It features a central panel with a radio button selection for units, currently set to 'SI'. To the left of this panel are several input fields with their corresponding values. To the right, a list of calculated parameters is shown with their values and units.

Parameter	Value	Unit
J =	1.4011	
KT =	0.13619	
KQ =	0.036711	
EFFY =	0.8273	
ADEFFY =	0.95935	
CT =	0.17666	
CQ =	0.095237	
CP =	0.21354	
Ship speed (Vs) =	8.22	m/s
Rotation speed (N)	1100	RPM
Diameter (D) =	0.32	m
Thrust (T) =	480	N
Torque (Q) =	41.4027	Nm
Power (P) =	4769.2469	W

Gambar 2.3 Hasil dari perhitungan OpenProp

2.4 Faktor-Faktor pemilihan *Propeller*

2.4.1 Diameter *Propeller*

Diameter *propeller* akan sangat berpengaruh pada pada performa *propeller*. Diameter *propeller* yang besar akan memberikan

putaran yang lebih rendah dan mempengaruhi torsi. Akibatnya, torsi yang di perlukan juga akan lebih besar. Seperti pada persamaan di bawah ini : [4]

$$n_{design} = Va/JD \dots\dots\dots [1]$$

n : putaran *propeller* setelah EPM

Va : kecepatan aliran fluida

J : Putaran *Propeller*

D : Diameter *Propeller*

2.4.2 Jumlah Blade Propeller

Jumlah blade *propeller* sangat berpengaruh terhadap performance *propeller*. *Propeller* dengan blade sedikit memiliki efisiensi yang tinggi. Namun, juga memiliki gaya dan tekanan yang besar pada setiap blade bila dibandingkan dengan *propeller* yang memiliki blade lebih banyak.

2.4.3 Kecepatan Rotasi Propeller

Kecepatan rotasi akan mempengaruhi diameter *propeller*. Semakin besar putarannya maka akan semakin kecil pula diameter *propeller* nya. Besar nya putaran *propeller* bisa saja menurunkan efisiensi terhadap *propeller* nya.

2.4.4 Pitch Propeller

Pitch merupakan jarak translasi yang di tempuh *propeller* dalam satu kali putaran. Tiap-tiap *pitch* mempunyai pengaruh terhadap gaya dorong yang berbeda sehingga menyebabkan perubahan efisiensi dari gaya dorong. Untuk *Controllable Pitch Propeller* (CPP), *pitch* nya tidak selalu tetap, *pitch* berubah dengan cara memutar posisi daun *Propeller*.

2.5 Performance Propeller

Dasar dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari model propeller yang di desain. Untuk menguji performance dari model *popeller*, *Open Water Test* atau uji *propeller* menggunakan program CFD untuk menentukan nilai dari *Thrust* dan *Torque*. Kedua nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai *thrust coefficient* (KT), *torque coefficient* (KQ), dan *advanced speed coefficient* (J). Ketiga koefisien ini dapat di definisikan melalui persamaan sebagai berikut :

$$J = \frac{VA}{n \times D} \dots\dots\dots[2]$$

$$KT = \frac{T_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^4} \dots\dots\dots[3]$$

$$KQ = \frac{Q}{\rho \times n^2 \times D^5} \dots\dots\dots[4]$$

$$\eta_o = \frac{J \times KT}{2\pi \times KQ} \dots\dots\dots[5]$$

Dimana,

VA = Advance speed (m/s)

Tprop = Gaya dorong *propeller* (N)

Qprop = Torsi *propeller* (N)

n = putaran *propeller* (rps)

D = diameter *propeller* (m)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada proses ini akan di lakukan satu identifikasi dan perumusan masalah yang dianggap pantas untuk dijadikan TA yakni tentang Analisa performance *Symmetrical Blade Propeller* untuk kapal Jalapatih 3 menggunakan CFD yang kemudian di peroleh performance maksimal dari *propeller*.

3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus untuk memperoleh informasi yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Literatur yang di baca antara lain :

1. Buku
2. Tugas Akhir
3. Jurnal
4. Internet

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini diperoleh dari studi literatur, data utama kapal dan data perhitungan numerik melalui program *OpenProp*.

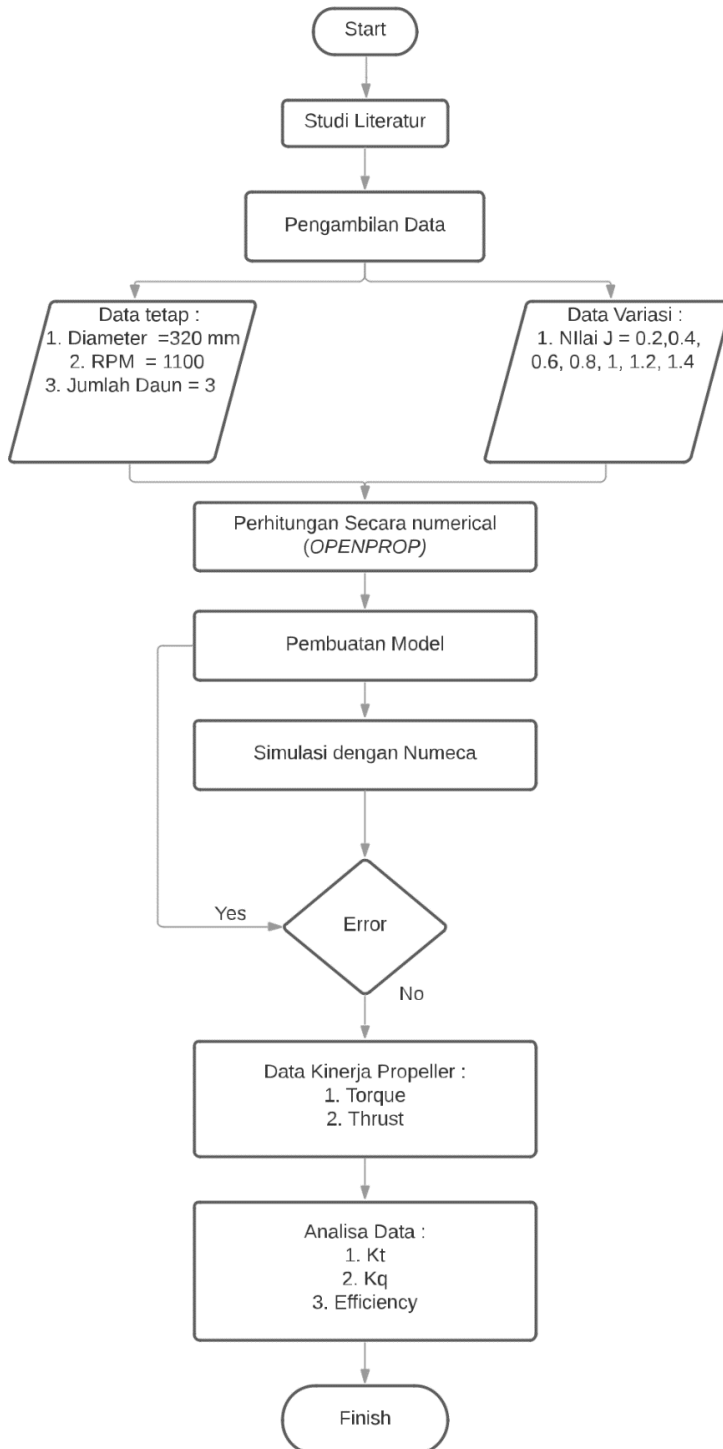
3.4 Analisa dan Pembahasan

Dari hasil uji menggunakan CFD, maka diperoleh nilai *Thrust* dan *Torque* dari model *propeller*. Hasil akhir dari perhitungan, maka

akan di peroleh grafik KT, KQ, dan J. jika hasil akhir tidak dapat diterima, maka akan di lakukan pengulangan dari pembuatan model hingga menggunakan CFD.

3.5 Pengambilan Kesimpulan

Apabila hasil Analisa dan pembahasan dapat di terima, kita dapat menyimpulkan hasil tugas akhir ini dan memberi saran-saran yang dianggap perlu.



Gambar 3.1 Diagram Metodologi Penelitian

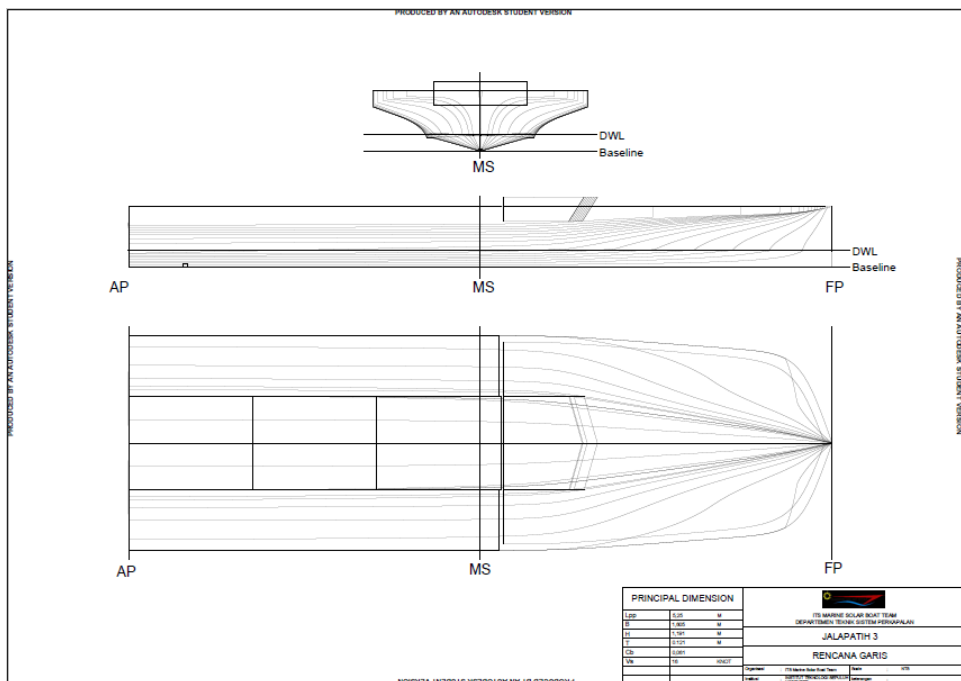
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Utama

Data utama kapal sangat diperlukan dalam penelitian ini sebagai acuan penelitian. Data tersebut terdiri dari gambar rencana garis kapal dan gambar *general arrangement* kapal. Adapun data tersebut diperoleh dari tim ITS Marine Solar Boat Team.



Gambar 4.1 Gambar Rencana Garis Jalapath 3

Gambar rencana garis kapal Jalapath 3 dapat di lihat pada gambar 4.1. Kapal Jalapath 3 di desain oleh mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan – FTK – ITS pada tahun 2016 dan masih aktif sampai dengan sekarang.

Berikut adalah data utama kapal Jalapatih 3 :

Table 4.1 Data Utama Jalapatih 3

ITEM	VALUE	UNITS
LWL	5.25	m
Beam	1.605	m
Draft	0.121	m
Displaced volume	0.205	m ³
Wetted area	4	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0.461	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.75	
Block Coeff. (Cb)	0.201	deg.
LCG from midships(+ve for'd)	-0.562	m

Data utama tersebut di gunakan untuk menghitung nilai *wake fraction* (*w*) dan *thrust deduction factor* (*t*) menggunakan persamaan berikut :

Persamaan *wake fraction* :

$$w = w_1 + w_2 + w_3 \dots\dots\dots[6]$$

$$w_1 = a + \frac{b}{c \cdot (0.98 - Cb)^3 + 1} \dots\dots\dots[7]$$

$$w_2 = \frac{0.0025 \cdot Fa}{100 \cdot (Cb - 0.7)^2 + 1} \dots\dots\dots[8]$$

$$w_3 = -0.18 + \frac{0.00756}{\frac{D_{prop}}{L} + 0.002}, w_3 \leq 0.1 \dots\dots\dots[9]$$

$$a = \frac{0.1 B}{L} + 0.149 \dots\dots\dots[10]$$

$$b = \frac{0.05 B}{L} + 0.449 \dots\dots\dots[11]$$

$$c = 585 - \frac{5027 B}{L} + 11700 \left(\frac{B}{L}\right)^2 \dots\dots\dots[12]$$

Persamaan *thrust deduction factor* :

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \dots\dots\dots[13]$$

$$t_1 = d + \frac{e}{f \cdot (0.98 - Cb)^3 + 1} \dots\dots\dots[14]$$

$$t_2 = -0.01 \times Fa \dots\dots\dots[15]$$

$$t_3 = 2 \times \left(\frac{D_{prop}}{L} - 0.04 \right) \dots\dots\dots[16]$$

$$d = \frac{0.625 B}{L} + 0 \dots\dots\dots[17]$$

$$e = 0.165 - \frac{0.25 B}{L} \dots\dots\dots[18]$$

$$f = 525 - \frac{8060 B}{L} + 20300 \times \left(\frac{B}{L} \right)^2 \dots\dots\dots[19]$$

Dimana :

B = lebar kapal (m)

L = panjang kapal (m)

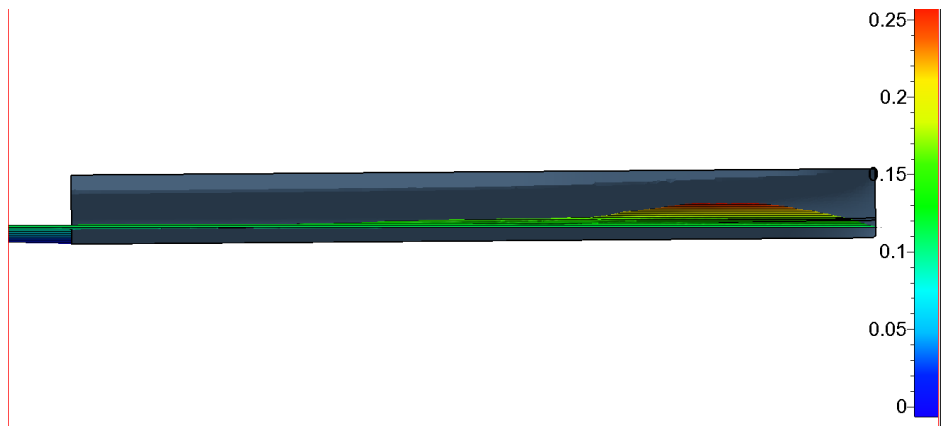
Sehingga didapatkan nilai dari kedua koefisien ini. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai *wake fraction* dan *thrust deduction factor*

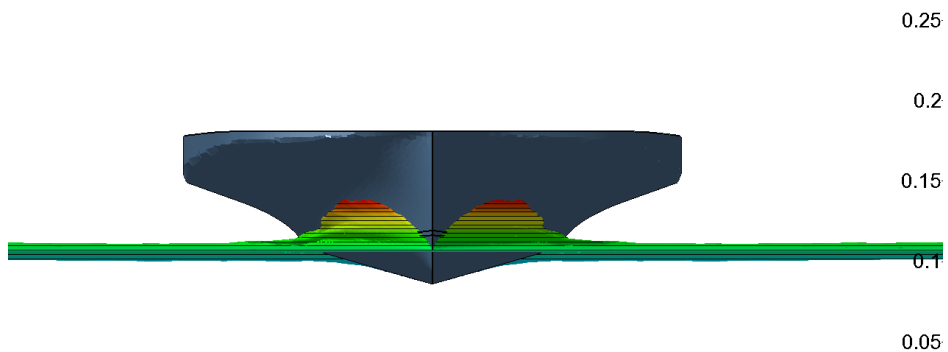
t	w
0.29292731	0.121112367

Dapat dilihat pada tabel 4.1, nilai dari *wake fraction* adalah sebesar 0.1211 dan *thrust deduction factor* sebesar 0.2929. Kemudian dilakukan simulasi tahanan menggunakan CFD dengan aplikasi Numeca

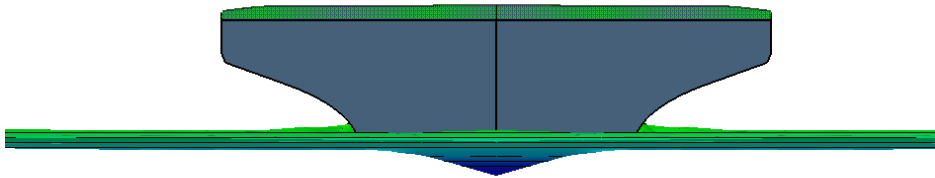
FineMarine. Hasil simulasi ini nantinya akan dilakukan pada kecepatan 12 knot sampai 17 knot. Hasil simulasi tahanan menggunakan CFD salah satunya adalah dapat menganalisa aliran gelombang pada body kapal. Seperti tampak pada gambar di bawah :



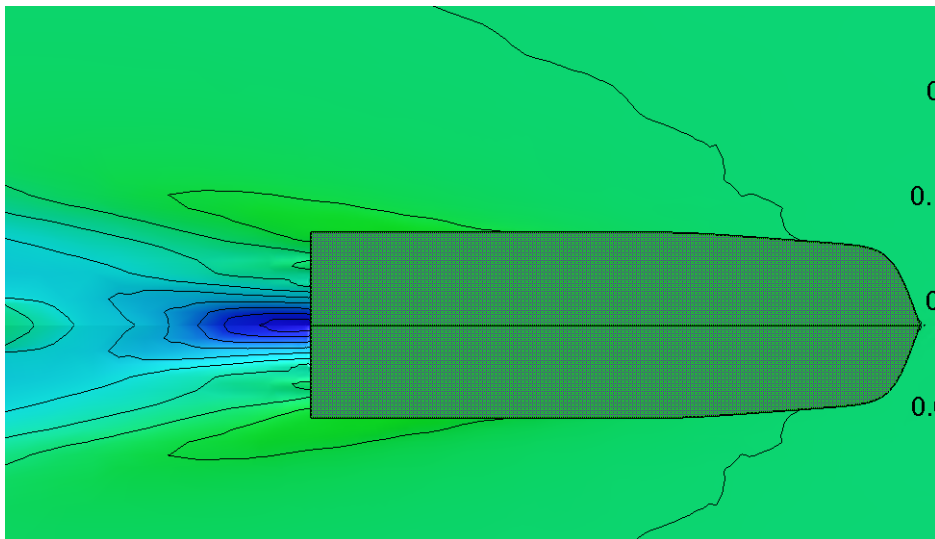
Gambar 4.2 Aliran gelombang pada tampak samping kapal



Gambar 4.3 Aliran gelombang pada tampak depan kapal



Gambar 4.4 Aliran gelombang pada tampak belakang kapal



Gambar 4.5 Aliran Gelombang pada tampak atas kapal

Dari beberapa gambar diatas, dapat dianalisa bahwa aliran gelombang di sepanjang body kapal tidak terlalu besar. Hasil tahanan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil simulasi tahanan kapal Japalatih 3

KECEPATAN		RT (N)	S
KNOT	m/s		
12.0	6.17	206.5416	1.73456
13.0	6.68	240.092	1.766854
14.0	7.20	277.5114	1.799437
15.0	7.71	317.368	1.831219
16.0	8.22	338.954	1.81099
17.0	8.74	406.08	1.9014

Pada tabel 4.2, diperoleh hasil tahanan menggunakan simulasi. Data tahanan pada kecepatan 16 knot yakni sebesar 338.954 N pada sea margin 0%.

4.2 Analisa Perhitungan Numerik

Data yang diperlukan dalam melakukan analisa perhitungan numerik adalah data hasil uji tahanan kapal Jalapatih 3. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2. setelah data tersebut didapati, maka dapat dilakukan perhitungan nilai *thrust* (T) yang di butuhkan oleh *propeller* agar mampu mendorong kapal. Nilai tahanan yang digunakan adalah 338.954 N pada kecepatan 16 knot. Mengitung nilai T dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$T = \frac{RT}{(1-t)} \dots\dots\dots[13]$$

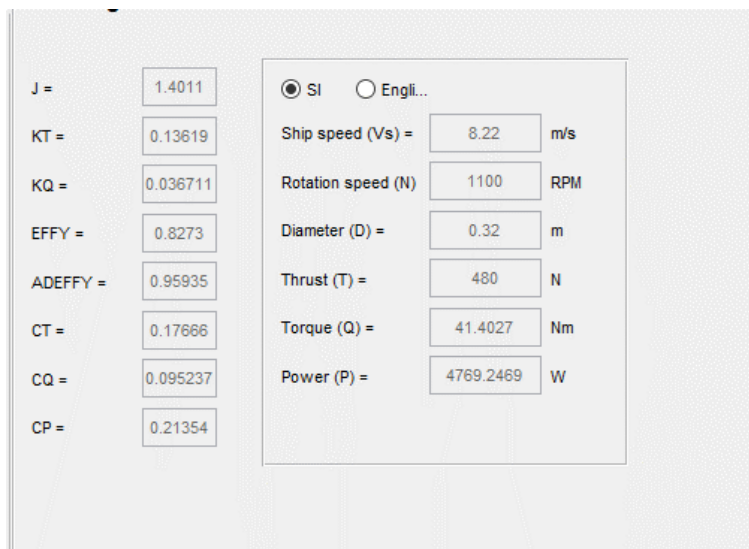
Dimana :

T = Gaya dorong *Propeller*

RT = Tahanan

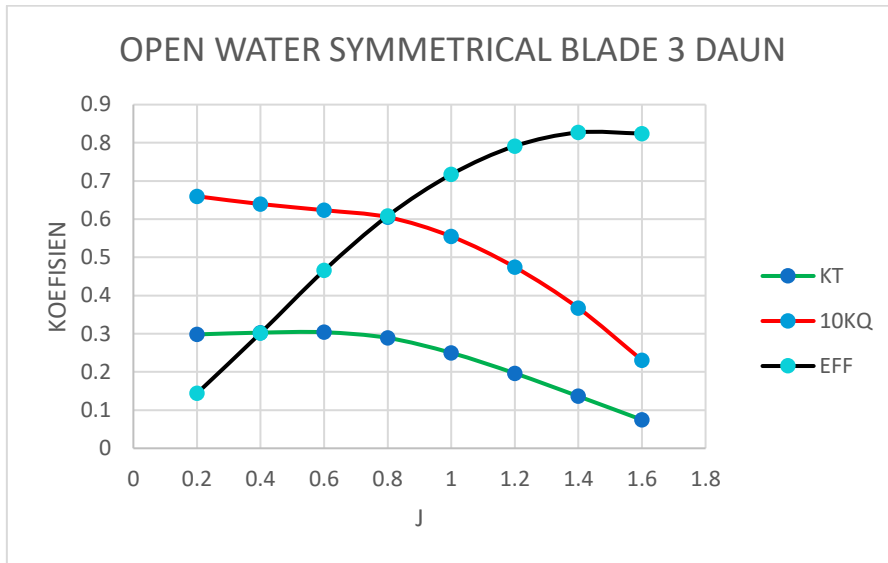
$t = \text{Thrust deduction factor}$

Sehingga dengan data pada tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilakukan perhitungan nilai *Thrust* pada kecepatan 16 knot. Selanjutnya data yang sudah diperoleh diaplikasikan kedalam Openprop disertai dengan beberapa ketentuan seperti nilai RPM sesuai dengan *gear box*, diameter *propeller*, dan lain – lain. Desain *propeller* menggunakan Openprop menghasilkan performance *symmetrical blade propeller* untuk 3 daun.



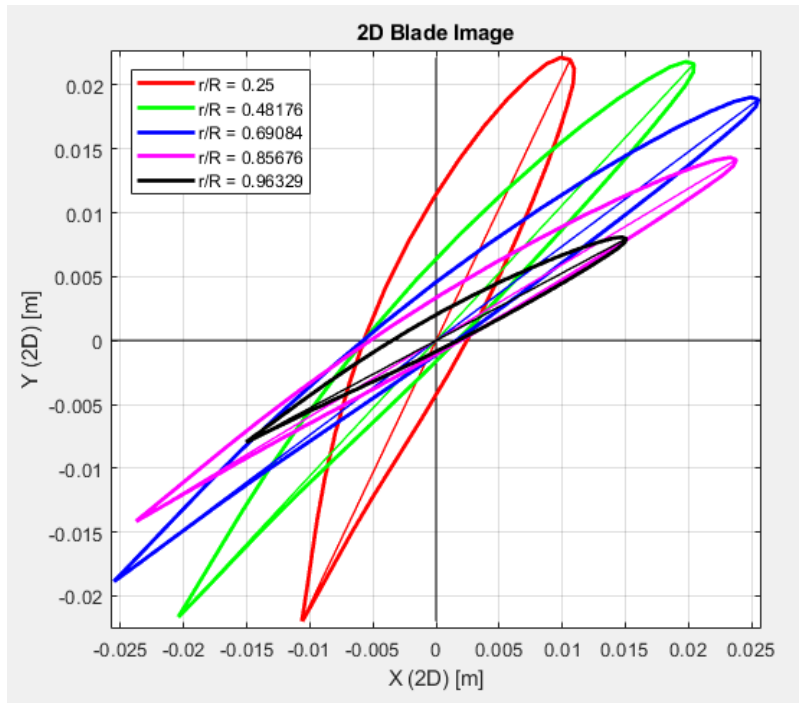
Gambar 4.6 Data hasil perhitungan dengan Openprop

Dari hasil perhitungan menggunakan Openprop dihasilkan nilai *Torque* sebesar 41.4027 Nm dan nilai *Thrust* sebesar 480 N. pada gambar 4.2 dapat dilihat nilai efisiensi yang dihasilkan cukup besar yakni sebesar 0.8273. selain itu juga dihasilkan nilai J (koefisien *advanced*) yakni 1.4011, nilai KT (koefisien *Thrust*) sebesar 0.13619 dan nilai KQ (koefisien *Torque*) sebesar 0.036711 dapat dilihat pada diagram Open Water berikut.



Gambar 4.7 Diagram Open Water hasil hasil Openprop

Perhitungan Numerik Openprop juga menghasilkan kordinat – kordinat Curve yang dapat digunakan untuk membuat 3D modelnya.

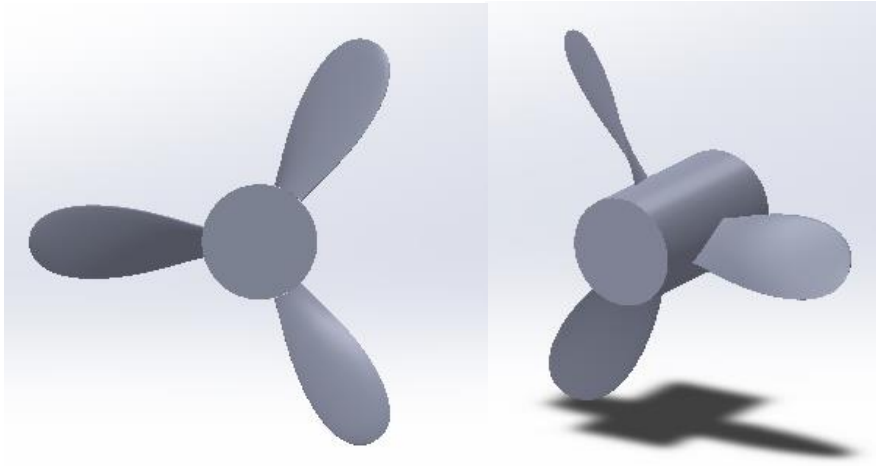


Gambar 4.8 Gambar 2D daun Symmetrical blade propeller

Kurva pada gambar 4.4 merupakan dasar dalam pembuatan 3D model agar dapat dilakukan simulasi CFD.

4.3 Pembuatan 3D Model

Pada penelitian ini, pembuatan 3D model dari *Propeller* menggunakan aplikasi Solidwork dan juga untuk memastikan bahwa model tersebut sudah solid. Kemudian, file tersebut di ekspor ke dalam bentuk parasolid sebelum di lakukan simulasi.



Gambar 4.9 Hasil 3D Model

4.4 Performance *Propeller*

3D Model yang sudah didesain disimulasikan menggunakan program Numeca FineMarine.

Table 4.4 Hasil Simulasi CFD

VARIASI			PERFORMANCE PROPELLER					
J	VA	VA	THRUST (T)	TORQUE (Q)	KT	KQ	10 KQ	eff
	(m/s)	(Knot)						
0.2	1.17	2.281	1417.63	101.812	0.4022	0.0903	0.9027	0.14
0.4	2.35	4.562	1372.443	97.536	0.3894	0.0865	0.8648	0.29
0.6	3.52	6.842	1199.264	83.945	0.3403	0.0744	0.7443	0.44
0.8	4.69	9.123	990.444	70.244	0.2810	0.0623	0.6228	0.57
1	5.87	11.404	809.951	59.96	0.2298	0.0532	0.5317	0.69
1.2	7.04	13.685	636.7874	50.567	0.1807	0.0448	0.4484	0.77
1.4	8.21	15.966	457.937	39.05	0.1299	0.0346	0.3462	0.84

Pada tabel 4.3, *thrust* terbesar yang dihasilkan adalah sebesar 1417.63 N pada $J = 0.2$. efisiensi yang dihasilkan cukup besar yakni sebesar 0.84 pada $J = 1.4$.

4.5 Validasi Model

Dilakukan validasi model hasil dari perhitungan numerik dan hasil simulasi CFD. Berikut data propeller untuk divalidasi :

1. Diameter : 0.32 m
2. Jumlah blade : 3 daun
3. RPM : 1100

Perbandingan dari hasil perhitungan numerik dan simulasi CFD adalah sebagai berikut :

Table 4.5 Perbandingan hasil KT Openprop dan Simulasi CFD

RPM	J	KT HASIL OPENPROP	KT HASIL SIMULASI CFD	SE
1100	0.2	0.2982	0.4022	5%
1100	0.4	0.3029	0.3894	4%
1100	0.6	0.3039	0.3403	2%
1100	0.8	0.2891	0.2810	0%
1100	1.0	0.2499	0.2298	1%
1100	1.2	0.1964	0.1807	1%
1100	1.4	0.13619	0.1299	0%

Table 4.6 Perbandingan hasil 10KQ Openprop dan simulasi CFD

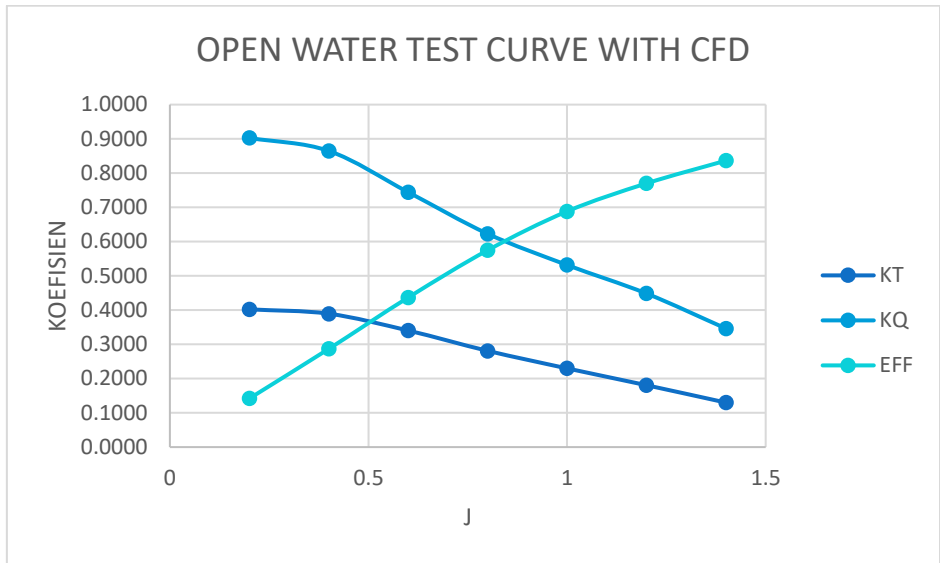
RPM	J	10KQ HASIL OPENPROP	10KQ HASIL SIMULASI CFD	SE
1100	0.2	0.66	0.9027	12%
1100	0.4	0.6396	0.8648	11%
1100	0.6	0.6235	0.7443	6%
1100	0.8	0.6053	0.6228	1%
1100	1.0	0.5548	0.5317	1%
1100	1.2	0.4742	0.4484	1%
1100	1.4	0.36711	0.3462	1%

Table 4.7 Perbandingan Hasil Effisiensi Openprop dan simulasi
CFD

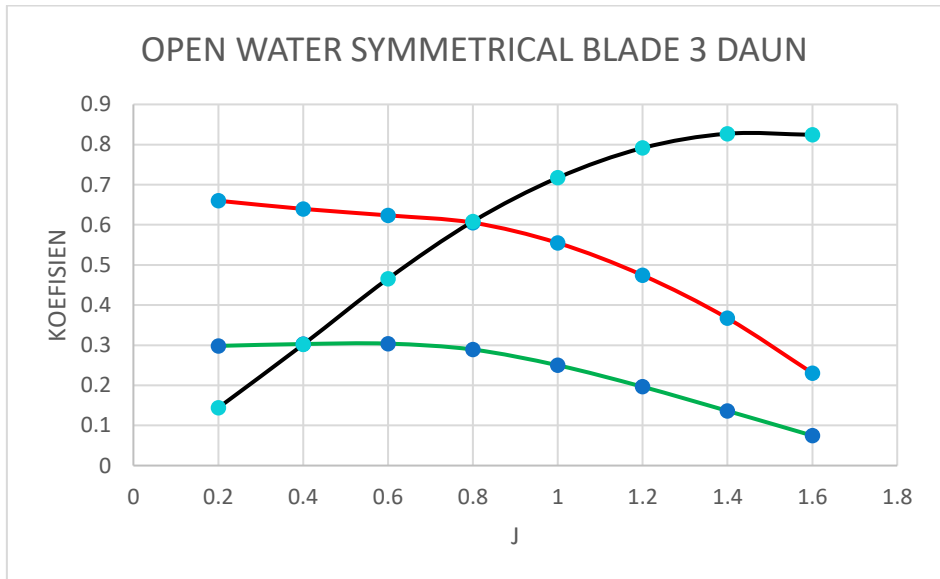
RPM	J	EFFISIENSI HASIL OPENPROP	EFFISIENSI HASIL SIMULASI CFD	SE
1100	0.2	0.14389	0.14	0%
1100	0.4	0.30164	0.29	1%
1100	0.6	0.46568	0.44	1%
1100	0.8	0.60843	0.57	2%
1100	1.0	0.71725	0.69	1%
1100	1.2	0.79141	0.77	1%
1100	1.4	0.82702	0.84	0%

4.6 Pembahasan

Dari hasil perhitungan numerik menggunakan Openprop dan simulasi CFD, dihasilkan diagram Open Water sebagai berikut :

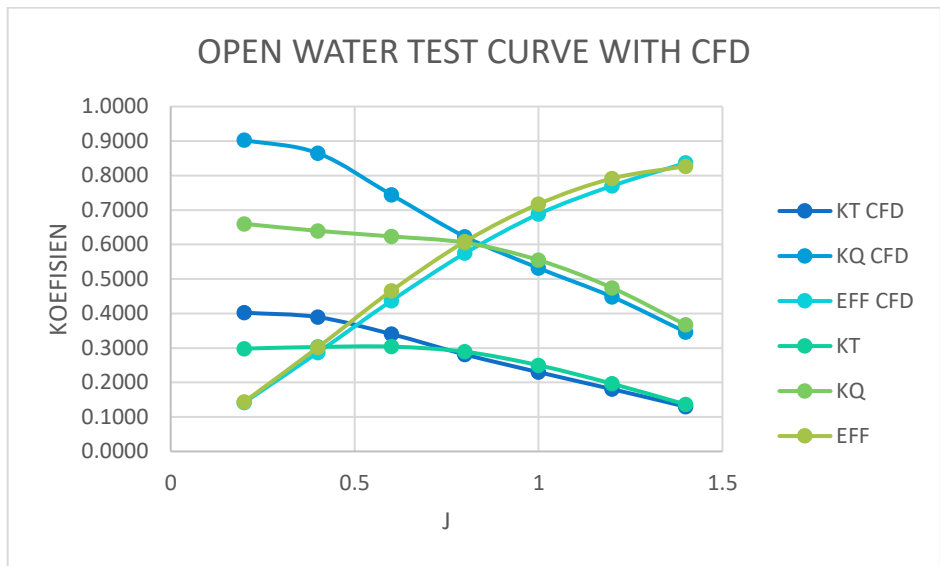


Gambar 4.10 Diagram Open Water Hasil Simulasi CFD



Gambar 4.11 Diagram Open Water Hasil Openprop

Kemudian, kedua diagram ini digabungkan agar lebih detail perbedaan setiap nilainya. Hasil penggabungan diagram adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12 Hasil penggabungan diagram Open Water

Pada gambar 4.12, dapat dianalisa bahwa perbedaan nilai KT hasil Openprop dan KT hasil simulasi memiliki selisih paling besar pada $J = 0.2$ yakni sebesar 0.1040. karena propeller di desain pada $J = 1.4$, maka nilai selisihnya sebesar 0.0063. Pada $J = 0.2$ mendekati $J = 0.6$, nilai Thrust yang dihasilkan oleh simulasi CFD lebih besar daripada hasil yang diperoleh OpenProp. Perbandingan hasil dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Thrust

J	T Perhitungan	T CFD
0.2	1051.0	1417.63
0.4	1067.5	1372.443
0.6	1071.1	1199.264
0.8	1018.9	990.444
1.0	880.7	809.9511
1.2	692.2	636.7874
1.4	480.0	457.937

Pada perbandingan nilai KQ, selisih nilai terbesar pada saat $J = 0.2$ yakni sebesar 0.2427 sedangkan nilai selisih terkecil pada saat $J = 0.8$, yakni sebesar 0.0175. sama seperti nilai Thrust, pada $J = 0.2$ Nilai Torque hasil CFD lebih besar dibandingkan dengan perhitungan. Hasil perbandingan nilai Torque dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.9 Perbandingan nilai Torque

J	Q Perhitungan	Q CFD
0.2	74.4	101.812
0.4	72.1	97.536
0.6	70.3	83.945
0.8	68.3	70.244
1.0	62.6	59.96
1.2	53.5	50.567
1.4	41.4	39.05

Pada perbandingan nilai efisiensi propeller, nilai yang dihasilkan oleh kedua simulasi terbilang sangat besar. Hasil efisiensi menggunakan Openprop sebesar 0.82, sedangkan menggunakan simulasi CFD menghasilkan nilai efisiensi sebesar 0.84, memiliki nilai selisih nilai sebesar 0.02.

KESIMPULAN DAN SARAN

4.7 Kesimpulan

Kesimpulan pada hasil penelitian ini didasarkan tujuan awal penulis yakni mengetahui bagaimana karakteristik *Symmetrical blade propeller*. Maka, dari hasil simulasi yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Merancang desain propeller menggunakan perhitungan numerik diharapkan mampu mendorong kapal Jalapatih 3 pada kecepatan operasionalnya. Namun setelah dilakukan simulasi CFD, desain *propeller* ini belum mampu memberikan nilai Thrust untuk kecepatan operasional kapal Jalapatih 3 yakni pada kecepatan 16 knot.
2. Perbedaan hasil nilai Thrust pada $J = 1.4$ adalah sebesar 22.063 N sedangkan nilai Torque memiliki selisih sebesar 2.35 Nm.

4.8 Saran

Berdasarkan penelitian, beberapa saran yang ingin penulis sampaikan kepada siapa yang hendak melanjutkan penelitian ini adalah :

1. Simulasi menggunakan beberapa variasi jumlah daun
2. Simulasi dapat ditambahkan berupa ducted
3. Setelah melakukan simulasi perhitungan numerik dan simulasi CFD, alangkah baiknya dilakukan pendekatan dengan uji eksperimen dilapangan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carlton J.S., [2010]. Marine Propeller and Propulsion Second Edition. Elsevier Ltd. USA.
- [2] Kuiper G. [1992]. THE WAGENINGEN PROPELLER SERIES. Marin Publication. USA
- [3] Brien T.P.O. [1969]. The Design of Marine Screw Propellers. Hutchinson & CO LTD. London
- [4] Epps, B.P. [2010]. OpenProp v2.4 Theory Document
- [5] Mahadika, EK. [2019]. Analysis of Propeller Performance Type C4-40 with Various Distribution Pitch Propeller Using CFD.
- [6] Indiaryanto, M.. [2017]. Uji Hidrodinamika dan Kajian Numerik Pengembangan *Symmetrical blade propeller* untuk Kapal Patroli 60m dengan Menggunakan Teori Lifting Line.
- [7] Zain, AZ., Dkk. [2018]. Analisa Perbandingan Propeller Berdaun 4 Pada Kapal Trimaran Untuk Mengoptimalkan Kinerja Kapal Menggunakan metode CFD
- [8] Technical University of Denmark Hans Otto Kristensen. [2013]. Prediction Of Resistance and Propulsion Power of Ships.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Hasil *Solar Sport One* 2019)

< SSO Top Speed

Program : SSO TOP SPEED

Last modified: 07/09/19, 13:44:24

Ranking Points	V20 CLASS	Class	ClassStart	number	TOP SPEED	Time	Final time
1	DB-20 Solar Boat Racing	V	V	3	28,7	0.00:00:14	0.00:00:14
2	New Nexus Solar Racing Team	V	V	2	28,6	0.00:00:15	0.00:00:15
3	Engineers of Innovation	V	V	1	19,9	0.00:00:21	0.00:00:21

Ranking Points: A CLASS Class ClassStart number TOP SPEED Time Final time

1	Sunflare Solarteam	A	A	3	31,2	0.00:00:13	0.00:00:13
2	Spectrum Solarteam	A	A	11	30	0.00:00:14	0.00:00:14
3	VHL-Nordwin College Zonnebootteam	A	A	1	26,6	0.00:00:16	0.00:00:16
4	Sinnergy Solar Team - ROC Friese Poort Draak	A	A	5	25,8	0.00:00:17	0.00:00:17
5	HZ Solar Boat Team	A	A	22	14,5	0.00:00:29	0.00:00:29

Ranking Points: TOP CLASS Class ClassStart number TOP SPEED Time Final time

1	SDOG Racing Team	T	T	10	35,4	0.00:00:12	0.00:00:12
2	Dutch Solar Boat Team	T	T	5	30,2	0.00:00:14	0.00:00:14
3	Sunderbird	T	T	2	26	0.00:00:16	0.00:00:16

< SSO Top Speed

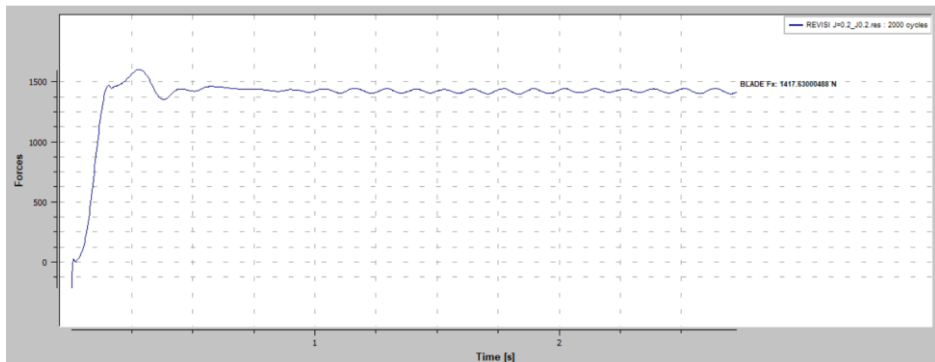
Program : SSO TOP SPEED

LAMPIRAN B (Geometri *Symmetrical blade propeller 3 daun*)

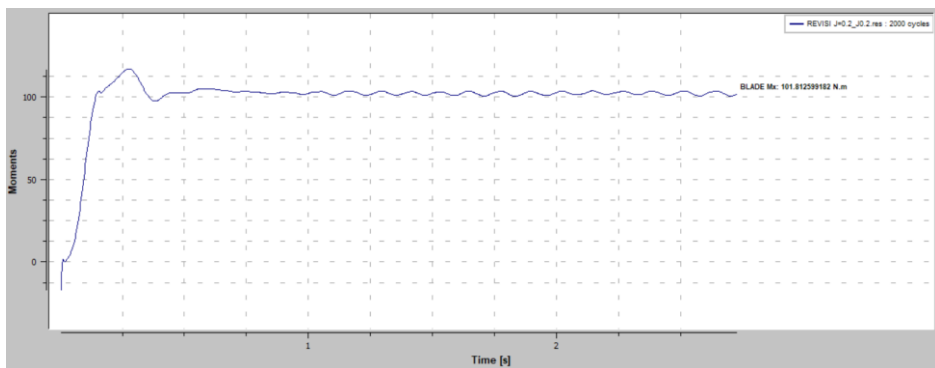
Propeller Geometry Table	
Propeller Diameter	= 0.3200 m
Number of Blades	= 3
Propeller Speed	= 1100 RPM
Propeller Hub Diameter	= 0.0800 m
Meanline Type:	NACA a=0.8
Thickness Type:	NACA 65A010
Lifting Surface Geometry Corrections:	NONE

r/R	c/D	t0/c	f0/c	P/D	pitch (deg)	skew (deg)	rake/D
0.25	0.0813	0.2926	0.0541	1.4011	60.7271	0	0
0.3088	0.0913	0.2381	0.0471	1.3771	54.832	0	0
0.3673	0.1001	0.2023	0.0429	1.3742	49.979	0	0
0.4251	0.1072	0.1726	0.0398	1.3726	45.7871	0	0
0.4818	0.112	0.1585	0.0374	1.3718	42.1886	0	0
0.537	0.114	0.1487	0.0355	1.3716	39.1117	0	0
0.5905	0.1132	0.1426	0.0342	1.3719	36.4843	0	0
0.6419	0.1113	0.1381	0.033	1.3721	34.2332	0	0
0.6908	0.1087	0.1347	0.0316	1.3721	32.3016	0	0
0.7371	0.1051	0.1326	0.0303	1.372	30.6462	0	0
0.7803	0.0999	0.133	0.0292	1.372	29.2337	0	0
0.8203	0.093	0.1367	0.0285	1.3722	28.0337	0	0
0.8568	0.0853	0.1434	0.0277	1.3723	27.015	0	0
0.8895	0.0776	0.1509	0.0268	1.3719	26.1488	0	0
0.9183	0.07	0.1589	0.0256	1.371	25.42	0	0
0.9429	0.0597	0.173	0.0252	1.371	24.8366	0	0
0.9633	0.0473	0.1821	0.0256	1.3721	24.3901	0	0
0.9793	0.0348	0.1577	0.0265	1.3738	24.0625	0	0
0.9908	0.0226	0.1137	0.0274	1.3755	23.8408	0	0
0.9977	0.011	0.0597	0.0282	1.3767	23.7133	0	0
1	0	0	0.0284	1.3772	23.6718	0	0

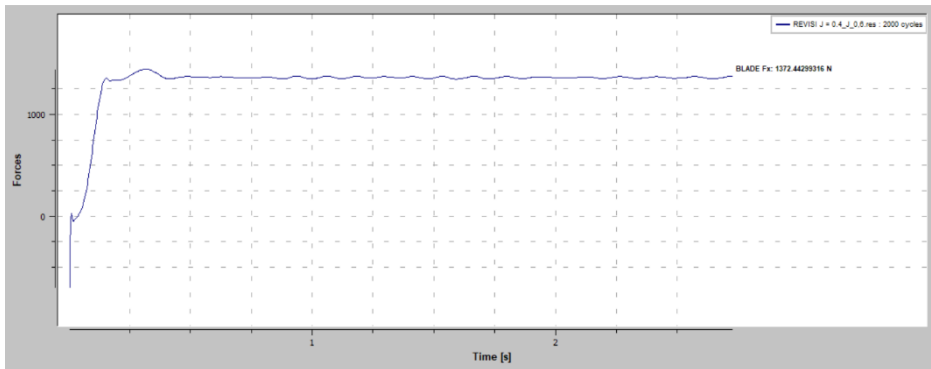
LAMPIRAN C (Hasil Simulasi)



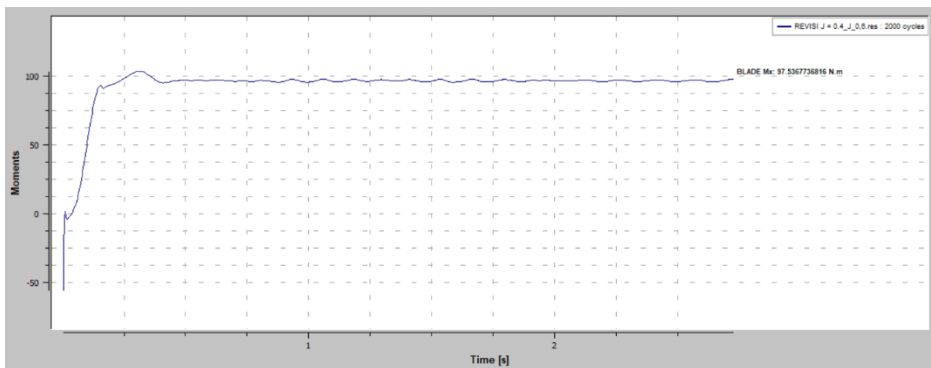
Thrust $J = 0.2$



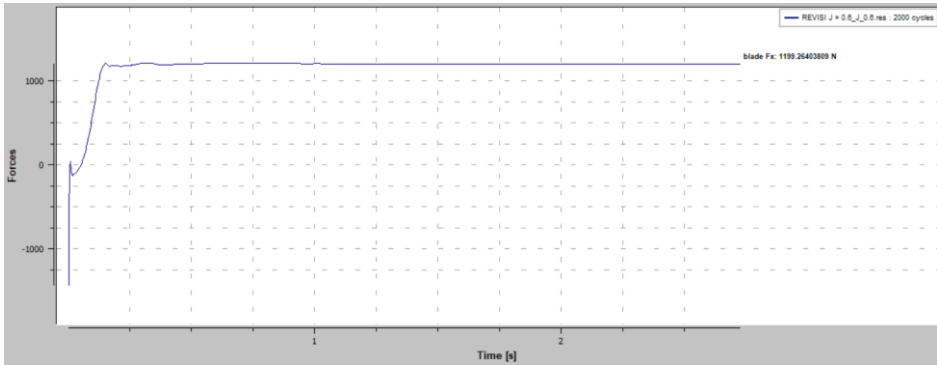
Torque $J = 0.2$



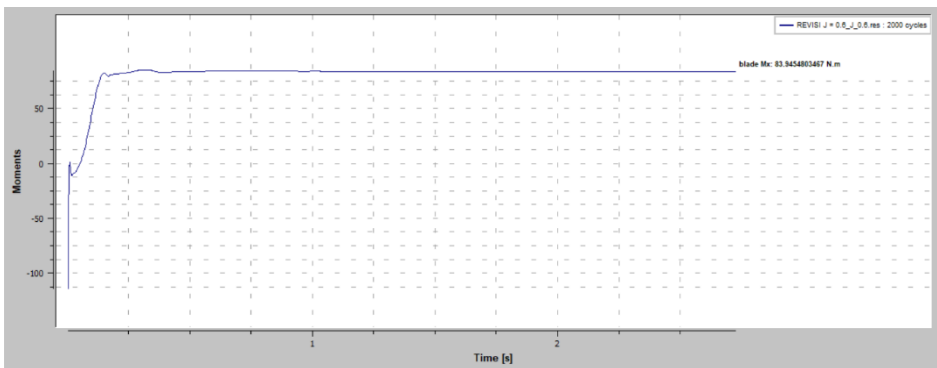
Thrust $J = 0.4$



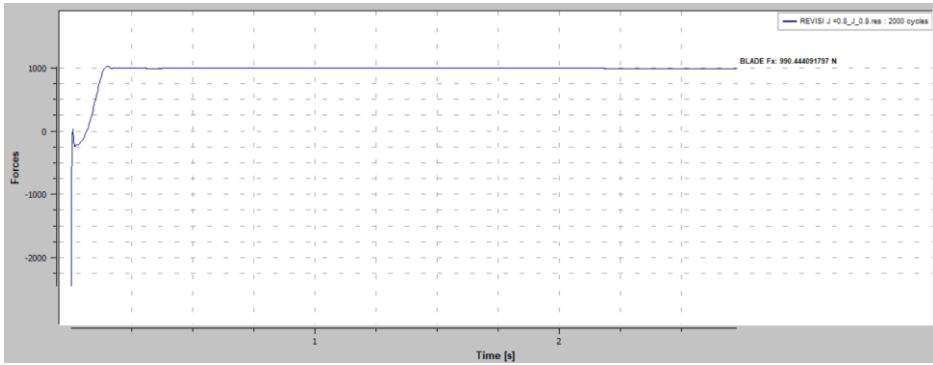
Torque $J = 0.4$



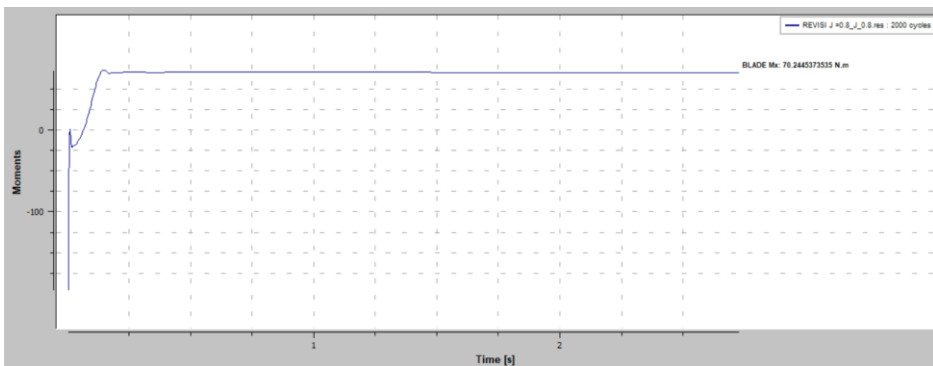
Thrust $J = 0.6$



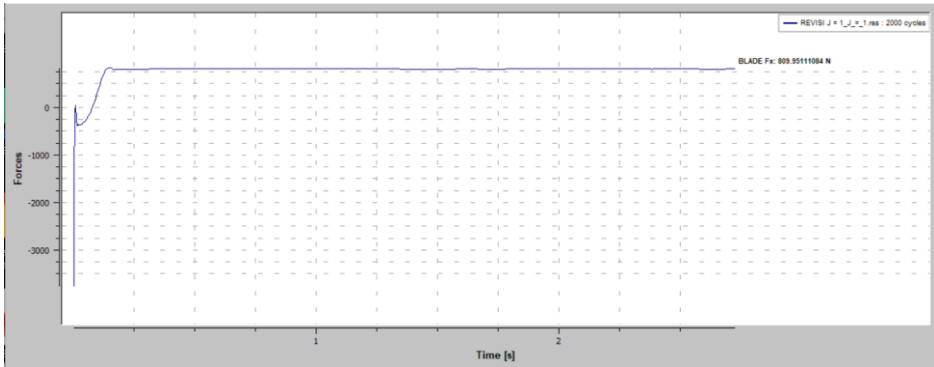
Torque $J = 0.6$



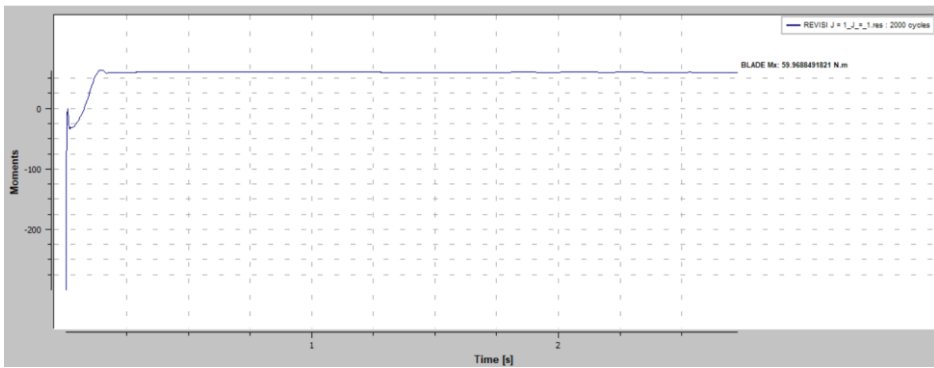
Thrust $J = 0.8$



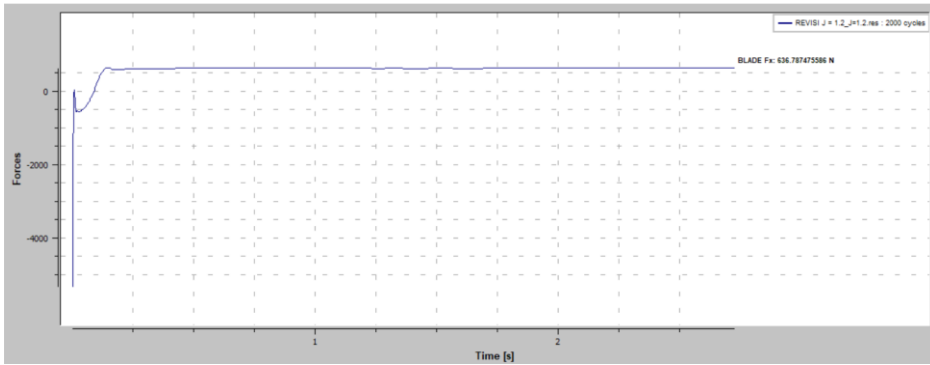
Torque $J = 0.8$



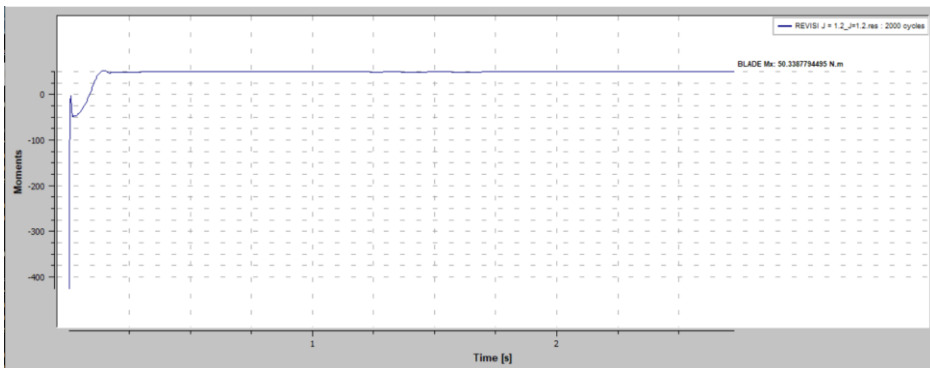
Thrust $J = 1$



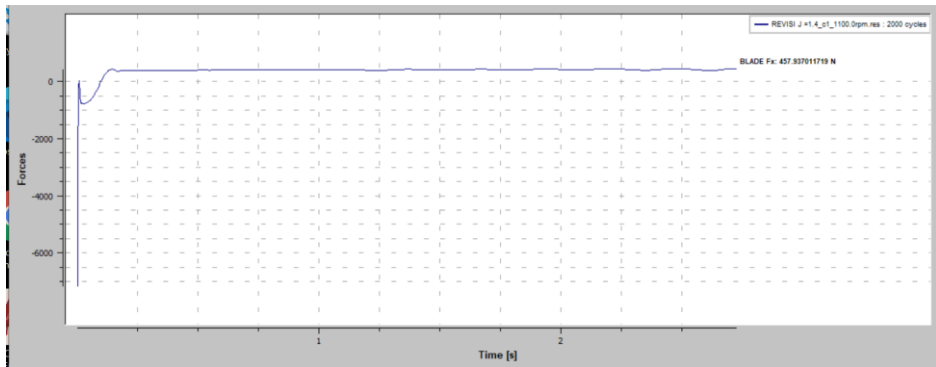
Torque $J = 1$



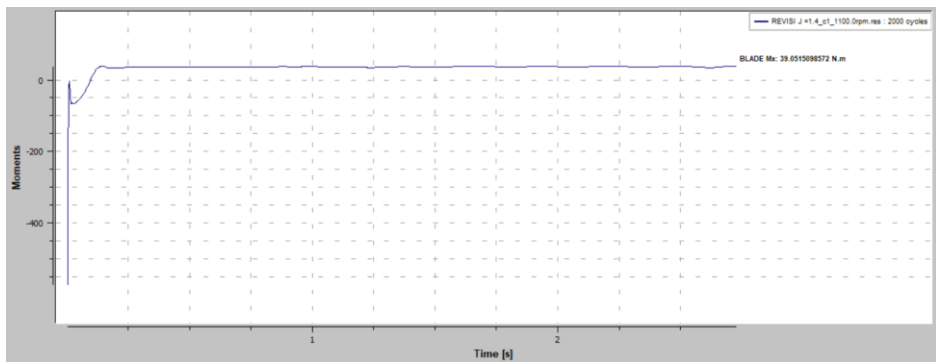
Thrust $J = 1.2$



Torque $J = 1.2$



Thrust $J = 1.4$



Torque $J = 1.4$

BIODATA PENULIS



Abdi Sauqi Akram merupakan mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis lahir di Jakarta, 13 Juni 1998. Penulis menempuh pendidikan formal selama 12 tahun di Aceh. Selama menempuh masa studi, penulis merupakan anggota tim riset ITS Marine Solar Boat Team dan aktif juga dalam organisasi Himpunan Himasiskal FTK ITS.