



SKRIPSI - ME141501

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOSS CAP FINS PADA PROPELLER
B - SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD**

Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP 04211645000004

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji, M.Sc.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOSS CAP FINS PADA PROPELLER
B - SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD**

Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP 04211645000004

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji, M.Sc.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



SKRIPSI - ME 141501

**Analysis Of Installation Effect Boss Cap Fins To B - Serries Propeller
With CFD Method**

Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP 04211645000004

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji, M.Sc.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOSS CAP FINS PADA PROPELLER B – SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP. 04211645000004

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Amiadij, M.Sc.
NIP. 1961 0324 1988 03 1001

()

Achmad Baidowi, S.T., M.T.
NIP. -

()

SURABAYA
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOSS CAP FINS PADA
PROPELLER B – SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP. 04211645000004

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

SURABAYA
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOSS CAP FINS PADA PROPELLER B – SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD

Nama Mahasiswa : Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP : 04211645000004
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Amiadji, M.Sc.
2. Achmad Baidowi, S.T.,M.T

ABSTRAK

Propeller mempunyai fungsi yang sama dengan baling – baling fan dan mempunyai fungsi utama dalam sistem penggerak. Selain itu, untuk meningkatkan *performance* dari propeller . *Engineer* mengembangkan *Energy Saving Devices* (ESD) dengan tujuan untuk mengurangi biaya operasional, energi yang dihasilkan bersih dan dapat digunakan dalam jangka panjang. Emisi global yang dihasilkan di dunia *marine* adalah 2.7 % pada tahun 2007. Salah satu dari ESD tersebut adalah Propeller Boss Cap Fins (PBCF). Fokus dari penelitian ini adalah mendesain dan mengembangkan PBCF untuk propeller tipe B series B4 – 85. Tugas akhir ini mempelajari *performance* propeller sebelum dan sesudah penambahan PBCF dan fokus pada efisiensi, gaya dorong, torsi dan fenomena dinamik *hub vortex*. Simulasi dalam pengambilan data PBCF dalam tugas akhir ini menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). Simulasi PBCF berdasarkan 5 variasi *pitch angle* 55 °, 60 °, 65 °, 70 °, 75 °. Hasil simulasi PBCF dengan *pitch angle* 65 ° dapat meningkatkan performa efisiensi propeller sebesar 0.65 %, gaya dorong sebesar 2.69 % serta torsi sebesar 2.07 % jika dibandingkan dengan propeller tanpa PBCF. PBCF dapat merusak aliran *hub vortex* dan dapat mengurangi *porosity* dan korosi pada *rudder*

Kata Kunci : PBCF, CFD, Efisiensi, Gaya Dorong, Torsi, Hub Vortex

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analysis of Installation Effect Boss Cap Fins to B – Series Propeller With CFD Method

Nama Mahasiswa : Achdri Fauzi Nugraha Oloan
NRP : 04211645000004
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Amiadji, M.Sc.
2. Achmad Baidowi, S.T.,M.T

ABSTRAC

Abstract— Propeller is similar to rotating fan blade with having primary function as propulsion system. In order to increase propeller performance, Engineer is developing Energy Saving Devices (ESD) to reduces operational cost, clean energy and for long term utilization. The global emmision from marine is 2.7 % in 2007. One of ESD is Propeller Boss Cap Fins (PBCF). The focus of this thesis is to design and developed PBCF for B4-85 series propeller. This thesis studies the performance of a propeller without and with PBCF such as efficiency, thrust, torsion and dynamic hub vortex phenomenon. To obtain the results this thesis uses Computational Fluid Dynamic (CFD). The PBCF simulations were based on its pitch angle. There are 5 pitch angle variations, 55 °, 60 °, 65 °, 70 ° and 75 °. The simulation results shows that PBCF pitched to 65 degree is achieved the highest efficiency which is 0.65 %, and increases thrust 2.69 %, and torsion increase 2.07 % compared to propeller without PBCF. It also shows that the PBCF is able to break the vortex flow and it will reduces the porosity to the rudder and decrease the corrosion potention to the rudder.

Keywords—PBCF, CFD, Efficiency, Thrust, Torsion, Hub Vortex

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabbarakatuh.

Puji syukur Alhamdulillah dipanjatkan kehasdirat Allah S.W.T Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, atas segala rahmat, hidayah serta nikmat dan karunianya yang telah diberikan kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul : “**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOS CAP FINS PADA PROPELLER B – SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD**”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini. Terimakasih ini saya sampaikan khususnya kepada :

1. Kedua orangtua dan keluarga besar tercinta, terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini baik dukungan moril maupun materil sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak DR. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT. Selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc selaku Dosen Wali
4. Bapak Ir. Amiadji, M.Sc selaku Dosen Pembimbing 1 selaku dosen pembimbing 1 dengan kesabaran memberikan petunjuk, arahan dan bimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Achmad Baidowi, ST., MT selaku Dosen Pembimbing 2 selaku dosen pembimbing 2 dengan kesabaran memberikan petunjuk, arahan dan bimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Bapak Irfan Syarief Arief, ST., MT selaku kepala lab MMD dengan kesabarannya memberikan masukan – masukan dan ide dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman – teman seperjuangan Voyage 2016, Mercusuar 2014, para pengurus dan anggota Lab MMD yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, harapan penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi para pembacanya. Kritik, komentar dan saran sangat penulis harapkan demi penyempurnaan tugas akhir ini di masa mendatang.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabbarakatuh

DAFTAR ISI

.....	i
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRAK.....	xi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	xii
DAFTAR ISI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Keuntungan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Definisi Propeller	3
2.1.1 <i>Adjustable Bolted Propeller (ABP)</i>	4
2.1.2 <i>CLT Propeller</i>	4
2.1.3 <i>Contra – Rotating Propeller</i>	5
2.1.4 <i>Controlable Pitch Propeller</i>	5
2.1.5 <i>Ducted Propeller</i>	6
2.1.6 <i>Fixed Pitch Propeller (FPP)</i>	6
2.1.7 <i>High Skew Propeller</i>	7
2.1.8 <i>Keyless Propeller</i>	7
2.1.9 <i>Solid Propeller</i>	8
2.1.10 <i>Surface Pierching Propeller</i>	8
2.1.11 <i>Assembled Propeller</i>	8
2.2 <i>Energy Saving Device</i>	9
2.2.1 <i>Twisted Rudder</i>	9

2.2.2	<i>Schneekluth Wake Equalizing Duct</i>	10
2.2.3	<i>Mervis Duct</i>	11
2.2.4	<i>Propeller Boss Cap Fins (PBCF)</i>	11
2.2.5	<i>Grim Vane Wheel</i>	12
2.3	Karakteristik Kinerja Propeller	13
2.3.1	<i>Trust Coefficient (KT)</i>	13
2.3.2	<i>Torque Coefficient (KQ)</i>	14
2.3.3	<i>Advance Ratio (J)</i>	14
2.3.4	<i>Open Water Efficiency Of The Propeller (η)</i>	14
2.4	Gaya Dorong Propeller	14
2.5	<i>PBCF Design Characteristic</i>	15
2.6	Efek Penambahan <i>PBCF</i>	16
2.6.1	<i>Rectification Effect</i>	17
2.6.2	Efek Pengurangan Torsi dan Efek Penambahan Daya Dorong	18
2.6.3	Gaya Hydrodinamik yang bekerja pada <i>PBCF</i>	19
2.6	<i>Software</i>	20
2.6.1	AutoCAD	20
2.6.2	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Diagram Alur	23
3.2	Identifikasi dan Perumusan Masalah	24
3.3	Studi Literatur	24
3.4	Pengumpulan Data	24
3.5	Pembuatan Model Propeller	24
3.6	Simulasi Aliran Fluida Pada Propeller	25
3.7	Pemodelan <i>PBCF</i> Dengan Variasi <i>Pitch Angle</i>	25
3.8	Simulasi Aliran Fluida, Torsi dan Daya Dorong	25
3.8	Analisa dan Pembahasan	25
BAB IV PEMBAHASAN		27
4.1	Pembuatan Geometri <i>Propeller Boss Cap Fins (PBCF)</i>	27
4.1.1	Dimensi Utama Propeller B4 - 85	27

4.1.2	Pembuatan Model Propeller B4 - 85.....	27
4.1.3	Pemilihan Foil.....	32
4.1.4	Penggambaran PBCF.....	36
4.2	Perbedaan Persentase Daya Dorong dan Torsi pada Propeller Sebelum dan Sesudah Variasi Pitch Angle pada PBCF.....	38
4.2.1	Grafik Propeller Open Water Test $KQ - KT - J$	38
4.2.2	Analisa Software CFD.....	39
4.2.2.1	Mesh Generation.....	39
4.2.2.2	Flow Setting.....	43
4.2.2.3	Post Processing.....	44
4.2.2.4	Hasil Analisa Thrust.....	45
4.2.2.5	Hasil Analisa Momen.....	45
4.2.3	Validasi Hasil Daya Dorong dan Torsi Perhitungan Manual vs CFD 46	
4.2.4	Perbandingan Hasil Daya Dorong dan Torsi Propeller Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF.....	48
4.2.4.1	Hasil PBCF 55 Derajat.....	48
4.2.4.2	Hasil PBCF 65 Derajat.....	52
4.2.4.3	Hasil PBCF 70 Derajat.....	55
4.2.4.4	Hasil PBCF 75 Derajat.....	57
4.3	Perbedaan Aliran Hub Vortex Pada Propeller B4 – 85 Sebelum Dan Sesudah Penambahan PBCF.....	59
4.3.1	Aliran Hub Vortex Pada PBCF 55 Derajat.....	59
4.3.2	Aliran Hub Vortex Pada PBCF 60 Derajat.....	61
4.3.3	Aliran Hub Vortex Pada PBCF 65 Derajat.....	63
4.3.4	Aliran Hub Vortex Pada PBCF 70 Derajat.....	65
4.3.5	Aliran Hub Vortex Pada PBCF 75 Derajat.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN.....		73

A	Geometri PBCF	73
B	Log Data Running PBCF	78
C	Aliran Fluida PBCF	126

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Propeller tampak dari bawah air	3
Gambar 2. 2 Aliran fluida saat propeller bekerja	3
Gambar 2. 3 Adjustable Bolted Propeller	4
Gambar 2. 4 CLT Propeller.....	4
Gambar 2. 5 Contra - Rotating Propeller	5
Gambar 2. 6 Controlable Pitch Propeller Sectional	5
Gambar 2. 7 Duced Propeller.....	6
Gambar 2. 8 Fixed Pitch Propeller.....	6
Gambar 2. 9 High Skew Propeller Section	7
Gambar 2. 10 Keyless Propeller Fabrication	7
Gambar 2. 11 Solid Propeller Fabrication	8
Gambar 2. 12 Survace Pierching Propeller Yachts Instalation.....	8
Gambar 2. 13 Contoh dari Working Energy Saving Device.....	9
Gambar 2. 14 Twisted Rudder Working.....	10
Gambar 2. 15 Schneekluth Duct Instalations.....	10
Gambar 2. 16 Marvis Duct.....	11
Gambar 2. 17 Different Between Conventional Cap and PBCF.....	12
Gambar 2. 18 Grim Vane Wheel	12
Gambar 2. 19 Open Water Test Input Diagram B4 – 85 Propeller.....	13
Gambar 2. 20 Configuration of fins	15
Gambar 2. 21 Installation of the fin	15
Gambar 2. 22 Inclination of the fin.....	16
Gambar 2. 23 PBCFAnatomy	16
Gambar 2. 24 Cavitation in Propeller Slipstream	17
Gambar 2. 25 Flow around Boss Cap	18
Gambar 2. 26 3 – Dimentional Flow Velocities Behind Propeller	18
Gambar 2. 27 Perbedaan performa propeller dengan maupun tanpa PBCF	19
Gambar 2. 28 Gaya Hidrodinamik pada PBCF.....	19
Gambar 2. 29 perbandingan gaya dorong	20
Gambar 2. 30 performa kapal asli pada sea trial.....	20
Gambar 2. 31 FINE MARINE Drawing Output B4 – 85 Propeller.....	21
Gambar 2. 32 Perbedaan hasil dari experimen dan simulasi CFD.....	21
Gambar 4. 1 Dimensi utama propeller untuk jumlah blade 4,5,6 dan 7	27
Gambar 4. 2 Dimensi utama foil propeller	29
Gambar 4. 3 Koordinat Propeller V1 pada face.....	29
Gambar 4. 4 Koordinat Propeller V2 pada back.....	30
Gambar 4. 5 Pemodelan Propeller B4 – 85 Pandangan Depan.....	31
Gambar 4. 6 Pemodelan Propeller B4 – 85 Pandangan Samping.....	32
Gambar 4. 7 Pemodelan Propeller B4 – 85 Pandangan Prespective.....	32

Gambar 4. 8 NACA	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Gambar 4. 9 Geometri	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Gambar 4. 10 Pitch Angle 55 derajat dengan Propeller.....	36
Gambar 4. 11 Pitch Angle 60 derajat dengan Propeller.....	36
Gambar 4. 12 Pitch Angle 65 derajat dengan Propeller.....	37
Gambar 4. 13 Pitch Angle 70 derajat dengan Propeller.....	37
Gambar 4. 14 Pitch Angle 75 derajat dengan Propeller.....	38
Gambar 4. 15 Boundary definition pada numeca fine marine	40
Gambar 4. 17 Ukuran Boundary Propeller B4 - 85	40
Gambar 4. 17 Meshing Geometry Propeller B4 – 85	41
Gambar 4. 18 Hasil Cek Negative Cell.....	41
Gambar 4. 19 Hasil Cek Twisted Cell	42
Gambar 4. 20 Hasil Cek Concave Cell	42
Gambar 4. 21 Jumlah Cell Propeller B4 – 85	43
Gambar 4. 22 Flow Setting dalam software numeca	44
Gambar 4. 23 Aliran Fluida pada Propeller B4 - 85	44
Gambar 4. 24 Gaya Dorong Pada Propeller B4 – 85	45
Gambar 4. 25 Torsi Pada Propeller B4 – 85	45
Gambar 4. 26 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF.....	59
Gambar 4. 27 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF	60
Gambar 4. 28 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF	61
Gambar 4. 29 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF.....	62
Gambar 4. 30 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF.....	63
Gambar 4. 31 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF	64
Gambar 4. 32 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF	65
Gambar 4. 33 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF.....	66
Gambar 4. 34 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF	67
Gambar 4. 35 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF	68

Daftar Tabel

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Ar, Br, Cr dan Sr	29
Tabel 4. 2 KT – KQ – J Propeller B4 - 85	38
Tabel 4. 3 Kualitas Meshing PBCF	43
Tabel 4. 4 Perhitungan Manual Open Water Test Propeller B4 - 85	46
Tabel 4. 5 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 55 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF.....	49
Tabel 4. 6 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 60 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF.....	51
Tabel 4. 7 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 65 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF.....	53
Tabel 4. 8 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 70 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF.....	55
Tabel 4. 9 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 75 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF.....	57

Daftar Grafik

Grafik 2 1 Grafik KT – KQ – J Propeller B4 - 85	39
Grafik 4 1 Grafik Hasil Manual KT – KQ – J Propeller B4 - 85	46
Grafik 4 2 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J Propeller B4 - 85	47
Grafik 4 3 Grafik Hasil Manual Vs CFD KT – KQ – J Propeller B4 – 85	48
Grafik 4 4 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 55 Derajat	49
Grafik 4 5 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 55 Derajat	50
Grafik 4 6 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 60 Derajat	51
Grafik 4 7 Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 60 Derajat.....	52
Grafik 4 8 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 65 Derajat	53
Grafik 4 9 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 65 Derajat	54
Grafik 4 10 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 70 Derajat	55
Grafik 4 11 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 70 Derajat	56
Grafik 4 12 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 75 Derajat	57
Grafik 4 13 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 75 Derajat	58

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dalam dunia modern ini , dunia perkapaln sangat berkembang pesat. Banyak kapal yang di produksi untuk membantu produktifitas manusia. Kemajuan di dunia perkapalan juga di ikuti oleh perkembangan system propulsi itu sendiri. Pada umumnya, system propulsi sendiri terdiri dari : Propeller, Jet Propulsion, Stern Thruster , Bow Thruster, dan lain – lain.

Selain itu, setiap engineer saling berlomba untuk menciptakan (ESD) *Energy Saving Devices* dengan mencapai tujuan murah, bersih dan dapat digunakan dengan waktu yang lama. Menurut *International Maritime Organization* (IMO), dunia maritime mengeluarkan 870 juta ton emisi karbon dioksida, sekitar 2.7 % dari emisi global pada tahun 2007 (IMO 2013).

Untuk ESD dapat dibedakan menjadi 8 alat, yaitu : Twisted Rudder, Costa – Bulb with Twisted Rudders, Costa – Bulb with Conventional Rudders, Boss Cap Fins, Propeller Redesign, Wake Equalising Duct, Becker Mewis Duct, Bullbous Bow Retro – Fit yang mempunyai perbedaan karakteristik dan efisiensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat disimpulkan bahwa rumusan masalah untuk tugas akhir sebagai berikut :

1. Bagaimana bentuk geometri variasi pitch 55° , 60° , 65° , 70° , 75° yang terjadi pada PBCF ?
2. Bagaimana perbedaan persentase daya dorong dan torsi pada propeller setelah dan sebelum variasi pitch angle 55° , 60° , 65° , 70° , 75° pada PBCF ?
3. Bagaimana aliran fluida yang dihasilkan setelah dan sebelum pemasangan PBCF pada propeller B - Series?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dapat disimpulkan Batasan masalah untuk tugas akhir sebagai berikut :

1. B4 – 85 Type of Propeller
 - Diameter = 3.262 m
 - Number of Blade = 4
 - Blade Section = B – Series
 - Speed = 210 Rpm
2. PBCF Type of Propeller
 - Diameter = 0.816 m
 - Number of Blade = 4
3. Analisa pada saat keadaan open water test
4. Kondisi propeller yang dianalisa dalam keadaan stabil.
5. Hanya menganalisa gaya dorong pada propeller.

6. Hanya menganalisa torsi pada propeller.
7. Tidak menganalisa engine propeller matching.
8. Tidak menganalisa kavitasi.
9. Tidak membahas metode optimalisasi desain

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui bentuk geometri PBCF ketika terjadi variasi pitch 55° , 60° , 65° , 70° , 75°
2. Mengetahui perbedaan persentase gaya dorong yang terjadi pada propeller B - series sebelum dan sesudah pemasangan PBCF.
3. Mengetahui aliran fluida yang terjadi pada propeller B - series sebelum dan sesudah pemasangan Propeller Boss Cap Fins.

1.5 Keuntungan

Keuntungan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui ESD dari propeller Boss Cap Fins.
2. Mengetahui aliran fluida yang terjadi pada propeller Boss Cap Fins.
3. Dapat menjadi referensi untuk permasalahan lebih lanjut.
4. Dapat mengetahui penyelesaian masalah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Propeller

Propeller seperti fan berputar, akan tetapi mempunyai fungsi sebagai penggerak kapal yang menghasilkan power dan ditransmisikan dari mesin utama kapal. Power ditransmisikan di konversi menjadi gerakan putaran untuk menghasilkan gaya dorong yang berefek kepada momentum air, menghasilkan gaya untuk mendorong kapal kearah depan. Propeller dibedakan menjadi 11 tipe, yaitu : Adjustable Bolted Propeller (ABP), Assembled Propeller, CLT Propeller, Contra – Rotating Propeller (CRP), Controlable – Pitch Propeller (CPP), Ducted Propeller, Fixed Pitch Propeller (FPP), High Skew Propeller, Keyless Propeller, Solid Propeller, Surface Pierching Propeller.



Gambar 2. 1 Propeller tampak dari bawah air
(Sumber : www.reddit.com)



Gambar 2. 2 Aliran fluida saat propeller bekerja
(Sumber : www.io9.gizmodo.com)

2.1.1 *Adjustable Bolted Propeller (ABP)*

Konsep yang sama seperti *controllable pitch propeller*, berbasis ABP, lubang pada hub dengan blade dibaut dari luar. Pada saat keadaan service, slot pada lubang dapat memungkinkan mengatur pitch angle berbagai variasi. Jika propeller rusak, maka dapat mengganti blade secara individu tanpa proses drydocking.



Gambar 2. 3 Adjustable Bolted Propeller
(Sumber : www.scanapropulsion.com)

2.1.2 *CLT Propeller*

Contracted Loaded Tip Propeller, dikembangkan oleh perusahaan Spanyol SISTEMAR pada tahun 1980, *screw propeller* dengan beban pada blade tips karena terjadi bending end plate blade tip. Seperti yang kita ketahui, efisiensi yang tinggi, CLT propeller mempunyai getaran dan suara yang rendah, konsumsi bahan bakar dan maneuver yang lebih baik.



Gambar 2. 4 CLT Propeller
(Sumber : www.motorship.com)

2.1.3 *Contra – Rotating Propeller*

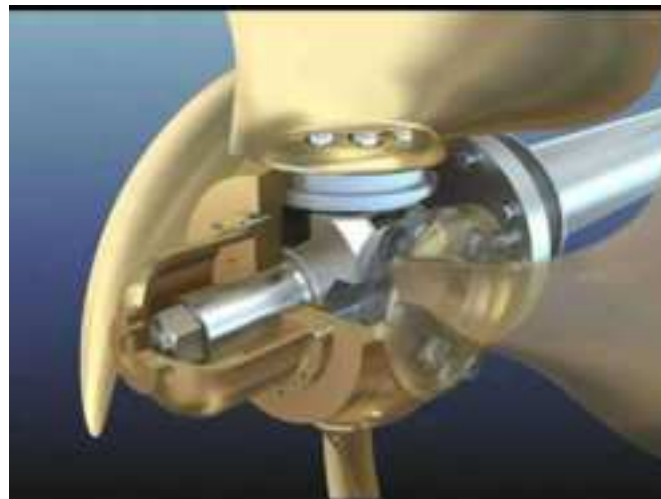
Dua propeller di pasang dalam satu sumbu yang berputar saling berlawanan arah. Setelah propeller primer cocok dengan propeller sekunder, maka didapatkan hasil efisiensi tinggi dikarenakan baling – baling dapat diatur, serta tidak ada sisa energy sotasi yang ditinggalkan oleh propeller tersebut.



Gambar 2. 5 Contra - Rotating Propeller
(Sumber : www.worldmaritimeneews.com)

2.1.4 *Controlable Pitch Propeller*

Propeller yang mempunyai sistem pengaturan mekanis pada bagian *hub* dan dapat diatur melalui *operated remotely* untuk konfigurasi *pitch* dari *maximum design ahead pitch* ke *maximum design astern pitch*. Pitch dapat diatur bersamaan dengan propeller sedang berputar dan menghasilkan *thrus* yang diinginkan, atau pitch dapat diatur pada saat kondisi *continuous operation*.



Gambar 2. 6 Controlable Pitch Propeller Sectional
(Sumber : www.i.ytimg.com)

2.1.5 *Ducted Propeller*

Propeller berlokasi di dalam duct, seperti ring dengan *cross section* berbentuk sayap (profile). Duct dapat memberikan perlindungan bagi daun propeller dan meningkatkan thrust yang dihasilkan propeller. Nilai dari thrust dari propeller berdiameter kecil, menjadi solusi untuk kapal dengan desain sarat yang rendah .



Gambar 2. 7 Duced Propeller
(Sumber : www.upload.wikipedia.org)

2.1.6 *Fixed Pitch Propeller (FPP)*

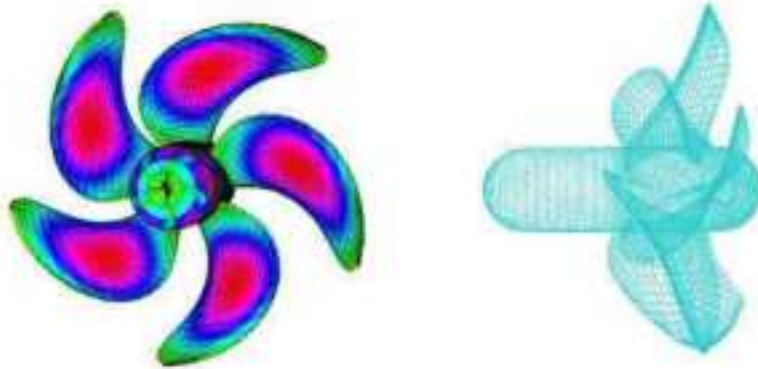
Propeller dengan baling – baling tidak bisa diatur (fix) yang menempel pada hub.



Gambar 2. 8 Fixed Pitch Propeller
(Sumber : www.ship-technology.com)

2.1.7 *High Skew Propeller*

Propeller yang mempunyai sudut skew lebih dari 25 derajat. High skew blade dapat diaplikasikan untuk mengurangi kavitasi yang dihasilkan oleh tekanan impuls. Dengan skewing blades, dapat untuk mengurangi getaran kurang lebih 30 % dari desain tanpa skew. Distribusi skew dengan tipe balance, dalam artian blade pada corot bagian dalam bergerak maju ketika chord bagian luar *skewed*. Karena skew tidak ber-efek pada efisiensi propeller, propeller ini dapat digunakan untuk kapal dengan tingkat getarannya rendah.



Gambar 2. 9 High Skew Propeller Section
(Sumber : www.crships.org)

2.1.8 *Keyless Propeller*

Propeller dengan pitch yang tetap, di sematkan pada kerucut poros. Tidak ada keyway dengan konsentrasi stress yang ada.



Gambar 2. 10 Keyless Propeller Fabrication
(sources : www.mpss.gr)

2.1.9 *Solid Propeller*

Propeller dengan baling – baling dan hub di cor dalam satu kesatuan yang utuh.



Gambar 2. 11 Solid Propeller Fabrication
(Sumber : www.i.pining.com)

2.1.10 *Surface Pierching Propeller*

Propeller yang di posisikan, sehingga aliran air melewati hub sebelah kanan. Setiap propeller berputar, setengah dari daun propeller keluar dari air. Alasannya yaitu sistem pierching propulsion mempunyai efisiensi yang baik, mengurangi appendage drag, mereduksi kavitasi dan draft yang dangkal.



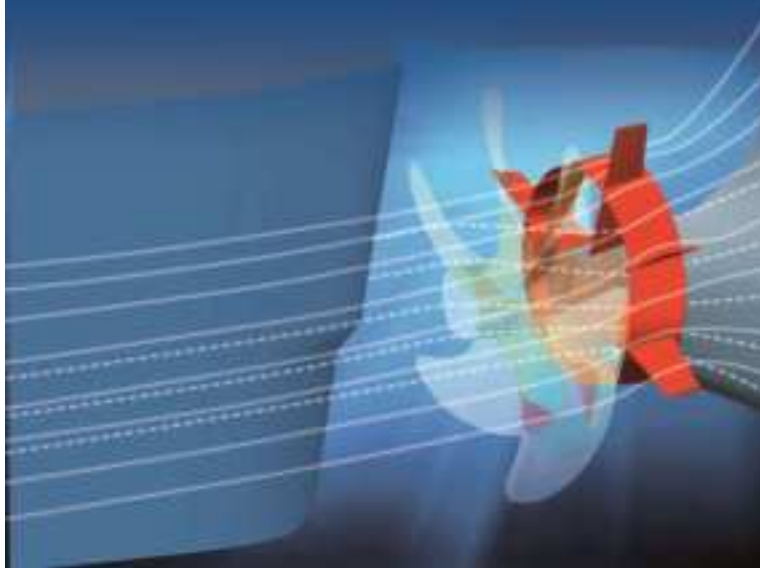
Gambar 2. 12 Surface Pierching Propeller Yachts Instalation
(Sumber : www.stealthyachts.com)

2.1.11 *Assembled Propeller*

Propeller build – up dan di cor dalam satu kesatuan. Build - up propeller mempunyai daun yang di cor secara terpisah dan di fix kan ke hub dengan sistem bolts dan studs.

2.2 *Energy Saving Device*

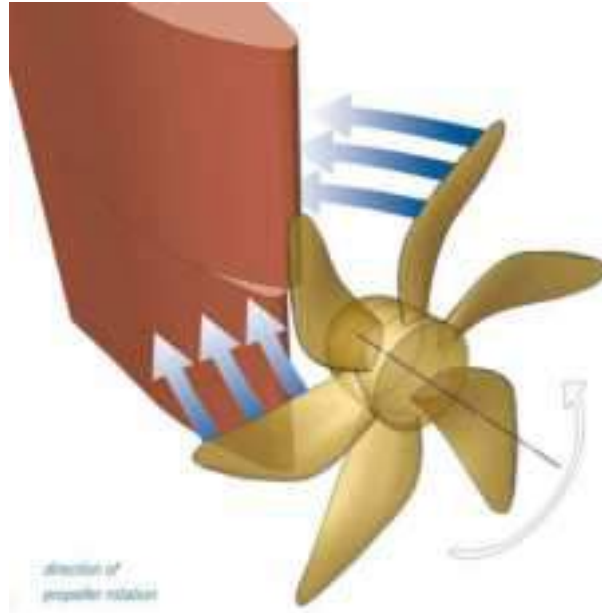
The term energy saving device encompasses the measure and method for saving energy in ship operation compared to conventional ship. Energy saving device are divided into 5 types, there are : Twisted Rudder,



Gambar 2. 13 Contoh dari Working Energy Saving Device
(Sumber : www.worldmaritimenews.com)

2.2.1 *Twisted Rudder*

Kemudi konvensional yang ditempatkan di belakang baling – baling dengan penampang disusun secara simetris dari bidang vertikal kemudi kapal. Perancangan ini tidak mempertimbangkan fakta bahwa propeller menginduksi aliran rotasi kuat yang mengenai daun kemudi. Hasil tersebut pada daerah aliran tekanan pada daun kemudi yang menginduksi kavitasasi dan masalah erosi terkait. Untuk menghindari kavitasasi serta memperbaiki performa manuver pada semua area *spade rudder*. Becker telah mengembangkan tipe rudder *twisted leading edge*, yang mempunyai karakteristik sebagai berikut : perpanjangan sudut *uncritical* pada *rudder angle sector*, tidak memakai *rudder horn* dan kavitasasi gab, profil optimasi, efisiensi propulsi yang tinggi, me reduksi ketebalan profil.



Gambar 2. 14 Twisted Rudder Working
(Sumber : www.twistedrudder.com)

2.2.2 *Schneekluth Wake Equalizing Duct*

Alat *improve* sistem propulsi, terutama untuk kapal full blok., dikembangkan oleh professor Schneekluth. Terdiri dari dua nozzle berbentuk halfring, terpasang pada area *stern propeller*. Duct dapat mempercepat aliran di bagian atas bidang baling – baling dan dapat memperlambat di part paling bawah, sehingga mencapai *homogenous wake field*.



Gambar 2. 15 Schneekluth Duct Instalations
(Sumber : www.schneekluth.com)

2.2.3 *Mervis Duct*

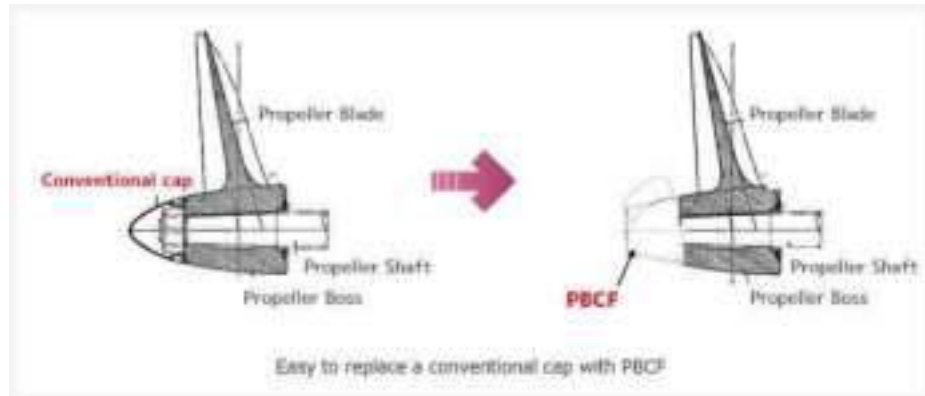
Power saving device terdiri dari *wake equalizing duct* yang dikombinasikan oleh sistem integrasi *pre – swirl*, diposisikan pada bagian *ahead* propeller. Fungsinya yaitu dapat mengurangi *losses* pada aliran ke propeller melalui duct, mengurangi *losses* pada slipstream melalui *pre – swirl fin* dan mengurangi *losses* pada aliran hub dengan meningkatkan beban pada baling – baling di bagian dalam secara radial.



Gambar 2. 16 Marvis Duct
(Sumber : www.wartsila.com)

2.2.4 *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)*

ESD (*Energy Saving Device*), dikembangkan oleh Mitsui OSK. Terdiri dari baling – baling pendek yang di pasangkan pada boss propeller yang dapat mengubah energi dari *vortex hub* menjadi tambahan torsi dan gaya dorong, ditransmisikan kembali ke poros. Peningkatan pada sistem propulsi dapat mencapai 4% sampai 5% tergantung pada uji coba. Pengurangan dari vortex yang dihasilkan propeller hub dapat berdampak pada getaran stern rendah dan kebisingn baling – baling yang rendah. Dapat juga mengurangi masalah erosi pada daun kemudi.



Gambar 2. 17 Different Between Conventional Cap and PBCF
(Sumber : www.pbcf.jp)

2.2.5 *Grim Vane Wheel*

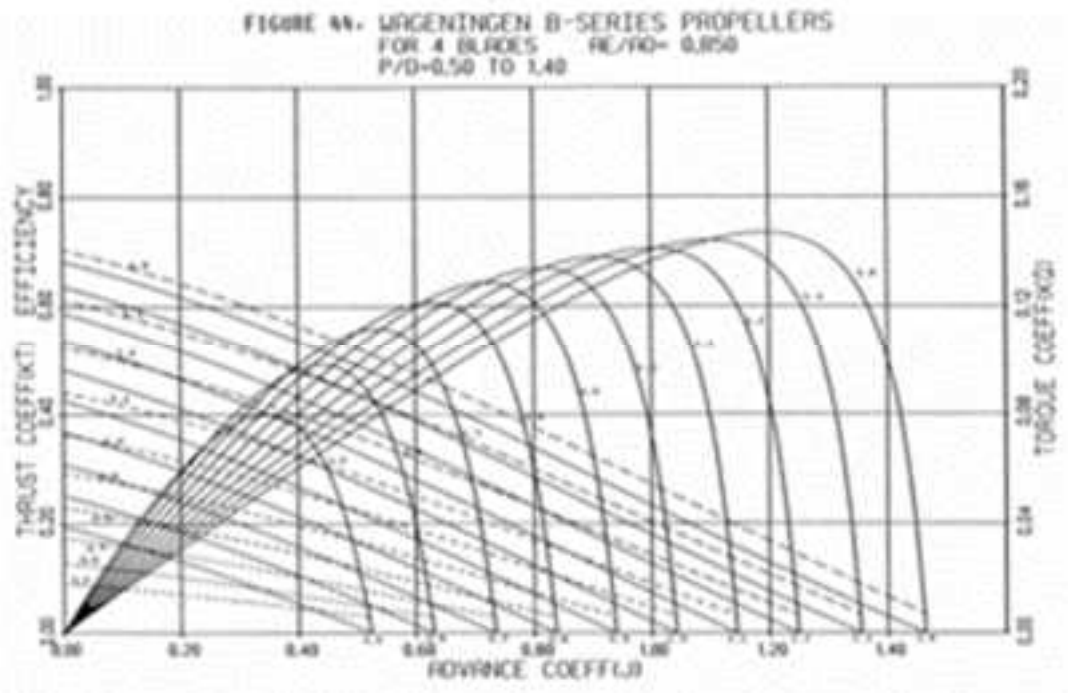
Grim vane wheel berlokasi pada belakang propeller. Mempunyai diameter lebih besar dari diameter utama, sehingga di bagian dalamnya terletak di arus baling – baling. Vane wheel blade mempunyai profil turbin di bagian dalam dimana mereka mempunyai profil baling – baling pada bagian luar. Pada bagian section turbine mempunyai energi kinetic yang di ambil dari flystream baling – baling, yang langsung di transformasikan lagi dengan propeller menjadi daya dorong tambahan.



Gambar 2. 18 Grim Vane Wheel
(Sumber : www.upload.wikipedia.org)

2.3 Karakteristik Kinerja Propeller

Pada open water test, karakteristik baling – baling propeller disajikan dalam diagram $K_T - K_Q - J - \text{Efisiensi}$. Setiap jenis baling – baling tidak dapat di generalisasi karakteristiknya serta mempunyai diagram $K_T - K_Q - J - \text{Efisiensi}$ masing – masing.



Gambar 2. 19 Open Water Test Input Diagram B4 – 85 Propeller
(Sumber :Wageningen B – Series Propeller Book)

Karakteristik kinerja propeller dapat dihitung dengan rumus :

2.3.1 *Trust Coefficient (K_T)*

To find trust coefficient use this formula :

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (2.1)$$

Where :

T = Propeller Thrust

ρ = Fluid Density

n = Number Of Propeller Revolution Per Second

D = Propeller Diameter

2.3.2 Torque Coefficient (KQ)

To find torque coefficient use this formula :

$$KQ = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (2.2)$$

Where :

Q = Propeller Torque

ρ = Fluid Density

n = Number Of Propeller Revolution Per Second

D = Propeller Diameter

2.3.3 Advance Ratio (J)

To find Advance ratio use this formula :

$$J = \frac{VA}{\rho D} \quad (2.3)$$

Where :

VA = Speed Of Advance

n = Number Of Propeller Revolution Per Second

D = Propeller Diameter

2.3.4 Open Water Efficiency Of The Propeller (η)

Untuk mencari efisiensi propeller dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta_o = \frac{J}{2\pi} \frac{KT}{KQ} \quad (2.4)$$

Where :

J = Advance Ratio

KT = Trust Coefficient

KQ = Torque Coefficient

2.4 Gaya Dorong Propeller

Gaya dorong yang dihasilkan propeller pada setiap kecepatan. Jika efisiensi propeller normal, maka dapat mencapai gaya dorong perencanaan. Gaya dorong dapat di ketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$T = KT \times \rho \times n^2 \times D^4 \quad (2.5)$$

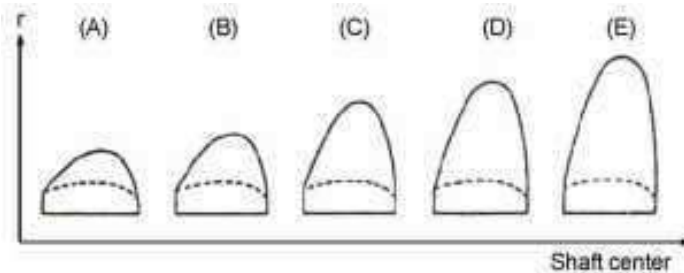
Where :

K_T = Trust Coefficient
 ρ = Fluid Density
 n = Number Of Propeller Revolution Per Second
 D = Propeller Diameter

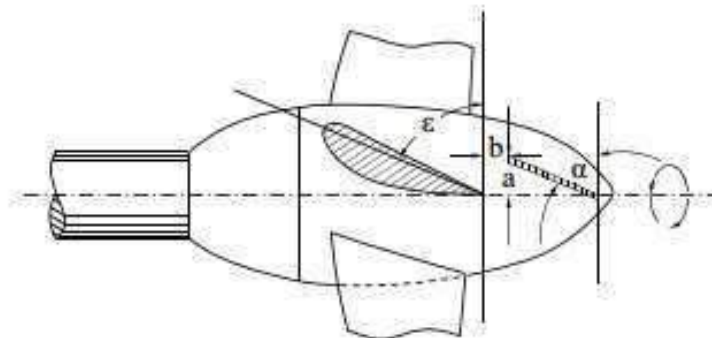
2.5 PBCF Design Characteristic

Ouchi (1988) menganalisa efek yang dihasilkan pada desain parameter PBCF melalui *open water propeller efficiency from the experimental test* dan analisa berbasis CFD . Ouchi (1998) menyarankan 6 parameter desain PBCF seperti berikut :

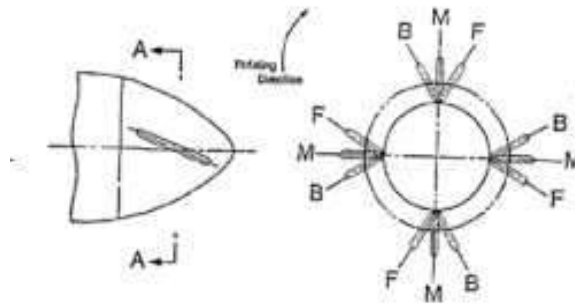
- Shape of the fin
- Radius ratio of PBCF to the propeller
- Installation position of the boss to cap of the leading edge of the fin
- Installation angle of the fin
- Number of fin
- Inclination of the fins



Gambar 2. 20 Configuration of fins
(Sumber :Ouchie, 1988)



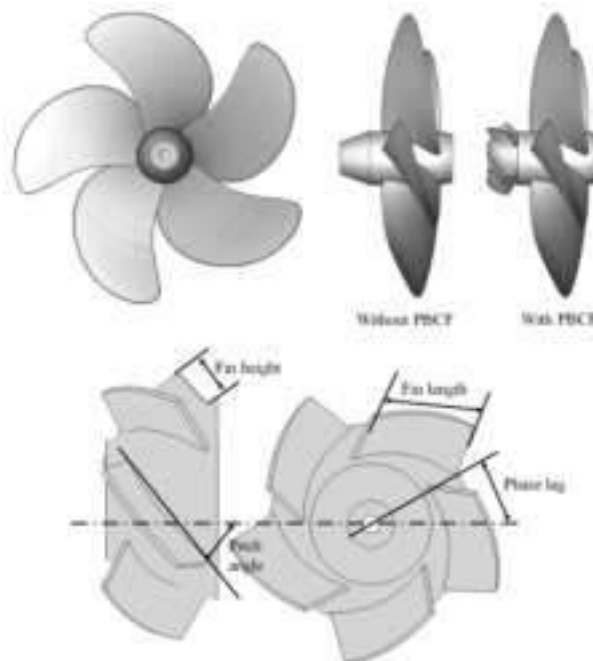
Gambar 2. 21 Installation of the fin
(Sumber :Ouchie, 1988)



Gambar 2. 22 Inclination of the fin
(sources :Ouchi, 1988)

Ouchi (1988) menyarankan untuk desain geometri PBCF seperti berikut :

- The number of the fin should be equal to the number of blades of propeller.
- The phase difference between the cross – section of the blade root and fins varies from – 20 to 30 degrees.
- The diameter of the fins should not exceed 33 % of the propeller’s diameter.
- The leading edge of the fins is located between the roots of two adjacent blades.



Gambar 2. 23 PBCF Anatomy
(Sumber :Jeongwha 2016)

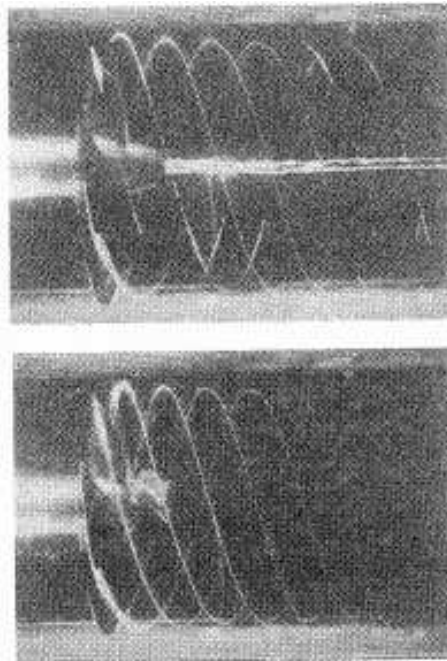
2.6 Efek Penambahan *PBCF*

Ouchi (1989) penambahan *propeller boss cap fins* dapat memberikan efek yaitu :

- Dapat memberikan efek perbaikan (*rectification*) untuk pengurangan *hub vortex*.
- Mereduksi efek torsi untuk mendapatkan gaya hidrodinamik kearah putaran propeller.
- Efek peningkatan thrust pada propeller utama untuk pengurangan *hub vortex*.

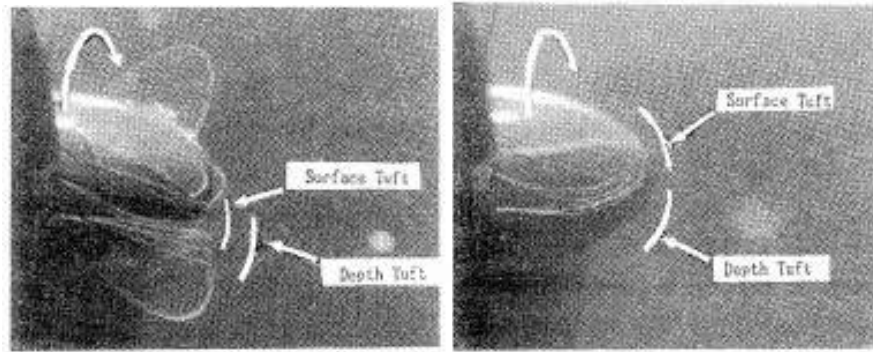
2.6.1 *Rectification Effect*

Rectification Effect dapat dilihat pada slip stream pada propeller yang ditest tidak maupun menggunakan PBCF pada saat kondisi kecepatan dinas.



Gambar 2. 24 Cavitation in Propeller Slipstream
(Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)

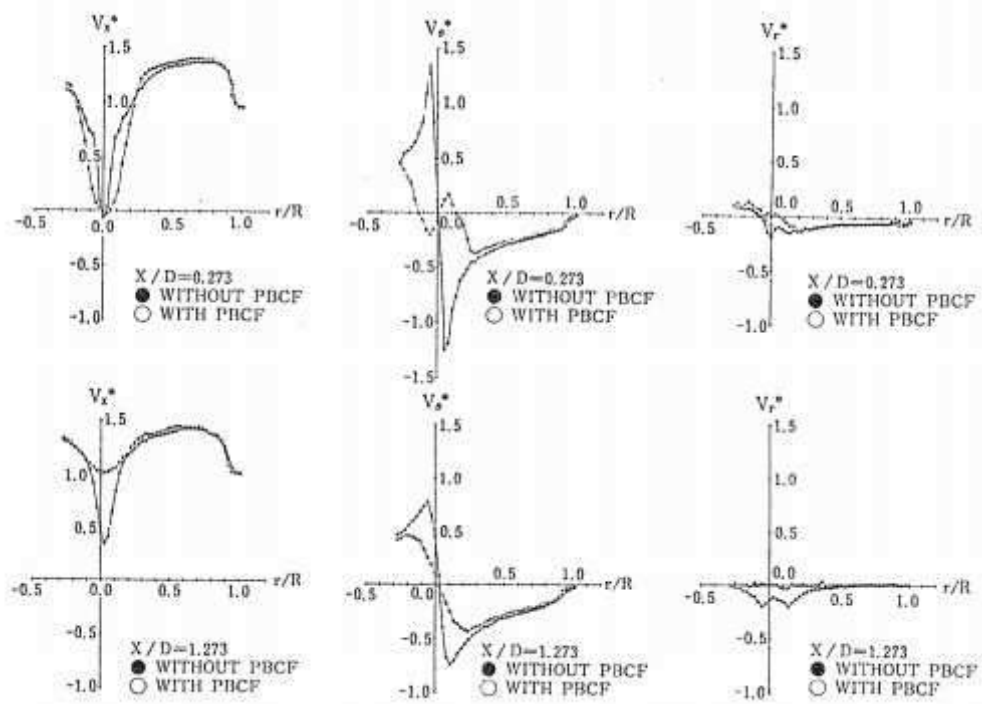
Pada eksperimen berikut menunjukkan bahwa PBCF dapat mengeliminasi hub vortex dengan *rectification effect* yang mengalir searah putaran terjadi dekat permukaan boss cap.



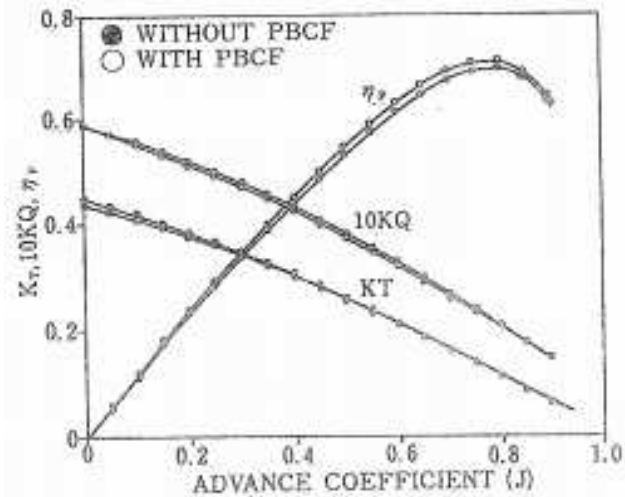
Gambar 2. 25 Flow around Boss Cap
 (Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)

2.6.2 Efek Pengurangan Torsi dan Efek Penambahan Daya Dorong

Hasil pengukuran kecepatan aliran dengan laser doppler velocitimeter menggunakan dan tanpa menggunakan PBCF.



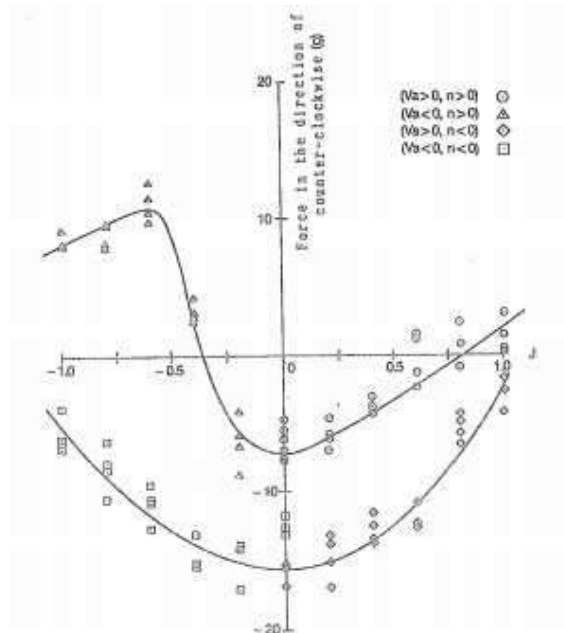
Gambar 2. 26 3 – Dimensional Flow Velocities Behind Propeller
 (Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)



Gambar 2. 27 Perbedaan performa propeller dengan maupun tanpa PBCF
(Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)

2.6.3 Gaya Hydrodinamik yang bekerja pada PBCF

Berdasarkan gambar dibawah dapat diketahui hasil dari gaya hidrodinamik yang terjadi pada sirip PBCF di 4 kombinasi V_a (Propeller Advance Speed) dan n (Propeller Rotating Speed).



Gambar 2. 28 Gaya Hidrodinamik pada PBCF
(Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)

	Without PBCF	With PBCF	Balance
T	+100.0	+100.6	+0.6
Tc	-0.2	-0.2	+0.0
Tp	+100.2	+100.8	+0.6
Q	+100.0	+98.5	-1.5
Qc	-0.0	-1.4	-1.4
Qp	+100.0	+99.9	-0.1
η	100.0	102.1	+2.1

Gambar 2. 29 perbandingan gaya dorong
(Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Average
Kind of Ship	PC	Reefer	PC	PC	PC	Container	PC	Container	Container	Ferry	Container	
G.T. (Ton)	44979	13700	31200	55000	55000	41700	57000	51000	41400	499	41300	
M.C.O. (PS)	12500	9700	10500	15900	15000	37800	16000	39000	37800	1000 X 2	33000	
Propeller												
Diameter (mm)	5350	5550	5500	6600	6600	8100	6400	8550	7700	2230	8000	
Pitch Ratio	0.8905	0.8093	1.0509	1.0282	1.0282	1.079	1.0283	1.065	1.213	0.9242	1.0125	
Dev. Area Ratio	0.6	0.5	0.6734	0.59	0.59	0.7277	0.63	0.653	0.8053	0.52	0.6068	
Box Ratio	0.1888	0.1559	0.1691	0.1591	0.1591	0.1605	0.1658	0.1612	0.1688	0.157	0.17	
Blade Section	MAI	KIS	MAI	NACA	NACA				MAP	MAI	NACA	
Blade Number	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	
Date of Trial	Sep. 1987	Jan. 1988	Jan. 1988	Feb. 1988	Mar. 1988	Mar. 1988	Mar. 1988	Mar. 1988	Jun. 1988	Jun. 1988	Jun. 1988	
Power Measured by	Torque meter	Torque meter	Torque meter	Torque meter	Torque meter	Torque meter		Torque meter	Torque meter	Fuel Oil Consum.	Torque meter	
Speed Measured by	MARSMEC	MARSMEC	MARSMEC	MARSMEC	MARSMEC	MARSMEC		MARSMEC	MARSMEC	Mile Post	MARSMEC	
Correction Method	JTTC	JTTC	Taniguchi & Tamura	Taniguchi & Tamura	Taniguchi & Tamura	Taniguchi & Tamura	JTTC	Taniguchi & Tamura	Taniguchi & Tamura	Not Applied	Taniguchi & Tamura	
Comparison	Sister Ship	Sister Ship	Estimated Curve	Sister Ship	Sister Ship	Sister Ship	Estimated Curve	Estimated Curve	Same Ship	Same Ship	Estimated Curve	
Δns (%)	3.9	3.3	4.9	3.2	3.2	8.4	2.6	4.6	1.9	6.7	4.5	4.3
Δn_{pm} (%)	2.0-2.2	2.0-2.5	1.6-2.7	0.7-1.2	0.7-1.2	1.5-2.1	1.7-2.0	0.8-1.2	1.2-2.5	1.7-2.3	1.7-2.3	1.7
Δrpm (%)	1.2	0.8				0.5	0.8		0.8			0.8

Gambar 2. 30 performa kapal asli pada sea trial.
(Sumber :Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan)

2.6 Software

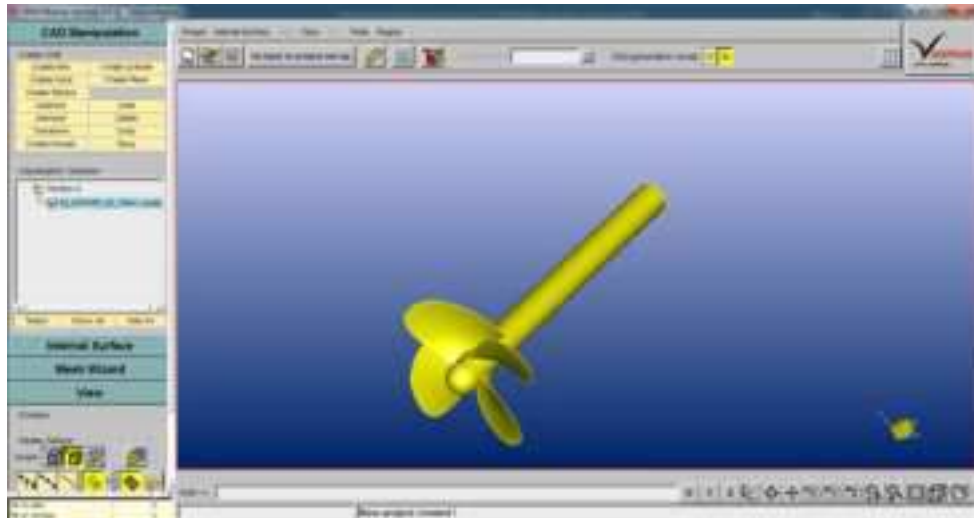
Untuk pengerjaan tugas akhir ini menggunakan 2 software bantuan, yaitu AutoCAD 2013 dan CFD Software.

2.6.1 Computer Aided Design

software CAD (Computer Aided Design) yang merupakan produk dari Autodesk yang bertujuan untuk membantu perancangan dan pengaturan, menghasilkan projek akhir mempunyai presisi tingkat tinggi. Marine Enggining, Architecture, serta baground Teknik lainnya menggunakan software ini. Mempunyai 4 manfaat dari software ini, diantaranya :

- Gambar output yang dihasilkan dengan AutoCAD mempunyai presisi yang tinggi jika dibandingkan dengan menggambar manual.
- Gambar bisa di ubah tanpa mengganti media gambar

- Media gambar AutoCAD sangat luas, dapat menampung banyak gambar dalam satu layout.
- Gambar bisa di ubah ke dalam format lain untuk analisa yang baerkelanjutan.



Gambar 2. 31 FINE MARINE Drawing Output B4 – 85 Propeller
(Sumber: Dokumen Pribadi)

2.6.2 *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah proses pemecahan masalah secara numerik dengan persamaan dinamika fluida untuk memprediksi arus resultan. CFD dapat digunakan untuk aliran fluida dan perpindahan panas. Banyak perangkat lunak yang tersedia serta user friendly dengan hasil yang mempunyai warna – warni. Disamping itu, CFD bisa membawa pola aliran yang sulit, tidak mungkin dan sangat mahal jika dibandingkan dengan metode experiment. Pada umumnya CFD dibagi menjadi 3 proses, antara lain : Pre – Processor, Solver Manager, dan Post – Processor.



real experiment

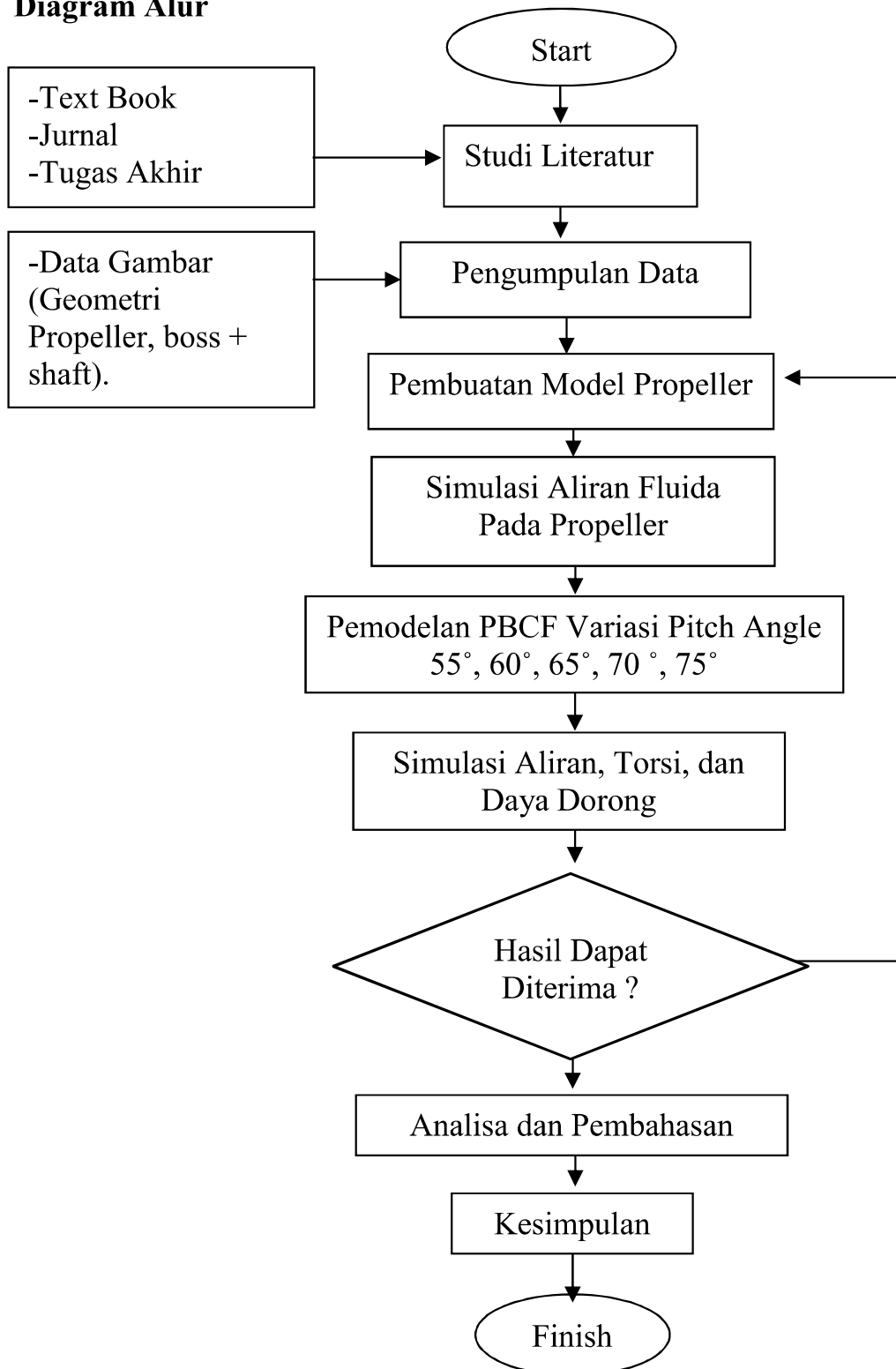


CFD simulation

Gambar 2. 32 Perbedaan hasil dari experimen dan simulasi CFD
(Sumber :www.mathematik.uni-dortmund.de)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alur



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengenai pengerjaan yang dilakukan dan mengidentifikasi masalah diangkat dalam tugas akhir ini. Pada tahapan ini, masalah diangkat adalah pengurangan vortex, serta penambahan gaya dorong dan torsi akibat penambahan *propeller boss cap fins*.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan menunjang teori untuk lebih memahami dalam pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur dapat diperoleh dari jurnal internasional, hak paten, buku, internet, interview, dan diskusi.

3.4 Pengumpulan Data

Pada tahap ini pengumpulan data yang diperlukan untuk analisa sehingga mempermudah dalam merencanakan desain *propeller boss cap fins* (PBCF). Berikut adalah data – data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini :

3.4.1 Data Propeller

Data propeller yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu :

Tabel 1 Spesifikasi Propeller B-Series

Propeller B-4 85		
Type	Fixed Propeller	
Diameter (m)	D	3.262
No.. Of Blade	Z	4
Rotation	Direction	Left
Revolution	n	210
Blade Section	B-Series	

3.4.2 Data PBCF

Data *propeller boss cap fins* (PBCF) yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu :

Tabel 2 Spesifikasi Propeller Boss Cap Fins (PBCF)

Propeller Boss Cap Fins		
Type	Fixed Hub	
Diameter (m)	D	0.816
No.. Of Blade	Z	4
Rotation	Direction	Left
Revolution	n	210
Blade Section	B-Series	

3.5 Pembuatan Model Propeller

Pemodelan propeller menggunakan software CAD untuk mendapatkan geometri yang *solid* guna dapat dianalisa lebih lanjut menggunakan software marine Computational Fluid Dynamic (CFD).

3.6 Simulasi Aliran Fluida Pada Propeller

Setelah mendapatkan model geometri dari propeller, maka dilakukan simulasi guna melihat aliran fluida di propeller.

3.7 Pemodelan PBCF Dengan Variasi *Pitch Angle*

Setelah didapatkan hasil simulasi aliran fluida pada propeller, maka dilakukan pemodelan PBCF sesuai dengan variasi pitch angle 55° , 60° , 65° , 70° , 75° menggunakan software CAD.

3.8 Simulasi Aliran Fluida, Torsi dan Daya Dorong

Setelah didapatkan model PBCF dengan variasi pitch, maka proses selanjutnya yaitu melakukan simulasi aliran fluida, torsi, dan daya dorong setelah adanya penambahan PBCF pada propeller. Proses simulasi ini menggunakan software CFD.

3.8 Analisa dan Pembahasan

Setelah hasil dapat diterima, maka data dapat diolah dengan cara membandingkan data yang sudah dilakukan pengujian dari tiap model maupun variable dan ditampilkan dalam bentuk grafik maupun table yang diinginkan.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Setelah proses penelitian, langkah selanjutnya yaitu menyusun skripsi untuk menjawab semua rumusan masalah. Dapat memberikan masukan – masukan lanjutan untuk bisa menyempurnakan dan mantaat penelitian kedepannya.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Geometri *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF)

Untuk pembuatan *propeller boss cap fins* (PBCF), maka dibutuhkan data pemodelan propeller b4 – 85, foil dan *propeller boss cap fins* sebagai berikut :

4.1.1 Dimensi Utama Propeller B4 - 85

Data utama propeller B4 – 85 :

Diameter	= 3262 mm
P / Db	= 0.840
Ae / Ao	= 0.45
Rake	= 15 Deg
Blade Section	= B – Series
Number of Blade	= 4
Speed	= 210 Rpm

4.1.2 Pembuatan Model Propeller B4 - 85

Pada tahap pemodelan propeller B4 – 85, data yang dicari geometri propeller. Geometri utama propeller dapat dicari menggunakan tabel sebagai berikut :

Dimensions of four-, five-, six- and seven-bladed propellers					
r/R	$\frac{c}{D}$	$\frac{Z}{A_E/A_O}$	a/c	b/c	$t/D = A_r - B_r Z$
					A_r B_r
0.2	1.662		0.617	0.350	0.0526 0.0040
0.3	1.882		0.613	0.350	0.0464 0.0035
0.4	2.050		0.601	0.351	0.0402 0.0030
0.5	2.152		0.586	0.355	0.0340 0.0025
0.6	2.187		0.561	0.389	0.0278 0.0020
0.7	2.144		0.524	0.443	0.0216 0.0015
0.8	1.970		0.463	0.479	0.0154 0.0010
0.9	1.582		0.351	0.500	0.0092 0.0005
1.0	0.000		0.000	0.000	0.0030 0.0000

Gambar 4. 1 Dimensi utama propeller untuk jumlah blade 4,5,6 dan 7

(Sumber : Carlton John, 2007. Marine Propeller and Propulsion, MPG Book Ltd, Great Britain)

Berikut adalah contoh perhitungan geometri propeller B4 – 85 pada posisi 0.2R, maka dibutuhkan perhitungan Ar, Br, Cr dan Sr. Untuk mencari Ar, dapat dicari melalui rumus berikut :

$$K_r = \frac{C_r \times Z}{D \times A_e/A_o}$$

$$C_r \times Z = K_r \times D \times A_e/A_o$$

$$C_r = \frac{K_r \times D \times A_e/A_o}{Z}$$

$$C_r = \frac{1.662 \times 3.262 \times 0.45}{0.45}$$

$$C_r = 0.610 \text{ m}$$

Untuk mencari Ar dan Br dapat dicari melalui rumus berikut :

$$\begin{aligned} A_r &= C_r \times A_r/C_r \\ &= 0.610 \times 0.617 \\ &= 0.376 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk nilai Br yaitu :

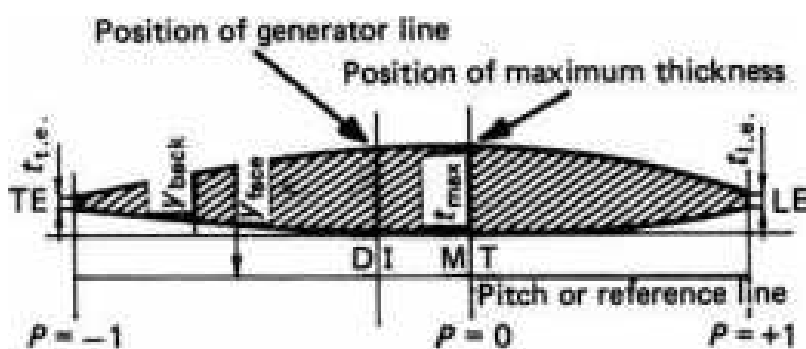
$$\begin{aligned} B_r &= C_r \times B_r/C_r \\ &= 0.610 \times 0.350 \\ &= 0.213 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk mencari Sr dapat dicari melalui rumus berikut :

$$\begin{aligned} \underline{S_r} &= (A_r - (B_r \times Z)) \\ &D \\ S_r &= (A_r - (B_r \times Z)) \times D \\ S_r &= (0.0526 - (0.0040 \times 4)) \times 3.262 \\ S_r &= 0.1194 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Ar, Br, Cr dan Sr

r/R	c _r Z	c _r (m)	a _r /c _r	a _r (m)	b _r /c _r	b _r (m)	S _r /D = A _r - B _r Z		S _r (m)
	DA _E /A ₀						A _r	B _r	
0.2	1.662	0.610	0.617	0.376	0.350	0.213	0.0526	0.0040	0.1194
0.3	1.882	0.691	0.613	0.423	0.350	0.242	0.0464	0.0035	0.1057
0.4	2.050	0.752	0.601	0.452	0.350	0.263	0.0402	0.0030	0.0920
0.5	2.152	0.790	0.586	0.463	0.355	0.280	0.0340	0.0025	0.0783
0.6	2.187	0.803	0.561	0.450	0.389	0.312	0.0278	0.0020	0.0646
0.7	2.144	0.787	0.524	0.412	0.443	0.349	0.0216	0.0015	0.0509
0.8	1.970	0.723	0.463	0.335	0.479	0.346	0.0154	0.0010	0.0372
0.9	1.582	0.581	0.351	0.204	0.500	0.290	0.0092	0.0005	0.0235
1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0030	0.0000	0.0098



Gambar 4. 2 Dimensi utama foil propeller

(Sumber : Carlton John, 2007. Marine Propeller and Propulsion, MPG Book Ltd, Great Britain)

Selanjutnya koordinat foil propeller V1 untuk face dan V2 untuk back.

Values of V₁ for use in the equations

r/R	P	-1.0	-0.95	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0	
0.7-1.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.5		0.0522	0.0420	0.0330	0.0190	0.0100	0.0040	0.0012	0	0	0	
0.4		0.1467	0.1200	0.0972	0.0630	0.0395	0.0214	0.0116	0.0044	0	0	
0.3		0.2306	0.2040	0.1790	0.1333	0.0943	0.0623	0.0376	0.0202	0.0033	0	
0.25		0.2598	0.2372	0.2115	0.1651	0.1246	0.0899	0.0579	0.0350	0.0084	0	
0.2		0.2826	0.2630	0.2400	0.1967	0.1570	0.1207	0.0880	0.0592	0.0172	0	
0.15		0.3000	0.2824	0.2650	0.2300	0.1950	0.1610	0.1280	0.0955	0.0365	0	
r/R	P	+1.0	+0.95	+0.9	+0.85	+0.8	+0.7	+0.6	+0.5	+0.4	+0.2	0
0.7-1.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6		0.0382	0.0169	0.0067	0.0022	0.0006	0	0	0	0	0	0
0.5		0.1278	0.0778	0.0500	0.0328	0.0211	0.0085	0.0034	0.0008	0	0	0
0.4		0.2181	0.1467	0.1088	0.0833	0.0637	0.0357	0.0189	0.0090	0.0033	0	0
0.3		0.2923	0.2186	0.1760	0.1445	0.1191	0.0790	0.0503	0.0300	0.0148	0.0027	0
0.25		0.3256	0.2513	0.2068	0.1747	0.1465	0.1008	0.0669	0.0417	0.0224	0.0031	0
0.2		0.3560	0.2821	0.2353	0.2000	0.1685	0.1180	0.0804	0.0520	0.0304	0.0049	0
0.15		0.3860	0.3150	0.2642	0.2230	0.1870	0.1320	0.0920	0.0615	0.0384	0.0096	0

Gambar 4. 3 Koordinat Propeller V1 pada face

(Sumber : Carlton John, 2007. Marine Propeller and Propulsion, MPG Book Ltd, Great Britain)

Values of V_2 for use in the equations

r/R	P	-1.0	-0.95	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0
0.9-1.0	0	0.0975	0.19	0.36	0.51	0.64	0.75	0.84	0.96	1	
0.85	0	0.0975	0.19	0.36	0.51	0.64	0.75	0.84	0.96	1	
0.8	0	0.0975	0.19	0.36	0.51	0.64	0.75	0.84	0.96	1	
0.7	0	0.0975	0.19	0.36	0.51	0.64	0.75	0.84	0.96	1	
0.6	0	0.0965	0.1885	0.3585	0.5110	0.6415	0.7530	0.8426	0.9613	1	
0.5	0	0.0950	0.1865	0.3569	0.5140	0.6439	0.7580	0.8456	0.9639	1	
0.4	0	0.0905	0.1810	0.3500	0.5040	0.6353	0.7525	0.8415	0.9645	1	
0.3	0	0.0800	0.1670	0.3360	0.4885	0.6195	0.7335	0.8265	0.9583	1	
0.25	0	0.0725	0.1567	0.3228	0.4740	0.6050	0.7184	0.8139	0.9519	1	
0.2	0	0.0640	0.1455	0.3060	0.4535	0.5842	0.6995	0.7984	0.9446	1	
0.15	0	0.0540	0.1325	0.2870	0.4280	0.5585	0.6770	0.7805	0.9360	1	

r/R	P	+1.0	+0.95	+0.9	+0.85	+0.8	+0.7	+0.6	+0.5	+0.4	+0.2	0
0.9-1.0	0	0.0975	0.1900	0.2775	0.3600	0.51	0.6400	0.75	0.8400	0.9600	1	
0.85	0	0.1000	0.1950	0.2830	0.3660	0.5160	0.6455	0.7550	0.8450	0.9615	1	
0.8	0	0.1050	0.2028	0.2925	0.3765	0.5265	0.6545	0.7635	0.8520	0.9635	1	
0.7	0	0.1240	0.2337	0.3300	0.4140	0.5615	0.6840	0.7850	0.8660	0.9675	1	
0.6	0	0.1485	0.2720	0.3775	0.4620	0.6060	0.7200	0.8090	0.8790	0.9690	1	
0.5	0	0.1750	0.3056	0.4135	0.5039	0.6430	0.7478	0.8275	0.8880	0.9710	1	
0.4	0	0.1935	0.3235	0.4335	0.5220	0.6590	0.7593	0.8345	0.8933	0.9725	1	
0.3	0	0.1890	0.3197	0.4265	0.5130	0.6505	0.7520	0.8315	0.8020	0.9750	1	
0.25	0	0.1758	0.3042	0.4108	0.4982	0.6359	0.7415	0.8259	0.8899	0.9751	1	
0.2	0	0.1560	0.2840	0.3905	0.4777	0.6190	0.7277	0.8170	0.8875	0.9750	1	
0.15	0	0.1300	0.2600	0.3665	0.4520	0.5995	0.7105	0.8055	0.8825	0.9760	1	

Gambar 4. 4 Koordinat Propeller V_2 pada back

(Sumber : Carlton John, 2007. Marine Propeller and Propulsion, MPG Book Ltd, Great Britain)

Berikut adalah hasil perkalian antara V_1 face dengan S_r (maximum thickness) propeller B4 – 85.

r/R	P (m)									
	-1.00	-0.95	-0.90	-0.80	-0.70	-0.60	-0.50	-0.40	-0.20	0.00
1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.50	0.004087	0.003288	0.002584	0.001487	0.000783	0.000313	0.000094	0	0	0
0.40	0.013495	0.011039	0.008941	0.005795	0.003634	0.001969	0.001067	0.000405	0	0
0.30	0.024372	0.021561	0.018918	0.014088	0.009966	0.006584	0.003974	0.002135	0.000349	0
0.20	0.033739	0.031399	0.028653	0.023484	0.018744	0.014410	0.010506	0.007068	0.002053	0

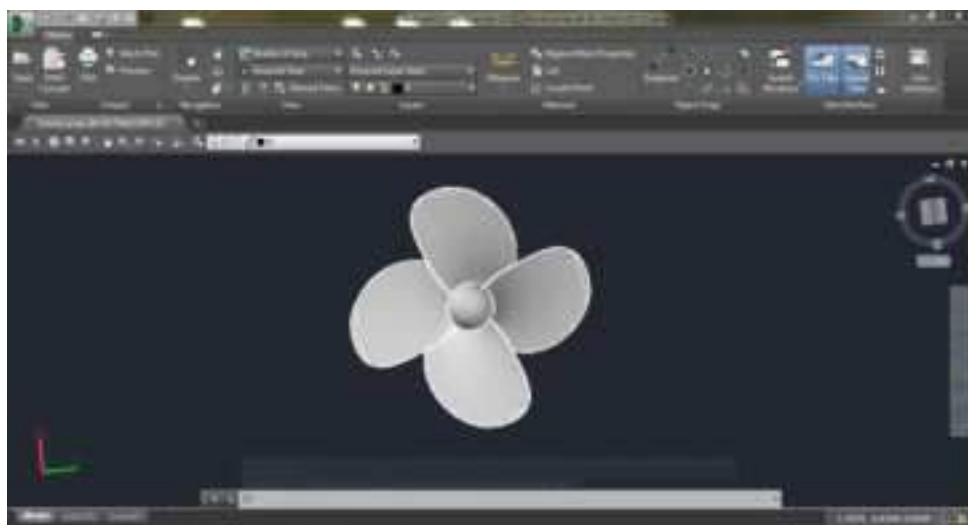
r/R	P (m)										
	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20	0.00
1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.60	0.0025	0.0011	0.0004	0.0001	0	0	0	0	0	0	0
0.50	0.0100	0.0061	0.0039	0.0026	0.0017	0.0007	0.0003	0.0001	0	0	0
0.40	0.0201	0.0135	0.0100	0.0077	0.0059	0.0033	0.0017	0.0008	0.0003	0	0
0.30	0.0309	0.0231	0.0186	0.0153	0.0126	0.0083	0.0053	0.0032	0.0016	0.0003	0
0.2	0.0425	0.0337	0.0281	0.0239	0.0201	0.0141	0.0096	0.0062	0.0036	0.0006	0

Berikut adalah hasil perkalian antara V_2 back dengan S_r (maximum thickness) propeller B4 – 85.

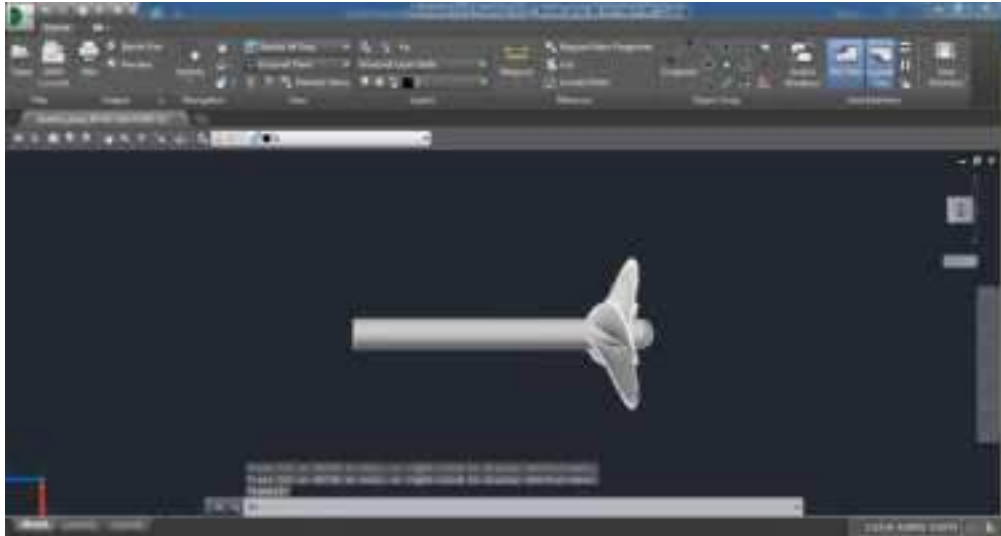
r/R	P (m)									
	-1.00	-0.95	-0.90	-0.80	-0.70	-0.60	-0.50	-0.40	-0.20	0.00
1.00	0.0000	0.0010	0.0019	0.0035	0.0050	0.0063	0.0073	0.0082	0.0094	0.0098
0.90	0.0000	0.0023	0.0045	0.0085	0.0120	0.0150	0.0176	0.0197	0.0225	0.0235
0.80	0.0000	0.0036	0.0071	0.0134	0.0190	0.0238	0.0279	0.0312	0.0357	0.0372
0.70	0.0000	0.0050	0.0097	0.0183	0.0260	0.0326	0.0382	0.0427	0.0489	0.0509
0.60	0.0000	0.0062	0.0122	0.0232	0.0330	0.0414	0.0486	0.0544	0.0621	0.0646
0.50	0.0000	0.0074	0.0146	0.0279	0.0402	0.0504	0.0593	0.0662	0.0755	0.0783
0.40	0.0000	0.0083	0.0166	0.0322	0.0464	0.0584	0.0692	0.0774	0.0887	0.0920
0.30	0.0000	0.0085	0.0177	0.0355	0.0516	0.0655	0.0775	0.0874	0.1013	0.1057
0.20	0.0000	0.0076	0.0174	0.0365	0.0541	0.0697	0.0835	0.0953	0.1128	0.1194

r/R	P (m)										
	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20	0.00
1.00	0.0000	0.0010	0.0019	0.0027	0.0035	0.0050	0.0063	0.0073	0.0082	0.0094	0.0098
0.90	0.0000	0.0023	0.0045	0.0065	0.0085	0.0120	0.0150	0.0176	0.0197	0.0225	0.0235
0.80	0.0000	0.0039	0.0075	0.0109	0.0140	0.0196	0.0243	0.0284	0.0317	0.0358	0.0372
0.70	0.0000	0.0063	0.0119	0.0168	0.0211	0.0286	0.0348	0.0399	0.0441	0.0492	0.0509
0.60	0.0000	0.0096	0.0176	0.0244	0.0298	0.0391	0.0465	0.0523	0.0568	0.0626	0.0646
0.50	0.0000	0.0137	0.0239	0.0324	0.0394	0.0503	0.0585	0.0648	0.0695	0.0760	0.0783
0.40	0.0000	0.0178	0.0298	0.0399	0.0480	0.0606	0.0698	0.0768	0.0822	0.0895	0.0920
0.30	0.0000	0.0200	0.0338	0.0451	0.0542	0.0688	0.0795	0.0879	0.0943	0.1030	0.1057
0.20	0.0000	0.0186	0.0339	0.0466	0.0570	0.0739	0.0869	0.0975	0.1060	0.1164	0.1194

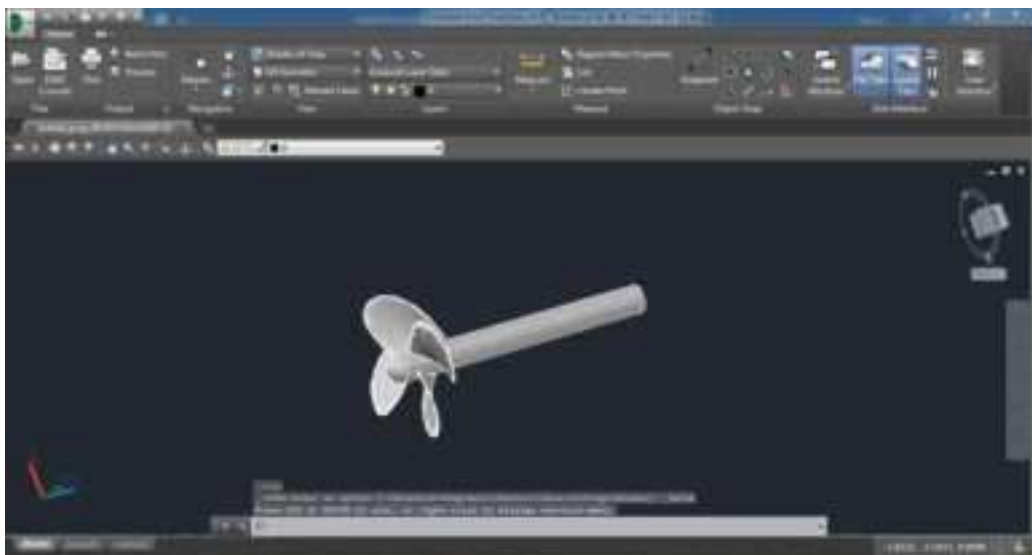
Setelah diketahui koordinat propeller, Pada tahap ini dilakukan proses pemodelan 3dimensi Pembuatan model ini menggunakan software CAD.



Gambar 4. 5 Pemodelan Propeller B4 – 85 Pandangan Depan
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 4. 6 Pemodelan Propeller B4 – 85 Pandangan Samping
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 4. 7 Pemodelan Propeller B4 – 85 Pandangan Prespective
(Sumber : Dokumen Pribadi)

4.1.3 Pemilihan Foil

Reynold's Number tidak mempunyai *dimentionless value* yang dapat menghitung rasio dari gaya inersia ke gaya fluida dan mendeskripsikan aliran laminar atau turbulen. Sebuah sistem yang dioperasikan dengan bilangan Reynold sama, maka mempunyai kemiripan karakteristik aliran walaupun itu fluida, kecepatan aliran dan Panjang bervariasi. Pemilihan foil dapat dipengaruhi oleh bilangan *Reynold's Number*. Data yng dapat digunakan untuk menghitung Reynold's Number sebagai berikut :

Data utama Kapal :

LBP	= 108 m
LWL	= 111.2 m
B	= 17.2 m
T	= 4.5 m
H	= 12.01 m
Cb	= 0.547
Speed	= 17.5 Knot = 9.002 m/s
Tipe Kapal	= Ro – Ro

Dari data diatas dapat dicari *Reynold's Number* dengan rumus :

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{v l}{\nu}$$

Where:

v = Velocity of the fluid

l = The characteristics length, the chord width of an airfoil

ρ = The density of the fluid

μ = The dynamic viscosity of the fluid

ν = The kinematic viscosity of the fluid

Untuk mencari *velocity of the fluid*, membutuhkan data mengenai *wake friction*. *Wake friction* dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned} W &= (0.5 \times C_b) - 0.05 \\ &= (0.5 \times 0.547) - 0.05 \\ &= 0.2735 - 0.05 \\ &= 0.2235 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai *wake friction*, maka dapat dicari nilai *velocity of fluid* dengan rumus :

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - W) \times V_s \\ &= (1 - 0.2235) \times 9.002 \\ &= 6.990053 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung nilai *Reynold's Number* berdasarkan :

$$\begin{aligned} Re &: \frac{6.99053 \times 0.2}{1.188 \times 10^{-6}} \\ &: 1,176,857 \end{aligned}$$

4.1.4 Penggambaran PBCF

Langkah selanjutnya yaitu penggambaran PBCF dengan variasi pitch angle sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Pitch Angle 55 derajat dengan Propeller

(PBCF) Propeller Boss Cap Fins mempunyai jumlah blade yang sama dengan blade propeller. Diameter PBCF diambil 24% dari diameter propeller dan pitch angle yang divariasikan yaitu 55°



Gambar 4. 9 Pitch Angle 60 derajat dengan Propeller

(PBCF) Propeller Boss Cap Fins mempunyai jumlah blade yang sama dengan blade propeller. Diameter PBCF diambil 24% dari diameter propeller dan pitch angle yang divariasikan yaitu 60°



Gambar 4. 10 Pitch Angle 65 derajat dengan Propeller

(PBCF) Propeller Boss Cap Fins mempunyai jumlah blade yang sama dengan blade propeller. Diameter PBCF diambil 24% dari diameter propeller dan pitch angle yang divariasikan yaitu 65°



Gambar 4. 11 Pitch Angle 70 derajat dengan Propeller

(PBCF) Propeller Boss Cap Fins mempunyai jumlah blade yang sama dengan blade propeller. Diameter PBCF diambil 24% dari diameter propeller dan pitch angle yang divariasikan yaitu 70°



Gambar 4. 12 Pitch Angle 75 derajat dengan Propeller

(PBCF) Propeller Boss Cap Fins mempunyai jumlah blade yang sama dengan blade propeller. Diameter PBCF diambil 24% dari diameter propeller dan pitch angle yang divariasikan yaitu 75 °

4.2 Perbedaan Persentase Daya Dorong dan Torsi pada Propeller Sebelum dan Sesudah Variasi Pitch Angle pada PBCF

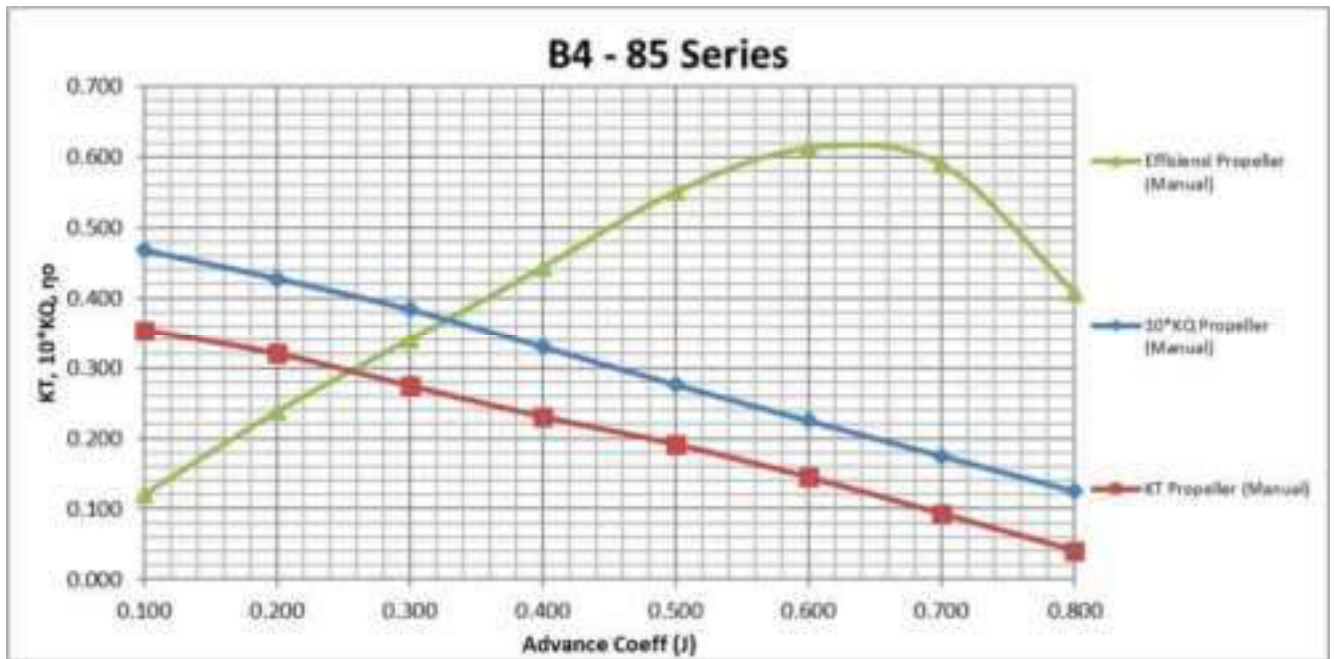
Untuk menghitung persentase perbedaan daya dorong dan torsi, maka hal perlu dilakukan selanjutnya yaitu validasi hasil dari perhitungan manual daya dorong dan torsi pada propeller B4 – 85 terhadap outputan nilai yang dikeluarkan oleh software CFD.

4.2.1 Grafik Propeller Open Water Test KQ – KT - J

Untuk validasi data propeller B4 – 85, maka data yang dibutuhkan yaitu grafik open water test yang digunakan mencari nilai KT – KQ – J dengan berpatokan nilai P/D pada tipe propeller yang akan dianalisa. Dari penelitian sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 2 KT – KQ – J Propeller B4 - 85

Manual									
J	Va (m/s)	N (Rps)	N (Rpm)	KT	KQ	10*KQ	η_o	Q (kNm)	T (kN)
0.100	1.024	3.500	210.00	0.354	0.047	0.4680	0.120	217.033	503.268
0.200	2.049	3.500	210.00	0.320	0.043	0.4280	0.238	198.483	454.931
0.300	3.073	3.500	210.00	0.274	0.038	0.3840	0.341	178.078	389.535
0.400	4.097	3.500	210.00	0.230	0.033	0.3300	0.444	153.036	326.982
0.500	5.121	3.500	210.00	0.191	0.028	0.2760	0.551	127.994	271.537
0.600	6.146	3.500	210.00	0.144	0.023	0.2250	0.612	104.343	205.003
0.700	7.170	3.500	210.00	0.093	0.018	0.1750	0.589	81.155	131.504
0.800	8.194	3.500	210.00	0.040	0.013	0.1250	0.408	57.968	56.866



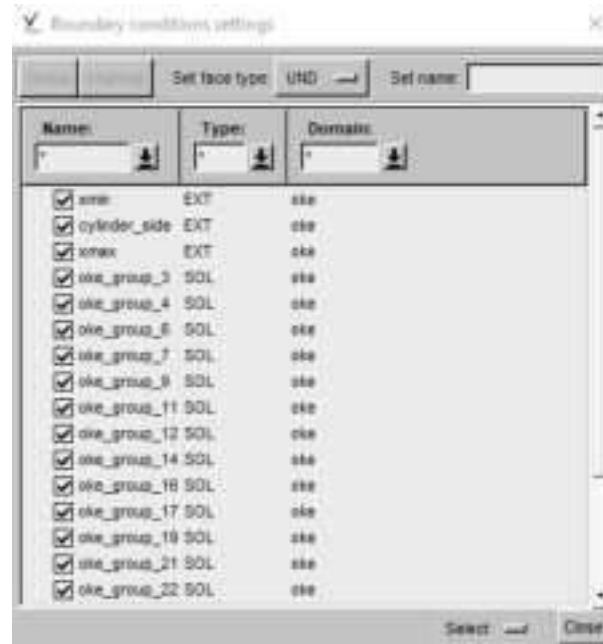
Grafik 2 1 Grafik KT – KQ – J Propeller B4 - 85

4.2.2 Analisa Software CFD

Setelah dilakukan perhitungan manual, maka langkah selanjutnya yaitu Analisa menggunakan software CFD. Langkah – langkah dari Analisa software yaitu : Mesh Generation, Flow Setting dan Post-Processing.

4.2.2.1 Mesh Generation

Pada tahap mesh generation merupakan langkah awal dimana model yang akan dikonversi menjadi solver manager. Model akan dibagi menjadi beberapa bagian untuk dikondisikan agar solver manager dapat bekerja. Untuk model dalam tugas akhir ini didefinisikan menjadi 2 yaitu : objek dan boundary. Objek terdiri dari blade, triling edge, leading edge, tip, hub dan shaft. Sedangkan boundary terdiri dari inlet dan outlet.



Gambar 4. 13 Boundary definition pada numeca fine marine

Untuk menganalisa model harus menentukan nilai pada domain tersebut diantaranya : kecepatan aliran fluida, massa jenis fluida, temperatur fluida, jenis fluida dan jumlah waktu yang dibutuhkan (Number Of Timestep). Berikut adalah spesifikasi dari domain propeller B4-85 :

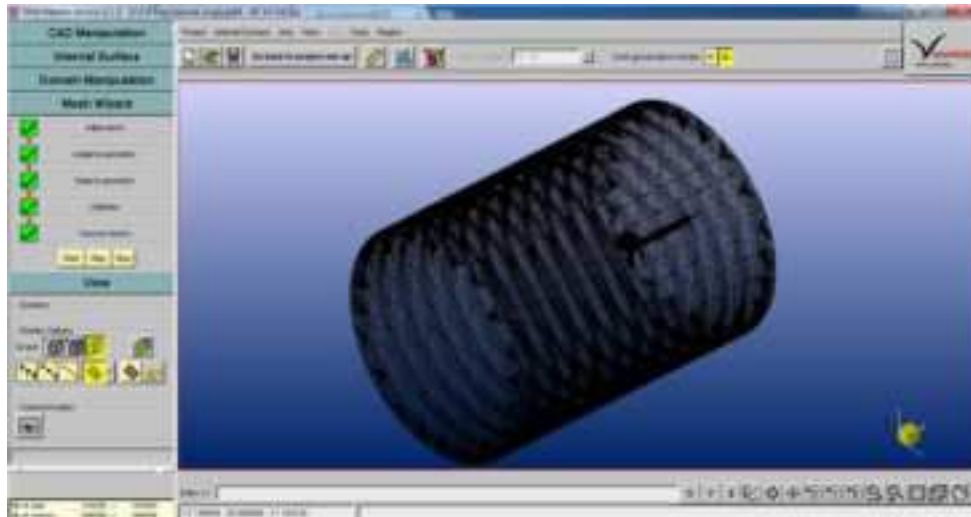
Untuk standard pembuatan domain propeller sebagai berikut :

- $8D = 8 \times 3.262 \text{ m} = 26.096 \text{ m}$
- $6D = 6 \times 3.262 \text{ m} = 19.572 \text{ m}$
- $2D = 2 \times 3.262 \text{ m} = 6.524 \text{ m}$



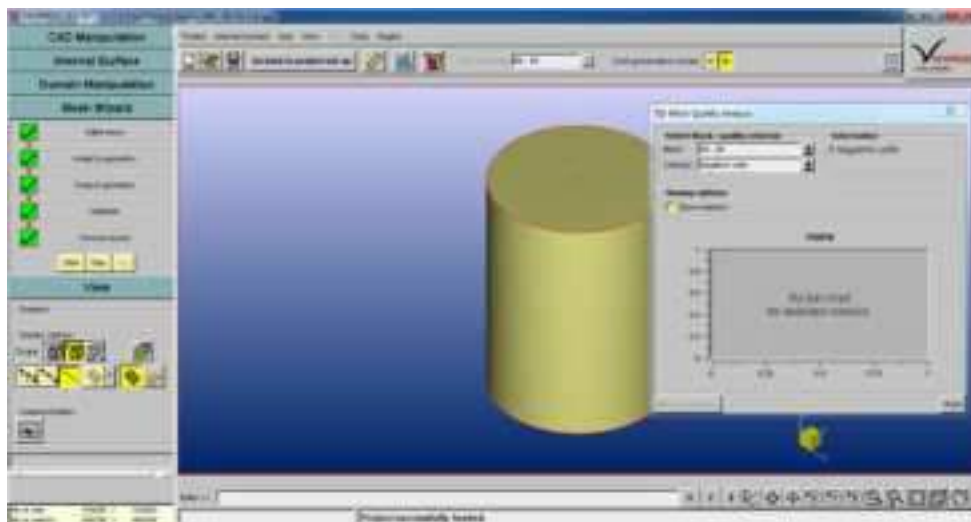
Gambar 4. 14 Ukuran Boundary Propeller B4 - 85

Pada tahap ini, hasil geometri propeller B4 – 85 memasuki tahapan meshing. Tahapan – tahapan meshing pada software CFD yaitu 1. Initial Mesh, 2. Adapt to Geometry, 3. Snap to Geometry, 4. Optimize, 5. Viscous Layer. Berikut adalah hasil meshing dari propeller B4 – 85.

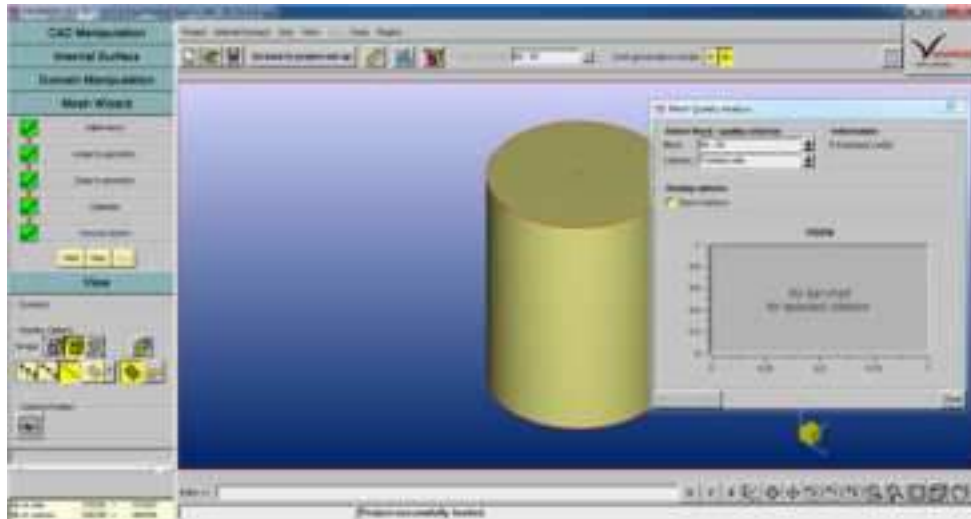


Gambar 4. 15 Meshing Geometry Propeller B4 – 85

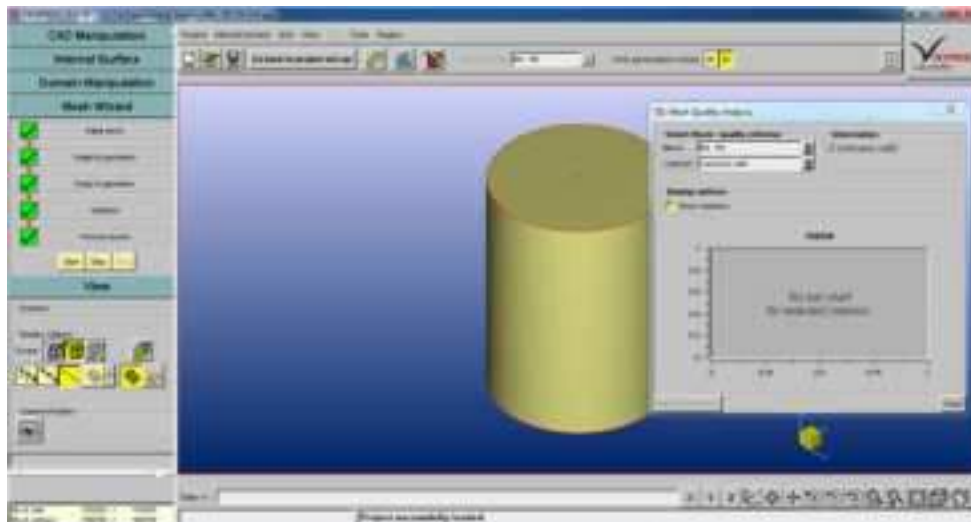
Setelah tahap meshing geometri propeller B4 – 85, maka dicek negative cells, concave cells, twisted cells. Hasil koreksi meshing geometri sebagai berikut :



Gambar 4. 16 Hasil Cek Negative Cell



Gambar 4. 17 Hasil Cek Twisted Cell



Gambar 4. 18 Hasil Cek Concave Cell



Gambar 4. 19 Jumlah Cell Propeller B4 – 85

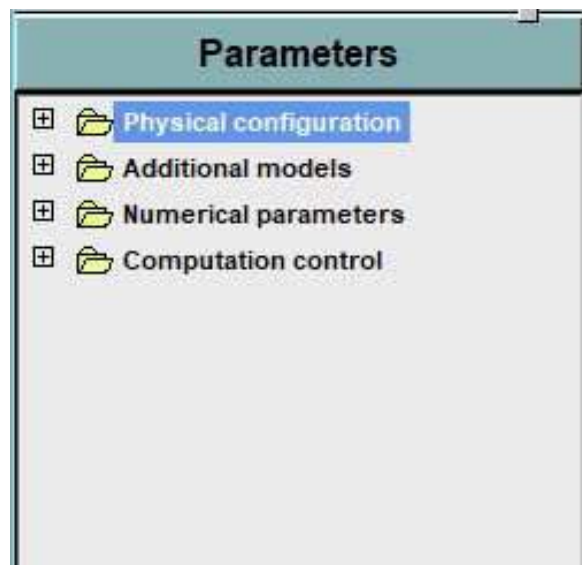
Berikut adalah hasil kualitas meshing PBCF yang ditinjau dari total number of cell dan total number of vertices dalam software numeca fine marine. Semakin tinggi kualitas meshing, maka hasil yang akan didapat dalam pengambilan data dengan model tersebut semakin bagus atau mendekati realita pada lapangan.

Tabel 4. 3 Kualitas Meshing PBCF

No.	Meshing Quality		
	Model	Total Number Of Cells	Total Number Of Vertices
1	Propeller B-4 85	2604431	2844566
2	55 Degree PBCF	3197682	3509798
3	60 Degree PBCF	3201066	3514358
4	65 Degree PBCF	3199067	3510268
5	70 Degree PBCF	3312884	3629436
6	75 Degree PBCF	3279982	3593238

4.2.2.2 Flow Setting

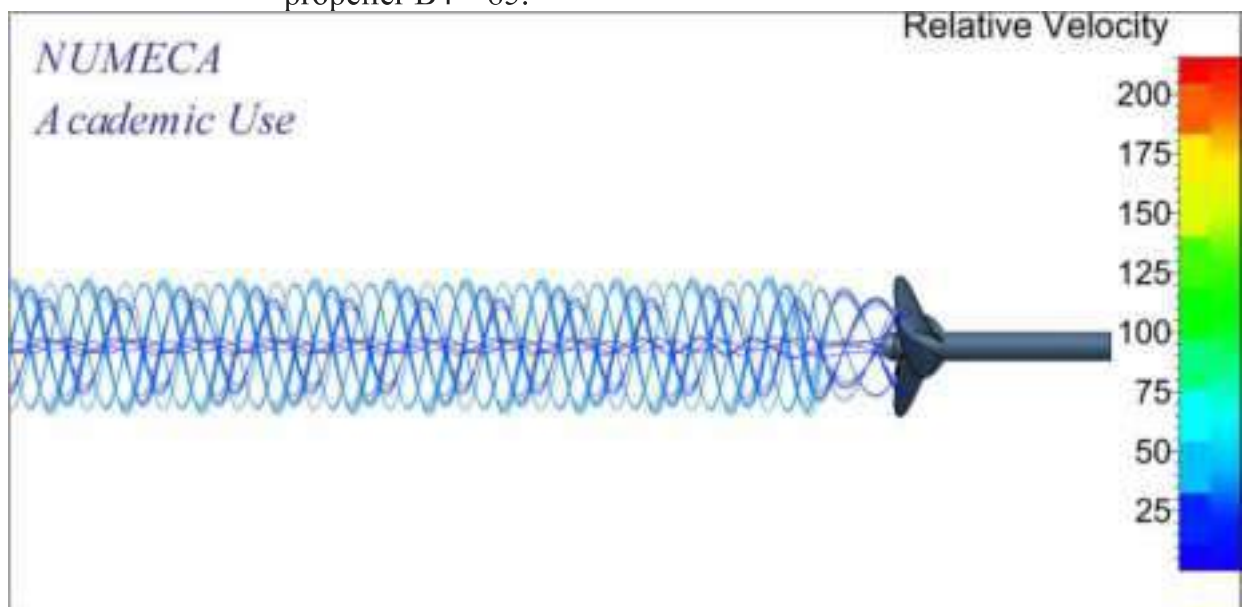
Flow setting merupakan proses lanjutan dari mesh generation yang mendefinisikan jenis fluida dan karakteristik fluida yang akan digunakan dalam running solver. Dalam numeca terdapat 4 parameter pokok yang harus didefinisikan pada proses flow setting.



Gambar 4. 20 Flow Setting dalam software numeca

4.2.2.3 Post Processing

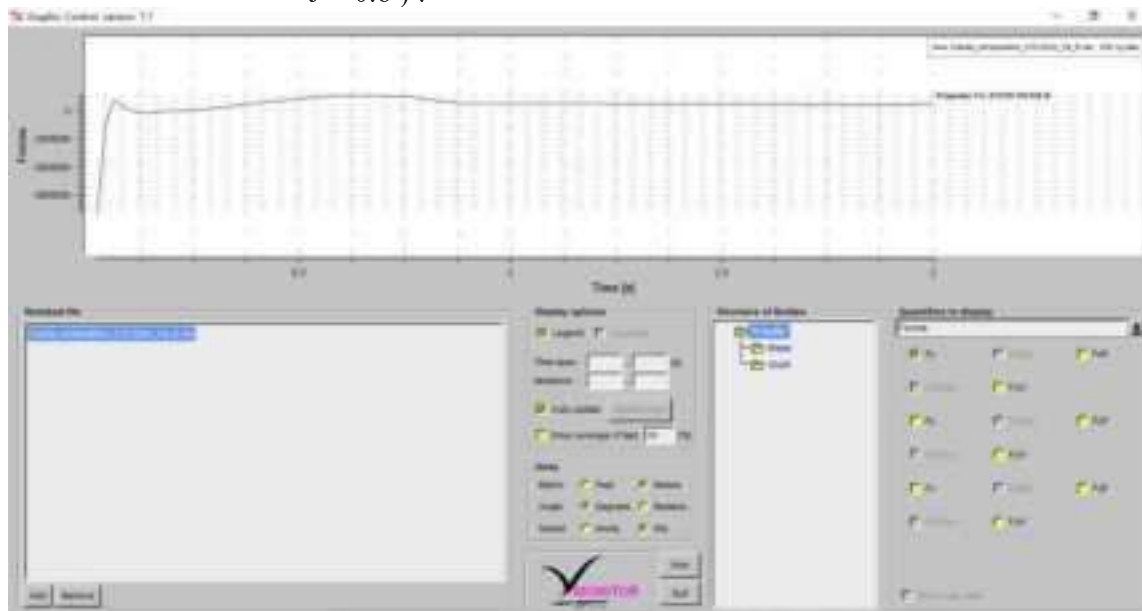
Pada tahap terakhir dari analisa yaitu post processing. Hasil analisa dari flow setting diterjemahkan kedalam vektor, pressure, turbulency atau yang lainnya berdasarkan nilai output yang direncanakan. Berikut adalah contoh post processing pada aliran propeller B4 – 85.



Gambar 4. 21 Aliran Fluida pada Propeller B4 - 85

4.2.2.4 Hasil Analisa Thrust

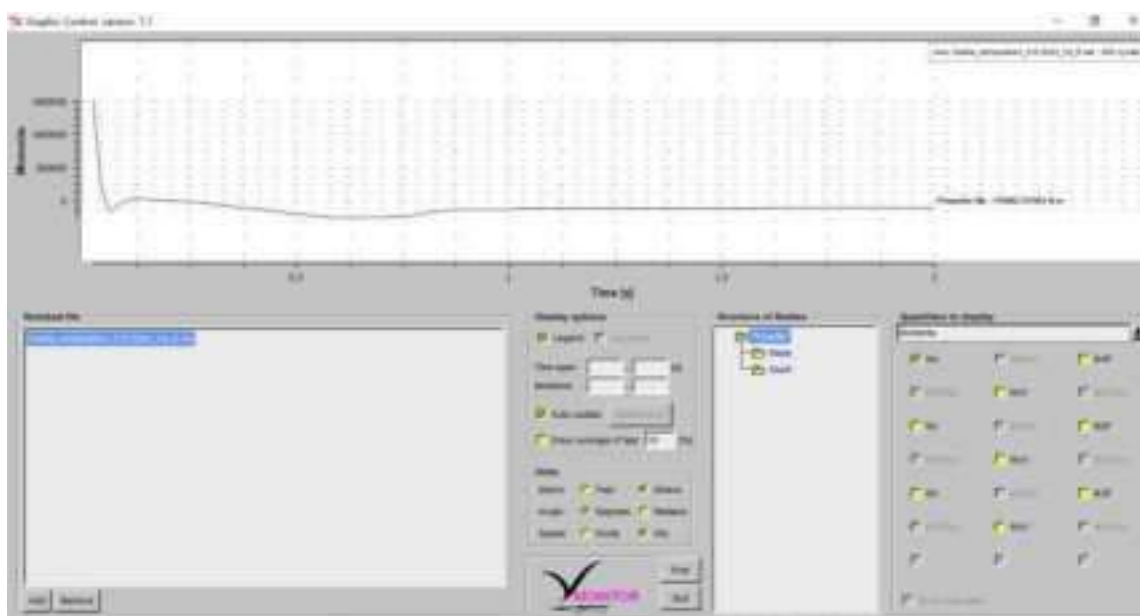
Simulasi thrust pada propeller bertujuan untuk mengetahui nilai thrust per J (Advance Rasio). Berikut adalah contoh hasil thrust pada propeller B4 – 85 yang diambil dari software numeca Fine Marine (Pada $J = 0.6$) :



Gambar 4. 22 Gaya Dorong Pada Propeller B4 – 85

4.2.2.5 Hasil Analisa Momment

Simulasi momment pada propeller bertujuan untuk mengetahui nilai momment per J (Advance Rasio). Berikut adalah hasil momment propeller B4 – 85 yang diambil dari software CFD (pada $J = 0.6$) :



Gambar 4. 23 Torsi Pada Propeller B4 – 85

4.2.3 Validasi Hasil Daya Dorong dan Torsi Perhitungan Manual vs CFD

Setelah didapatkan hasil perhitungan manual dan hasil data output dari CFD, maka dapat dibandingkan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Perhitungan Manual Open Water Test Propeller B4 - 85

Hasil Perhitungan Manual						Hasil Perhitungan CFD					Selisih (%)		
J	KT	10*KQ	η_o	T (kN)	Q (kNm)	KT	10*KQ	η_o	T (kN)	Q (kNm)	$\Delta \eta_o$	ΔT (kN)	ΔQ (kNm)
0.100	0.354	0.047	0.120	503.268	217.033	0.305	0.405	0.120	433.252	187.774	-0.50%	-16.16%	-15.58%
0.200	0.320	0.043	0.238	454.931	198.483	0.291	0.392	0.237	413.460	181.564	-0.65%	-10.03%	-9.32%
0.300	0.274	0.038	0.341	389.535	178.078	0.262	0.361	0.346	371.775	167.275	1.58%	-4.78%	-6.46%
0.400	0.230	0.033	0.444	326.982	153.036	0.227	0.324	0.446	322.804	150.224	0.57%	-1.29%	-1.87%
0.500	0.191	0.028	0.551	271.537	127.994	0.191	0.283	0.537	270.994	131.064	-2.60%	-0.20%	2.34%
0.600	0.144	0.023	0.612	205.003	104.343	0.149	0.237	0.599	211.736	110.122	-2.18%	3.18%	5.25%
0.700	0.093	0.018	0.589	131.504	81.155	0.107	0.189	0.628	151.498	87.737	6.16%	13.20%	7.50%
0.800	0.040	0.013	0.408	56.866	57.968	0.063	0.138	0.585	89.855	63.811	30.33%	36.71%	9.16%

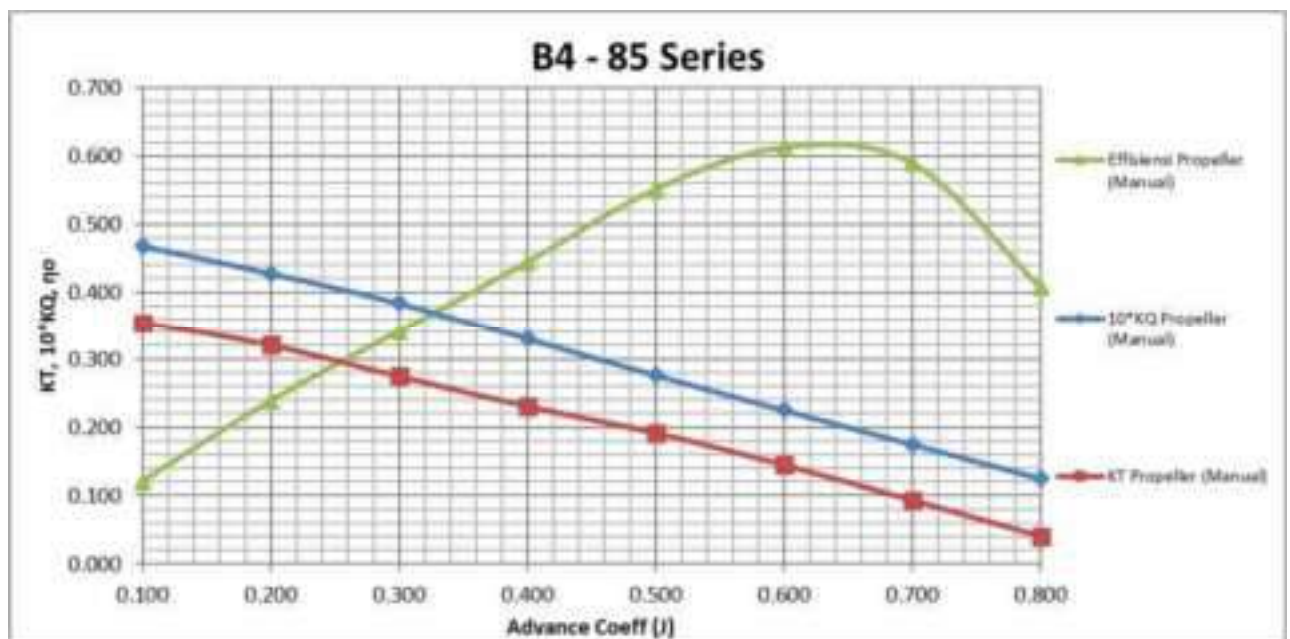
Dimana :

J = Advance Rasio

η_o = Efficiency

T = Thrust

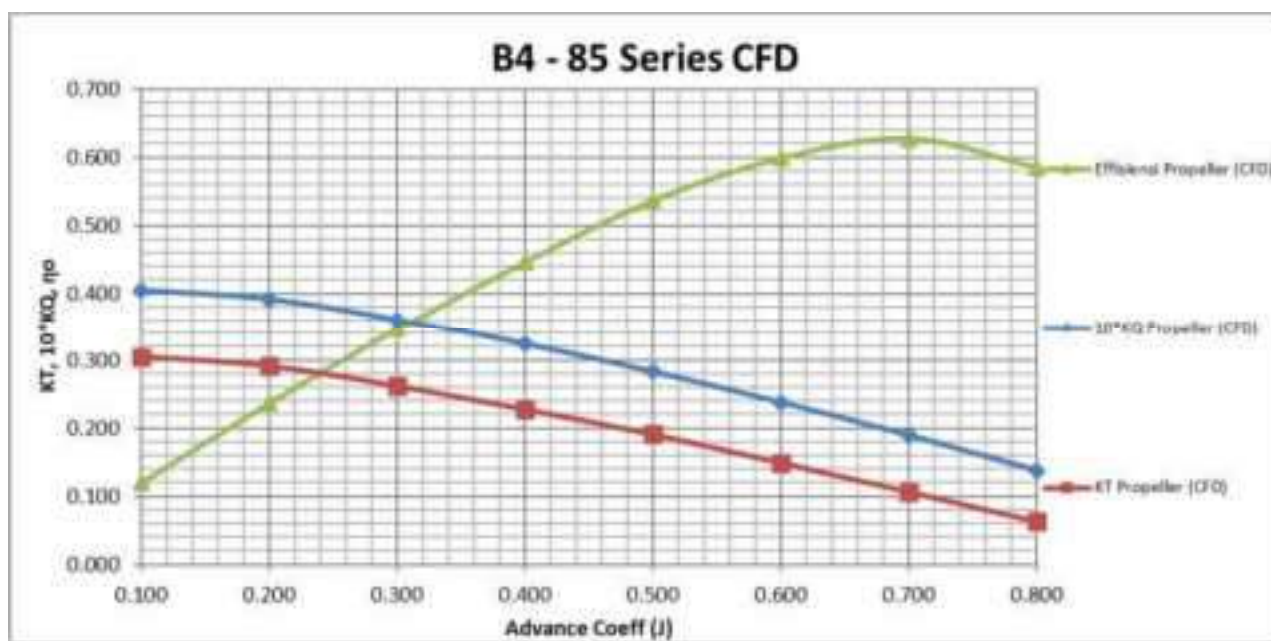
Q = Moment



Grafik 4.1 Grafik Hasil Manual KT – KQ – J Propeller B4 - 85

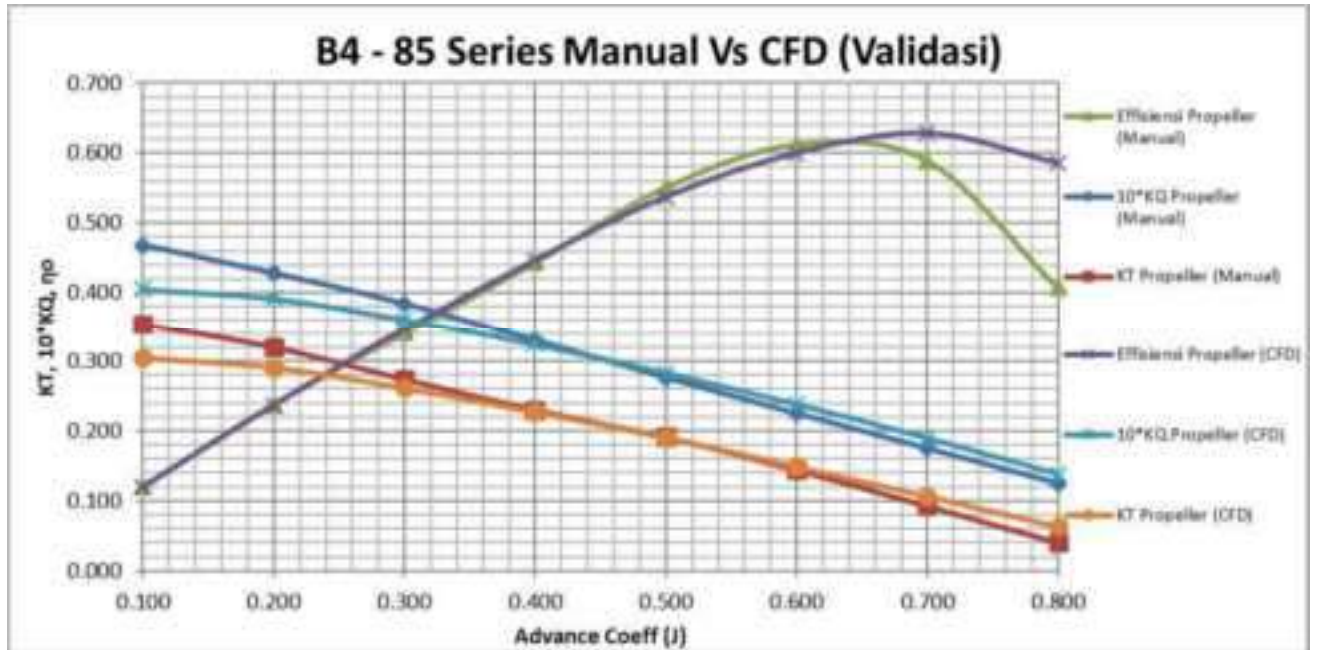
Setelah didapatkan hasil perhitungan manual dari open water test B4 – 85, hasil yang diperoleh sebagai berikut : untuk J = 0.1 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.12), thrust sebesar (503.268 Kn) dan torsi sebesar (217.033 Kn). J = 0.2 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.238), thrust sebesar (454.931 kN) dan torsi sebesar (198.483 kN). J = 0.3 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.341), thrust sebesar (389.535 kN) dan torsi sebesar (178.078 kN). J = 0.4 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.444), thrust sebesar (326.982 Kn) dan torsi sebesar (278.078 Kn). J = 0.5

memiliki hasil efisiensi sebesar (0.511), thrust sebesar (271.537 kN) dan torsi sebesar (127.994 kN). J = 0.6 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.612), thrust sebesar (205.003 kN) dan torsi sebesar (104.343 kN). J = 0.7 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.589), thrust sebesar (131.504 kN) dan torsi sebesar (81.155 kN). J = 0.8 memiliki hasil efisiensi sebesar (0.408), thrust sebesar (56.866 kN) dan torsi sebesar (57.988 kN).



Grafik 4 2 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J Propeller B4 - 85

Hasil CFD, hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.12), thrust sebesar (433.252 kN) dan torsi sebesar (187.774 kN). Hasil J = 0.2 efisiensi sebesar (0.237), thrust sebesar (413.460 kN) dan torsi sebesar (181.564 kN). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.346 kN), thrust sebesar (371.775 kN) dan torsi sebesar (167.275 kN). Hasil J = 0.4 efisiensi sebesar (0.446), thrust sebesar (322.804 kN) dan torsi sebesar (150.224 kN). Hasil J = 0.5 dari efisiensi sebesar (0.537), thrust sebesar (270.994 kN) dan torsi sebesar (131.064 kN). Hasil J = 0.6 efisiensi sebesar (0.559), thrust sebesar (211.736 kN) dan torsi sebesar (110.122 kN). Hasil J = 7 efisiensi sebesar (0.628), thrust sebesar (151.498 kN) dan torsi sebesar (87.737 kN). Hasil J = 0.8 efisiensi sebesar (0.585), thrust sebesar (89.855 kN) dan torsi sebesar (63.811 kN).



Grafik 4.3 Grafik Hasil Manual Vs CFD KT – KQ – J Propeller B4 – 85

Selisih hasil perhitungan manual open water test dengan CFD sebagai berikut : hasil $J = 0.1$ efisiensi sebesar (0.50 %), thrust sebesar (16.16 %) dan torsi sebesar (15.58 %). Hasil $J = 0.2$ selisih efisiensi sebesar (0.65 %), thrust sebesar (10.03 %) dan torsi sebesar (9.32 %). Hasil $J = 0.3$ efisiensi sebesar (1.58 %), thrust sebesar (4.78 %) dan torsi sebesar (6.46 %). Hasil $J = 0.4$ efisiensi sebesar (0.57 %), thrust sebesar (1.29 %) dan torsi sebesar (1.87 %). Hasil $J = 0.5$ dari efisiensi sebesar (2.60 %), thrust sebesar (0.20 %) dan torsi sebesar (2.34 %). Hasil $J = 0.6$ efisiensi sebesar (2.18 %), thrust sebesar (3.18 %) dan torsi sebesar (5.25 %). Hasil $J = 7$ efisiensi sebesar (6.16 %), thrust sebesar (13.20 %) dan torsi sebesar (7.50 %). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (30.33 %), thrust sebesar (36.71 %) dan torsi sebesar (9.18 %).

4.2.4 Perbandingan Hasil Daya Dorong dan Torsi Propeller Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

Setelah ditetapkan hasil validasi propeller B4 – 85, maka langkah selanjutnya yaitu menganalisa hasil pengaruh penambahan PBCF seperti dijelaskan pada tabel dibawah ini :

4.2.4.1 Hasil PBCF 55 Derajat

Berikut adalah hasil running propeller dengan adanya penambahan PBCF pada sudut 55 derajat.

Tabel 4. 5 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 55 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF

Tanpa PBCF						PBCF Sudut 55 °					Kenaikan (%)		
J	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	$\Delta \eta_0$	ΔT (kN)	ΔQ (kNm)
0.100	0.354	0.468	0.120	433.252	187.774	0.304	0.405	0.119	431.547	187.644	-0.33%	-0.40%	-0.07%
0.200	0.320	0.428	0.237	413.460	181.564	0.290	0.391	0.236	412.337	181.547	-0.26%	-0.27%	-0.01%
0.300	0.274	0.384	0.346	371.775	167.275	0.263	0.362	0.347	373.765	167.838	0.20%	0.53%	0.34%
0.400	0.230	0.330	0.446	322.804	150.224	0.230	0.326	0.449	326.503	151.129	0.54%	1.13%	0.60%
0.500	0.191	0.276	0.537	270.994	131.064	0.192	0.285	0.536	272.565	131.955	-0.10%	0.58%	0.68%
0.600	0.144	0.225	0.599	211.736	110.122	0.151	0.240	0.602	214.890	111.169	0.53%	1.47%	0.94%
0.700	0.093	0.175	0.628	151.498	87.737	0.109	0.192	0.633	155.237	89.238	0.74%	2.41%	1.68%
0.800	0.040	0.125	0.585	89.855	63.811	0.066	0.142	0.589	93.276	65.839	0.61%	3.67%	3.08%
Rata - Rata Kenaikan											0.24%	1.14%	0.90%

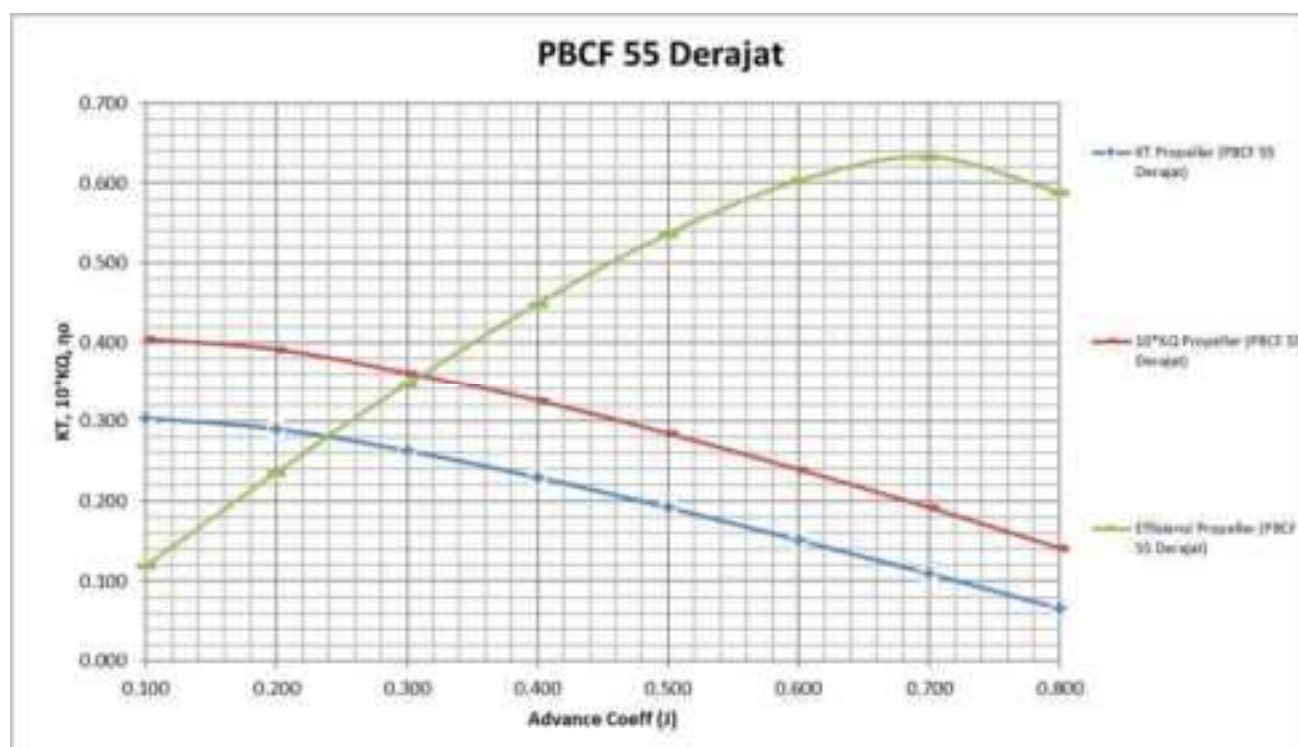
Dimana :

J = Advance Rasio

η_0 = Efficiency

T = Thrust

Q = Moment



Grafik 4.4 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 55 Derajat

Hasil CFD PBCF 55 derajat sebagai berikut :, hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.119), thrust sebesar (431.547 kN) dan torsi sebesar (187.644 kN). Hasil J = 0.2 efisiensi sebesar (0.236), thrust sebesar (412.337 kN) dan torsi sebesar (181.547 kN). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.347), thrust sebesar (373.766 kN) dan torsi sebesar (167.838 kN). Hasil J = 0.4 efisiensi sebesar (0.449), thrust sebesar (326.503 kN) dan torsi sebesar (151.129 kN). Hasil J = 0.5 dari efisiensi sebesar (0.536), thrust sebesar (272.565 kN) dan torsi sebesar (131.955 kN). Hasil J = 0.6 efisiensi sebesar (0.602), thrust sebesar (214.890 kN) dan torsi sebesar (111.169 kN). Hasil J = 7 efisiensi sebesar (0.633), thrust sebesar (155.237 kN)

dan torsi sebesar (89.238 kN). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (0.589), thrust sebesar (93.276 kN) dan torsi sebesar (65.839 kN).



Grafik 4.5 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 55 Derajat

Hasil penambahan *performance* PBCF 55 derajat. hasil $J = 0.1$ efisiensi sebesar (- 0.33 %), thrust sebesar (- 0.40 %) dan torsi sebesar (- 0.07 %). Hasil $J = 0.2$ selisih efisiensi sebesar (- 0.26 %), thrust sebesar (- 0.27 %) dan torsi sebesar (- 0.01 %). Hasil $J = 0.3$ efisiensi sebesar (0.20 %), thrust sebesar (0.53 %) dan torsi sebesar (0.34 %). Hasil $J = 0.4$ efisiensi sebesar (0.54 %), thrust sebesar (1.13 %) dan torsi sebesar (0.60 %). Hasil $J = 0.5$ dari efisiensi sebesar (- 0.10 %), thrust sebesar (0.58 %) dan torsi sebesar (0.68 %). Hasil $J = 0.6$ efisiensi sebesar (0.53 %), thrust sebesar (1.47 %) dan torsi sebesar (0.94 %). Hasil $J = 0.7$ efisiensi sebesar (0.74 %), thrust sebesar (2.41 %) dan torsi sebesar (1.68 %). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (0.61 %), thrust sebesar (3.67 %) dan torsi sebesar (3.08 %).

4.2.4.2 Hasil PBCF 60 Derajat

Berikut adalah hasil running propeller dengan adanya penambahan PBCF pada sudut 55 derajat.

Tabel 4. 6 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 60 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF

Tanpa PBCF						PBCF Sudut 60 °					Kenaikan (%)		
J	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	$\Delta \eta_0$	ΔT (kN)	ΔQ (kNm)
0.100	0.354	0.468	0.120	433.252	187.774	0.305	0.406	0.120	433.870	188.285	-0.13%	0.14%	0.27%
0.200	0.320	0.428	0.237	413.460	181.564	0.292	0.393	0.236	414.984	182.356	-0.07%	0.37%	0.43%
0.300	0.274	0.384	0.346	371.775	167.275	0.264	0.363	0.347	375.773	168.554	0.31%	1.06%	0.76%
0.400	0.230	0.330	0.446	322.804	150.224	0.231	0.327	0.449	327.863	151.645	0.61%	1.54%	0.94%
0.500	0.191	0.276	0.537	270.994	131.064	0.193	0.286	0.537	273.748	132.501	-0.08%	1.01%	1.08%
0.600	0.144	0.225	0.599	211.736	110.122	0.152	0.241	0.602	215.698	111.630	0.49%	1.84%	1.35%
0.700	0.093	0.175	0.628	151.498	87.737	0.110	0.194	0.632	156.287	89.876	0.70%	3.06%	2.38%
0.800	0.040	0.125	0.585	89.855	63.811	0.067	0.143	0.600	95.653	66.209	2.53%	6.06%	3.62%
Rata - Rata Kenaikan											0.55%	1.89%	1.35%

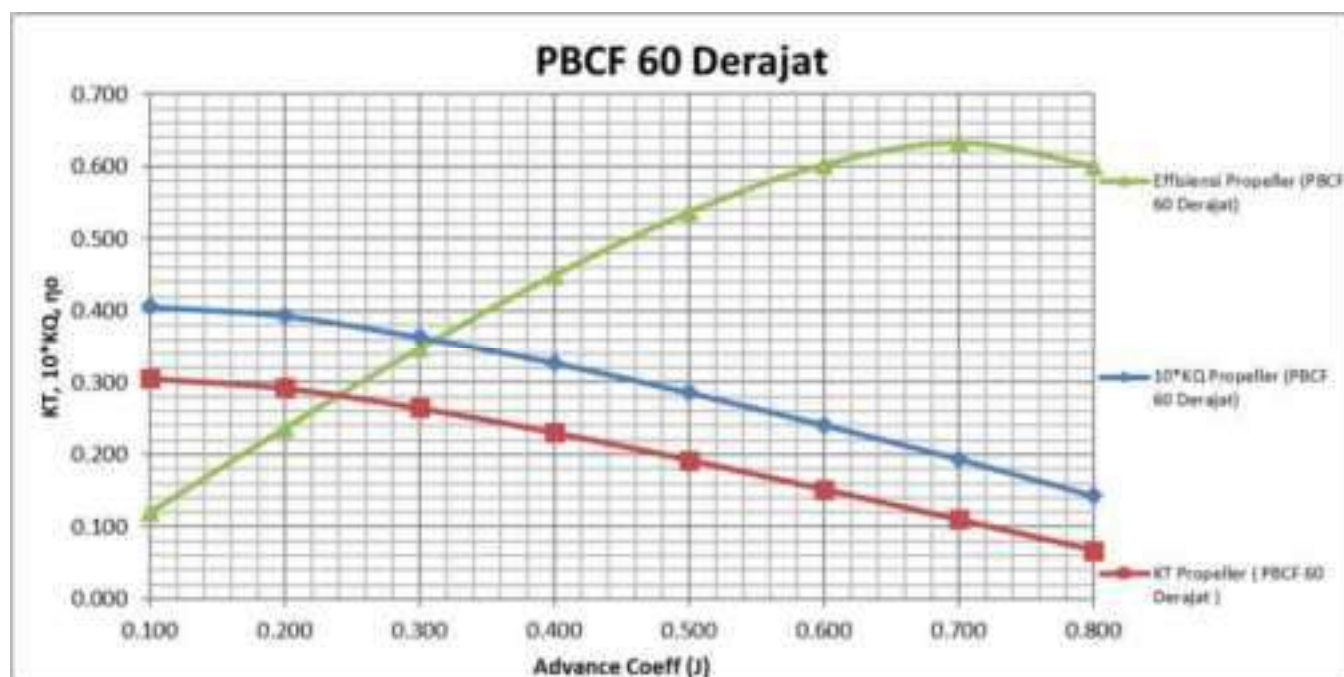
Dimana :

J = Advance Ratio

η_0 = Efficiency

T = Thrust

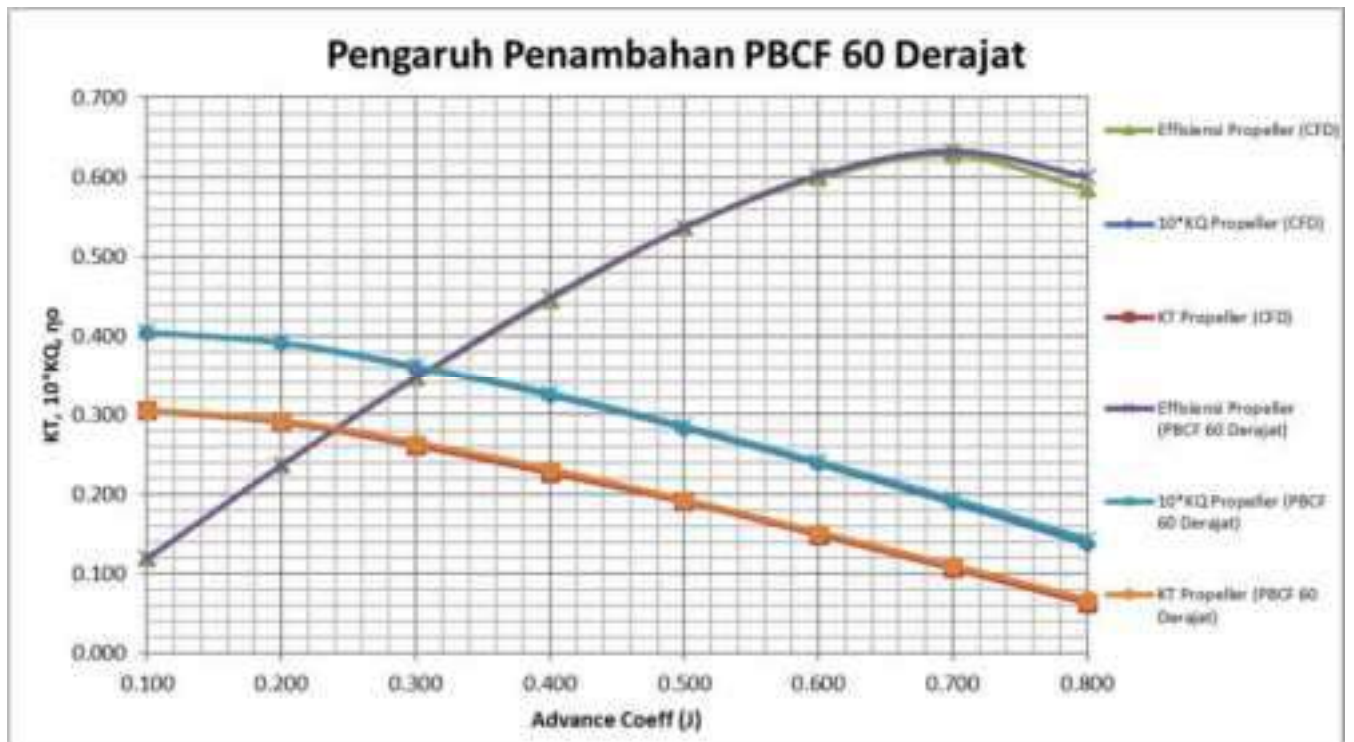
Q = Moment



Grafik 4.6 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 60 Derajat

Hasil CFD PBCF 60 derajat sebagai berikut :, hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.120), thrust sebesar (433.870 kN) dan torsi sebesar (188.285 kN). Hasil J = 0.2 efisiensi sebesar (0.236), thrust sebesar (414.984 kN) dan torsi sebesar (182.356 kN). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.347 kN), thrust sebesar (375.773 kN) dan torsi sebesar (166.554 kN). Hasil J = 0.4 efisiensi sebesar (0.449), thrust sebesar (327.863 kN) dan torsi sebesar (151.645 kN). Hasil J = 0.5 dari efisiensi sebesar (0.537), thrust sebesar (273.748 kN) dan torsi sebesar (132.501 kN). Hasil J = 0.6 efisiensi sebesar (0.602), thrust sebesar (215.696 kN) dan torsi sebesar (111.630 kN). Hasil J = 7 efisiensi sebesar (0.632), thrust sebesar (156.287

kN) dan torsi sebesar (89.876 kN). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (0.6), thrust sebesar (95.663 kN) dan torsi sebesar (66.209 kN).



Grafik 4.7 Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 60 Derajat

Hasil penambahan *performance* PBCF 60 derajat. hasil $J = 0.1$ efisiensi sebesar (0.13 %), thrust sebesar (0.14 %) dan torsi sebesar (0.27 %). Hasil $J = 0.2$ selisih efisiensi sebesar (0.07 %), thrust sebesar (0.37 %) dan torsi sebesar (0.43 %). Hasil $J = 0.3$ efisiensi sebesar (0.31 %), thrust sebesar (1.06 %) dan torsi sebesar (0.76 %). Hasil $J = 0.4$ efisiensi sebesar (0.61 %), thrust sebesar (1.54 %) dan torsi sebesar (0.94 %). Hasil $J = 0.5$ dari efisiensi sebesar (0.06 %), thrust sebesar (1.01 %) dan torsi sebesar (1.08 %). Hasil $J = 0.6$ efisiensi sebesar (0.49 %), thrust sebesar (1.84 %) dan torsi sebesar (1.35 %). Hasil $J = 0.7$ efisiensi sebesar (0.70 %), thrust sebesar (3.06 %) dan torsi sebesar (2.38 %). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (2.53 %), thrust sebesar (6.06 %) dan torsi sebesar (3.62 %).

4.2.4.3 Hasil PBCF 65 Derajat

Berikut adalah hasil running propeller dengan adanya penambahan PBCF pada sudut 65 derajat.

Tabel 4. 7 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 65 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF

Tanpa PBCF						PBCF Sudut 65 °					Kenaikan (%)		
J	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	$\Delta \eta_0$	ΔT (kN)	ΔQ (kNm)
0.100	0.354	0.468	0.120	433.252	187.774	0.307	0.041	0.120	436.212	187.774	-0.02%	0.68%	0.70%
0.200	0.320	0.428	0.237	413.460	181.564	0.293	0.039	0.237	416.965	181.564	0.02%	0.84%	0.82%
0.300	0.274	0.384	0.346	371.775	167.275	0.266	0.036	0.348	377.950	167.275	0.56%	1.63%	1.08%
0.400	0.230	0.330	0.446	322.804	150.224	0.232	0.033	0.449	329.702	150.224	0.67%	2.09%	1.43%
0.500	0.191	0.276	0.537	270.994	131.064	0.194	0.029	0.537	275.494	131.064	-0.04%	1.63%	1.67%
0.600	0.144	0.225	0.599	211.736	110.122	0.153	0.024	0.602	217.145	110.122	0.42%	2.49%	2.08%
0.700	0.093	0.175	0.628	151.498	87.737	0.111	0.020	0.632	157.872	87.737	0.71%	4.04%	3.35%
0.800	0.040	0.125	0.585	89.855	63.811	0.069	0.015	0.602	97.797	63.811	2.88%	8.12%	5.40%
Rata - Rata Kenaikan											0.65%	2.69%	2.07%

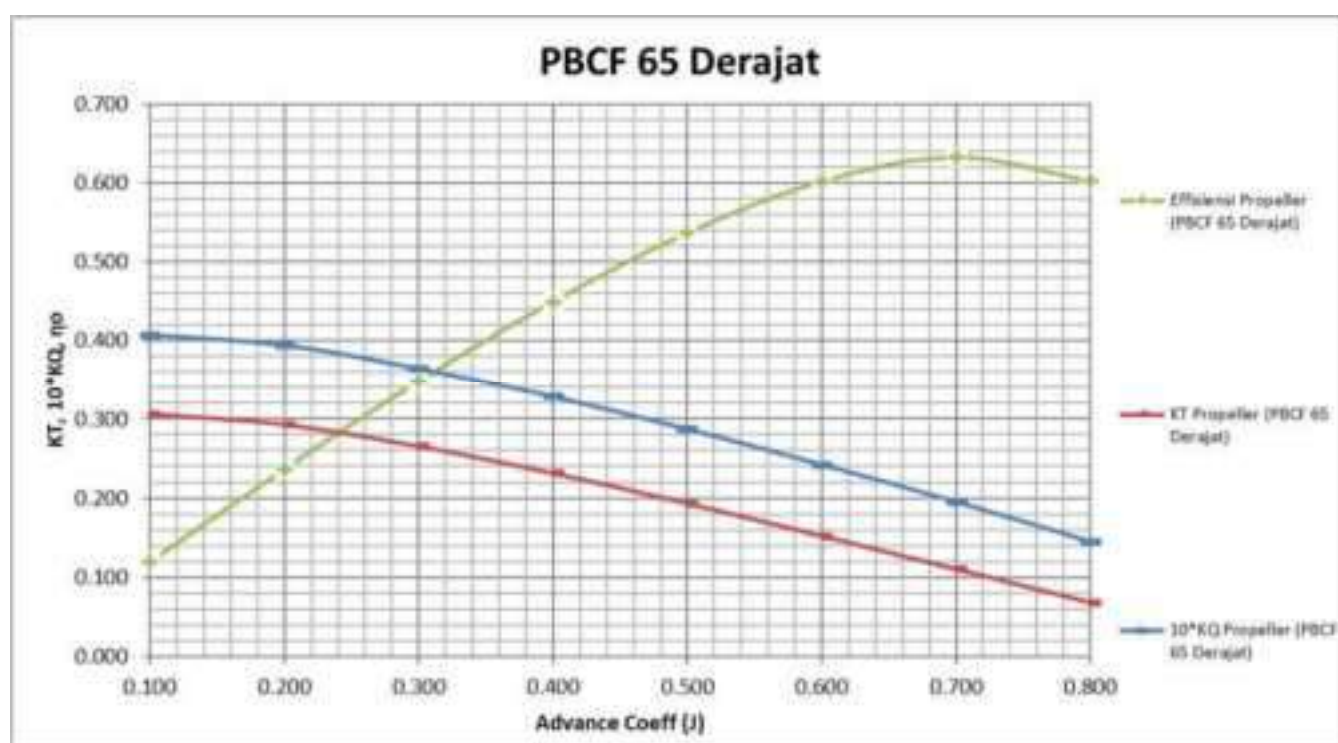
Dimana :

J = Advance Rasio

η_0 = Efficiency

T = Thrust

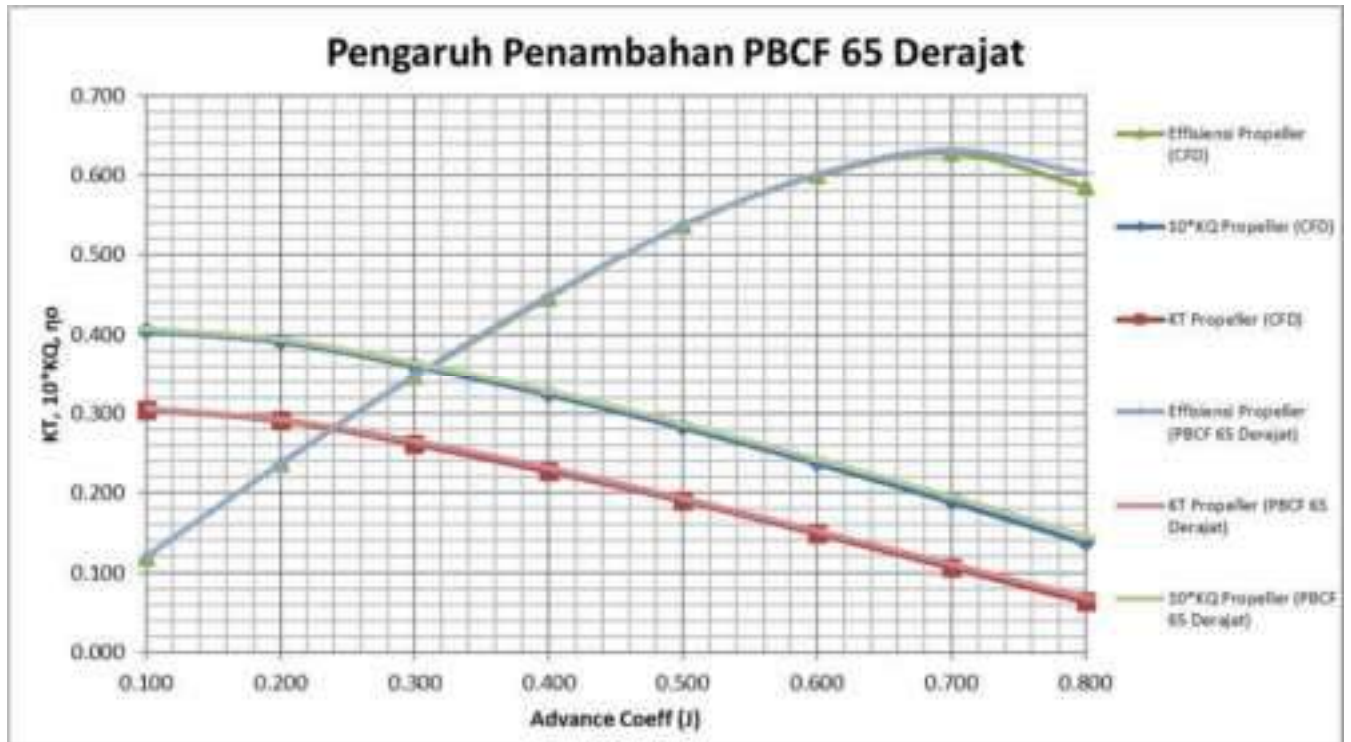
Q = Moment



Grafik 4.8 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 65 Derajat

Hasil CFD PBCF 65 derajat sebagai berikut :, hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.120), thrust sebesar (436.121 kN) dan torsi sebesar (187.774 kN). Hasil J = 0.2 efisiensi sebesar (0.237), thrust sebesar (416.965 kN) dan torsi sebesar (167.275 kN). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.348 kN), thrust sebesar (377.950 kN) dan torsi sebesar (167.275 kN). Hasil J = 0.4 efisiensi sebesar (0.449), thrust sebesar (329.702 kN) dan torsi sebesar (150.224 kN). Hasil J = 0.5 dari efisiensi sebesar (0.537), thrust sebesar (275.494 kN) dan torsi sebesar (131.064 kN). Hasil J = 0.6 efisiensi sebesar (0.602), thrust sebesar (217.145 kN) dan torsi sebesar (

110.122 kN). Hasil $J = 7$ efisiensi sebesar (0.632), thrust sebesar (157.872 kN) dan torsi sebesar (87.737 kN). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (0.602), thrust sebesar (97.797 kN) dan torsi sebesar (63.811 kN).



Grafik 4.9 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 65 Derajat

Hasil penambahan *performance* PBCF 65 derajat. hasil $J = 0.1$ efisiensi sebesar (0.02 %), thrust sebesar (0.68 %) dan torsi sebesar (0.70 %). Hasil $J = 0.2$ selisih efisiensi sebesar (0.02 %), thrust sebesar (0.84 %) dan torsi sebesar (0.82 %). Hasil $J = 0.3$ efisiensi sebesar (0.56 %), thrust sebesar (1.63 %) dan torsi sebesar (1.08 %). Hasil $J = 0.4$ efisiensi sebesar (0.67 %), thrust sebesar (2.09 %) dan torsi sebesar (1.43 %). Hasil $J = 0.5$ dari efisiensi sebesar (0.04 %), thrust sebesar (1.63 %) dan torsi sebesar (1.67 %). Hasil $J = 0.6$ efisiensi sebesar (0.42 %), thrust sebesar (2.49 %) dan torsi sebesar (2.08 %). Hasil $J = 7$ efisiensi sebesar (0.71 %), thrust sebesar (4.04 %) dan torsi sebesar (3.35 %). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (2.88 %), thrust sebesar (8.12 %) dan torsi sebesar (2.07 %).

4.2.4.4 Hasil PBCF 70 Derajat

Berikut adalah hasil running propeller dengan adanya penambahan PBCF pada sudut 70 derajat.

Tabel 4. 8 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 70 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF

Tanpa PBCF						PBCF Sudut 70 °					Kenaikan (%)		
J	KT	10*KQ	η_o	T (kN)	Q (kNm)	KT	10*KQ	η_o	T (kN)	Q (kNm)	$\Delta \eta_o$	ΔT (kN)	ΔQ (kNm)
0.100	0.354	0.468	0.120	433.252	187.774	0.308	0.409	0.120	437.513	189.620	0.00%	0.97%	0.97%
0.200	0.320	0.428	0.237	413.460	181.564	0.294	0.396	0.237	418.000	183.481	0.04%	1.09%	1.04%
0.300	0.274	0.384	0.346	371.775	167.275	0.267	0.366	0.348	379.207	169.958	0.39%	1.96%	1.58%
0.400	0.230	0.330	0.446	322.804	150.224	0.233	0.330	0.450	331.408	153.175	0.68%	2.60%	1.93%
0.500	0.191	0.276	0.537	270.994	131.064	0.195	0.289	0.537	276.830	133.976	-0.07%	2.11%	2.17%
0.600	0.144	0.225	0.599	211.736	110.122	0.154	0.244	0.602	218.800	113.318	0.42%	3.23%	2.82%
0.700	0.093	0.175	0.628	151.498	87.737	0.112	0.197	0.633	159.307	91.578	0.74%	4.90%	4.19%
0.800	0.040	0.125	0.585	89.855	63.811	0.069	0.147	0.601	98.553	68.188	2.57%	8.83%	6.42%
Rata - Rata Kenaikan											0.60%	3.21%	2.64%

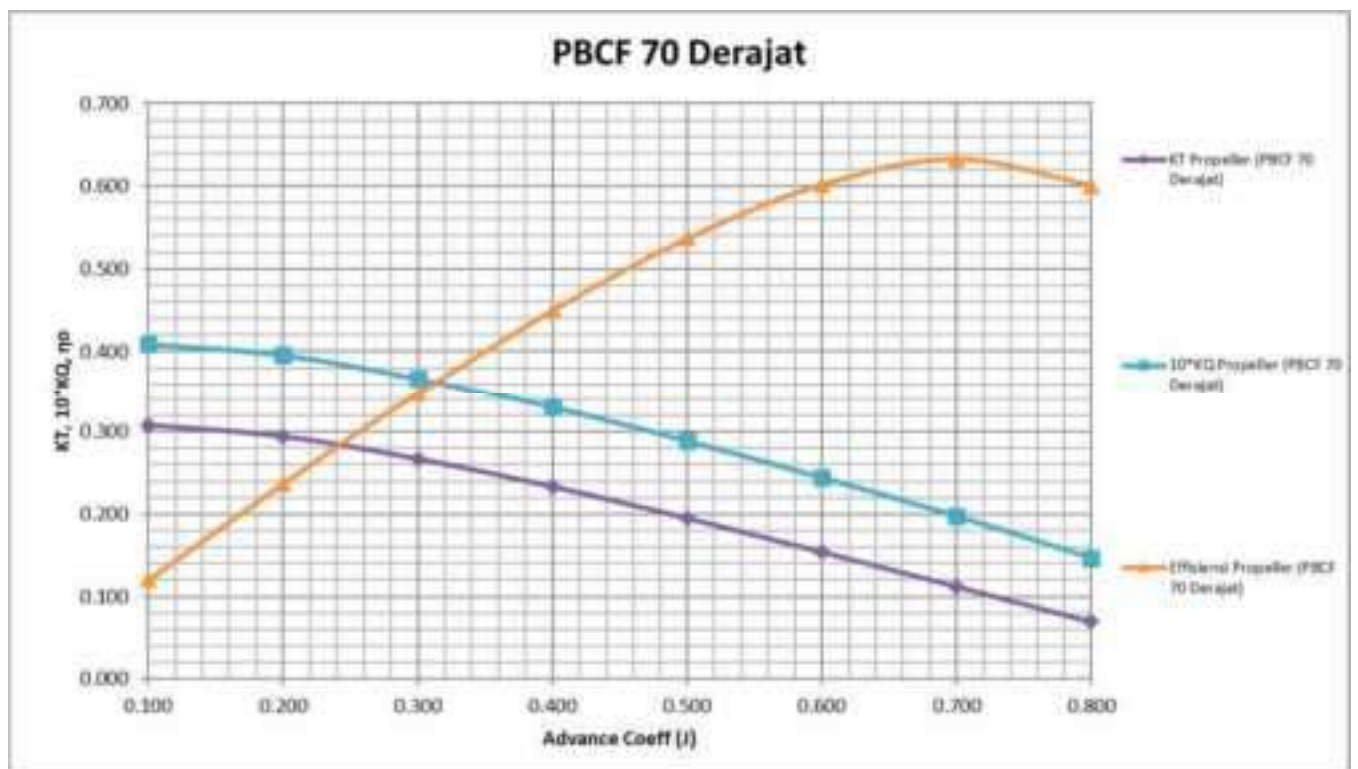
Dimana :

J = Advance Rasio

η_o = Efficiency

T = Thrust

Q = Moment



Grafik 4.10 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 70 Derajat

Hasil CFD PBCF 70 derajat sebagai berikut ; hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.120), thrust sebesar (437.513 kN) dan torsi sebesar (189.620 kN). Hasil J = 0.2 efisiensi sebesar (0.237), thrust sebesar (418.000 kN) dan torsi sebesar (183.481 kN). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.348 kN), thrust sebesar (379.207 kN) dan torsi sebesar (169.958 kN). Hasil J

= 0.4 efisiensi sebesar (0.450), thrust sebesar (331.408 kN) dan torsi sebesar (153.175 kN). Hasil J = 0.5 dari efisiensi sebesar (0.537), thrust sebesar (276.830 kN) dan torsi sebesar (133.976 kN). Hasil J = 0.6 efisiensi sebesar (0.602), thrust sebesar (218.800 kN) dan torsi sebesar (133.976 kN). Hasil J = 7 efisiensi sebesar (0.533), thrust sebesar (159.307 kN) dan torsi sebesar (91.578 kN). Hasil J = 0.8 efisiensi sebesar (0.601), thrust sebesar (98.553 kN) dan torsi sebesar (68.188 kN).



Grafik 4.11 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 70 Derajat

Hasil penambahan *performance* PBCF 70 derajat. hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.00 %), thrust sebesar (0.97 %) dan torsi sebesar (0.97 %). Hasil J = 0.2 selisih efisiensi sebesar (0.04 %), thrust sebesar (1.09 %) dan torsi sebesar (1.04 %). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.39 %), thrust sebesar (1.96 %) dan torsi sebesar (1.56 %). Hasil J = 0.4 efisiensi sebesar (0.68 %), thrust sebesar (2.60 %) dan torsi sebesar (1.93 %). Hasil J = 0.5 dari efisiensi sebesar (0.07 %), thrust sebesar (2.11 %) dan torsi sebesar (2.17 %). Hasil J = 0.6 efisiensi sebesar (0.42 %), thrust sebesar (3.23 %) dan torsi sebesar (2.82 %). Hasil J = 7 efisiensi sebesar (0.74 %), thrust sebesar (4.90 %) dan torsi sebesar (4.19 %). Hasil J = 0.8 efisiensi sebesar (2.57 %), thrust sebesar (8.83 %) dan torsi sebesar (6.42 %).

4.2.4.5 Hasil PBCF 75 Derajat

Berikut adalah hasil running propeller dengan adanya penambahan PBCF pada sudut 75 derajat.

Tabel 4. 9 Persentase Perubahan (Δ) Akibat Penambahan PBCF 75 Derajat Dibanding Dengan Tanpa PBCF

Tanpa PBCF						PBCF Sudut 75 °					Kenaikan (%)		
J	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	KT	10*KQ	η_0	T (kN)	Q (kNm)	$\Delta \eta_0$	ΔT (kN)	ΔQ (kNm)
0.100	0.354	0.468	0.120	433.252	187.774	0.309	0.410	0.120	438.766	190.093	0.04%	1.26%	1.22%
0.200	0.320	0.428	0.237	413.460	181.564	0.295	0.397	0.237	419.486	184.073	0.07%	1.44%	1.36%
0.300	0.274	0.384	0.346	371.775	167.275	0.268	0.368	0.348	380.445	170.528	0.38%	2.28%	1.91%
0.400	0.230	0.330	0.446	322.804	150.224	0.234	0.331	0.450	332.463	153.661	0.68%	2.91%	2.24%
0.500	0.191	0.276	0.537	270.994	131.064	0.196	0.290	0.537	278.377	134.655	-0.02%	2.65%	2.67%
0.600	0.144	0.225	0.599	211.736	110.122	0.155	0.246	0.603	220.610	114.058	0.59%	4.02%	3.45%
0.700	0.093	0.175	0.628	151.498	87.737	0.113	0.198	0.635	160.689	92.027	1.11%	5.72%	4.66%
0.800	0.040	0.125	0.585	89.855	63.811	0.069	0.149	0.589	97.877	69.021	0.70%	8.20%	7.55%
Rata - Rata Kenaikan											0.45%	3.56%	3.13%

Dimana :

J = Advance Rasio

η_0 = Efficiency

T = Thrust

Q = Moment



Grafik 4.12 Grafik Hasil CFD KT – KQ – J PBCF 75 Derajat

Hasil CFD PBCF 75 derajat sebagai berikut :, hasil J = 0.1 efisiensi sebesar (0.120), thrust sebesar (438.766 kN) dan torsi sebesar (190.093 kNm). Hasil J = 0.2 efisiensi sebesar (0.237), thrust sebesar (419.486 kN) dan torsi sebesar (184.073 kNm). Hasil J = 0.3 efisiensi sebesar (0.348 kN), thrust sebesar (380.445 kN) dan torsi sebesar (170.528 kNm). Hasil J = 0.4 efisiensi sebesar (0.450), thrust sebesar (332.463 kN) dan torsi

sebesar (153.661 kN). Hasil $J = 0.5$ dari efisiensi sebesar (0.537), thrust sebesar (278.377 kN) dan torsi sebesar (134.665 kN). Hasil $J = 0.6$ efisiensi sebesar (0.603), thrust sebesar (220.610 kN) dan torsi sebesar (114.058 kN). Hasil $J = 0.7$ efisiensi sebesar (0.635), thrust sebesar (160.689 kN) dan torsi sebesar (92.027 kN). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (0.589), thrust sebesar (97.877 kN) dan torsi sebesar (69.021 kN).



Grafik 4 13 Grafik Hasil Pengaruh Penambahan PBCF 75 Derajat

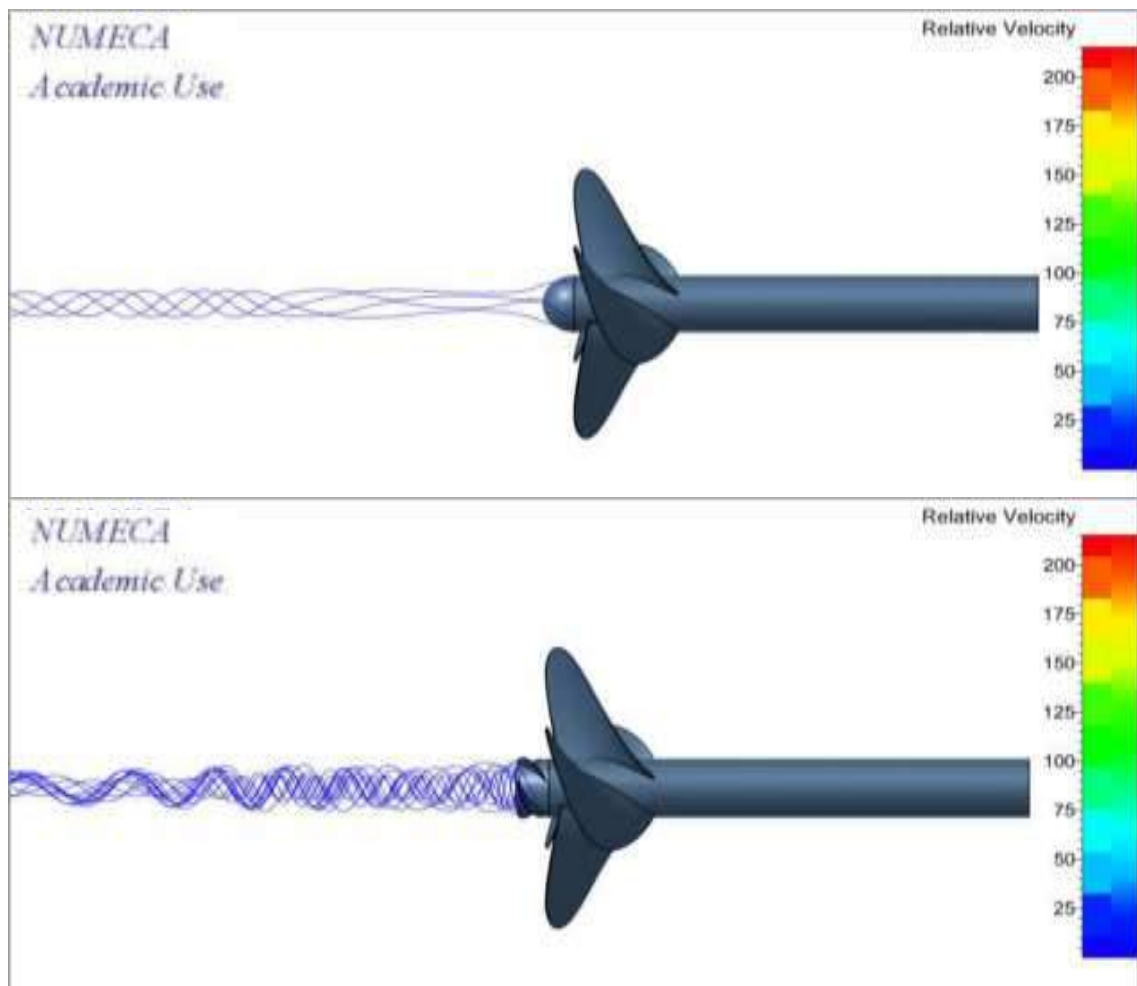
Hasil penambahan *performance* PBCF 75 derajat. hasil $J = 0.1$ efisiensi sebesar (0.04 %), thrust sebesar (1.26 %) dan torsi sebesar (1.22 %). Hasil $J = 0.2$ selisih efisiensi sebesar (0.07 %), thrust sebesar (1.44 %) dan torsi sebesar (1.36 %). Hasil $J = 0.3$ efisiensi sebesar (0.38 %), thrust sebesar (2.28 %) dan torsi sebesar (1.91 %). Hasil $J = 0.4$ efisiensi sebesar (0.68 %), thrust sebesar (2.91 %) dan torsi sebesar (2.24 %). Hasil $J = 0.5$ dari efisiensi sebesar (0.02 %), thrust sebesar (2.65 %) dan torsi sebesar (2.67 %). Hasil $J = 0.6$ efisiensi sebesar (0.58 %), thrust sebesar (4.02 %) dan torsi sebesar (3.45 %). Hasil $J = 0.7$ efisiensi sebesar (1.11 %), thrust sebesar (5.72 %) dan torsi sebesar (4.66 %). Hasil $J = 0.8$ efisiensi sebesar (0.70 %), thrust sebesar (8.20 %) dan torsi sebesar (7.55 %).

4.3 Perbedaan Aliran Hub Vortex Pada Propeller B4 – 85 Sebelum Dan Sesudah Penambahan PBCF

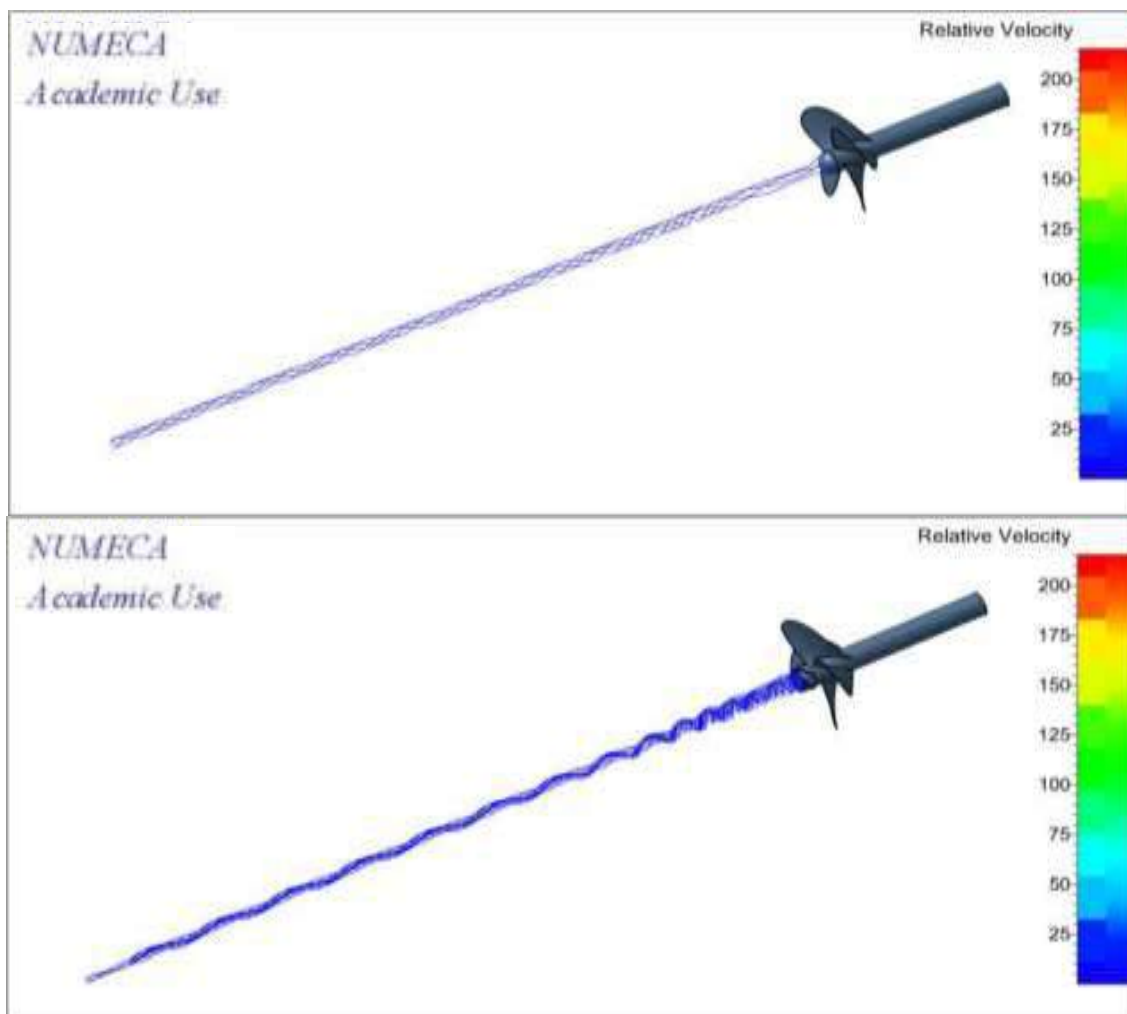
Agar dapat melihat perbedaan aliran fluida pada boss propeller sebelum dan penambahan PBCF, hal pertama yang dilakukan yaitu mensimulasikan aliran fluida menggunakan CFVIEW. Berikut Hasil aliran fluida sebelum dan sesudah penambahan PBCF :

4.3.1 Aliran Hub Vortex Pada PBCF 55 Derajat

Berikut adalah perbedaan vortex flow propeller tanpa maupun dengan PBCF sudut 55 tampak samping dan isometri. Dari gambar dibawah dapat dijelaskan bahwa propeller tanpa PBCF mempunyai vortex flow yang besar, sedangkan propeller dengan PBCF telah terjadi perubahan pada vortex flow karena aliran fluida terpecah oleh fins pada hub propeller.



Gambar 4. 24 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

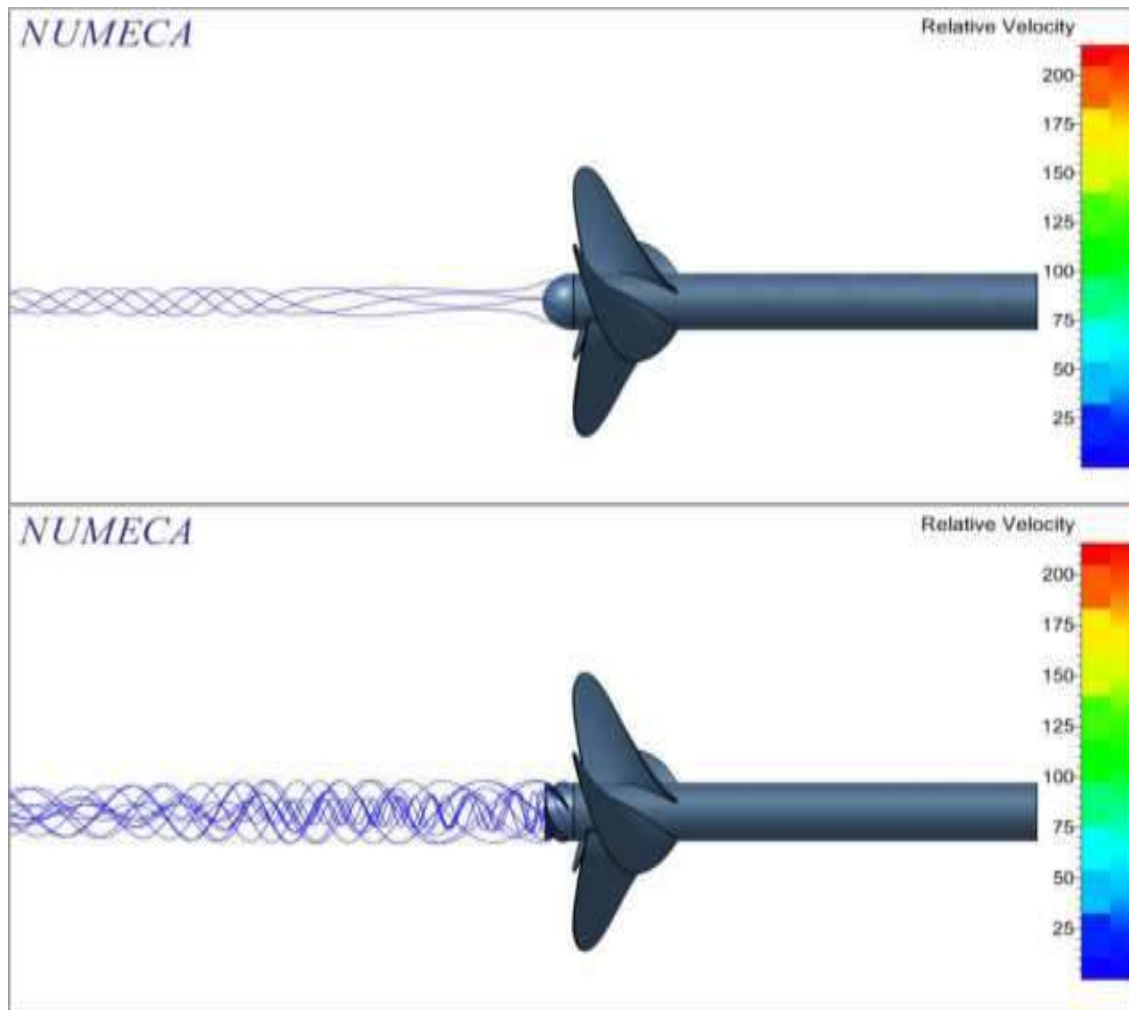


Gambar 4. 25 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

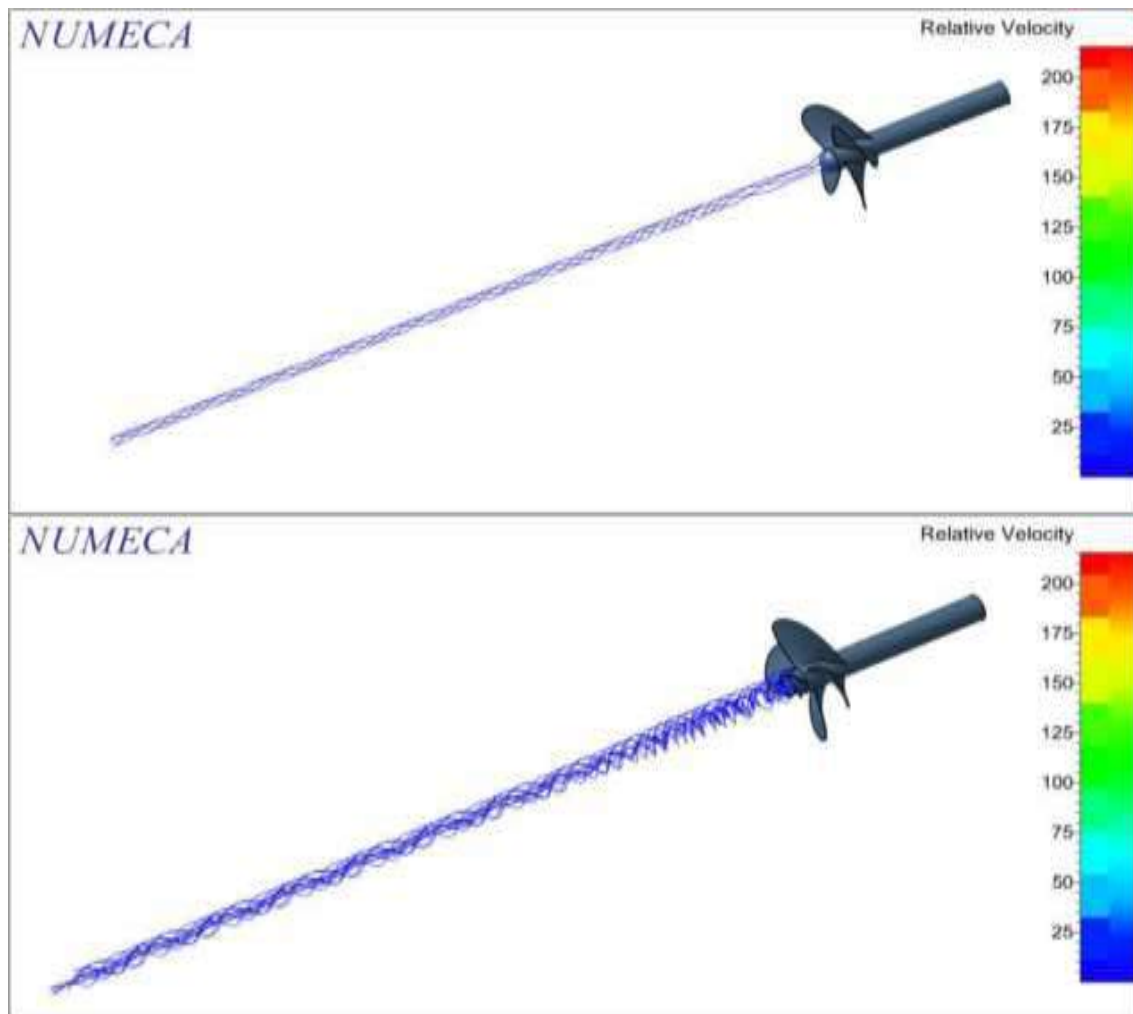
Untuk gambar diatas, detail *vortex flow* tampak isometri yang dihasilkan oleh propeller sebelum dan sesudah penambahan PBCF pitch angle 55 derajat. Terlihat pada propeller B – Series menghasilkan *vortex flow* yang terpusat, sedangkan setelah penambahan PBCF *vortex flow* tampak tereduksi sehingga alirannya tampak tidak stabil.

4.3.2 Aliran Hub Vortex Pada PBCF 60 Derajat

Berikut adalah perbedaan vortex flow propeller tanpa maupun dengan PBCF sudut 60 tampak samping dan isometri. Dari gambar dibawah dapat dijelaskan bahwa propeller tanpa PBCF mempunyai vortex flow yang besar, sedangkan propeller dengan PBCF telah terjadi perubahan pada vortex flow karena aliran fluida terpecah oleh fins pada hub propeller.



Gambar 4. 26 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

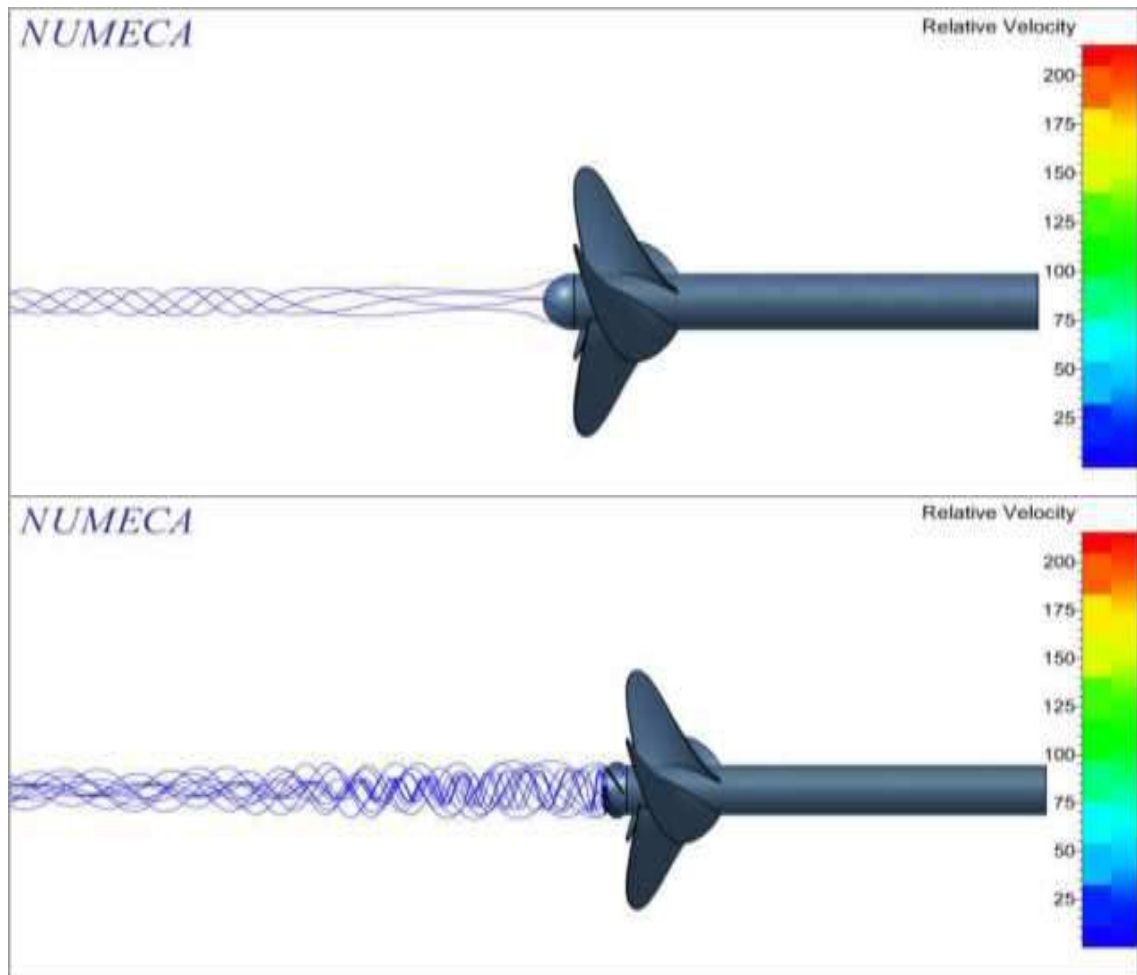


Gambar 4. 27 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

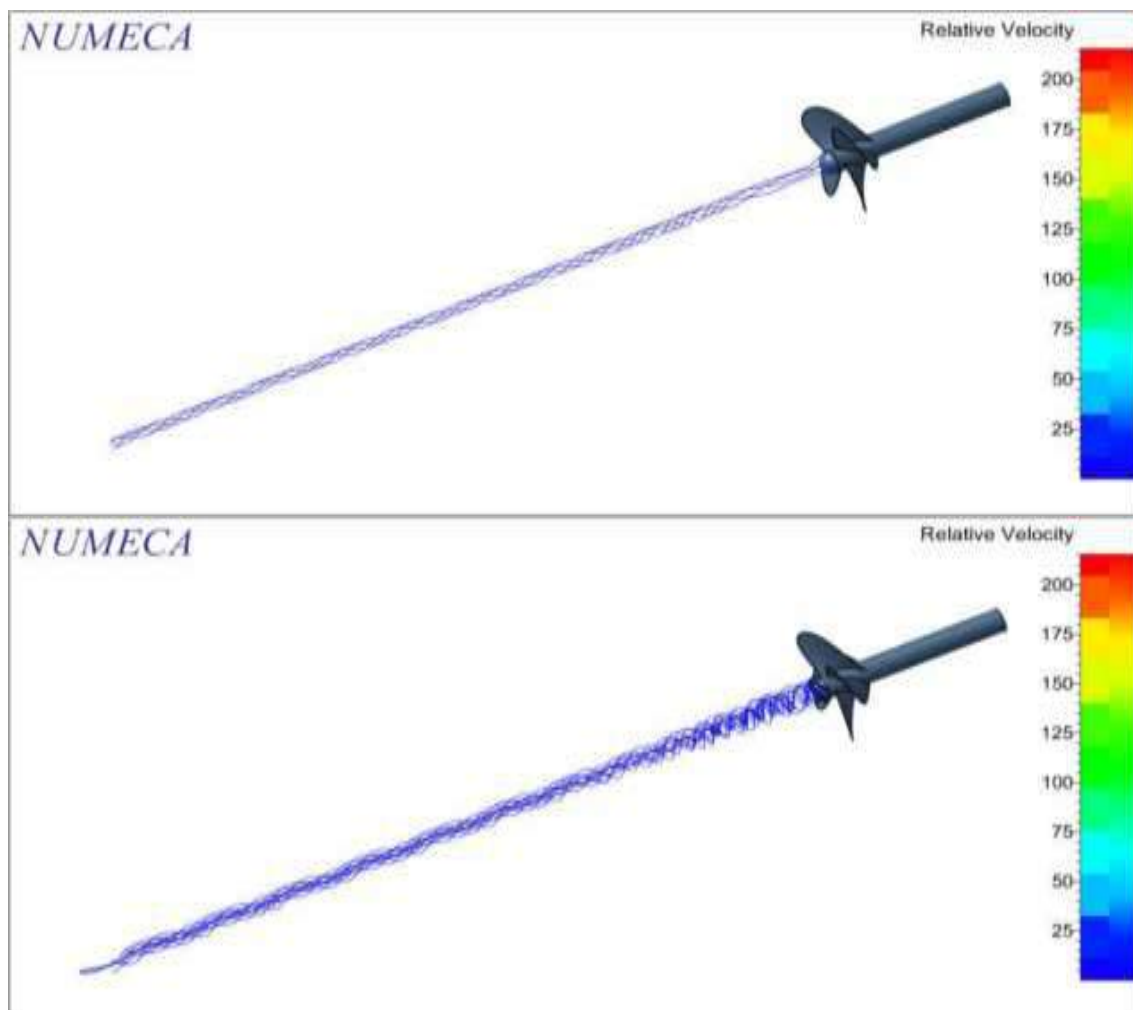
Untuk gambar diatas, detail *vortex flow* tampak isometri yang dihasilkan oleh propeller sebelum dan sesudah penambahan PBCF pitch angle 60 derajat. Terlihat pada propeller B – Series menghasilkan *vortex flow* yang terpusat, sedangkan setelah penambahan PBCF *vortex flow* tampak tereduksi sehingga alirannya tampak tidak stabil.

4.3.3 Aliran Hub Vortex Pada PBCF 65 Derajat

Berikut adalah perbedaan vortex flow propeller tanpa maupun dengan PBCF sudut 65 tampak samping dan isometri. Dari gambar dibawah dapat dijelaskan bahwa propeller tanpa PBCF mempunyai vortex flow yang besar, sedangkan propeller dengan PBCF telah terjadi perubahan pada vortex flow karena aliran fluida terpecah oleh fins pada hub propeller.



Gambar 4. 28 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

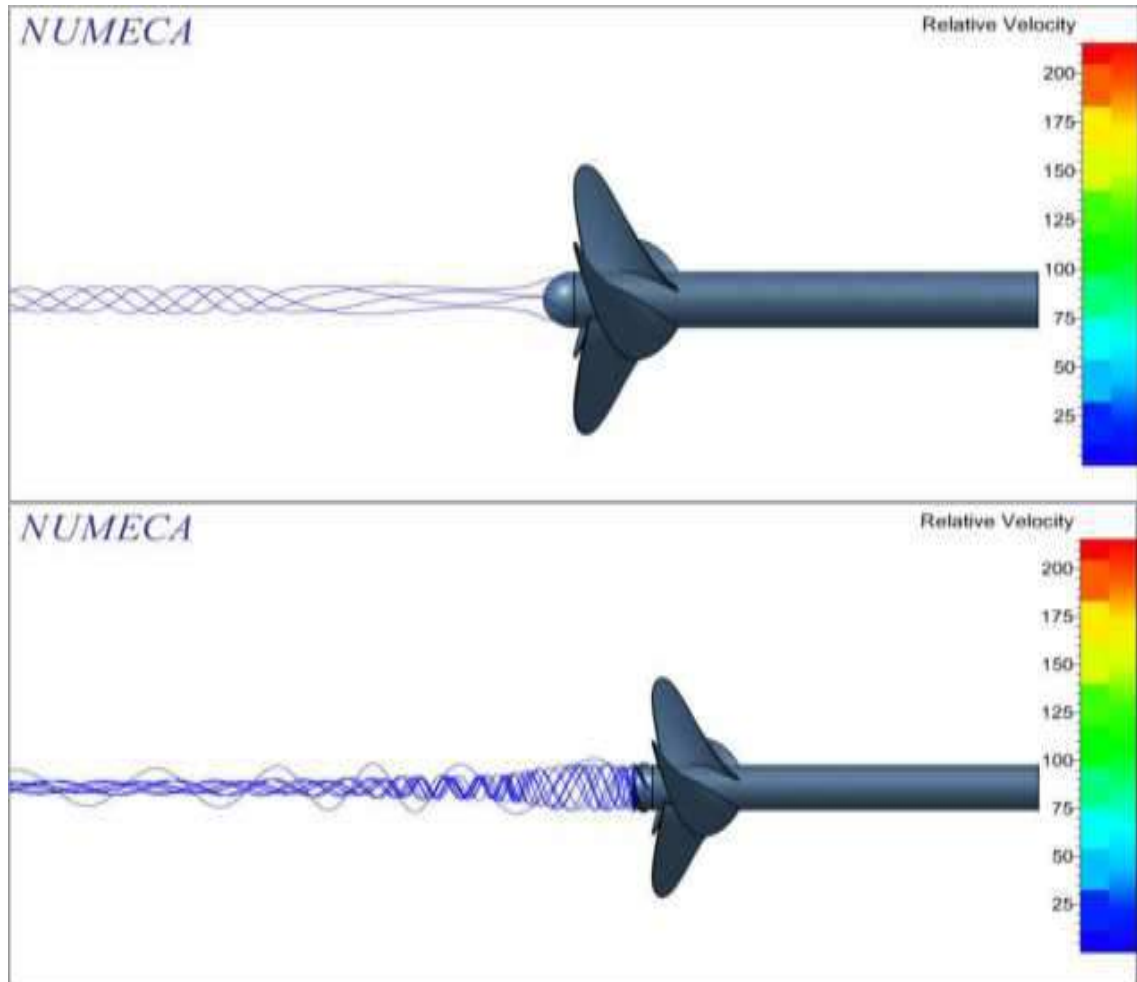


Gambar 4. 29 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

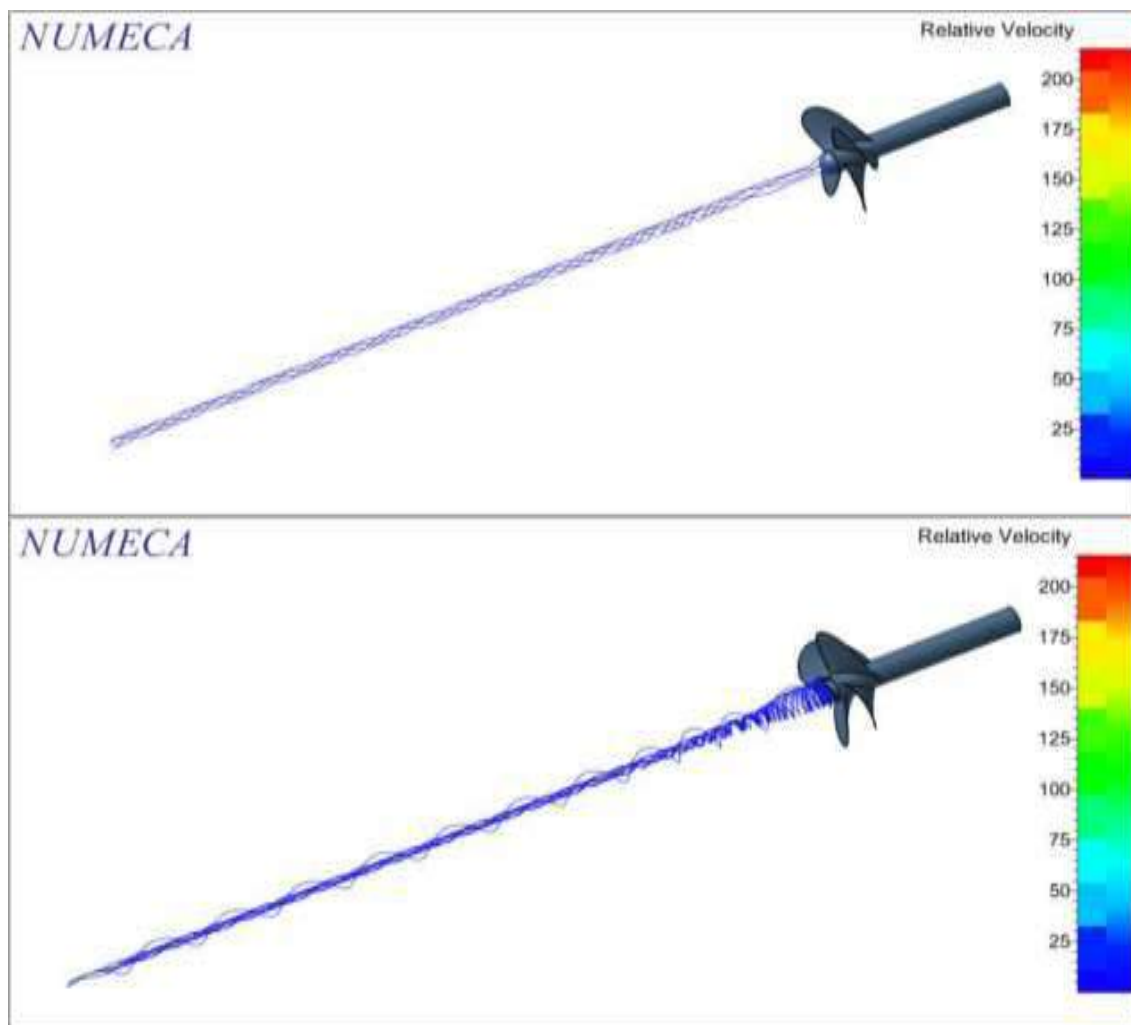
Untuk gambar diatas, detail *vortex flow* tampak isometri yang dihasilkan oleh propeller sebelum dan sesudah penambahan PBCF pitch angle 65 derajat. Terlihat pada propeller B – Series menghasilkan *vortex flow* yang terpusat, sedangkan setelah penambahan PBCF *vortex flow* tampak tereduksi sehingga alirannya tampak tidak stabil.

4.3.4 Aliran Hub Vortex Pada PBCF 70 Derajat

Berikut adalah perbedaan vortex flow propeller tanpa maupun dengan PBCF sudut 70 tampak samping dan isometri. Dari gambar dibawah dapat dijelaskan bahwa propeller tanpa PBCF mempunyai vortex flow yang besar, sedangkan propeller dengan PBCF telah terjadi perubahan pada vortex flow karena aliran fluida terpecah oleh fins pada hub propeller.



Gambar 4. 30 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

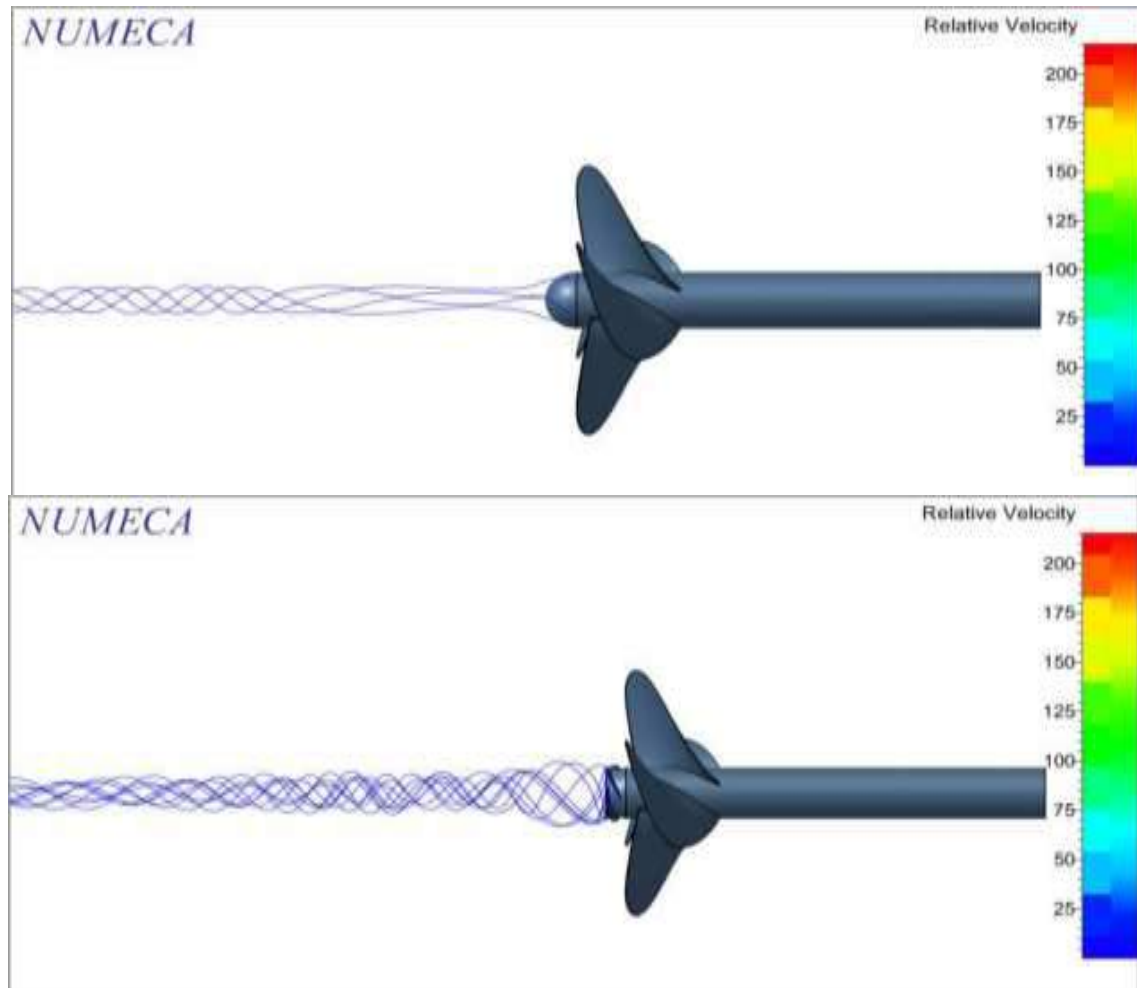


Gambar 4. 31 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

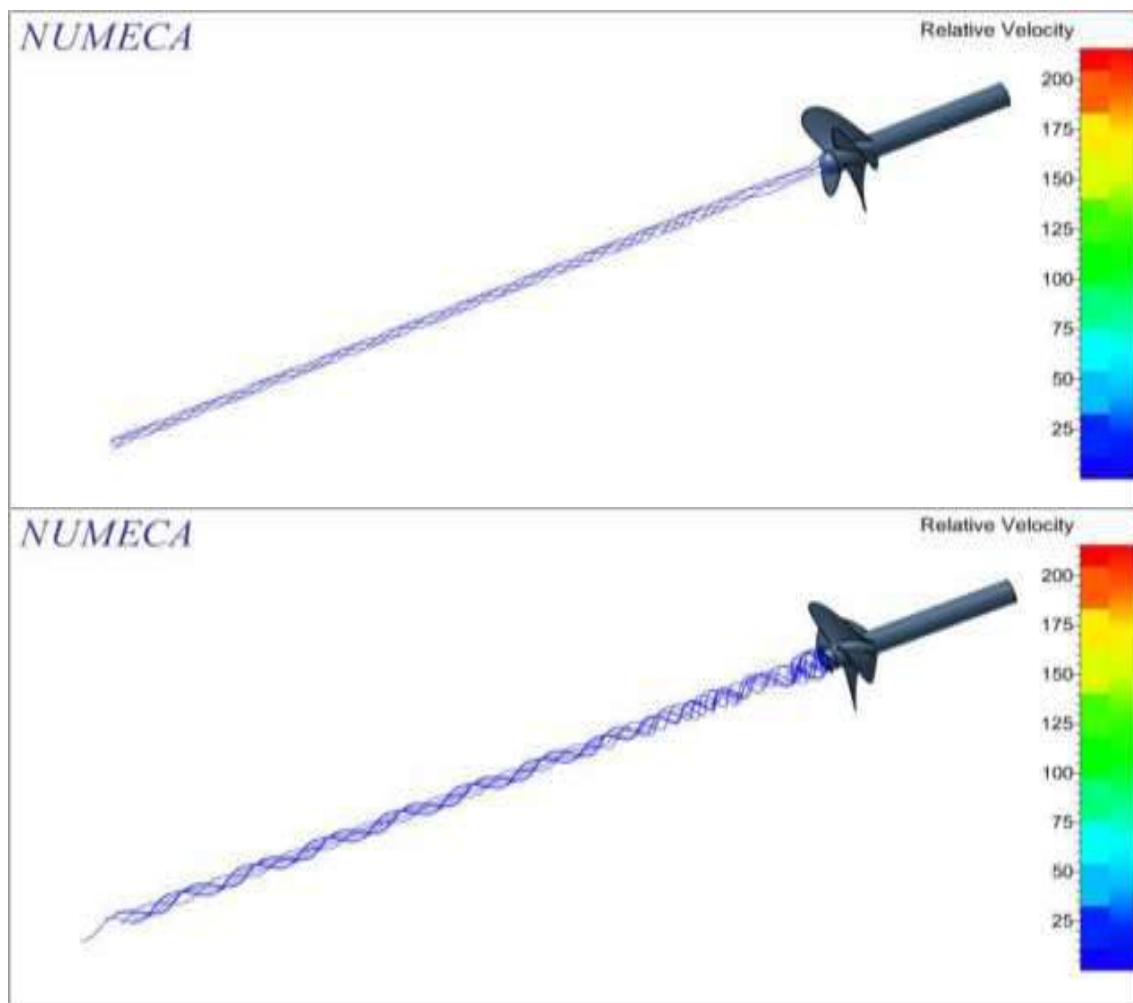
Untuk gambar diatas, detail *vortex flow* tampak isometri yang dihasilkan oleh propeller sebelum dan sesudah penambahan PBCF pitch angle 70 derajat. Terlihat pada propeller B – Series menghasilkan *vortex flow* yang terpusat, sedangkan setelah penambahan PBCF *vortex flow* tampak tereduksi sehingga alirannya tampak tidak stabil.

4.3.5 Aliran Hub Vortex Pada PBCF 75 Derajat

Berikut adalah perbedaan vortex flow propeller tanpa maupun dengan PBCF sudut 75 tampak samping dan isometri. Dari gambar dibawah dapat dijelaskan bahwa propeller tanpa PBCF mempunyai vortex flow yang besar, sedangkan propeller dengan PBCF telah terjadi perubahan pada vortex flow karena aliran fluida terpecah oleh fins pada hub propeller.



Gambar 4. 32 Aliran Fluida Tampak Samping Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF



Gambar 4. 33 Aliran Fluida Tampak Isometri Sebelum dan Sesudah Penambahan PBCF

Untuk gambar diatas, detail *vortex flow* tampak isometri yang dihasilkan oleh propeller sebelum dan sesudah penambahan PBCF pitch angle 75 derajat. Terlihat pada propeller B – Series menghasilkan *vortex flow* yang terpusat, sedangkan setelah penambahan PBCF *vortex flow* tampak tereduksi sehingga alirannya tampak tidak stabil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Propeller B-Series diuji dengan metode CFD menghasilkan rata – rata efisiensi sebesar (0.437), thrust (283.172 kN) dan torsi sebesar (134.946 kNm).
2. Propeller B-Series dengan PBCF 55° menghasilkan rata – rata efisiensi sebesar (0.439), thrust (285.015 kN) dan torsi sebesar (135.795 kNm). Propeller B-Series dengan PBCF 60° menghasilkan rata – rata efisiensi sebesar (0.441), thrust (286.382 kN) dan torsi sebesar (136.382 kNm). Propeller B-Series dengan PBCF 65° menghasilkan rata – rata efisiensi sebesar (0.441), thrust (288.642 kN) dan torsi sebesar (134.946 kNm). Propeller B-Series dengan PBCF 70° menghasilkan rata – rata efisiensi sebesar (0.441), thrust (289.952 kN) dan torsi sebesar (137.912 kNm). Propeller B-Series dengan PBCF 75° menghasilkan rata – rata efisiensi sebesar (0.440), thrust (291.089 kN) dan torsi sebesar (138.515 kNm).
3. Hasil dari PBCF 55 ° dibanding dengan tanpa PBCF dapat meningkatkan efisiensi sebesar (0.24 %), Thrust sebesar (1.14 %) dan torsi sebesar (0.90 %). Hasil dari PBCF 60 ° dibanding dengan tanpa PBCF dapat meningkatkan efisiensi sebesar (0.55 %), Thrust sebesar (1.89 %) dan torsi sebesar (1.35 %). Hasil dari PBCF 65 ° dibanding dengan tanpa PBCF dapat meningkatkan efisiensi sebesar (0.65 %), Thrust sebesar (2.69 %) dan torsi sebesar (2.07 %). Hasil dari PBCF 70 ° dibanding dengan tanpa PBCF dapat meningkatkan efisiensi sebesar (0.60 %), Thrust sebesar (3.21 %) dan torsi sebesar (2.64%). Hasil dari PBCF 75 ° dibanding dengan tanpa PBCF dapat meningkatkan efisiensi sebesar (0.45 %), Thrust sebesar (3.56 %) dan torsi sebesar (3.13 %).
4. Dengan adanya Propeller Boss Cap Fins, maka aliran pada hub vortex yang terpusat dapat diubah menjadi tenaga tambahan dengan memecah hub vortex tersebut serta dapat mengurangi erosi pada rudder.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil simulasi dan pengolahan data yang dihasilkan, untuk mengoptimalkan hasil tugas akhir ini, penulis menyarankan beberapa poin yaitu :

1. Perlu dilakukan pengujian open water test
2. Perlu dilakukan kajian ulang mengenai PBCF
3. Perlu dilakukan kajian ulang mengenai divergency pada boss propeller

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ouchi 1989. Research and Development of PBCF, J.S.N.A, Japan.
- [2] Carlton, J. S. 2007. Marine Propellers and Propulsion, Elsevier, Great Britain.
- [3] <https://www.sva-potsdam.de/en/energy-saving-devices/>
Dikunjungi pada 1 Desember 2017.
- [4] Lianzhou Wang, 2017. Numerical analysis of a propeller during heave motion in cavitation flow, ELSEVIER, Harbin.
- [5] MA Cheng, 2014. The design of propeller and propeller boss cap fins (PBCF) by an integrative method, ELSEVIER, Beijing.
- [6] Victor N, 2015. Integrated approach to vessel energy efficiency, ELSEVIER, Glasgow.
- [7] Kurt Mizzi, 2016. Design optimization of Propeller Boss Cap Fins for enhanced propeller performance, ELSEVIER, Glasgow.
- [8] Desto Pradika Putra, 2015. Analisa Pengaruh Pemasangan Energy Saving Device (ESD) Propeller Boss Cap Fins (PBCF) dan Kort Nozzle Pada Propeller Type B-Series Dan Propeller Type AU Terhadap Gaya Dorong Propeller Dengan Metode CFD, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [9] Andi Trimulyono, 2013. Pengaruh Penggunaan Energy Saving Device Pada Propeller B4 55 Dengan Metode CFD, Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro, Semarang.

LAMPIRAN

A Geometri PBCF

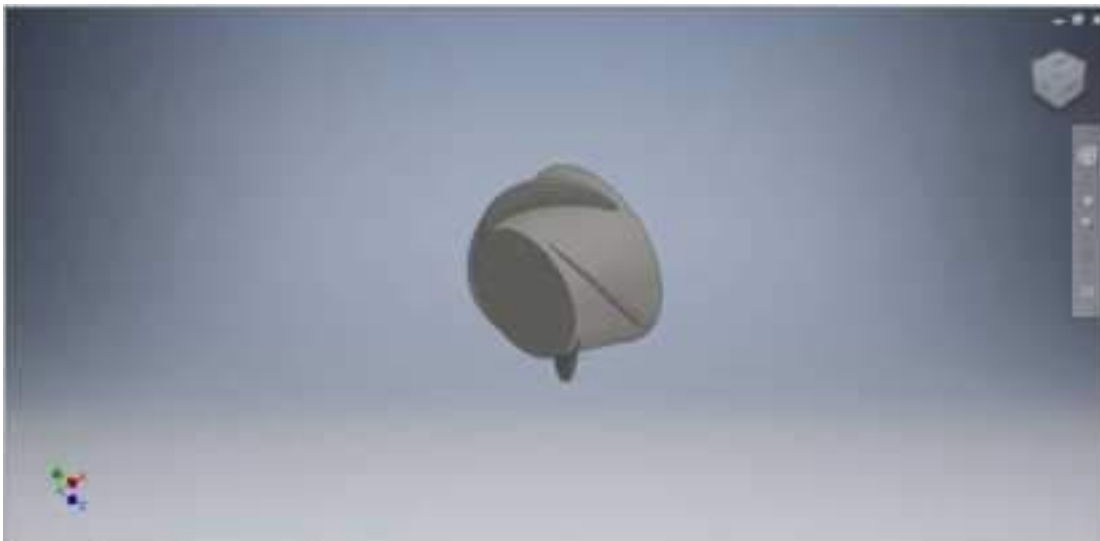
Berikut Lampiran Model PBCF Berdasarkan Pitch Anggle :

1. PBCF 55 Derajat

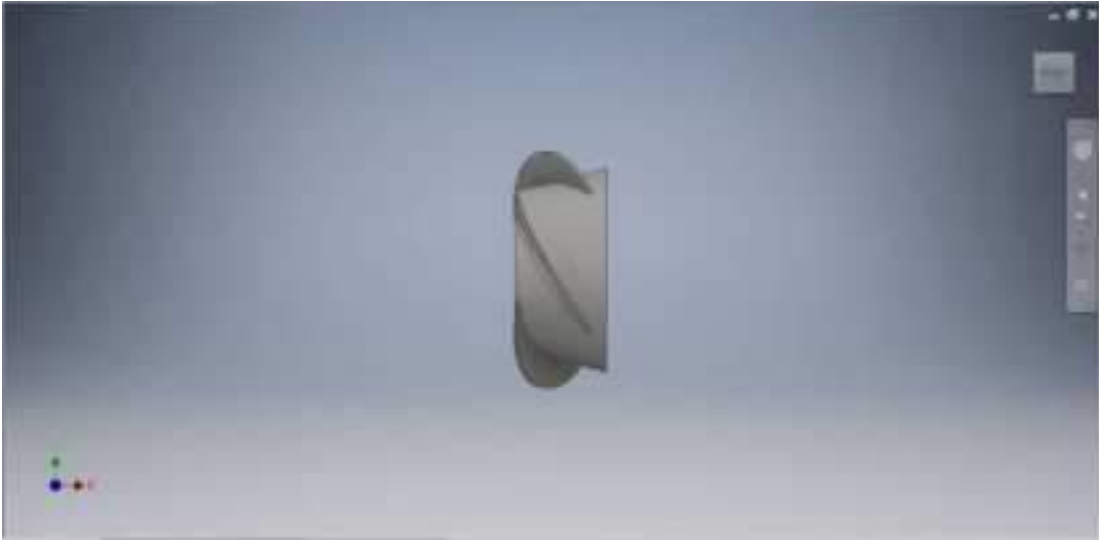
1.1 Side View



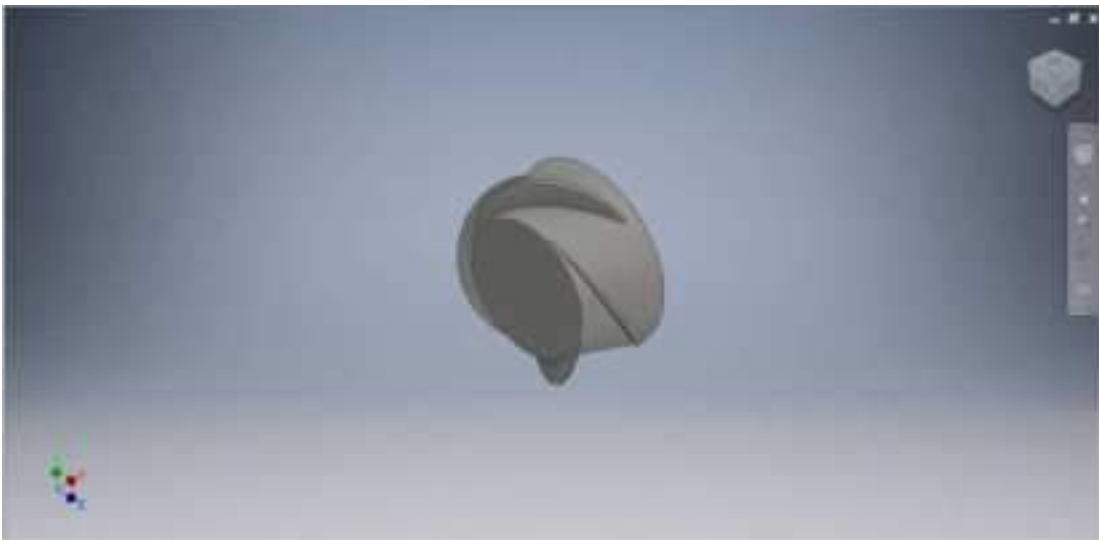
1.2 Isometric View



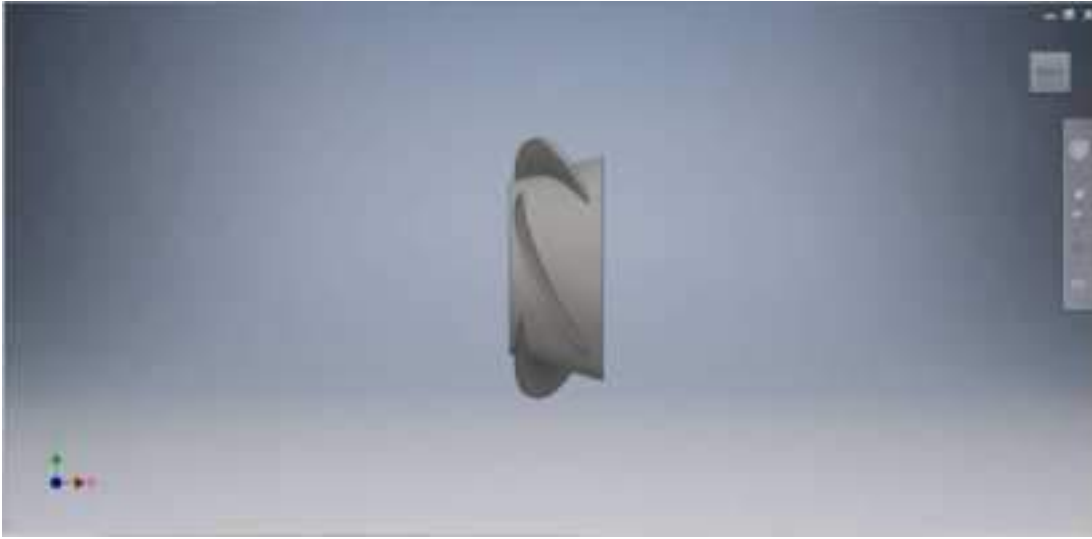
2. PBCF 60 Derajat
2.1 Side View



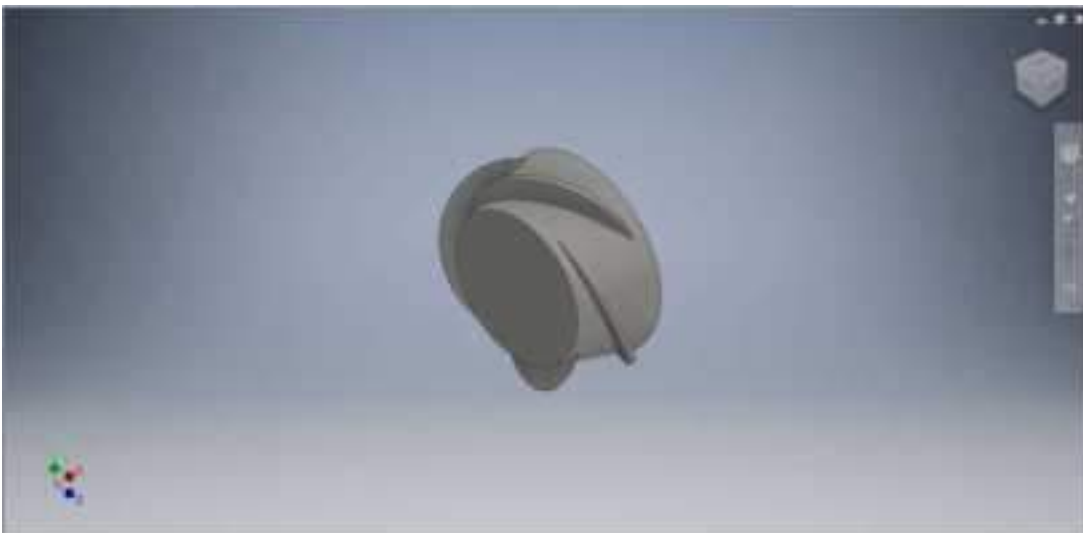
2.2 Iometric View



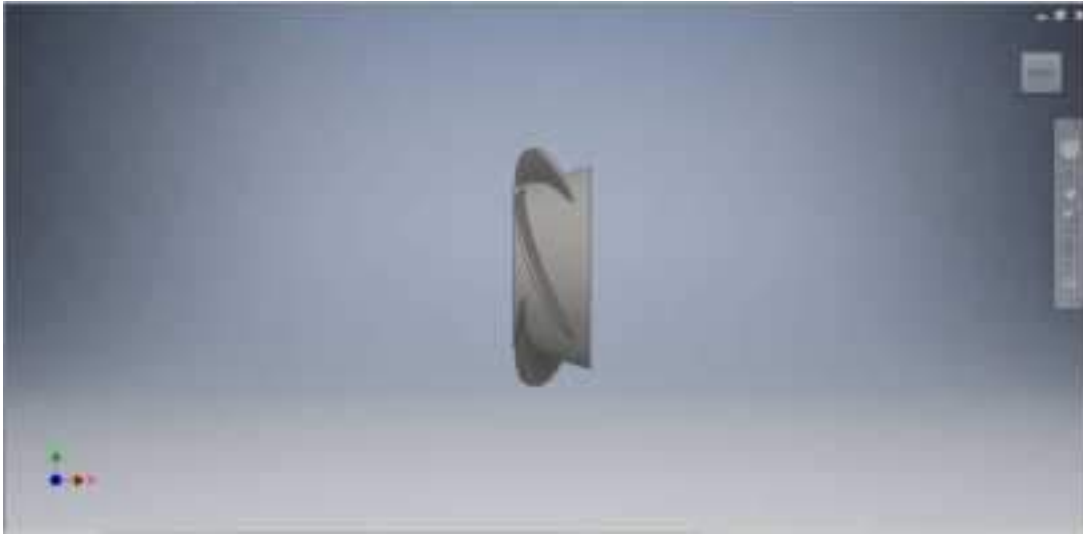
3. PBCF 65 Derajat
3.1 Side View



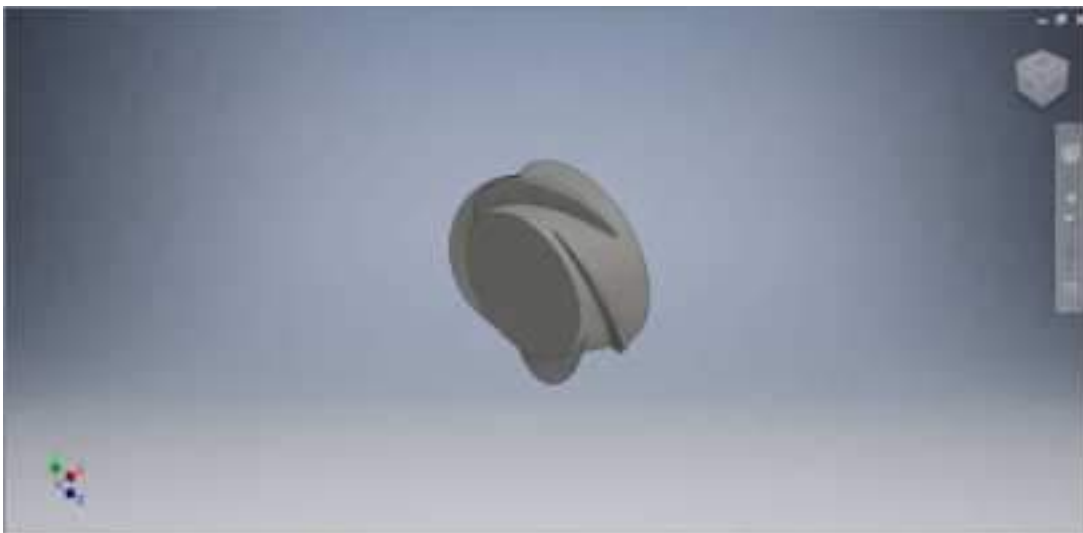
3.2 Isometric View



4. PBCF 70 Derajat
4.1 Side View



4.2 Isometric View



5. PBCF 75 Derajat
5.1 Side View



5.2 Isometric View

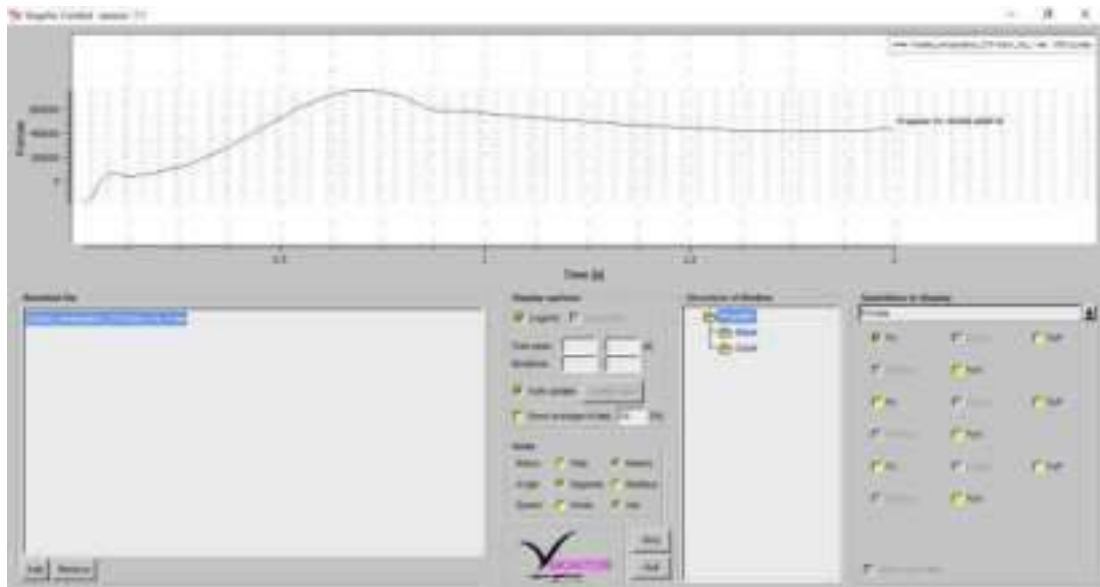
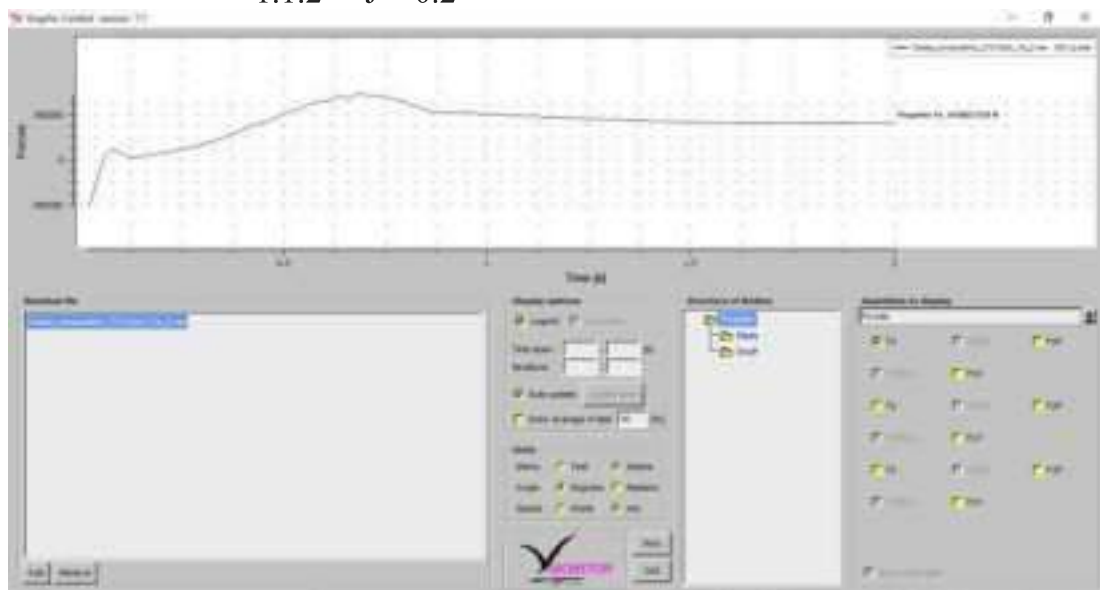


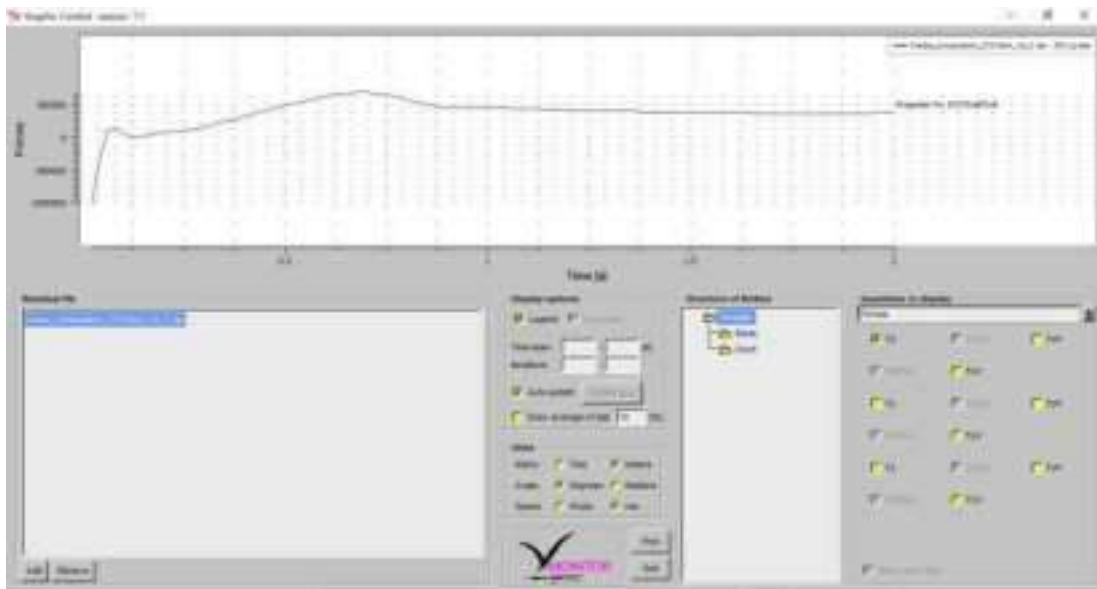
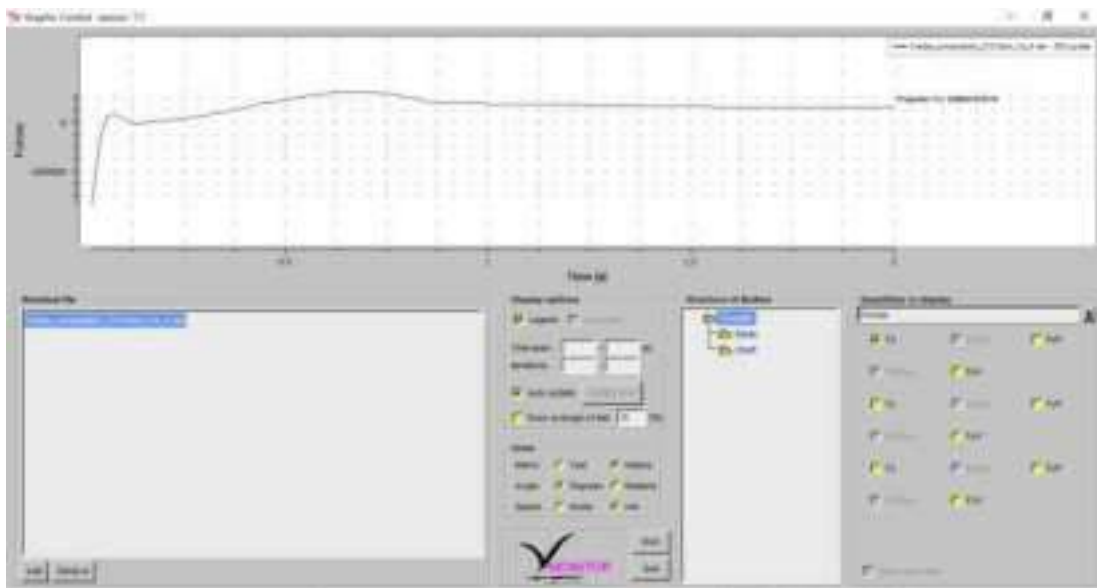
B Log Data Running PBCF

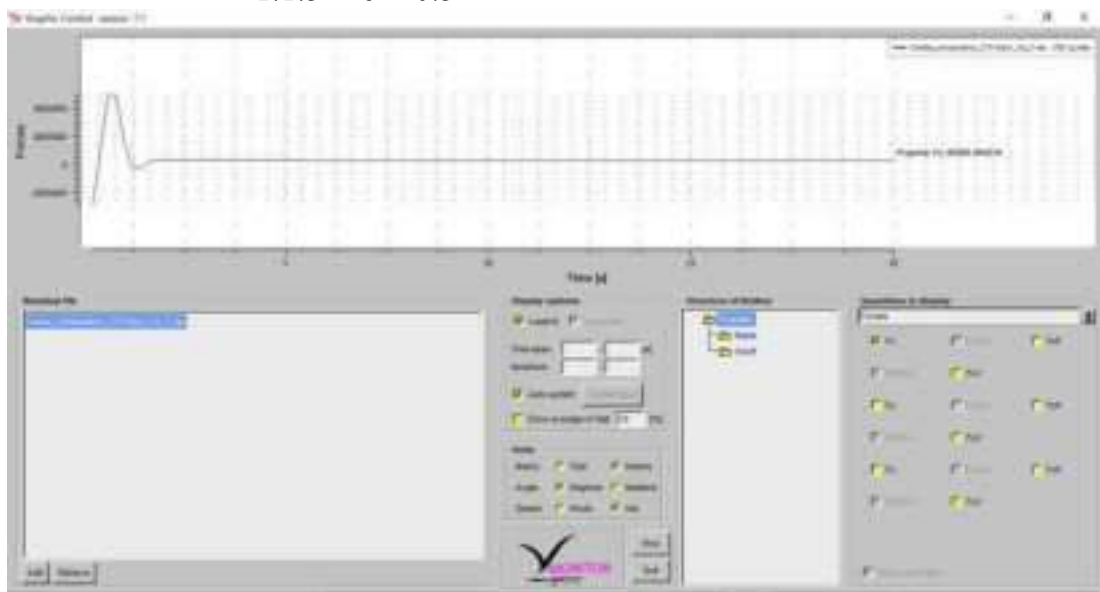
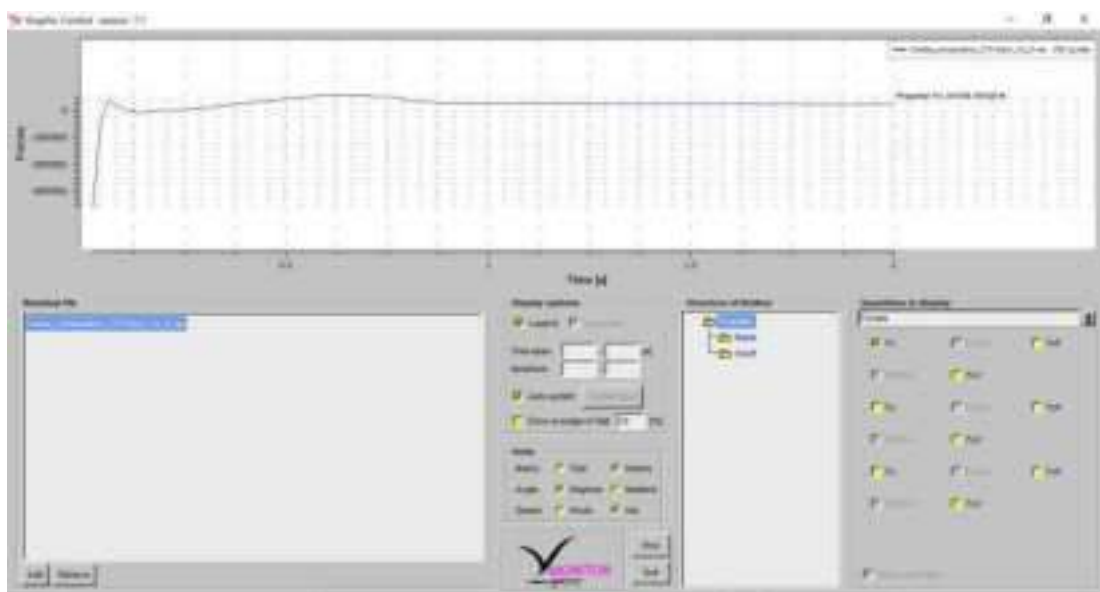
Berikut Lampiran Log Data Running Per Advance Rasio (J) :

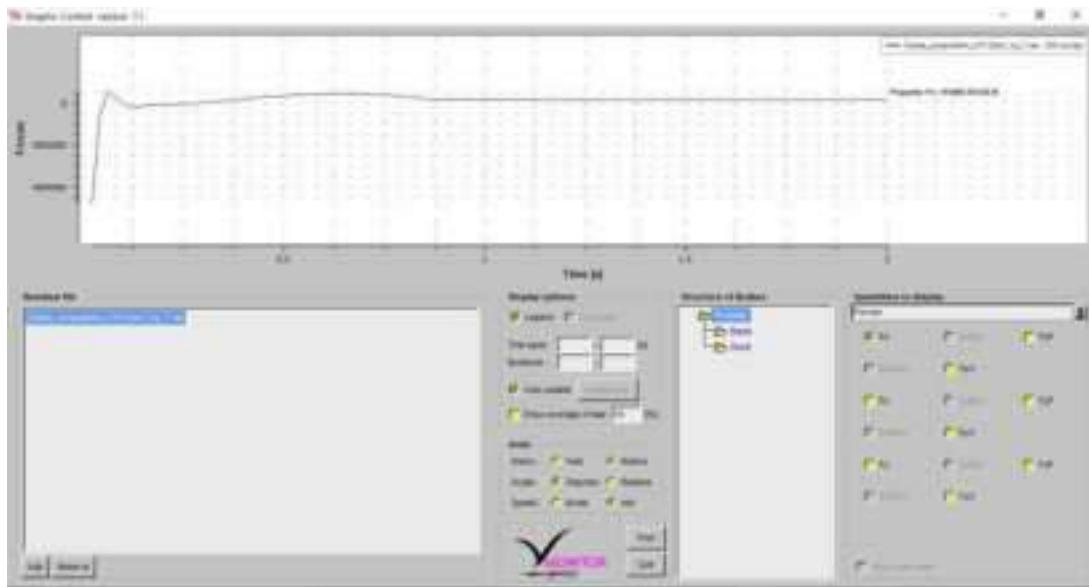
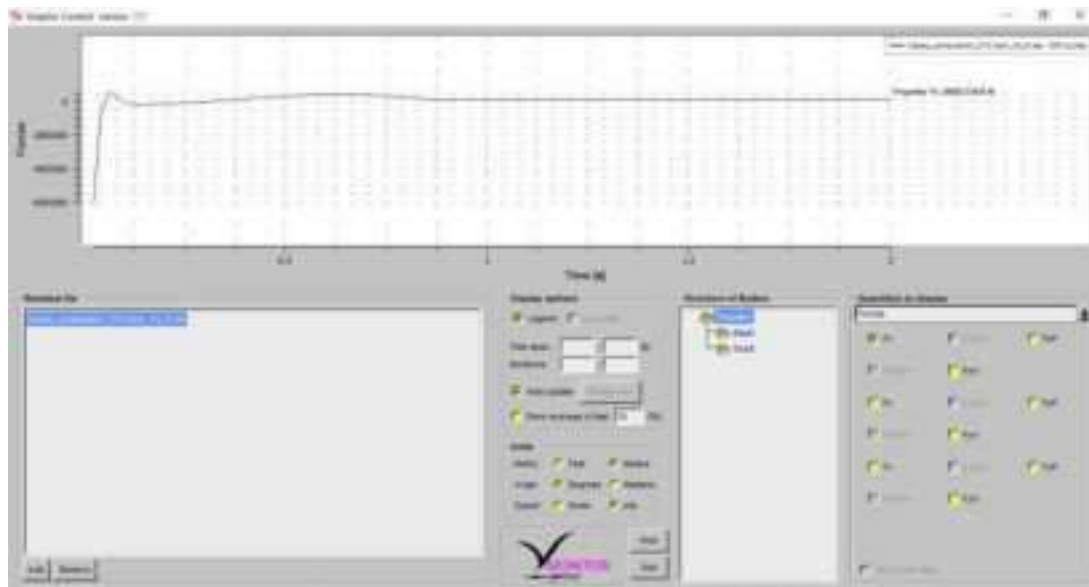
1. Propeller

1.1 Thrust

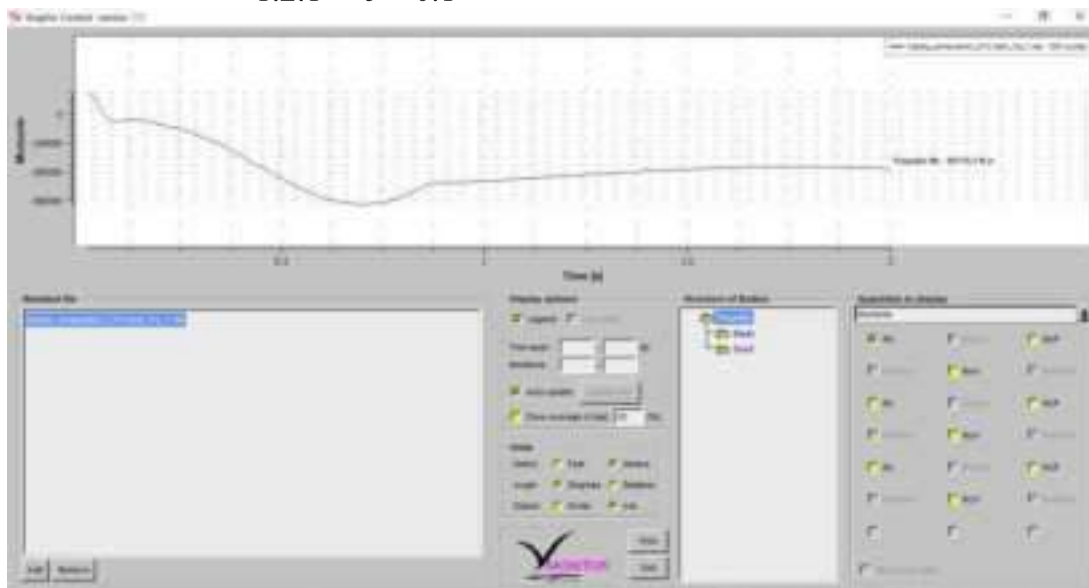
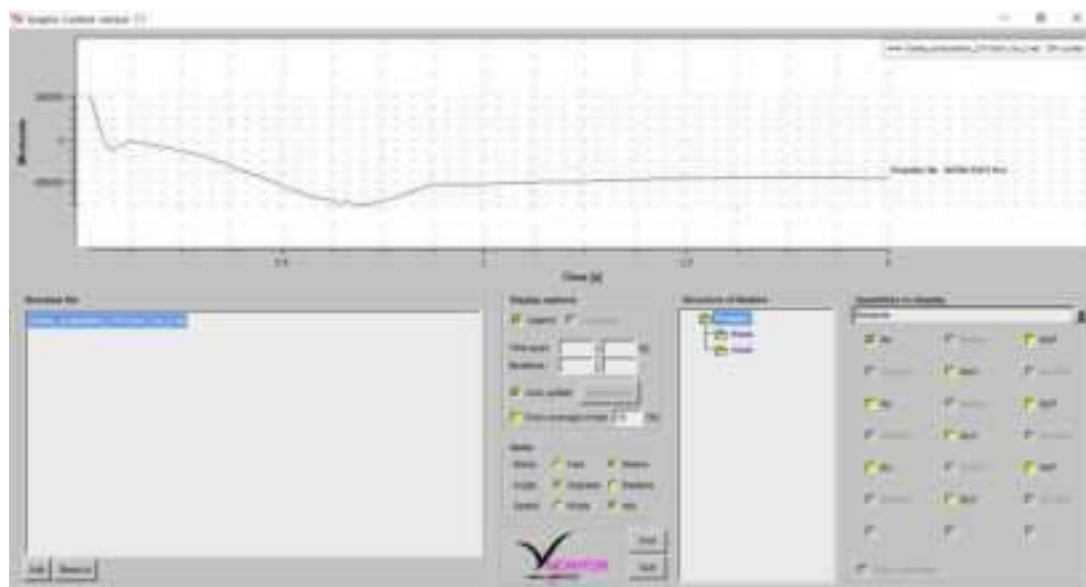
1.1.1 $J = 0.1$ 1.1.2 $J = 0.2$ 

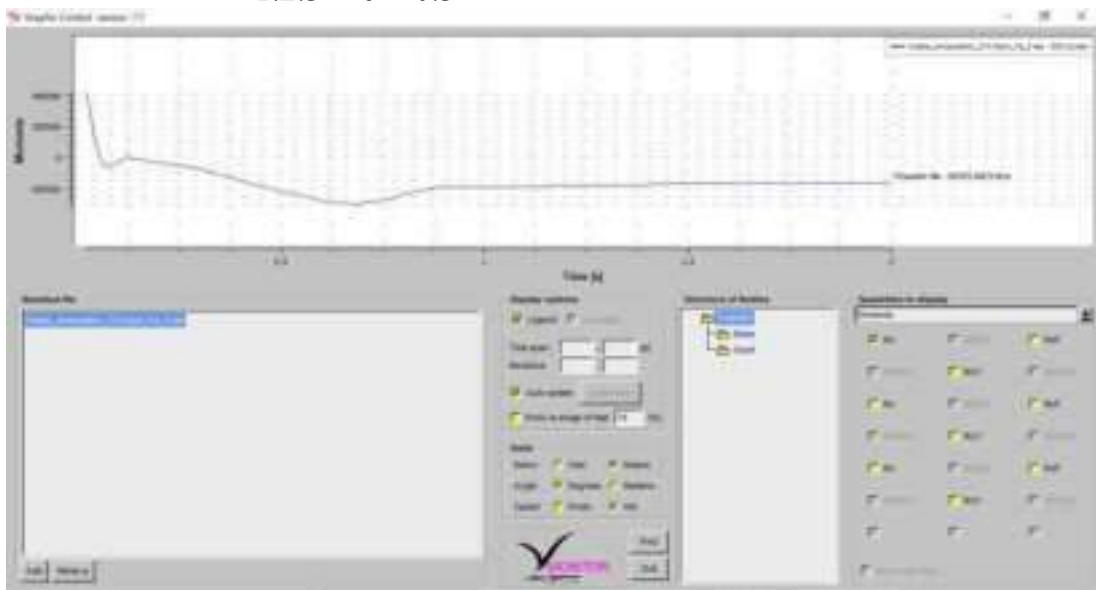
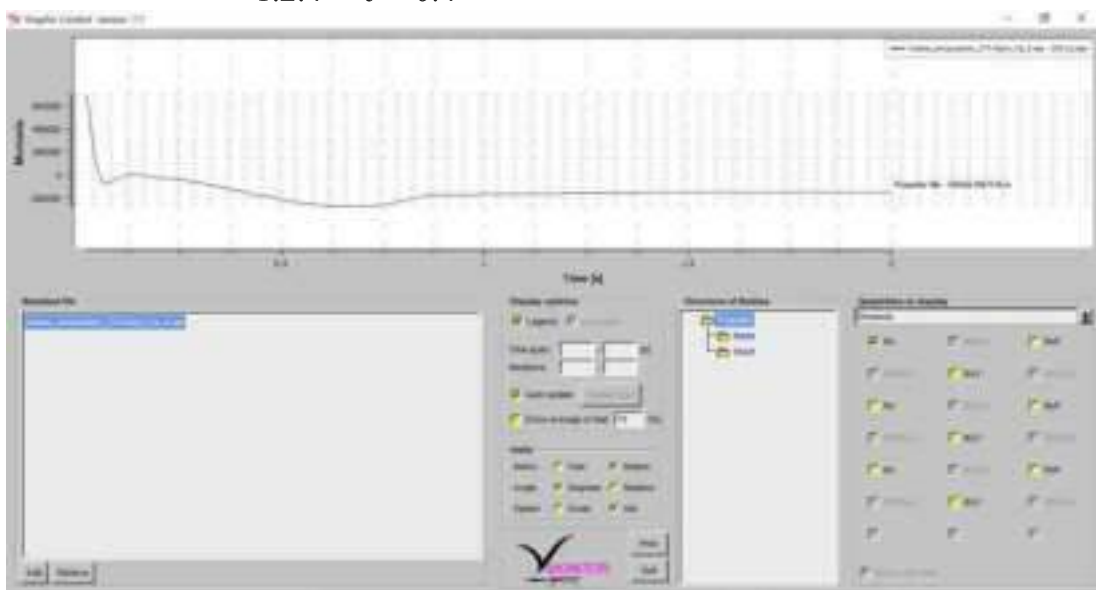
1.1.3 $J = 0.3$ 1.1.4 $J = 0.4$ 

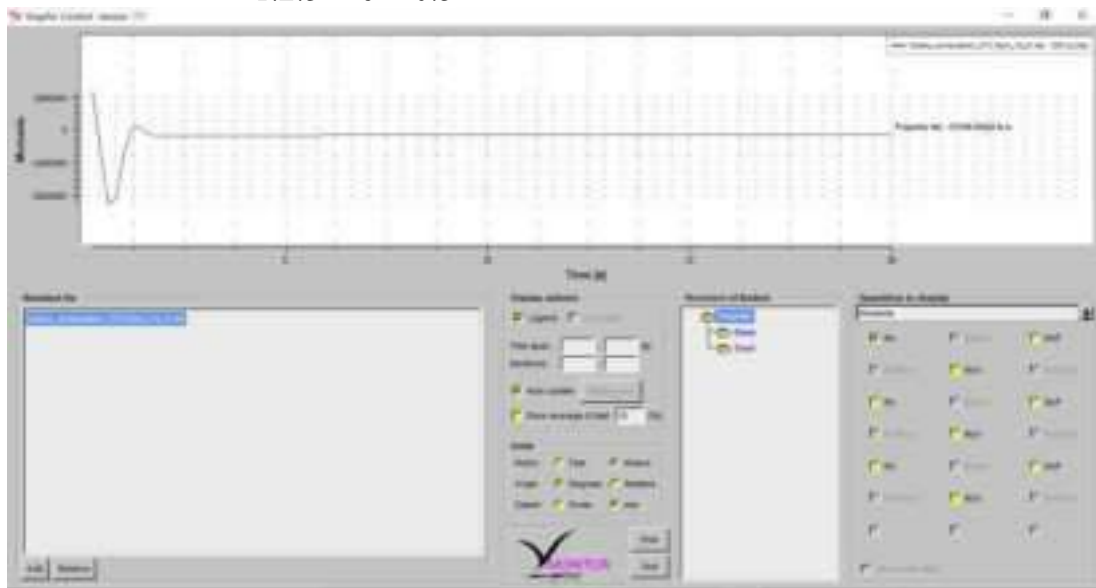
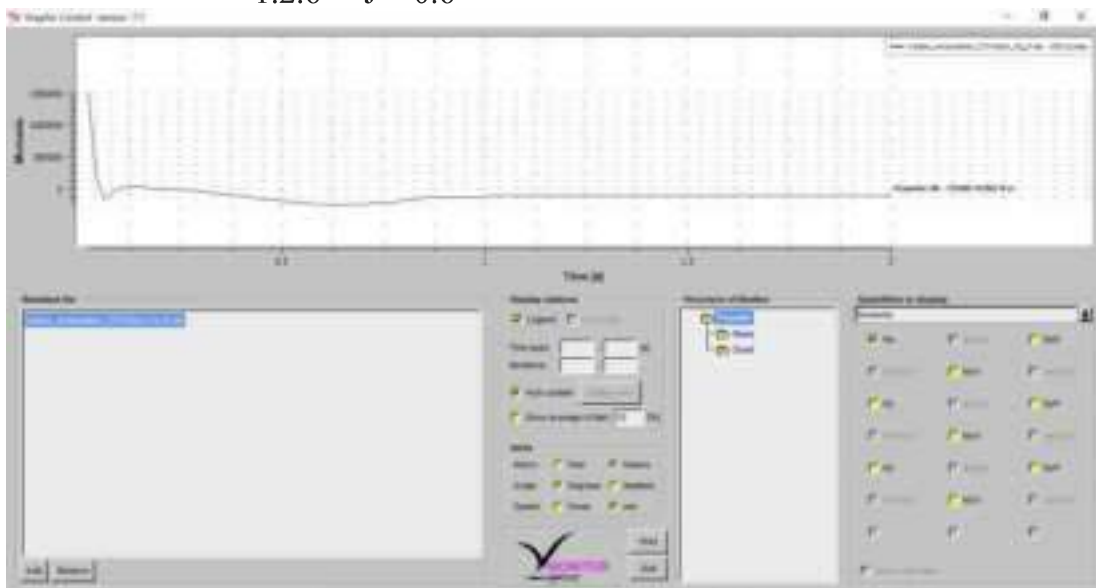
1.1.5 $J = 0.5$ 1.1.6 $J = 0.6$ 

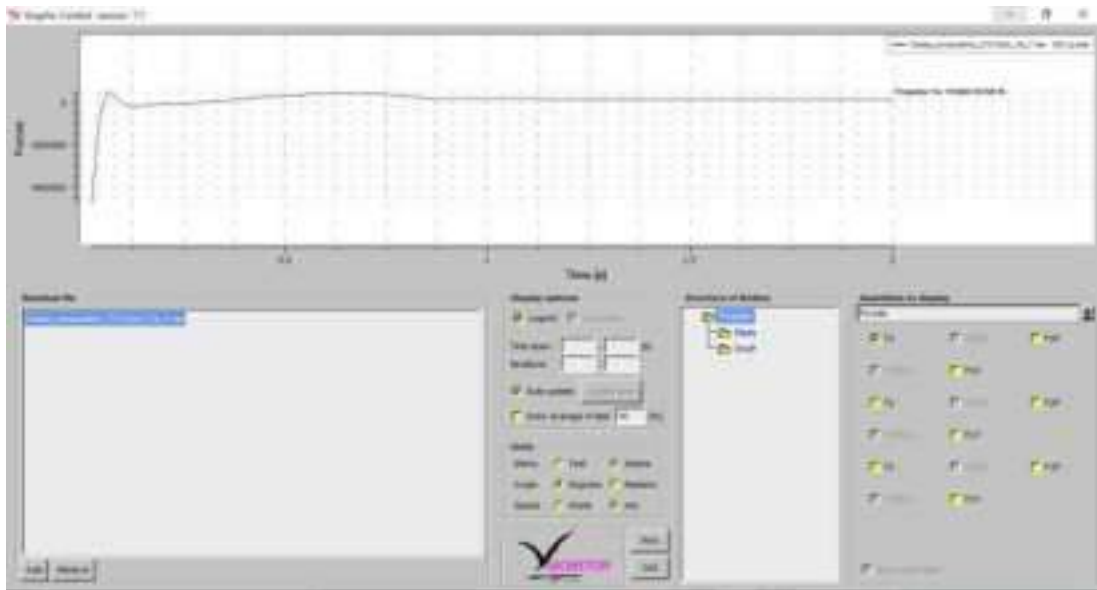
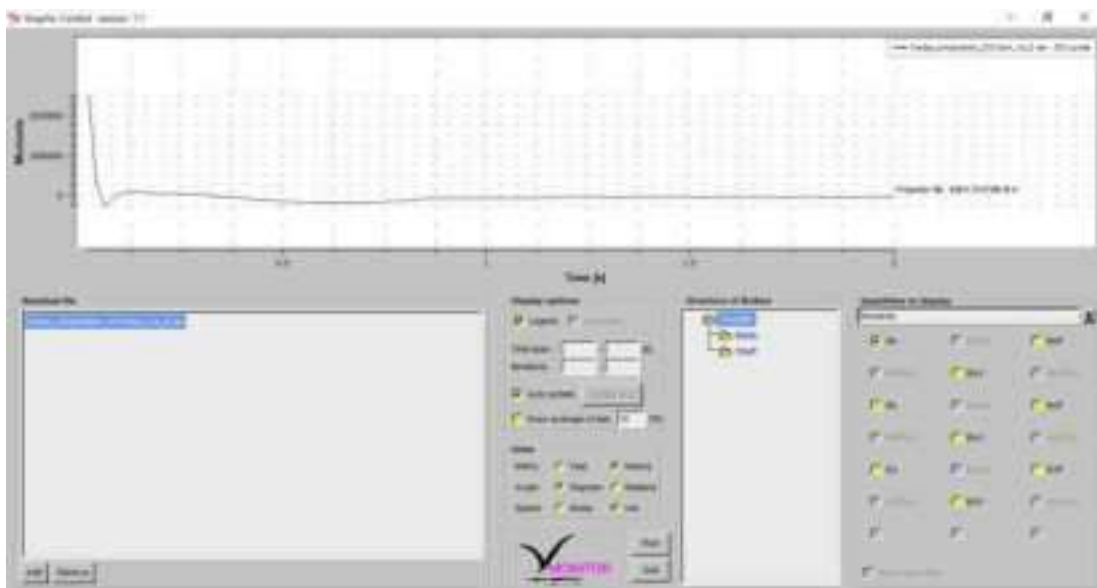
1.1.7 $J = 0.7$ 1.1.8 $J = 0.8$ 

1.2 Torsi

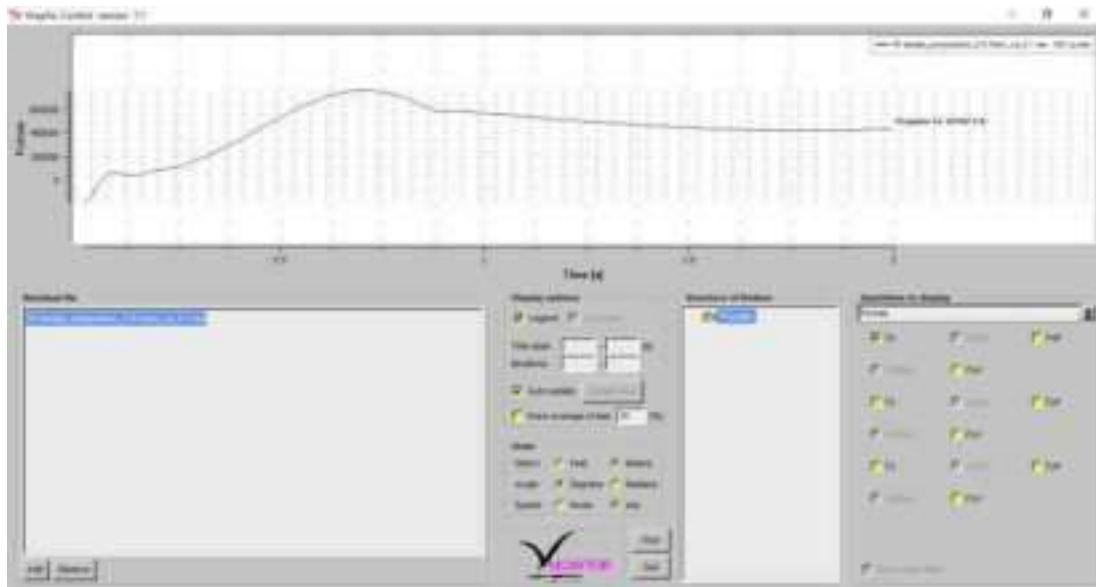
1.2.1 $J = 0.1$ 1.2.2 $J = 0.2$ 

1.2.3 $J = 0.3$ 1.2.4 $J = 0.4$ 

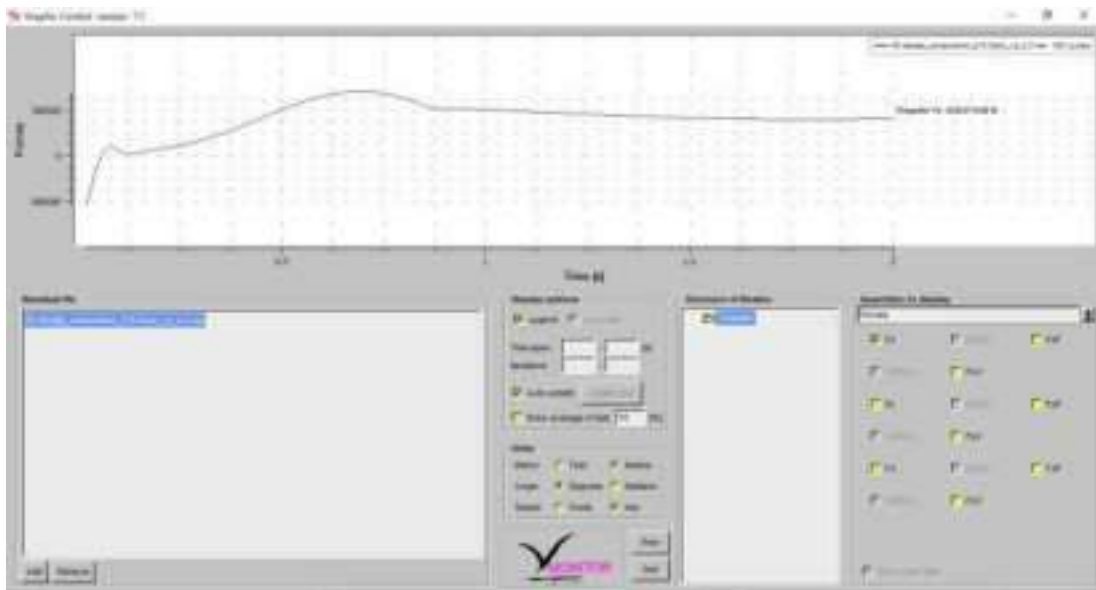
1.2.5 $J = 0.5$ 1.2.6 $J = 0.6$ 

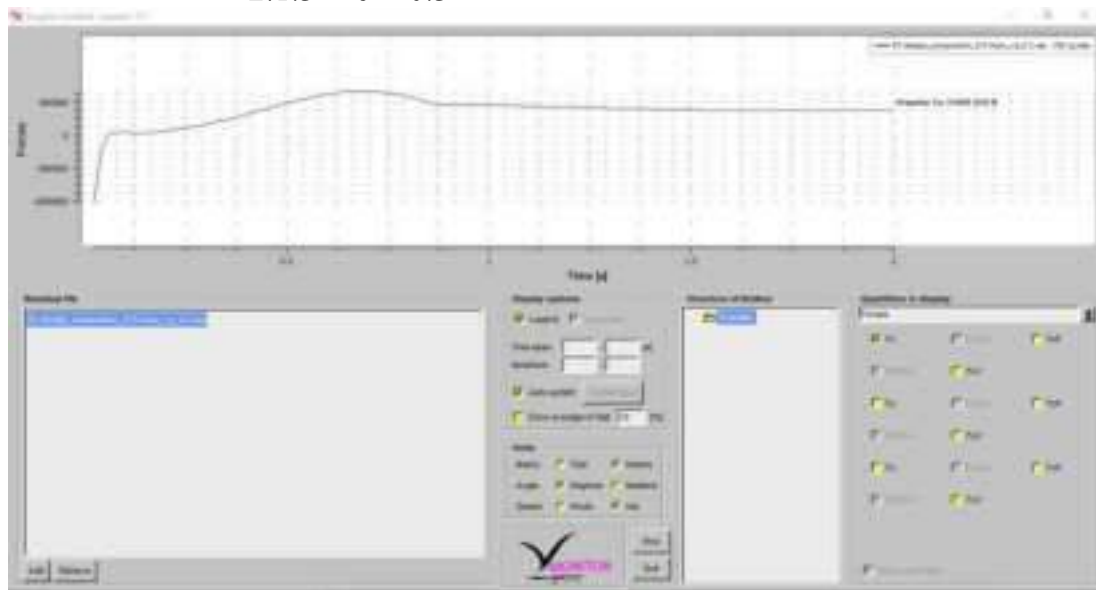
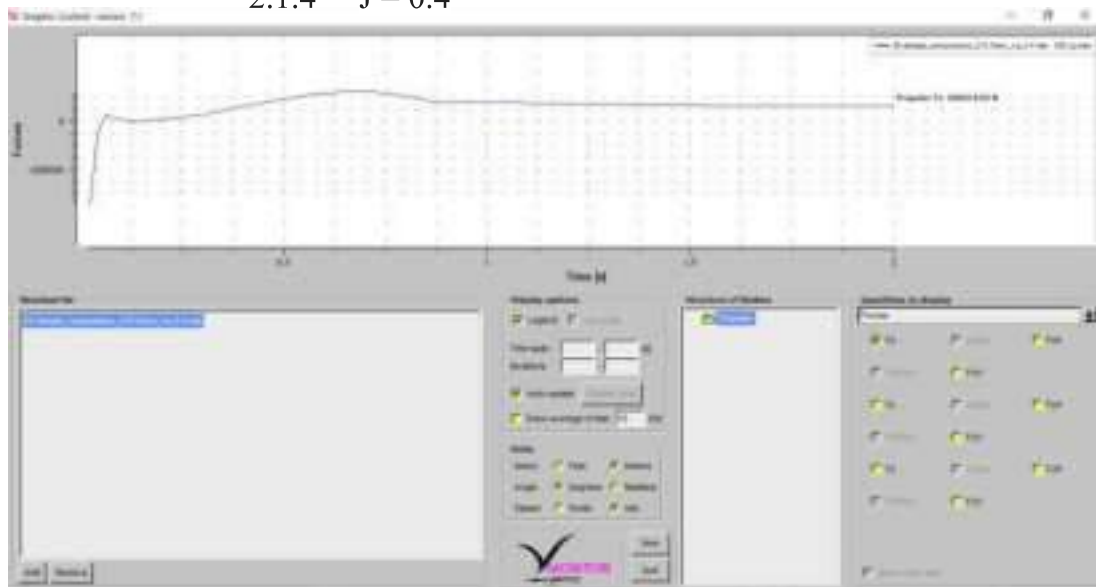
1.2.7 $J = 0.7$ 1.2.8 $J = 0.8$ 

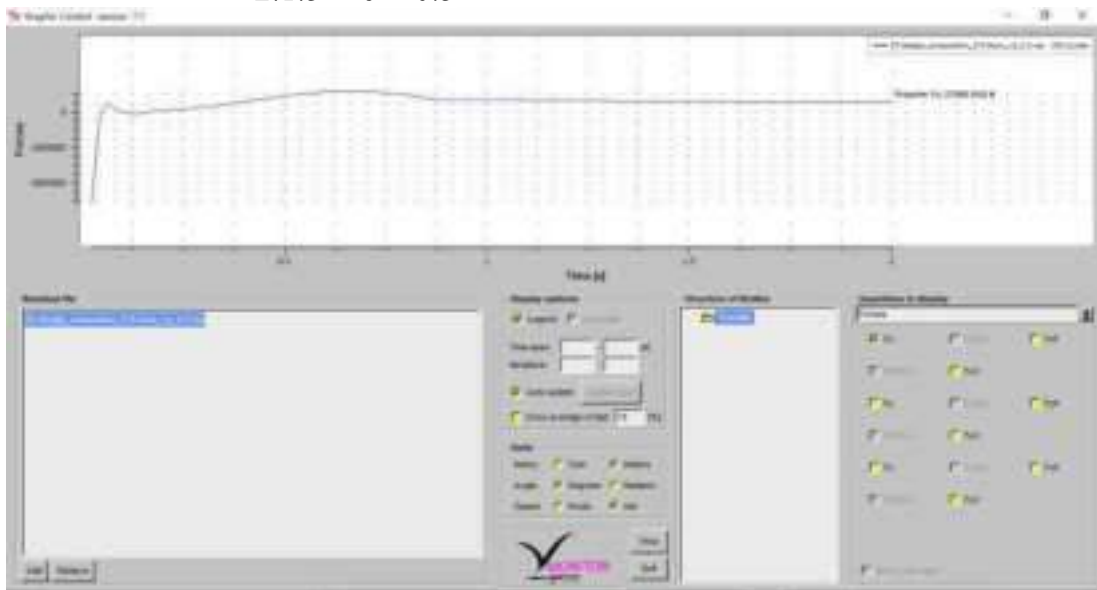
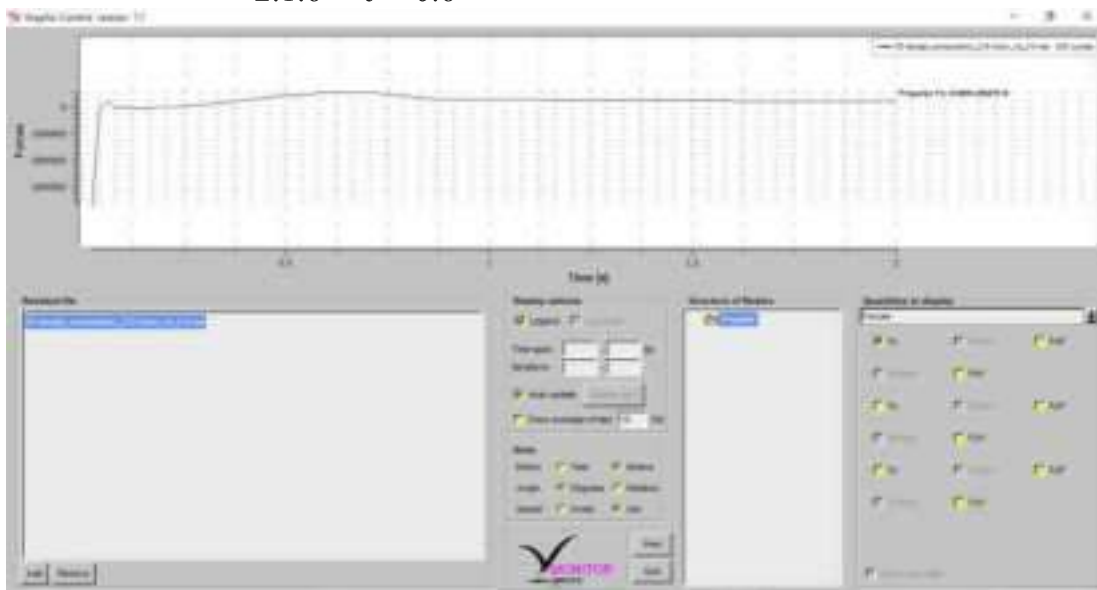
2. PBCF 55 Derajat
2.1 Thrust
2.1.1 $J = 0.1$

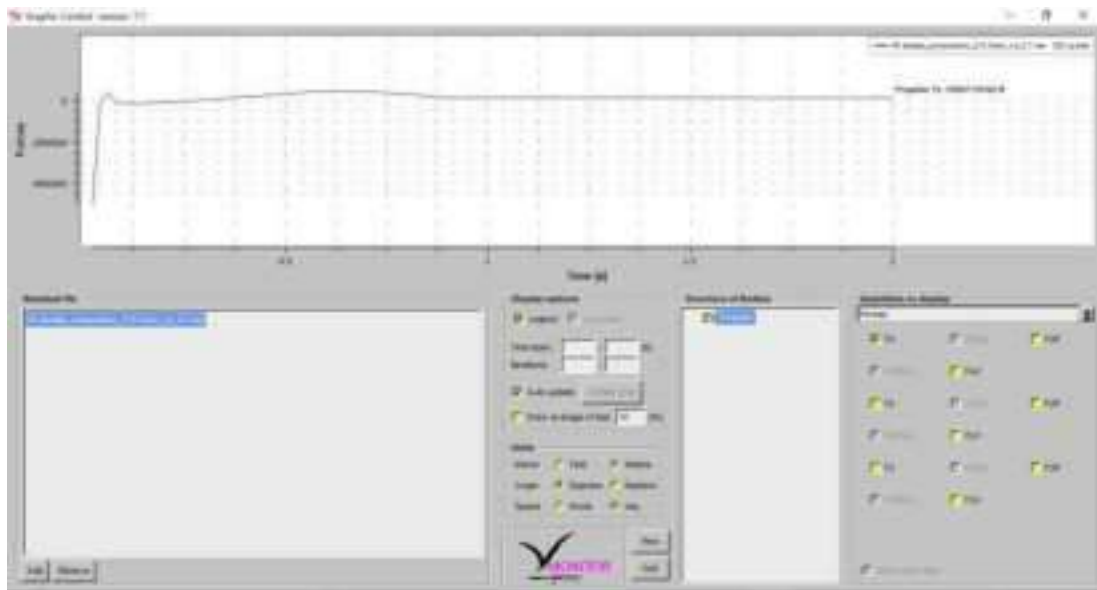
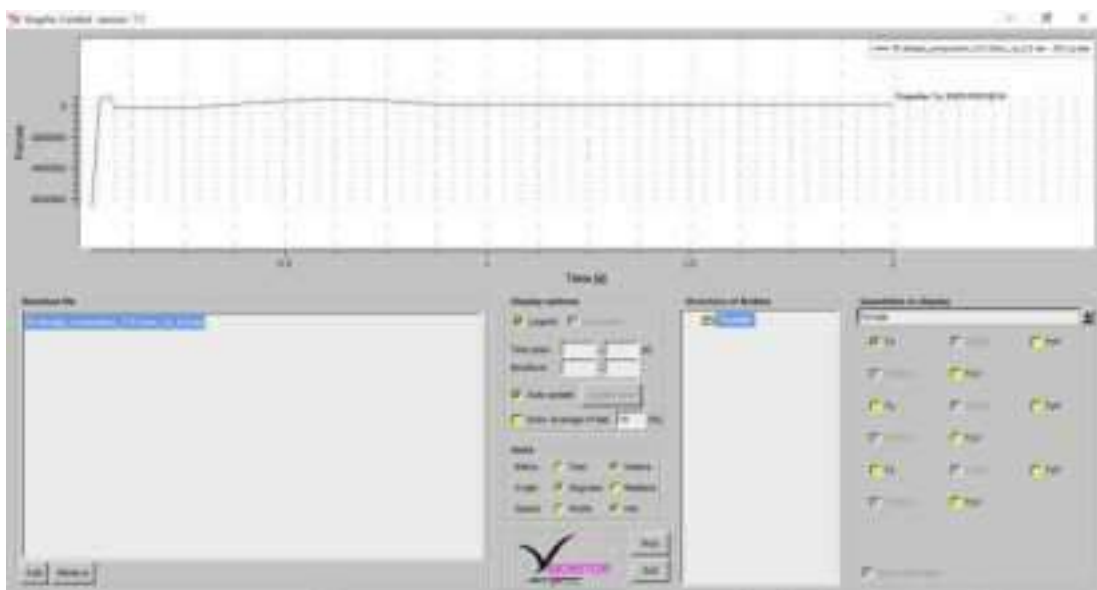


2.1.2 $J = 0.2$



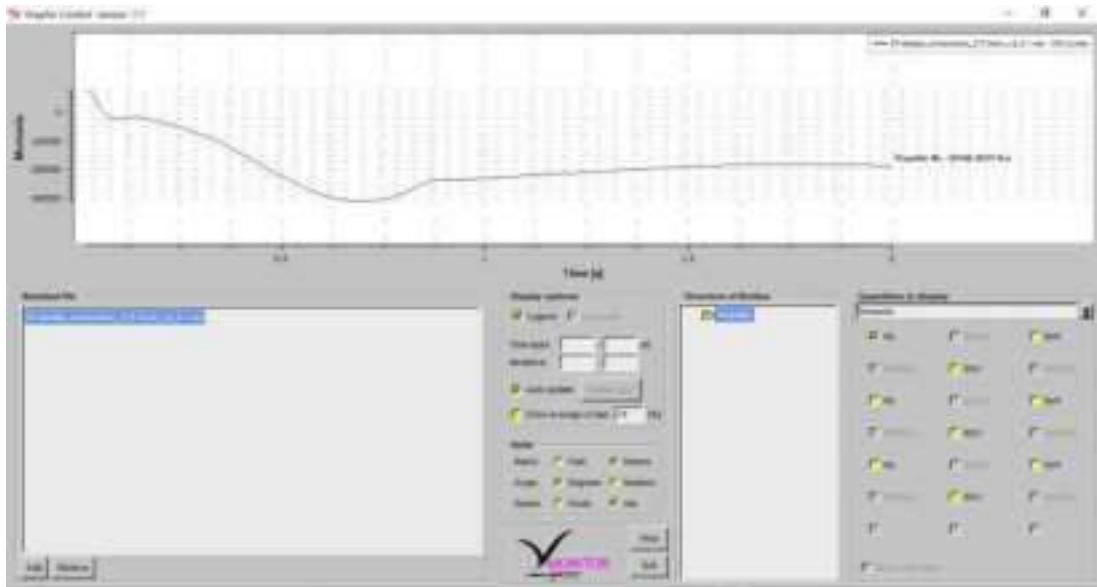
2.1.3 $J = 0.3$ 2.1.4 $J = 0.4$ 

2.1.5 $J = 0.5$ 2.1.6 $J = 0.6$ 

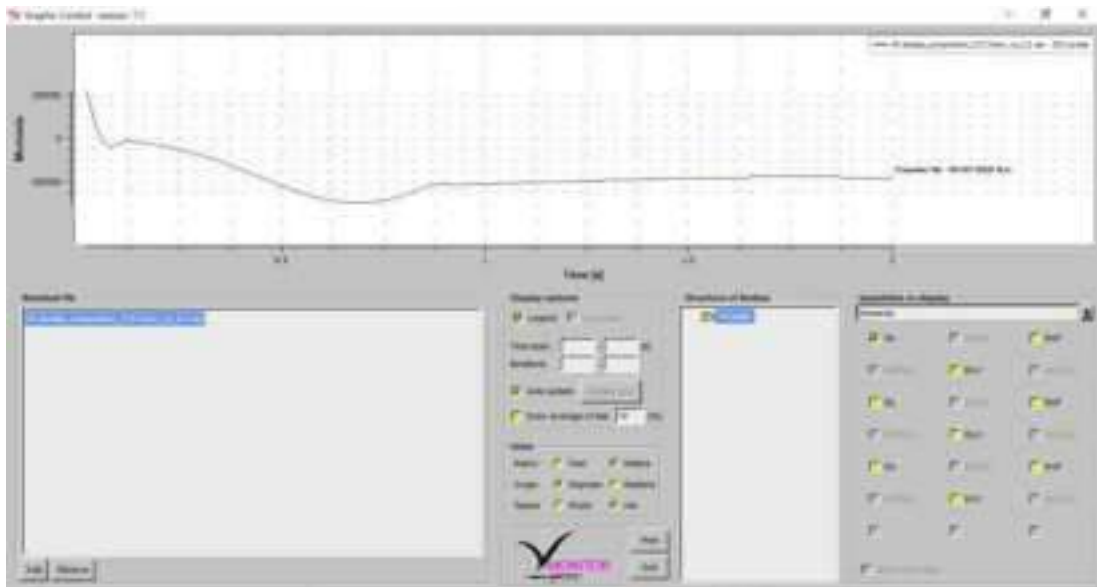
2.1.7 $J = 0.7$ 2.1.8 $J = 0.8$ 

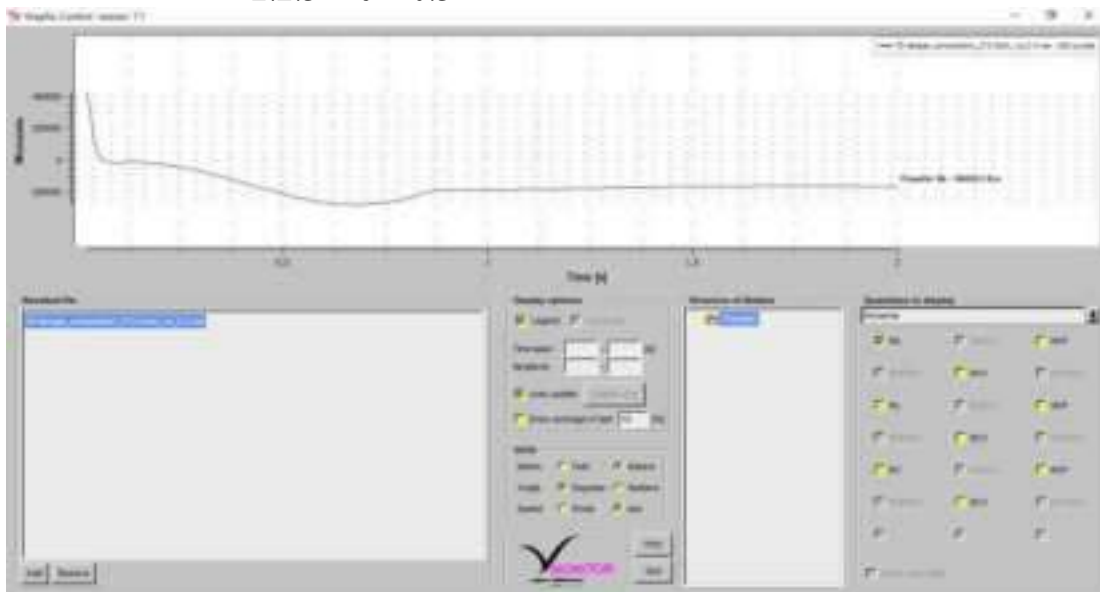
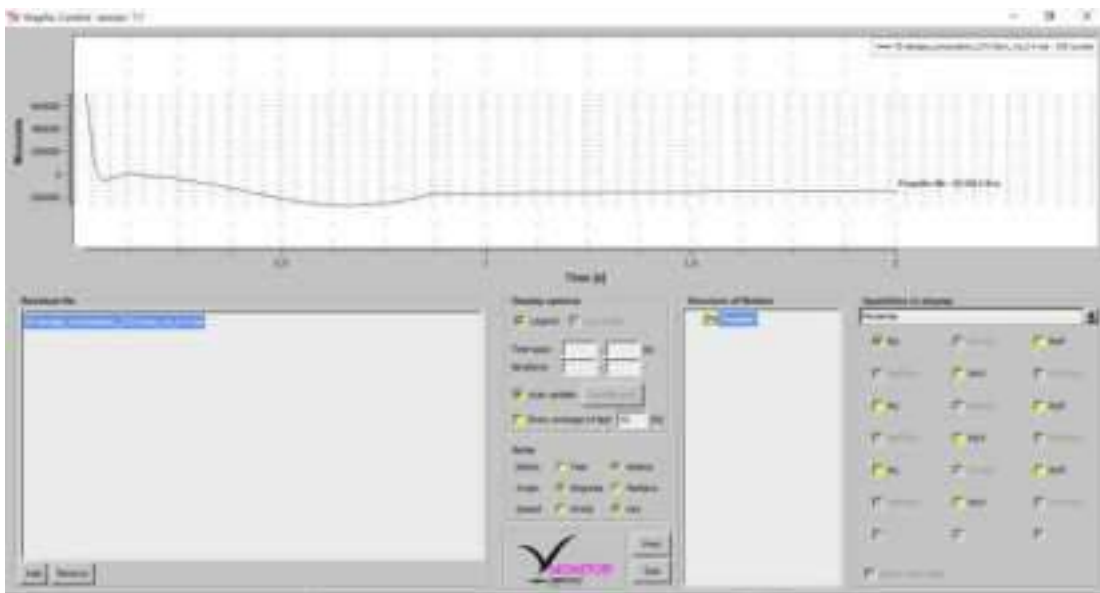
2.2 Torsi

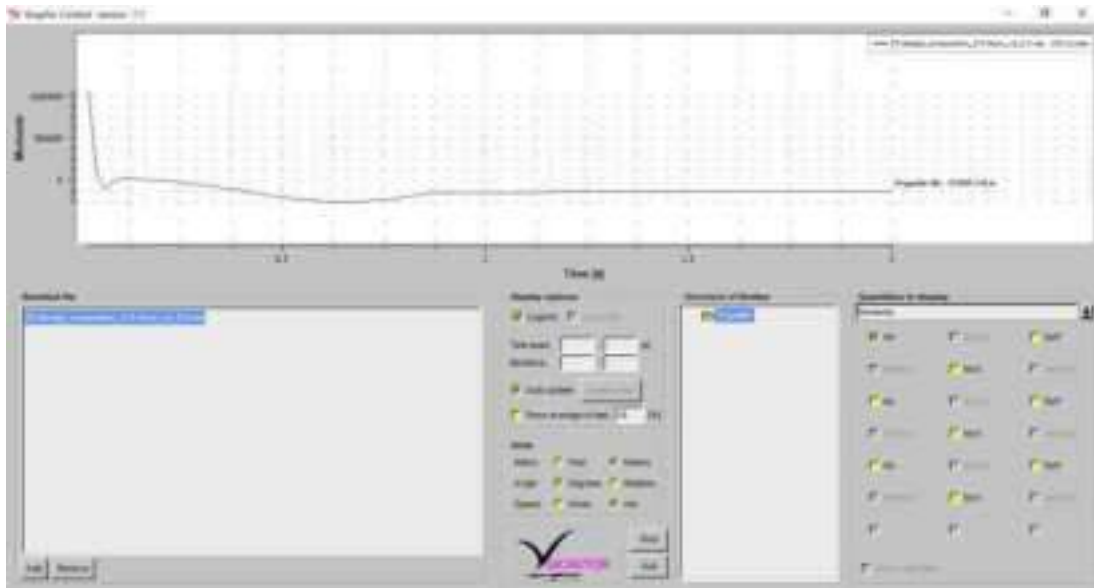
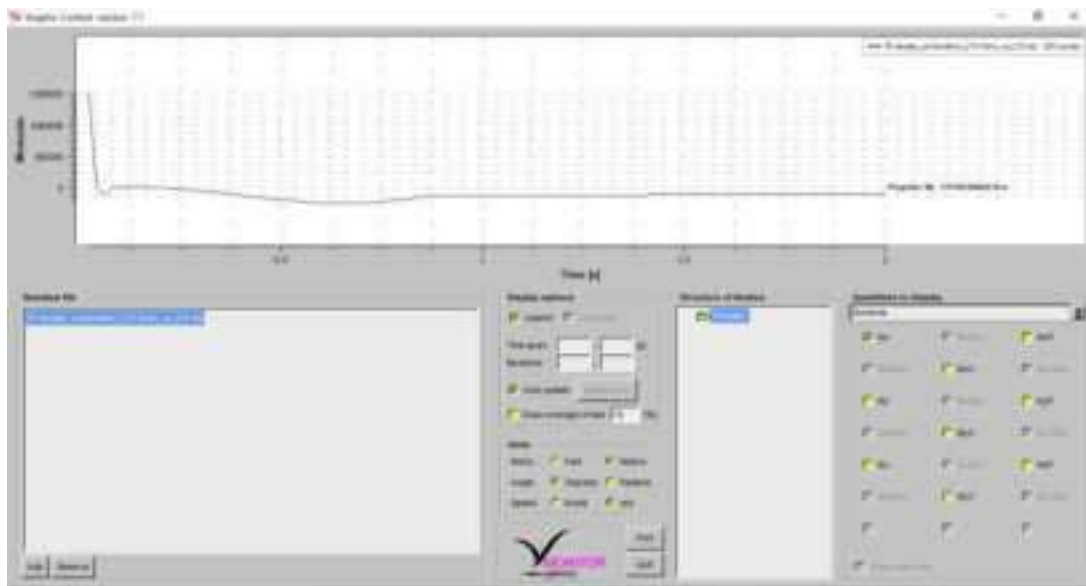
2.2.1 $J = 0.1$

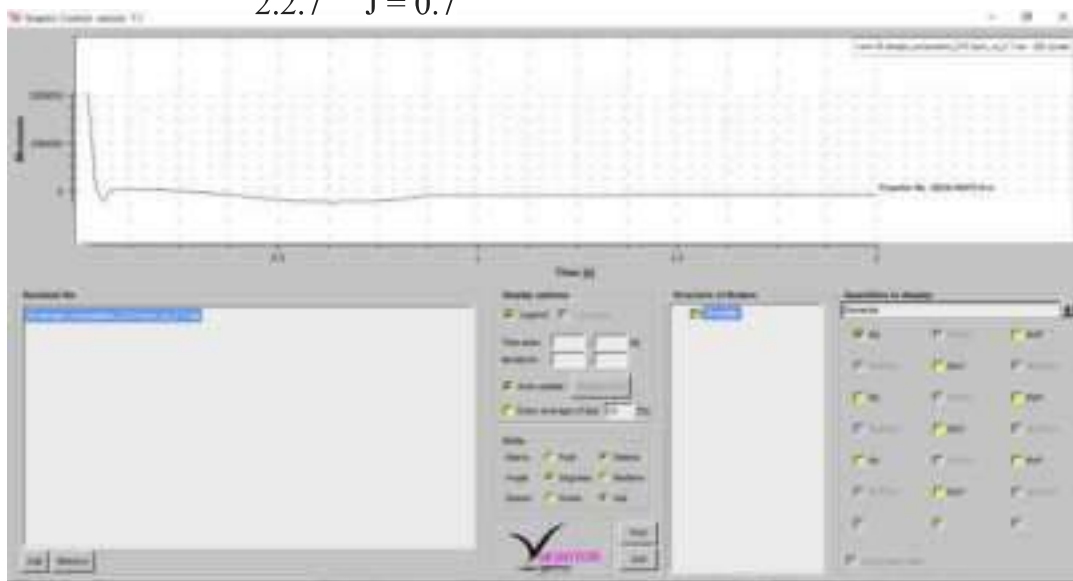
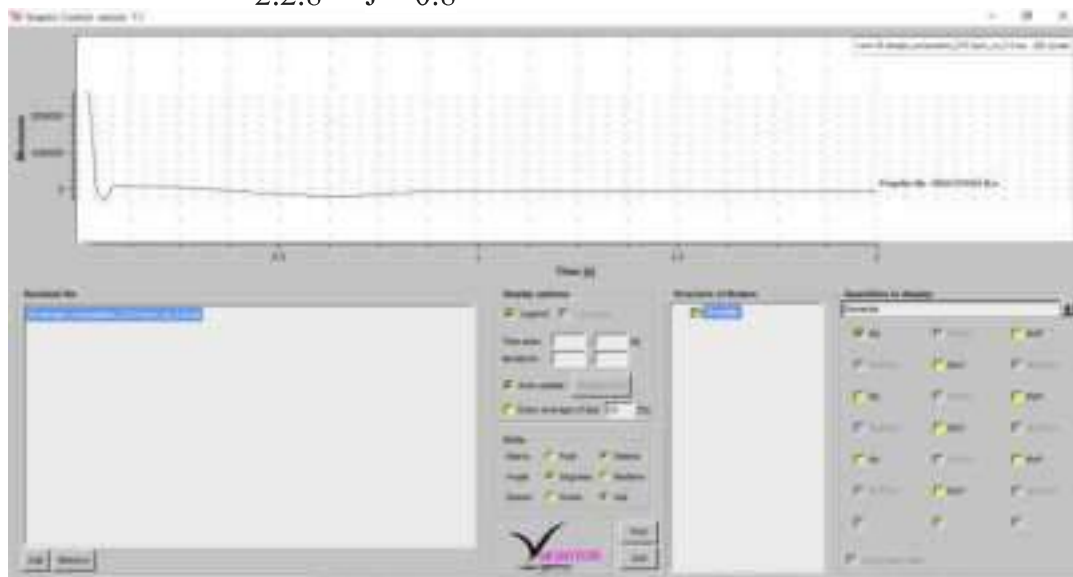


2.2.2 $J = 0.2$

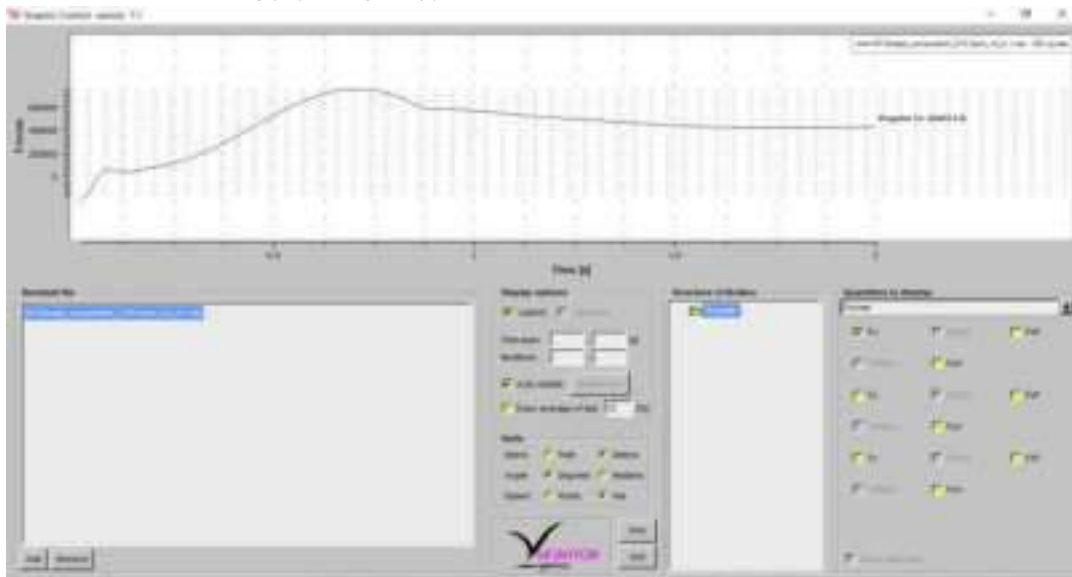


2.2.3 $J = 0.3$ 2.2.4 $J = 0.4$ 

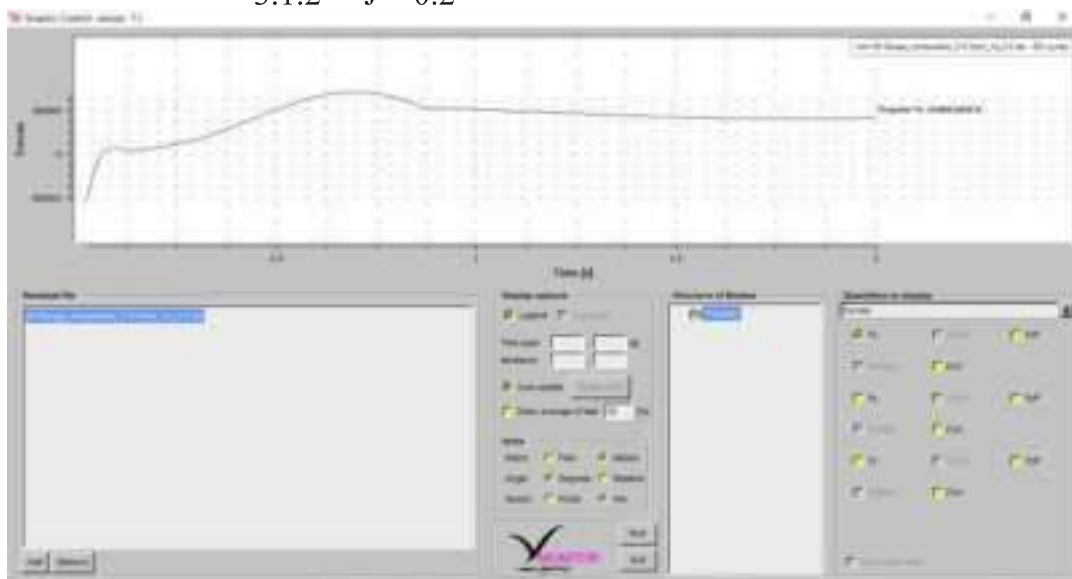
2.2.5 $J = 0.5$ 2.2.6 $J = 0.6$ 

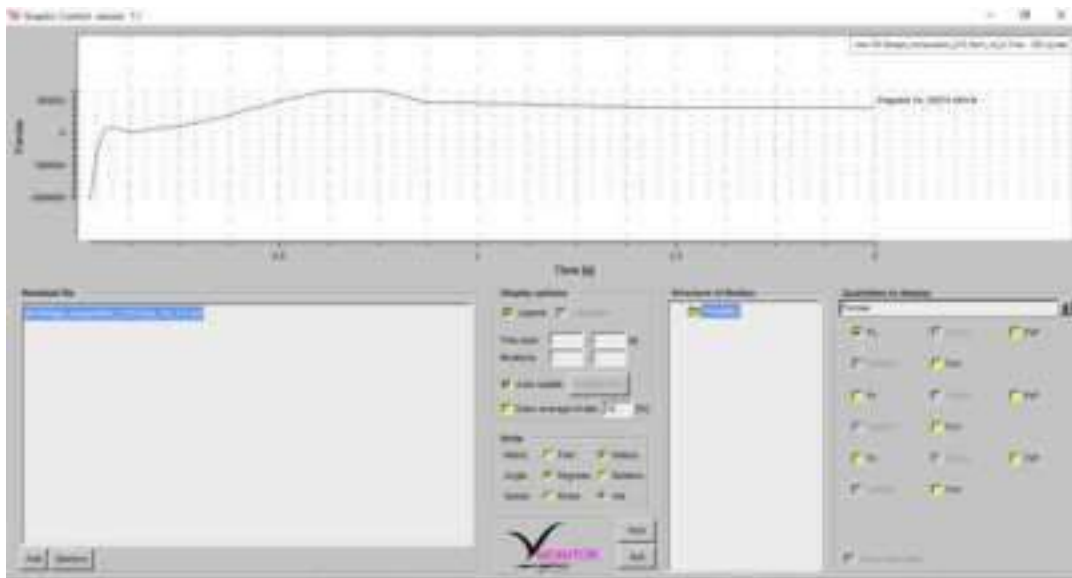
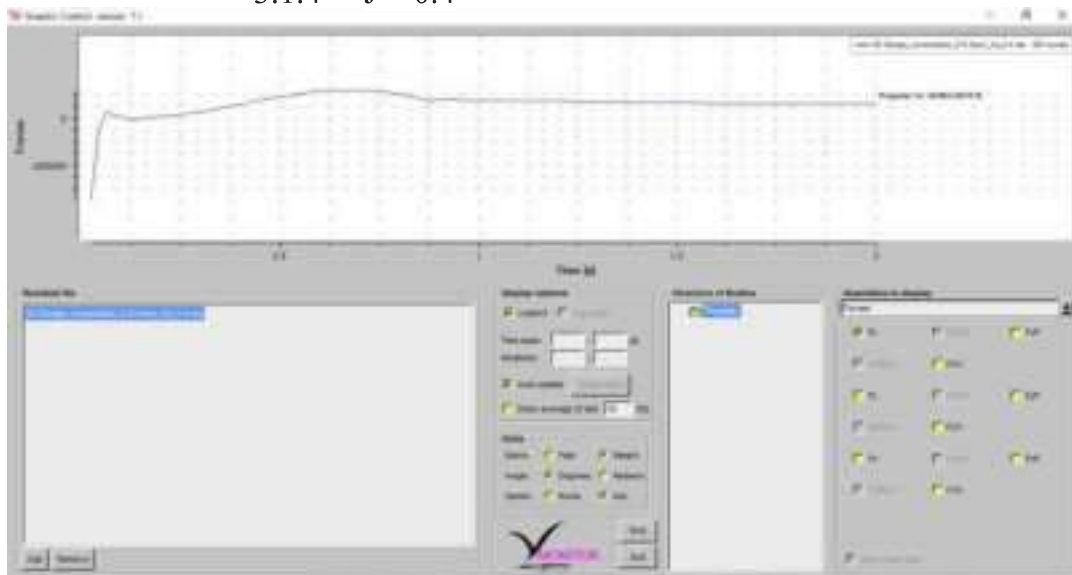
2.2.7 $J = 0.7$ 2.2.8 $J = 0.8$ 

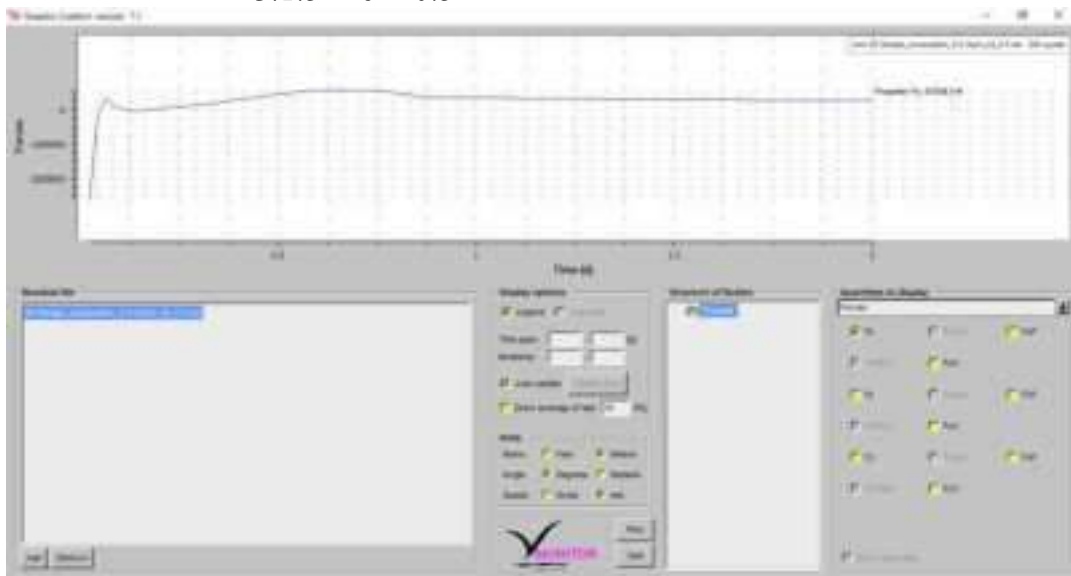
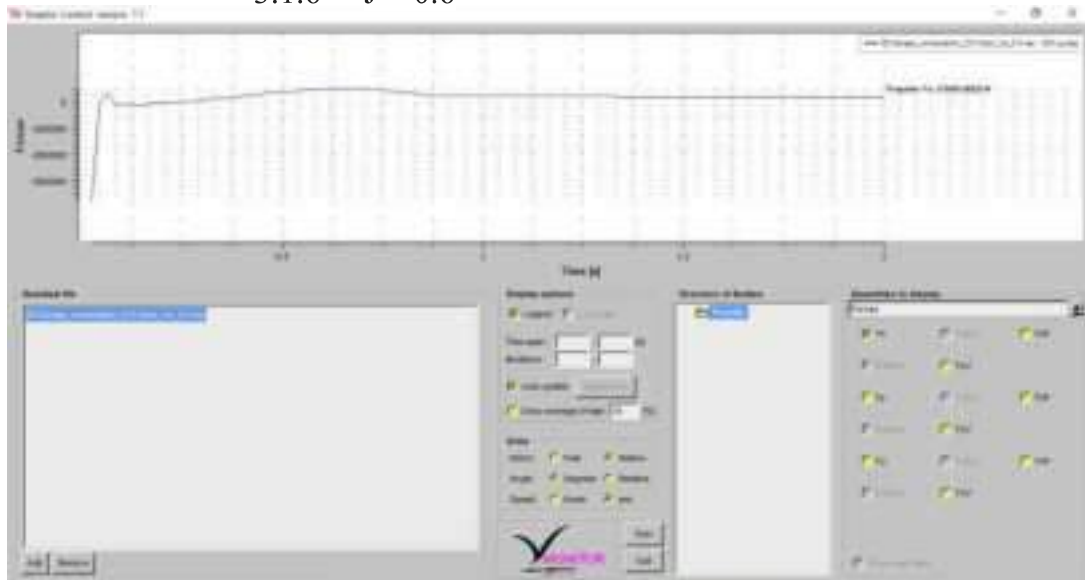
3. PBCF 60 Derajat
3.1 Thrust
3.1.1 $J = 0.1$

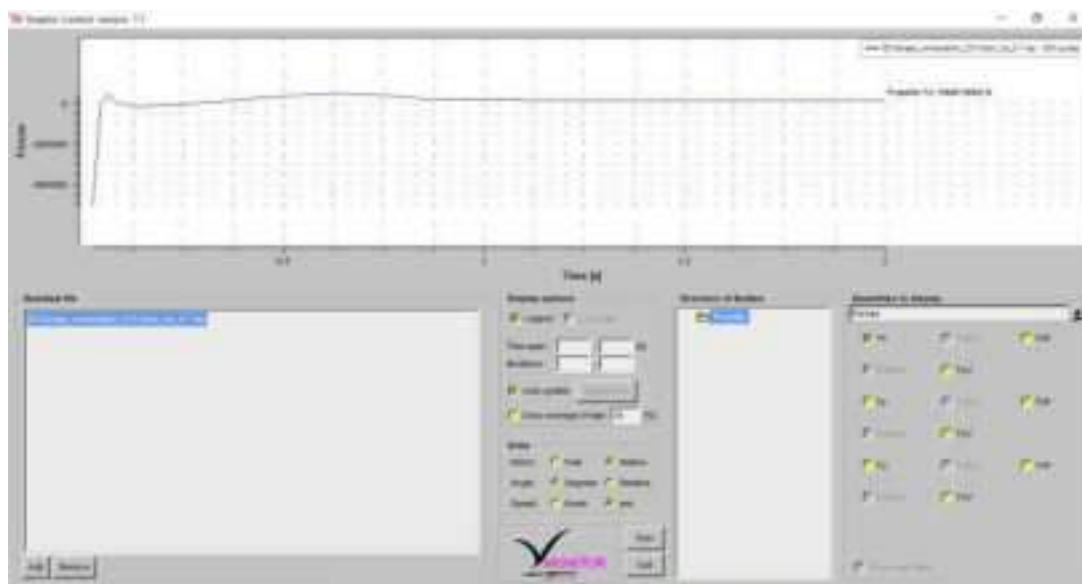
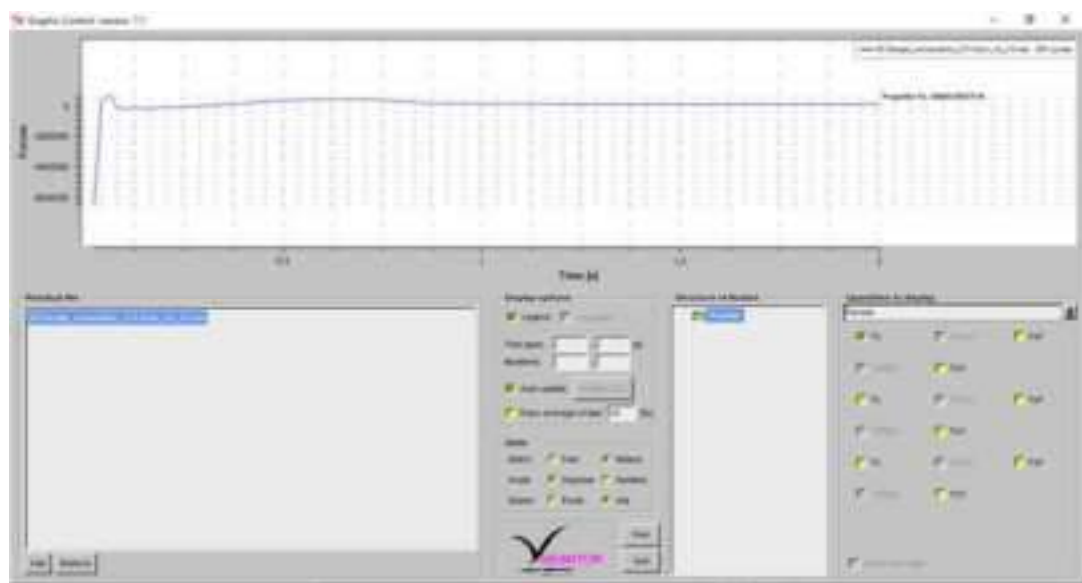


3.1.2 $J = 0.2$

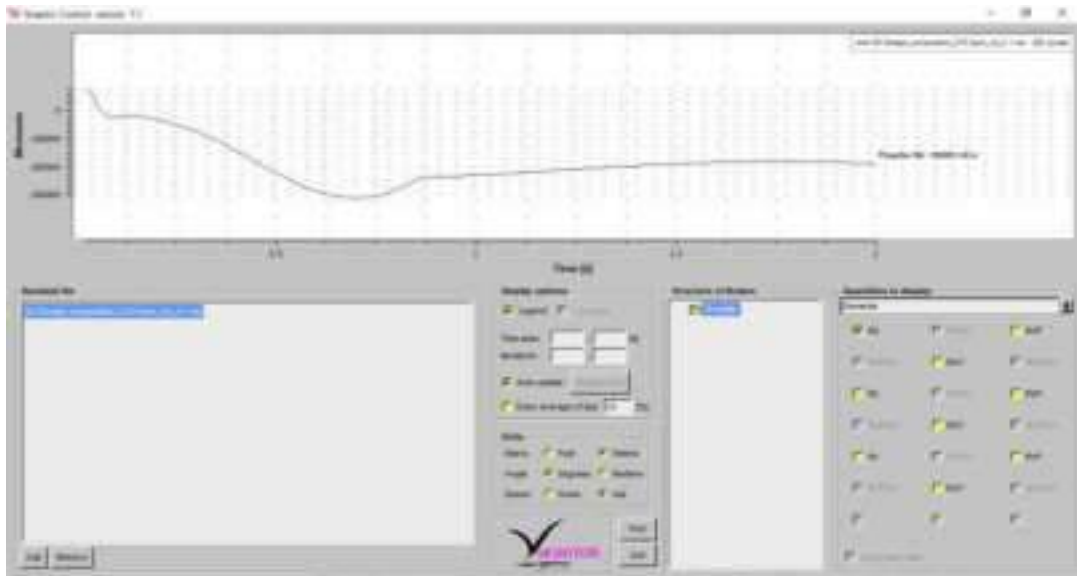
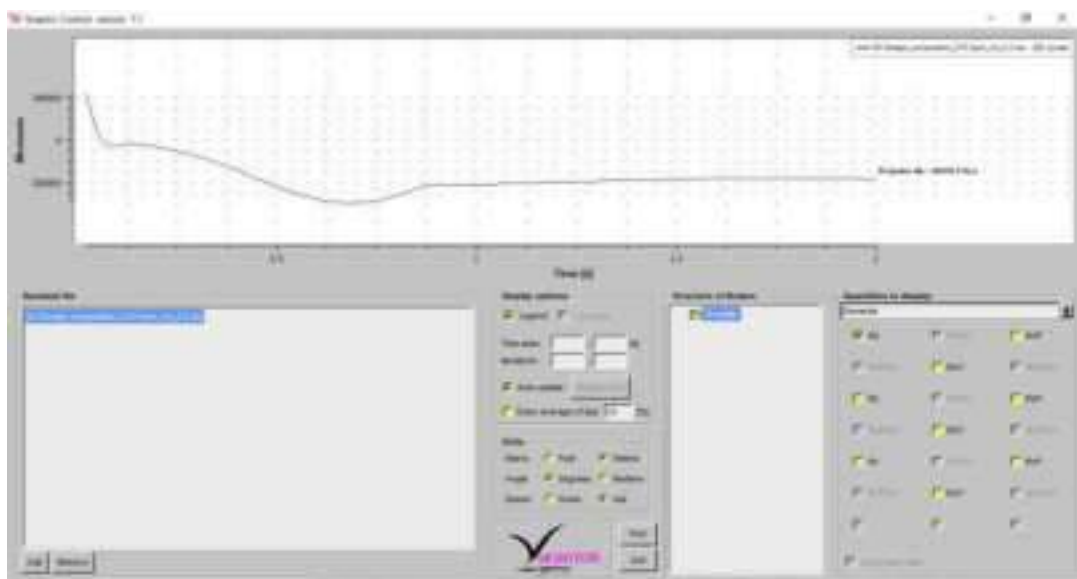


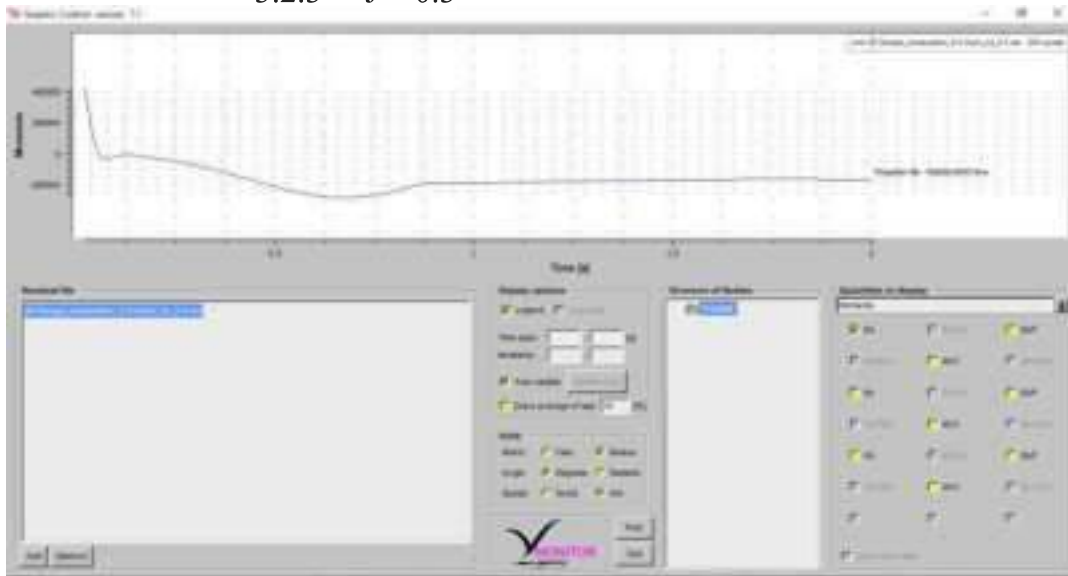
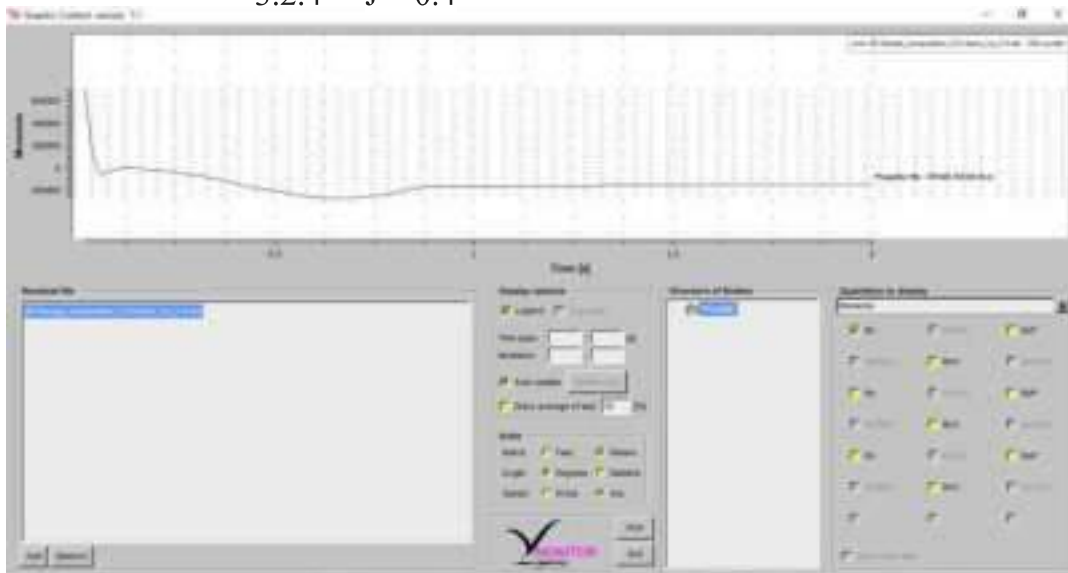
3.1.3 $J = 0.3$ 3.1.4 $J = 0.4$ 

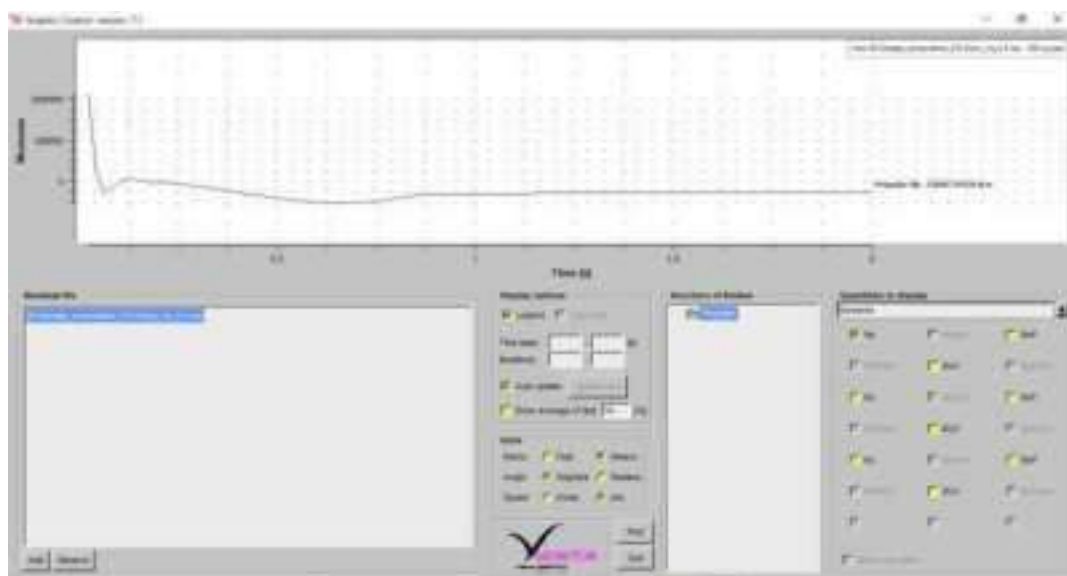
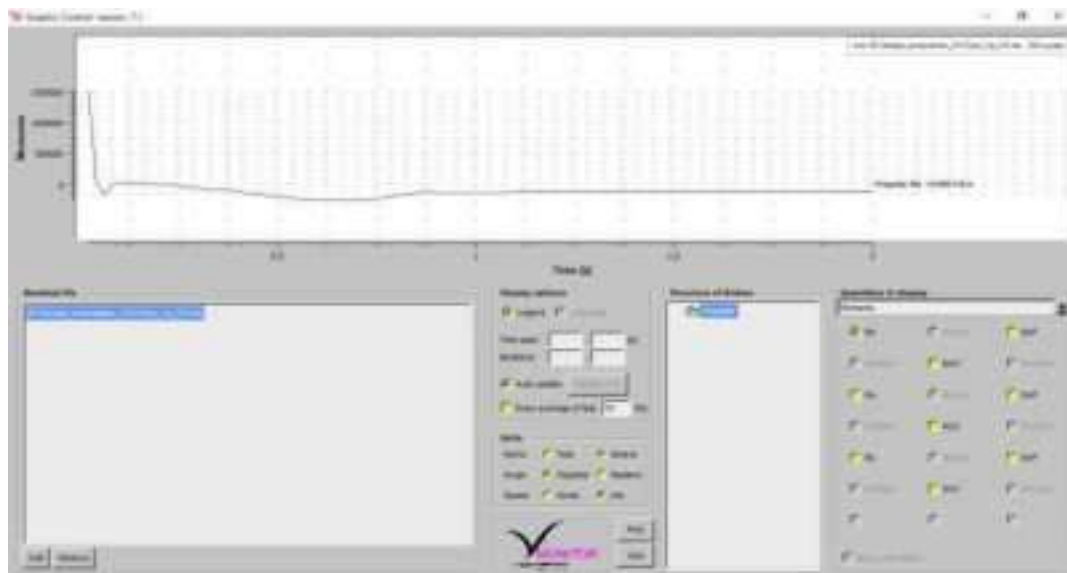
3.1.5 $J = 0.5$ 3.1.6 $J = 0.6$ 

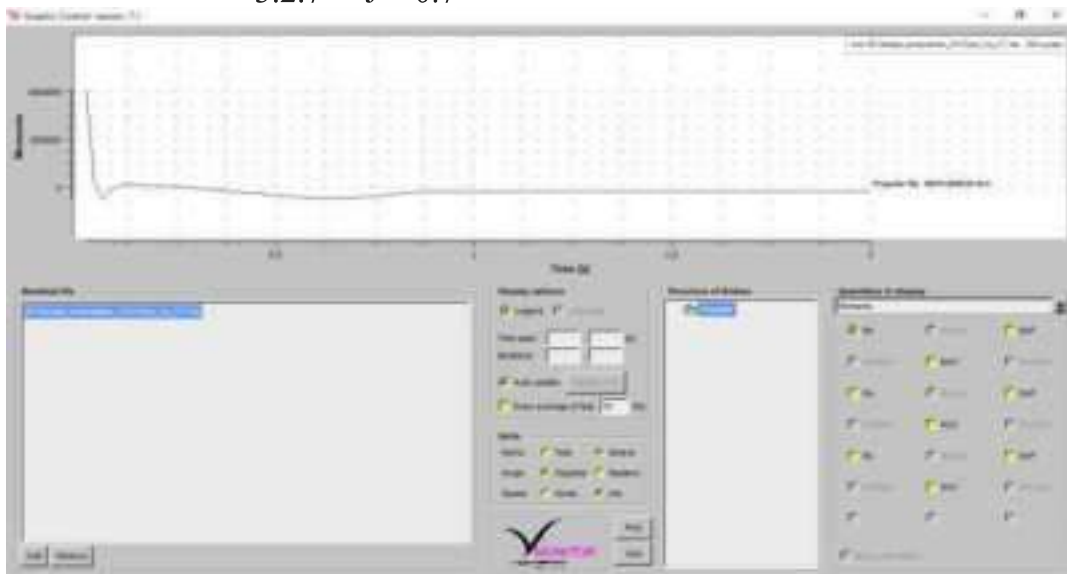
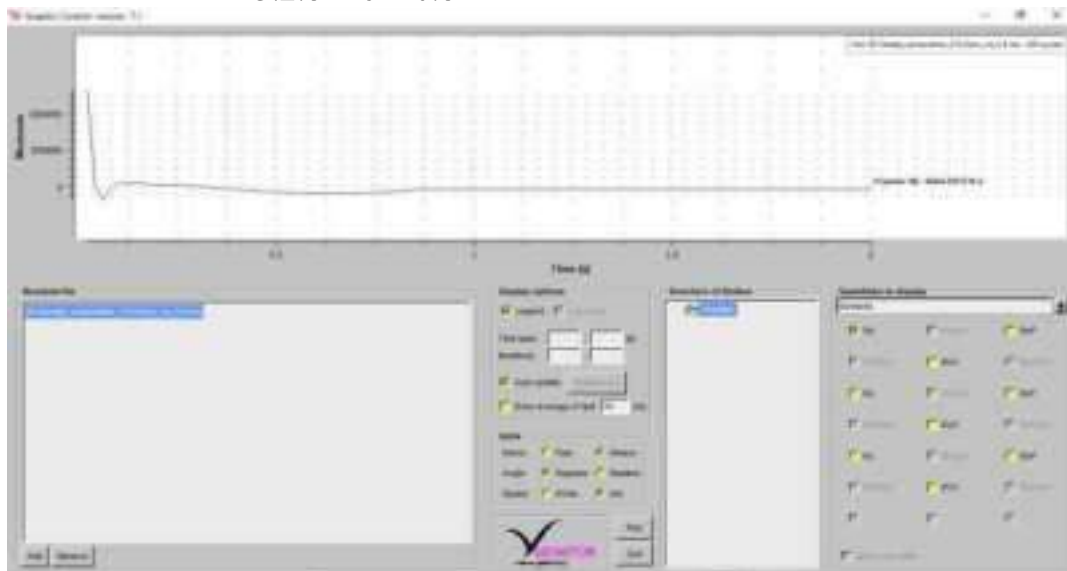
3.1.7 $J = 0.7$ 3.1.8 $J = 0.8$ 

3.2 Torsi

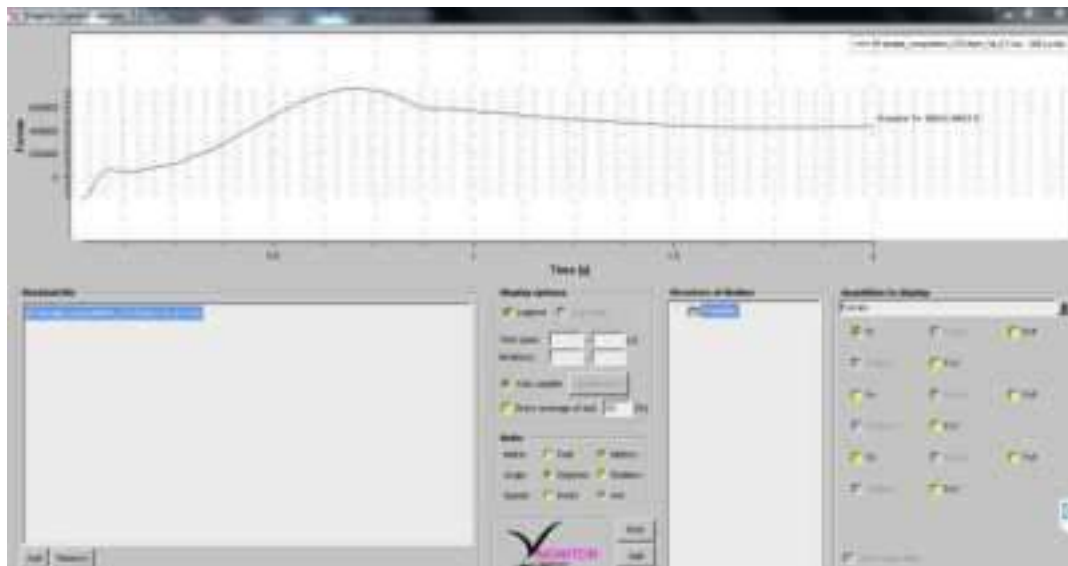
3.2.1 $J = 0.1$ 3.2.2 $J = 0.2$ 

3.2.3 $J = 0.3$ 3.2.4 $J = 0.4$ 

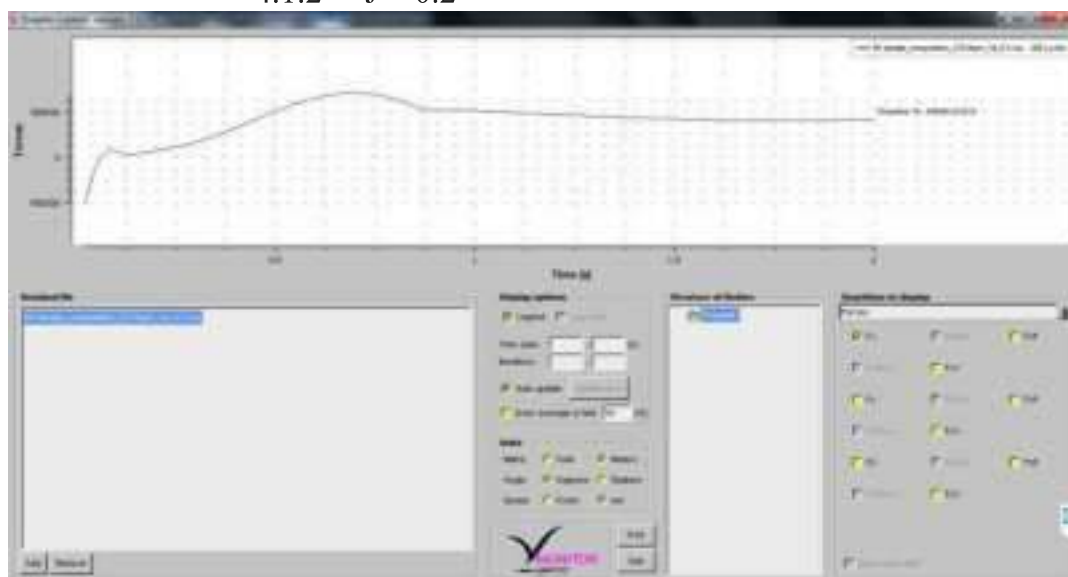
3.2.5 $J = 0.5$ 3.2.6 $J = 0.6$ 

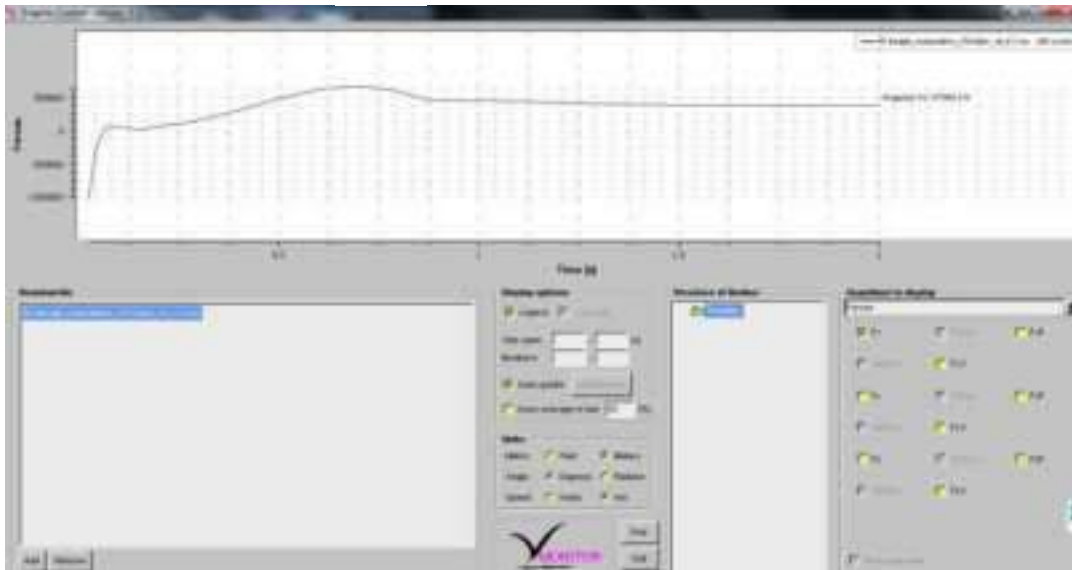
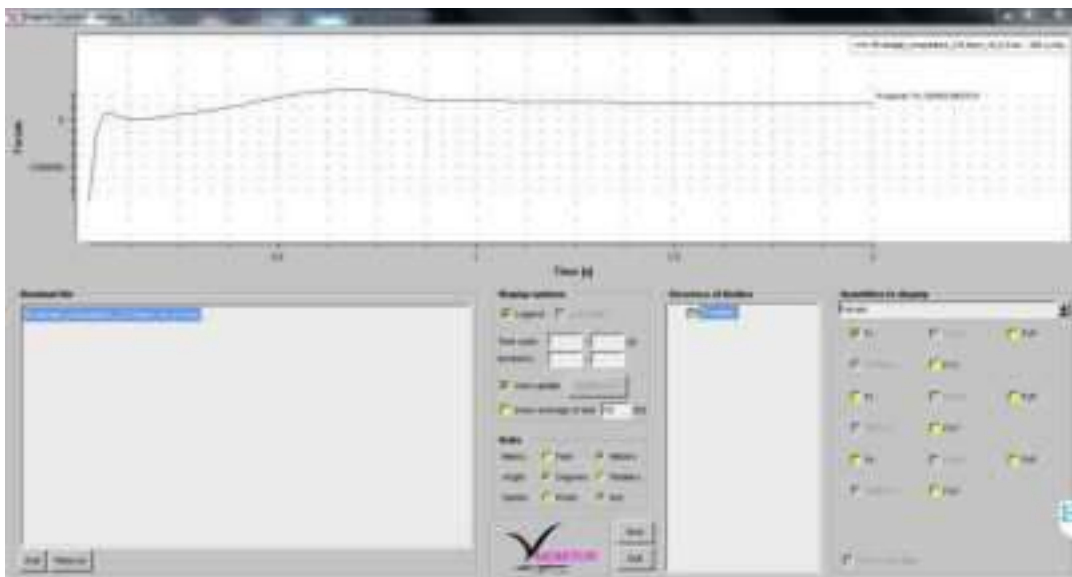
3.2.7 $J = 0.7$ 3.2.8 $J = 0.8$ 

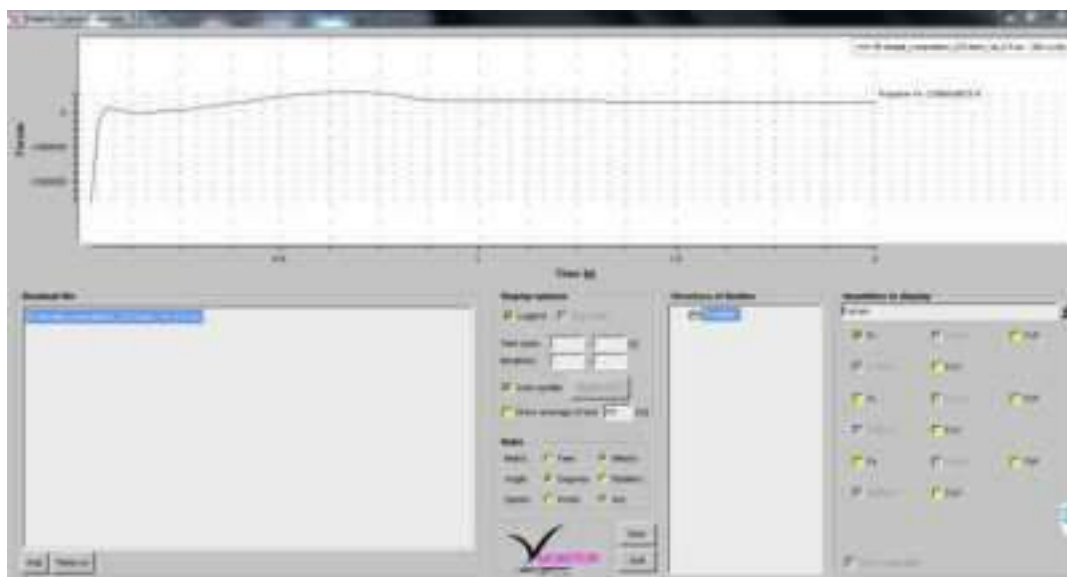
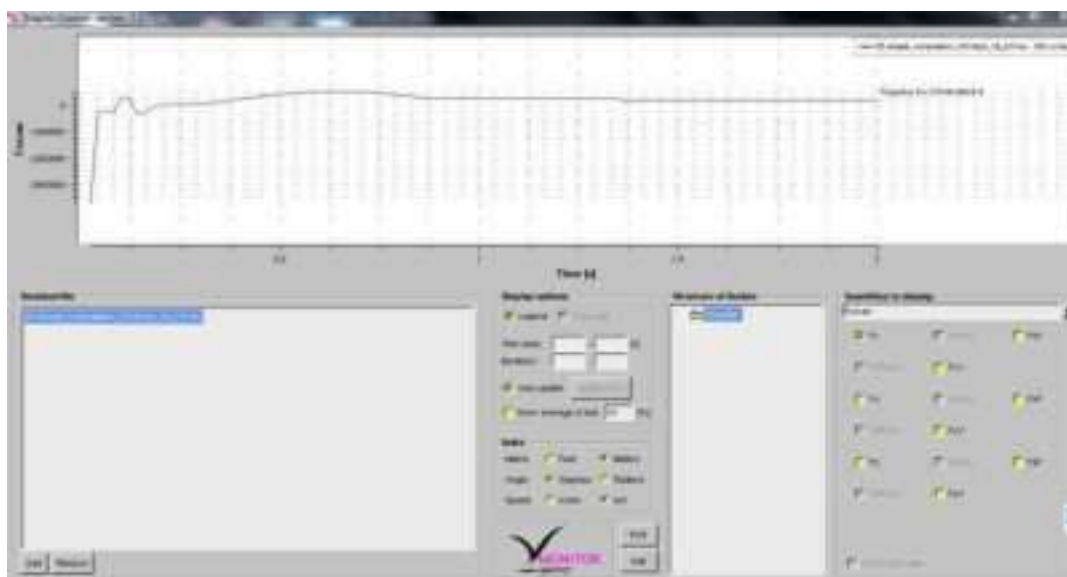
4. PBCF 65 Derajat
4.1 Thrust
4.1.1 $J = 0.1$

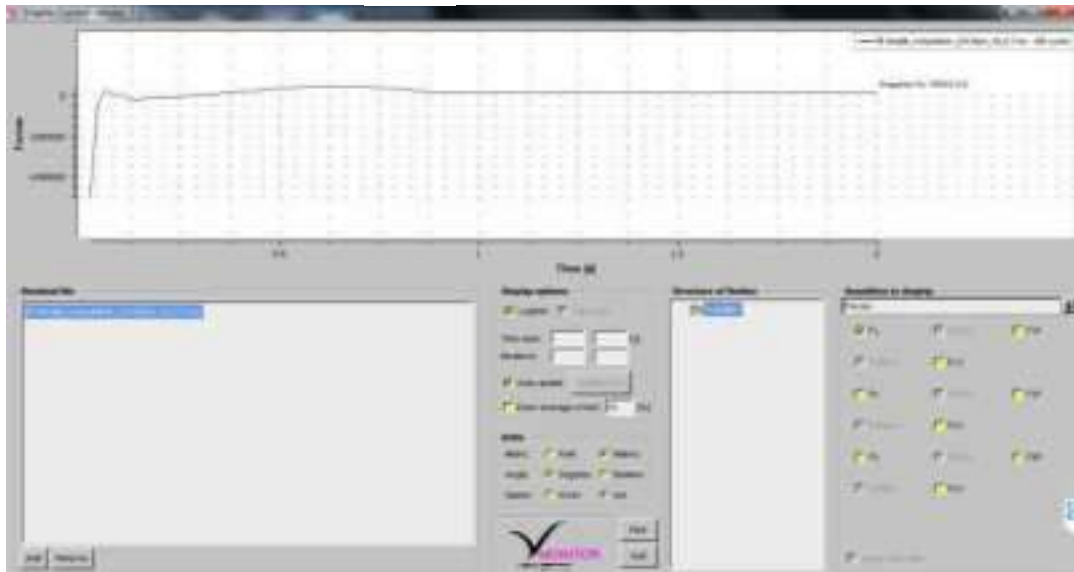
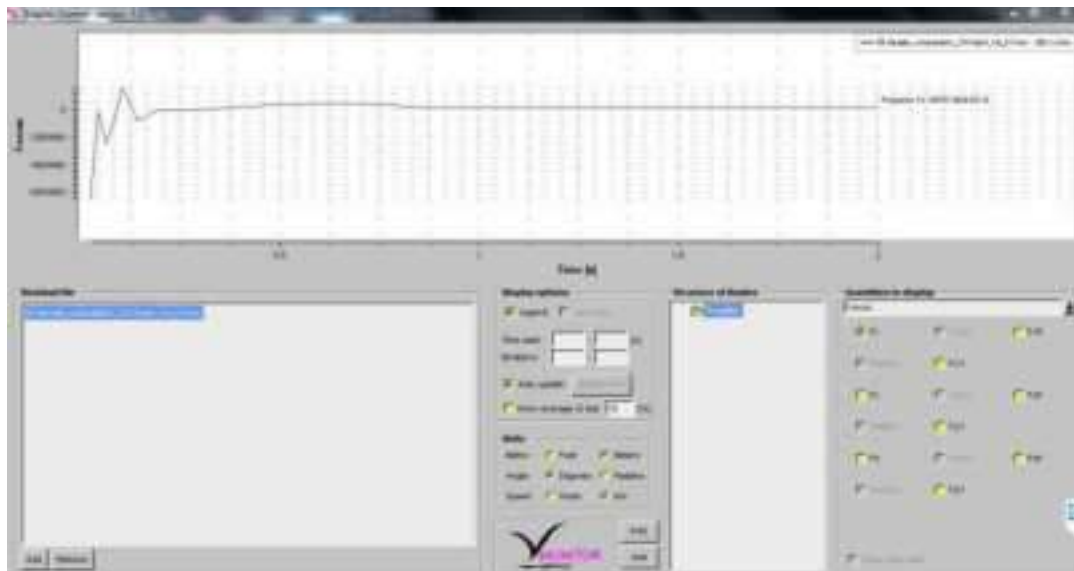


4.1.2 $J = 0.2$

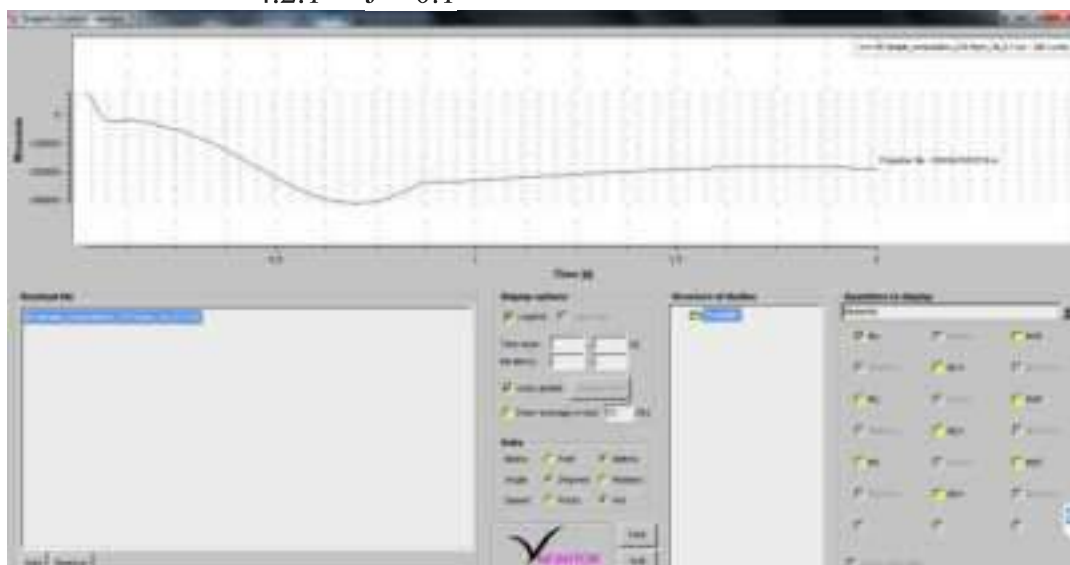
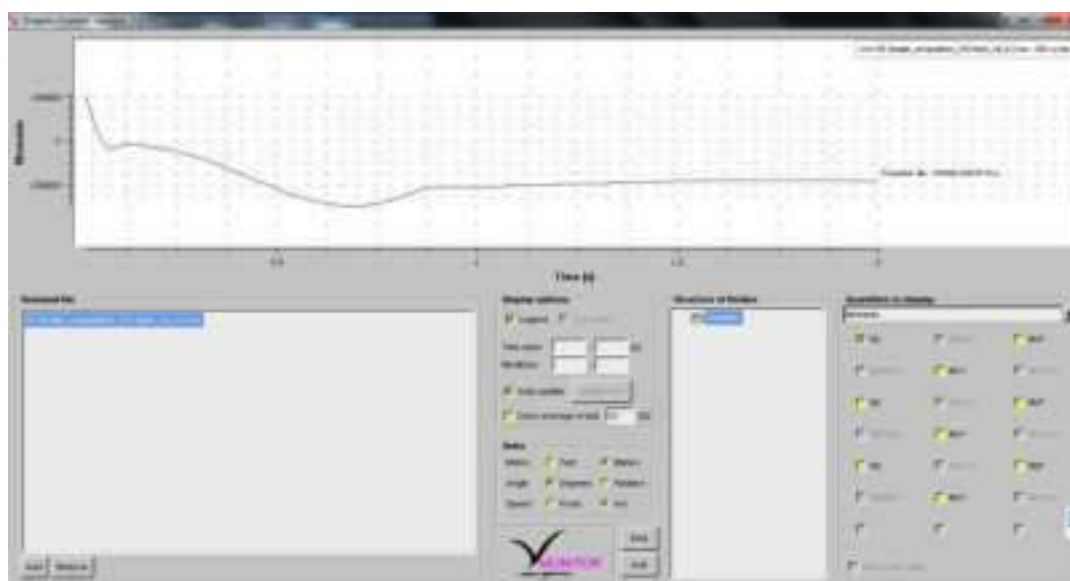


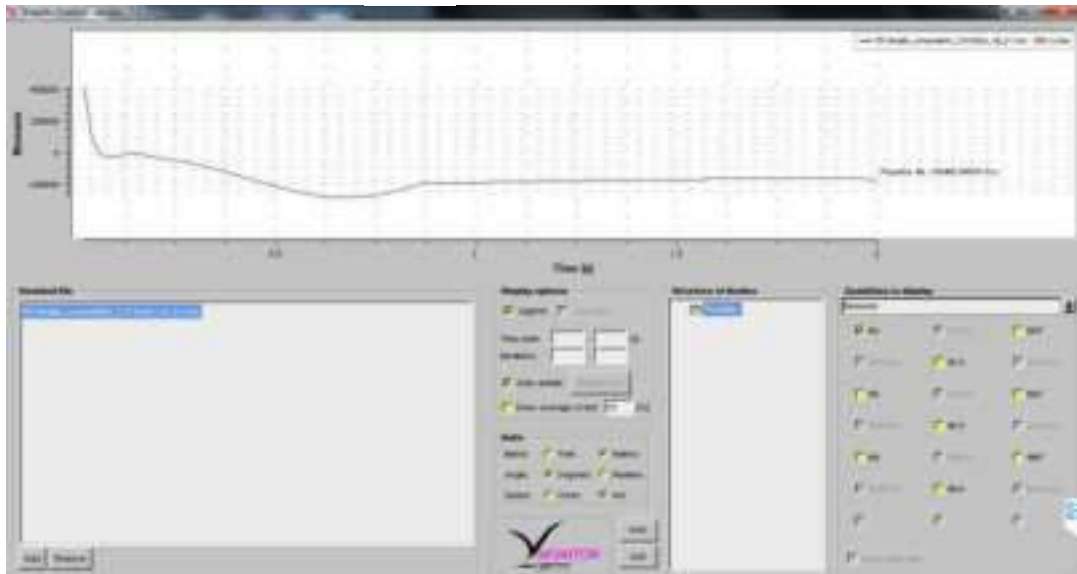
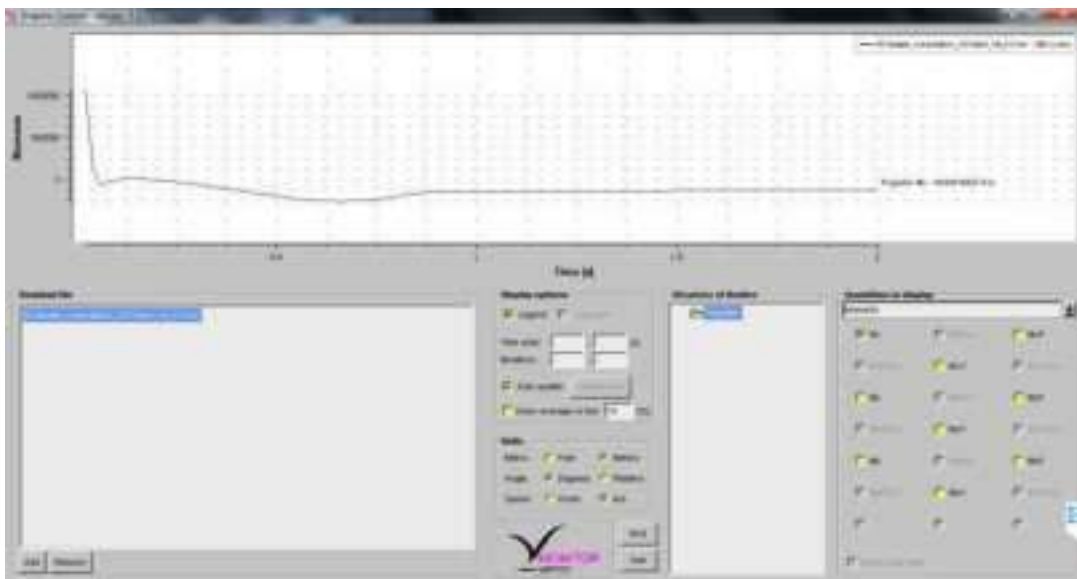
4.1.3 $J = 0.3$ 4.1.4 $J = 0.4$ 

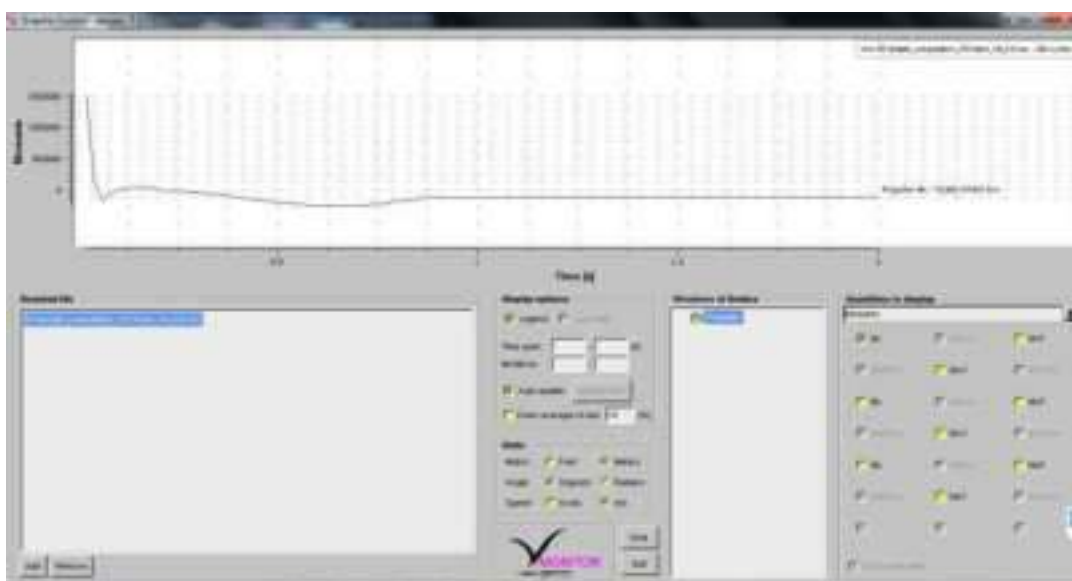
4.1.5 $J = 0.5$ 4.1.6 $J = 0.6$ 

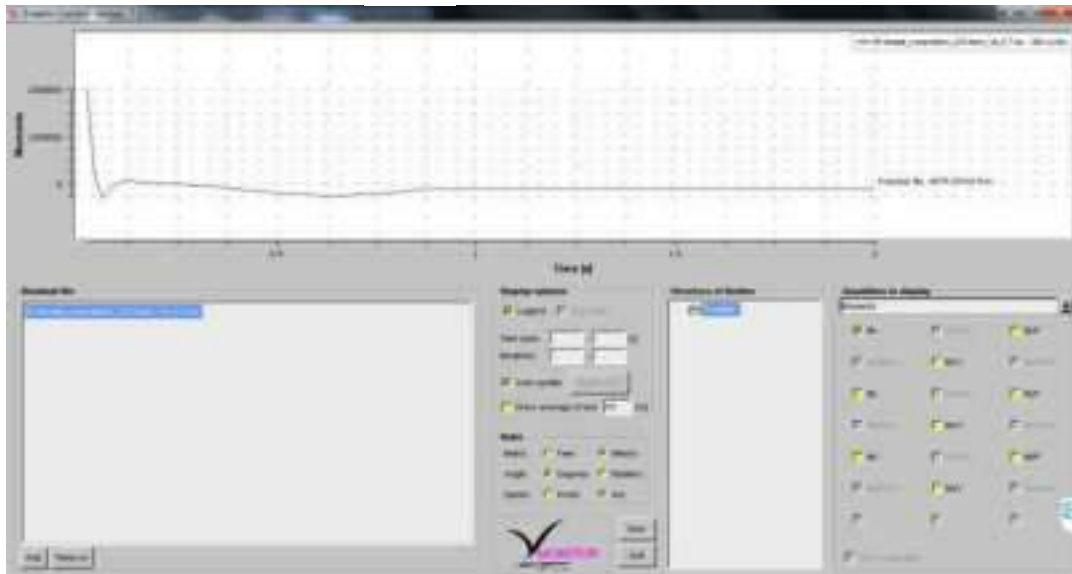
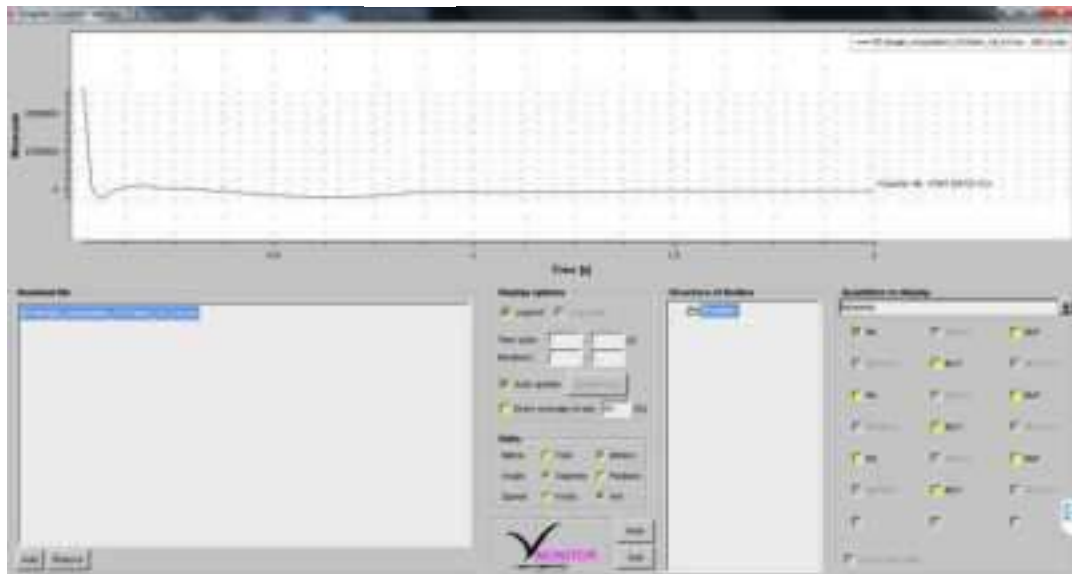
4.1.7 $J = 0.7$ 4.1.8 $J = 0.8$ 

4.2 Torsi

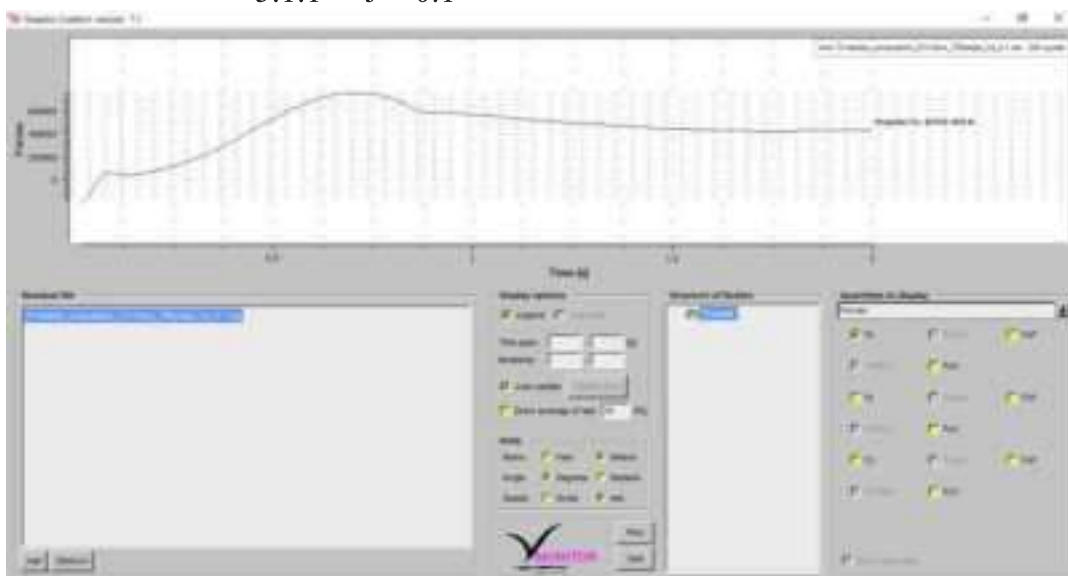
4.2.1 $J = 0.1$ 4.2.2 $J = 0.2$ 

4.2.3 $J = 0.3$ 4.2.4 $J = 0.4$ 

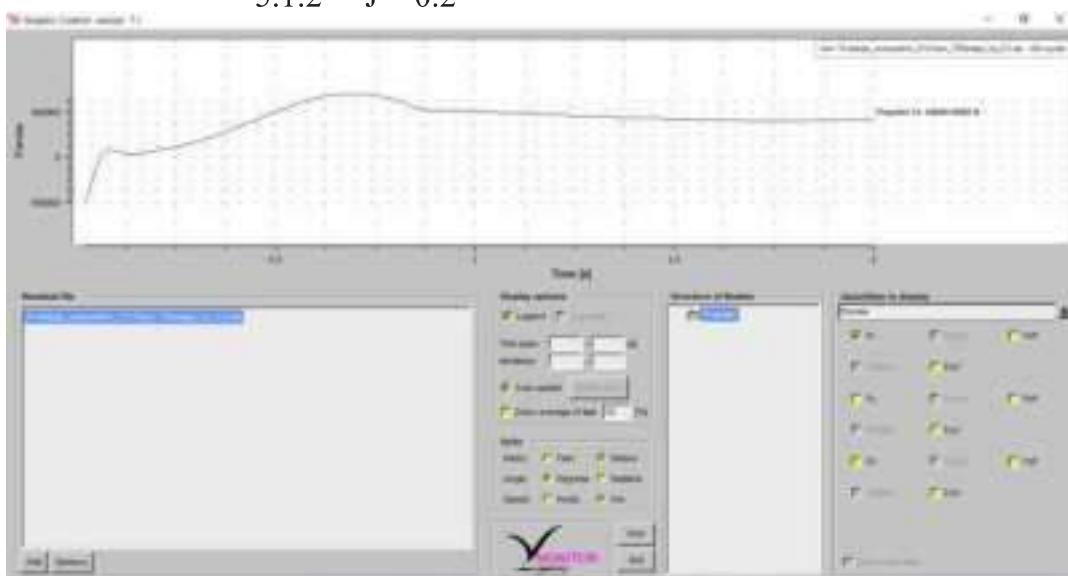
4.2.5 $J = 0.5$ 4.2.6 $J = 0.6$ 

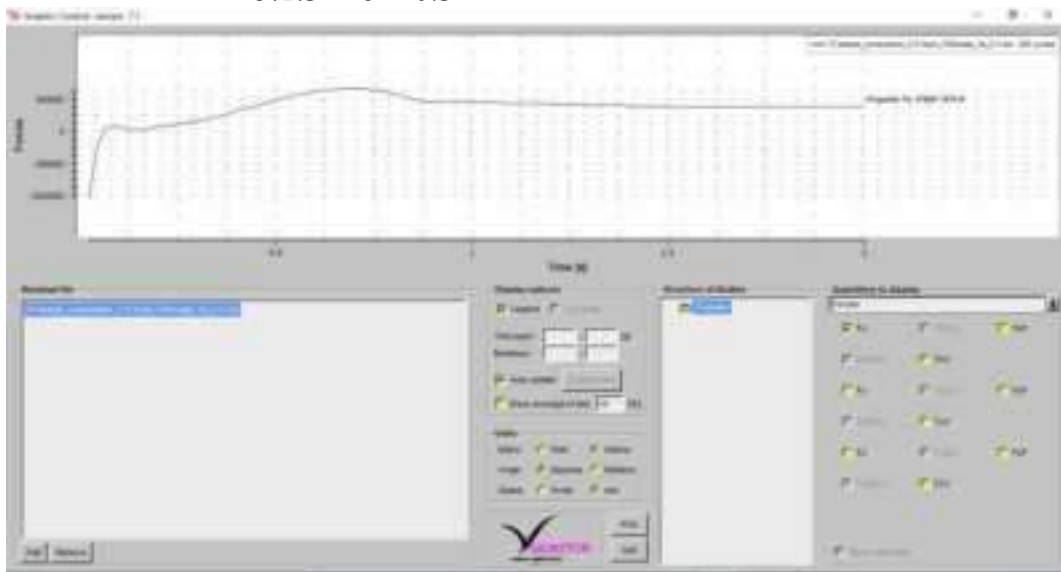
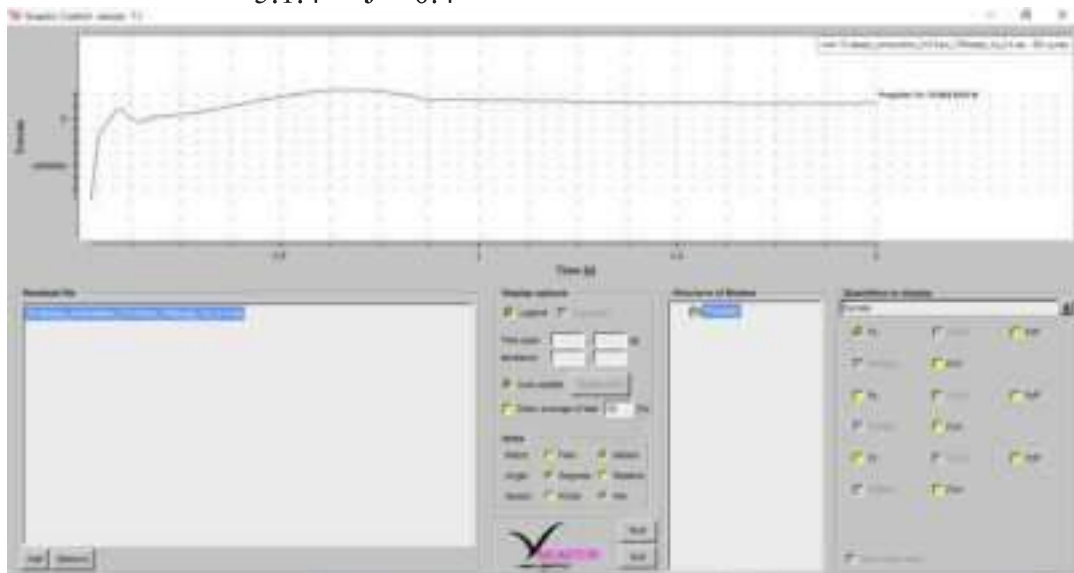
4.2.7 $J = 0.7$ 4.2.8 $J = 0.8$ 

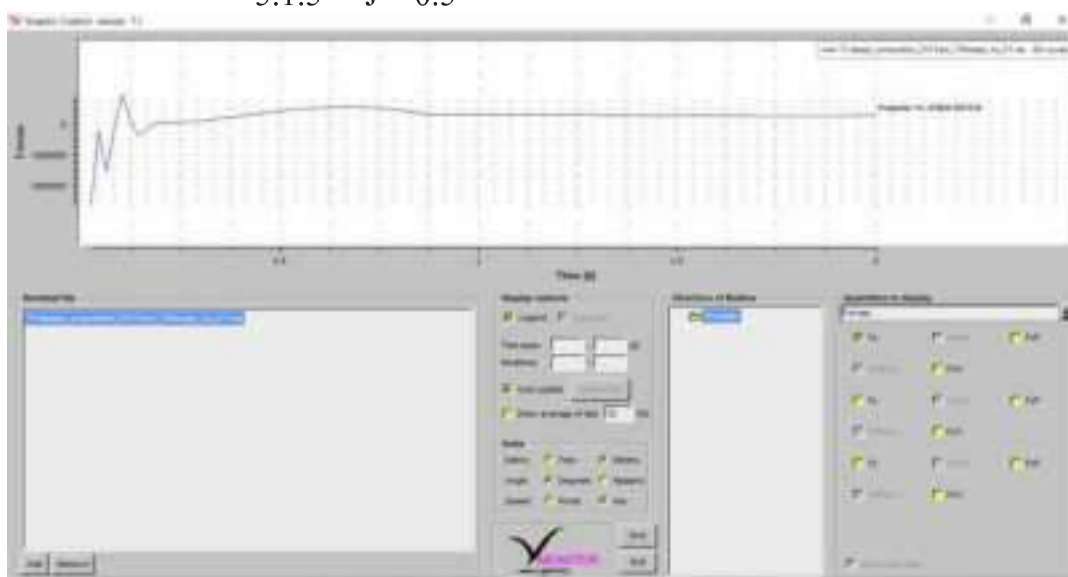
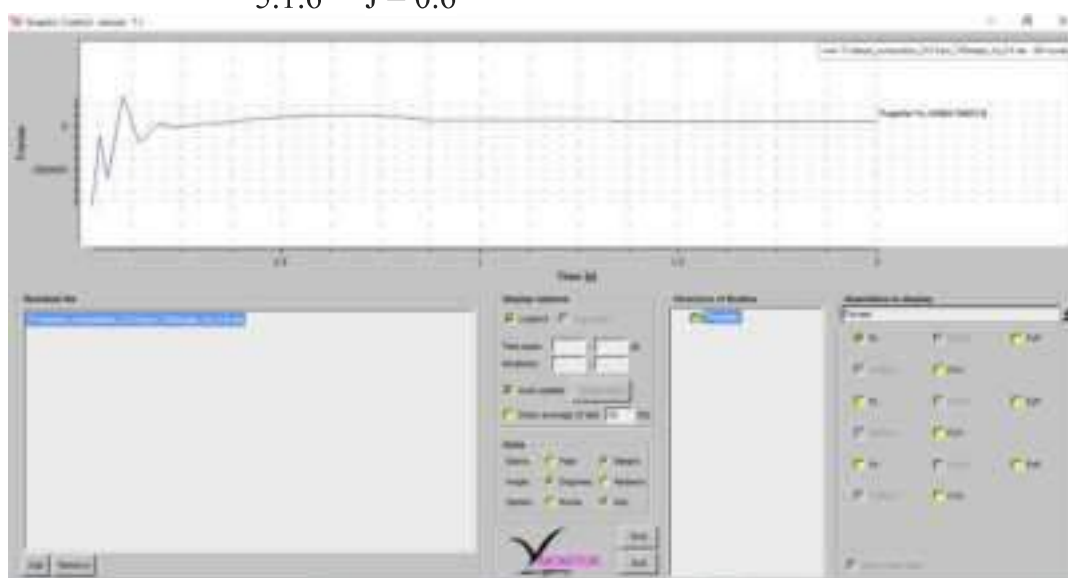
5. PBCF 70 Derajat
5.1 Thrust
5.1.1 $J = 0.1$

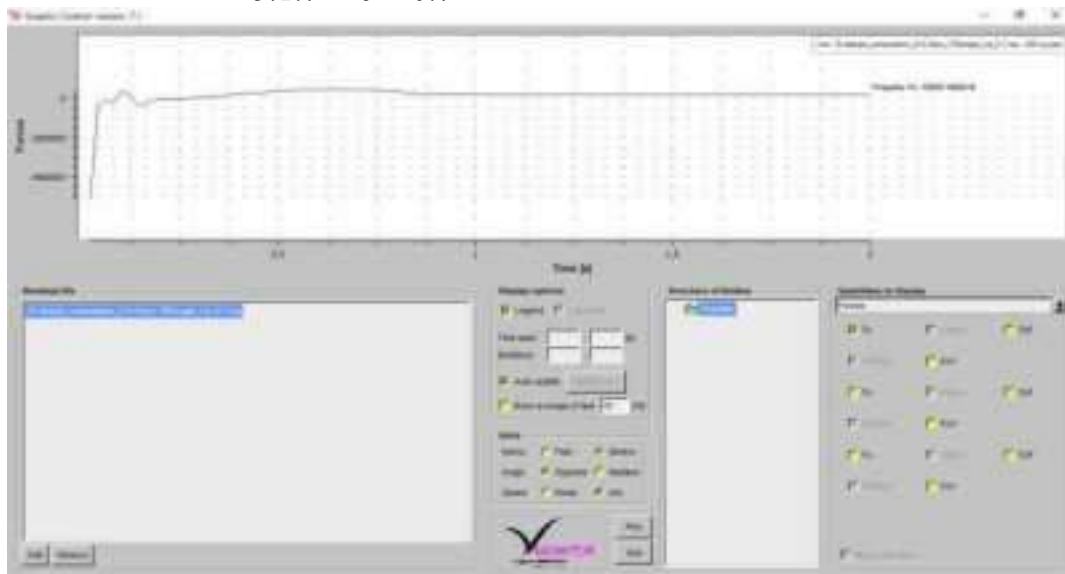
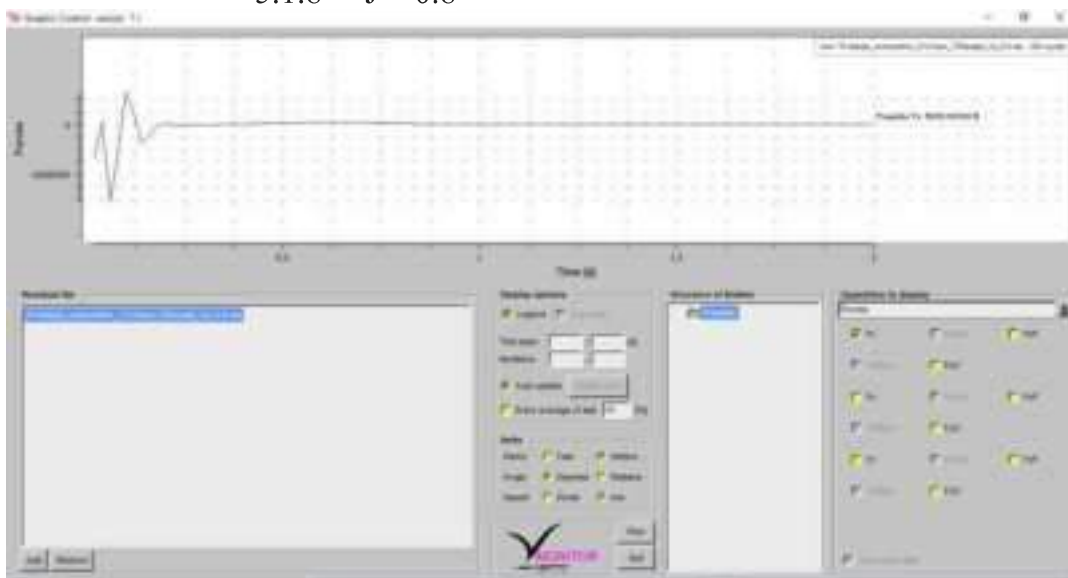


5.1.2 $J = 0.2$

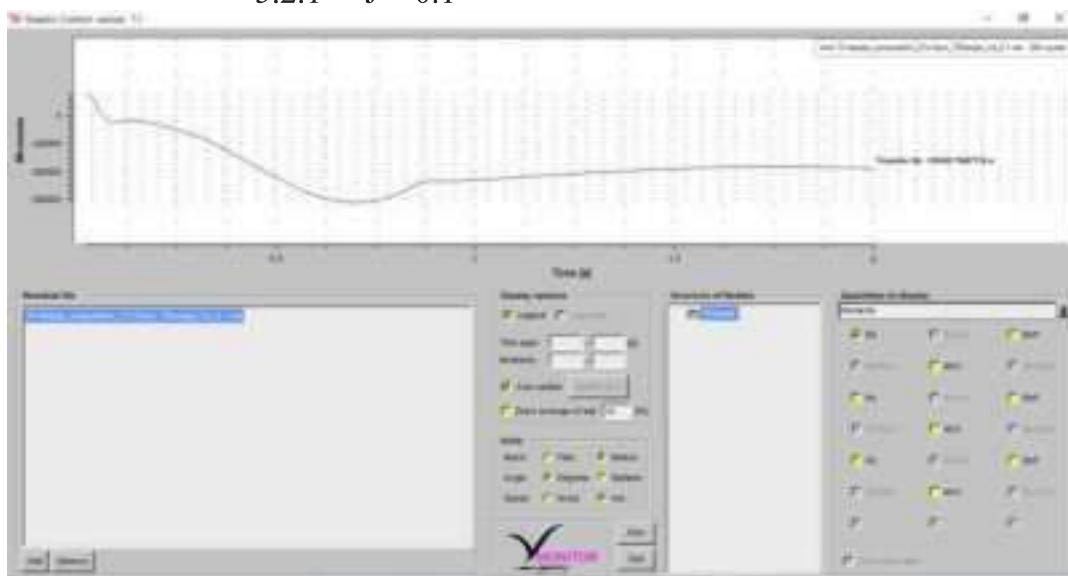
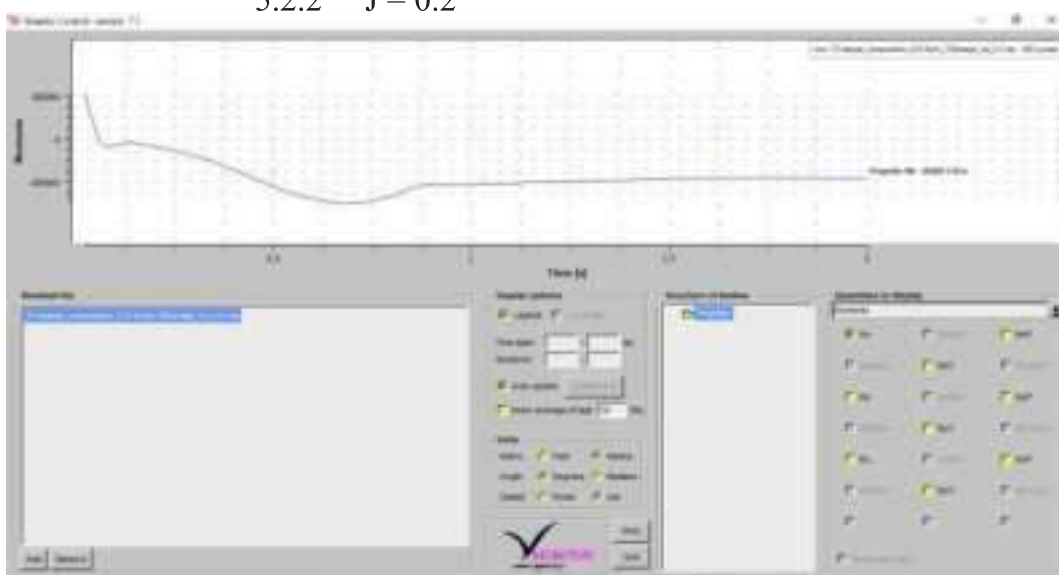


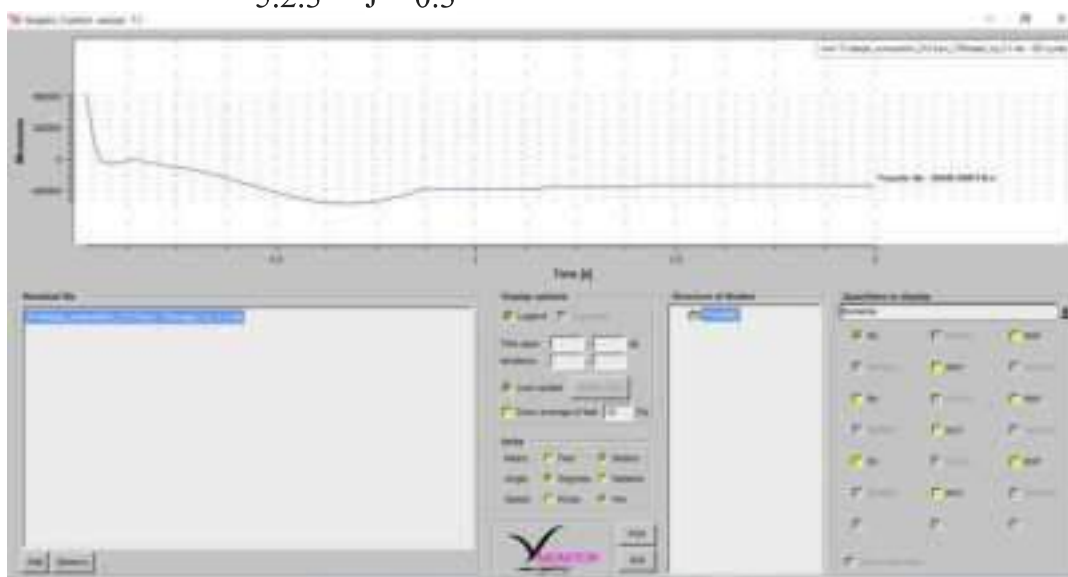
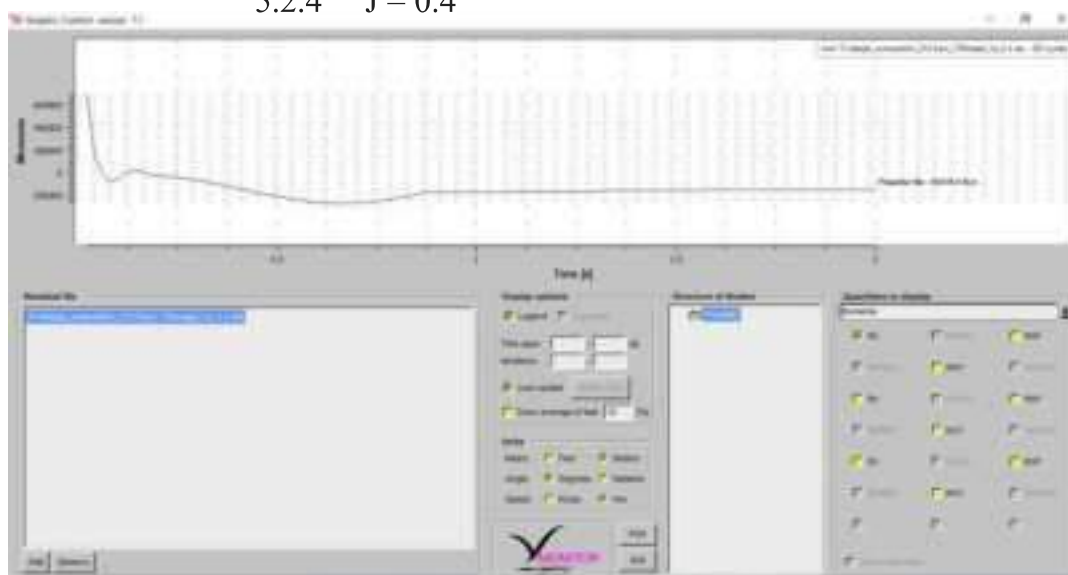
5.1.3 $J = 0.3$ 5.1.4 $J = 0.4$ 

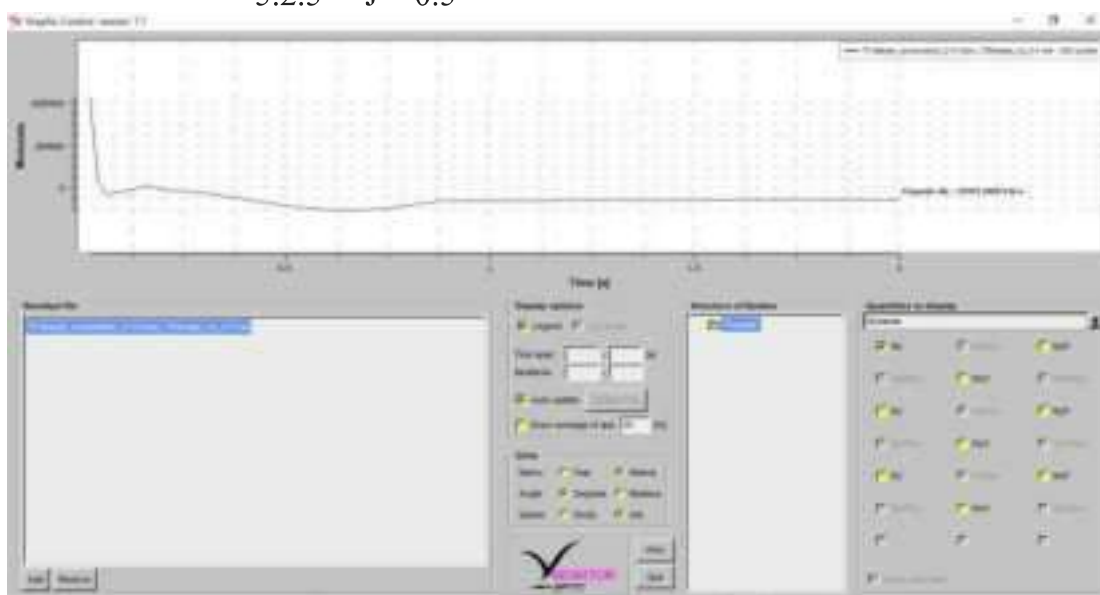
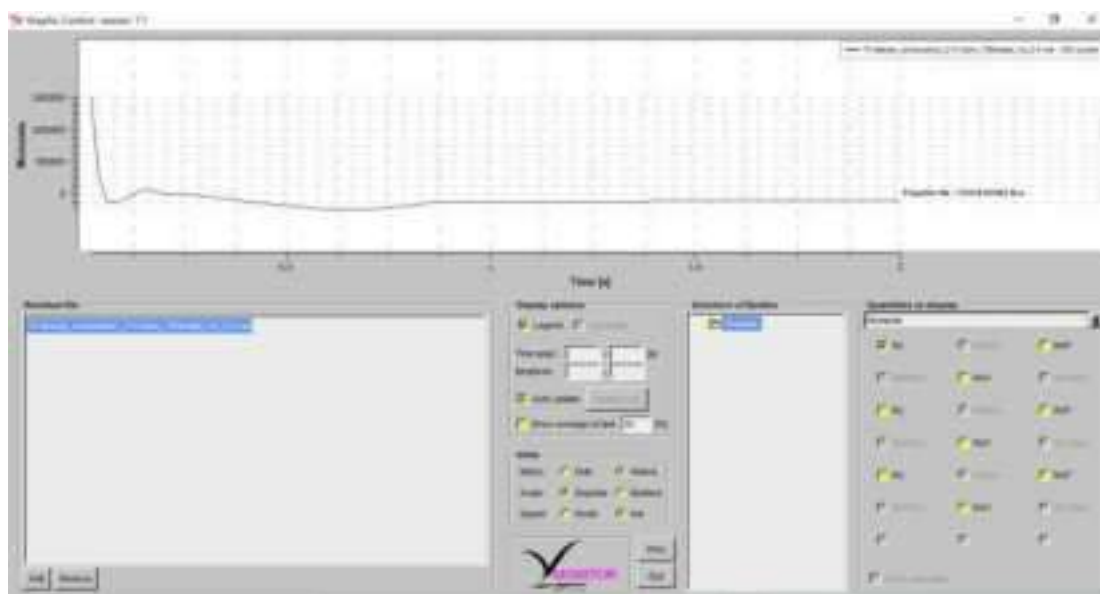
5.1.5 $J = 0.5$ 5.1.6 $J = 0.6$ 

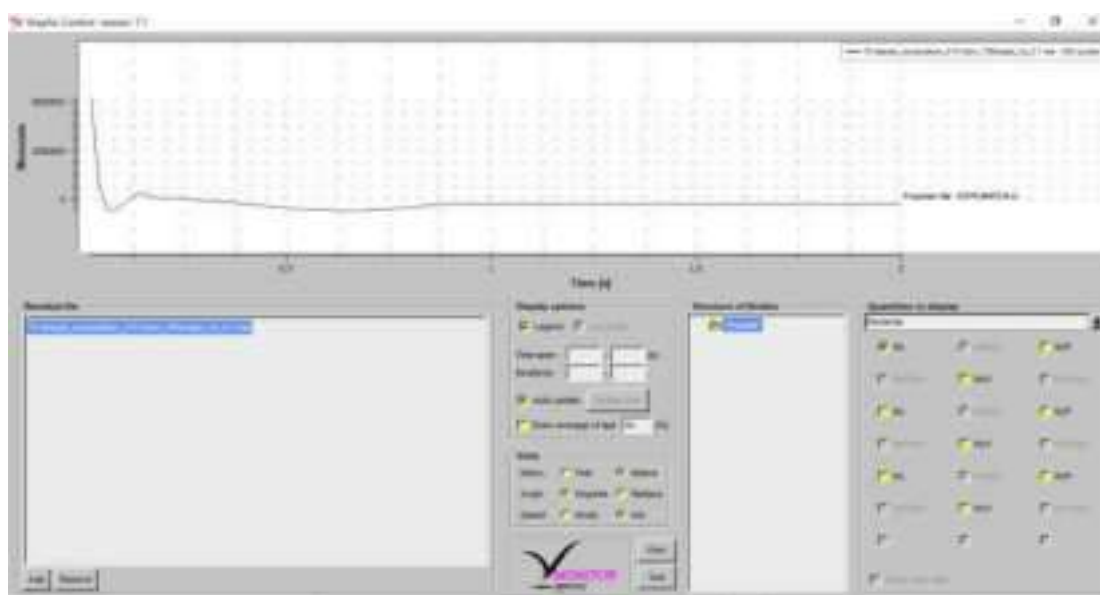
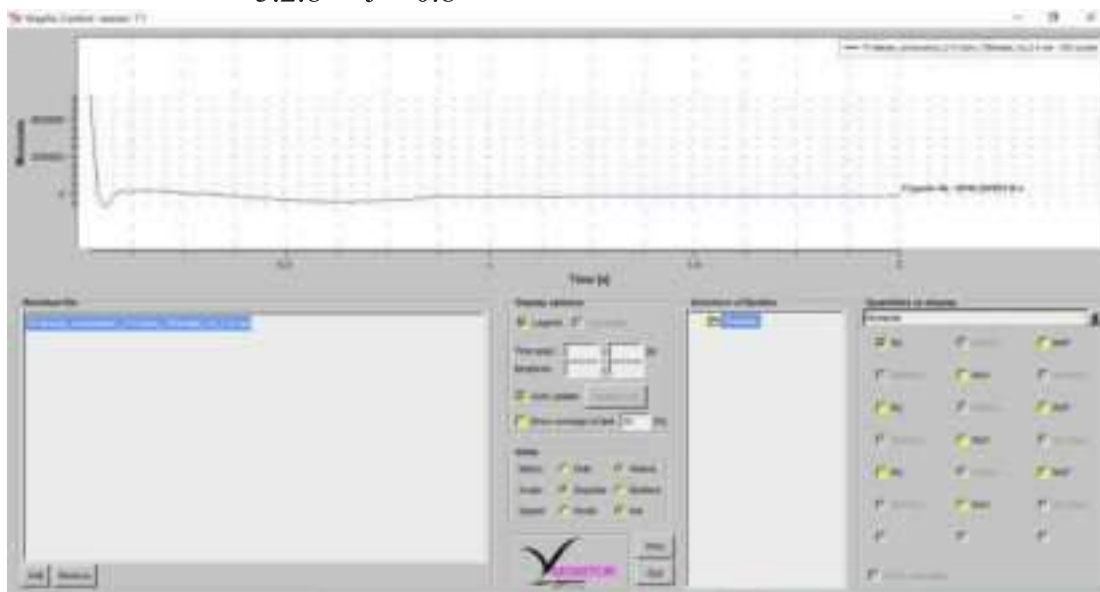
5.1.7 $J = 0.7$ 5.1.8 $J = 0.8$ 

5.2 Torsi

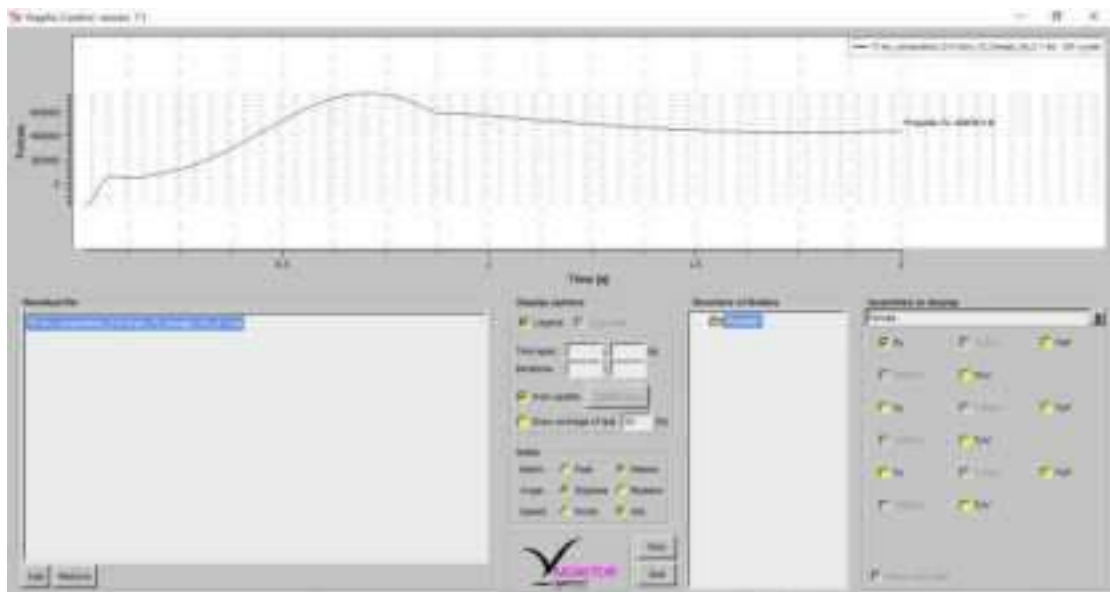
5.2.1 $J = 0.1$ 5.2.2 $J = 0.2$ 

5.2.3 $J = 0.3$ 5.2.4 $J = 0.4$ 

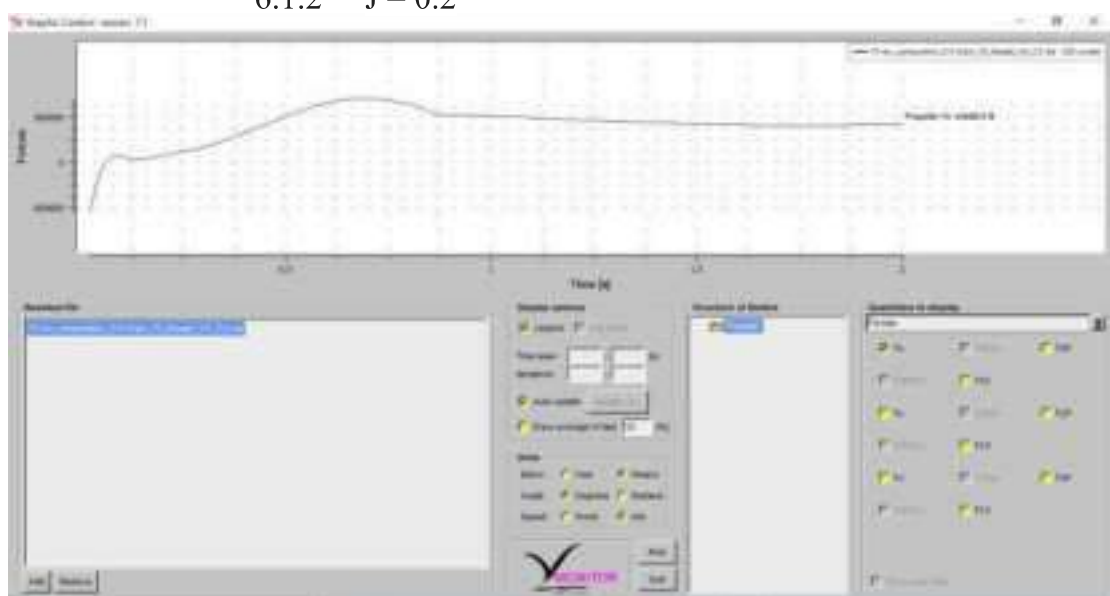
5.2.5 $J = 0.5$ 5.2.6 $J = 0.6$ 

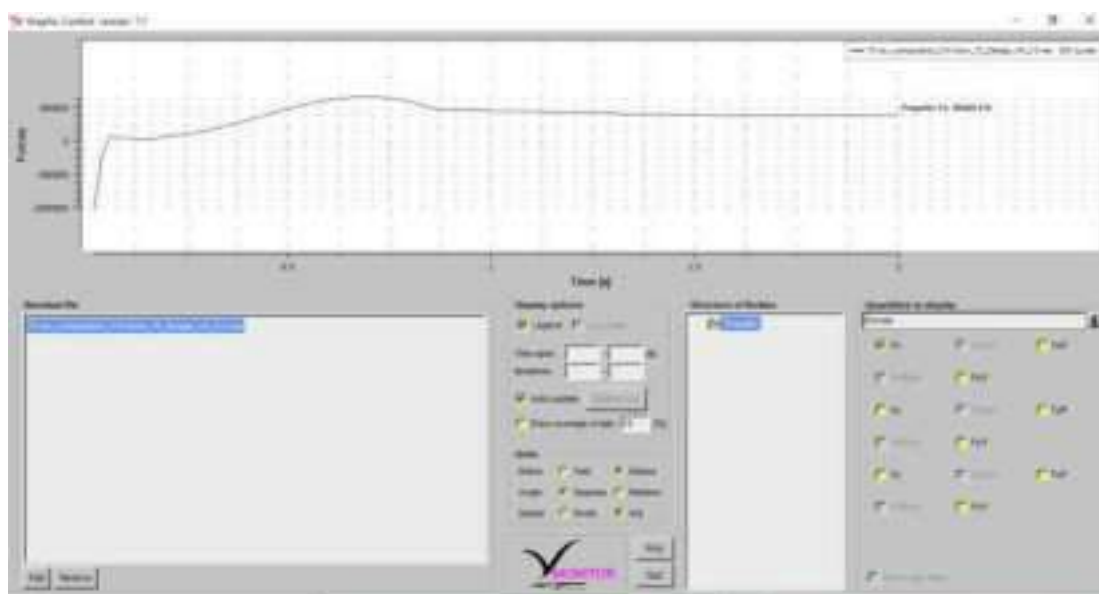
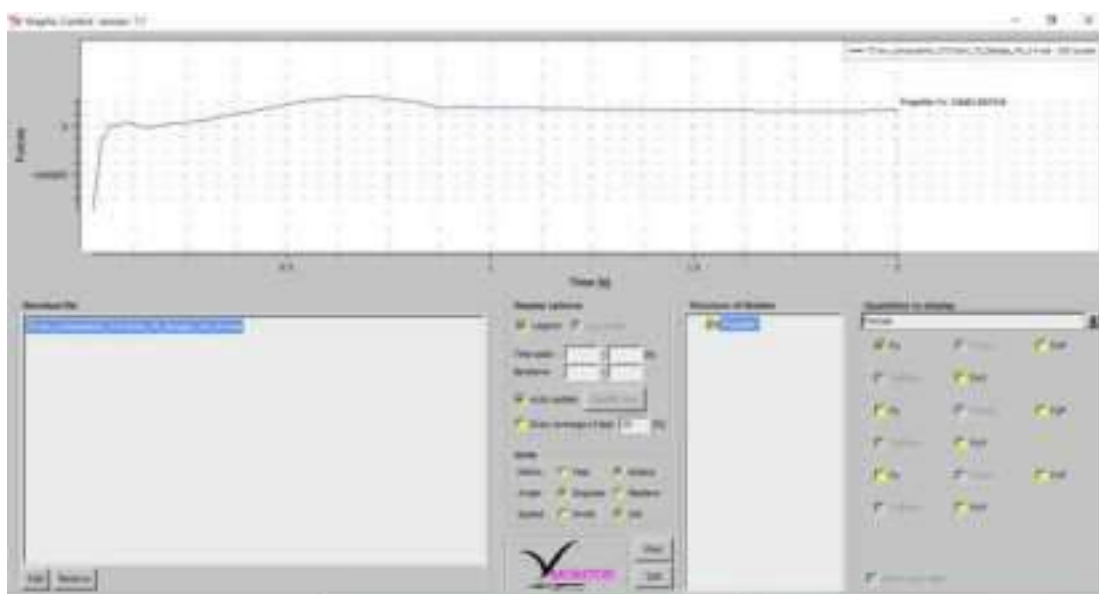
5.2.7 $J = 0.7$ 5.2.8 $J = 0.8$ 

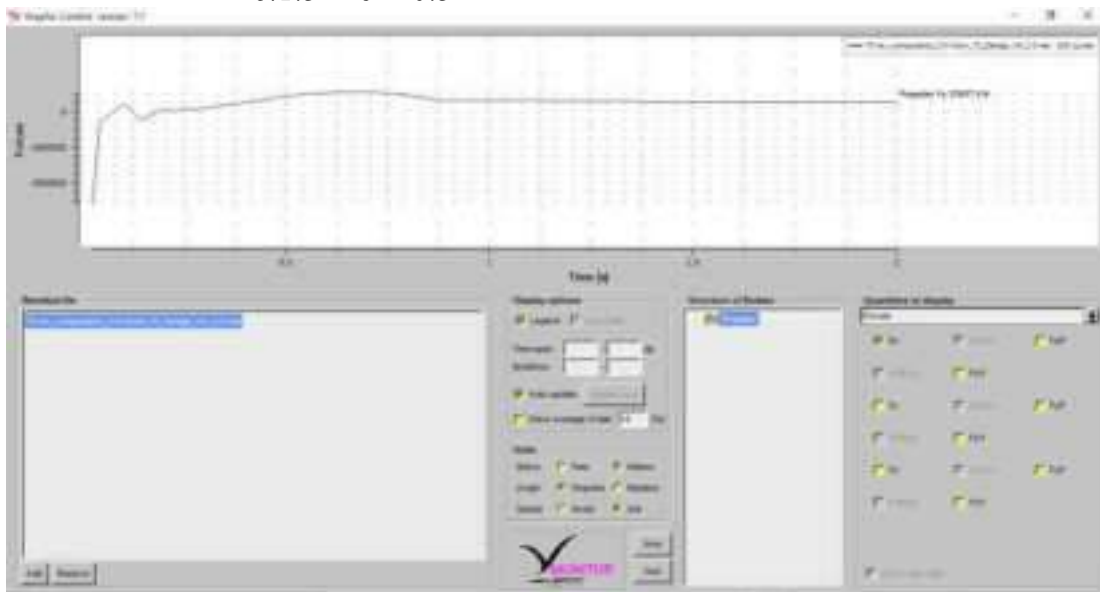
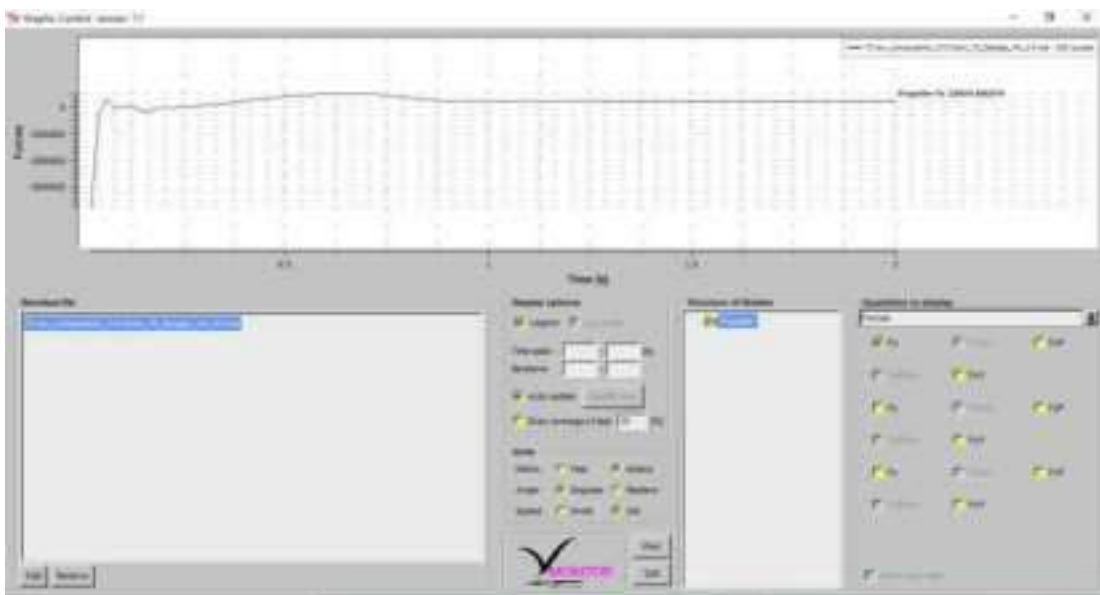
6. PBCF 75 Derajat
6.1 Thrust
6.1.1 $J = 0.1$

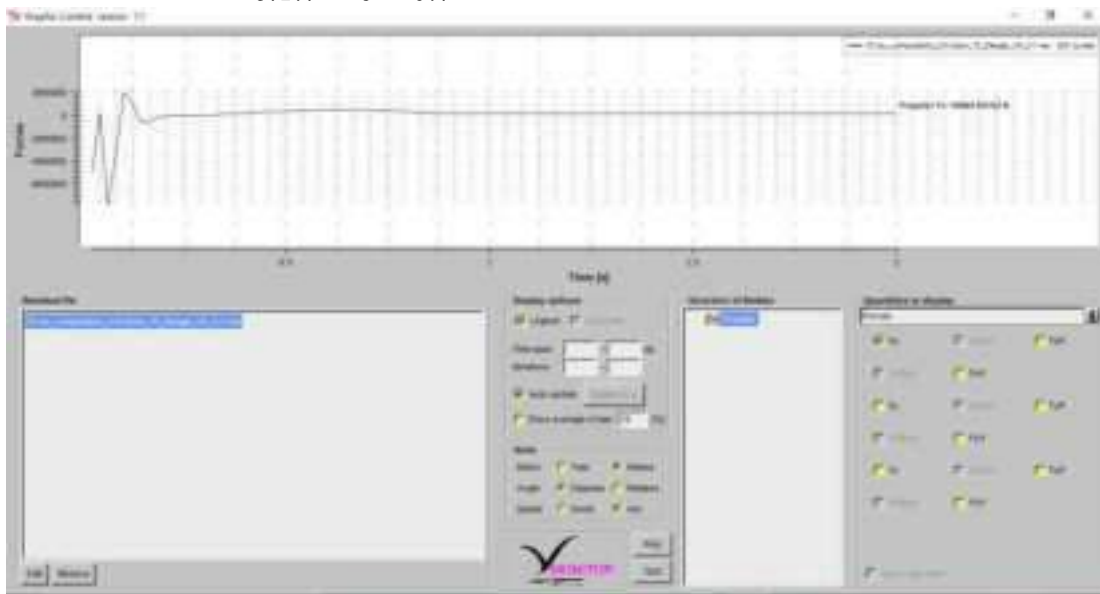
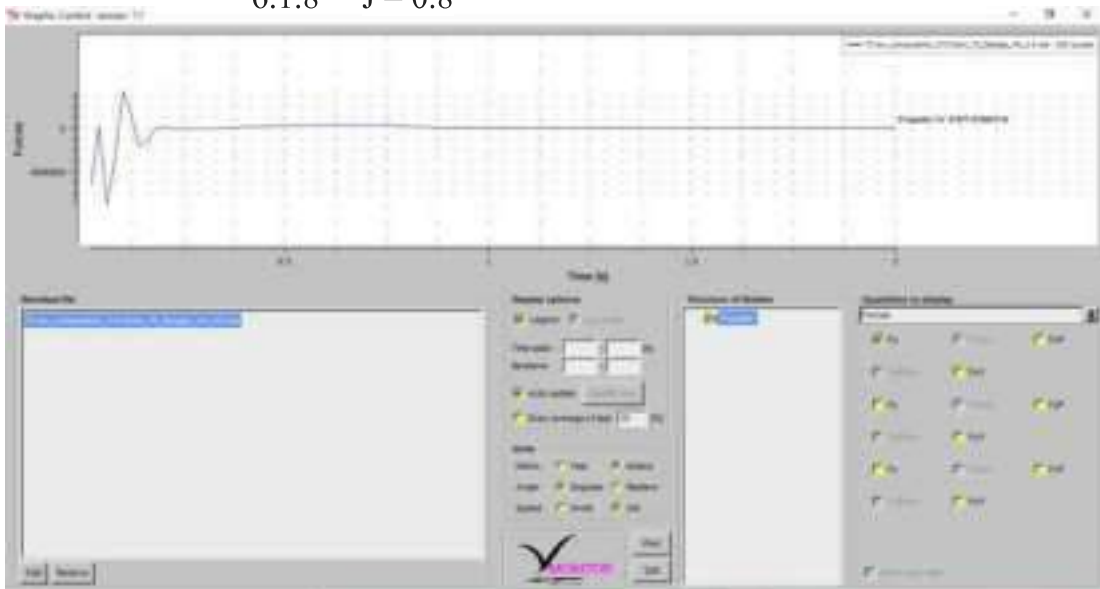


6.1.2 $J = 0.2$

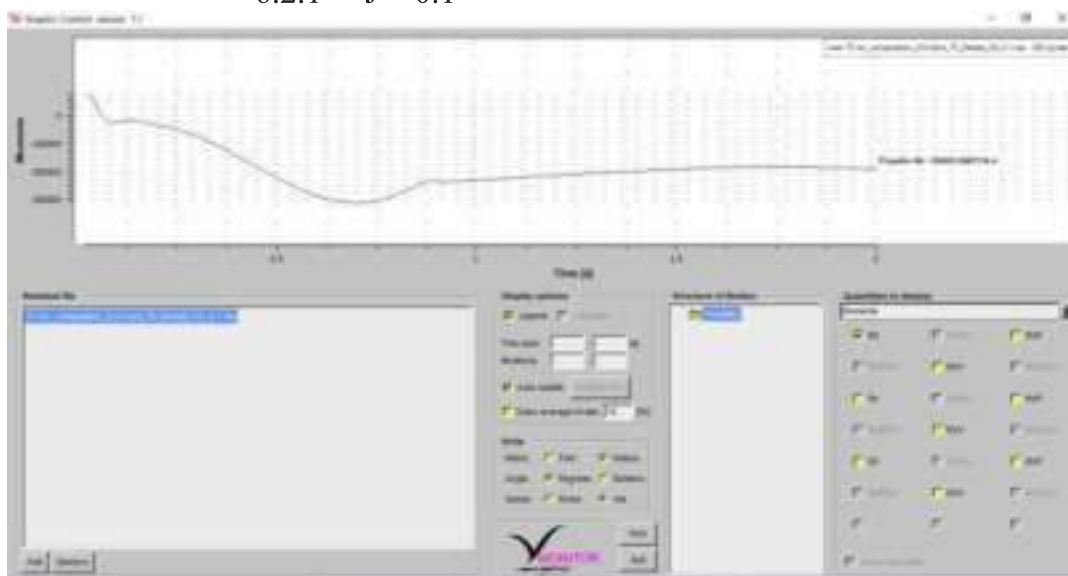
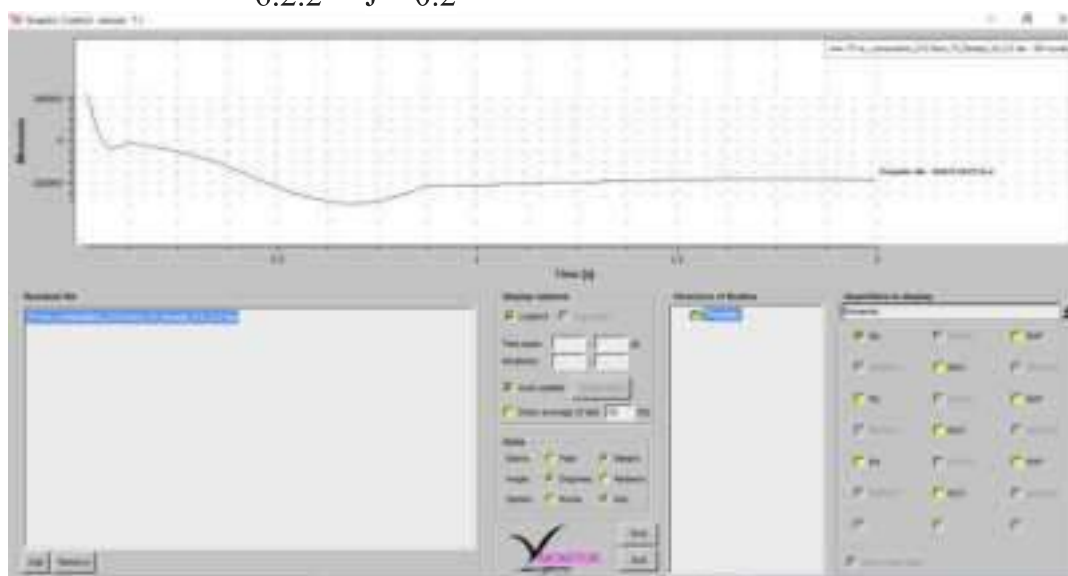


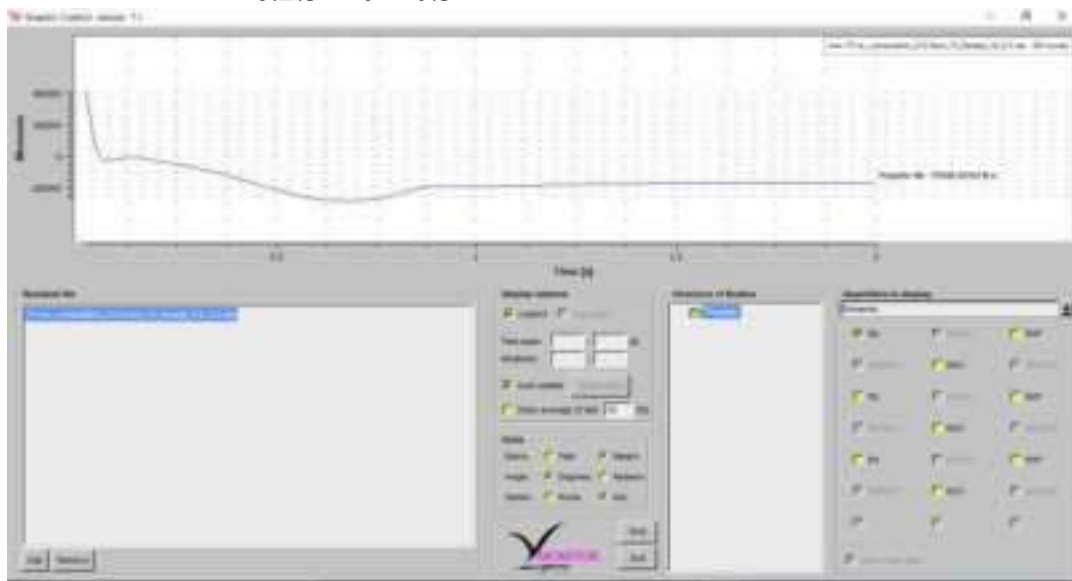
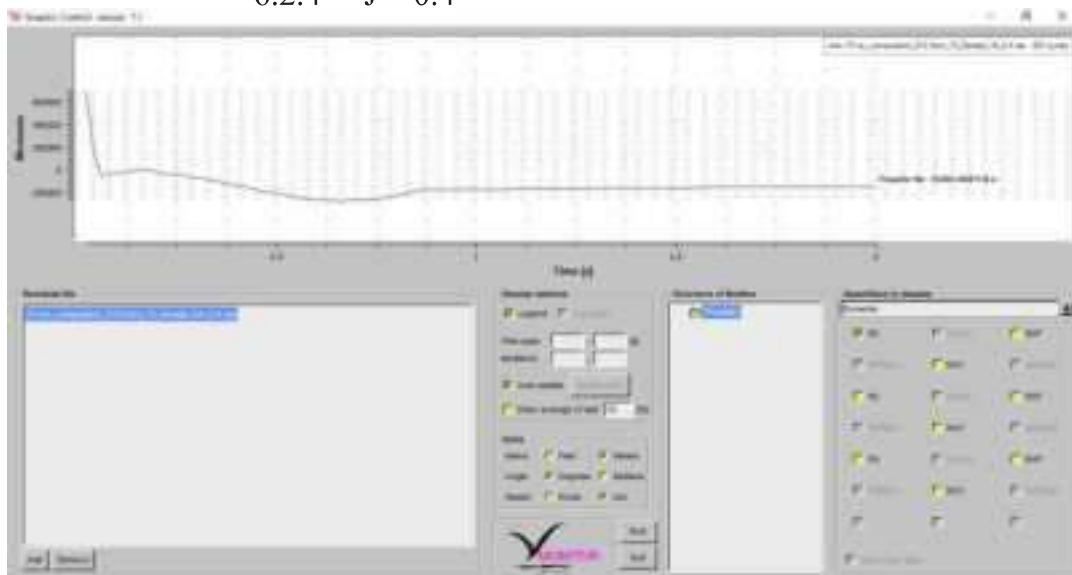
6.1.3 $J = 0.3$ 6.1.4 $J = 0.4$ 

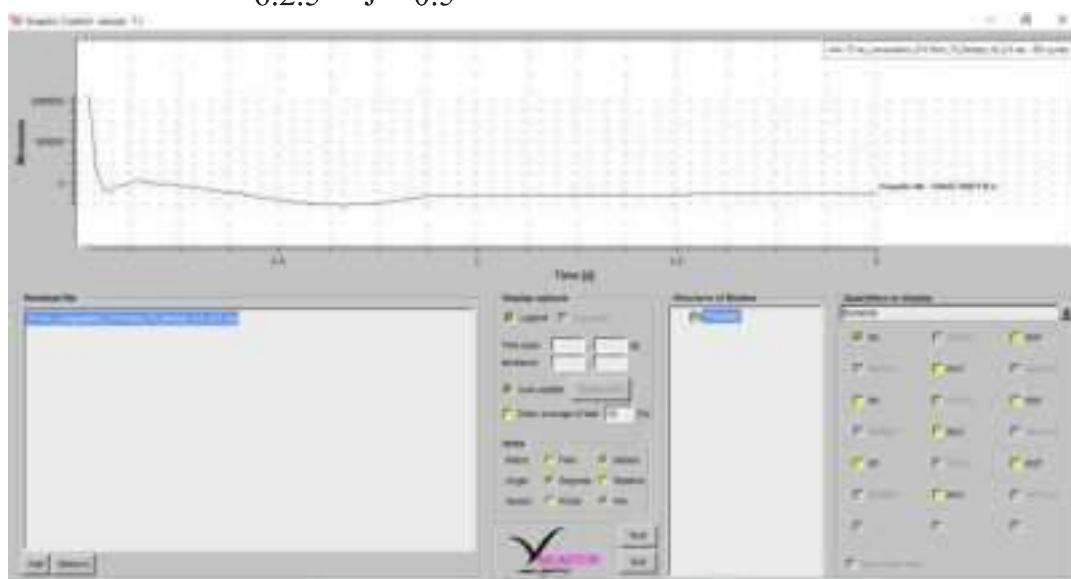
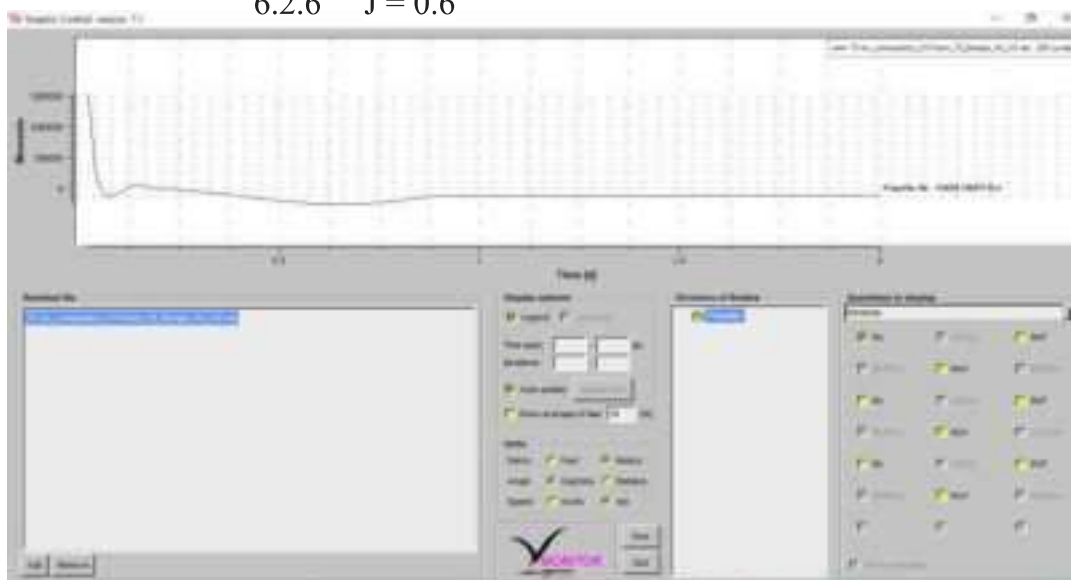
6.1.5 $J = 0.5$ 6.1.6 $J = 0.6$ 

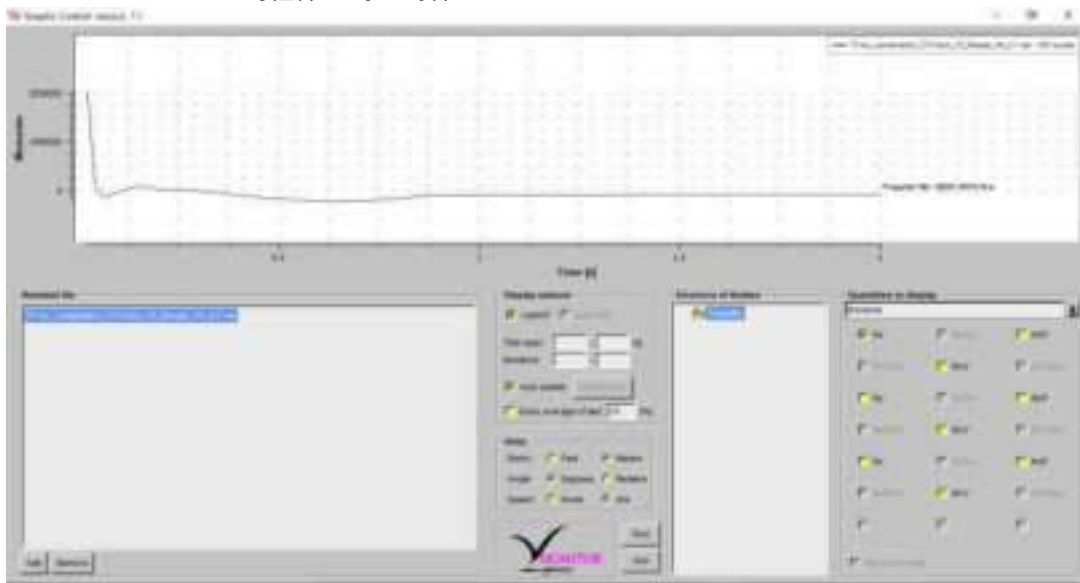
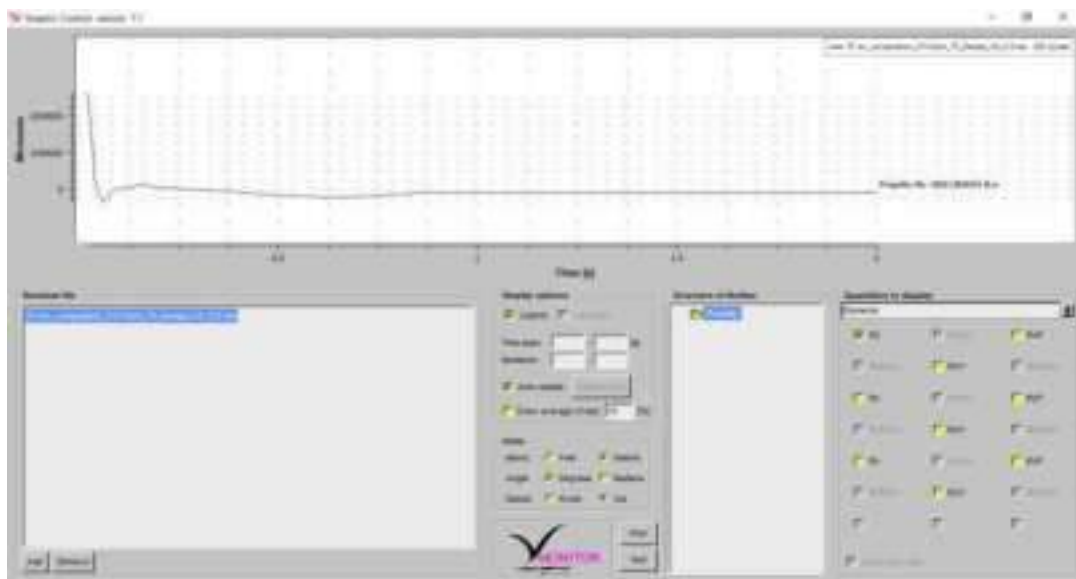
6.1.7 $J = 0.7$ 6.1.8 $J = 0.8$ 

6.2 Torsi

6.2.1 $J = 0.1$ 6.2.2 $J = 0.2$ 

6.2.3 $J = 0.3$ 6.2.4 $J = 0.4$ 

6.2.5 $J = 0.5$ 6.2.6 $J = 0.6$ 

6.2.7 $J = 0.7$ 6.2.8 $J = 0.8$ 

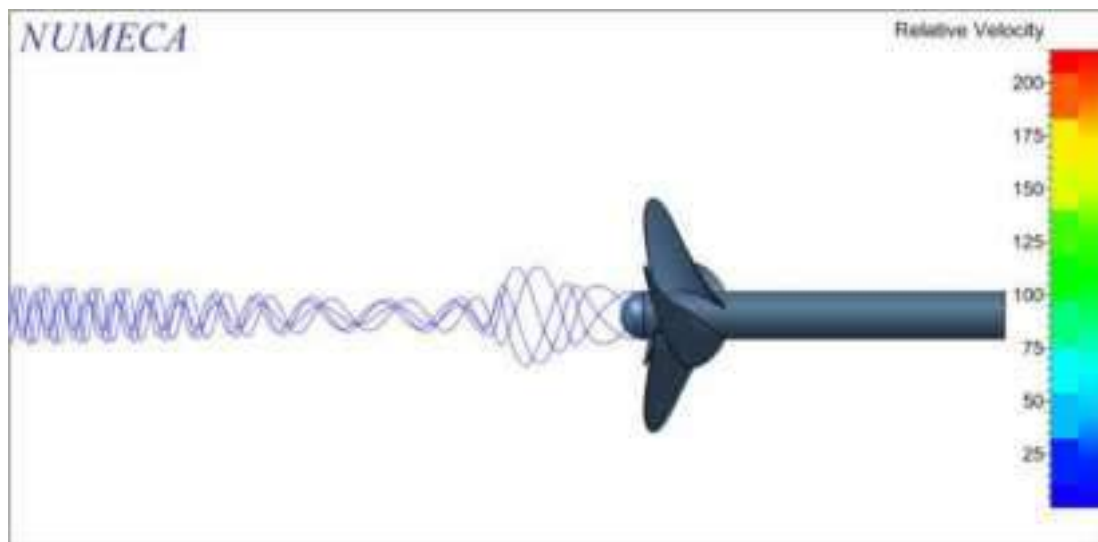
C Aliran Fluida PBCF

Berikut Lampiran Aliran Fluida PBCF Setiap Advance Rasio (J) :

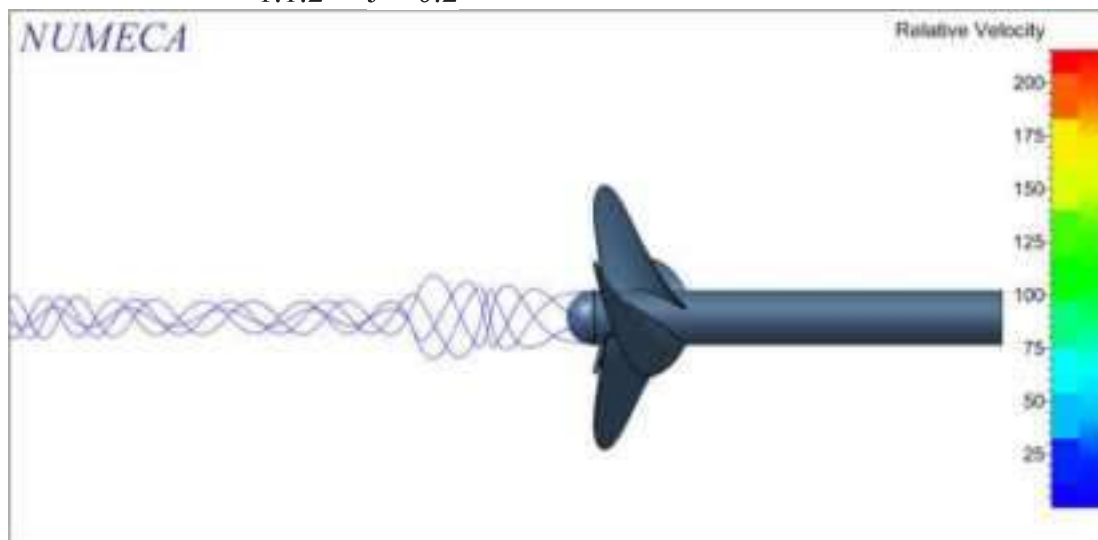
1. Propeller

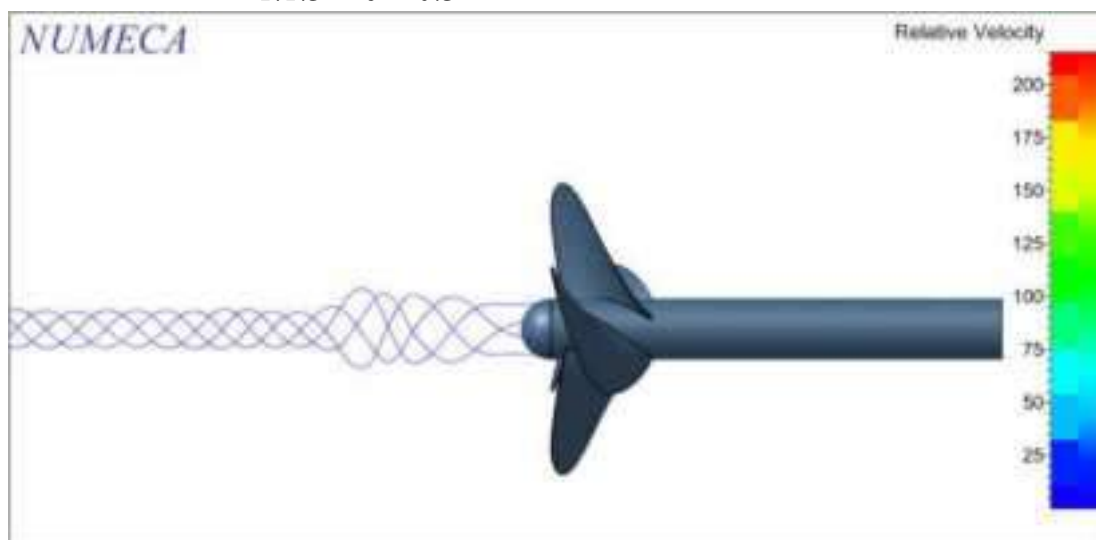
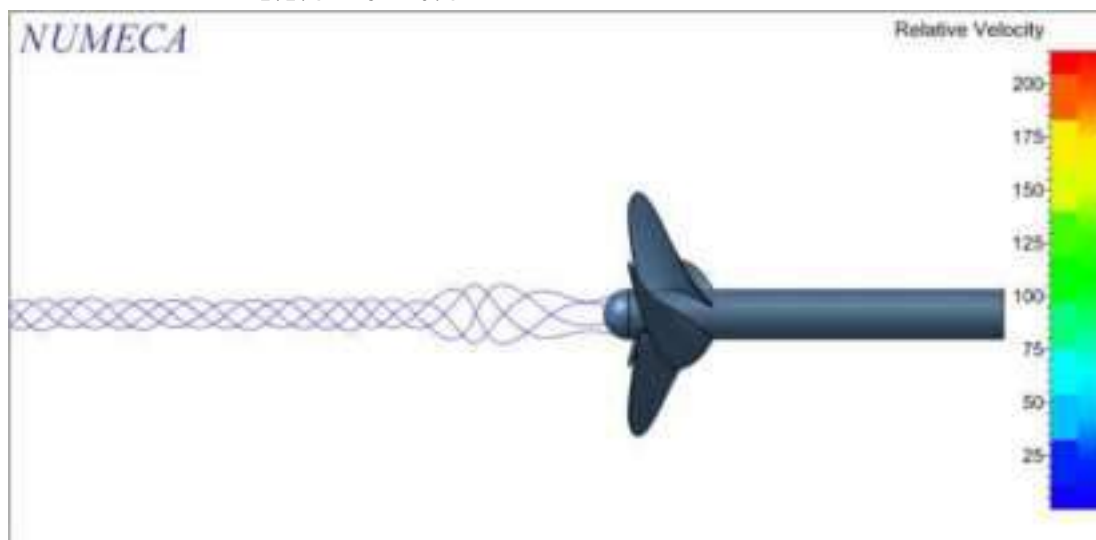
1.1 Side View

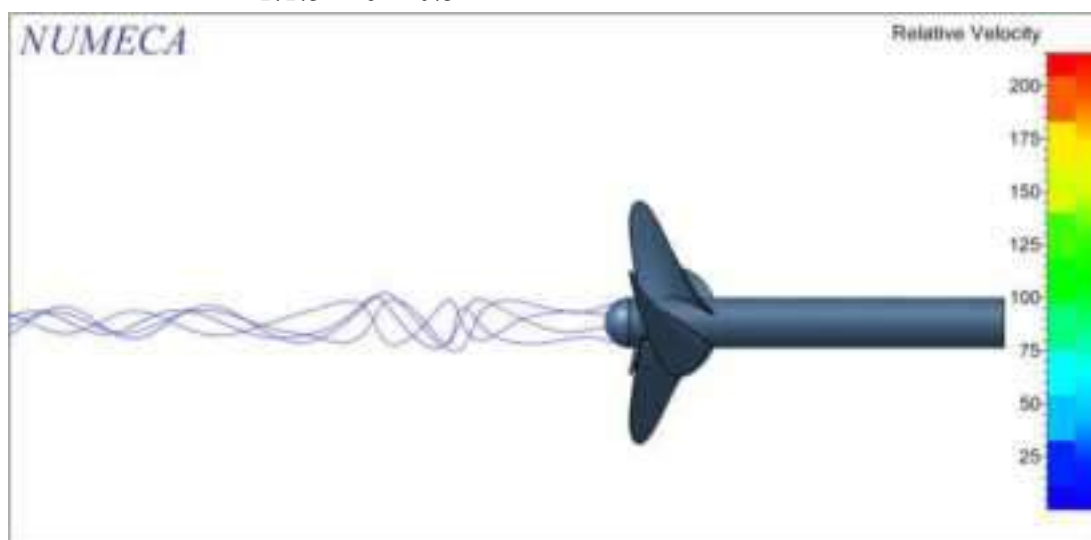
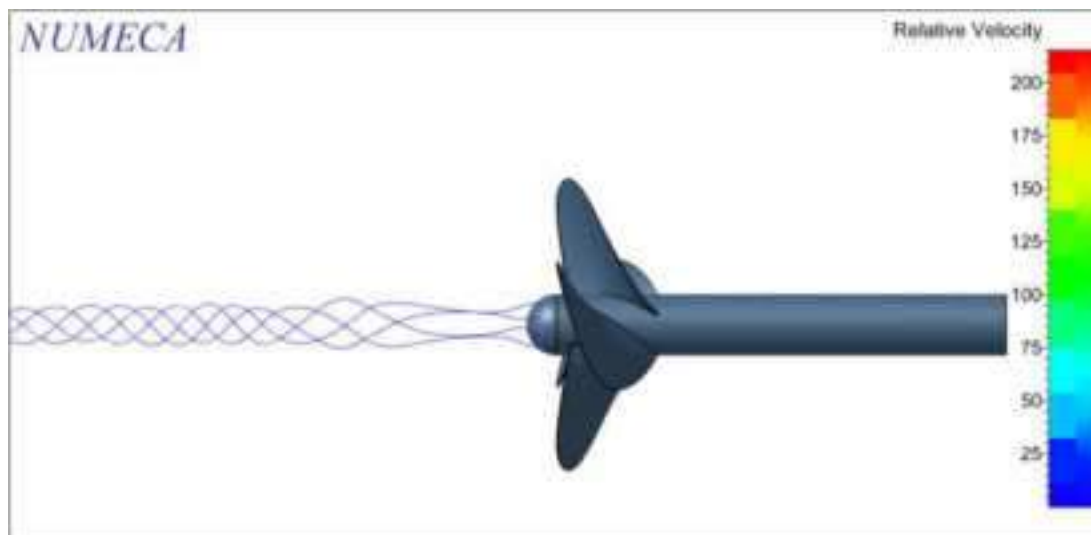
1.1.1 J = 0.1

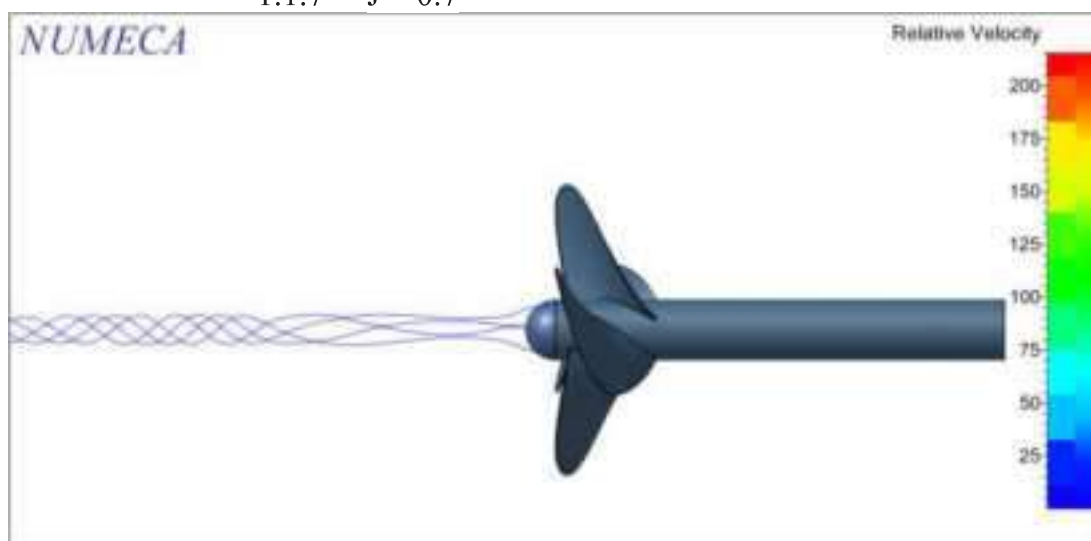
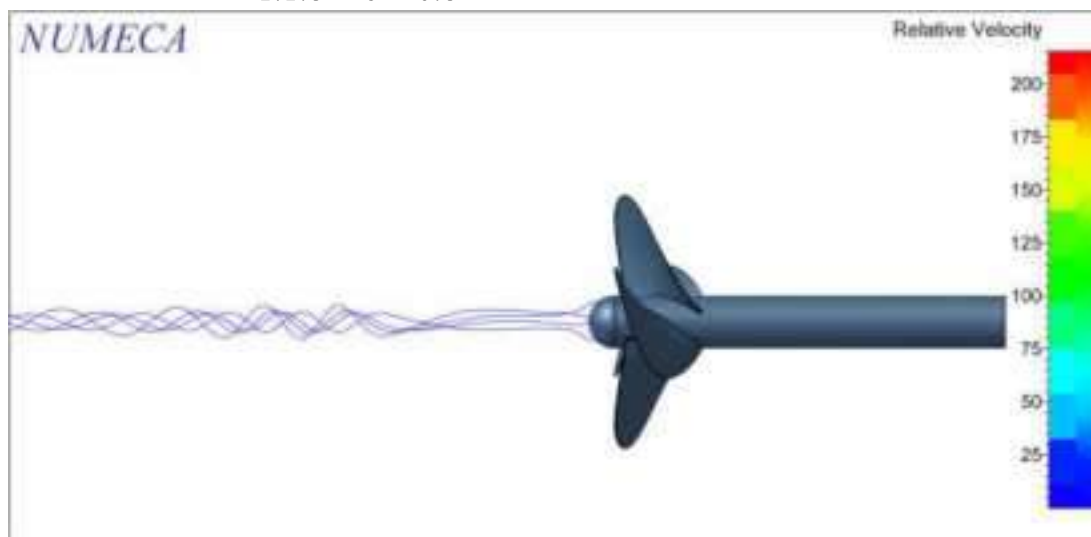


1.1.2 J = 0.2

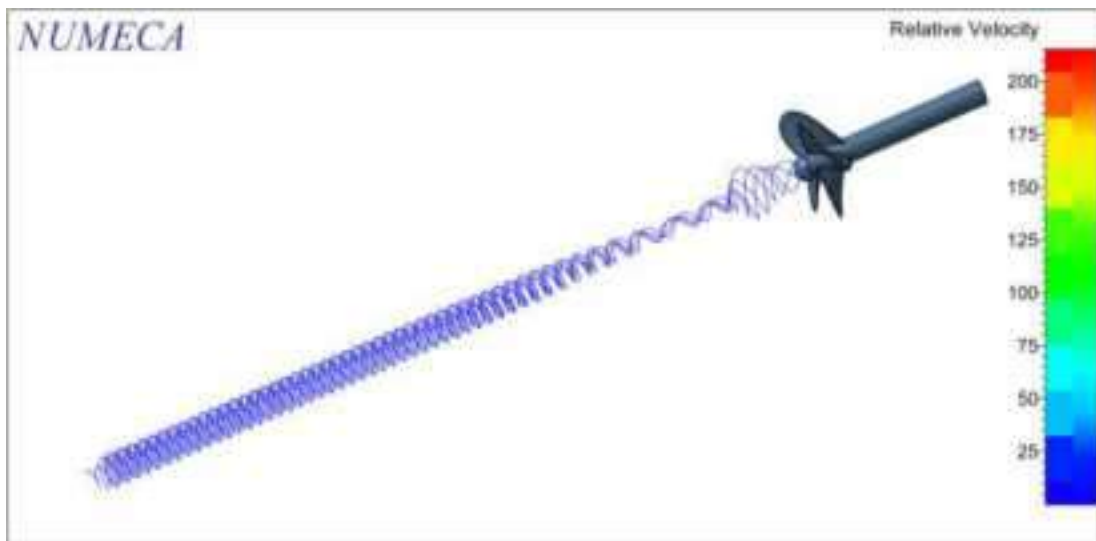


1.1.3 $J = 0.3$ 1.1.4 $J = 0.4$ 

1.1.5 $J = 0.5$ 1.1.6 $J = 0.6$ 

1.1.7 $J = 0.7$ 1.1.8 $J = 0.8$ 

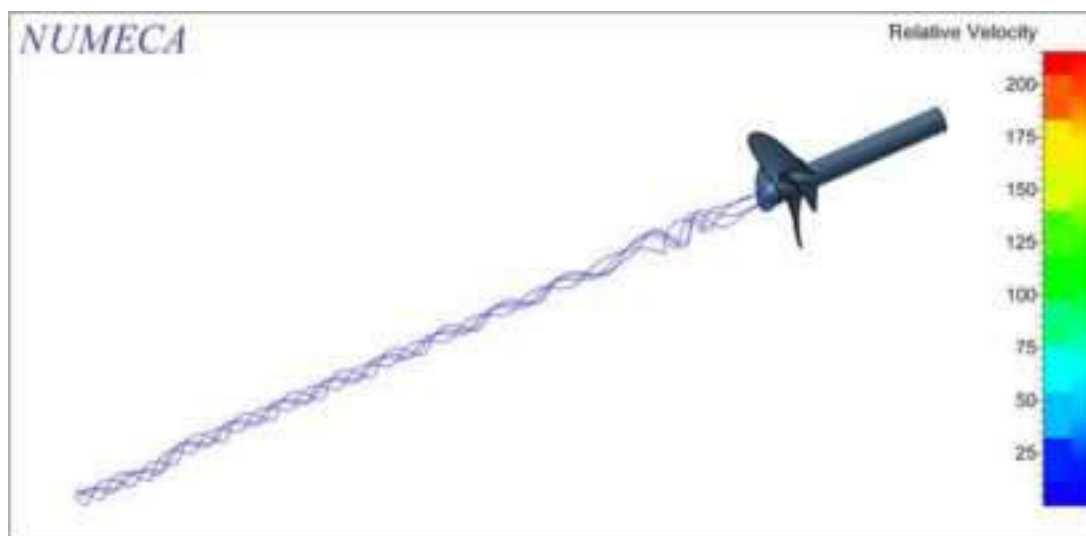
1.2 Isometric View
1.2.1 $J = 0.1$

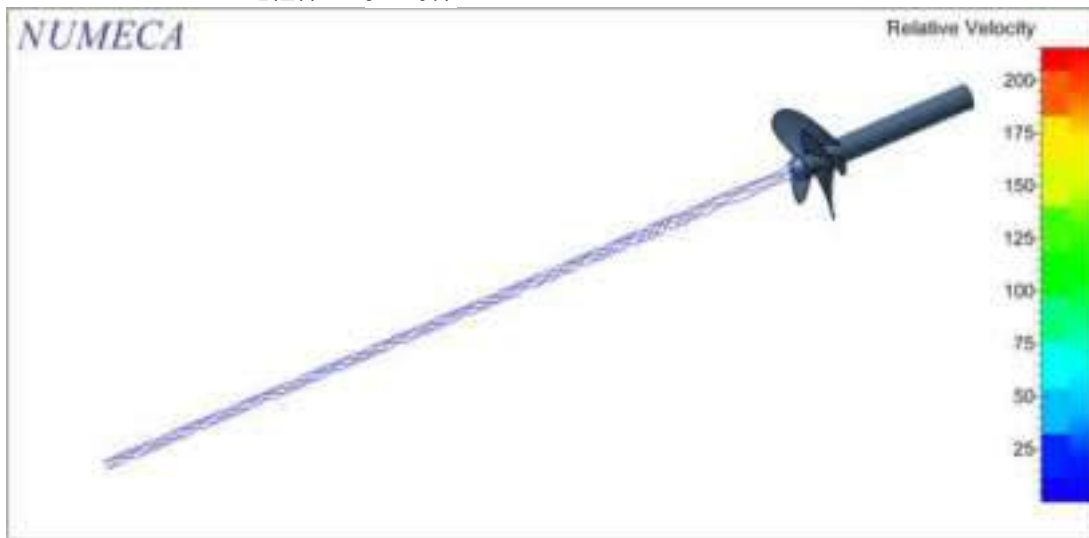


1.2.2 $J = 0.2$

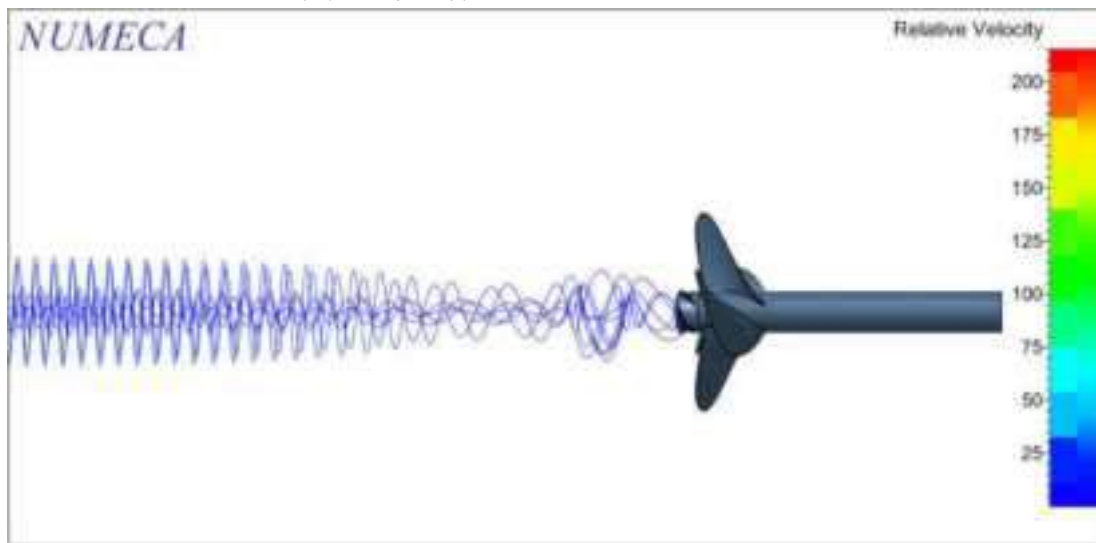


1.2.3 $J = 0.3$ 1.2.4 $J = 0.4$ 

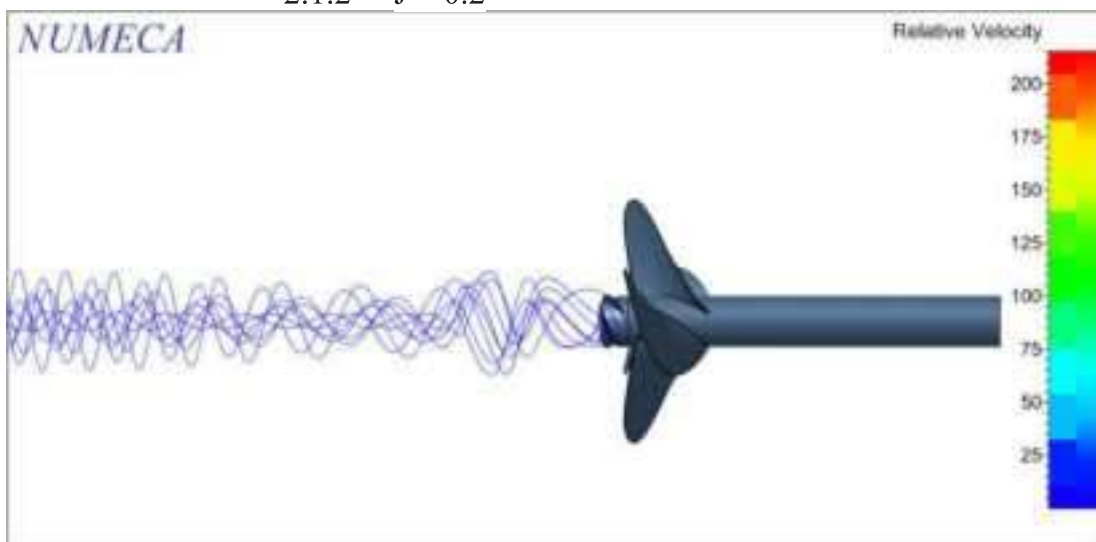
1.2.5 $J = 0.5$ 1.2.6 $J = 0.6$ 

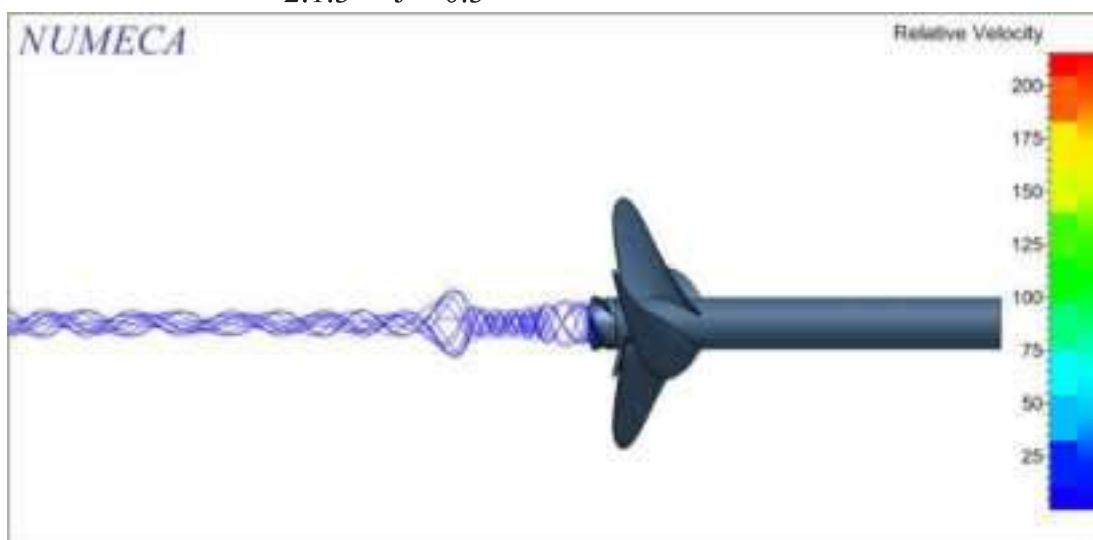
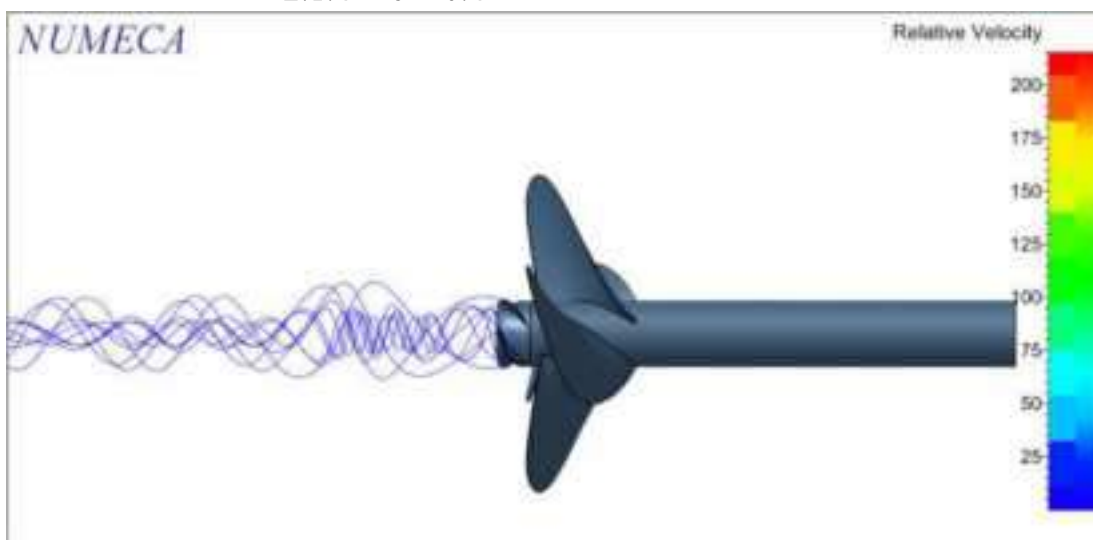
1.2.7 $J = 0.7$ 1.2.8 $J = 0.8$ 

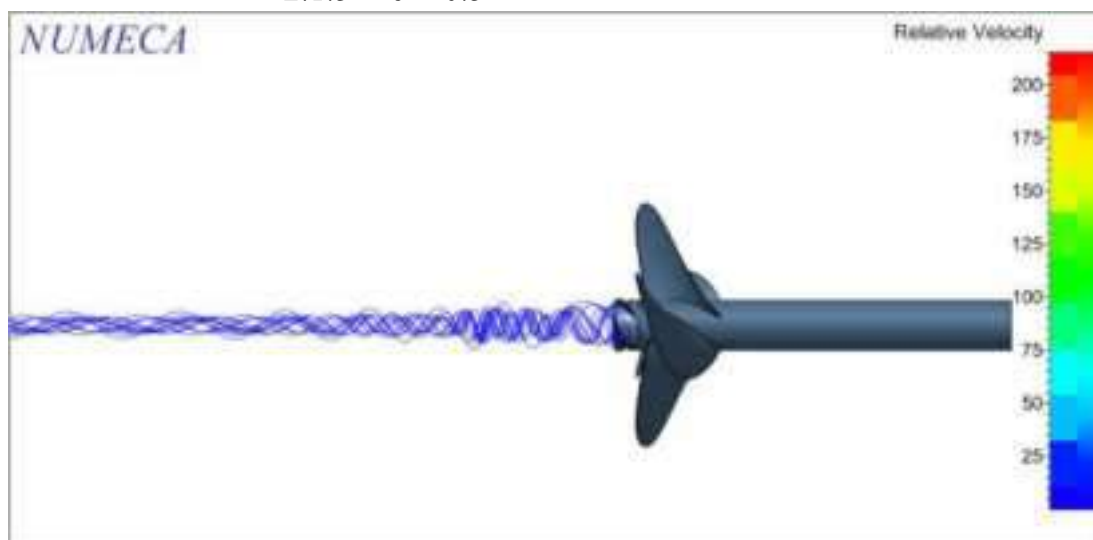
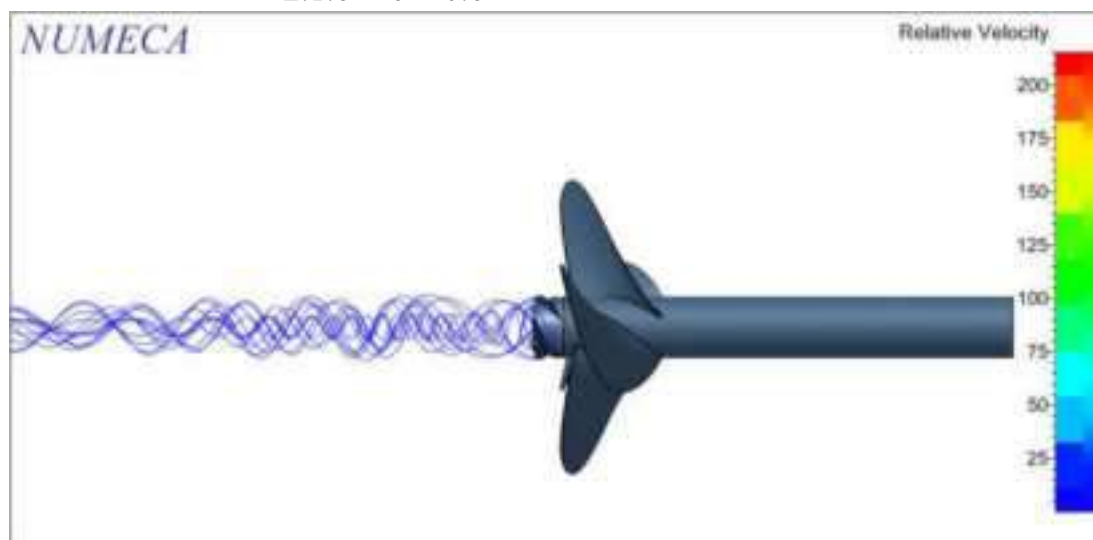
2. PBCF 55 Derajat
2.1 Side View
2.1.1 $J = 0.1$

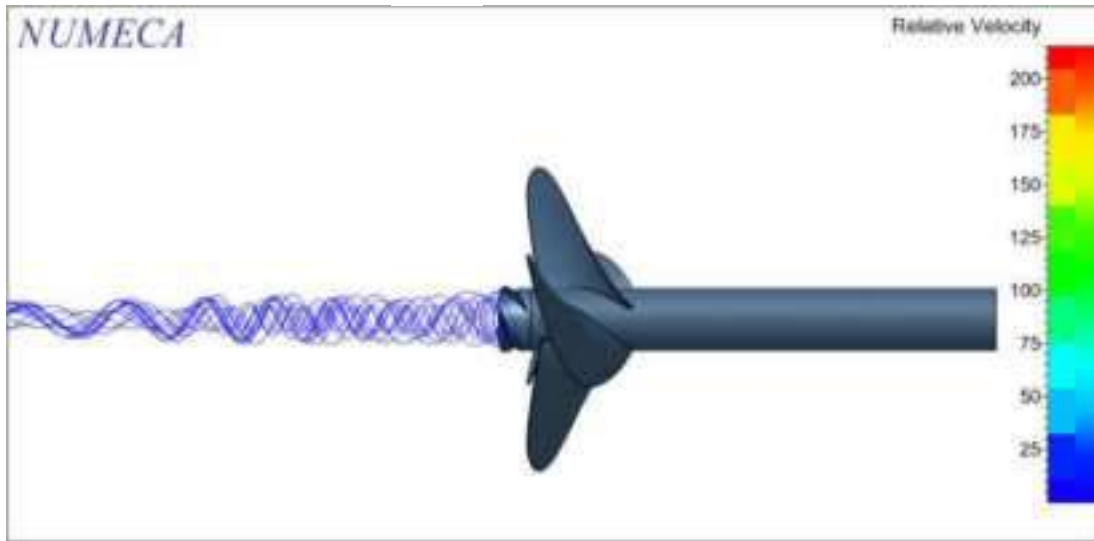
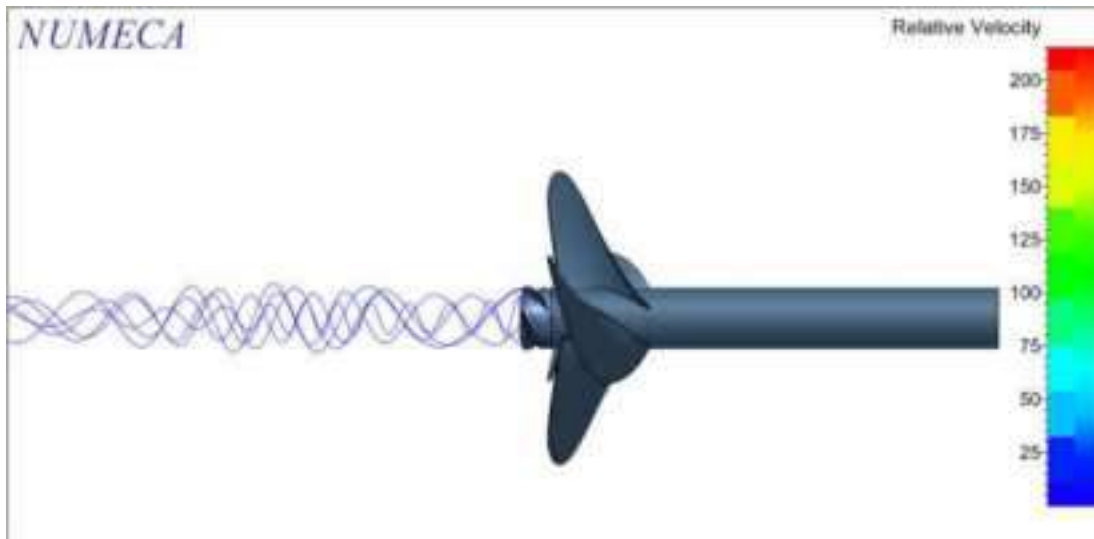


2.1.2 $J = 0.2$

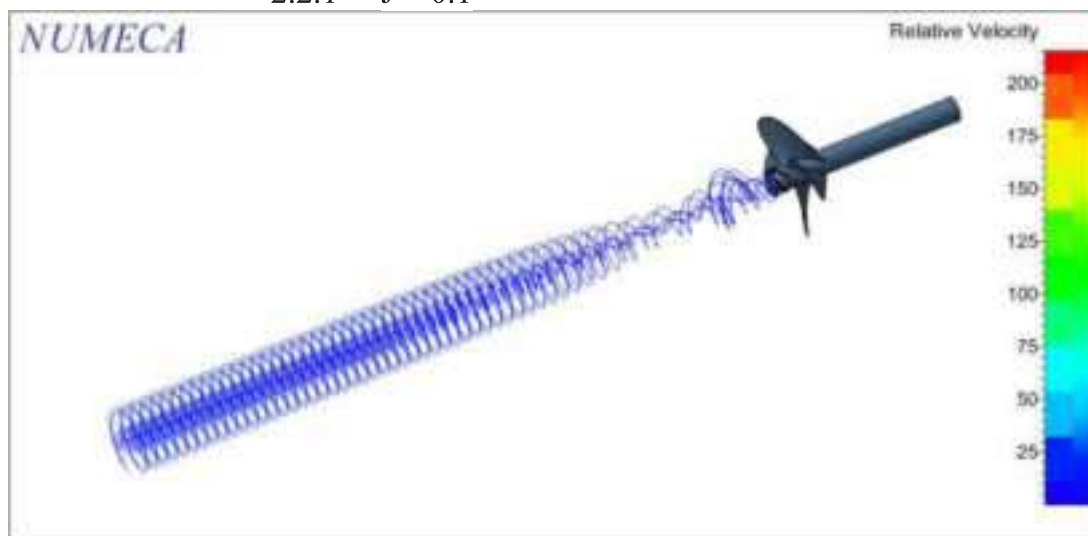
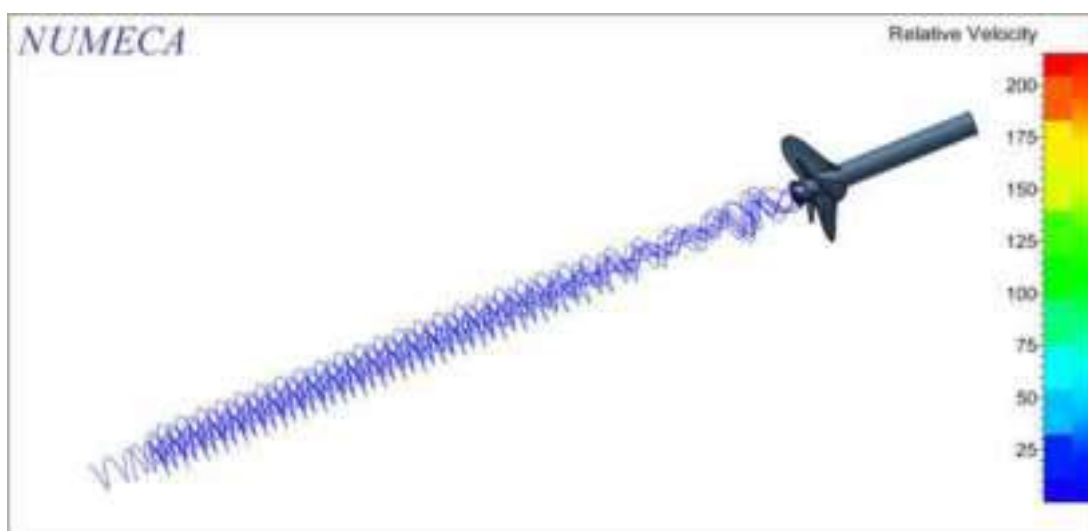


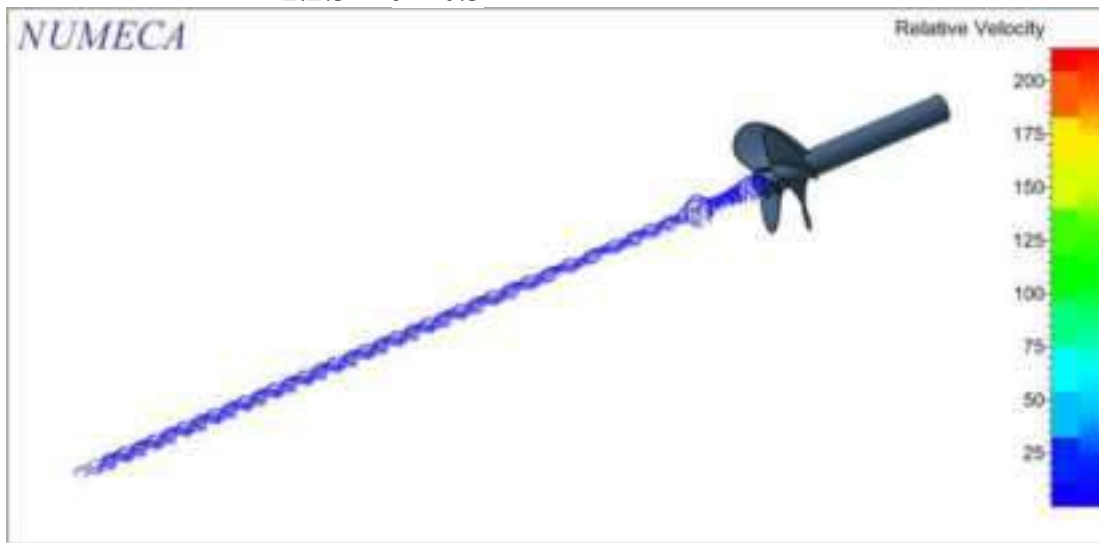
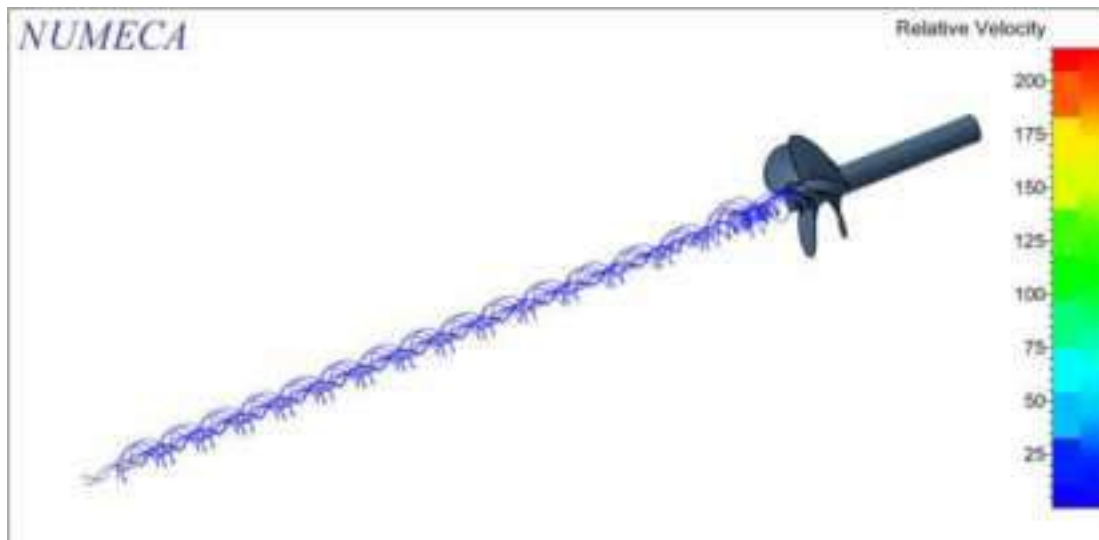
2.1.3 $J = 0.3$ 2.1.4 $J = 0.4$ 

2.1.5 $J = 0.5$ 2.1.6 $J = 0.6$ 

2.1.7 $J = 0.7$ 2.1.8 $J = 0.8$ 

2.2 Isometric View

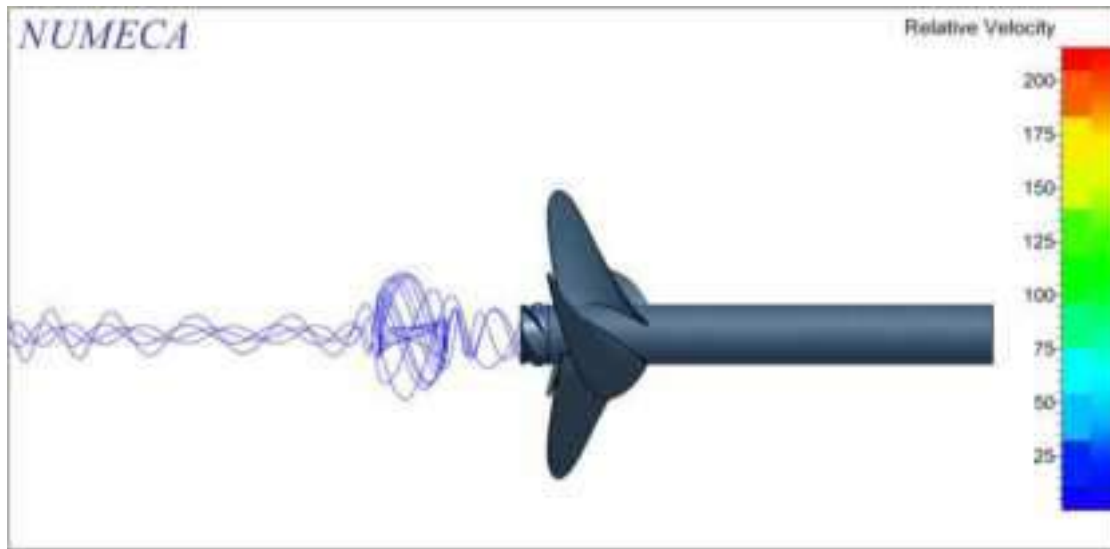
2.2.1 $J = 0.1$ 2.2.2 $J = 0.2$ 

2.2.3 $J = 0.3$ 2.2.4 $J = 0.4$ 

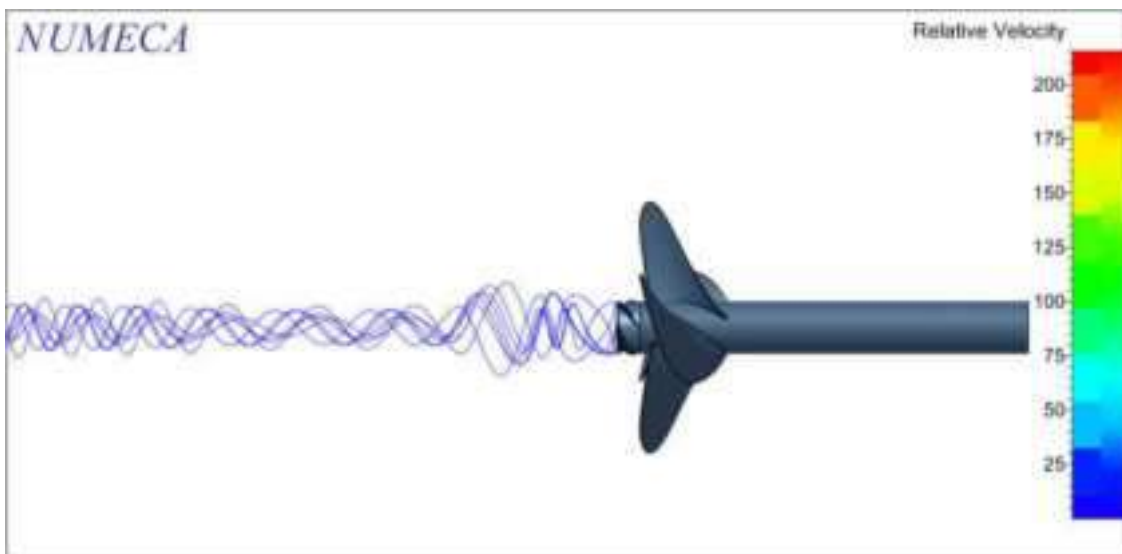
2.2.5 $J = 0.5$ 2.2.6 $J = 0.6$ 

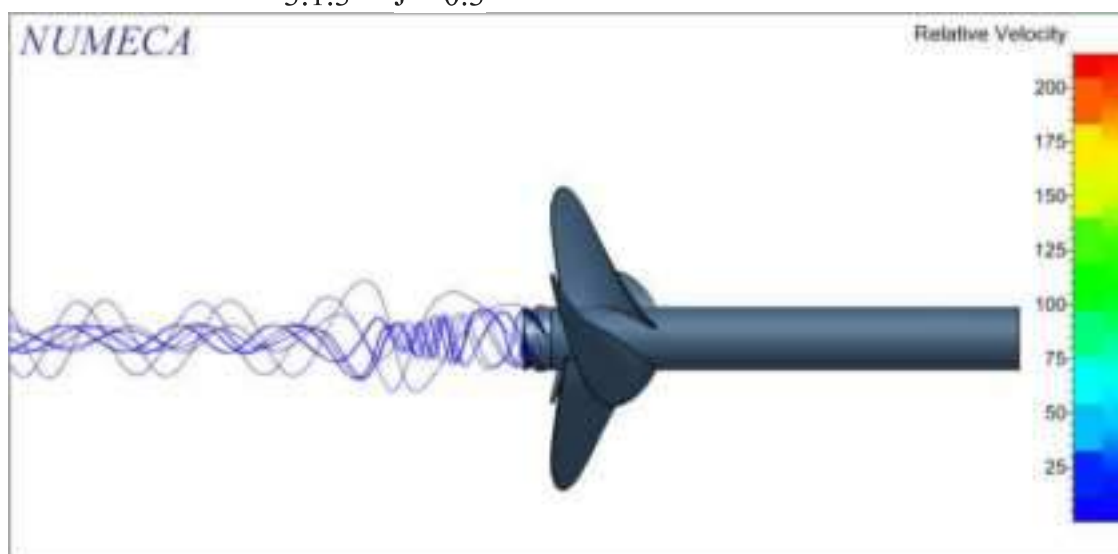
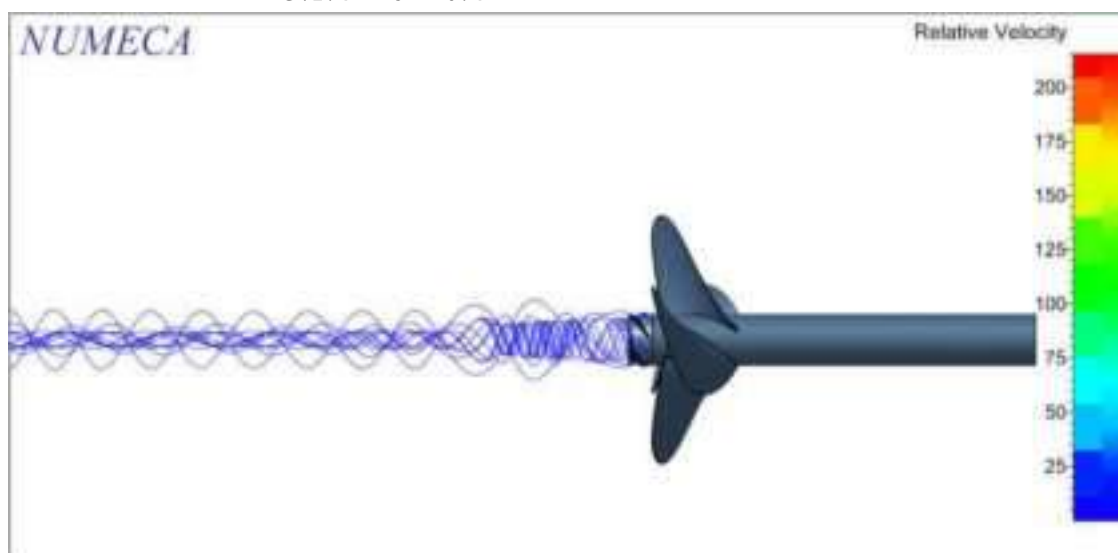
2.2.7 $J = 0.7$ 2.2.8 $J = 0.8$ 

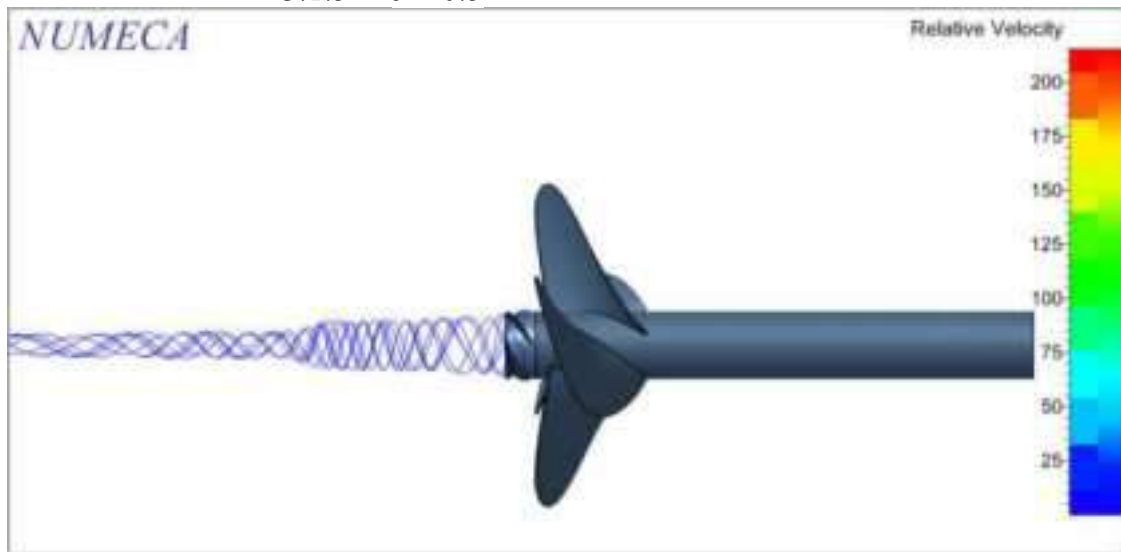
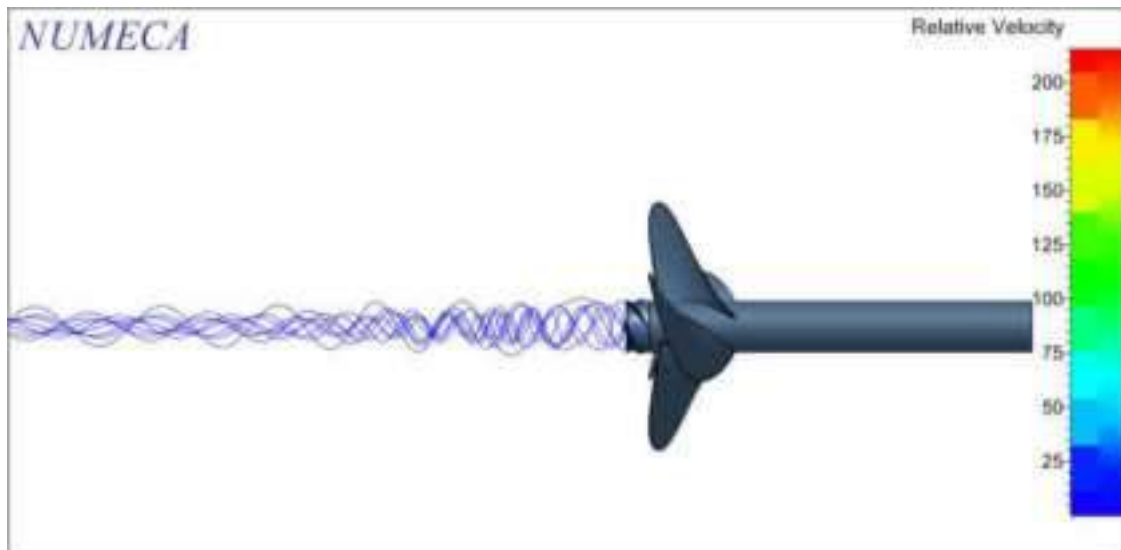
3. PBCF 60 Derajat
3.1 Side View
3.1.1 $J = 0.1$

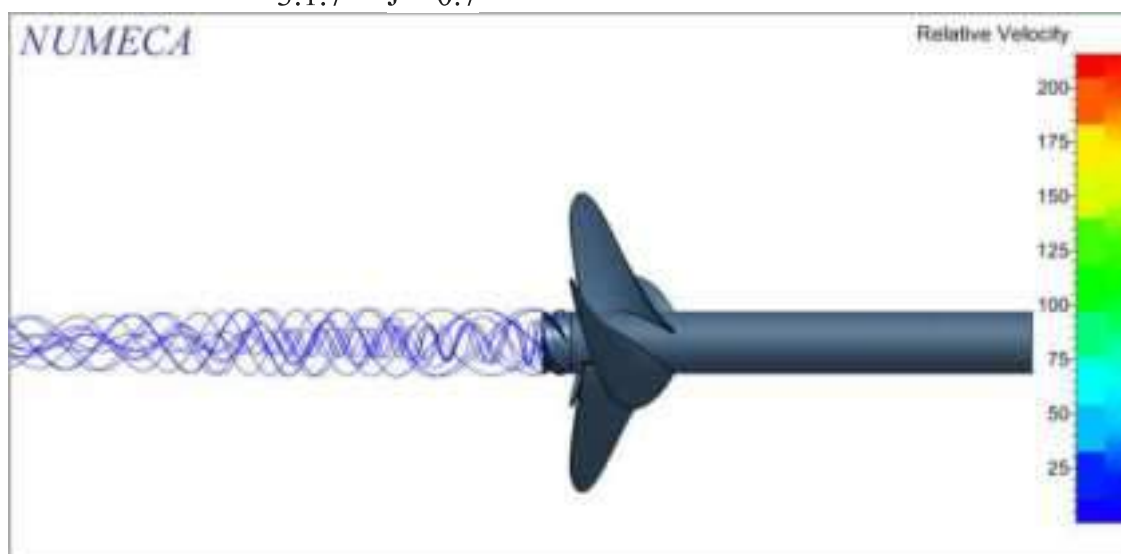
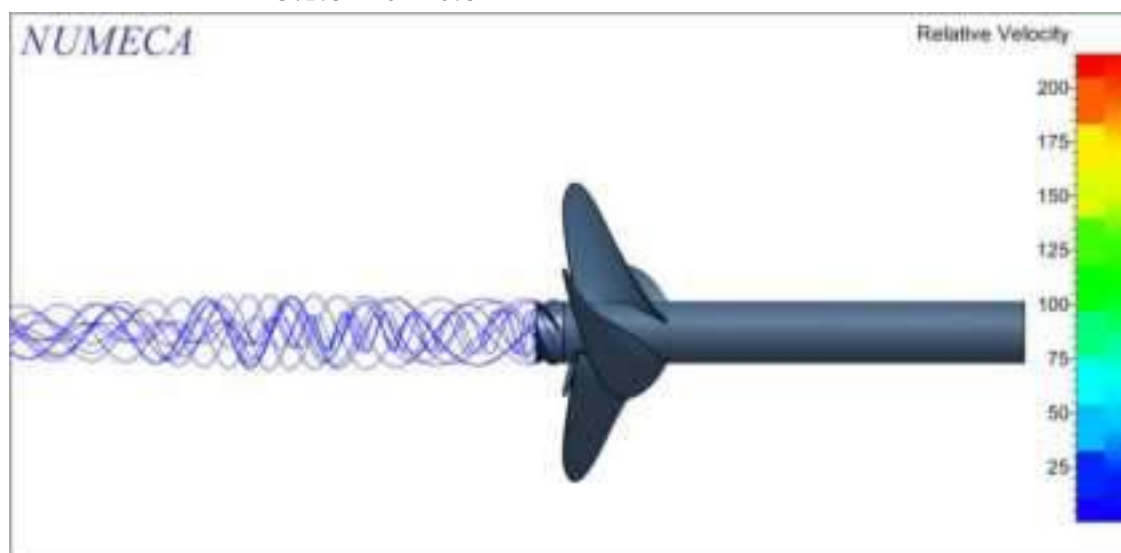


3.1.2 $J = 0.2$



3.1.3 $J = 0.3$ 3.1.4 $J = 0.4$ 

3.1.5 $J = 0.5$ 3.1.6 $J = 0.6$ 

3.1.7 $J = 0.7$ 3.1.8 $J = 0.8$ 

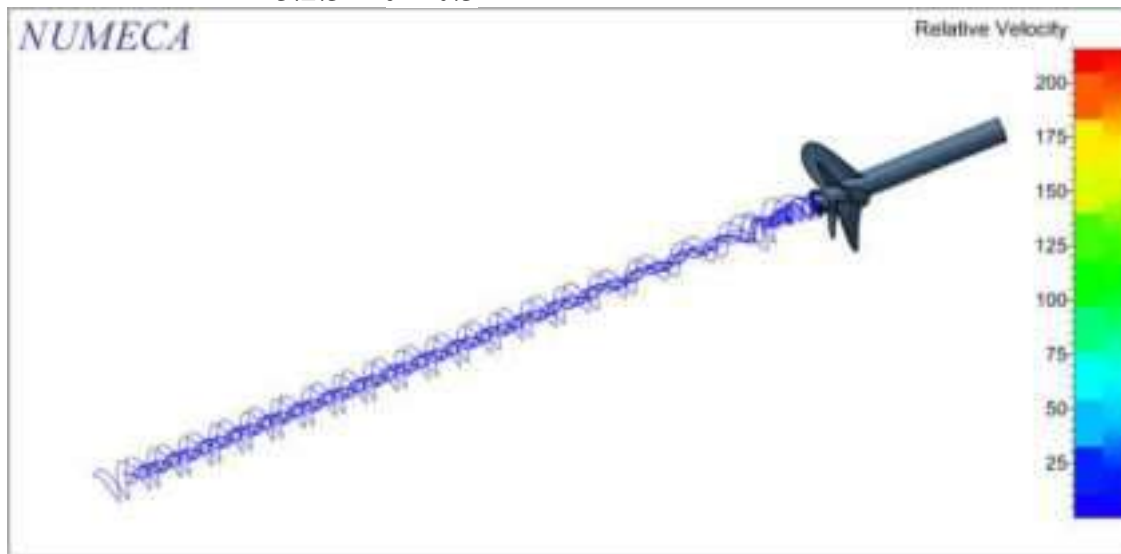
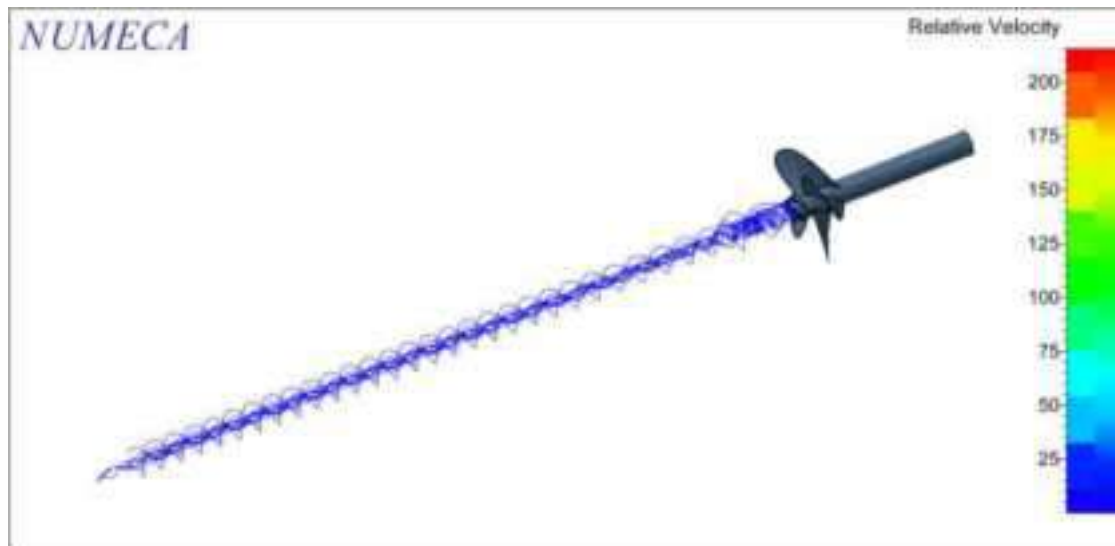
3.2 Isometric View

3.2.1 $J = 0.1$



3.2.2 $J = 0.2$

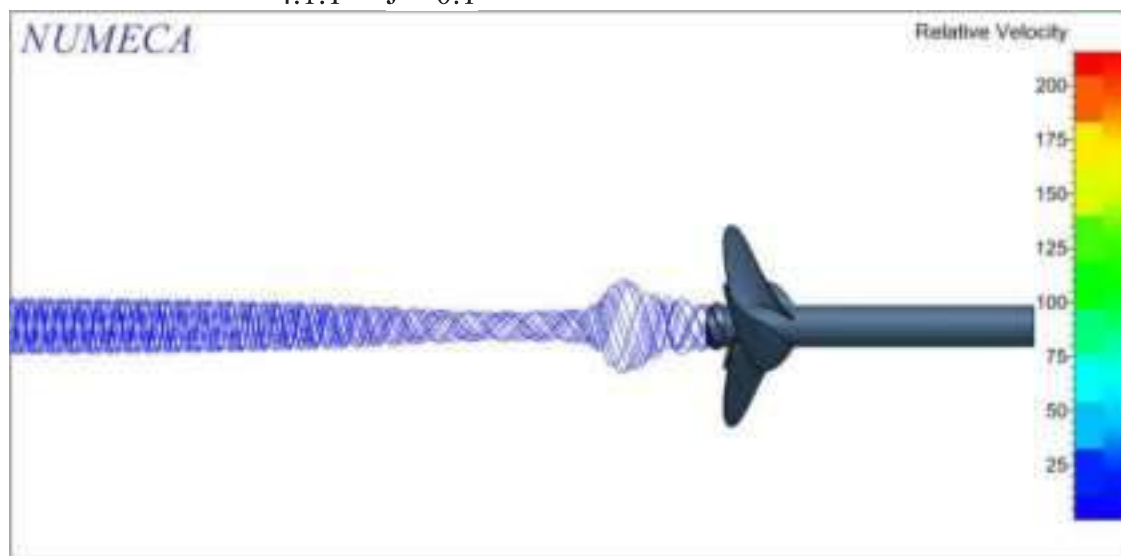


3.2.3 $J = 0.3$ 3.2.4 $J = 0.4$ 

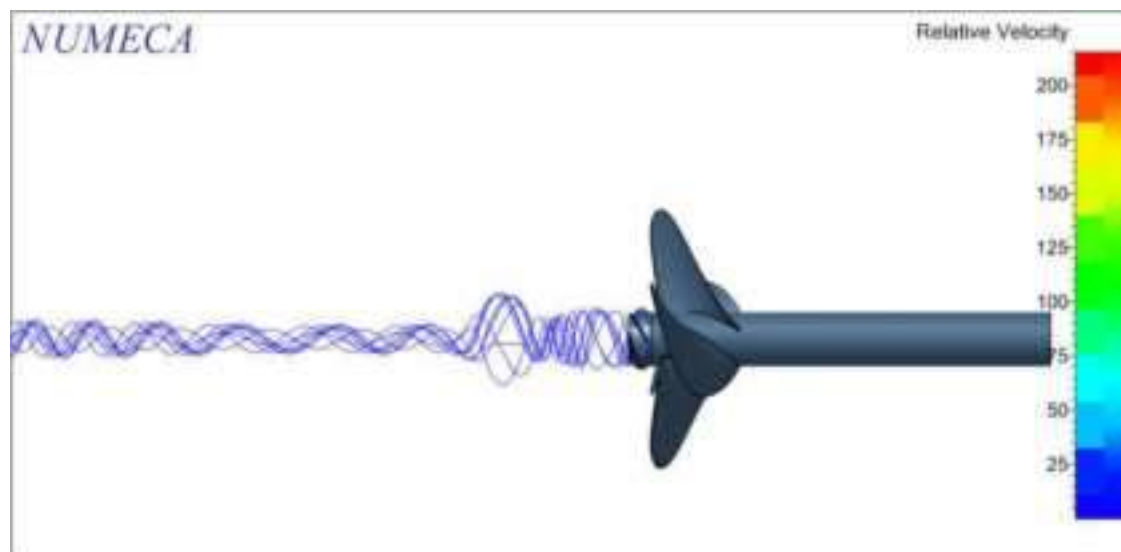
3.2.5 $J = 0.5$ 3.2.6 $J = 0.6$ 

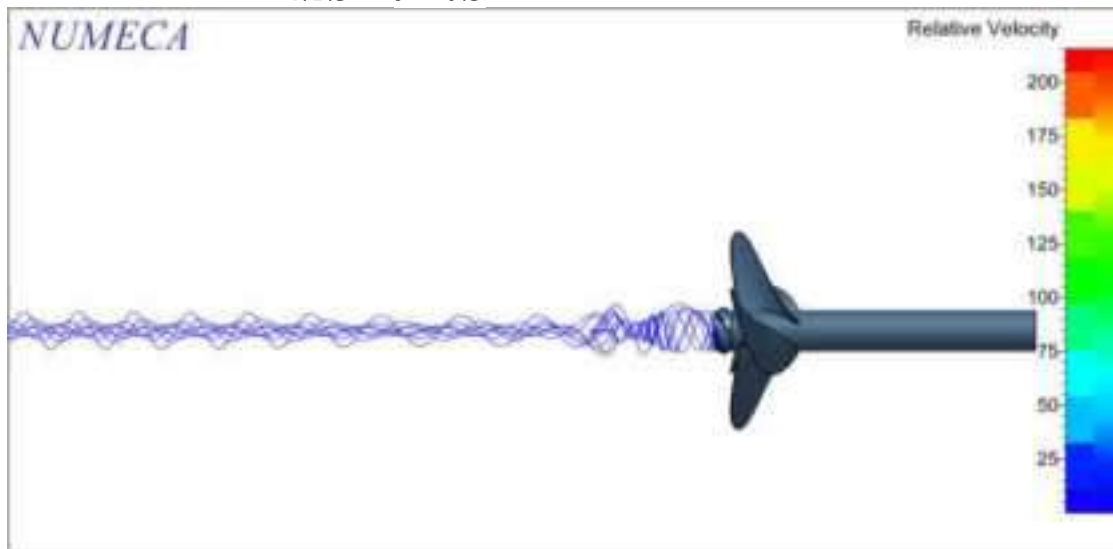
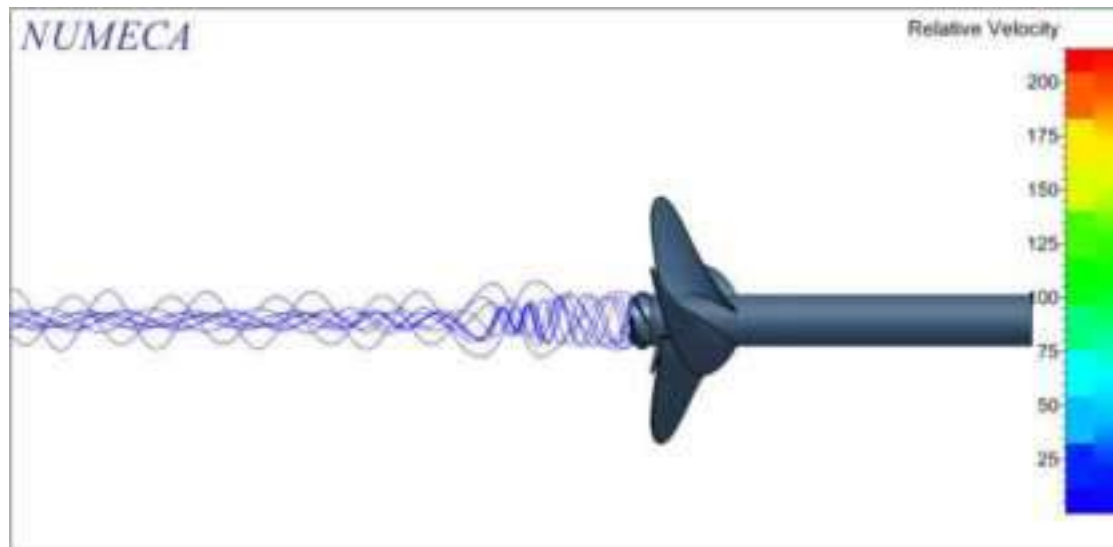
3.2.7 $J = 0.7$ 3.2.8 $J = 0.8$ 

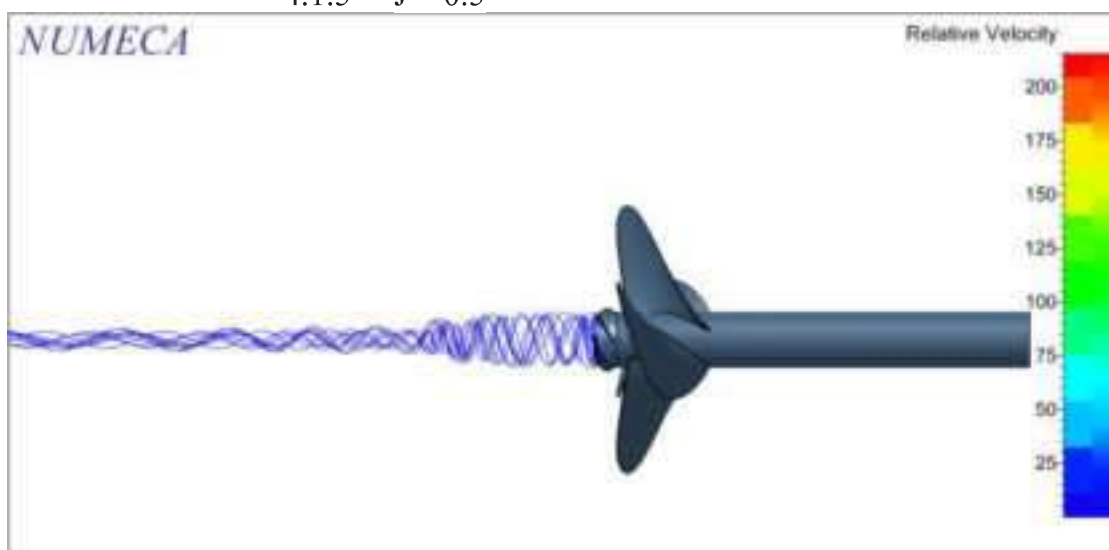
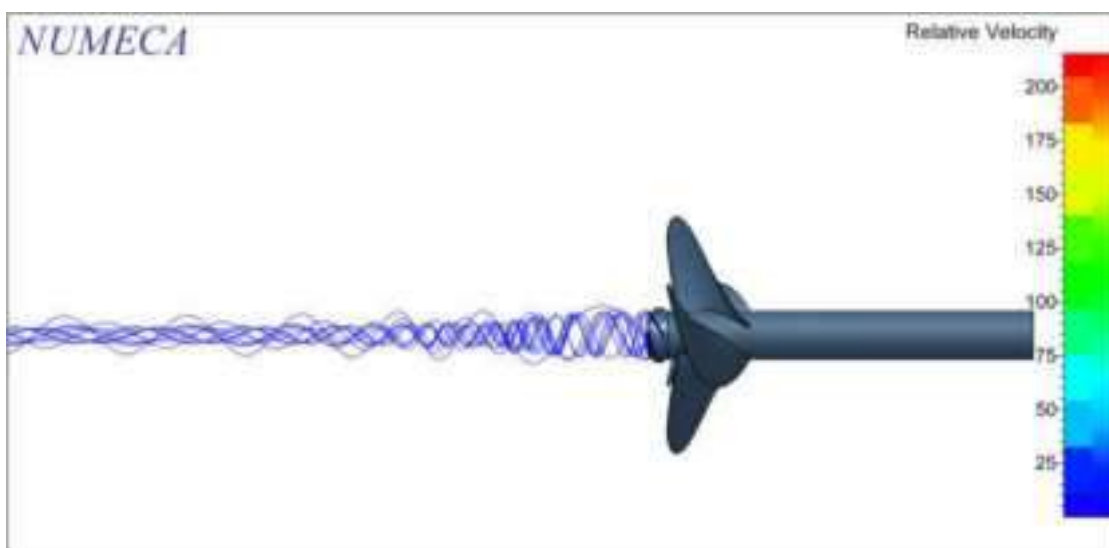
4. PBCF 65 Derajat
4.1 Side View
4.1.1 $J = 0.1$

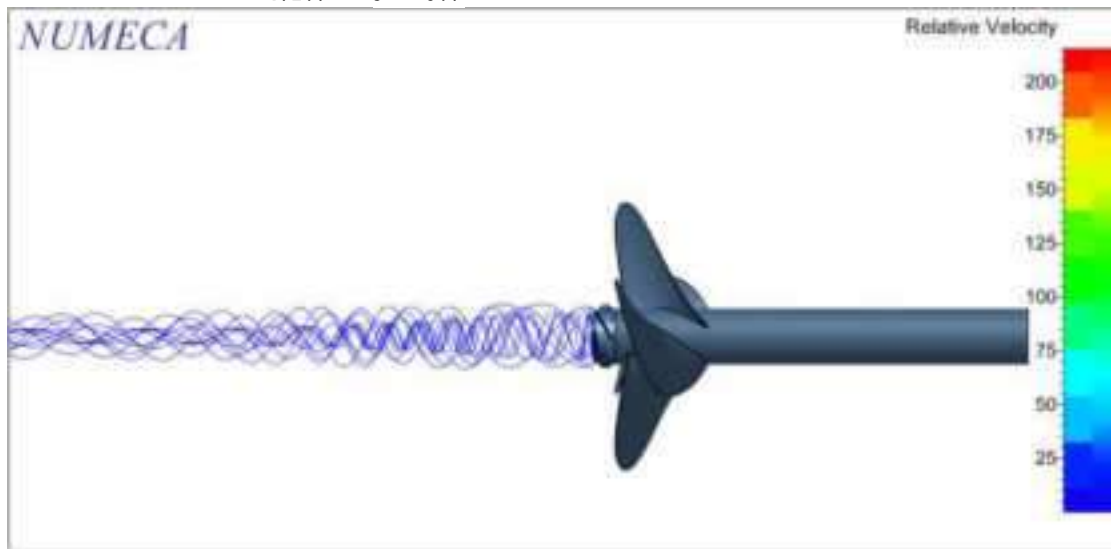
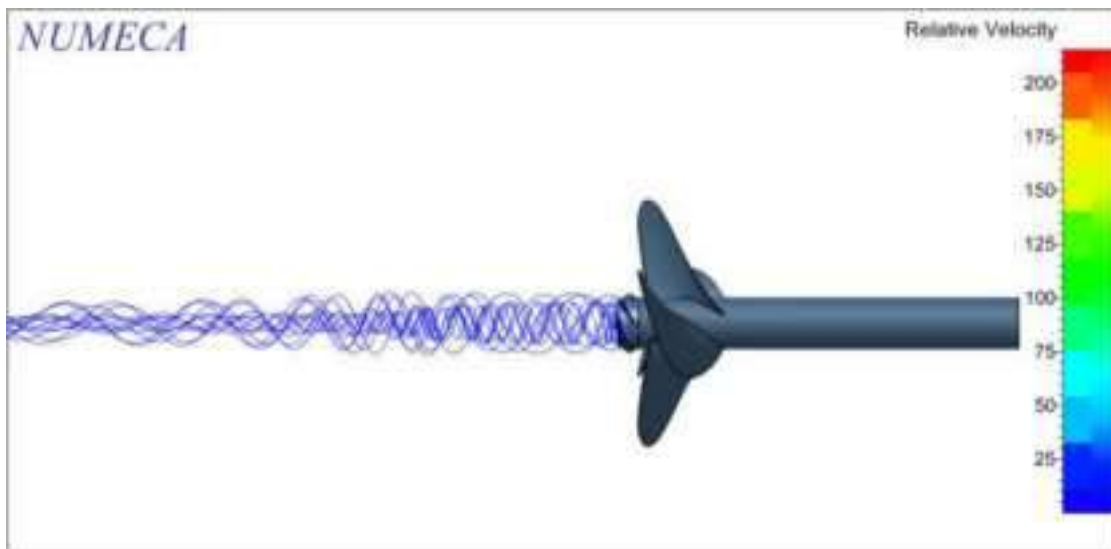


4.1.2 $J = 0.2$

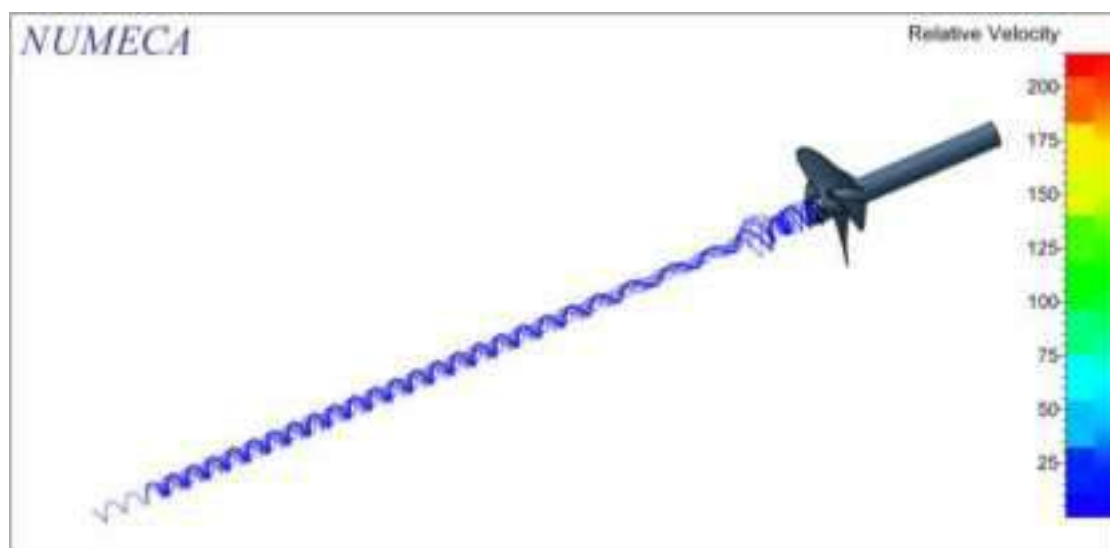


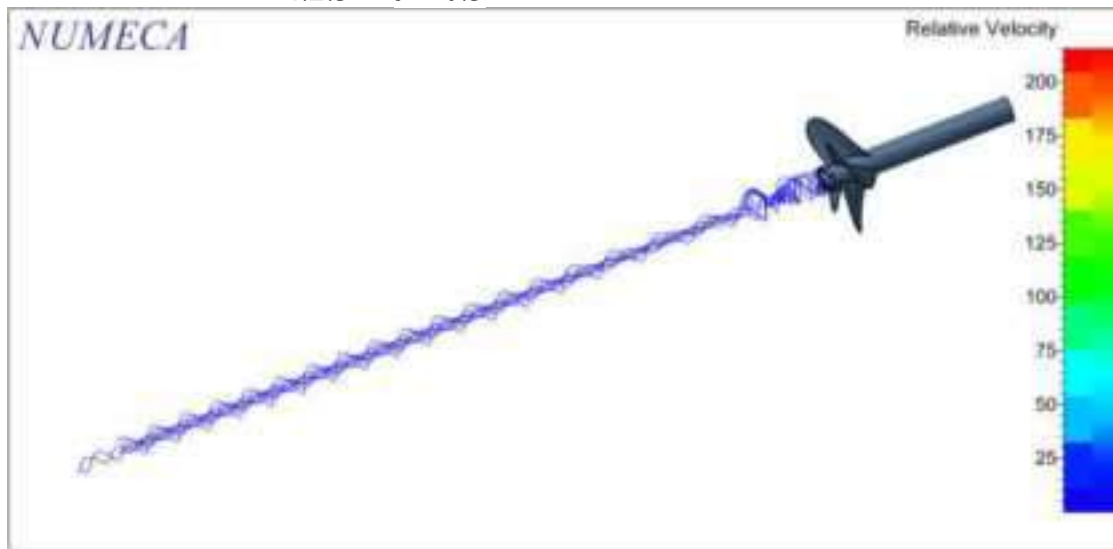
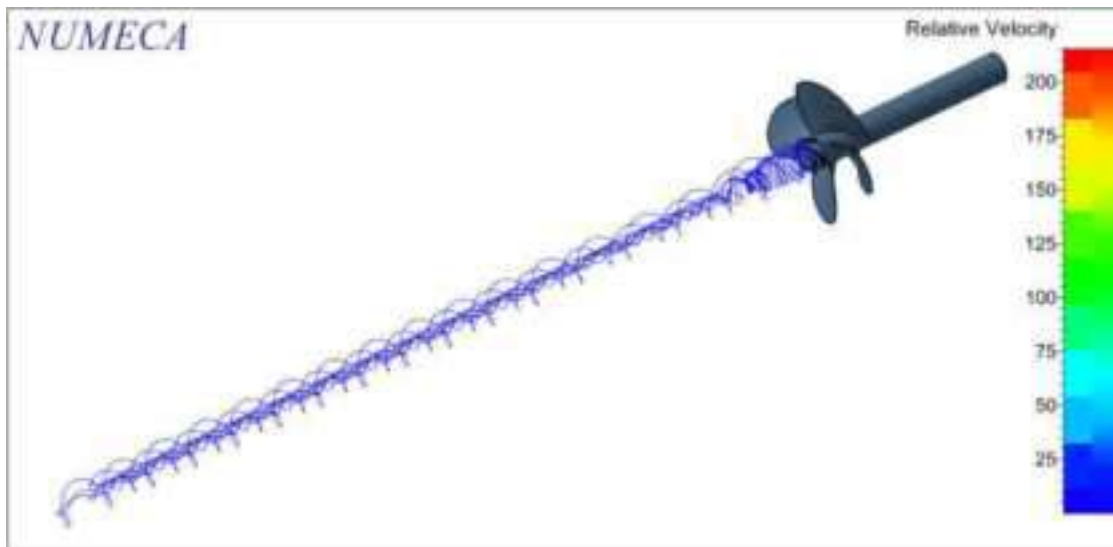
4.1.3 $J = 0.3$ 4.1.4 $J = 0.4$ 

4.1.5 $J = 0.5$ 4.1.6 $J = 0.6$ 

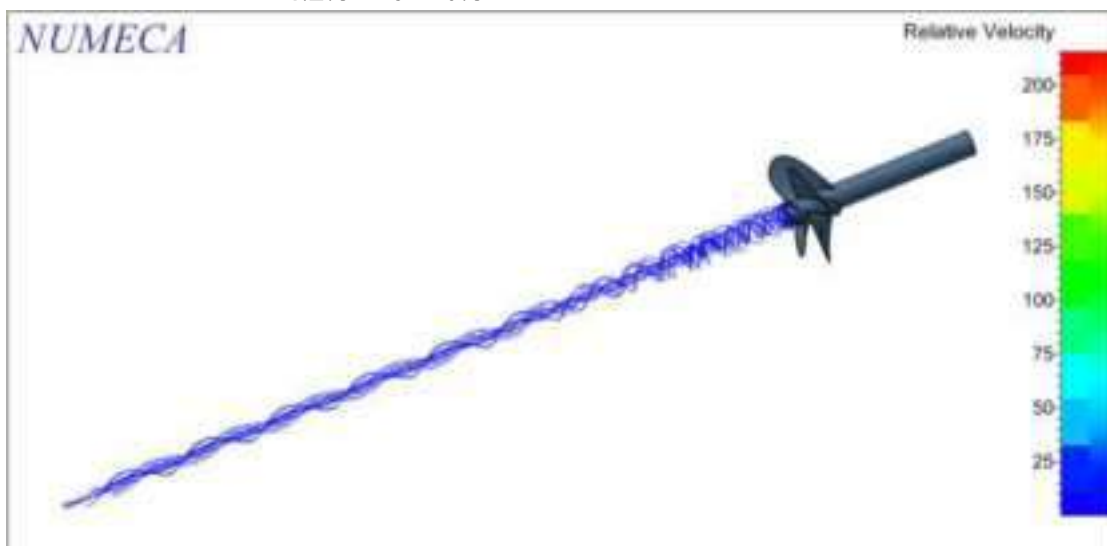
4.1.7 $J = 0.7$ 4.1.8 $J = 0.8$ 

4.2 Isometric View

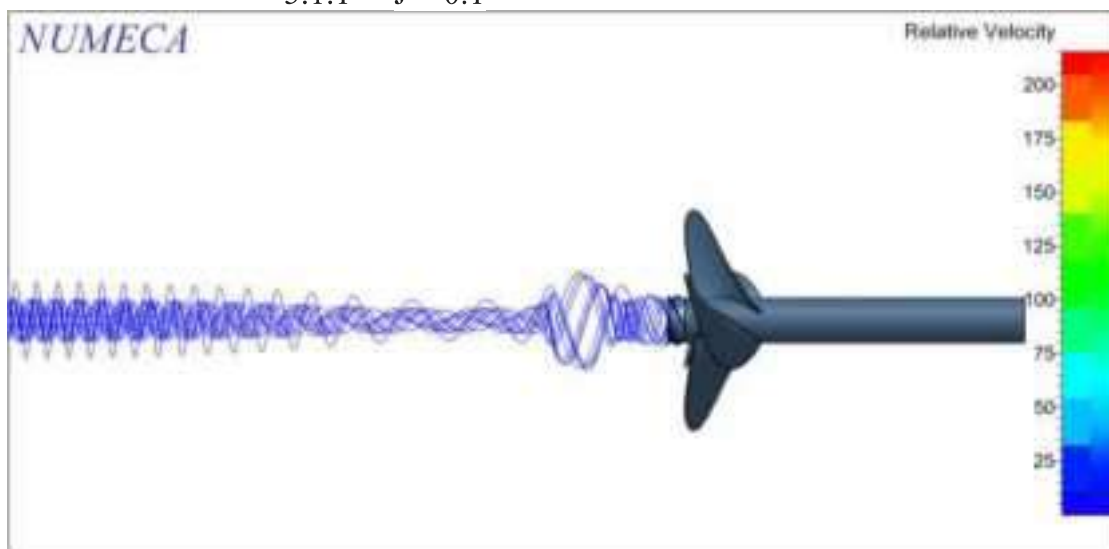
4.2.1 $J = 0.1$ 4.2.2 $J = 0.2$ 

4.2.3 $J = 0.3$ 4.2.4 $J = 0.4$ 

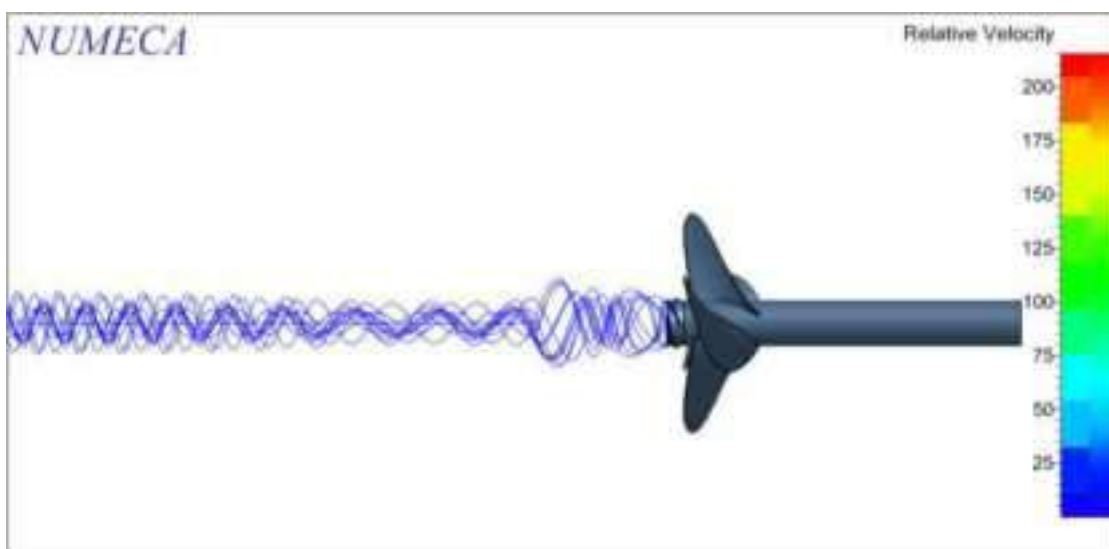
4.2.5 $J = 0.5$ 4.2.6 $J = 0.6$ 

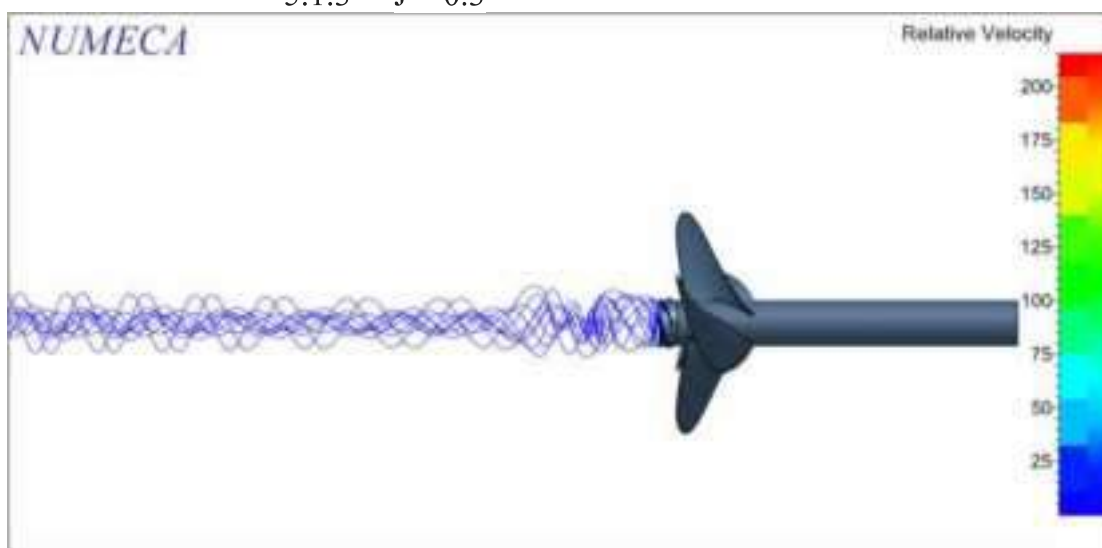
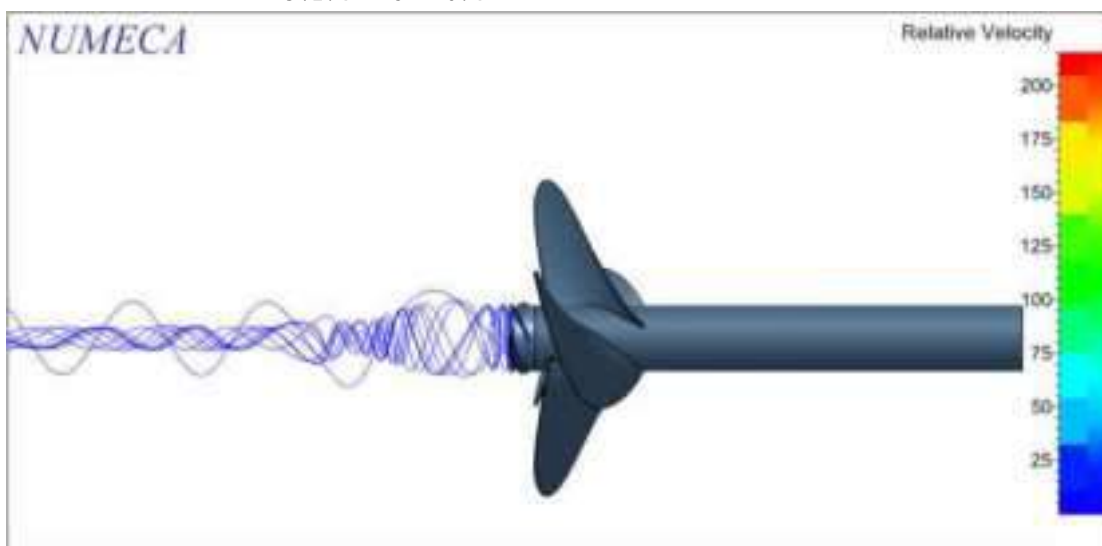
4.2.7 $J = 0.7$ 4.2.8 $J = 0.8$ 

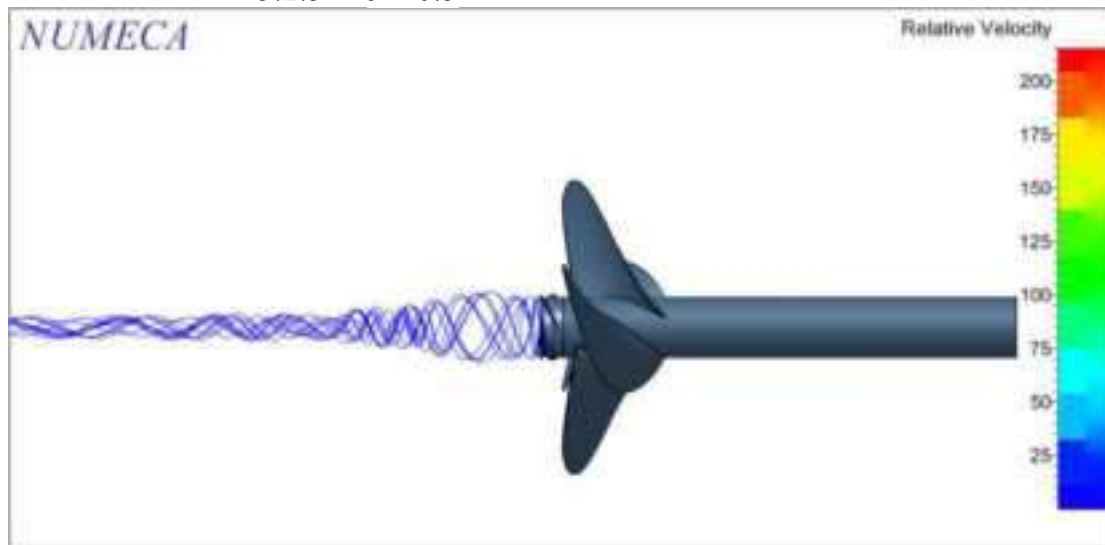
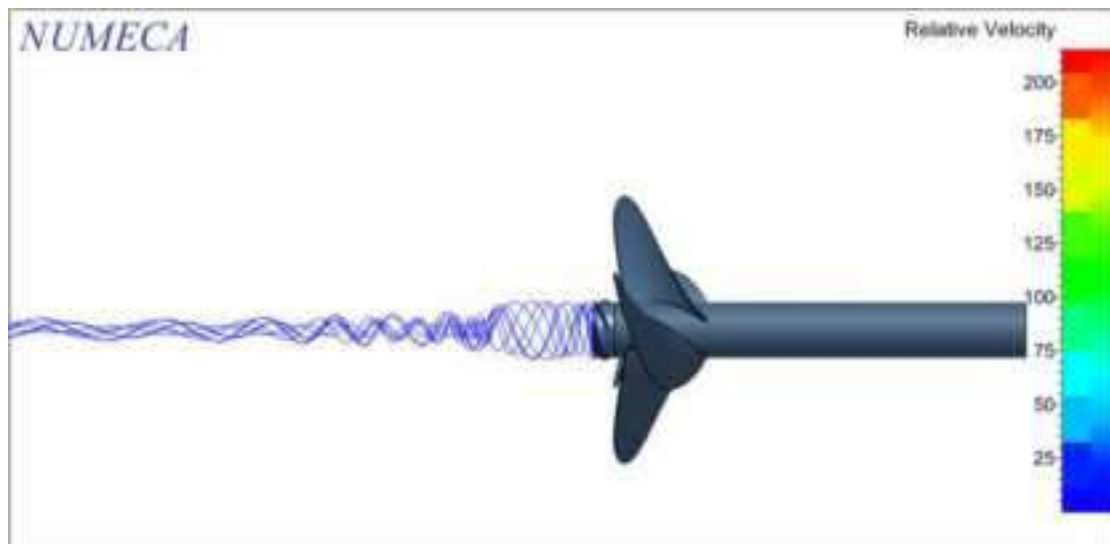
5. PBCF 70 Derajat
5.1 Side View
5.1.1 $J = 0.1$

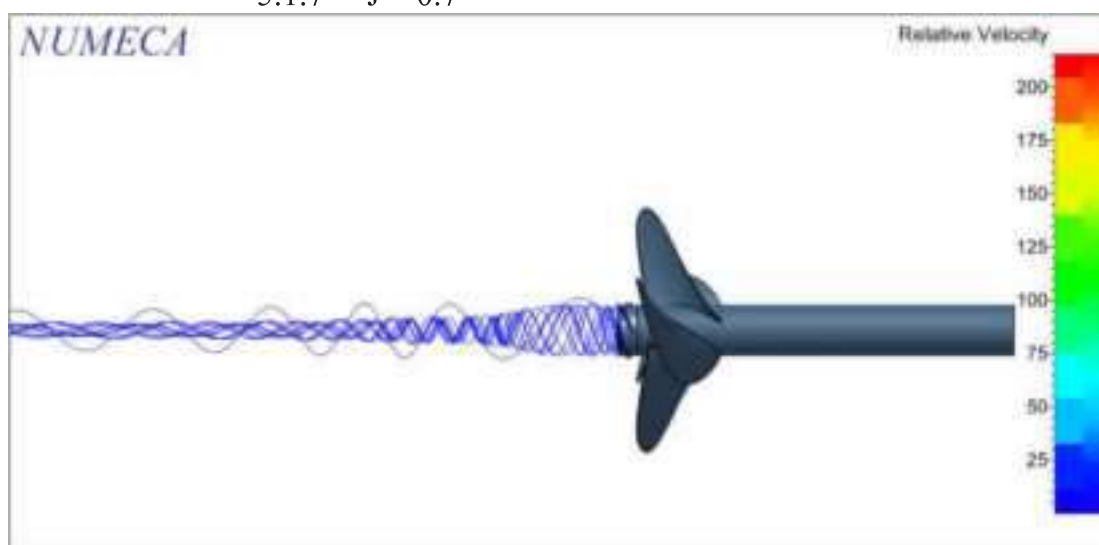
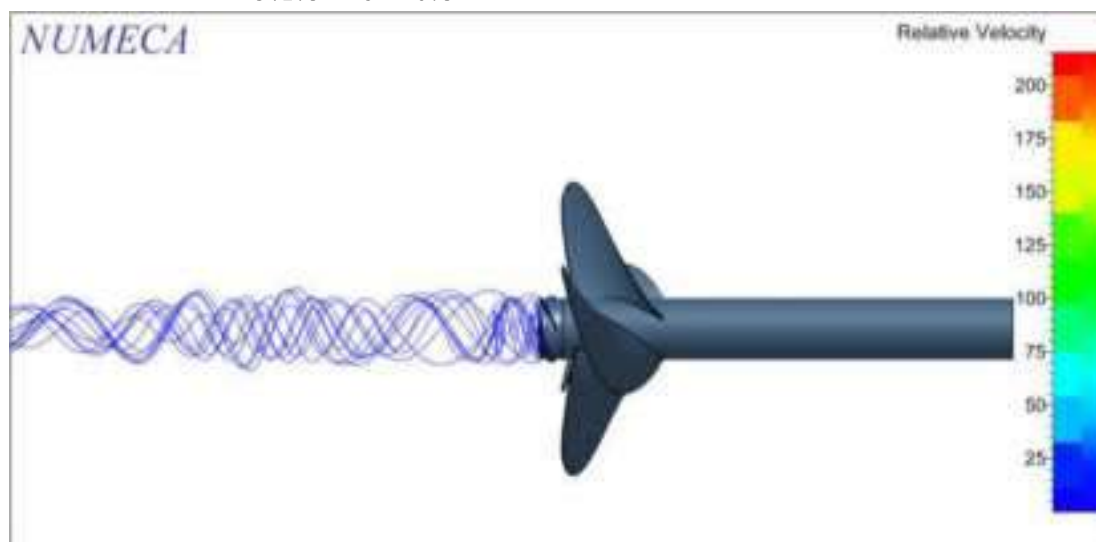


5.1.2 $J = 0.2$



5.1.3 $J = 0.3$ 5.1.4 $J = 0.4$ 

5.1.5 $J = 0.5$ 5.1.6 $J = 0.6$ 

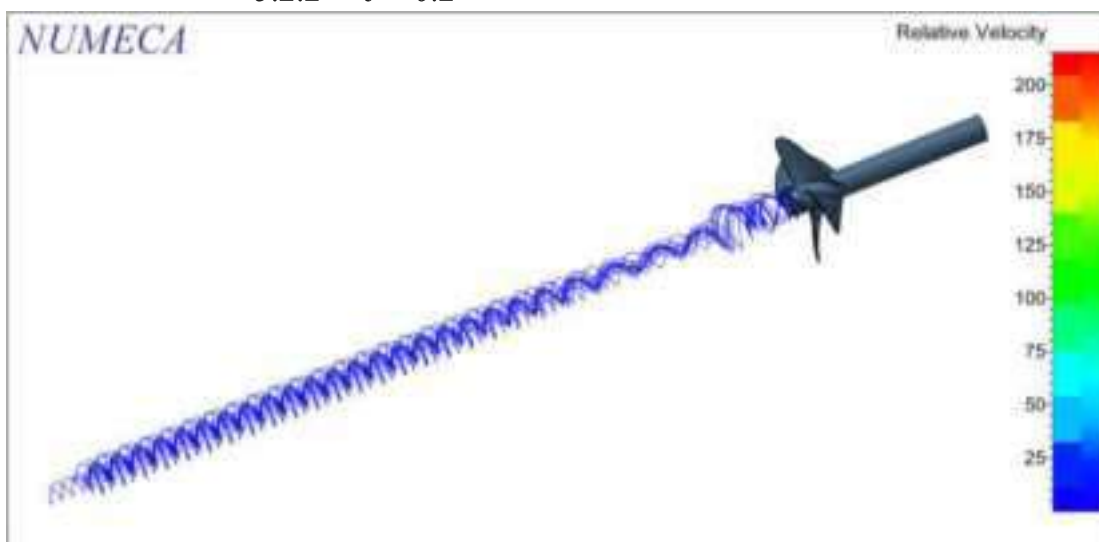
5.1.7 $J = 0.7$ 5.1.8 $J = 0.8$ 

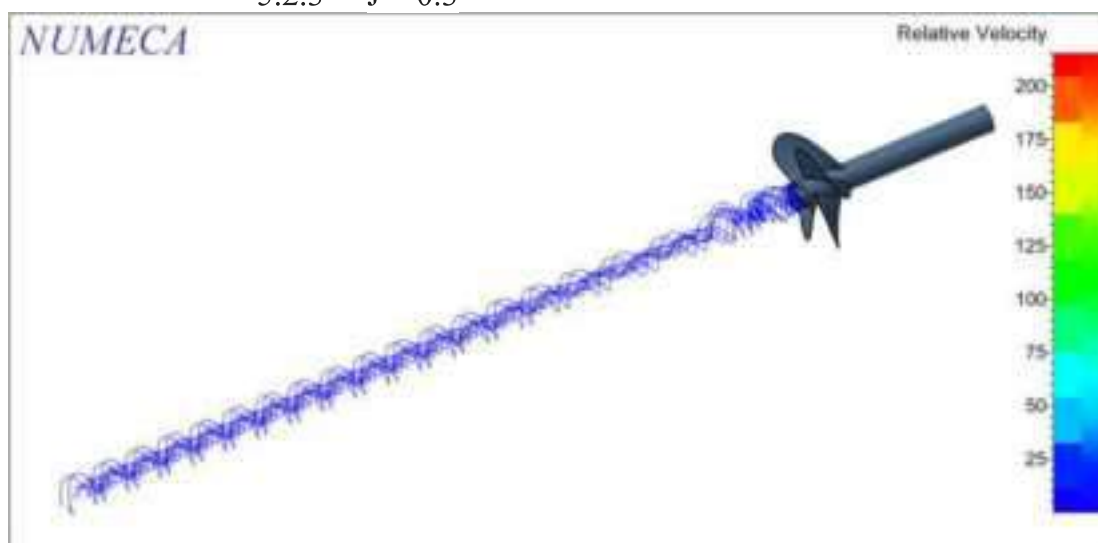
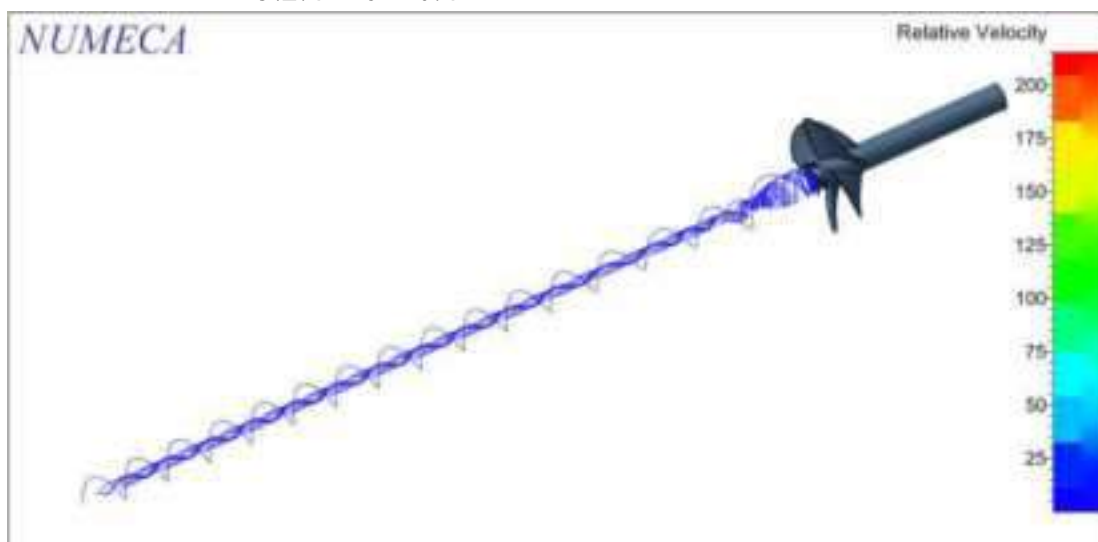
5.2 Isometric View

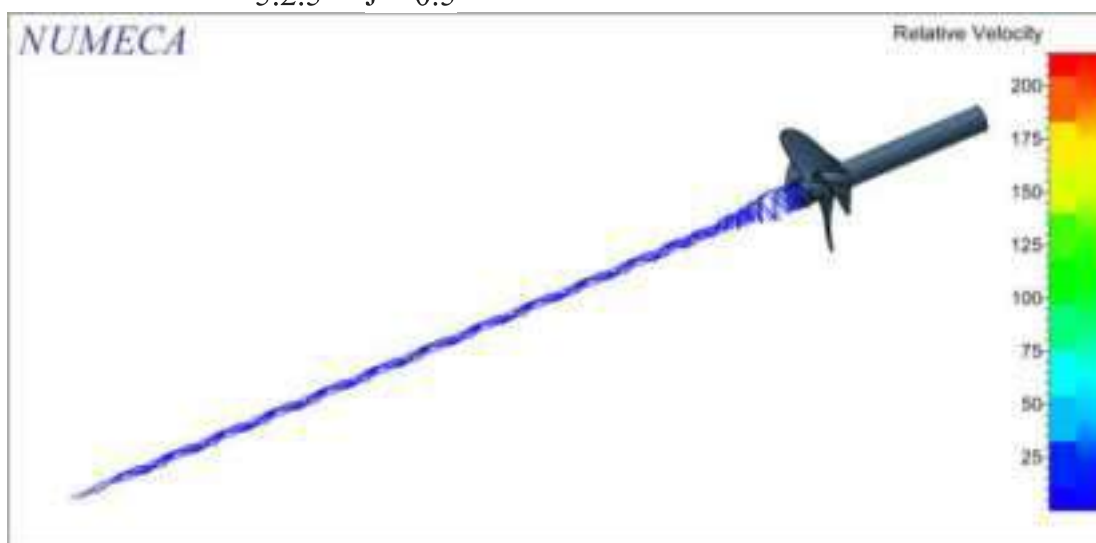
5.2.1 $J = 0.1$



5.2.2 $J = 0.2$



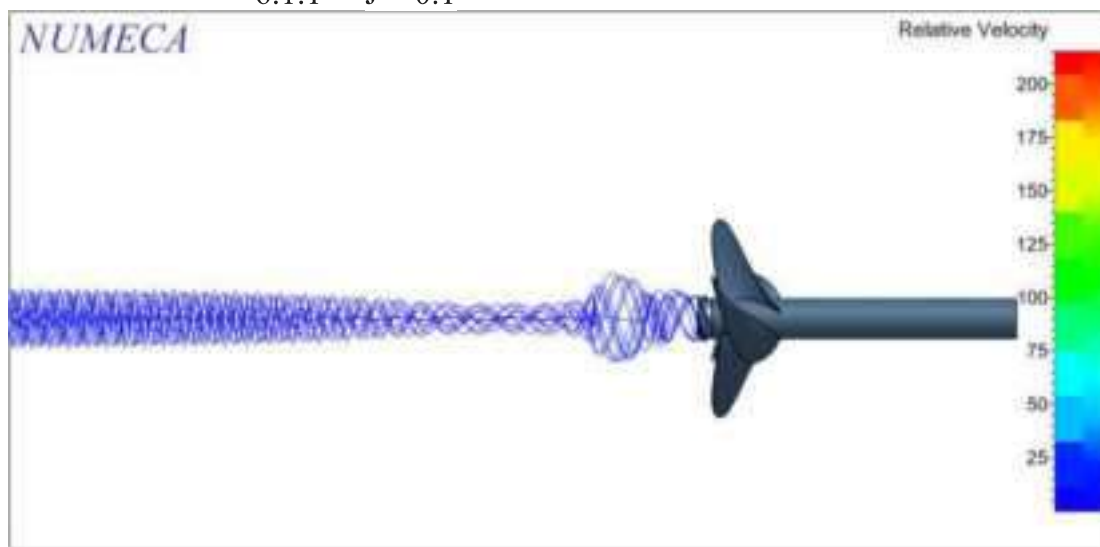
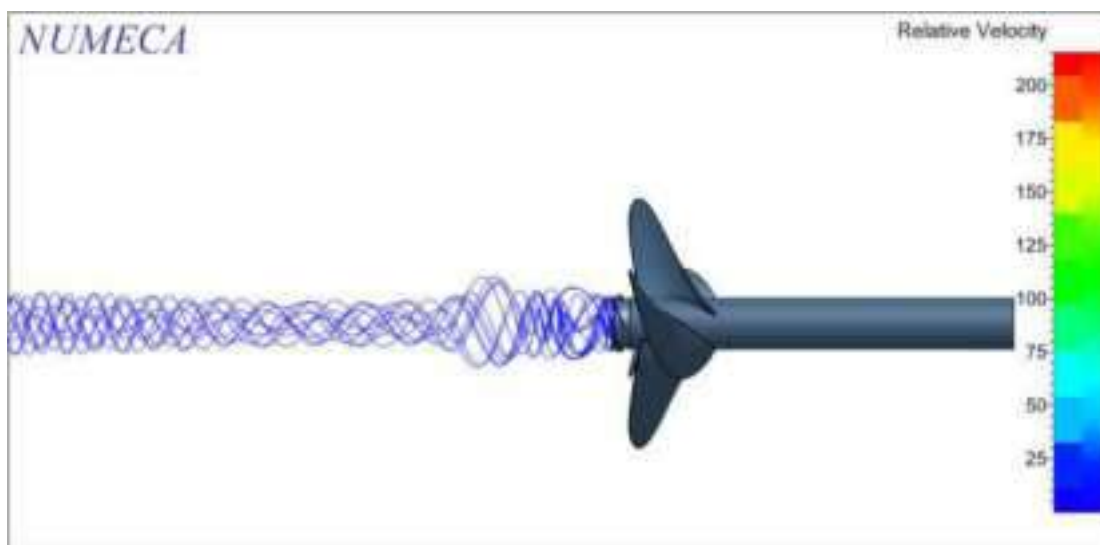
5.2.3 $J = 0.3$ 5.2.4 $J = 0.4$ 

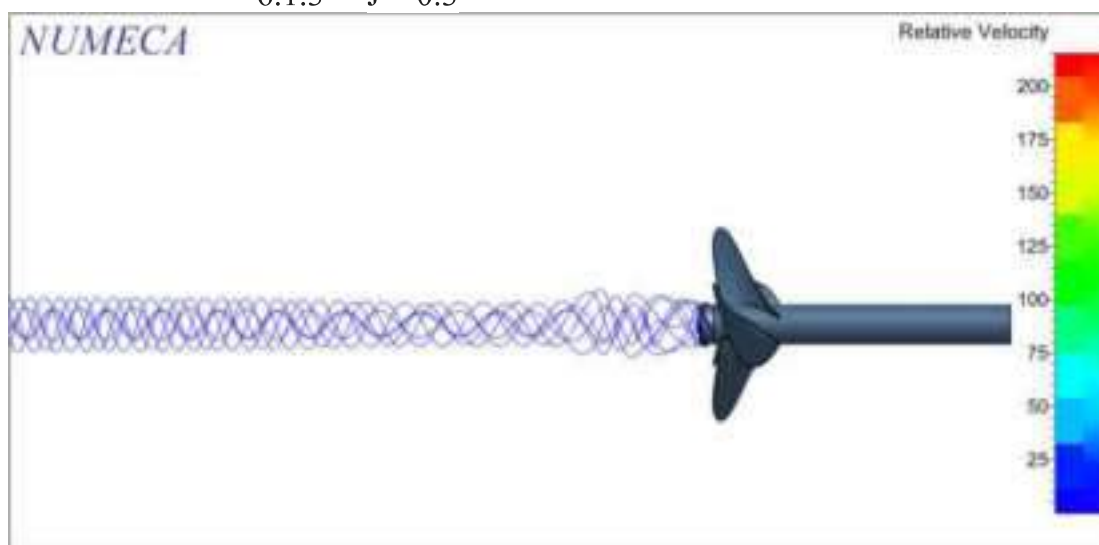
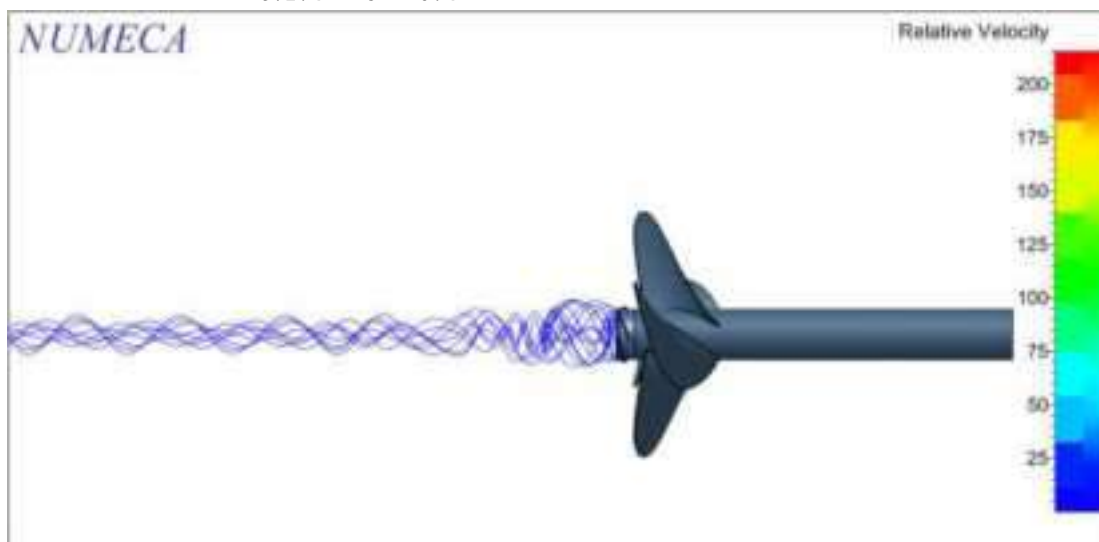
5.2.5 $J = 0.5$ 5.2.6 $J = 0.6$ 

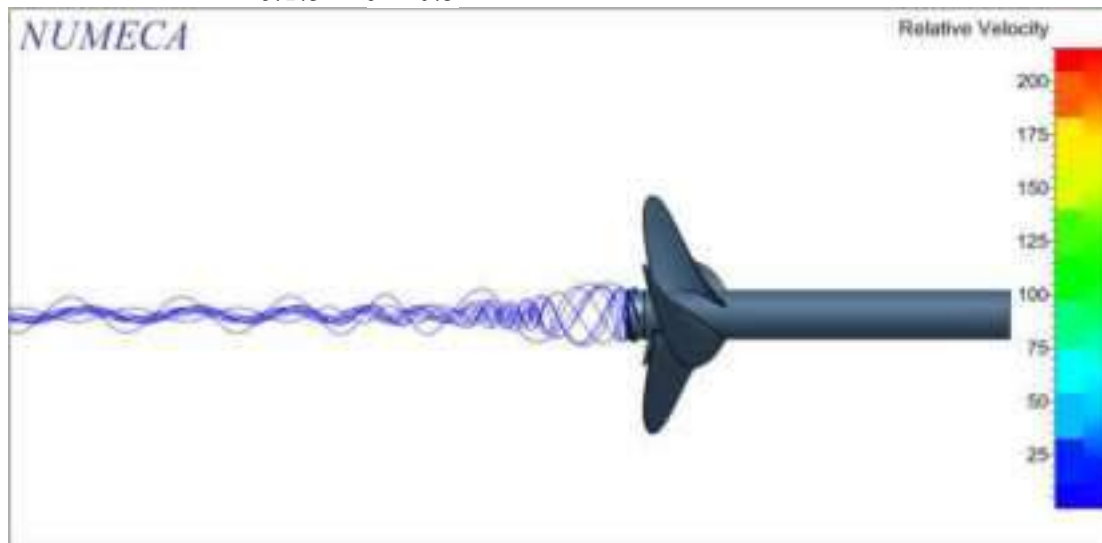
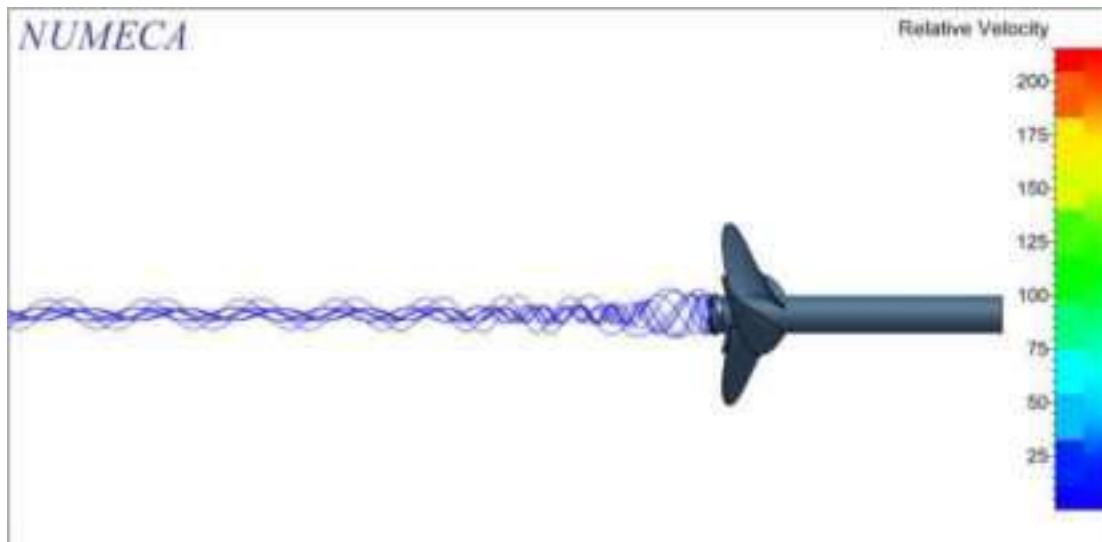
5.2.7 $J = 0.7$ 5.2.8 $J = 0.8$ 

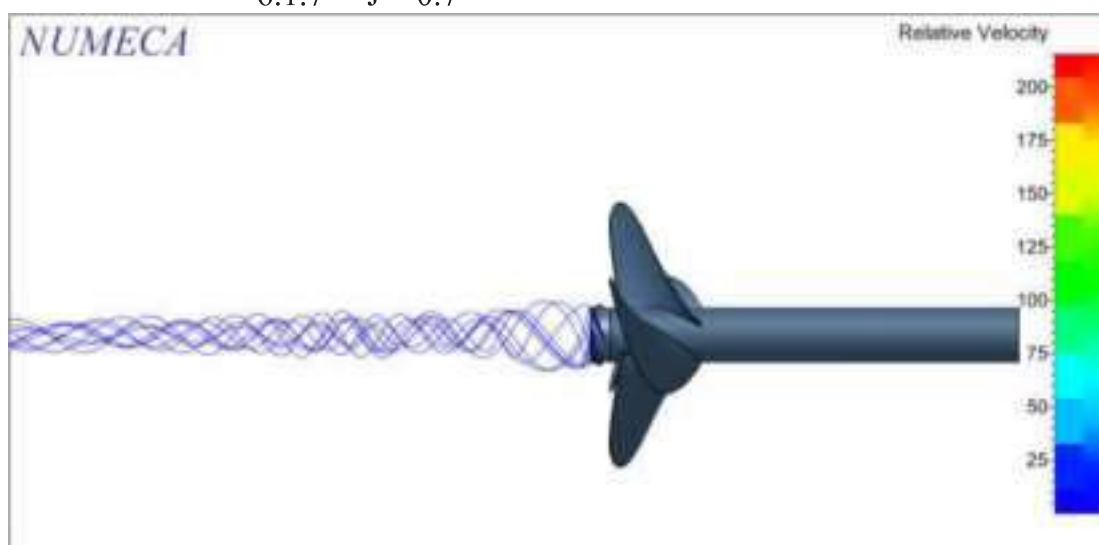
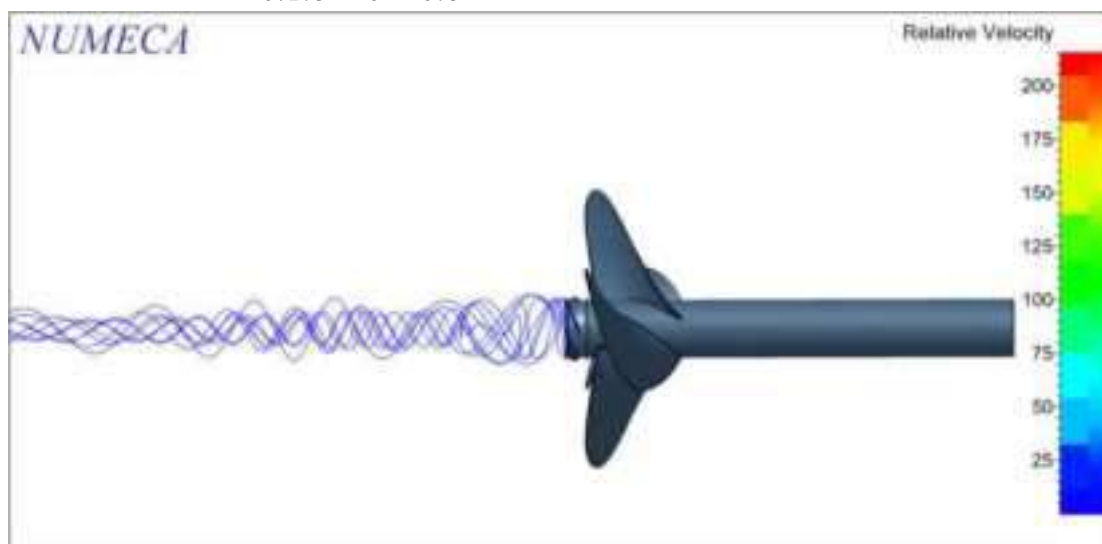
6. PBCF 75 Derajat

6.1 Side View

6.1.1 $J = 0.1$ 6.1.2 $J = 0.2$ 

6.1.3 $J = 0.3$ 6.1.4 $J = 0.4$ 

6.1.5 $J = 0.5$ 6.1.6 $J = 0.6$ 

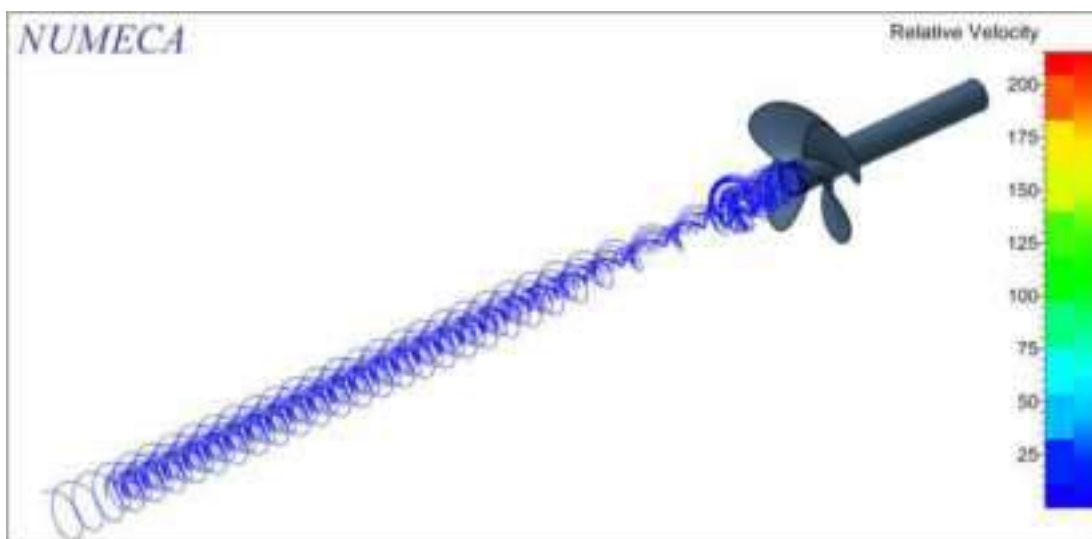
6.1.7 $J = 0.7$ 6.1.8 $J = 0.8$ 

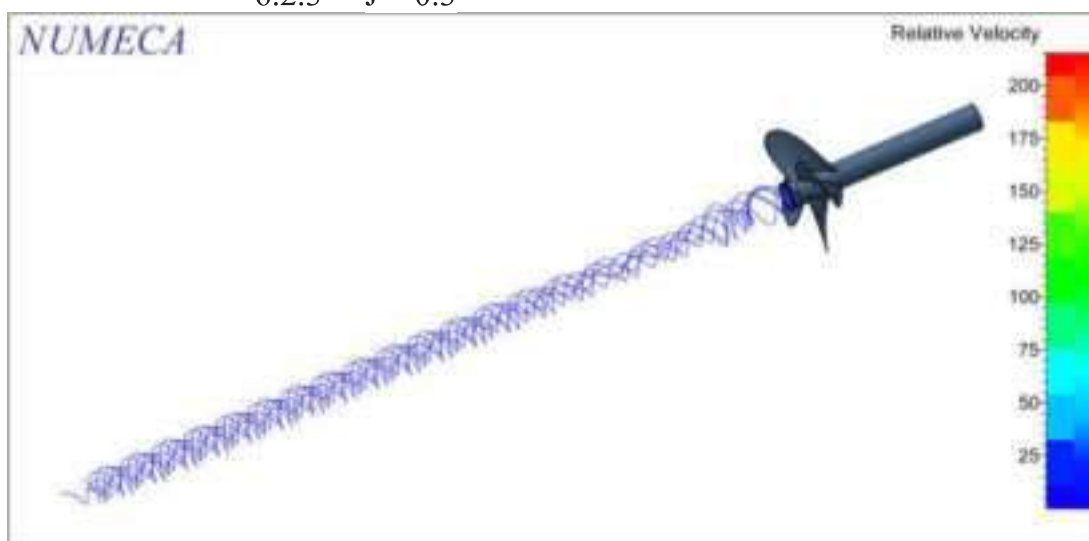
6.2 Isometric View

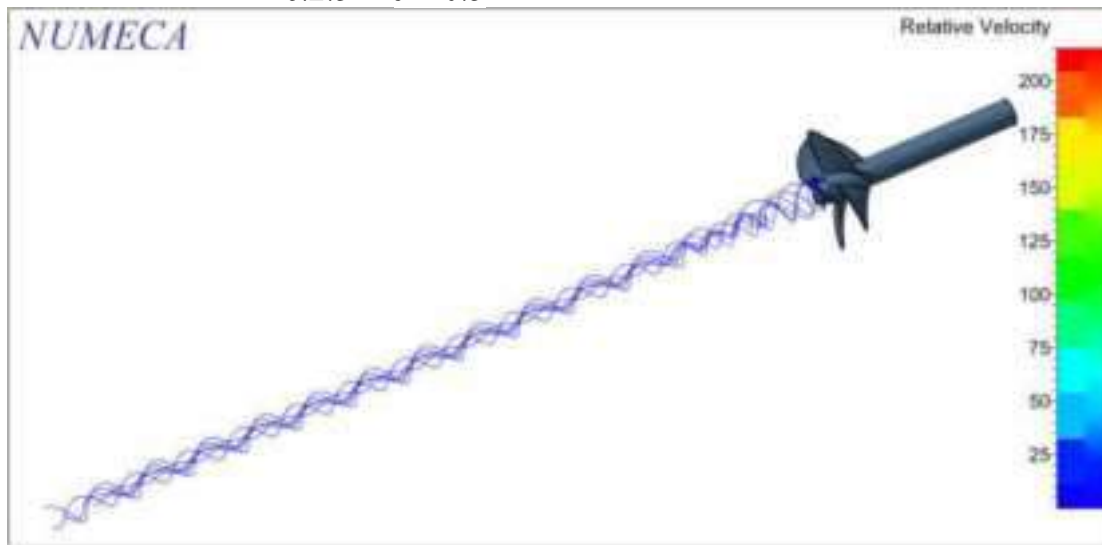
6.2.1 $J = 0.1$



6.2.2 $J = 0.2$



6.2.3 $J = 0.3$ 6.2.4 $J = 0.4$ 

6.2.5 $J = 0.5$ 6.2.6 $J = 0.6$ 

6.2.7 $J = 0.7$ 6.2.8 $J = 0.8$ 



Dear Achdri

Thank you for requesting the [marine package](#) in the free student offer. Please follow these instructions to get started.

1. Download products

- a) Go to our [Customer Area](#).
- b) Login with the credentials that have already been sent to you via email.
- c) Download
 - FINE™/Marine v7.1
 - Installation archive for the selected OS.
 - Tutorials archive.
 - Democases archive.

2. Installation

- a) Install FINE™/Marine on the machine: Fauzi-PC ([Windows/Linux](#))
- b) Ignore the message to send machine information to NUMECA during installation.
- c) Use the attached licenses in the **Administration Tool** to activate your license ([Windows/Linux](#))

The attached licenses are only valid on the machine with:

host name	Fauzi-PC
hostID	[REDACTED]
vendor defined hostID	[REDACTED]

The licensing is deactivated if the machine configuration is changed, (e.g. upgrade OS version, change network card...).

We are unable to issue a new license-file before the current one expires.

Do not hesitate to send us information about your work with NUMECA software if you would like to get featured on our website/blog. We wish you a pleasant CFD experience with this free student version!

Regards
NUMECA Academic Group

Thank you for registering

Thank you for registering your Autodesk product. The information you provide helps us serve you better in the future and helps you stay informed about Autodesk products and services.

Serial Number: [REDACTED]
Product: Autodesk Inventor Professional 2016 2016
Computer Name: DESKTOP-ROVBUBR

If you have requested an activation code through the Autodesk website, you may need to follow these additional instructions to complete your activation:

1. On your computer, copy the below activation code to your clipboard or save the Activation File (if attached).
2. Start the product for which you requested an activation code.
3. Follow the prompts to activate the product.
4. When requested, paste the activation code from your clipboard or browse to the Activation File you saved in Step 1 to complete the activation.

Activation Code:

[REDACTED]

Sincerely,
Autodesk Global Business Services

BIODATA PENULIS



Achdri Fauzi Nugraha Oloan, lahir pada 22 Januari 1995 di kabupaten Jember provinsi Jawa Timur, sebagai anak pertama dari Achmad Sigit Sugiharto dan Audrey Maully Saharani. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Integral Luqman Al Hakim Surabaya (2001 – 2006), SMP GIKI 3 Surabaya (2007 – 2009), SMA Muhammadiyah 3 Jember (2010 – 2012). Setelah menempuh pendidikan formal penulis melanjutkan pendidikan tinggi di D3 Prodi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Pada akhir masa pendidikan di PPNS, Penulis mengerjakan tugas akhir di bidang analisa dengan judul “ANALISA STABILITAS KAPAL *PONTOON* DENGAN PEMBEBANAN MODUL 3 KAPAL PKR” dibawah bimbingan Muhammad Afif Shobach, S.T. Penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Pada akhir masa pendidikan di ITS, Penulis mengerjakan tugas akhir yang berjudul “ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BOSS CAP FINS PADA PROPELLER B-SERIES DENGAN PENDEKATAN METODE CFD” dibawah bimbingan Ir. Amiadji, M.Sc dan Achmad Baidowi, S.T., M.T. Selama kuliah penulis aktif di beberapa organisasi diantaranya : HIMADEC (Himpunan Mahasiswa Desain and Construction), LIQO – ITS, IMM (Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah) Al – Mutsaqqof.sn dan Remaja Masjid Syamsul Falah.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar, berkembang dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pekerjaan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan mengenai perkapalan di Indonesia.

Data Pribadi Penulis :

Nama : Achdri Fauzi Nugraha Oloan

Alamat : Jl. Kalimantan 2 B-49 Jember

Motto : Jangan Pulang Sebelum Berhasil

Cita-cita : menjadi dosen, berguna untuk masyarakat dan negara

Telp : 089667257590

Email : fauzioji@gmail.com

