



TUGAS AKHIR – ME 141501

ANALISA PENGGUNAAN *PROPELLER BOSS CAP FINS* (PBCF) TERHADAP PENGARUH PEMBEBANAN DAYA *MAIN ENGINE* DALAM UPAYA MENDUKUNG PROGRAM *ECO SHIP* PT. PERTAMINA (PERSERO) PERKAPALAN

**SYAFRIANSYAH
NRP 4212 100 020**

**Dosen Pembimbing:
Dr. I Made Ariana, S.T., M.T.
Beni Cahyono, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT– ME 141501

**ANALYSIS OF PROPELLER BOSS CAP FINS (PBCF)
LOADING EFFECT ON MAIN ENGINE TO
SUPPORT ECO SHIP PROGRAM OF PT.
PERTAMINA (PERSERO) PERKAPALAN**

**SYAFRIANSYAH
NRP 4212 100 020**

**Supervisor :
Dr. I Made Ariana, S.T., M.T.
Beni Cahyono, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Ocean Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGGUNAAN *PROPELLER BOSS CAP FINS (PBCF)* TERHADAP PENGARUH PEMBEBANAN DAYA *MAIN ENGINE* DALAM UPAYA Mendukung PROGRAM *ECO SHIP* PT. PERTAMINA (PERSERO) PERKAPALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SYAFRIANSYAH

NRP. 42 12 100 020

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. I Made Ariana, S.T., M.Sc.

()

Beni Cahyono, S.T., M.T.

()

SURABAYA

Juli 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGGUNAAN *PROPELLER BOSS CAP FINS (PBCF)* TERHADAP PENGARUH PEMBEBANAN DAYA *MAIN ENGINE* DALAM UPAYA Mendukung PROGRAM *ECO SHIP* PT. PERTAMINA (PERSERO) PERKAPALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Power Plant (MPP)*

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SYAFRIANSYAH

NRP. 42 12 100 020

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



ANALISA PENGGUNAAN *PROPELLER BOSS CAP FINS (PBCF)* TERHADAP PENGARUH PEMBEBANAN DAYA *MAIN ENGINE* DALAM UPAYA Mendukung PROGRAM *ECO SHIP* PT. PERTAMINA (PERSERO) PERKAPALAN

Nama Mahasiswa : Syafriansyah
NRP : 42 12 100 020
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Dr. I Made Ariana, S.T., M.T.
2. Beni Cahyono, S.T., M.T.

Abstrak

Dalam dunia perkapalan propeller merupakan unsur penting sebagai salah satu penggerak dari kapal – kapal bermotor, sedangkan dalam perancangan propeller sering terjadi kasus bahwa kecepatan kapal tidak sesuai dengan kecepatan yang dirancang sebelumnya. Hal tersebut dikarenakan adanya penurunan kinerja dari propeller yang disebabkan terjadinya kavitasi diantaranya adalah *hub vortex cavitation*. Adanya kavitasi tersebut coba dihilangkan dengan *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* yang diperkenalkan pertama oleh Mitsui O.S.K. Lines, *Japan Fluid Engineering Laboratory*, dan Mikado Propeller (Nakashima Mitsuwa Propeller) dari jepang pada tahun 1987. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya percobaan pada propeller kapal MV Pagerungan dengan menggunakan analisa *Computational Fluid Dynamic (CFD)*, terdapat kenaikan efisiensi sebesar $\pm 4\%$ gaya dorong $\pm 1\%$ dan penurunan torsi kurang dari 2%, sekaligus menghilangkan efek kavitasi yang terjadi.

Kata Kunci : *CFD, Hub Vortex Cavitation, Propeller, Propeller Boss Cap Fins (PBCF)*

***ANALYSIS OF PROPELLER BOSS CAP FINS (PBCF)
LOADING EFFECT ON MAIN ENGINE TO SUPPORT
ECO SHIP PROGRAM OF PT. PERTAMINA
(PERSERO) PERKAPALAN***

Student Name : Syafriansyah
NRP : 42 12 100 020
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : 1. Dr. I Made Ariana, S.T., M.Sc.
2. Beni Cahyono, S.T., M.T.

Abstract

In the world of shipping propeller is an important element as one of the drivers of the boats - motorized vessels, while in the design of the propeller often the case that the speed of the ship is not in accordance with pre-designed speed. It is due to the decline in the performance of propeller cavitation caused them is the hub vortex cavitation. The presence of cavitation try eliminated by Propeller Boss Cap Fins (PBCF) which was first introduced in 1987 by Mitsui O.S.K. Lines, West Japan Fluid Engineering Laboratory, and Mikado Propeller (Nakashima Mitsuwa Propeller). This is evidenced by their experiments on propeller ship MV Pagerungan by using analysis of Computational Fluid Dynamics (CFD), there is an increase efficiency of $\pm 4\%$, thrust $\pm 1\%$, and decrease of torque is unless 2% , at the same time eliminate the effects of cavitation occurs.

Keyword : CFD, Hub Vortex Cavitation, Propeller, Propeller Boss Cap Fins (PBCF)

DAFTAR ISI

Halaman Judul_id	i
Halaman Judul_en	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Pengesahan	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv

Bab I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.2.1 Permasalahan	2
1.2.2 Batasan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	3

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>Propeller Boss Cap Fins</i> (PBCF)	5
2.1.1 Mekanisme Sederhana	7
2.1.2 Penggunaan Propeller Tanpa PBCF	8

2.1 Penggunaan Propeller Dengan PBCF.....	8
2.1 Desain PBCF	9
2.2 Geometri Propeller	10
2.3 Karakteristik Propeller.....	13
2.4 Teori Kavitasasi	15
2.5 <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	16

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur.....	19
3.2 Pengumpulan Data.....	19
3.3 Pemodelan	20
3.4 Simulasi	20
3.5 Kesimpulan.....	20

Bab IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum.....	23
4.2 Data Kapal dan Propulsor.....	23
4.3 Simulasi CFD	24
4.3.1 Tahap Geometri.....	24
4.3.2 Tahap Meshing.....	27
4.3.3 Tahap Set Up.....	28
4.4 Pemodelan PBCF.....	29
4.5 Model Hasil Simulasi	30
4.6 Data Hasil Simulasi	34
4.7 Perhitungan Data	36
4.8 Analisa Data	40

Bab V KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan.....	47
4.2 Saran	48

Daftar Pustaka

Lampiran

Biodata Penulis

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sirip / fins pada Boss Propeller	5
Gambar 2.2 Beberapa jenis kapal yang telah menggunakan PBCF	6
Gambar 2.3 Ilustrasi pergantian dari konvensional cap menjadi PBCF	7
Gambar 2.4 Ilustrasi propeller tanpa PBCF	8
Gambar 2.5 Ilustrasi propeller dengan PBCF.....	9
Gambar 2.6 Konfigurasi bentuk dari fins	10
Gambar 2.7 Instalasi dari fins	10
Gambar 2.8 Sudut dari fins	10
Gambar 2.9 Geometri propeller	11
Gambar 2.10 Bentuk aerofoil	13
Gambar 2.11 Diagram KT-KQ-J (<i>open water test</i>)	15
Gambar 2.12 Bagan proses CFD	17
Gambar 3.1 Flow chart pengerjaan tugas akhir.....	21
Gambar 4.1 Penggambaran propeller pada PropCad	25
Gambar 4.2 Hasil <i>ekspor</i> ke software rhinoceros.....	25
Gambar 4.3 Penentuan domain.....	27
Gambar 4.4 Propeller yang telah di <i>surface</i> dan <i>meshing</i>	28
Gambar 4.5 Alternatifdesain PBCF.....	30
Gambar 4.6 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller tanpa PBCF.....	31

Gambar 4.7 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 3 fins	32
Gambar 4.8 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 4 fins	32
Gambar 4.9 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 5 fins	33
Gambar 4.10 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 6 fins	34
Gambar 4.11 Grafik propeller tanpa PBCF	41
Gambar 4.12 Grafik propeller dengan PBCF 3 fins	42
Gambar 4.13 Grafik propeller dengan PBCF 4 fins	43
Gambar 4.14 Grafik propeller dengan PBCF 5 fins	44
Gambar 4.15 Grafik propeller dengan PBCF 6 fins	45
Gambar 4.16 Grafik perbandingan propeller dengan menggunakan PBCF dan tanpa PBCF	46

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 <i>Boundary Physics</i>	29
Tabel 4.2 Parameter desain PBCF.....	30
Tabel 4.3 Data hasil simulasi.....	34
Tabel 4.4 Propeller tanpa PBCF	41
Tabel 4.5 Propeller dengan PBCF 3 fins	42
Tabel 4.6 Propeller dengan PBCF 4 fins	43
Tabel 4.7 Propeller dengan PBCF 5 fins	44
Tabel 4.8 Propeller dengan PBCF 6 fins	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri maritim saat ini telah berkembang pesat sebagai pendukung adanya arus globalisasi sebagai sarana mobilitas pengiriman barang maupun produk pengolahan dari tempat satu ketempat yang lain melalui jalur laut. Pada perkembangannya alat penggerak kapal dari dari ditemukan layar, *padle wheel*, *jet propultion* hingga paling umum penggunaannya yakni propeller atau baling – baling yang digunakan pada kapal.

Penggunaan propeller pada kapal saat ini dianggap masih perlu adanya inovasi dalam hal desain propeller untuk mencapai *performance* propeller yang lebih tinggi dibandingkan desain propeller konvensional yang ada saat ini untuk mengurangi daya pada mesin utama kapal sehingga konsumsi bahan bakar yang digunakan dapat dikurangi.

Losses yang terjadi pada Hub Propeller yang disebut dengan *Hub Vortex Cavitation*, adanya *losses* tersebut dapat mengurangi performace dari propeller tersebut. Aliran yang menuju kebawah dari setiap daun bergabung menjadi *hub vortex* yang kuat. Sekitar 10% dari energi tersebar dan hilang karena *hub vortex* dan lain sebagainya.

Berbagai inovasi mengenai propeller kini sudah banyak bermunculan. Beberapa Inovasi propeller tersebut salah satunya adalah adanya inovasi *Popeller Boss Cap Fins* (PBCF) yang diperkenalkan pertama oleh Mitsui O.S.K. Lines, *Japan Fluid Engineering Laboratory*, dan Mikado Propeller (Nakashima Mitsuwa Propeller) dari jepang pada tahun 1987. PBCF merupakan modifikasi propeller yang diberi penambahan sirip / *fins* pada bagian cap propeller. Penambahan sirip / *fins* ini dapat memperkecil *losses* yang terjadi pada Hub Propeller yang disebut

dengan *Hub Vortex Cavitation*. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari propeller tersebut. Saat ini, *Nakashima Propeller CO.,LTD* telah melakukan penelitian dan pengembangan desain PBCF.

PT. Pertamina (Persero) saat ini sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) terbesar Republik Indonesia yang bergerak dalam industri *oil and gas* sebagai salah satu pengguna kapal di Indonesia dengan mengelola kurang lebih 50 kapal dan mengoperasikan lebih dari 180 kapal mulai dari kapal berkapasitas kecil sampai dengan VLCC dan sebagai operatornya adalah anak perusahaannya yakni PT. Pertamina (Persero) Perkapalan.

Sebagai pemegang peranan penting di industri maritim, PT. Pertamina (Persero) Perkapalan harus terus mengikuti perkembangan teknologi yang ada sehubungan dengan peningkatan efisiensi. Salah satu program Pertamina saat ini yang dilakukan adalah program *eco ship* PT. Pertamina (Persero) Perkapalan. Teknologi PBCF yang ditawarkan dapat dijadikan salah satu teknologi yang mendukung program *eco ship* PT. Pertamina (Persero) Perkapalan untuk dikaji lebih lanjut dan dipertimbangkan penerapannya.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan

Adanya *losses* yang terjadi pada hub propeller dapat mengurangi dari efisiensi propeller inovasi propeller sampai saat ini yang sering diterapkan pada kapal – kapal Indonesia diantaranya *Ducted Propeller* dan *Contra Rotating Propeller*, sedangkan pada saat ini penggunaan di luar negeri *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) sudah diterapkan dibanyak kapal. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan dan penelitian

terhadap PBCF untuk nantinya dapat di aplikasikan pada kapal – kapal yang ada di Indonesia.

Berdasarkan uraian diatas didapatkan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana *hub vortex cavitation* dapat terjadi ?
2. Seberapa besar pengaruh penggunaan PBCF terhadap adanya *hub vortex cavitation* ?
3. Bagaimana perbandingan antara besarnya efisiensi penggunaan propeller dengan PBCF dan propeller tanpa PBCF terhadap pembebanan daya pada *main engine* ?

1.2.2 Batasan Masalah

1. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan software *ANSYS Computing Fluid Dynamics (CFD)*
2. Tidak mengkaji pemilihan jenis material yang digunakan untuk PBCF

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan Penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui adanya *hub vortex cavitation* yang terjadi pada kondisi propeller tertentu
2. Menganalisa pengaruh PBCF terhadap adanya *hub vortex cavitation*
3. Menganalisa pengaruh penggunaan *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* terhadap pembebanan daya pada mesin utama kapal

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

Dengan menganalisa pengaruh penggunaan *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) pada propeller selanjutnya akan diketahui seberapa besar efisiensi yang akan didapatkan dengan penggunaan PBCF dan kemudian akan menjadi bahan pertimbangan untuk penggunaannya pada kapal - kapal PT. Pertamina (Persero) Perkapalan dalam upaya mendukung program *eco ship*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)*

Propeller Boss Cap Fins (PBCF) merupakan modifikasi propeller yang diberi penambahan sirip / *fin* pada bagian cap propeller seperti pada gambar 2.1. Penambahan sirip / *fin* ini dapat memperkecil *losses* yang terjadi pada Hub Propeller yang disebut dengan *Hub Vortex Cavitation*. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari propeller tersebut ^[1].



Gambar 2.1 Sirip / fins pada Boss Propeller

Sumber : <http://www.pbcf.jp/english/characteristics/index.html>

Propeller Boss Cap Fins sudah dikembangkan sejak tahun 1987 dan sudah diterapkan pada lebih dari 2900 kapal didunia ^[1]. *Propeller Boss Cap Fins* propeller dapat diterapkan pada beberapa jenis kapal seperti gambar 2.2 dibawah ini,



Gambar 2.2 Beberapa jenis kapal yang telah menggunakan PBCF

Sumber : <http://www.pbcf.jp/english/technology/index.html>

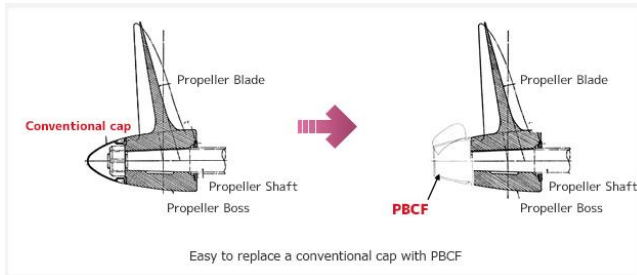
Mekanisme sederhana dari PBCF adalah seperti *hub* pada biasanya, namun dengan menambahkan *fins* yang membuat pusaran yang tidak satu frekuensi pada hub tersebut sehingga diharapkan mampu meniadakan *hub vortex*.

PBCF yang dirancang memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah :

1. Meningkatkan efisiensi propeller.
2. Konstruksi sederhana dan mudah dalam pemasangan.

PBCF yang memiliki bentuk sederhana memiliki konstruksi yang sederhana dan mudah dalam pemasangan dapat diterapkan pada kapal-kapal baru maupun kapal yang sedang beroperasi. Memiliki konstruksi *blade* yang tetap, tidak memerlukan banyak modifikasi serta tidak ada pengerjaan pengelasan. Memiliki desain yang optimal dikarenakan disesuaikan dengan jenis setiap propeller. Gambar 2.3 menunjukkan mudahnya pergantian dari *Conventional Cap* menjadi PBCF

Propeller Boss Cap Fins dapat dipasang baik pada *fixed pitch propeller* maupun *controllable pitch propeller*.



Gambar 2.3 Ilustrasi pergantian dari konvensional cap menjadi PBCF

Sumber : <http://www.pbcf.jp/english/characteristics/index.html>

3. Mudah dalam perawatan.

Penerapan *Propeller Boss Cap Fins* yang sederhana, mempermudah dalam perawatan dan memiliki waktu operasi yang cukup lama sehingga dapat meminimalisir biaya operasional.

4. Investasi yang cukup rendah.

5. Tidak memerlukan persetujuan klasifikasi.

Dikarenakan sebagian besar badan klasifikasi tidak mencantumkan peraturan terkait *Propeller Boss Cap Fins*. Sehingga ketika kapal *docking* tidak perlu melakukan inspeksi pada *Propeller Boss Cap Fins*.^[5]

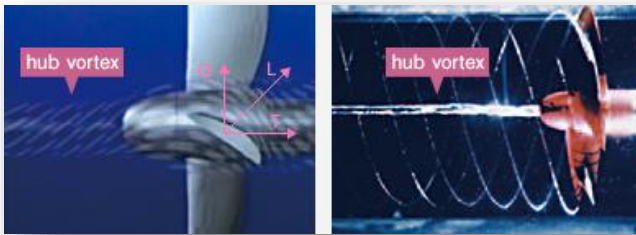
2.1.1 Mekanisme Sederhana

Ketika *conventional boss cap* digunakan, pada umumnya terjadi *vortex* yang kuat yang di sebut “*hub vortex*” sehingga mengurangi efisiensi propeller. Dan ketika *Propeller Boss Cap Fins* di pasang pada *boss propeller*, *hub vortex* akan akan menghilang sehubungan dengan aliran yang menuju kebawah setelah melewati *blade* maka dari itu aliran itu akan ditutup oleh *cap fins*. Maka hasilnya *Propeller Boss Cap Fins* akan meningkatkan gaya dorong dan mengurangi torsi poros, serta meningkatkan efisiensi propeller.^[3]

Perbedaan laju aliran antara permukaan atas dan permukaan bawah daun propeller menghasilkan aliran kebawah yang signifikan dari *trailing edge* daun propeller. Aliran yang menuju kebawah dari setiap daun bergabung menjadi hub vortex yang kuat. Pada akhirnya energi dari propeller akan menurun.^[2]

2.1.2 Penggunaan Propeller Tanpa PBCF

Perbedaan laju aliran antara permukaan atas dan permukaan bawah daun propeller menghasilkan aliran kebawah yang signifikan dari *trailing edge of the blade*. Aliran yang menuju kebawah dari setiap daun bergabung menjadi hub vortex yang kuat seperti pada ilustrasi gambar 2.4. Sekitar 10% dari energi tersebar dan hilang karena hub vortex dan lain sebagainya

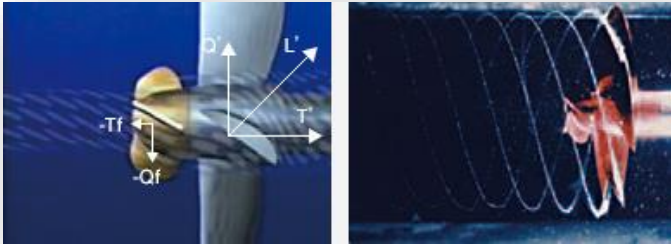


Gambar 2.4 Ilustrasi propeller tanpa PBCF

Sumber : <http://www.pbcf.jp/english/technology/index.html>

2.1.3 Penggunaan Propeller Dengan PBCF

Laju aliran yang kuat dari trailing edge daun propeller akan diubah oleh *Propeller Boss Cap Fins* untuk mengurangi komponen yang berputar, Gambar 2.5 menunjukkan dengan adanya PBCF hub vortex yang terjadi pada aliran bawah propeller akan hilang dan *fins* tersebut akan menghasilkan gaya untuk mengurangi torsi pada poros propeller sekitar 2% - 7%. Dan gaya dorong akan meningkat lebih dari 1%.^[2]



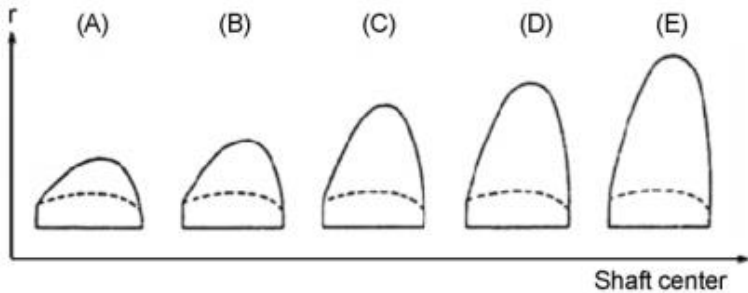
Gambar 2.5 Ilustrasi propeller dengan PBCF

Sumber : <http://www.pbcf.jp/english/technology/index.html>

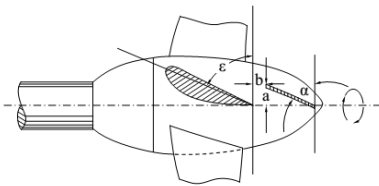
2.1.4 Desain PBCF

Ouchi et al. (1988) menganalisis efek dari parameter desain PBCF dengan open water efisiensi dari uji eksperimental dan analisis CFD. Ouchi et al. (1988) menyarankan 6 parameter desain PBCF sebagai berikut:

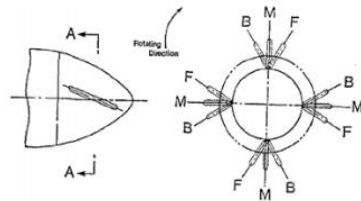
- (1) rasio Radius PBCF ke propeller (r / R).
- (2) Jumlah fins.
- (3) Bentuk fins (Lihat Gambar. 2.6).
- (4) Posisi pemasangan bos untuk cap leading edge fins (a , b) (Lihat Gambar. 2.7).
- (5) Pemasangan fins (α) (Lihat Gambar. 2.7).
- (6) Kemiringan fins (Lihat Gambar. 2.8).^[7]



Gambar 2.6 Konfigurasi bentuk dari fins



Gambar 2.7 Instalasi dari fins

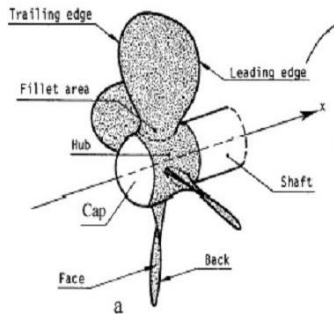


Gambar 2.8 Sudut dari fins

Sumber : Ouchi et all, 1988

2.2 Geometri Propeller

Propeller atau baling – baling merupakan salah satu alat penggerak kapal yang mempunyai daun lebih dari satu (2 – 7 buah) yang menjorok dari *hub* atau boss. *Hub* ini biasanya dipasang pada poros yang digunakan oleh mesin penggerak kapal. Daun propeller tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub (*permanent pitch*) atau dapat dilepas dan dipasang kembali pada hub (*controlable pitch*). Adapun contoh dari bentuk propeller tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Geometri propeller

Sumber :

<https://sangrajalaut.files.wordpress.com/2012/05/momentum-propeller-2.jpg>

Dari gambar 2.9 diatas dapat dilihat bahwa contoh merupakan propeller dengan jumlah daun 4 dan arah putaran searah putaran jarum jam. Penjelasan dari tiap bagian propeller sebagai berikut :

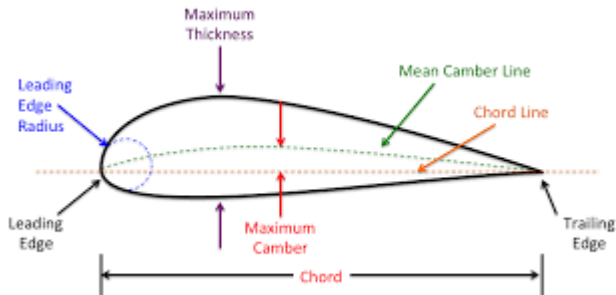
- *Face blade* (muka daun) merupakan permukaan daun kalau dilihat dari arah buritan ke haluan kapal. Permukaan ini pada waktu propeller bekerja mempunyai tekanan tinggi.
- *Back blade* (punggung daun) merupakan permukaan sebelah belakang atau balik dari muka daun baling – baling dan bagian ini mempunyai tekanan rendah pada saat propeller bekerja.
- *Leading edge* (ujung depan) merupakan tepi daun propeller bagian depan dimana aliran fluida menyentuh daun pertama kali.
- *Trailing edge* (ujung belakang) merupakan tepi daun baling – baling dibelakang yang juga merupakan ekor dari daun propeller saat berputar.

- *Direction of rotation* (arah putaran) merupakan arah putaran propeller yang bekerja dan mengakibatkan kapal bergerak kedepan.
- Tip (ujung atas) yang merupakan posisi dimana bagian daun leading edge dan trailing edge bertemu
- *Hub* (boss) merupakan tempat melekatnya daun propeller dan shaft.
- *Shaft* (poros) merupakan bagian yang menghubungkan propeller ke mesin penggerak.

Bentuk potongan daun propeller tersebut menghasilkan gaya angkat (*lift*) hal ini diakibatkan oleh bentuk daun propeller yang merupakan bentuk aerofoil dimana bagian sisi yang bertemu dengan aliran fluida terlebih dahulu adalah *leading edge*, dan *leading edge* ini membentuk radius sedangkan *trailing edge* biasanya runcing. *Leading edge* dan *trailing edge* dapat juga disebut *nose* dan *tail* (hidung dan ekor). Adapun penjelasannya tiap - tiap bagian dari aerofoil adalah sebagai berikut :

- *Thickness* (ketebalan) merupakan tebal maksimum dari aerofoil.
- *Nose* dan *tail* (hidung dan ekor) merupakan bagian yang sama dengan leading edge dan trailing edge, hanya penamaan saja.
- *Chord length* (panjang chord) merupakan panjang dari aerofoil, mulai dari nose sampai ke bagian tail.
- *Camber line* (garis camber) merupakan garis yang melalui pertengahan dari profil daun dan tebal maksimum antara garis chord dan garis camber disebut tebal camber.
- *Suction side* merupakan sisi tekanan tinggi dari aerofoil
- *Pressure side* merupakan sisi tekanan tinggi dari aerofoil yang disebabkan oleh aliran fluida.

Untuk lebih jelas pengertian bagian – bagian dari aerofoil diatas dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut ini :



Gambar 2.10 Bentuk aerofoil

Chord length terletak pada sumbu x dimana pengukurannya dimulai dari nose sampai tail, sedangkan sumbu y adalah tegak lurus terhadap chord. Sudut antara sumbu x (garis *nose – tail*) dengan arah aliran fluida yang belum terganggu disebut *angle of attack* (sudut serang α). Sudut serang (α) dikatakan positif bila arah aliran fluida tersebut menyebabkan tekanan bagian punggung adalah lebih kecil daripada bagian muka.^[5]

2.3 Karakteristik Propeller

Karakteristik beban propeller dapat ditampilkan dengan grafik oleh beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Diagram memberikan Torque dan Gaya dorong sebagai fungsi kecepatan. Karakteristik propeller terdiri dari *thrust coefficient* (K_T), *torque coefficient* (K_Q), dan *advance coefficient* (J).

$$\frac{T}{\rho n^2 D^4} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{torque coefficient} \quad K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{advance coefficient} \quad J = \frac{V_a}{nD} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

ρ = massa jenis fluida (*Fluid Density*)

- D = diameter propeller
 n = putaran propeller
 Va = advanced speed
 T = gaya dorong propeler
 Q = torque propeler

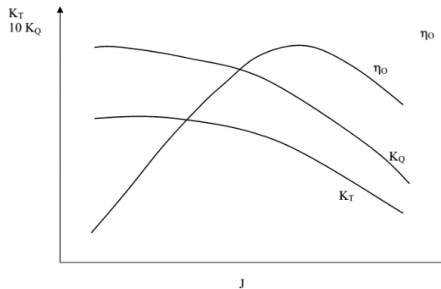
Pada open water untuk nilai efisiensi propeller diberikan rumus:

$$\eta_o = \frac{TV_a}{2\pi nQ} \dots\dots\dots(4)$$

$$\eta_o = \frac{K_T}{K_Q} \frac{J}{2\pi} \dots\dots\dots(5)$$

Definisi dari beban pada analisa struktur pada daun propeler diidealisasikan dengan distribusi tekanan dan gaya. Pemodelan awal yang sederhana mengenai gaya yang bekerja adalah tiga gaya dasar yaitu gaya dorong, torsi dan sentrifuga;. Gaya-gaya yang bekerja pada daun propeler Propeller gaya dorong dan torque terbentuk dari gaya angkat (*lift*) dan drag pada foil propeller pada posisi radial

Secara umum karakteristik dari baling-baling kapal pada kondisi open water test adalah seperti yang direpresentasikan pada Diagram KT– KQ – J (lihat Gambar 2.11). Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal, memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat di-*generalised* untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling.^[6]



Gambar 2.11 Diagram KT-KQ-J (*open water test*)

2.4 Teori Kavitasi

Kavitasi adalah gejala alam yang merupakan fenomena perubahan dari aliran fluida yang ditandai dengan timbulnya gelembung - gelembung udara bertekanan tinggi pada bidang yang mempunyai tekanan mendekati titik uap jenuh air. Hal ini menyebabkan aliran fluida menjadi berubah/terganggu, sehingga akan menurunkan tekanan disekitar bidang/foil tersebut. Karena proses kavitasi ini merugikan maka dalam perencanaan pembuatan baling – baling rakayasa untuk meminimalkan kavitasi merupakan langkah wajib guna memperoleh hasil yang memuaskan.

Dalam menjelaskan suatu bentuk kavitasi selalu diikuti dengan keterangan mengenai baik letak, ukuran, struktur, dinamika kavitasi maupun dinamika aliran yang diacu secara benar. Tetapi dari sekian banyak keterangan yang menyebutkan hal –hal diatas, tidak ada standar nyata yang dapat dipakai untuk menjelaskan kavitasi.

Krapp mengklasifikasikan jenis – jenis kavitasi sebagai berikut :

- Kavitasi berjalan (*travelling cavitation*) adalah kavitasi yang terdiri atas gelembung – gelembung yang bergerak pada aliran bebas.
- Kavitasi tetap (*fixed cavitation*) bersifat stabil dan menempel pada bagian baling – baling serta dapat menyebabkan erosi.
- Kavitasi kisaran (*vortex cavitation*) merupakan kavitasi yang terbentuk dari aliran guna mengimbangi gaya sentrifugal yang terjadi.
- Kavitasi getaran (*vibratory cavitation*) merupakan kavitasi yang disebabkan oleh tekanan gelembung air laut akibat dari getaran baling – baling dalam arah tegak lurus terhadap sisi muka daun.

Dari beberapa jenis kavitasi diatas, tipe kavitasi tetap dan kavitasi kisaran yang paling sering terjadi pada baling – baling. Kavitasi juga dapat dibedakan dari bentuk fisiknya, yaiku :

- Kavitasi lembaran (*sheet cavitation*)
- Kavitasi gelembung (*buble cavitation*)
- Kavitasi awan (*cloud cavitation*)
- Kavitasi kisaran (*vortex cavitation*)
- *Tip vortex cavitation*
- *Hub vortex cavitation*

Kavitasi lembaran mempunyai bentuk lembaran yang menyebar dari arah dalam leading edge ke trailing edge dan kavitasi ini terjadi dari sisi hisap pada sudut serang positif. Sifat dari kavitasi ini stabil kecuali dalam kondisi wake

Kavitasi gelembung ditandai dengan timbulnya gelembung yang agak besar dan berkembang secara cepat. Pada medchord biasanya kavitasi ini muncul

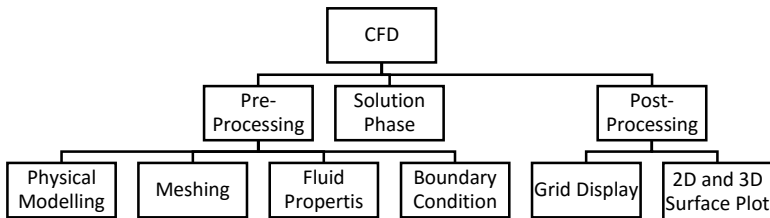
Kavitasi awan yang dari namanya dapat diketahui sebagai kabut atau awan, biasanya kavitasi ini mengikuti kavitasi lembaran dan berupa gelembung – gelembung kecil.

Kavitasi kisaran (*vortex cavitation*) mempunyai dua bentuk kavitasi, yaitu kavitasi hub vortex yang terjadi pada daerah hub dan bentuknya seperti tali yang dipilin sebagai akibat kondisi baling – baling pada beban tinggi, dan yang kedua adalah tip vortex yang muncul dibelakang tip daun baling baling dan penyebabnya sama dengan kavitasi hub vortex.^[5]

2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah sebagai suatu cara yang digunakan untuk memprediksi fenomena fluida seperti aliran, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena fluida yang berhubungan dengan persamaan matematika. ^[8] Bagan cara

kerja CFD Secara umum langkah-langkah dalam menganalisa menggunakan *Finite Element Methode* ada tiga yaitu *Preprocessing*, *Solution Phase* dan *Post processing* seperti pada Gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.12 Bagan proses CFD

1. Pre-processing : Define the problem

Pre-processing adalah langkah dimana menentukan kondisi dan model yang akan dianalisa, pada tahap ini ditentukan dimensi model, material, fluid properties, dan boundary condition.

2. Solution Phase : assingning loads and solving

Pada tahap ini model yang sudah di creat akan dikenai beban dan akan dianalisa menggunakan Finite Element dari software CFD.

3. Post processing

Post-processing adalah melakukan perhitungan sekunder berdasarkan nila-nilai variable dasar (kecepatan-kecepatan, tekanan dan temperatur) seperti koefisien gesek, fluks panas, gaya-gaya aerodinamika dll.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi merupakan uraian mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan. Uraian berikut mengacu pada bagan 3.1 Bagan Metodologi. Berikut adalah uraian langkah-langkah metodologi :

3.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang apa yang sudah dikerjakan orang lain dan bagaimana orang mengerjakannya, kemudian seberapa berbeda penelitian yang akan dilakukan.

Metode yang dapat dilakukan untuk melakukan Studi Literatur, seperti mengupas (*criticize*), membandingkan (*compare*), meringkas (*summarize*), dan mengumpulkan (*synthesize*) suatu literature. Selain itu mempelajari beberapa hal yakni software *Computating Fluid Dynamics (CFD)* dan beberapa materi yang berhubungan dengan Tugas Akhir (TA) yang dikerjakan yakni *Ducted Propeller* dan *Contra Rotating Propeller*.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung pengerjaan TA yang dilakukan, data yang dibutuhkan adalah data kapal dan propeller yang bisa didapatkan dari PT. PERTAMINA Perkapalan (Persero).

3.3 Pemodelan

Setelah mendapatkan data yang diperlukan untuk pemodelan, langkah selanjutnya yaitu pemodelan, pemodelan dilakukan menggunakan bantuan software *ANSYS CFX 13.0*. Model yang akan dibuat adalah model propeller menggunakan *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) dengan propeller tanpa menggunakan PBCF dengan menggunakan variasi jumlah dari fins. Dalam pemodelan akan dilakukan analisa pengaruh desain PBCF terhadap desain propeller.

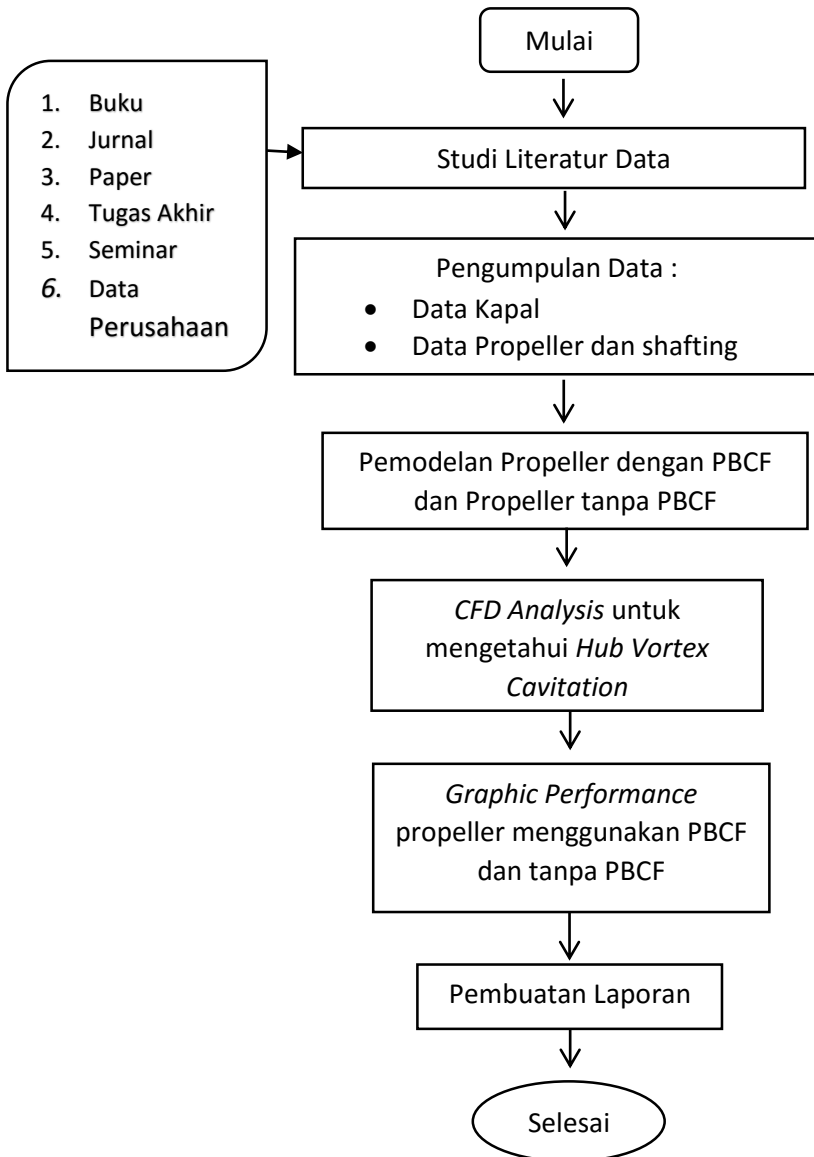
3.4 Simulasi

Setelah modelling selesai, selanjutnya masuk ke proses analisa, pada propeller yang tanpa menggunakan PBCF pada jenis propeller tertentu akan muncul *Hub Vortex Cavitation* pada bagian belakang dari propeller. Dengan munculnya *Hub Vortex Cavitation* tersebut akan dilakukan modeling propeller yang kedua dengan penambahan PBCF pada propeller. Simulasi juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh PBCF pada propeller.

3.5 Kesimpulan

Penarikan kesimpulan didapatkan setelah propeller dilakukan simulasi dengan penambahan PBCF apakah dapat menghilangkan *Hub Vortex Cavitation* dan peningkatan efisiensi propeller. Kesimpulan tersebut akan didapatkan dari *graphics performance* dari CFD.

Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Flow chart pengerjaan tugas akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai tahap analisa data dengan dilakukan proses pemodelan propeller sesuai data yang telah didapatkan dan pemodelan *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF), langkah berikutnya adalah dilakukan simulasi dengan menggunakan CFD. Dari hasil simulasi ini akan didapatkan nilai gaya pada propeller sehingga dapat dilakukan perbandingan efisiensi pada propeller yang menggunakan PBCF dengan tidak menggunakan PBCF.

Dari hasil simulasi akan didapatkan kesimpulan mengenai penelitian tugas akhir ini dengan berpedoman pada latar belakang permasalahan, batasan masalah, dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini.

4.2 Data Kapal dan Propulsor

Berikut ini merupakan data kapal tanker yang didapatkan dari PT. PERTAMINA (Persero) Perkapalan sebagai acuan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini

Data Utama Kapal :

Jenis Kapal	:	Oil Tanker	
Nama kapal	:	MV Pagerungan	
Lenght (LPP)	:	151,58	m
Breath (B)	:	27,70	m
Height (H)	:	12	m
Draft (T)	:	7	m

Spesifikasi Propeller :

Tipe	:	FPP B-Series	
Diameter	:	4,300	m

Pitch	: 2,739	m
P/D	: 0,636	
Material	: CU3	
Ae/Ao	: 0,51	
Jumlah Daun	: 4	
Berat	: 5865	kg

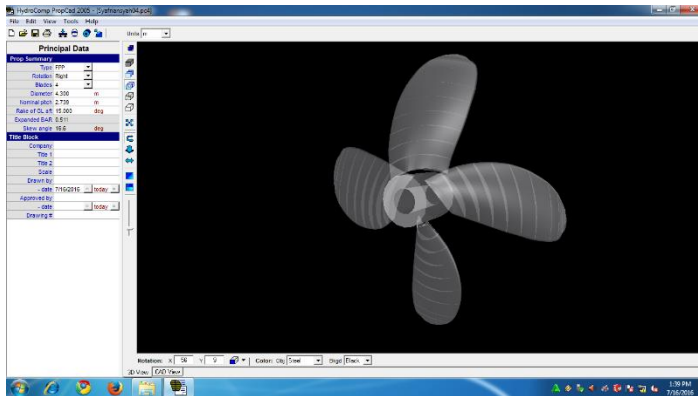
4.3 Simulasi CFD

Langkah simulasi numerik pada CFD pada dasarnya sama dengan jenis software lain yang berbasis Computational Fluid Dynamic. Pengujian ini menggunakan perhitungan solver *Fluid Flow Analys* (CFX) 13.0. Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada solver ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- a. Geometri
- b. Mesh
- c. Setup

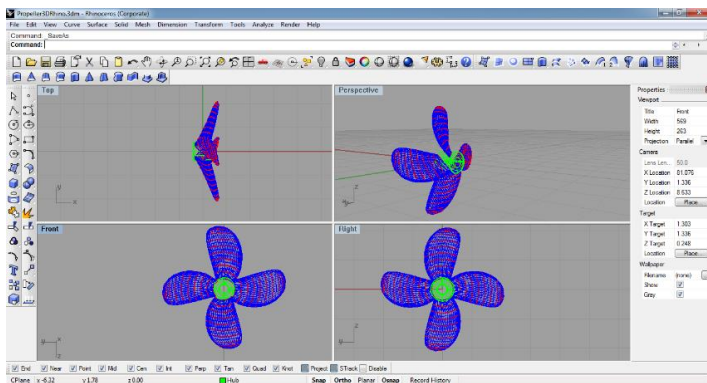
4.3.1 Tahap Geometri

Pada tahap pertama yakni proses penggambaran dengan *redesign* propeller dengan menentukan koordinat dari masing-masing propeller tersebut dengan software HydroComp PropCad sesuai dari data yang didapatkan. PropCad adalah perangkat lunak untuk pemodelan geometri *marine propeller*. Software ini menyediakan perangkat untuk gambar desain 2D, tampilan 3D , data yang konstruksi, perhitungan sifat geometris , dan ekspor file CAD/ CAM .



Gambar 4.1 Penggambaran propeller pada PropCAD

Dari hasil gambar propeller tersebut selanjutnya di *eksport* ke software rhinoceros untuk dilakukan surface PropCad sebelum dapat di input ke dalam software Icem CFD seperti pada gambar 4.2

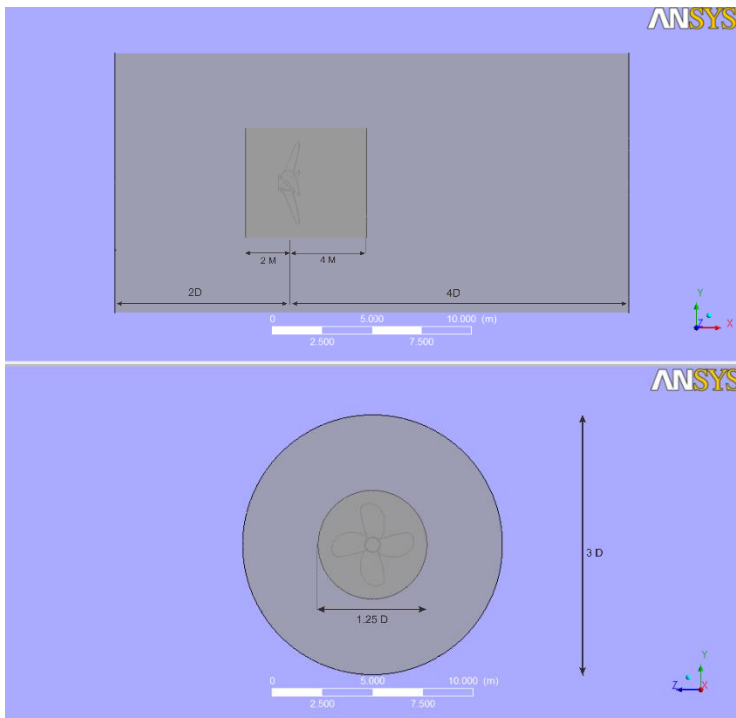


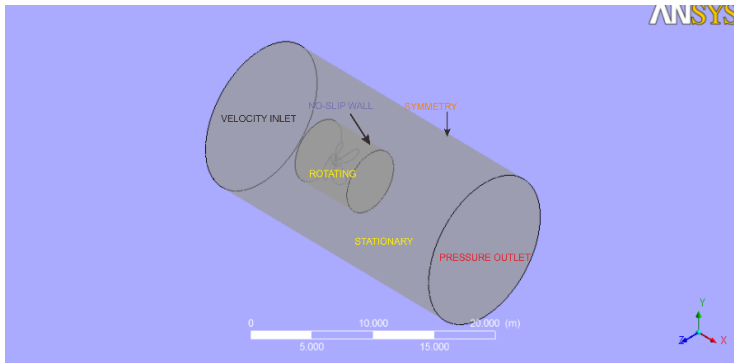
Gambar 4.2 Hasil *eksport* ke software rhinoceros

Langkah selanjutnya pembuatan Domain atau kondisi batas sesuai pada Gambar 4.3. pada tahap ini langkah – langkah yang dilakukan yakni penentuan ukuran. Untuk simulasi baling-baling dalam aliran steady dibagi zona perhitungan dalam dua silinder :

- Daerah Stationer : daerah ini adalah silinder dan termasuk bos, baling-baling, fins dan daerah bergerak. Panjang hulu $2D$, panjang hilir $4D$ dan diameter zona $3D$, ditunjukkan dalam Gambar 4.3 di mana D adalah diameter baling-baling.

- Daerah berputar: panjang dan diameter daerah ini sebesar $1,25D$. Panjang hulu sebesar 2 meter dan hilir sebesar 4 meter Air dalam simulasi ini adalah aliran mampat dengan dua pendekatan yang berbeda yang akan diuji, untuk kondisi batas inlet : *Velocity Advance* aliran Inlet. Untuk simulasi kondisi batas outlet digunakan : Tekanan.

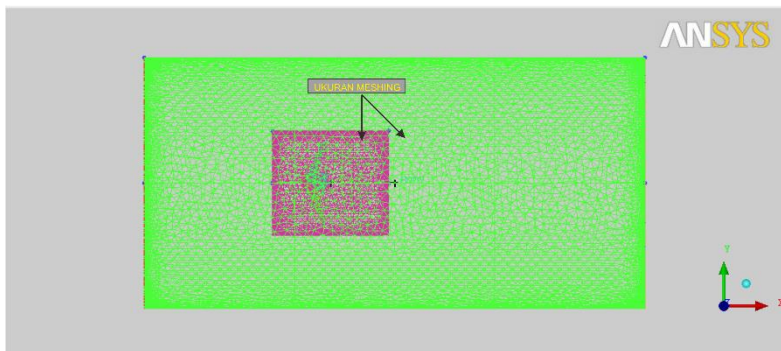


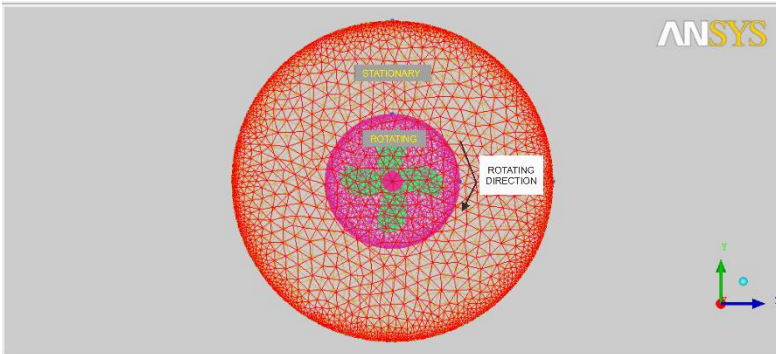


Gambar 4.3 Penentuan domain

4.3.2 Tahap Meshing

Setelah domain fluida terbentuk langkah selanjutnya adalah melakukan meshing. Untuk itu lebih dahulu menentukan ukuran element yang akan kita gunakan. Namun perlu diingat bahwa semakin kecil elemen yang dibuat, maka jumlah element yang terbentuk semakin banyak sehingga waktu *running* akan semakin lama dan menghasilkan kapasitas file yang besar. Pada percobaan ini dilakukan *meshing unstructured*.





Gambar 4.4 Propeller yang telah di *surface* dan *meshing*

4.3.3 Tahap Set Up

Propeller yang telah disurface dan dimeshing selanjutnya dapat dilakukan analisa aliran pada software *Ansys CFX 13.0* seperti pada gambar 4.3. Dalam CFX penentuan terhadap aliran fluida input output dan batasan terhadap aliran fluida dalam tabung yang telah dibuat. Pada tahap ini merupakan tahap solver sehingga ada parameter – parameter yang dimasukkan diantaranya : jenis fluida, massa fluida yang masuk, tekanan fluida pada saat keluar, besarnya putaran propeller, dan banyaknya interpolasi percobaan yang dilakukan. Berikut adalah set up yang digunakan :

Tabel 4.1 *Boundary Physics*

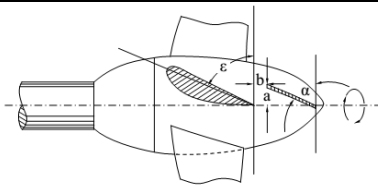
Domain - Domain 1		Domain - Domain 2	
Type	Fluid	Type	Fluid
Location	BODY2	Location	BODY
<i>Materials</i>		<i>Materials</i>	
Water		Water	
Fluid Definition	Material Library	Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid	Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>		<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant	Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating	Domain Motion	Stationary
Angular Velocity	-2.8833e+00 [rev s ⁻¹]	Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Axis Definition	Coordinate Axis	Heat Transfer Model	Isothermal
Rotation Axis	Coord 0. 1	Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]	Turbulence Model	k epsilon
Heat Transfer Model	Isothermal	Turbulent Wall Functions	Scalable
Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]	Domain Interface - Default Fluid Fluid Interface	
Turbulence Model	k epsilon	Boundary List1	Default Fluid Fluid Interface Side 1 1
Turbulent Wall Functions	Scalable	Boundary List2	Default Fluid Fluid Interface Side 2
		Interface Type	Fluid Fluid
		<i>Settings</i>	
		Interface Models	General Connection
		Frame Change	Frozen Rotor
		Mass And Momentum	Conservative Interface Flux

4.4 Pemodelan PBCF

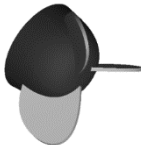
Setelah penggambaran propeller selanjutnya dilakukan proses penggambaran PBCF untuk selanjutnya nanti digabung dengan propeller yang telah dibuat. Dalam proses penggambaran PBCF ini parameter yang digunakan dan ditetapkan seperti pada tabel 4.1. Variabel tetap yang ditentukan yakni besarnya sudut fins dan radius ratio (R_f/R) antara propeller dengan PBCF sedangkan variabel berubah yakni jumlah fins

Tabel 4.2 Parameter desain PBCF

Design Case	Parameter	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
PBCF	Besarnya sudut α ($^\circ$)	53	53	53	53
	Radius ratio (R_f/R)	0.087R	0.087R	0.087R	0.087R
	Jumlah fins	3	4	5	6



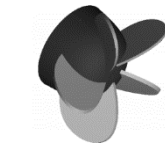
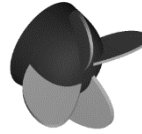
cap leading edge fins

 $a = 90$ mm $b = 100$ mm

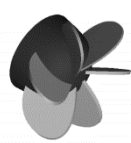
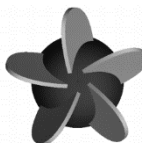
(a) Case 1 Jumlah fins ada 3



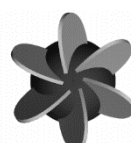
(b) Case 2 Jumlah fins ada 4



(c) Case 3 Jumlah fins ada 5



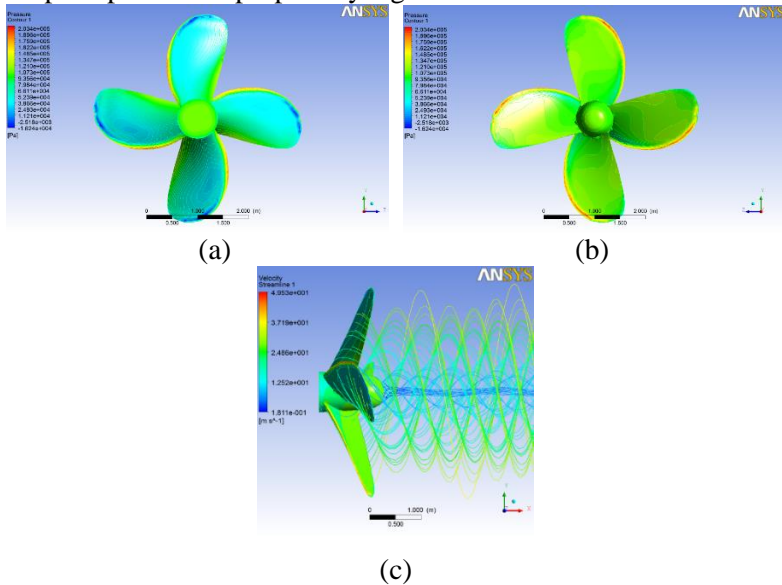
(d) Case 4 Jumlah fins ada 6

**Gambar 4.5** Alternatif desain PBCF

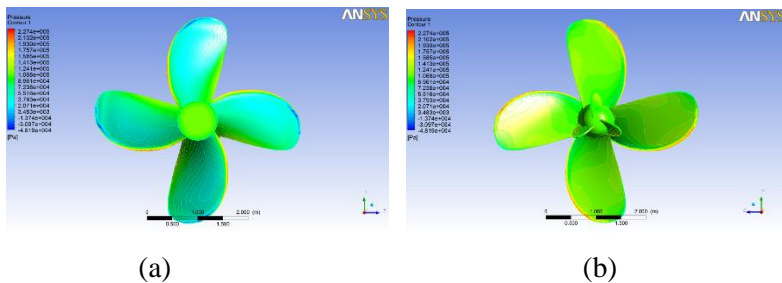
4.5 Model Hasil Simulasi

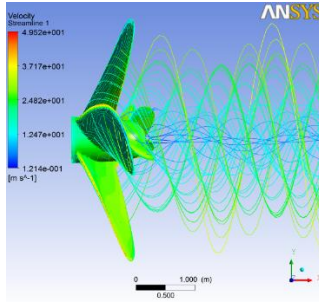
Dari hasil simulasi model selanjutnya akan didapatkan beberapa data yang dibutuhkan untuk menganalisa kondisi propeller, data tersebut diantaranya area (m^2), tekanan (Pa), dan tegangan geser (Pa) baik untuk bagian *face* dan *back*. Dari 4 pemodelan yang dilakukan dan telah di running dengan

memvariasikan J yaitu 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, dan 0,8 akan didapatkan sebanyak 20 data. Penentuan nilai variasi J tersebut dipertimbangkan pada referensi yang digunakan. Data tersebut akan digunakan untuk menganalisa aliran fluida pada propeller dan akan digunakan untuk menghitung gaya dorong, efisiensi, dan torque. Berikut dibawah ini merupakan kontur tekanan dan aliran air pada percobaan propeller yang telah dilakukan.



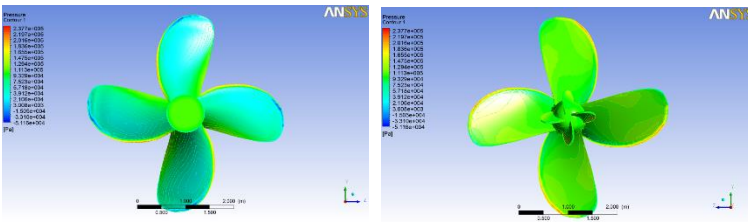
Gambar 4.6 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller tanpa PBCF





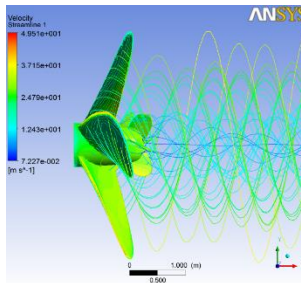
(c)

Gambar 4.7 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 3 fins



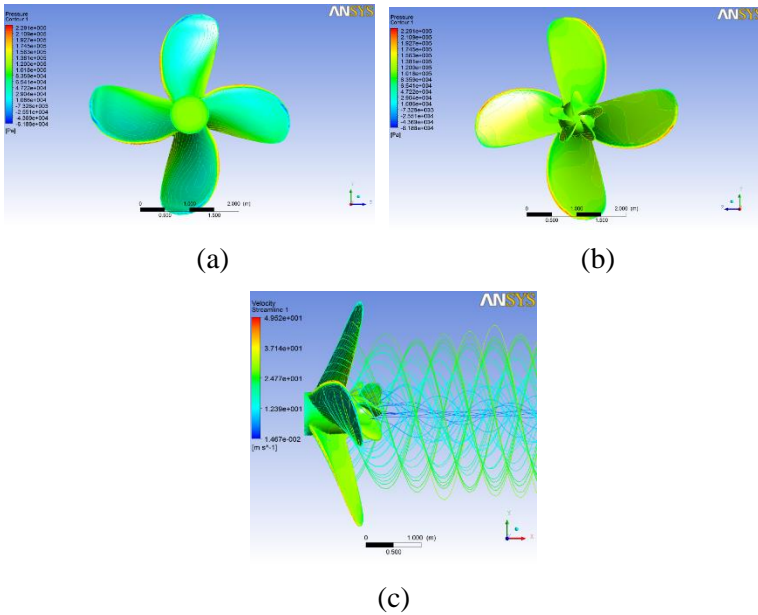
(a)

(b)

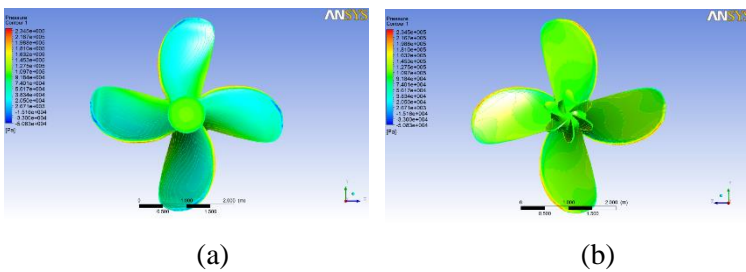


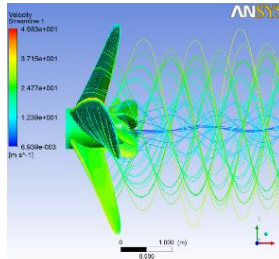
(c)

Gambar 4.8 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 4 fins



Gambar 4.9 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 5 fins





(c)

Gambar 4.10 Kontur tekanan back (a), face (b), dan aliran air dari propeller (c) Pada propeller dengan PBCF 6 fins

Dari simulasi diatas dapat dilihat bahwa kontur tekanan di bagian *face* lebih besar daripada bagian *back* sedangkan pada aliran air dari propeller terlihat bahwa aliran air dari cap propeller yang tidak menggunakan fins akan timbul hub vortex cavitation yang bersifat stabil dan tebal dan pada propeller yang menggunakan PBCF aliran dibelakang cap akan hilang dan akan diperbaiki oleh fins.

4.6 Data Hasil Simulasi

Untuk mengetahui karakteristik propeller maka dilakukan perhitungan *gaya dorong*, *effisiensi*, dan *torque* dengan mengambil data pada percobaan propeller yang telah dilakukan. Berikut ini data – data hasil percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 4.3 Data Hasil Simulasi

Propeller	Variasi		Face			Back		
	Advance Velocity (m/s)	J	P_{face}	A	τ_{face}	P_{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m ²)	(Pa)	(Pa)	(m ²)	(Pa)
Tanpa PBCF	4,96	0,4	106428	7,455	510,207	69245,6	7,69	574,855
	6,20	0,5	95808,3	7,455	542,779	76011,4	7,69	594,983
	7,44	0,6	81932,9	7,455	566,693	82545,2	7,69	609,487

	8,68	0,7	64794,7	7,455	581,766	88727,4	7,69	620,576
	9,92	0,8	44227,4	7,455	587,976	94553,3	7,69	630,775

Propeller	Variasi		Face			Back		
	Advance Velocity (m/s)	J	P _{face}	A	τ_{face}	P _{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m2)	(Pa)	(Pa)	(m2)	(Pa)
3 FINS	4,96	0,4	108591	7,47	565,502	66084,8	7,7	646,513
	6,20	0,5	99390,8	7,47	600,677	72383,3	7,7	670,649
	7,44	0,6	87152,5	7,47	625,374	78456,1	7,7	688,094
	8,68	0,7	71766,9	7,47	638,801	84197,3	7,7	701,691
	9,92	0,8	53253,7	7,47	639,938	89565,8	7,7	714,473

Propeller	Variasi		Face			Back		
	Advance Velocity (m/s)	J	P _{face}	A	τ_{face}	P _{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m2)	(Pa)	(Pa)	(m2)	(Pa)
4 FINS	4,96	0,4	108547	7,467	565,703	66023,4	7,7	646,561
	6,20	0,5	99359,8	7,467	601,044	72356,7	7,7	670,853
	7,44	0,6	87128	7,467	626,02	78447	7,7	688,345
	8,68	0,7	71726,4	7,467	639,707	84214,7	7,7	701,901
	9,92	0,8	53211,7	7,467	641,075	89643,5	7,7	714,608

Propeller	Variasi		Face			Back		
	Advance Velocity (m/s)	J	P _{face}	A	τ_{face}	P _{back}	A	τ_{back}
			(Pa)	(m2)	(Pa)	(Pa)	(m2)	(Pa)
5 FINS	4,96	0,4	108566	7,465	565,941	66111,8	7,701	645,874
	6,20	0,5	99345,5	7,465	601,128	72395,2	7,701	670,109

	7,44	0,6	87008,9	7,465	625,931	78407,6	7,701	687,532
	8,68	0,7	71535,9	7,465	639,45	84106,2	7,701	701,073
	9,92	0,8	52922,2	7,465	640,7	89454,4	7,701	713,748

Propeller	Variasi		Face			Back		
	Advance Velocity (m/s)	J	P _{face}	A	τ _{face}	P _{back}	A	τ _{back}
			(Pa)	(m ²)	(Pa)	(Pa)	(m ²)	(Pa)
6 FINS	4,96	0,4	108485	7,469	586,033	66087,4	7,699	646,849
	6,20	0,5	99264,9	7,469	601,293	72419,8	7,699	670,938
	7,44	0,6	86952,9	7,469	626,158	78518	7,699	688,232
	8,68	0,7	71491,7	7,469	639,688	84244,6	7,699	701,719
	9,92	0,8	52877,9	7,469	640,826	89633,3	7,699	714,415

4.7 Perhitungan Data

Berdasarkan tujuan awal pengerjaan tugas akhir ini untuk mengetahui performance propeller menggunakan PBCF dengan tidak menggunakan PBCF. Berikut ini merupakan yang dilakukan dari data hasil percobaan pada propeller dengan menggunakan PBCF 3 fins

1. Menentukan Nilai *Force lift*

Untuk mendapatkan nilai *force lift* digunakan rumus sebagai berikut :

$$F = P \times A$$

Dimana, F = *Force lift* (N)
P = *Pressure* (Pa)
A = *Area* (m²)

Dengan menggunakan rumus tersebut selanjutnya akan didapatkan nilai *Force lift* dengan memasukan data pada area *back* dan area *face*

- Pada sisi *face*

$$\begin{aligned} F_{\text{face}} &= P_{\text{face}} \times A \\ &= 108591 \times 7,47 \\ &= 811175 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pada sisi *back*

$$\begin{aligned} F_{\text{back}} &= P_{\text{back}} \times A \\ F_{\text{back}} &= 66084,8 \times 7,7 \\ &= 508853 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka hasil dari hasil *face* dan *back* kedua resultan gaya tersebut dijumlahkan sehingga di dapatkan

$$\begin{aligned} F_{\text{lift}} &= F_{\text{back}} + F_{\text{face}} \\ &= 508853 + 811175 \\ &= 1320028 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Menentukan Nilai *Force drag*

Untuk menentukan nilai *force drag* digunakan rumus sebagai berikut ini :

$$F = \tau \times A$$

Dimana, $F = \text{Force drag (N)}$

$\tau = \text{Wall shear (Pa)}$

$A = \text{Area (m}^2\text{)}$

Untuk nilai *wall shear* diambil dari hasil simulasi dengan menggunakan *simulation calculator* dapat dilihat pada table 4.2 sehingga nilai *force drag* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

- Pada sisi *face*

$$F_{\text{face-drag}} = \tau_{\text{face}} \times A$$

$$\begin{aligned}
 &= 565,502 \times 7,47 \\
 &= 4224,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Pada sisi *back*

$$\begin{aligned}
 F_{\text{back-drag}} &= \tau_{\text{back}} \times A \\
 &= 646,513 \times 7,7 \\
 &= 4978,15 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai resultan *Force drag* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{\text{drag}} &= F_{\text{face-drag}} + F_{\text{back-drag}} \\
 &= 4224,3 + 4978,15 \\
 &= 9202,45
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Nilai *Thrust* (gaya dorong)

Untuk mendapatkan nilai Gaya dorong propeller dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T = F_{\text{lift}} \cos \theta - F_{\text{drag}} \sin \theta$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 T &= \textit{Thrust} \text{ (kN)} \\
 F_{\text{lift}} &= \textit{Force lift} \text{ (N)} \\
 F_{\text{drag}} &= \textit{Force drag} \text{ (N)} \\
 \theta &= \text{Sudut dari P/D}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= \tan^{-1} \frac{P/D}{0,7\pi} \\
 &= \tan^{-1} \{ (2739 / 4300) / (0,7 \times 3,14) \} \\
 &= 16,16^\circ
 \end{aligned}$$

Maka, $T = F_{\text{lift}} \cos \theta - F_{\text{drag}} \sin \theta$

$$\begin{aligned}
 &= 1320028 \cos 16,16^\circ - 9202,45 \sin 16,16^\circ \\
 &= 1264,67 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan Nilai *Torque* (torsi)

Untuk mendapatkan nilai Gaya dorong propeller dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = F_{\text{lift}} \sin \theta + F_{\text{drag}} \cos \theta$$

Dimana,

Q	=	<i>torque</i> (kNm)
F_{lift}	=	<i>Force lift</i> (N)
F_{drag}	=	<i>Force drag</i> (N)
θ	=	Sudut dari P/D

Maka, $Q = F_{\text{lift}} \sin \theta - F_{\text{drag}} \cos \theta$

$$= 1320028 \cos 16,16^\circ - 9202,45 \sin 16,16^\circ$$

$$= 807,974 \text{ kN}$$

5. Menentukan Nilai Koefisien *Gaya dorong* (KT)

Untuk mendapatkan nilai dari KT dapat menggunakan persamaan (1) pada BAB II, sehingga nilai KT dapat dihitung sebagai berikut ini :

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

$$= \frac{1264,67}{1,025 \times (2,8833)^2 \times (4,3)^4}$$

$$= 0,43411$$

6. Menentukan Nilai Koefisien *Torque* (KQ)

Untuk mendapatkan nilai dari KQ dapat menggunakan persamaan (2) Pada BAB II, sehingga nilai KQ dapat dihitung sebagai berikut ini :

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

$$= \frac{807,974}{1,025 \times (2,8833)^2 \times (4,3)^4}$$

$$= 0,064499$$

$$10 K_Q = 0,064499 \times 10$$

$$= 0,64499$$

7. Menentukan Nilai Efisiensi

Nilai efisiensi ditentukan dengan menggunakan persamaan (4) atau persamaan (5), maka didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\eta_o = \frac{TV_a}{2\pi nQ}$$

Nilai dari V_a didapatkan dengan memvariasikan nilai J , Semakin besar nilai J maka nilai V_a akan semakin besar, hal tersebut dapat diketahui dari persamaan (3) $J = \frac{V_a}{nD}$. Untuk nilai n digunakan nilai tetap dari putaran propeller yakni sebesar 173 Rpm atau 2,8833 Rps. Nilai J divariasikan 0,2 sampai dengan 1. Sehingga nilai efisiensi adalah :

$$\begin{aligned} \eta_o &= \frac{TV_a}{2\pi nQ} \\ &= \frac{1264,67 \times 4,96}{2 \times 3,14 \times 2,8833 \times 811,011} \\ &= 0,4286 \end{aligned}$$

4.8 Analisa Data

Pada sub bab kali ini, didapatkan nilai – nilai dari hasil perhitungan yang dilakukan berdasarkan hasil simulasi model propeller pada saat pengambilan data sebagai berikut :

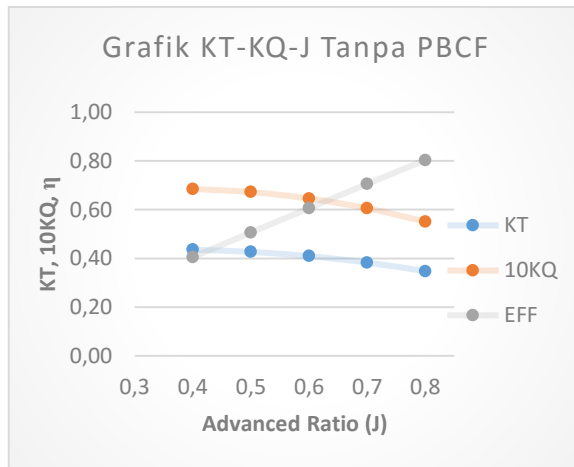
- Suhu air *open water test* sebesar 25⁰ C dan tekanan statis fluida sebesar 1 atm
- Putaran propeller adalah sebesar 2,8833 rps atau 173 rpm
- Massa jenis air (ρ) adalah 1025 kg/m³

Data – data yang diperoleh dari percobaan dapat dilihat pada tabel – tabel dibawah ini mulai dari tabel propeller tanpa PBCF, tabel PBCF 1 sampai dengan tabel PBCF 4, yang masing – masing disertai dengan grafik :

1. Data percobaan propeller tanpa PBCF

Tabel 4.4 Propeller tanpa PBCF

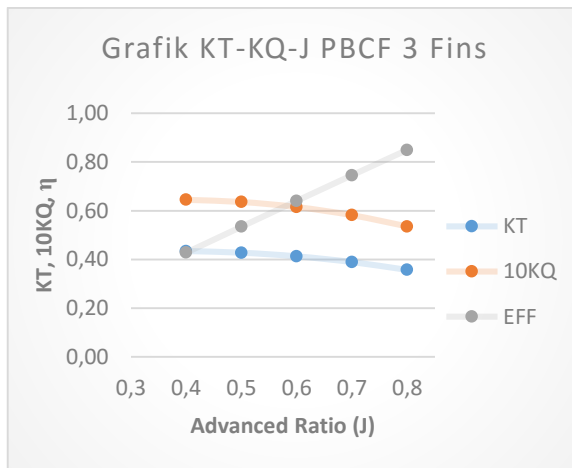
F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}	Efisiensi	KT	10KQ
(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)			
1325919	8224,228	16,12	1270,596	809,4768	0,4054	0,4361	0,6852
1298779	8621,837	16,12	1244,431	794,0754	0,5060	0,4272	0,6722
1245582	8911,651	16,12	1193,282	762,8782	0,6060	0,4096	0,6458
1165358	9109,295	16,12	1116,211	715,3362	0,7053	0,3832	0,6055
1056830	9234,021	16,12	1011,99	650,7264	0,8034	0,3474	0,5508

**Gambar 4.11** Grafik propeller tanpa PBCF

2. Data Percobaan dengan PBCF 3 fins

Tabel 4.5 Propeller dengan PBCF 3 fins

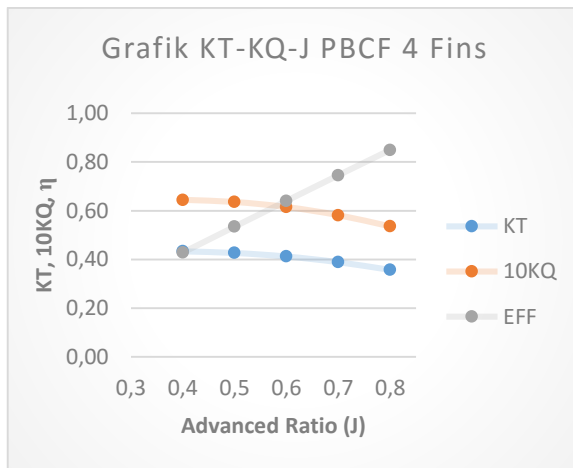
F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}	Effisiensi	KT	10KQ
(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)			
1320028	9202,45	16,12	1264,668	807,9744	0,428694	0,43411	0,644988
1299801	9651,054	16,12	1245,126	796,8106	0,534979	0,427401	0,636076
1255141	9969,868	16,12	1202,164	770,7757	0,640761	0,412654	0,615293
1184418	10174,86	16,12	1134,213	728,9275	0,745791	0,389329	0,581887
1087462	10281,78	16,12	1041,105	671,1975	0,849656	0,357369	0,535802

**Gambar 4.12** Grafik propeller dengan PBCF 3 fins

3. Data Percobaan dengan PBCF 4 fins

Tabel 4.6 Propeller PBCF 4 fins

F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}	Effisiensi	KT	10KQ
(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)			
1318901	9202,624	16,12	1263,586	807,3011	0,428685	0,433738	0,644451
1299066	9653,564	16,12	1244,42	796,3768	0,534967	0,427159	0,63573
1254627	9974,748	16,12	1201,669	770,4782	0,640744	0,412484	0,615056
1184034	10181,33	16,12	1133,842	728,7115	0,745768	0,389202	0,581714
1087587	10289,39	16,12	1041,223	671,2879	0,849637	0,35741	0,535874

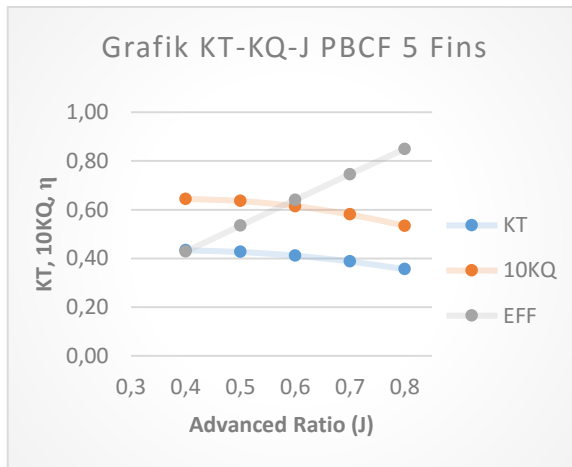


Gambar 4.13 Grafik propeller dengan PBCF 4 fins

4. Data Percobaan dengan PBCF 5 fins

Tabel 4.7 Propeller PBCF 5 fins

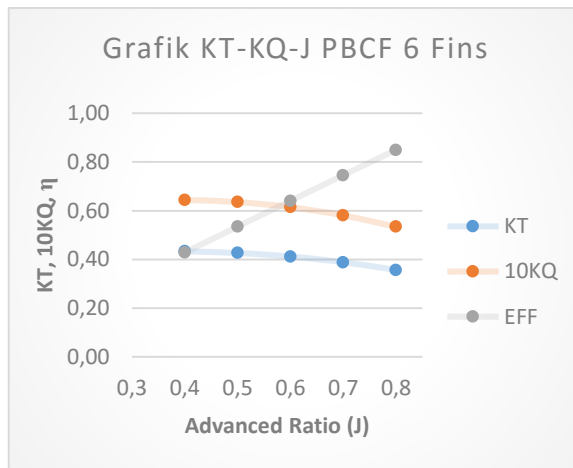
F_{lift}	F_{drag}	Sudut daun P/D	T	Q_{result}	Effisiensi	KT	10KQ
(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)			
1319572	9198,625	16,12	1264,232	807,6942	0,428695	0,43396	0,644765
1299130	9647,93	16,12	1244,482	796,4031	0,534976	0,42718	0,635751
1253338	9967,259	16,12	1200,434	769,6928	0,640739	0,41206	0,614429
1181717	10172,46	16,12	1131,621	727,3084	0,745743	0,38844	0,580594
1083953	10279,4	16,12	1037,737	669,0951	0,849568	0,356213	0,534124

**Gambar 4.14** Grafik propeller dengan PBCF 5 fins

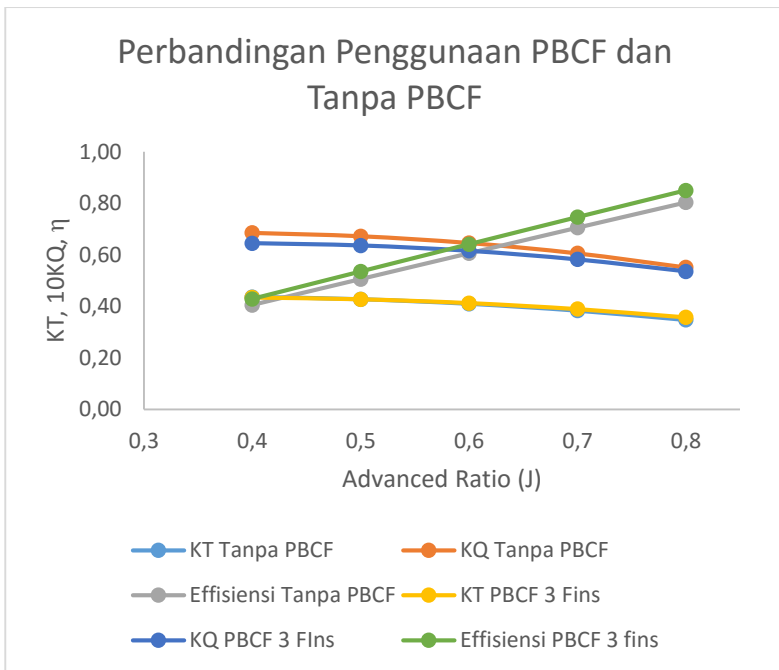
5. Data Percobaan dengan PBCF 6 fins

Tabel 4.8 Propeller PBCF 6 fins

F _{lift}	F _{drag}	Sudut daun P/D	T	Q _{result}	Effisiensi	KT	10KQ
(N)	(N)	θ	(kN)	(kNm)			
1319081	9357,171	16,12	1263,717	807,7281	0,428502	0,433783	0,644792
1298970	9656,609	16,12	1244,326	796,3254	0,534962	0,427127	0,635689
1253961	9975,472	16,12	1201,03	770,082	0,640733	0,412265	0,61474
1182571	10180,36	16,12	1132,438	727,8348	0,745742	0,38872	0,581015
1085032	10286,61	16,12	1038,771	669,7551	0,849577	0,356568	0,534651

**Gambar 4.15** Grafik propeller dengan PBCF 6 fins

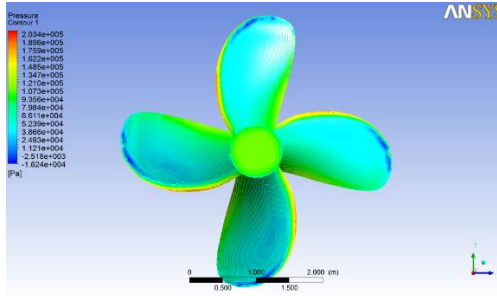
Dari beberapa percobaan yang dilakukan baik dengan menggunakan PBCF maupun tanpa menggunakan PBCF terdapat peningkatan nilai efisiensi sebesar $\pm 4\%$ dan peningkatan *gaya dorong* sebesar 1% dan penurunan nilai torsi sebesar kurang dari 2%. Sedangkan pada variasi jumlah fins yang dilakukan perbedaan nilai baik efisiensi, gaya dorong, dan torsi tidak terlalu besar nilainya sebesar $\pm 0,2\%$. Gambar 4.16 dibawah ini merupakan grafik perbandingan antara propeller yang menggunakan PBCF 3 fins dengan propeller tanpa menggunakan PBCF



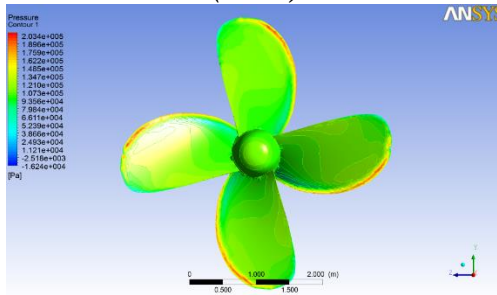
Gambar 4.16 Grafik perbandingan propeller dengan menggunakan PBCF dan tanpa PBCF

LAMPIRAN I

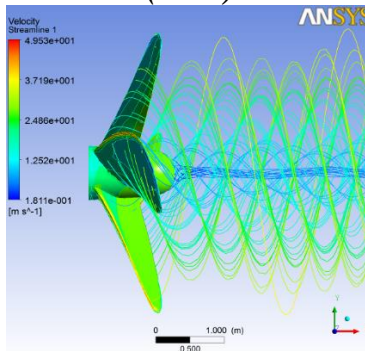
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER TANPA PBCF PADA $J = 0,4$



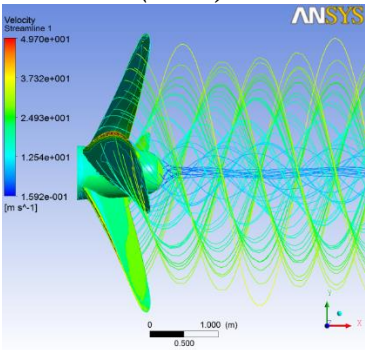
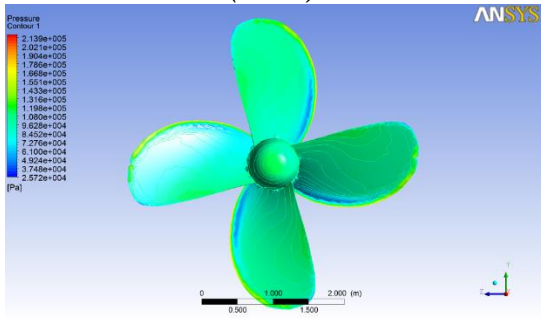
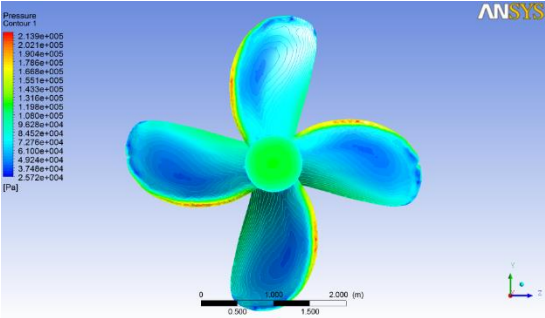
(Back)



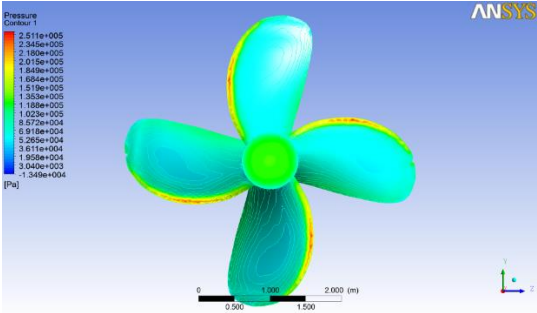
(Face)



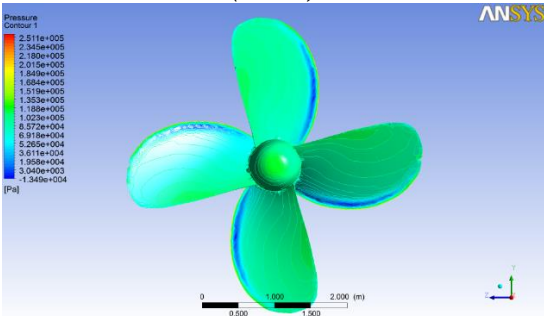
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER TANPA PBCF PADA $J = 0,5$



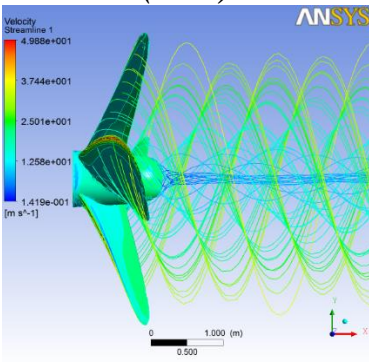
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER TANPA PBCF PADA $J = 0,6$



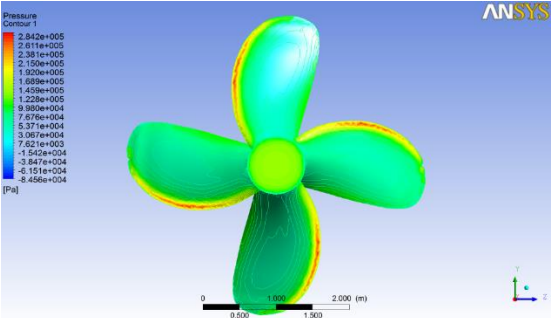
(Back)



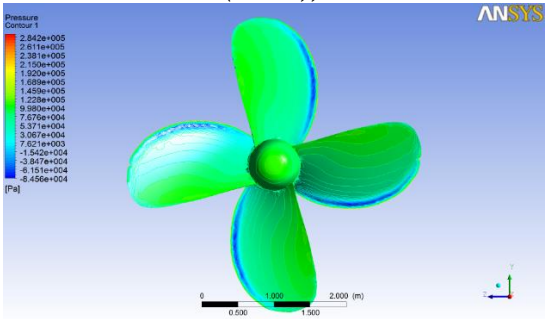
(Face)



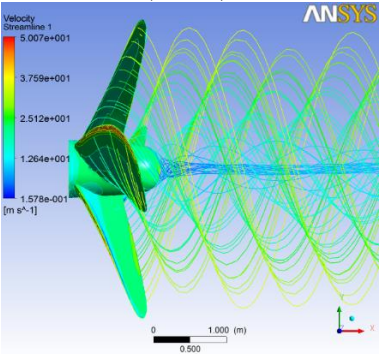
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER TANPA PBCF PADA $J = 0,7$



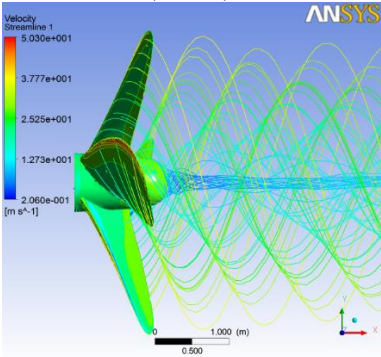
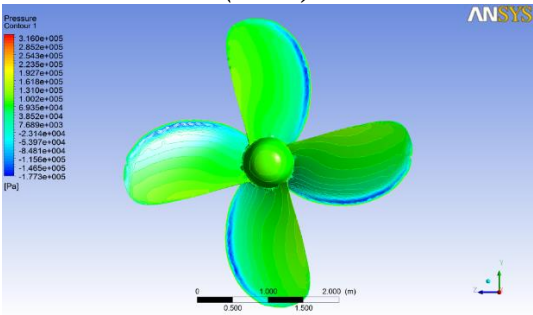
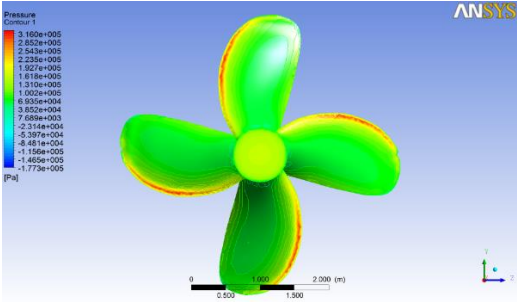
(Back)



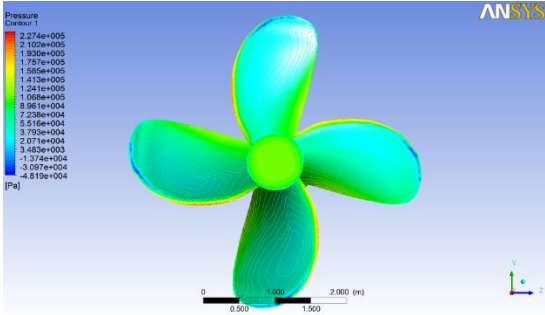
(Face)



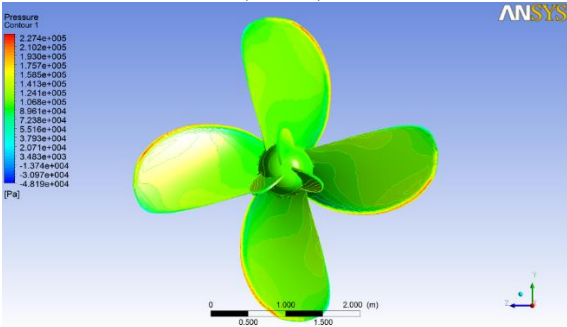
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER TANPA PBCF PADA $J = 0,8$



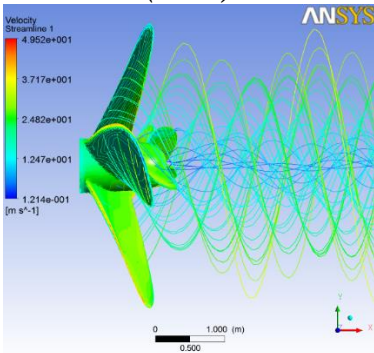
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 3 FINS PADA $J = 0,4$



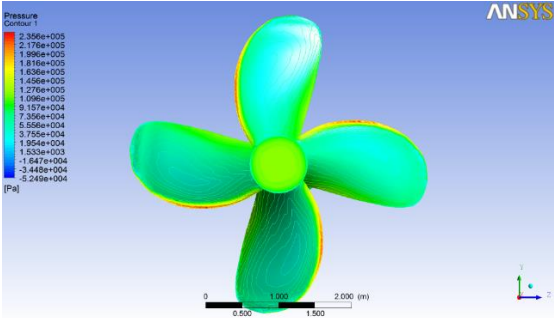
(Back)



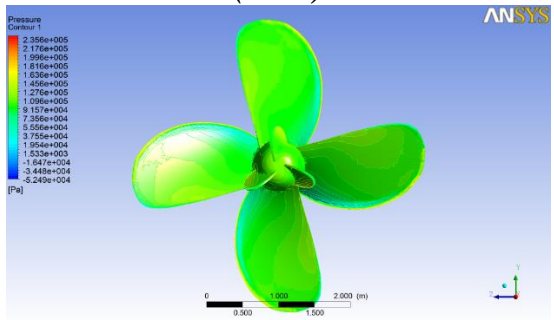
(Face)



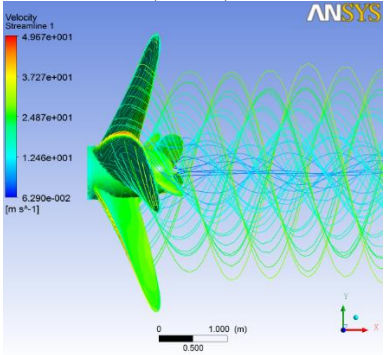
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 3 FINS PADA $J = 0,5$



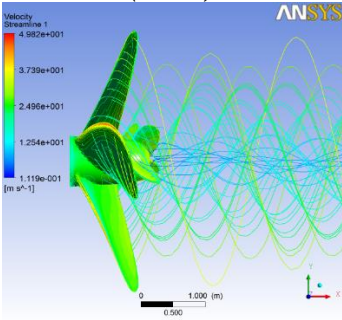
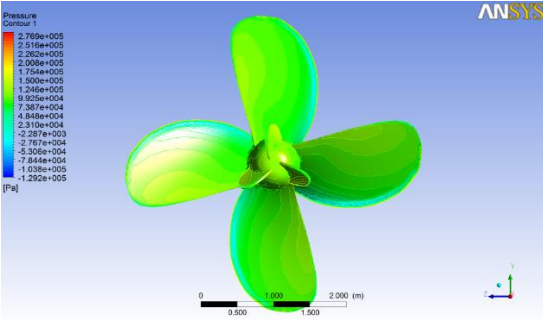
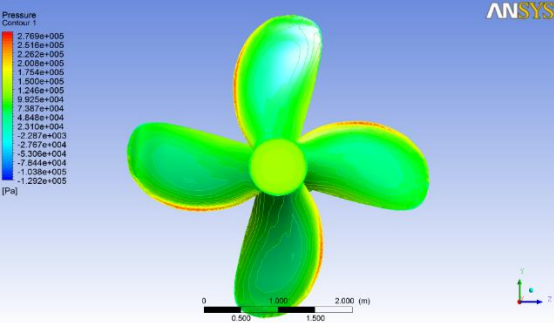
(Back)



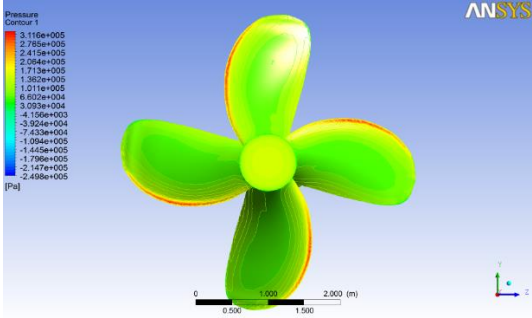
(Face)



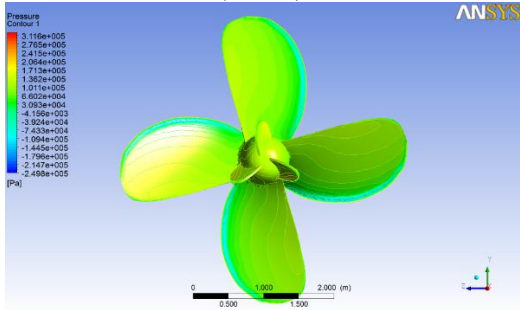
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 3 FINS PADA $J = 0,6$



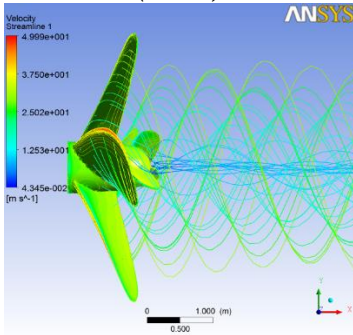
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 3 FINS PADA $J = 0,7$



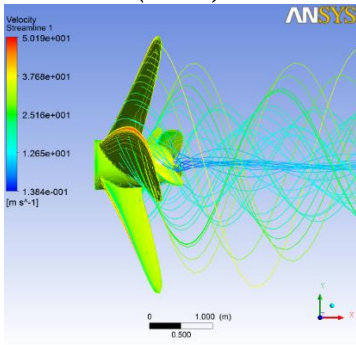
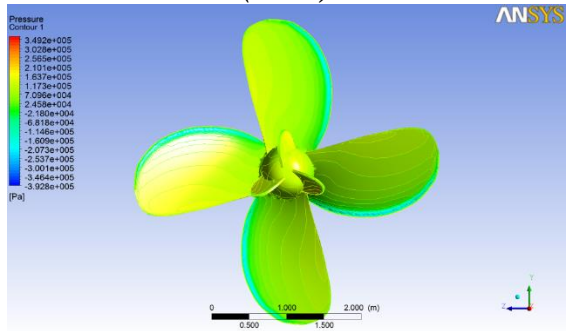
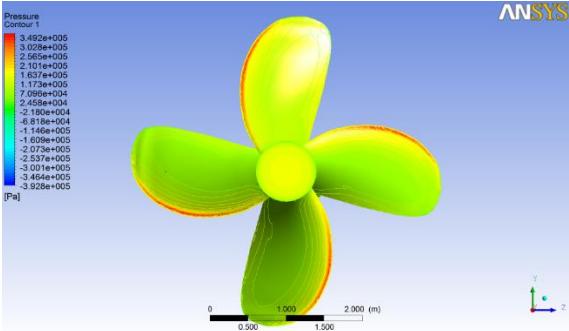
(Back)



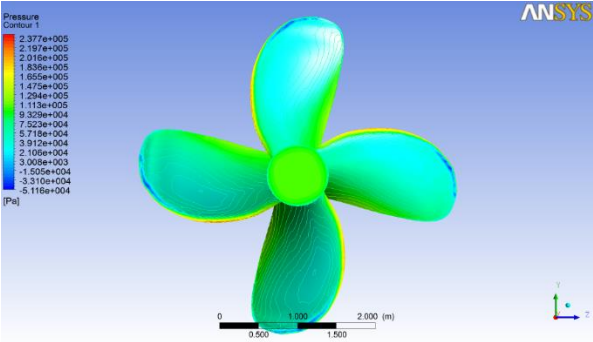
(Face)



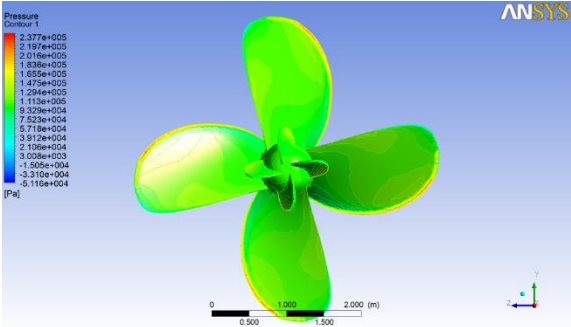
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 3 FINS PADA $J = 0,8$



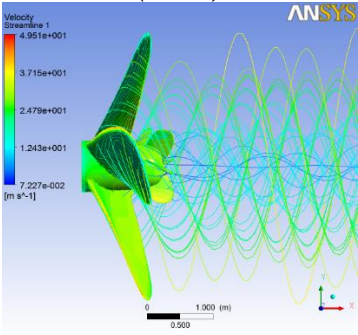
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 4 FINS PADA $J = 0,4$



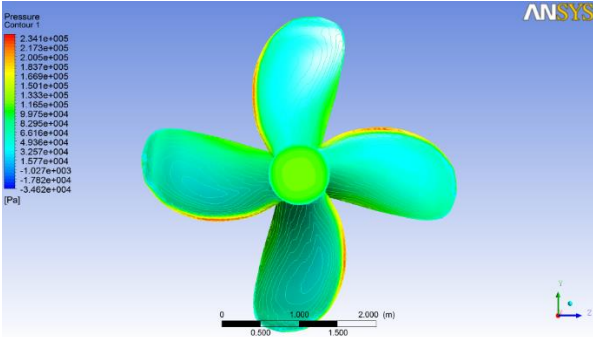
(Back)



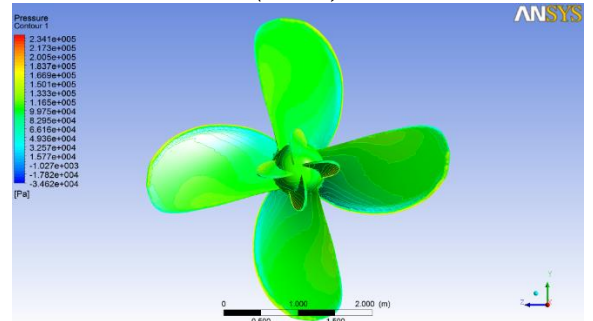
(Face)



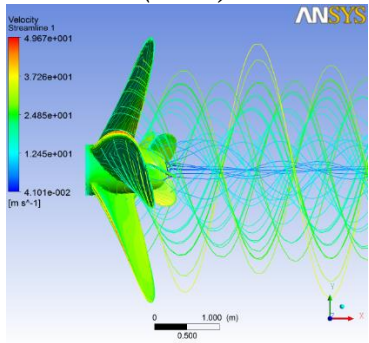
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 4 FINS PADA $J = 0,5$



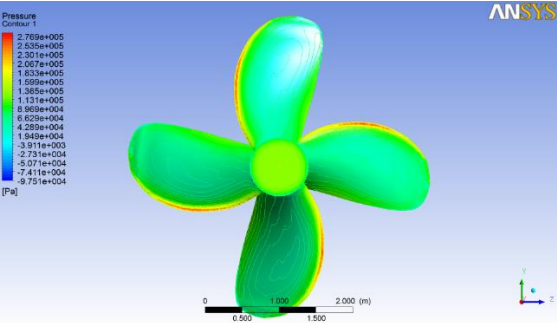
(Back)



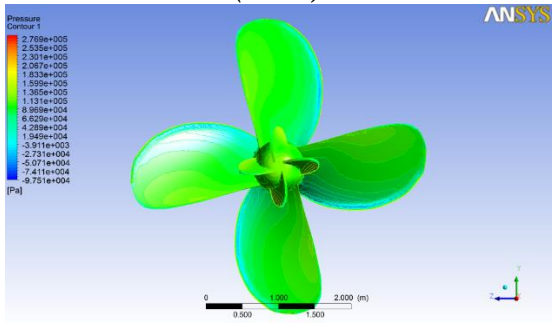
(Face)



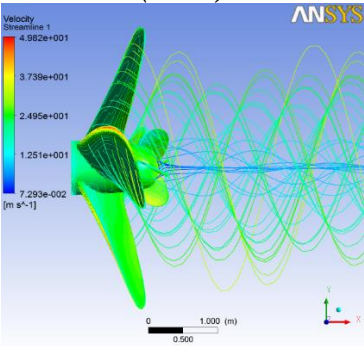
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 4 FINS PADA $J = 0,6$



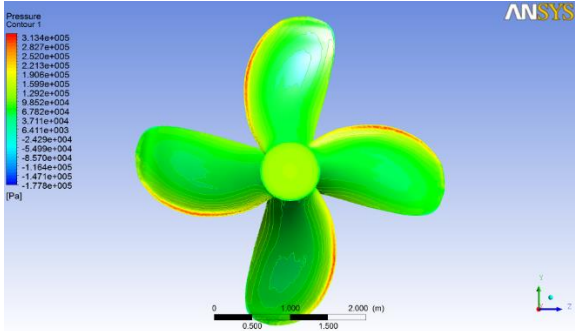
(Back)



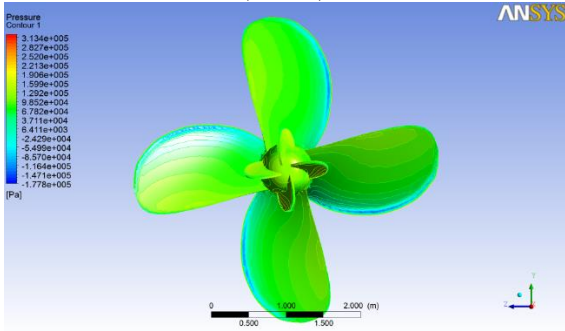
(Face)



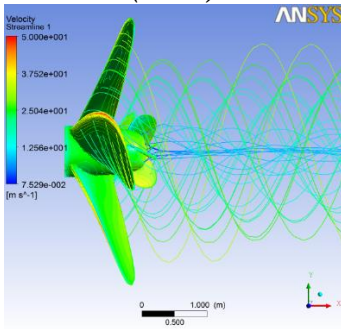
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 4 FINS PADA $J = 0,7$



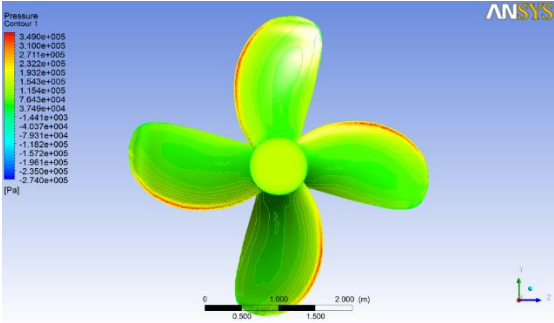
(Back)



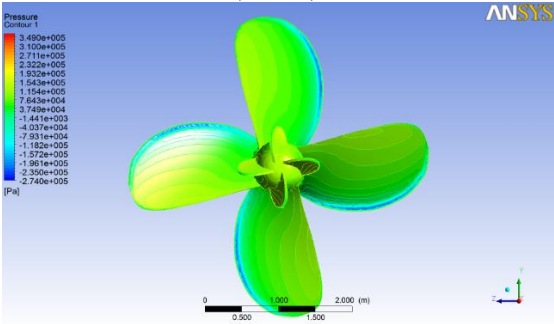
(Face)



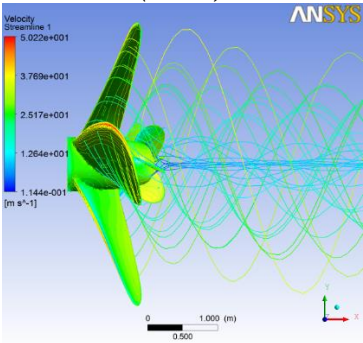
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 4 FINNS PADA $J = 0,8$



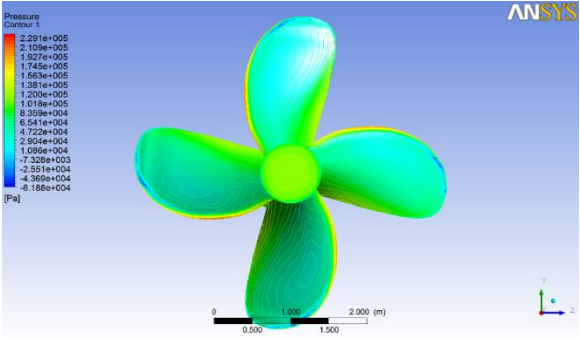
(Back)



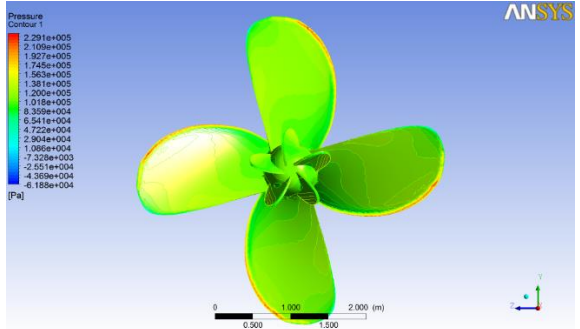
(Face)



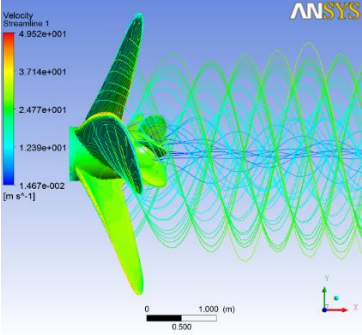
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 5 FINS PADA $J = 0,4$



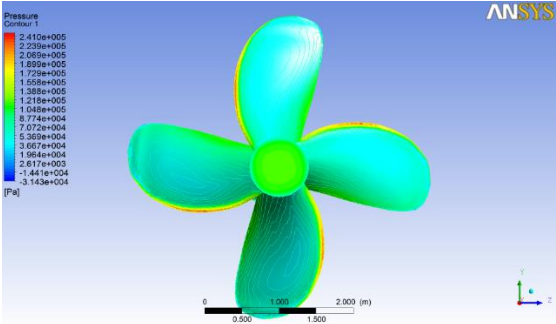
(Back)



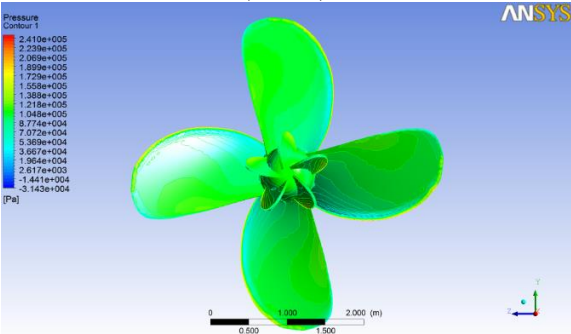
(Face)



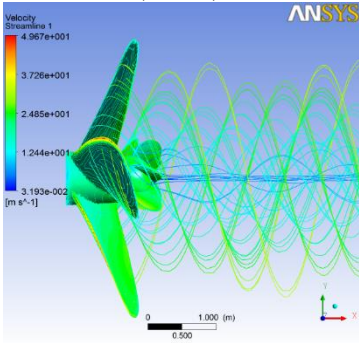
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 5 FINS PADA $J = 0,5$



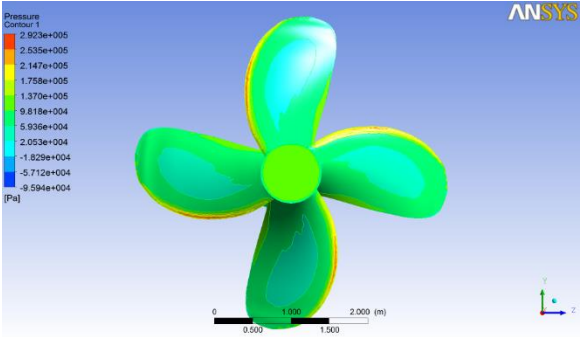
(Back)



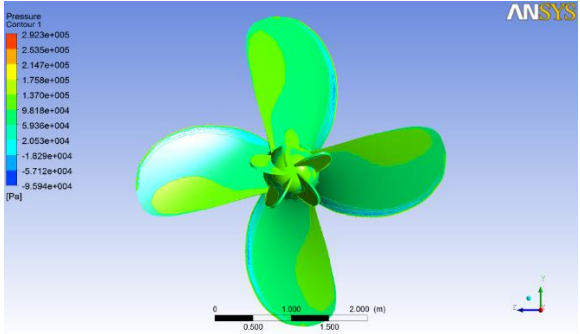
(Face)



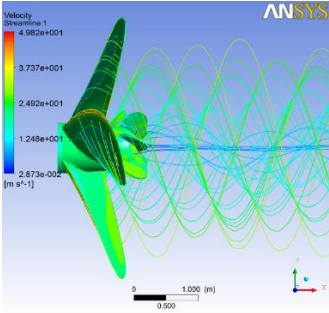
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 5 FINS PADA $J = 0,6$



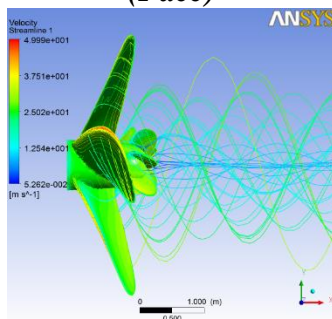
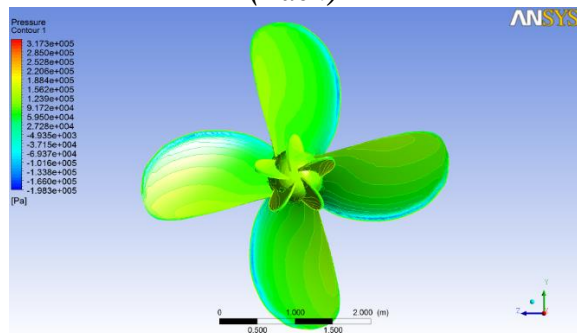
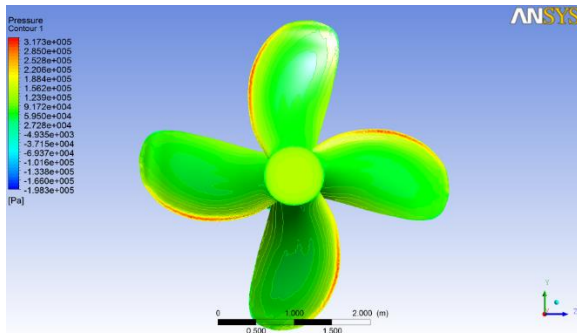
(Back)



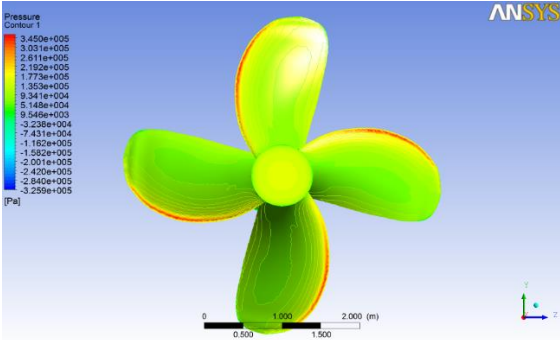
(Face)



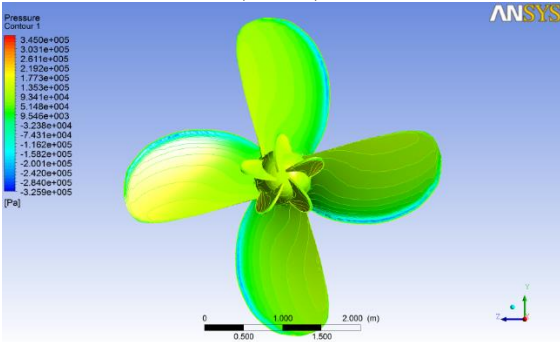
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 5 FINS PADA $J = 0,7$



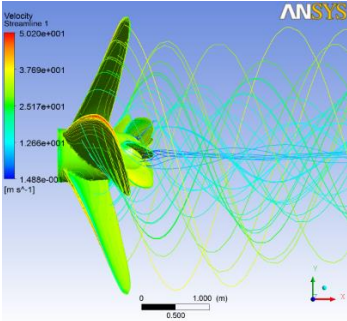
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 5 FINS PADA $J = 0,8$



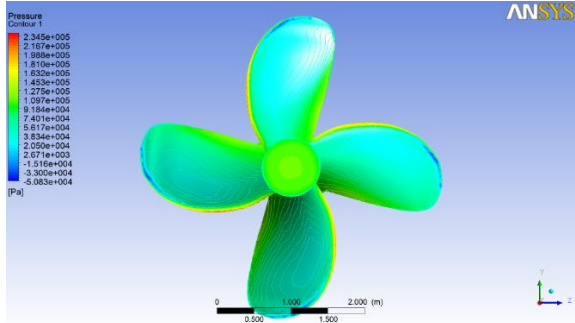
(Back)



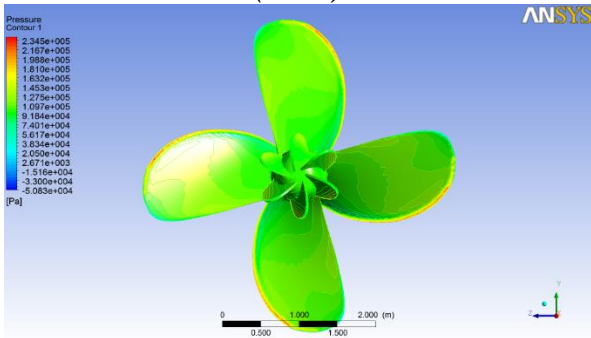
(Face)



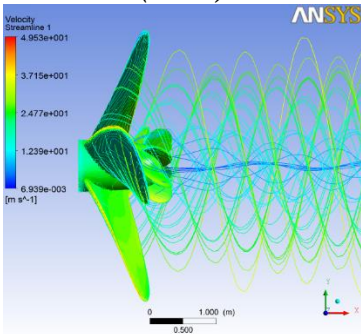
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 6 FINS PADA $J = 0,4$



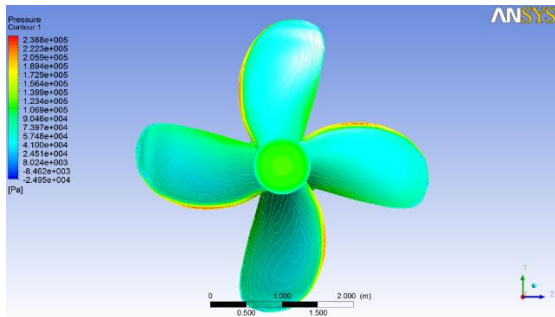
(Back)



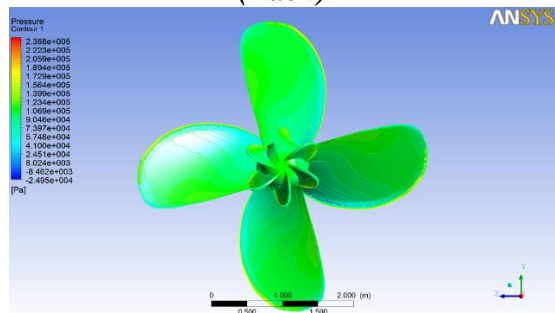
(Face)



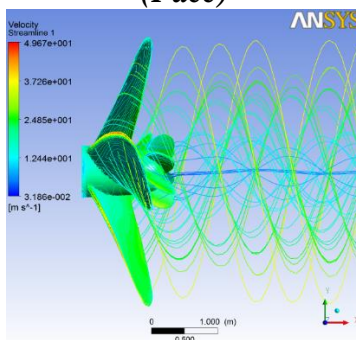
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 6 FINS PADA $J = 0,5$



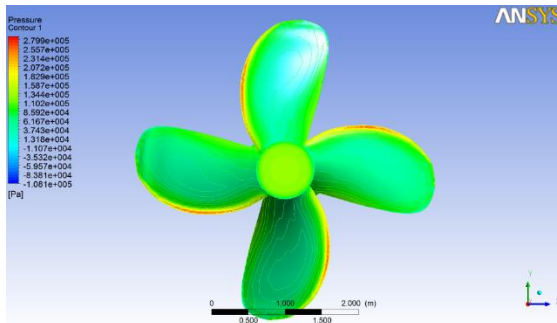
(Back)



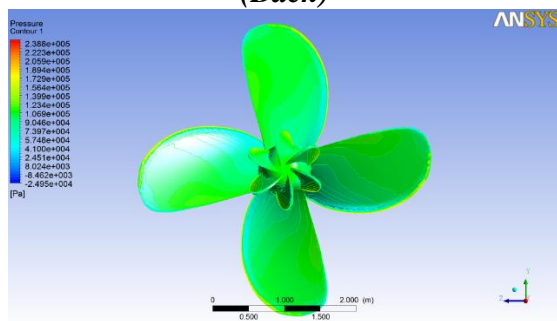
(Face)



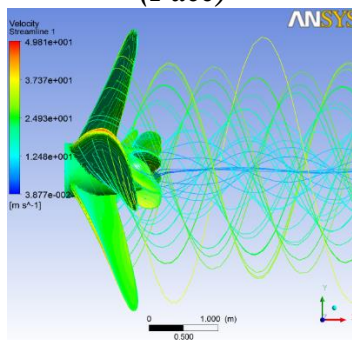
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 6 FINNS PADA J = 0,6



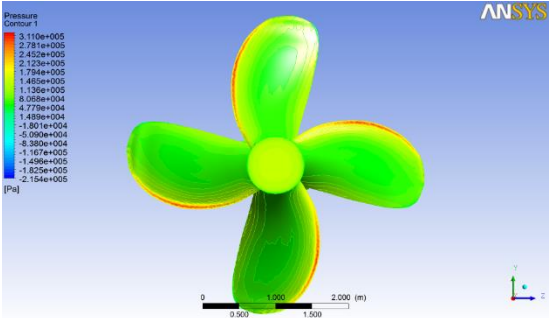
(Back)



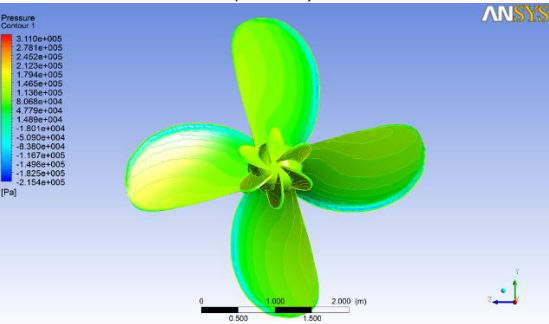
(Face)



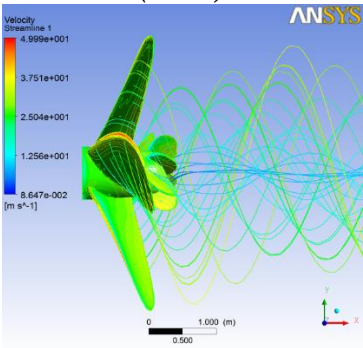
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 6 FINS PADA $J = 0,7$



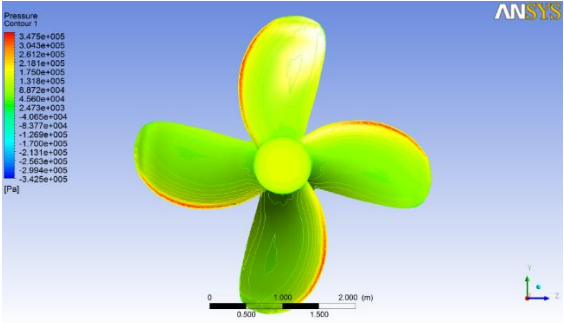
(Back)



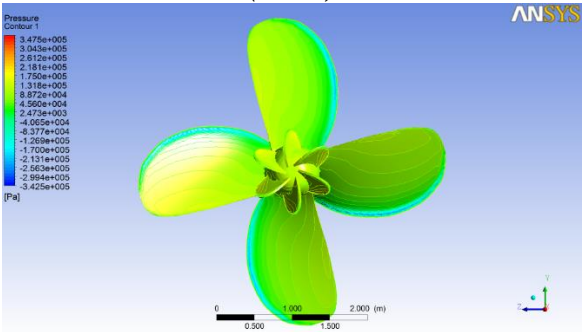
(Face)



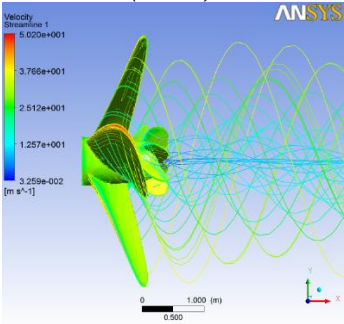
GAMBAR KONTUR TEKANAN DAN ALIRAN AIR PROPELLER DENGAN PBCF 6 FINS PADA $J = 0,8$



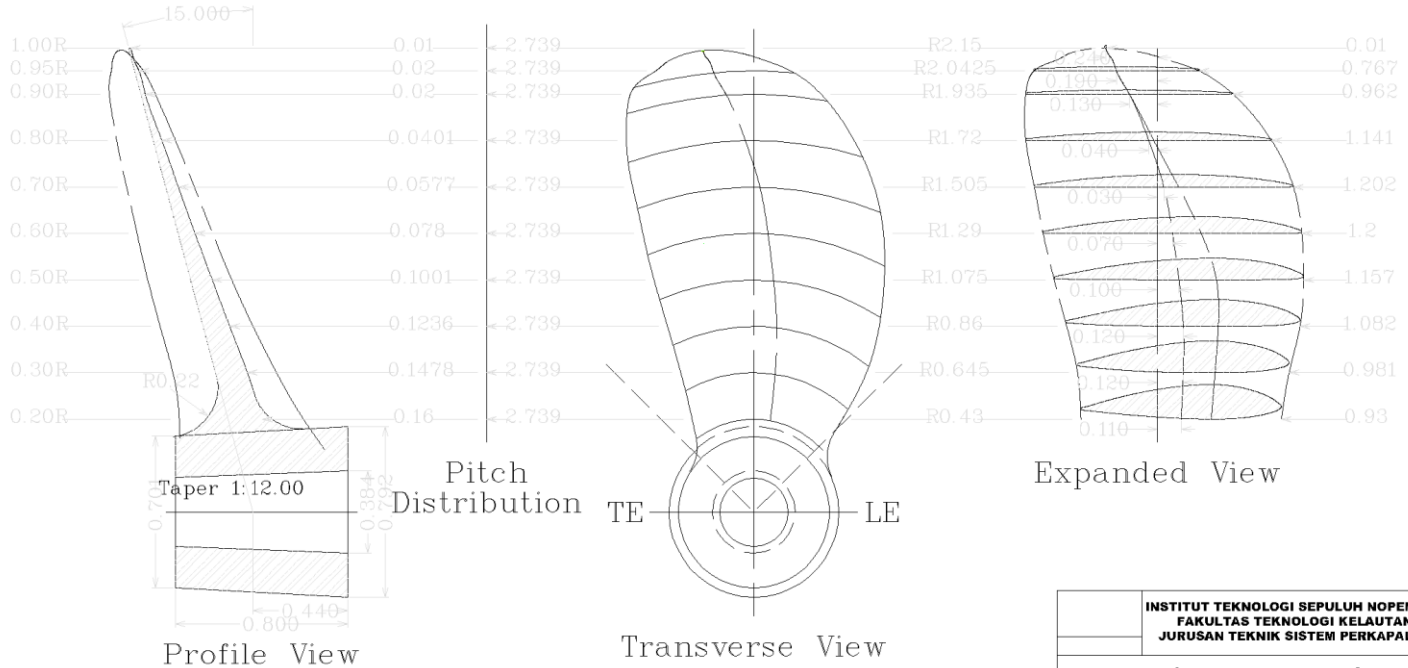
(Back)



(Face)



B4-51 PROPELLER DESIGN DRAWING



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER			
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN			
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN			
PROPELLER DRAWING			
Skala : 1:350	Tanda Tangan	Tanggal	Kode/No
Uraian/Isi : Syahriyannah			A5
Pembimbing 1 : Dr. I. Mado Ariana, S.T., M.Sc.			
Pembimbing 2 : Beni Cahyono, S.T., I.T.			
			4212.100.020

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada akhir Bab ini akan menjelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini dilakukan analisa karakteristik *open water test* dari propeller tipe *Wageningen B series* dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

Adanya *Hub Vortex Cavitation* yang terjadi pada propeller coba diatasi dengan penggunaan *Propeller Boss Cap Fins (PBCF)* yang dipasang pada bagian belakang propeller memiliki kelebihan diantaranya :

- Dapat memperbaiki bentuk aliran (distribusi kecepatan) pada daerah sekitar hub karena adanya *hub vortex cavitation* yang terjadi karena perbedaan laju aliran antara permukaan atas dan permukaan bawah daun propeller menghasilkan aliran kebawah yang signifikan dari *trailing edge* daun propeller.
- Menghilangkan *Hub Vortex Cavitation* pada baling - baling
- Meningkatkan gaya dorong sebesar 1% dan menurunkan torsi kurang dari 2% propeller. Meningkatkan efisiensi dimana pada data percobaan propeller ini dengan menggunakan PBCF didapatkan kenaikan efisiensi sebesar $\pm 4\%$ bila dibandingkan dengan pemakaian propeller tanpa PBCF. Pengaruh jumlah variasi fins terhadap performa dari propeller pada percobaan ini tidak mempunyai pengaruh besar, perbedaan nilai efisiensi, gaya dorong, dan torsi sebesar $\pm 0,2\%$.

Pemilihan propeller yang menggunakan PBCF dari hasil perhitungan yang paling optimal adalah pada penggunaan propeller dengan PBCF 5 fins walaupun dalam hal ini masih terbilang kecil perbedaan nilainya dengan penggunaan variasi jumlah fins lainnya.

5.2 Saran

Pada percobaan ini hanya dilakukan variasi jumlah dari fins, dalam penelitian kedepan untuk mendapatkan nilai efisiensi yang besar dan hasil yang optimum dari penggunaan PBCF dapat dilakukan variasi dari besarnya *Radius ratio* (R_f / R) dan variasi pemodelan fins lainnya dan optimalisasi dari penggunaan *meshing structure Ansys CFD*

.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] MA Cheng, CAI Hao-peng., “The design of propeller and *Propeller Boss Cap Fins* (PBCF) by an integrative method”, **Journal of Hydrodynamics**, : 586 – 593, Beijing, Januari, 2014
- [2] OUCHI K., OGURA M. and KONO Y. et al., “A Research and development of PBCF (*Propeller Boss Cap Fins*)-Improvement of flow from propeller boss”, **Journal of Society of Naval Architects of Japan**, hal. 66-78, Japan, 1988
- [3] Sang-Seop Lim. dkk., Parametric study of *Propeller Boss Cap Fins* for container ships. **Journal of Society of Naval Architects of Japan**, hal 188-205, Korea, 2014
- [4] MOL Mitsui O.S.K Lines. 2015., “Energy-saving *Propeller Boss Cap Fins* system reaches milestone” (<http://www.mol.co.jp/en/pr/2015/15033.html>. Diakses 26 Oktober 2015)
- [5] Hendy, S.M., “Analisa Efisiensi Penggunaan Propeller Boss Cap Fins (PBCF) pada Baling – Baling Kapal. **Perpustakaan ITS**. Surabaya, 1998
- [6] John, S., “*Marine Propeller and Propulsion*”, Second edition. **British Library Cataloguing in Publication Data**. Oxford, 2007
- [7] MOL Techno-Trade,Ltd. PBCF Department. 2015., “Features & Benefit” (<http://www.pbcf.jp/english/characteristics/index.html>. Diakses 26 Oktober 2015)
- [8] CFD-Wiki. (<http://www.cfd-online.com/Wiki/Main> Page Diakses 29 Desember 2015)

BIODATA PENULIS



Lahir dengan nama Syafriansyah di Kota kecil Babat di Kabupaten Lamongan Jawa Timur pada tanggal 23 Juni 1994. Merupakan anak kedua dari 2 bersaudara dari pasangan Orang Tua Fathur Rochman dan Astinik. Masa kecil dihabiskan di Lamongan hingga SMA. Pendidikan formal yang telah ditempuh diantaranya MI Islamiyah Babat, MTsN Model Babat, dan SMA N 1 Babat. Melalui program pemerintah Beasiswa BIDIK MISI Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur undangan Penulis di terima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS pada Tahun 2012. Selama menempuh studi di ITS Penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan dan kerohanian seperti Pengurus Himpunan dan Lembaga Dakwah Jurusan. Penulis memilih Laboratorium Marine Power Plan (MPP) untuk menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisa Penggunaan *Propeller Boss Cap Fins (Pbcf)* Terhadap Pengaruh Pembebanan Daya *Main Engine* Dalam Upaya Mendukung Program *Eco Ship* PT. Pertamina (Persero) Perkapalan untuk menyelesaikan pendidikan S1.