

# ANALISA UNDERWATER THRUSTER PADA REMOTELY OPERATED VEHICLE (ROV) DENGAN METODE CFD

Zaenal Abidin<sup>1</sup>, Deddy Chrismianto<sup>1</sup>, Andi Trimulyono<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Perkapalaan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: [zaenalsipssip@gmail.com](mailto:zaenalsipssip@gmail.com), [deddychrismianto@yahoo.co.id](mailto:deddychrismianto@yahoo.co.id)

## Abstrak

Perancangan dan pembuatan robot bawah air tentunya membutuhkan banyak komponen untuk mendukung demi peningkatan operasi kerja robot bawah air tersebut untuk melakukan berbagai macam misi yang di lakukan dibawah air. *Thruster* merupakan salahsatu komponen utama sebagai alat gerak pendorong dalam operasi kerja robot bawah air tersebut. Penelitian ini dibuat tiga macam desain dan analisa Thruster untuk ROV yaitu model jenis *Ducted Fan*, model jenis B5 75 Series Outlen Kaplan dan Kaplan Ka5 75 series kemudian akan dikomparasikan perencanaan desain sesuai dengan spesifikasi thruster yang telah dibuat sebagai komponen propulsi pada robot bawah air tersebut. Perbedaan model thruster mengindikasikan perubahan gaya thrust yang berbeda sehingga penulis disini ingin menganalisa effect masing-masing model terhadap thrust yang dihasilkan sehingga dapat diketahui model dengan efisiensi paling optimal dengan bantuan paket program *Computer Aided Design (CAD)* serta *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dalam penganalisaan yang dilakukan menggunakan software CFD ANSYS CFX 15.0 menunjukkan dari masing-masing model thruster yang di analisa, terjadi perubahan bentuk aliran fluida, yang berpengaruh pula terhadap nilai thrust yang dihasilkan. Dari ketiga variasi model tersebut, terlihat nilai Thrust terbesar terjadi pada tipe Thruster B5 75 Outline Kaplan Series yaitu sebesar 25.848 N terjadi peningkatan sebesar 3.2713 % dari Kaplan series.

Kata kunci: *Remotely Operated Vehicle, Thruster, CFD.*

## Abstract

*The Design and manufacturing process of underwater robot needs many support and increase the performance of the underwater robot itself to do some underwater missions. Thruster is one of the main components wich has function as an actuator for the robot during the operation. In this research, three kinds of designs and analysis of the ROV's thruster is made, which consist of Ducted Fan Model, B5 75 Outline Kaplan Series Model, and Kaplan Ka5 75 Series. Those Design will be compared in accordance with the thruster that has been made as the propulsion component of the underwater robot. Each type of the thruster model indicates thrust forces. So, thee writer wants to analyze thrust that generated by each model so it can be discovered that which model has the most optimal efficiency by using Computer Aided Design (CAD) program packages and also Computational Fluid Dynamics (CFD). The analysis that performed by using CFD indicates the change of the form of the fluids flow which affects the value of the thrust of each model. From the 3 models, the B5 75 Outline Kaplan Series has the highest thrust which was 25.848 N , which indicates an increase of 3,2713% from the Kaplan Series.*

Key Word : *Remotely Operated Vehicle, Thruster, CFD.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Latar Remotely operated vehicle (ROV) adalah instrumen berupa wahana selam berukuran mini. ROV biasa digunakan untuk eksplorasi objek bawah laut seperti pemotretan bawah air,

operasi militer, perbaikan jalur pipa bawah laut. ROV digunakan untuk kegiatan pada daerah yang tidak dapat dijangkau manusia seperti gua kecil di bawah air. ROV dibuat memiliki kemampuan operasi penyelamatan laut dalam dan perbaikan objek dasar laut dari permukaan. [5]

Dalam perancangan dan pembuatan robot bawah air tentunya membutuhkan banyak komponen untuk mendukung demi peningkatan oprasi kerja robot bawah air tersebut untuk melakukan berbagai macam misi yang di lakukan dibawah air. Thruster merupakan salahsatu komponen utama sebagai alat gerak pendorong dalam operasi kerja robot bawah air tersebut. Hal tersebut memungkinkan performa olah gerak daripada robot bawah air untuk dapat bergerak sesuai yang di inginkan seperti bermanuver secara horizontal untuk bergerak maju dan bergerak mundur dan bermanuver secara sumbu vertikal untuk bergerak ke atas maupun bergerak kebawah. [1]

Dalam penelitian ini akan dibuat tiga macam desain dan analisa Thruster untuk DIPO ROV yaitu model jenis Ducted Fan , model jenis B5 75 Series Outline Kaplan dan Kaplan Ka5 75 series kemudian akan dikomparasikan perencanaan desain sesuai dengan spesifikasi thruster yang telah dibuat sebagai komponen propulsi pada robot bawah air tersebut. Desain thruster tersebut akan di analisa aliran fluida yang terjadi dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamic (CFD).

## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah gaya dorong yang dibutuhkan ROV untuk bermanuver dari ketiga tipe B5 75 Series Outline Kaplan, Ka5 75 Seies dan Ducted Fan tersebut, thruster seperti apa yang memiliki nilai thrust paling tinggi ?
2. Bagaimana perbandingan validasi pengujian dengan hasil eksperimen dan analisa menggunakan CFD ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan

1. Berikut adalah ukuran utama dari DIPO-ROV:

Panjang	601.87 mm
Lebar	409.20 mm
Tinggi	290.00 mm
Massa (di udara)	13.7 Kg
Berat di air	5 N

2. Thruster 1 yang digunakan adalah type B5 75 Outline Kaplan Series :

Diameter	130	[mm]
Pitch	78	[mm]
Expanded Area Ratio	0.75	
Number of Blades	5	
Boss Ratio	0.3	
Rake Angle	10	[deg]
Blade Section	B-Series Outlen Kaplan	

3. Thruster 2 yang digunakan adalah type Ka5 75 Series :

Diameter	130	[mm]
Pitch	78	[mm]
Expanded Area Ratio	0.75	
Number of Blades	5	
Boss Ratio	0.3	
Rake Angle	10	[deg]
Blade Section	Kaplan Series	

4. Thruster 3 yang digunakan dari *Ducted Fan Product*

5. Hanya membandingkan desain yang ada.
6. Asumsi aliran di depan thruster steady-uniform
7. Kort Nozzle yang digunakan model B tipe shunskin nozzle.
8. Analisa pada keadaan open water.
9. Kondisi thruster akan dianalisa pada keadaan statis sesuai dengan putaran yang dikehendaki.
10. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida di belakang thruster.
11. Analisis yang dilakukan dengan mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari badan ROV

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui gaya dorong thruster yang dibutuhkan untuk ROV dapat bermanuver, dari model yang dibuat Ducted Fan ,tipe B5 75 Outline Kaplan Series, Ka5 75 series sehingga dapat mengetahui dari thruster tersebut manakah yang memiliki nilai thrust tinggi
2. Mendapatkan thruster yang mempunyai nilai optimum dengan analisa menggunakan CFD.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Hidrodinamika propeller

Dalam membuat bentuk dasar propeller dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis

yaitu yang dinamakan Hidrofoil dimana menghasilkan suatu lift yang lebih besar dibandingkan dengan drag-nya[5]. Pergerakan dari hidrofoil ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika. Hidrodinamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas airfoil melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan.

Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih pelan bila dibandingkan bagian atas hidrofoil. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena lift atau gaya angkat itu.

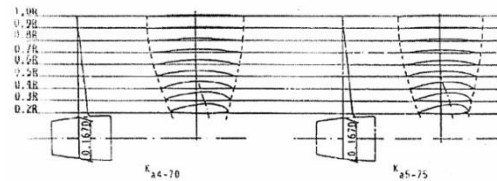
## 2.2. Baling-baling

Baling-baling ulir merupakan bentuk alat penggerak kapal yang paling umum. Sebuah baling-baling ulir mempunyai dua buah daun atau lebih yang menjorok dari hub atau bos. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub atau merupakan daun yang dapat dikendalikan (controllable pitch propeller). [8 Suatu baling-baling harus mempunyai garis tengah (diameter) demikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling tersebut akan terbenam dengan memadai sehingga dapat menghindari sejauh mungkin terjadinya fenomena terikutnya udara (airdrawing) dan pemacuan baling-baling (racing) ketika kapal mengalami gerakan pitching. [5]

## 2.3. Geometri

Permukaan daun baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi

muka, atau paras, (face) atau sisi tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung atau sisi belakang, (back) atau sisi tekanan rendah.

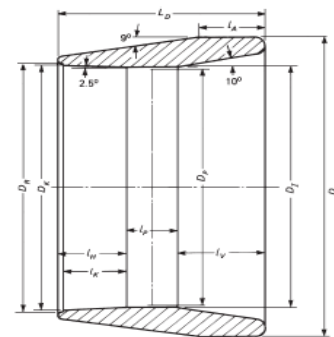


Gambar 2.1. Sketsa definisi baling-baling[7].

Bentuk sisi tekanan tinggi yang paling sederhana adalah permukaan berbentuk spiral (helicoidal surface). Permukaan ini dapat didefinisikan sebagai permukaan yang dibentuk oleh sebuah garis lurus, disebut generatriks atau garis generator (generatrix, atau generator line) yang berkisar mengelilingi suatu sumbu yang melalui salah satu ujungnya dan sekaligus bergerak ke sepanjang sumbu tersebut. Jarak aksial yang ditempuh dalam tiap kisaran disebut langkah atau jarak ulir P (pitch). Jika langkah ulir tersebut tetap maka berarti bahwa P untuk semua jari-jari dalam baling-baling demikian itu sama. [5]

## 2.4. Ducted Propeller

Beban gaya dorong yang tinggi memberikan efisiensi yang rendah, sebaliknya beban gaya dorong yang rendah memberikan efisiensi yang tinggi [7]. Dengan demikian maka efisiensi baling-baling dapat ditingkatkan, berarti peningkatan kualitas propulsif kapal, dengan jalan menurunkan beban gaya dorong.



Gambar 2.2. Kort Nozzle Thruster[7].

Beban gaya dorong dapat diubah dengan jalan memasang foil udara mengelilingi baling-baling sehingga membentuk satu unit baling-baling yang diselubungi atau unit baling-baling di dalam tabung (nozzle). Unit ini juga disebut sebagai tabung Kort. Kort diambil dari nama Ludwig Kort, yaitu perancang baling-baling tabung (ducted propeller) untuk kapal yang pertama; pada tahun 1927. [7]

## 2.5. Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) [5] merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas.

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

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- Pre Processor
- Solver Manager
- Post Processor

Sebuah pemahaman yang baik diperlukan dalam menyelesaikan algoritma penyelesaian numerik. Terdapat tiga konsep matematika yang berguna dalam menentukan berhasil atau tidaknya algoritma:

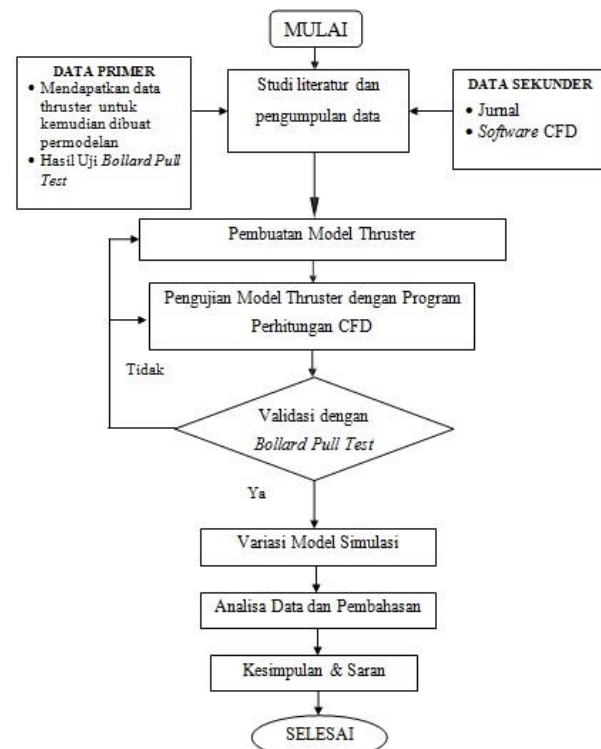
- Konvergensi, merupakan properti metode numerik untuk menghasilkan solusi yang mendekati solusi eksakta sebagai grid spacing, ukuran kontrol volume atau ukuran elemen dikurangi mendekati nol.
- Konsisten, merupakan suatu skema numerik yang menghasilkan sistem

persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan ekuivalen dengan persamaan pengendali sebagai grid spasi mendekati nol.

- Stabilitas, yaitu penggunaan faktor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembulatan bahkan dalam data awal dapat menyebabkan osilasi atau divergensi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipakai untuk penyelesaian tugas akhir ini secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah dengan tahapan-tahapan seperti berikut : Apabila makalah adalah sebuah kajian konseptual atau pengembangan model maka jelaskan pada Bab Metodologi Penelitian tahapan yang dilakukan.



Gambar 3.1 Flow Chart metodologi penelitian

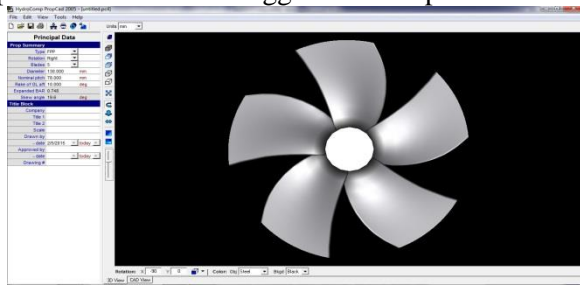
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengolahan Data

#### 4.1.1. Pemodelan Menggunakan PropCad

Data ukuran utama propeller digunakan sebagai input pada software PropCad yang kemudian langsung dilakukan perhitungan guna

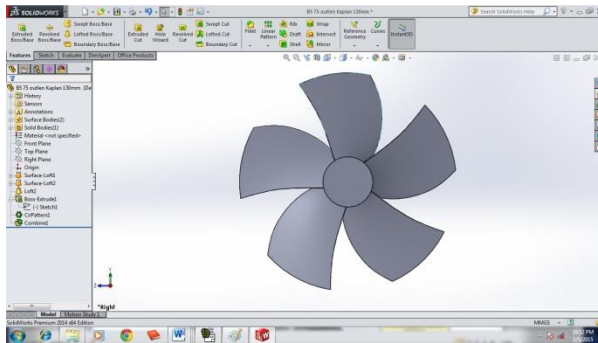
menghasilkan koordinat propeller 3D. Pada pembuatan model menggunakan Propcad .



Gambar 4.1 Gambar Propeller dengan PropCAD.

#### 4.1.2. Pemodelan Menggunakan Solidwork

Pembuatan model Propeller Menggunakan software Solidwork dimana hasil koordinat 3D dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya pada software PropCad, kemudian digambar ulang dengan menggunakan software ini pada Gambar 4.2 Berikut ini adalah hasil visualisasi desain geometri pada software Solidwork.



Gambar 4.2 Gambar Propeller dengan Solidwork

#### 4.1.3. Simulasi Computational Fluid Dynamic

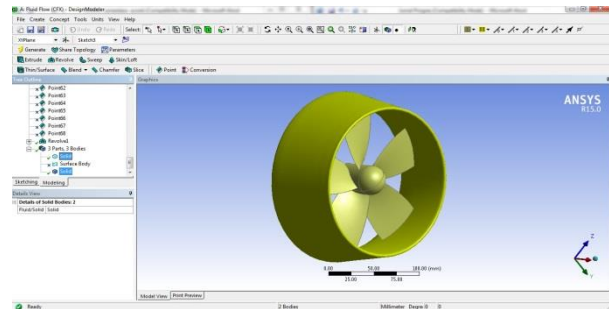
Langkah simulasi numerik pada ANSYS 15.0 pada dasarnya sama dengan jenis software lain yang berbasis Computational Fluid Dynamic. Pengujian ini menggunakan perhitungan solver Fluid Flow Analys (CFX). Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada solver ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- a. Geometry
- b. Mesh
- c. Setup

#### 4.1.4. Tahap Geometry

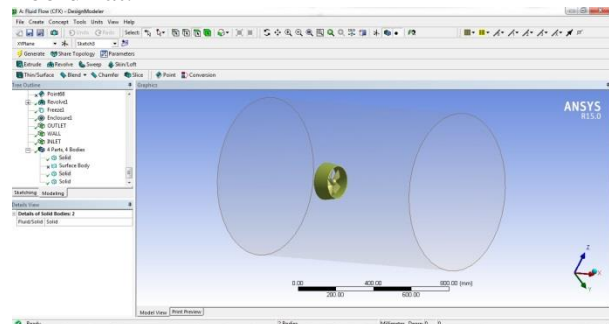
Geometry merupakan langkah awal dimana pengecekan solid tidaknya model. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan domain fluida tempat pengujian. Pada tahap ini perintah yang digunakan adalah file > import external geometry file > enter file model > OK > generate. Pada

Gambar 4.3



Gambar 4.3 Model solid

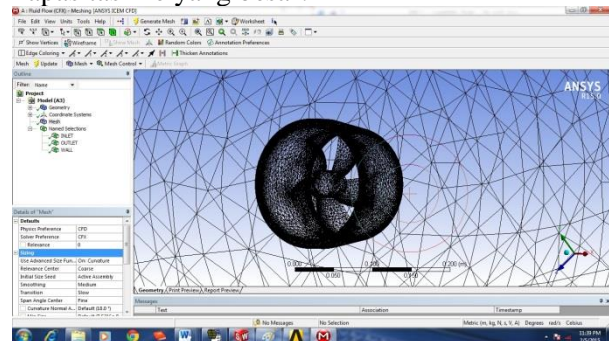
Langkah selanjutnya pembuatan boundary building pada Gambar 4.4 pada tahap ini langkah pertama yaitu pemilihan XY plan sebagai koordinat.



Gambar 4.4 Boundary building thruster pada tahap Geometry

#### 4.1.5. Tahap Mesh

Setelah domain fluida terbentuk langkah selanjutnya adalah melakukan meshing pada model pada Gambar 4.5 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.



Gambar 4.5 Hasil mesh

#### 4.1.6. Tahap Set Up

Setup adalah tahapan yang dilakukan setelah mesh berhasil dilakukan. Setup merupakan



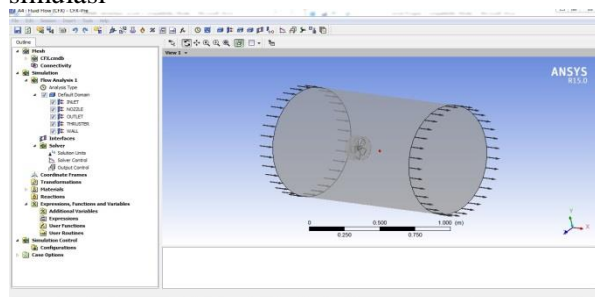
tahapan yang berisi tentang penentuan hal – hal yang berkaitan dengan simulasi. Gambar 4.5 Pada tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, antara lain default domain, solver, pembuatan expression, dan lain-lain.

Pada tahap setup ini adalah setup yang digunakan untuk memvalidasikan hasil uji coba thruster yang sudah ada [1]. dengan perhitungan CFD untuk thruster yang kemudian setup tersebut akan di adopsi untuk pengujian thruster untuk DIPO-ROV. Berikut adalah setup yang digunakan bawah gambar.

**Table 4.1** Boundary Physics

Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B79
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating
Angular Velocity	[rev min <sup>-1</sup> ]
Axis Definition	Coordinate Axis
Rotation Axis	Coord 0.1
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Isothermal
Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall	Scalable
Functions	

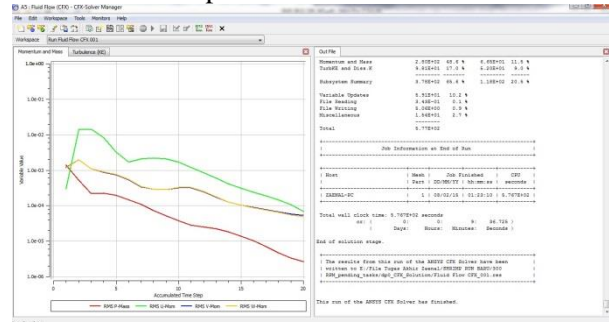
Disini juga ditentukan *solver control* simulasi. *Solver control* yang dipilih yaitu 0,0004. Sebagai nilai konvergensi untuk melihat tingkat error. Angka tersebut dipilih karena semakin kecil tingkat error, semakin bagus pula kualitas hasil simulasi



Gambar 4.6 Domain pada setup

#### 4.1.7. Tahap Solution

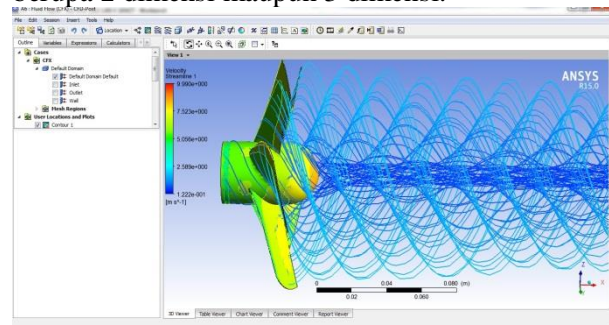
Setelah setup selesai di program, tahap selanjutnya adalah solution pada Gambar 4.7 Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.



Gambar 4.7 Grafik perhitungan (running)

#### 4.1.8. Tahap Results

Setelah proses running atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap solution pada Gambar 4.8. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa nilai thrust (force), dan torque model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi maupun 3 dimensi.



Gambar 4.8 Visualisasi aliran

#### 4.1.9. Validasi Thruster

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan software hasil uji yang sudah ada. Validasi digunakan untuk menentukan boundary condition yang tepat untuk digunakan pada boundary condition pada saat menganalisa 3 model thruster untuk DIPO-ROV dengan menggunakan *software* berbasis CFD. Acuan model untuk divalidasi diambil dari pengujian thruster [9] yaitu propeller yang digunakan tipe Wageningen Ka5 75 series propeller dan 19A nozzle pada Tabel 4.2 Adapun maximal error untuk validasi antara CFD dengan uji hasil bollard pull test adalah 5%. Berikut data thruster untuk di validasi :

- Diameter propeller : 161 mm
- Hub diameter : 50 mm
- Jumlah blade : 5
- Pitch/diameter : 0.6
- Diameter luar Nozzle : 220 mm
- Panjang Nozzle : 82 mm

Pada penelitian tersebut diambil 3 variasi perputaran pada thruster dan di tampilkan contour static pressure. Pada hasil perhitungan dengan CFD pada ANSYS CFX 15.0 adalah sebagai berikut :

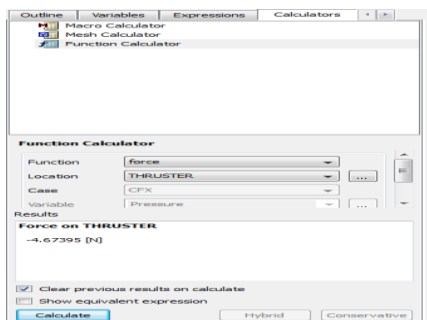
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil uji coba [9] dengan simulasi CFD

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil uji coba thrust (N)	Hasil simulasi CFD (N)	Errorr (%)
300	4.5	4.673	3.844
600	15	15.2	1.33
900	40	42	5

Dari hasil perhitungan CFD yang di bandingkan dengan uji coba thruster pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa parameter setup pada perhitungan CFD cukup akurat yaitu 0% - 5% maka parameter setup tersebut akan digunakan pada perhitungan CFD untuk thruster DIPO-ROV.

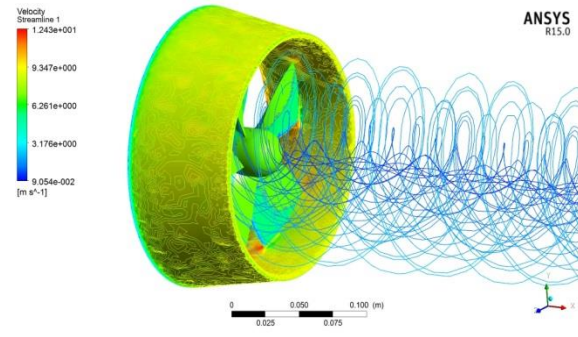
#### 4.1.10. Perhitungan Force dan Torque pada Thruster

Perhitungan thrust (force) dan torque pada thruster dengan metode Computational Fluid Dynamic pada post processor (hasil running) diambil dari tahap results yaitu pada function calculator, function yang di inginkan yaitu force dan torque. Location merupakan pemilihan area yang ingin di ketahui nilainya dapat dilihat pada Gambar 4.9 Kemudian dari data tersebut kita olah sehingga menjadi data yang matang.

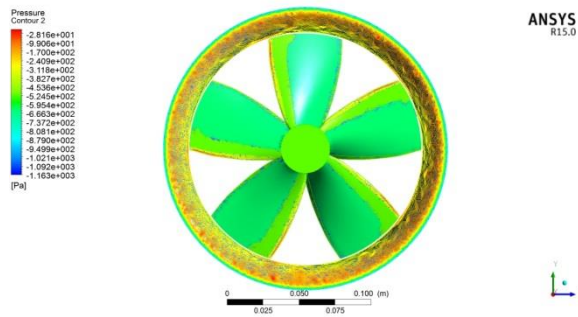


Gambar 4.9 Pengambilan data

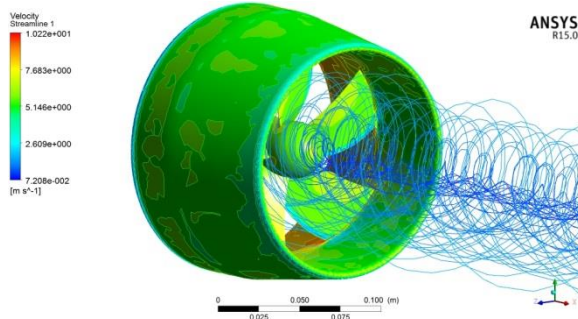
## 4.2 Hasil Analisa Data



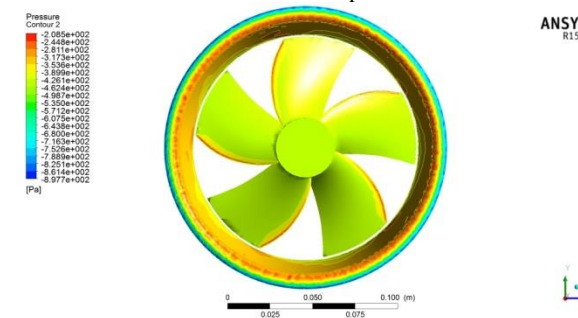
Gambar 4.10 Streamline velocity pada Thruster Ka5 75 Series Nozzle 19A



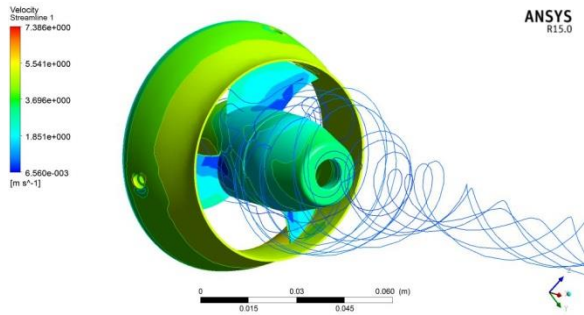
Gambar 4.11 Pressure Contour pada back side Thruster Ka5 75 Series Nozzle 19A



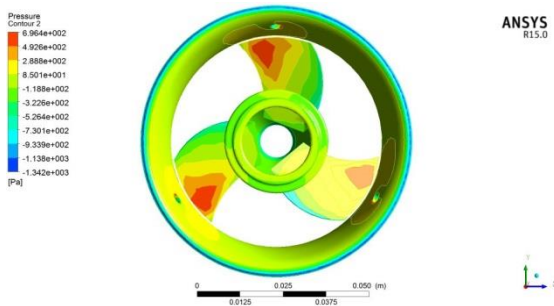
Gambar 4.12 Streamline velocity pada Thruster B5 75 Outline Kaplan Series



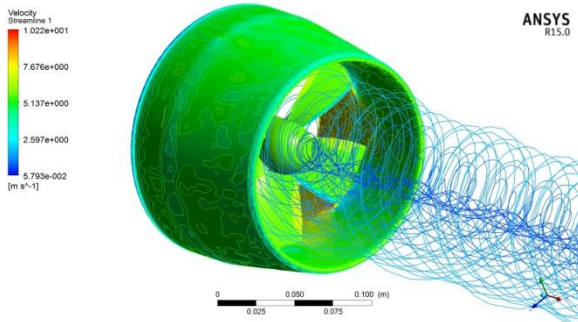
Gambar 4.13 Pressure Contour pada back side Thruster B5 75 Outline Kaplan Series



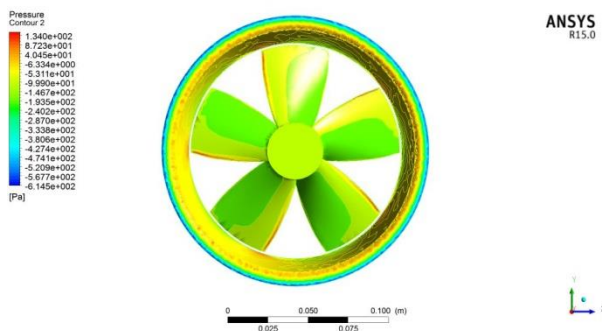
Gambar 4.14 Streamline velocity pada Thruster Ducted Fan



Gambar 4.15 Pressure Contour pada back side Thruster Ducted Fan Series



Gambar 4.16 Streamline velocity pada Thruster Ka5 75 Series Shuskhin Nozzle



Gambar 4.17 Streamline velocity pada Thruster Ka5 75 Series Shuskhin Nozzle

Dari hasil running simulasi pada Gambar 4.10 sampai dengan gambar 4.17 menunjukkan

fenomena *Streamline velocity* pada model thruster dan *Pressure Contour* pada thruster yang berbeda :

1. Pada instalasi *Shuskhin Nozzle* mempunyai tekanan yang lebih besar di bandingkan dengan Nozzle 19A.
2. Pada model thruster B5 75 series Outline Kaplan mempunyai *Pressure Contour* yang lebih tinggi di bandingkan model thruster Ka5 75 series dan Ducted Fan.

### 4.3 Pembahasan

Dari hasil analisa diatas maka dapat dibuat table dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.3 Variasi Thrust pada Thruster Ka5 75 Series

Hasil simulasi CFD Thruster Ka5 75 Series	
Kecepatan Rotasi (rpm)	Thrust (N)
300	2.78146
600	11.1131
900	25.0292

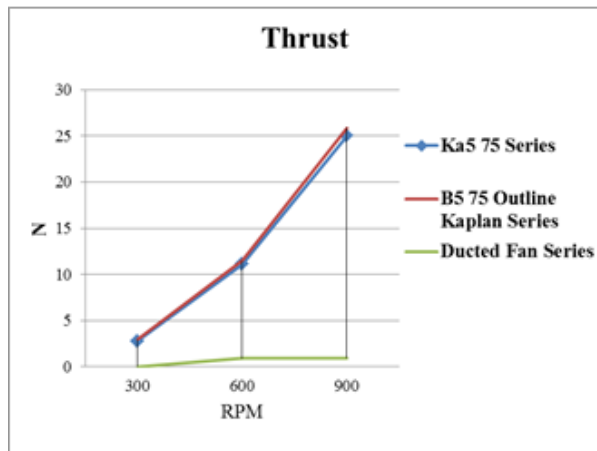
Tabel 4.4 Variasi Thrust pada Thruster B5 75 Outline Kaplan Series

Hasil simulasi CFD Thruster B5 75 Outline kaplan Series	
Kecepatan Rotasi (rpm)	Thrust (N)
300	2.9492
600	11.4879
900	25.848

Tabel 4.5 Variasi Thrust pada Thruster Ducted Fan Series

Hasil simulasi CFD Thruster Ducted Fan Series	
Kecepatan Rotasi (rpm)	Thrust (N)
300	0.468787
600	0.891255
900	0.959128





Gambar 4.18 Grafik perbandingan Thrust

Dari penyajian gambar dan tabel di atas pada tabel 4.3 samapai dengan tabel 4.4 dan pada gambar grafik 4.18 sampai gambar grafik 4.19 Menunjukkan perbedaan nilai thrust.

1. Nilai thrust tertinggi dihasilkan pada model thruster B5 75 Outline Kaplan Series dengan nilai thrust tertinggi sebesar 25.848 N pada putaran 900 RPM.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari ketiga variasi model tersebut, terlihat nilai Thrust terbesar terjadi pada tipe Thruster B5 75 Outline Kaplan Series yaitu sebesar 25.848 N terjadi peningkatan sebesar 3.2713 % dari Kaplan series.
2. Pada model B5 75 Outline Kaplan Series mempunyai thrust paling tinggi karena mengacu pada Hukum Bernauli bahwa semakin besar luasan maka semakin besar pula gaya dorong dan hambatan yang terjadi.

Template ini dibuat untuk memudahkan proses pencetakan jurnal. Kerjasama dan kesediaan penulis mengikuti acuan pennisan sangat diharapkan.

### 5.2 Saran

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (future research) antara lain :

1. Perlunya dilakukan kajian lebih mendalam

lagi untuk masing-masing model thruter dengan lebih fokus desain optimasi suatu model yang memiliki nilai optimal sehingga kajiannya lebih komprehensif.

2. Diperlukan komputasi yang tinggi dalam analisa CFD.
3. Sebaiknya penelitian ini tidak hanya dilakukan pada model jenis B5 75 Outline Kaplan Seies, Ka5 75 Kaplan Series dan Ducted Fan Series yang bisa dilakukan penelitian lebih lanjut.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abu Sharkh S., Harris M.R., Crowder R.M., Chappel P.H. & Stoll R. L. & Sykulski, J. K., *Design consideration for electric drives for the thruster of unmanned underwater vehicles*, 6<sup>th</sup> European Conference on peer Electronics and Application, Sevilla.
- [2] D.Christ, Roberto, L.Wernli Sr, Robert, 2007, *The ROV Manual, user guide for observation*, Burlington, MA 01803: UK
- [3] F.A, Aziz, Rashid, M.S.M., et all, *Problem Identification for Underwater Remotely Operated Vehicle (ROV): A Case Study*, Department of Mechatronics, Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Melaka: Malaysia
- [4] G. Kuiper (1992) *The Wageningen Propeller series*, Hamburg.
- [5] Huda, Nurul, 2013, *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [6] Kuiper, G, 2010, *New Developments and Propeller Design*, International Conference on Hydrodynamics on october 2010 : Shanghai, China
- [7] Lewis, E.V., (1989); "Principles of naval architecture. Edition: 2nd revision" Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988-89, Vol. 2.
- [8] Manik, Parlindungan, 2008, *Buku Ajar Propulsi Kapal*, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [9] Muljowidodo K, Sapto Adi N., Agus Budiyo, 2009, *Design and Testing Underwater for SHRIMP ROV-ITB :ITB* , Bandung Indonesia.