

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS JARAK DAN SUDUT *RUDDER* DENGAN *PROPELLER* TERHADAP KEMAMPUAN *THRUST* KAPAL PERIKANAN 30 GT MENGGUNAKAN METODE CFD**

Disusun dan diajukan oleh:

**MARDIANSYAH**

**D331 14 007**



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS JARAK DAN SUDUT *RUDDER* DENGAN *PROPELLER* TERHADAP  
KEMAMPUAN *THRUST* KAPAL PERIKANAN 30 GT MENGGUNAKAN METODE CFD

Disusun dan diajukan oleh:

**MARDIANSYAH**

**D33114007**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem perkapalan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 9 Agustus 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Andi Haris Muhammad, ST., MT., Ph.D  
NIP.196904042000031002

Pembimbing Pendamping,



Muhammad Iqbal Nikamtullah, ST., MT  
NIP. 198701312019031007

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Iqbal Mahmudin, ST., M Eng.  
NIP.198103112005011003

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi : Analisis Jarak Dan Sudut *Rudder* Dengan *Propeller*  
Terhadap Kemampuan *Thrust* Kapal Perikanan 30 Gt  
Menggunakan Metode Cfd.

Nama Mahasiswa : Mardiansyah

NIM : D33114007

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata  
Satu (S1) Teknik Sistem Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas  
Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada tanggal .....

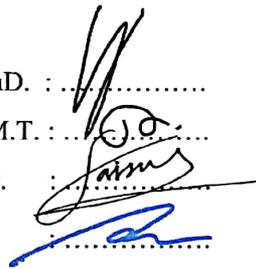
Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Andi Haris Muhammad, S.T., M.T., PhD. : .....

Sekretaris : Muhammad Iqbal Nikmatullah, S.T., M.T. : .....

Anggota : Dr. Eng Faisal Mahmudin S.T., M.Eng. : .....

: Rahimuddin, S.T., M.T., PhD. : .....



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Mardiansyah  
NIM : D33114007  
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul:

**Analisis Jarak dan Sudut *Rudder* Dengan *Propeller* Terhadap Kemampuan  
*Thrust* Kapal Perikanan 30 Gt Menggunakan Metode CFD**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



Mardiansyah

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat serta salam kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Meskipun dalam proses penyusunannya penulis melakukannya semaksimal mungkin dan dengan kesungguhan, namun penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam laporan skripsi ini. Oleh karena itu kritik serta masukan yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan.

Semoga Allah SWT membalas segala jasa dan kebaikan semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, Ayahanda Usman dan Ibunda Rasmi yang sampai hari ini masih membuat saya termotivasi, adik-adik saya yang terus memberikan dukungan sehingga perkuliahan saya dapat terselesaikan. Tak lupa pula untuk istriku tercinta, Mustakima Ismail, S.Si yang selalu mendampingi dan memberi semangat sampai terselesaikannya skripsi ini.

2. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T.,M.Eng selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan tanggapan demi hasil yang lebih baik.
3. Bapak Andi Haris Muhammad, S.T.,M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak M. Iqbal Nikmatullah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan banyak masukan dan ide demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Rahimuddin, S.T.,M.T. selaku penguji skripsi yang telah memberikan masukan dan tanggapan untuk hasil yang terbaik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis.
7. Staf Tata Usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan khususnya angkatan 2014 dan Rekan-rekan Laboratorium Propulsi Kapal, yang telah memberikan pengalaman-pengalaman berharga. Tak lupa pula saya sampaikan

banyak terima kasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.

9. Saudara Sampai Surga Alumni Rumah Kepemimpinan Se Indonesia dan teman seperjuangan di KKN Tematik Bangun Mandar Sulawesi barat beserta Teman-teman Unit Kegiatan Mahasiswa Panahan, Asistan Laboratorium Fisika Dasar dan Keluarga Mentor Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah kebersamai di kegiatan intra kampus.
10. Teman-teman komunitas Sosial, Agama, dan Pendidikan seluruh Indonesia yang kebersamai di kegiatan ekstra kampus diantaranya Komunitas Beasiswa 10000, IYD, IKASA, KAMMI, FIM, KPAJ, Yuk Belajar.id, Jambore Anti Korupsi KPK, Sahabat Kominfo, Sahabat Ombudsman, GILS, dll.
11. Teman-teman Surveyor Lembaga Survey (LSI, LRI, JSI, JIP, ISS, PANDAWA, INDIKATOR, KOMPAS, MEDIAN, CIKOM, CPI) se Indonesia dan Supervisor LBB Hasanuddin serta Auditor Dinas Pariwisata Provinsi Sulawesi Selatan, serta para rekan leader di Bisnis Online Se-Indonesia yang memberikan pengalaman kerja yang luar biasa.

Akhir kata, semoga hasil penelitian dan skripsi ini bermanfaat kepada mahasiswa perkapalan secara umum dan utamanya kepada saya selaku penyusun secara khusus dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan serta wawasan dalam ilmu Teknik Perkapalan.

Gowa, 19 Juli 2021

Mardiansyah

# **ANALISIS JARAK DAN SUDUT *RUDDER* DENGAN PROPELLER TERHADAP KEMAMPUAN *THRUST* KAPAL PERIKANAN 30 GT DENGAN METODE CFD**

Mardiansyah <sup>1)</sup>

Andi Haris Muhammad, ST, MT, Ph.D. <sup>1)</sup>

M. Iqbal Nikmatullah, ST, MT. <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Marine Engineering FT-UH

Email : [mardiansyahusman14@gmail.com](mailto:mardiansyahusman14@gmail.com)

## **Abstrak**

Sebuah kapal dirancang berdasarkan tujuan dan fungsi masing-masing, begitu pula dengan kapal perikanan. Kapal perikanan umumnya dirancang dengan misi khusus (menemukan, menangkap dan melestarikan ikan), hal ini menjadikan kapal perikanan memiliki parameter desain yang berbeda dibanding dengan kapal niaga pada umumnya. Sebagaimana fungsi kapal perikanan dalam operasinya yaitu mengejar dan melingkari jaring (*purse-seine*) serta menangkap ikan menjadikan kemampuan manuver kapal perikanan sangat diperlukan dan kapal harus memiliki konfigurasi sistem propulsi yang handal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jarak dan sudut *rudder* terhadap *propeller* untuk nilai *thrust*, *lift*, *drag* dan *torque* serta menentukan peletakan *rudder* terhadap *propeller* yang paling optimal pada kapal menggunakan pendekatan CFD (Computational Fluid Dynamic) dengan variasi jarak antara propeller dan kemudi serta sudut yang berbeda. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa jarak 0,16 m atau variasi 20%D memiliki nilai thrust paling baik dibandingkan dengan jarak lainnya.

**Kata kunci** : *Thrust Propeller, Jarak Rudder, Sudut Rudder, Computational Fluid Dynamic.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Kapal Perikanan .....	6
2.2 Pengertian <i>Propeller</i> .....	7
2.3 Hidrodinamika <i>Propeller</i> .....	8
2.4 Geometri <i>Propeller</i> .....	8
2.5 Karakteristik <i>Propeller</i> .....	11
2.6 Kemudi Kapal .....	13
2.7 Klasifikasi Rudder .....	13
2.8 Dimensi Rudder .....	15

2.9	Gaya yang Bekerja Pada Rudder .....	17
2.10	<i>Computational Fluid Dynamic</i> .....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		31
3.1	Tempat Dan Waktu Penelitian .....	31
3.1.1	Lokasi Penelitian .....	31
3.1.2	Waktu Penelitian .....	31
3.2	Studi Literatur .....	31
3.3	Pengumpulan Data .....	32
3.3.1	Data Kapal .....	32
3.3.2	Data <i>Propeller</i> Kapal .....	32
3.3.3	Data Kemudi Kapal .....	33
3.4	Software .....	33
3.4.1	Rhinoceros 5.0.....	34
3.4.2	Ansys CFX R18.1.....	34
3.5	Analisa Data dan Pembahasan.....	39
3.6	Diagram Alur Pengerjaan Tugas.....	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		41
4.1	Pengolahan Data .....	41
4.1.1	Pemodelan <i>Propeller</i> dan <i>Rudder</i> menggunakan Rhinoceros .....	41
4.1.2	Simulasi <i>Computational Fluid Dynamic</i> .....	42
4.2	Simulasi Model <i>Propeller</i> dan <i>Kemudi</i> .....	49
4.2.1	Berdasarkan Variasi Jarak <i>Rudder</i> Terhadap <i>Propeller</i> .....	49
4.2.2	Berdasarkan Variasi Besar Sudut Kemudi .....	51
4.3	Validasi .....	52
4.4	Pembahasan Hasil Simulasi .....	55
4.4.1	<i>Thrust</i> Akibat Perbedaan Jarak Antara <i>Propeller</i> dan Rudder.....	55
4.4.2	<i>Lift</i> Akibat Perbedaan Jarak Antara <i>Propeller</i> dan Rudder .....	56
4.4.3	<i>Drag</i> Akibat Perbedaan Jarak Antara <i>Propeller</i> dan Rudder.....	59
4.4.4	<i>Torque</i> Akibat Perbedaan Jarak Antara <i>Propeller</i> dan Rudder .....	60
BAB 5 PENUTUP .....		62
5.1	Kesimpulan .....	62

5.2 Saran .....	62
DAFTAR PUSTAKA .....	64
LAMPIRAN.....	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Geometri Propeller .....	9
Gambar 2.2	Kurva Open Water Test.....	12
Gambar 2.3	Variasi Bentuk Rudder .....	14
Gambar 2.4	Dimensi Rudder.....	15
Gambar 2.5	Macam-Macam Profil Rudder.....	17
Gambar 2.6	Konfigurasi Propeller dan Rudder .....	19
Gambar 2.7	Gaya yang bekerja pada Rudder .....	19
Gambar 2.8	Hasil Meshing dan Kondisi Batas .....	28
Gambar 2.9	Interprestasi Animasi Hasil Simulasi CFX .....	30
Gambar 3.1	Design Propeller dan Rudder .....	33
Gambar 3.2	Pengaturan Geometry Ansys CFX R18.1 .....	35
Gambar 3.3	Propeller, Rudder dan Domain Fluida.....	36
Gambar 4.4	Meshing Model Propeller dan Kemudi .....	37
Gambar 4.1	Pemodelan Propeller dan Rudder menggunakan Rhinoceros	41
Gambar 4.2	Boundary building model pada tahap Geometry.....	42
Gambar 4.3	Hasil Meshing .....	43
Gambar 4.4	Pengaturan Setup Ansys CFX R18.1 .....	47
Gambar 4.5	Tahap Solution .....	47
Gambar 4.6	Tahap Result pada tampilan Streamline.....	48
Gambar 4.7	Tahap Result pada tampilan Volume Rendering .....	48
Gambar 4.8	Kurva Lift Akibat Perubahan Sudut Rudder Terhadap Propeller .....	54
Gambar 4.9	Grafik Thrust Terhadap Perbedaan Jarak Antara Propeller Dan Rudder .....	56
Gambar 4.10	Kurva Drag Akibat Perubahan Sudut Rudder Terhadap Propeller .....	57
Gambar 4.11	Kurva Torque Terhadap Perbedaan Jarak Antara Propeller dan Rudder.....	59
Gambar 4.12	Kurva Lift Akibat Perubahan Sudut Rudder Terhadap	

Propeller .....	59
-----------------	----

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Ukuran Utama Kapal .....	32
Tabel 3.2	Koefisien Bentuk Kapal .....	32
Tabel 3.3	Interaksi Lambung Kapal dengan Propeller .....	32
Tabel 3.4	Data Propeller Kapal .....	33
Tabel 3.5	Data Ukuran Utama Rudder.....	33
Tabel 4.1	Kondisi Fisik dan Aliran Pada Domain Fluida Stationer.....	44
Tabel 4.2	Kondisi Fisik Propeller Pada Domain.....	44
Tabel 4.3	Kondisi Fisik Rudder Pada Domain .....	45
Tabel 4.4	Pengaturan Kondisi Batas Inlet.....	45
Tabel 4.5	Pengaturan Kondisi Batas Outlet .....	45
Tabel 4.6	Pengaturan Interface Fluida Berotasi Dan Fluida Stasioner	46
Tabel .7	Pengaturan Solver Control .....	46
Tabel 4.8	Variasi jarak Rudder terhadap Propeller.....	49
Tabel 4.9	Visualisasi Design Variasi Jarak Rudder terhadap Propeller mulai dari 10%D sampai 100%D.....	54
Tabel 4.10	Variasi Besar Sudut Kemudi.....	51
Tabel 4.11	Visualisasi Design Variasi Sudut Kemudi 0°, 10°, 20° dan 35° .....	51
Tabel 4.12	Rekapitulasi Pembacaan Grafik <i>Wageningen</i> dan Simulasi <i>Ansys CFX</i> .....	53
Tabel 4.13	Perbandingan Hasil Pembacaan grafik <i>Wageningen</i> dengan Hasil Simulasi <i>Ansys CFX R18.1</i> .....	53
Tabel 4.14	Perbandingan Hasil Perhitungan KT dengan Hasil Simulasi CFD .....	54
Tabel 4.15	Hasil Simulasi <i>Thrust</i> Akibat Perbedaan Jarak Rudder dari <i>Propeller</i> menggunakan <i>Software Ansys CFX R18.1</i> .....	55
Tabel 4.16	Hasil Simulasi <i>Lift</i> Akibat Perbedaan Jarak Rudder dari <i>Propeller</i> menggunakan <i>Software Ansys CFX R18.1</i> .....	55
Tabel 4.17	Hasil Simulasi <i>Drag</i> Akibat Perbedaan Jarak Rudder dari	

	<i>Propeller</i> menggunakan <i>Software Ansys CFX R18.1</i> .....	56
Tabel 4.18	Hasil Simulasi <i>Torque</i> Akibat Perbedaan Jarak Rudder dari <i>Propeller</i> menggunakan <i>Software Ansys CFX R18.1</i> .....	57
Tabel 4.19	Rekapitulasi Hasil Efisiensi Propeller Akibat Perbedaan Jarak Rudder dari <i>Propeller</i> menggunakan <i>Software Ansys CFX R18.1</i> ..	59
Tabel 4.20	Hasil Simulasi <i>Lift</i> Akibat Perubahan Sudut Rudder dari <i>Propeller</i> menggunakan <i>Software Ansys CFX R18.1</i> .....	59

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

GT	: Gross Tonnage
CFD	: <i>Computation Fluid Dynamic</i>
D	: Diameter <i>Propeller</i> (m)
T	: <i>Thrust</i> (N)
Q	: <i>Torque / Torsi</i> (Nm)
L	: <i>Lift</i> (N)
D	: <i>Drag</i> (N)
RT	: Tahanan Total (N)
$\eta_p$	: Efisiensi <i>Propeller</i>
V	: Kecepatan Fluida (m/s)
V <sub>s</sub>	: Kecepatan <i>Service</i> (knot ; m/s)
V <sub>a</sub>	: Kecepatan <i>Advance</i> (knot ; m/s)
N	: Jumlah Daun <i>Propeller</i>
P	: <i>Pitch Propeller</i>
KT	: Koefisien <i>Thrust</i>
KQ	: Koefisien <i>Torsi</i>
CD	: Koefisien <i>Drag</i>
CL	: Koefisien <i>Lift</i>
n	: Kecepatan rotasi (s <sup>-1</sup> )
t	: Waktu (s)
g	: Percepatan gravitasi bumi (m/s <sup>2</sup> )
$\rho$	: massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
Re	: Bilangan Reynold
Pr	: Bilangan Prandtl
C <sub>b</sub>	: Koefisien blok
C <sub>p</sub>	: Koefisien prismatic
C <sub>m</sub>	: Koefisien midship
C <sub>w</sub>	: Koefisien waterline
$\alpha$	: <i>Angle of attack</i> (°)

- A : Luas penampang *rudder* (m<sup>2</sup>)  
J : Angka maju  
c : Lebar *rudder* (m)  
b : Tinggi *rudder* (m)  
X1 : Lebar bagian bawah *rudder* (m)  
X2 : Lebar bagian atas *rudder* (m)  
c1 : Faktor tipe kapal  
c2 : Faktor tipe *rudder*  
c3 : Faktor profil *rudder*  
c4 : Faktor perencanaan *rudder*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1** Gambaran masing – masing konfigurasi hasil Computational Fluid Dynamic (CFD) Berdasarkan Jarak Antara Propeller terhadap Rudder

**Lampiran 2** Gambaran masing – masing konfigurasi hasil Computational Fluid Dynamic (CFD) Berdasarkan Perubahan Sudut Rudder

**Lampiran 3** Visualisasi Animasi pada Propeller dan Rudder

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebuah kapal dirancang berdasarkan tujuan dan fungsi masing-masing, begitu pula dengan kapal perikanan. Menurut Andi Haris Muhammad, dkk (2017) Kapal perikanan umumnya dirancang dengan misi khusus (menemukan, menangkap dan melestarikan ikan), hal ini menjadikan kapal perikanan memiliki parameter desain yang berbeda dibanding dengan kapal niaga pada umumnya.

Sebagaimana fungsi kapal perikanan dalam operasinya yaitu mengejar dan melingkari jaring (*purse-seine*) serta menangkap ikan menjadikan kemampuan manuver kapal perikanan sangat diperlukan dan kapal harus memiliki konfigurasi sistem propulsi yang handal (Andi Haris Muhammad, dkk, 2017).

Banyak aspek yang mempengaruhi dan harus diperhatikan dalam merancang sebuah kapal yang baik yaitu perencanaan lambung, perencanaan sistem permesinan, perencanaan sistem propulsi, perhitungan kemampuan olah gerak kapal dan perencanaan lainnya yang wajib dipenuhi guna mencapai tujuan pembangunan sebuah kapal berdasarkan fungsinya.

Salah satu komponen sistem penggerak kapal adalah *propeller*. *Propeller* merupakan bentuk alat penggerak kapal yang paling umum digunakan dalam menggerakkan kapal. *Propeller* memindahkan tenaga dengan cara merubah gaya putar dari baling-baling menjadi daya dorong untuk menggerakkan badan kapal dengan perantara massa air dengan memutar bilah-bilah yang bersumbu pada poros. Salah satu upaya meningkatkan kemampuan olah gerak kapal adalah mengoptimalkan kinerja *rudder*. Berbagai cara telah dilakukan untuk meningkatkan kerja *rudder* salah satunya yaitu dengan memindahkan *rudder* tidak segaris dengan poros *propeller* dengan *single screw* (Nur Komeidi, 2007).

Selain itu juga telah dilakukan penelitian sebelumnya dengan menganalisa beberapa *propeller* dengan *pitch rasio* (P/D) untuk kapal perikanan 30 GT dan disimpulkan bahwa nilai *pitch rasio propeller* berbanding lurus dengan nilai *thrust* dan *torque propeller*. Kemudian penelitian pengaruh

penambahan *propeller boss cap fins* didapatkan bahwa memiliki pengaruh terhadap kenaikan *thrust* dan *torque* dari *propeller*, yang mana diameter fins berbanding lurus dengan *thrust*.

Oleh karena itu, muncul ide untuk meneliti pengaruh jarak *rudder* dan *propeller* terhadap kemampuan *thrust* kapal sehingga akan diperoleh konfigurasi jarak antara *rudder* dan *propeller* yang dapat mengoptimalkan kemampuan *thrust propeller* dan gaya *lift* dan *drag* pada *rudder*. Penelitian ini adalah untuk menganalisa perbedaan performa yang dihasilkan akibat perbedaan jarak antara daun kemudi dan *propeller* serta variasi sudut kemudi menggunakan pendekatan software CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Software dapat memberikan gambaran mengenai distribusi fluida yang terjadi dengan kondisi serta variasi yang telah ditentukan, sehingga dari gambaran tersebut dapat dianalisa mengenai aliran fluida pada *propeller* tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi bagaimana mengembangkan penelitian ini. Beberapa permasalahan yang akan dianalisa pada penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana perubahan nilai *Thrust* dan *Torque* yang dihasilkan akibat perubahan jarak *rudder* terhadap *propeller* ?
2. Bagaimana perubahan nilai *Lift* dan *Drag* yang dihasilkan akibat perubahan sudut *rudder* terhadap *propeller*?
3. Berapa jarak *rudder* terhadap *propeller* untuk mendapatkan *thrust* terbaik?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka permasalahan yang akan dibahas dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Objek yang dikaji adalah Kapal Perikanan 30 GT.

2. Variasi jarak *rudder* dan *propeller* yang akan diuji dalam keadaan *open water*.
3. Variasi sudut *rudder* yang di analisa adalah  $0^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ .
4. Penelitian yang dilakukan menggunakan simulasi komputer yaitu menggunakan metode CFD dan software yang digunakan adalah *ANSYS workbench*.
5. Penelitian yang dilakukan mengabaikan faktor gelombang dan kecepatan angin serta getaran.

#### **1.4 Tujuan penelitian**

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

1. Mengetahui seberapa besar perubahan nilai *Thrust* dan *Torque* yang dihasilkan akibat perubahan jarak *rudder* terhadap *propeller*.
2. Mengetahui seberapa besar perubahan nilai *Lift* dan *Drag* yang dihasilkan akibat perubahan sudut *rudder* terhadap *propeller*.
3. Mengetahui jarak *rudder* terhadap *propeller* untuk mendapatkan *thrust* terbaik yang paling optimal pada kapal.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Sebagai referensi untuk peletakan *rudder* terhadap *propeller* pada sistem *propulsi* kapal.
2. Dapat mengetahui seberapa besar pengaruh jarak antara *rudder* terhadap *propeller*.
3. Dapat menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan masalah ini.

#### **1.6 Sistematika penulisan**

Untuk mempermudah mendapatkan gambaran dalam pembahasan, maka ringkasan sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut :

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

Pada bab ini, diuraikan permasalahan secara umum yang meliputi : Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini, diuraikan tinjauan pustaka serta teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian sebagai teori pendukung dan digunakan dalam menyelesaikan serta membahas permasalahan penelitian yang terdiri dari : kapal perikanan, teori perancangan *propeller*, hidrodinamika *propeller*, karakteristik *propeller*, geometri *propeller* dan metode perhitungan *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini, diuraikan penjelasan jenis metode penelitian yang digunakan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dan cara penyelesaiannya.

## **BAB 4. PEMBAHASAN**

Pada bab ini, diuraikan hasil pengolahan data, hasil penelitian yang diperoleh dan pembahasan hasil penelitian tersebut.

## **BAB 5. PENUTUP**

Pada bab ini, menyajikan kesimpulan dan saran.

**Daftar Pustaka**

**Lampiran**

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Kapal Perikanan**

Kapal perikanan didefinisikan sebagai kapal, perahu atau alat apung lainnya yang digunakan untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan termasuk melakukan survei atau eksplorasi perikanan. Kapal penangkap ikan adalah kapal yang secara khusus digunakan untuk menangkap ikan termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan ikan.

Kapal pengangkut ikan adalah kapal yang secara khusus digunakan untuk mengangkut ikan termasuk memuat, menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan. Berdasarkan definisi-definisi tersebut di atas, maka dapat diketahui bahwa kapal ikan sangat beragam dari kekhususan penggunaannya hingga ukurannya. Kapal-kapal ikan tersebut terdiri dari kapal atau perahu berukuran kecil berupa perahu sampan (perahu tanpa motor) yang digerakkan dengan tenaga dayung atau layar, perahu motor tempel yang terbuat dari kayu hingga pada kapal ikan berukuran besar yang terbuat dari kayu, *fiber glass* maupun besi baja dengan tenaga penggerak mesin diesel. Jenis dan bentuk kapal ikan ini berbeda sesuai dengan tujuan usaha, keadaan perairan, daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan lain-lain, sehingga menyebabkan ukuran kapal yang berbeda pula (Pilipus Tampubolon, dkk., 2004).

### **2.2 Pengertian Propeller**

*Propeller* merupakan jenis baling-baling yang memberikan kekuatan dengan mengubah rotasi gerak ke gaya dorong. *Propeller* terdiri dari beberapa daun *propeller (blade)* dan beroperasi seperti perputaran sekrup. Perbedaan tekanan antara depan dan belakang permukaan berbentuk *blade* yang menghasilkan akselerasi air dibelakang *propeller* sehingga menghasilkan gaya dorong (Triasniawan Tutug, 2010).

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya

dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari daya poros (PS), sedangkan daya poros sendiri bersumber dari daya rem (PB) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal (Surjo W. Adji, 2005).

Pada umumnya, *propeller* diletakkan pada kedudukan yang serendah mungkin dibagian belakang kapal untuk memaksimalkan gaya dorong yang akan dihasilkan. Sebuah *propeller* harus mempunyai diameter sedemikian rupa, sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh, *propeller* tersebut akan terbenam dengan memadai, sehingga dapat menghindari sejauh mungkin terjadinya fenomena terikutnya udara (*airdrawing*), dan pemacuan *propeller* (*racing*), ketika kapal mengalami gerakan angguk (*pitching*) (Sv. Aa. Harvald, 1992).

Ditafsirkan diameter baling baling kapal harus lebih kecil dari dua pertiga sarat buritan, yaitu :  $D_{maks} < 2/3 TA$  (Sv. Aa. Harvald, 1992).

### **2.3 Hidrodinamika Propeller**

Dalam membuat bentuk dasar *propeller* dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu dinamakan *hydrofoil* dimana menghasilkan suatu *lift* yang lebih besar dibandingkan dengan *drag*-nya (Lewis, E.V.,1989). Pergerakan dari *hydrofoil* ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika. Hidrodinamika adalah peristiwa dimana kecepatan antara bagian atas dan bawah *hydrofoil* terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas *hydrofoil* 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 *hydrofoil*. Seperti yang kita ketahui, berdasarkan hukum *Bernoulli*, bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan.

Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah *hydrofoil* lebih pelan bila dibandingkan bagian atas *hydrofoil*. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat itu (Herbet Simbolon, 2015).

## 2.4 Geometri Propeller

Permukaan daun propeller yang menghadap ke belakang disebut sisi muka (*face*), atau sisi dengan tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung, atau sisi belakang (*back*), atau sisi tekanan rendah. 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 (Lewis, E.V.,1989)

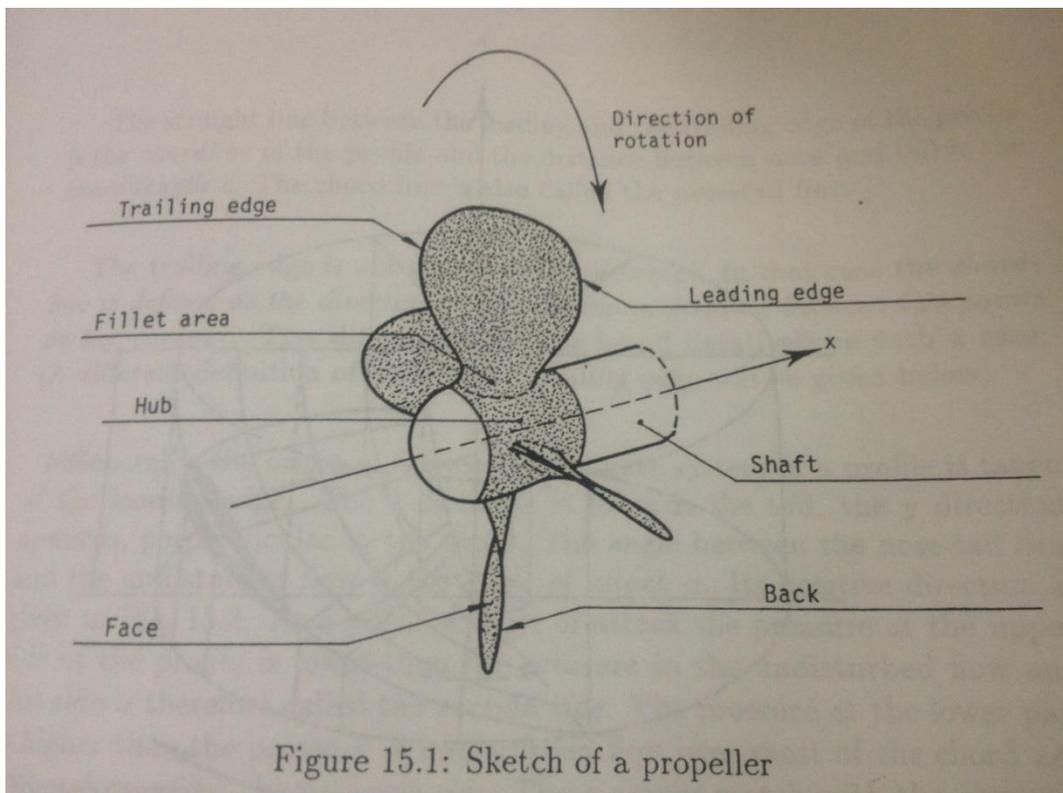


Figure 15.1: Sketch of a propeller

Gambar 2.1 Geometri Propeller

Adapun komponen dari baling – baling yaitu : (A. H. Muhammad, 2013)

- *Propeller blade* atau *blade* baling-baling ditempelkan pada *hub*, dan *hub* dipasang pada sebuah ujung poros baling-baling. Baling-baling berputar pada garis tengah poros. Arah rotasi (maju normal) bila dilihat dari belakang berputar kekanan searah jarum jam.

- *Blade Edge* atau pinggir *blade* dalam hal ini dikenal dalam dua bagian, pinggir *blade* bagian depan disebut *leading edge (nose)* dan *edge* bagian belakang disebut *trailing edge (tail)*. Sedangkan pertemuan kedua pinggir *blade (leading edgedan trailing edge)* disebut *blade tip*. Pada titik *blade tip* diameter ( $D$ ) atau radius ( $R=D/2$ ) baling-baling diukur.
- *Blade surface* atau permukaan *blade* dalam hal ini dikenal pula dalam dua bagian, permukaan *blade* bagian belakang (*back*) didefinisikan sebagai permukaan *blade* berada dimana arah poros datang sedangkan permukaan yang lainnya disebut permukaan *blade* bagian depan (*face*), ketika kapal bergerak maju, masuknya air melalui belakang *propeller*. Karena proses maju tersebut hal ini mempercepat bagian belakang *propeller* memiliki tekanan rata-rata rendah dan permukaan *blade* bagian depan memiliki tekanan yang tinggi (perbedaan tekanan ini menghasilkan gaya dorong).
- *Propeller hub* umumnya berputar simetris karena jangan sampai mengganggu aliran air bekerja. *Blade* baling-baling ditempelkan ke *hub* pada daerah *fillet* atau akar *blade*. Selanjutnya topi (*cup*) dipasangkan pada ujung *hub*.

## 2.5 Karakteristik *Propeller*

Secara umum karakteristik dari *propeller* kapal pada kondisi *open water test* adalah seperti yang direpresentasikan pada diagram  $KT - KQ - J$  (lihat Gambar II.3). 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 (Surjo W. Adji, 2005)

Daya dorong suatu *propeller* yang bekerja tergantung pada parameter-parameter seperti diameter *propeller* ( $D$ ), besarnya *pitch* ( $P/D$ ), jumlah dan bentuk daun *propeller* ( $Z$ ), kecepatan advance ( $V_a$ ), kecepatan putaran ( $n$ ), densitas fluida ( $\rho$ ), viskositas fluida ( $\mu$ ). Dari hasil sesuai persamaan diatas dapat dibuat diagram  $KT$ ,  $KQ$  dan  $J$ . Dalam penggunaan *Computational Fluid Dynamic* diperlukan untuk mendapatkan nilai *thrust* dan *torsi*. *Thrust* dan *torsi* pada *propeller* berguna sebagai beban yang bekerja pada *propeller*.

Karakteristik beban *Propeller* dapat ditampilkan dengan grafik oleh beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Diagram memberikan *Torque* dan *Thrust* sebagai fungsi kecepatan. Karakteristik *propeller* terdiri dari koefisien *thrust* (KT), koefisien *torque* (KQ), dan koefisien *advanced* (J). Model persamaan untuk karakteristik kinerja *propeller* kapal adalah sebagai berikut : (Surjo W. Adji, 2005)

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

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

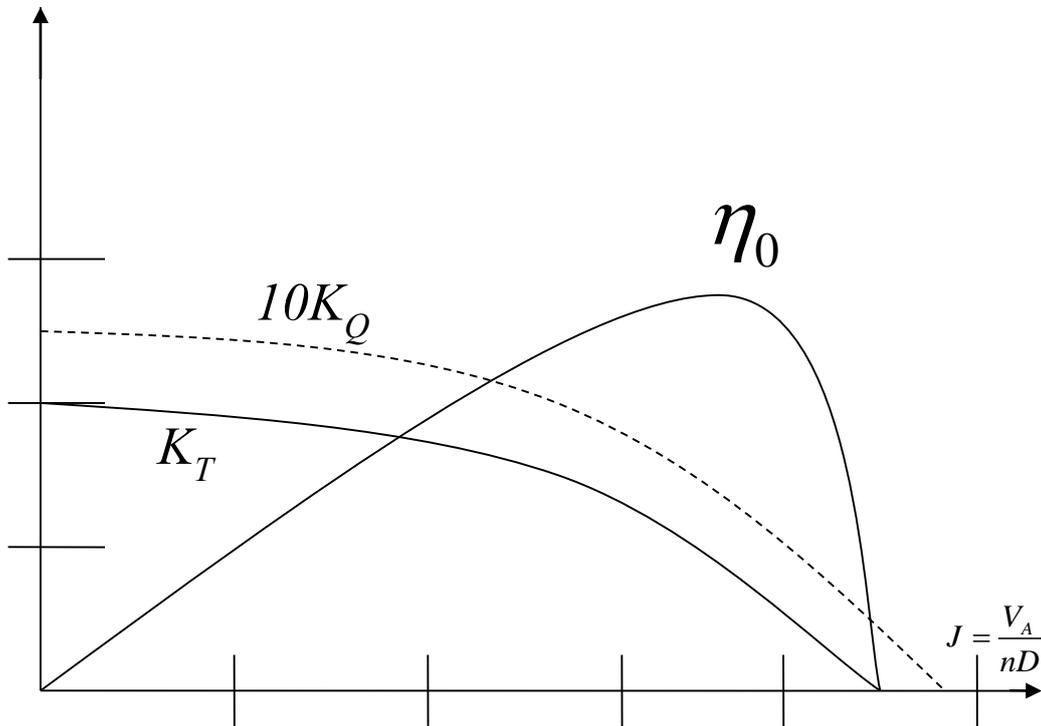
$$J = \frac{V_a}{nD} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dimana :
- $\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)
  - D = diameter *propeller* (m)
  - n = putaran *propeller* (s<sup>-1</sup>)
  - V<sub>a</sub> = *advanced speed* (m/s ; knot)
  - T = *thrust propeller* (N)
  - Q = *torque propeller* (Nm)

Untuk nilai efisiensi *Propeller* ( $\eta_o$ ) pada *open water* diberikan rumus :

$$\eta_o = \frac{T V_a}{2\pi n Q} = \frac{J K_t}{2\pi K_q} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana :
- K<sub>t</sub> = koefisien *thrust*
  - K<sub>q</sub> = koefisien *torsi*
  - J = angka maju



Gambar 2.2 Kurva Open water test

## 2.6 Kemudi Kapal (Rudder)

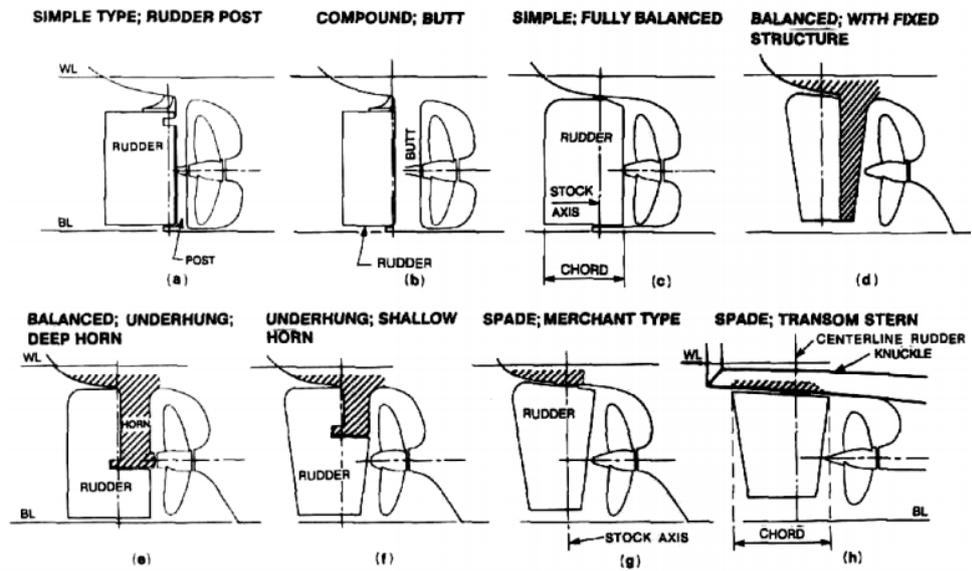
Secara prinsip, motor penggerak kemudi kapal sangat dipengaruhi oleh perancangan, sistem propulsi dan sistem kemudi. Sejumlah elemen tersebut secara langsung memberi pengaruh terhadap gaya-gaya dan momen hidrodinamika yang bekerja pada daun kemudi. Hal lain yang juga bisa berpengaruh adalah akibat kondisi daun kemudi yang terlalu besar, Sehingga terjadi ketidaksesuaian antara mesin penggerak kemudi dengan kemudi tersebut pada saat kapal dibelokkan. Bagian-bagian utama dari sistem pengemudian dapat dikelompokkan dalam empat bagian utama, yaitu :

- a) **Kemudi**, bagian yang berfungsi sebagai alat untuk membelokkan kapal sesuai dengan sudut belok yang dibutuhkan dengan memanfaatkan aliran fluida yang dihasilkan oleh *propeller*.
- b) **Unit kontrol**, bagian yang berfungsi untuk mengontrol dan mengendalikan kerja dari sistem pengemudian.

- c) **Unit tenaga**, bagian yang berfungsi untuk memberikan tenaga yang nantinya digunakan untuk proses menggerakkan poros kemudi.
- d) **Unit transmisi**, bagian yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari unit tenaga ke kemudi, maupun dari kontrol pada ruang kemudi ke sistem pengemudian.

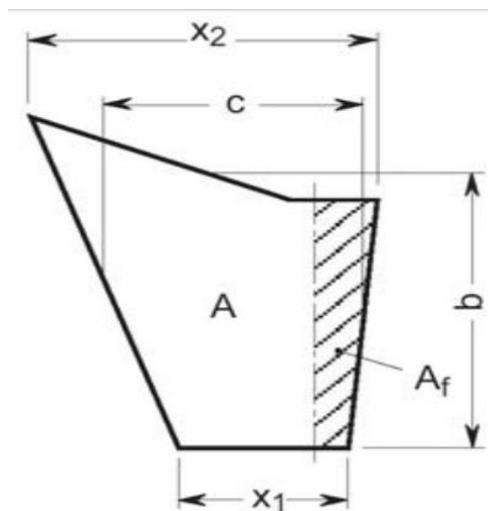
## 2.7 Klasifikasi Rudder

- a) Berdasarkan letak daun kemudi terhadap poros kemudi
  - Kemudi biasa (*unbalance*) yaitu daun kemudi yang terletak dibelakang poros kemudi.
  - Kemudi *balance* yaitu luas daun kemudi yang terbagi dua bagian yang sama dibagian depan dan belakang poros kemudi.
  - Kemudi semi *balance* yaitu pada bagian atas daun kemudi biasa sedangkan bagian bawah merupakan kemudi *balance*.
- b) Berdasarkan letak terhadap sepatu.
  - Kemudi meletak.
  - Kemudi menggantung.
  - Kemudi setengah menggantung.



Gambar 2.3 Variasi bentuk rudder (Saunders, 1965)

## 2.8 Dimensi Rudder



Gambar 2.4 Dimensi rudder (BKI Vol. II, 2009)

Keterangan :

$A$  = Luas *mid-plane rudder* yang berada di belakang poros ( $m^2$ )

$A_f$  = Luas *mid-plane rudder* yang berada di depan poros ( $m^2$ )

$c$  = Lebar *rudder* (m)

$b$  = Tinggi *rudder* (m)

$X_1$  = Lebar bagian bawah *rudder* (m)

$X_2$  = Lebar bagian atas *rudder* (m)

Berdasarkan “*RULES FOR HULL*” Vol. II, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) telah menentukan aturan desain suatu *rudder* agar memiliki kemampuan *manuver* yang baik. Salah satu aturan yang dimuat mengatur tentang luas *mid-plane rudder*.

Luas *mid-plane rudder*

$$A = c_1 \times c_2 \times c_3 \times c_4 \times 1.75 \times L \times T \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan,

$L$  =  $L_{pp}$  kapal (m)

$T$  = *Draft* / sarat kapal (m)

$c_1$  = Faktor tipe kapal

$c_1$  untuk kapal pada umumnya = 1.0

$c_1$  untuk kapal *bulk carrier* dan *tanker* lebih dari 50.000 ton = 0.9

$c_1$  untuk kapal tunda = 0.7

$c_2$  = Faktor tipe *rudder*

$c_2$  untuk *rudder* pada umumnya = 1.0

$c_2$  untuk tipe semi *spade rudder* = 0.9

$c_2$  untuk tipe *high lift rudder* = 0.7

$c_3$  = Faktor profil *rudder*

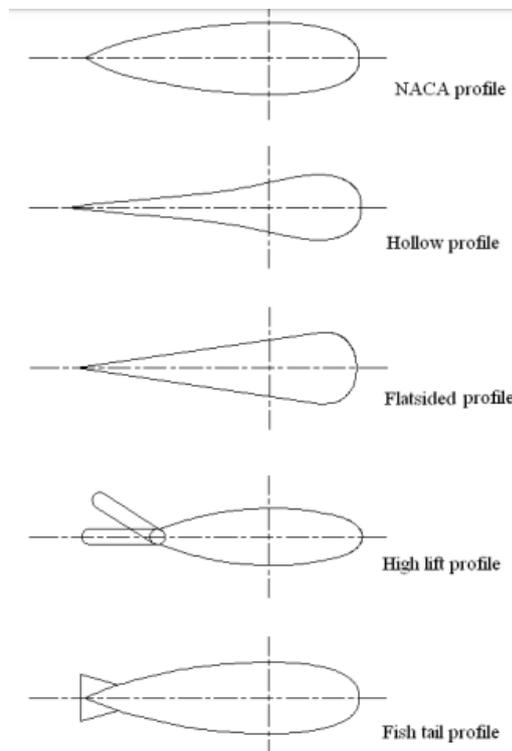
$c_3$  untuk *NACA profiles* dan *plate rudder* = 1.0

$c_3$  untuk *hollow profiles* dan *mixed profiles* = 0.8

$c_4$  = Faktor perencanaan *rudder*

$c_4$  untuk *rudder* pada *propeller jet* = 1.0

$c_4$  untuk *rudder* di luar *propeller jet* = 1.5



Gambar 2.5 Macam-macam profil rudder (BKI Vol. II, 2009)

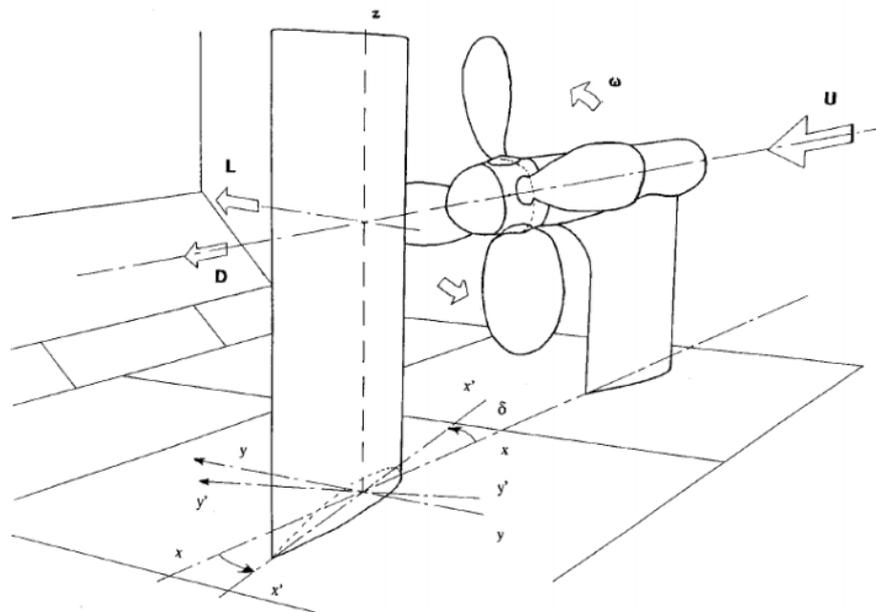
## 2. 9 Gaya yang Bekerja Pada Rudder

Aliran fluida pada lambung kapal yang tercelup air sebelum mengenai daun kemudi pada dasarnya adalah simetris. Arah kapal tidak berubah karena aliran yang dihasilkan saling menyeimbangkan satu sama lain. Oleh karena itu, untuk merubah arah kapal dibutuhkan gaya tambahan, yaitu gaya pada daun kemudi. Dengan adanya daun kemudi yang membentuk arah fluida dengan sudut  $\alpha$  pada kecepatan yang konstan maka muncullah gaya pada daun kemudi yang tidak simetris. Gaya ini disebut gaya kemudi, gaya inilah yang menyebabkan perubahan arah haluan kapal.

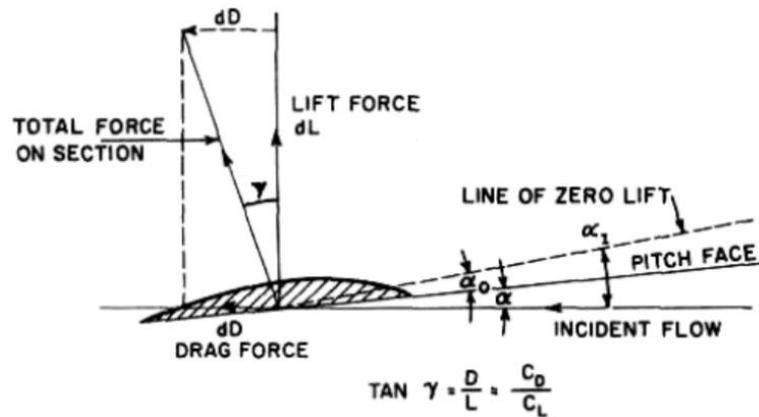
Menurut Agoes Santoso, dkk dalam bukunya yang berjudul *Permesinan Bantu Pada Kapal Modern Volume 1* bahwa :

“Akibat negatif yang dapat terjadi pada kapal terkait dengan kinerja sistem kemudi, seperti getaran dari kemudi (*rudder induced vibration*) harus dijaga pada batas yang dapat diterima. Batasan ini menjadi pertimbangan karena *clearance* antara *propeller* dan daun kemudi (*rudder*) diambil setengah dari diameter *propeller* untuk kapal-kapal yang memiliki power besar. Semakin besar jarak antara daun kemudi terhadap *propeller* akan mengakibatkan berkurangnya efek *propeller race*, dan sebaliknya jika jarak keduanya semakin pendek maka akan semakin berisiko terjadinya getaran.”

Gaya kemudi merupakan *resultan* dari *drag force* dan *lift force*. Istilah *lift* digunakan pada analisa gaya ke atas suatu *foil aerodynamic*, maka dari itu dinamakan gaya *lift* (angkat) sebab umumnya *foil aerodynamic* digunakan untuk mengangkat pesawat. Namun istilah *lift force* juga digunakan pada menganalisa gaya suatu *foil* kemudi untuk membelokkan kapal ke arah samping. Sedangkan, *drag force* merupakan gaya pada kemudi yang arahnya berlawanan dengan arah laju kapal.



Gambar 2.6 Konfigurasi propeller dan rudder (Molland dan Turnock, 1991)



Gambar 2.7 Gaya yang bekerja pada rudder (*Principles of Naval Architecture Volume II – Propulsion, 1988*)

Besarnya *lift force* dan *drag force* yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L = \frac{1}{2} \rho \times v^2 \times A \times C_L \dots \dots \dots (2.6)$$

$$D = \frac{1}{2} \rho \times v^2 \times A \times C_D \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan,

$L$  = *Lift force* (N)

$D$  = *Drag force* (N)

$\alpha$  = *Angle of attack* (°)

$V$  = *Kecepatan fluida* (m/s)

$C_L$  = *Koefisien lift force*

$C_D$  = *Koefisien drag force*

$\rho$  = *Density of fluid* (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = *Luas penampang rudder* (m<sup>2</sup>)

## 2.10 Computational Fluid Dynamic

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode *numeric* dan *algoritma* untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah yang terjadi pada aliran fluida. Metode ini meliputi fenomena yang berhubungan dengan aliran fluida seperti sistem *liquid dua fase*, perpindahan massa dan panas, reaksi kimia, *dispersi* gas atau pergerakan partikel *tersuspensi*.

Dasar dari semua permasalahan pada *Computational Fluid Dynamic* adalah persamaan *Navier-Stokes* yang mendefinisikan seluruh aliran fluida satu fasa.

Persamaan ini menyatakan bahwa perubahan dalam momentum (percepatan) partikel-partikel fluida bergantung hanya kepada gaya *vikos* tekanan internal dan gaya *viskos* tekanan eksternal yang bekerja pada fluida. Persamaan *Navier-Stokes* memiliki bentuk persamaan *differensial* yang menerangkan pergerakan dari suatu fluida. Bentuk umum persamaan kontinuitas dan *Navier-Stokes* :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\rho U_i)_{,i} = 0 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\frac{\partial \rho U_i}{\partial t} + (\rho U_i U_j)_{,j} = - P_{,i} + [\mu (U_{i,j} + U_{j,i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} U_{k,k})]_{,j} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana  $(.)_{,j}$  menyatakan turunan terhadap  $x_j$ , karena kita berbicara pada daerah aliran *inkompresibel* (angka *Mach* yang rendah). Komponen di atas pada bagian kanan dapat diabaikan sehingga :

$$\frac{\partial \rho U_i}{\partial t} + (\rho U_i U_j)_{,j} = - P_{,i} + [\mu (U_{i,j} + U_{j,i})]_{,j} \dots\dots\dots(2.10)$$

Harap diingat bahwa penggunaan istilah “*inkompresibel*” adalah untuk menyatakan bahwa *density* independen terhadap tekanan ( $\partial P / \partial \rho = 0$ ) namun bukan berarti bahwa *density* adalah konstan, *density* juga dapat bergantung pada temperatur atau konsentrasi.

*Navier-Stokes equation* dapat diinterpretasikan sebagai penjumlahan dari 4 (empat) gaya: *gravitational body force*; *pressure gradient forces*; *viscous forces*; dan *inertial force* (I Ketut Aria, Rhido Hantoro, 2012)

- *gravitational body force* adalah seluruh gaya yang bekerja pada fluida tanpa adanya kontak fisik secara langsung dan terdistribusi secara merata dalam volume fluida
- *pressure gradient forces* atau gradien tekanan adalah kuantitas fisik yang menjelaskan ke arah mana dan pada tingkat mana tekanan meningkat paling cepat di sekitar lokasi tertentu.
- *Viscous forces* atau viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida. Viskositas fluida

berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida ketika satu lapisan bergerak melewati lapisan yang lain.

- *Inertial force* atau kelembaman adalah kecenderungan semua benda fisik untuk mempertahankan keadaannya atau menolak perubahan terhadap keadaan geraknya.

CFD merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi atau *software*. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebutkan tadi atau *meshing*.

Terdapat 3 macam teknik solusi *numeric* : beda hingga (*finite difference*), elemen hingga (*finite element*) dan metode *spectral*.

- Metode Beda Hingga bekerja dengan mengganti suatu persamaan *differensial* dengan syarat batas menjadi sebuah sistem persamaan linier yang dilakukan dengan mendiskretisasi daerah asal dan mengubah turunan pada persamaan dengan hampiran beda hingga pusat.
- Metode Elemen Hingga adalah suatu metode yang membagi benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda ini disebut *meshing*.
- Metode *Spectral* adalah formulasi dari Metode Elemen Hingga yang menggunakan polinomial *Piecewise*. Metode Spektral lebih memilih fungsi-fungsi basis polinomial berdimensi tinggi yang tidak seragam. Dengan derajat kebebasan yang lebih sedikit per *node*, dapat berguna untuk mendeteksi kelemahan kecil. Non-keseragaman *node* membantu membuat matriks massa

*diagonal*, yang menghemat waktu dan memori komputer. Namun, Metode *Spectral* kesulitan dalam pemodelan geometri yang kompleks.

Kerangka utama metode numerik untuk dasar sebuah *solver* terdiri dari langkah :

- Aproksimasi variable-variabel aliran yang tidak diketahui dengan fungsi-fungsi sederhana.
- Diskretisasi dengan substitusi aproksimasi ke dalam persamaan atur aliran dan manipulasi matematis lanjut.
- Solusi persamaan-persamaan aljabar. Perbedaan utama di antara ketiga macam teknik adalah pada cara aproksimasi variablevariabel aliran dan proses diskretisasi.

Secara ringkas *Computational Fluid Dynamic* memprediksi secara kuantitatif apa yang akan terjadi ketika terjadi aliran fluida dan seringkali terjadi kombinasi dengan hal-hal berikut :

- Aliran Perpindahan Kalor
- Reaksi kimia
- *Mass Transfer*
- Pergerakan Komponen Mekanik
- Perubahan *Fase* Benda
- Tegangan dan Perpindahan yang terjadi pada benda Solid

Secara umum kerangka kerja *Computational Fluid Dynamic* meliputi formulasi persamaan-persamaan *transport* yang berlaku, formulasi kondisi batas yang sesuai, pemilihan atau pengembangan kode-kode komputasi untuk mengimplementasikan teknik numerik yang digunakan.

Program *Computational Fluid Dynamic* yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi *Propeller* yang akan dianalisa. Dari pemodelan ini nantinya akan diperoleh data distribusi tekanan yang akan diolah lebih

lanjut sehingga hasil akhir diperoleh *thrust* dan torsi *propeller* (Muh. Zainal Abidin, 2012).

*Computational Fluid Dynamic* merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. Secara umum proses penghitungan *Computational Fluid Dynamic* terdiri atas 3 bagian utama yaitu *Pre-processor*, *Processor*, *Post-processor* (Muh. Zainal Abidin, 2012).

### **1. *Pre-pocessor***

*Pre-pocessor* adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Langkah-langkah dalam tahap ini adalah sebagai berikut :

- Pendefinisian geometri yang dianalisa
- *Grid generation*, yaitu pembagian daerah domain menjadi bagian-bagian lebih kecil yang tidak tumpang tindih
- Seleksi fenomena fisik dan kimia yang perlu dimodelkan
- Pendefinisian properti fluida
- Pemilihan *boundary condition* (kondisi batas) pada kontrol volume atau sel yang berhimpit dengan batas domain
- Penyelesaian permasalahan

Data yang diperlukan pada batas tergantung dari tipe kondisi batas dan model fisik yang dipakai (*turbulensi*, persamaan energi, *multifasa*, dll). Data yang diperlukan pada kondisi batas merupakan data yang sudah diketahui atau data yang dapat diasumsikan. Tetapi asumsi data yang dipakai harus diperkirakan mendekati yang sebenarnya. Input data yang salah pada kondisi batas akan sangat berpengaruh pada hasil simulasi. Dibawah ini beberapa kondisi batas pada *Ansys CFX* :

#### **a. *Velocity Inlet***

Kondisi batas *velocity inlet* digunakan untuk mendefinisikan kecepatan aliran dan besaran skalar lainnya pada sisi masuk aliran. Kondisi batas ini hanya digunakan untuk aliran *incompressible*.

**b. Mass Flow Inlet**

Nilai tekanan *gauge* digunakan sebagai tebakan awal oleh CFX, selanjutnya akan dikoreksi sendiri sejalan dengan proses *iterasi*. Metode spesifikasi arah aliran dan turbulen sama dengan kondisi batas *velocity inlet*.

**c. Pressure Inlet**

Data tekanan total (*absolute*), tekanan *gauge*, temperatur, arah aliran dan dari nilai tekanan operasi dan tekanan *gauge*. Metode spesifikasi arah aliran dan turbulensi sama dengan kondisi batas *velocity inlet*.

**d. Pressure Outlet**

Pola aliran ini harus dimasukkan nilai tekanan statik, temperatur aliran balik (*backflow*) dan besaran turbulen aliran balik kondisi batas yang dipakai pada sisi keluar fluida dan data tekanan pada sisi keluar dapat di ketahui nilai sebenarnya.

**e. Outflow**

Kondisi batas ini digunakan apabila data keluar pada sisi keluar tidak diketahui sama sekali pada sisi keluar di ekstrapolasi dari data yang ada pada aliran sebelum mencapai sisi keluar.

**f. Pressure Far-Field**

Kondisi batas ini untuk memodelkan aliran kompresibel *free-stream* yang mempunyai dimensi yang sangat panjang jarak antara *inlet* dan outlet jauh. Besaran yang dimasukkan adalah tekanan *gauge* bilangan *Mach*, temperatur aliran arah aliran dan besarnya turbulensi pada sisi keluar.

**g. Dinding (wall)**

Kondisi batas ini digunakan sebagai dinding untuk aliran fluida dalam saluran atau dapat disebut juga sebagai dinding saluran. Kondisi batas ini digunakan juga sebagai pembatas antara daerah fluida (cair dan gas) dan padatan.

**h. Symmetry dan Axis**

Pada panel kondisi batas untuk kedua kondisi batas ini tidak ada input data yang diperlukan. Kondisi batas simetri digunakan apabila model geometri kasus yang bersangkutan dan pola aliran pada model tersebut simetri. Kondisi batas ini juga dapat digunakan untuk memodelkan dinding tanpa gesekan pada aliran viskos.

Sedangkan, kondisi batas *axis* digunakan sebagai garis tengah (*centerline*) untuk kasus 2D *axisymmetry*.

**i. Periodic**

Kondisi batas ini hanya dapat digunakan pada kasus yang mempunyai medan aliran dan geometri yang *periodic*, baik secara translasi atau rotasi.

**j. Cell Zone : Fluid**

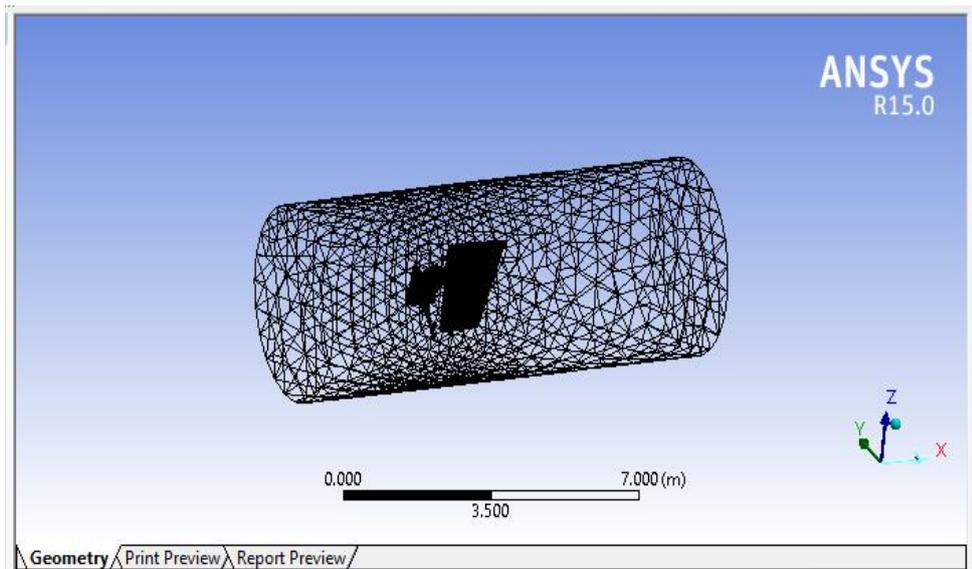
Kondisi batas ini digunakan pada kontinum model yang didefinisikan sebagai fluida. Data yang dimasukkan hanya material fluida, didefinisikan sebagai media berpori.

**k. Cell Zone : Solid**

Data yang dimasukkan hanya material padatan didefinisikan *heat generation rate* pada kontinum solid . sedangkan kondisi batas ini digunakan pada kontinum model yang didefinisikan sebagai padatan.

**l. Porous Media**

Kondisi batas ini digunakan dengan cara mengaktifkan pipihan *porous zone* pada panel fluida. *Porous zone* merupakan pemodelan khusus dari zona fluida selain padatan dan fluida. Digunakan untuk memodelkan aliran yang melewati media berpori dan tahanan yang terdistribusi, misalnya: *packed beds, filter papers, perforated plates, flow distributors, tube banks*.



Gambar 2.8 Hasil Meshing dan Kondisi Batas

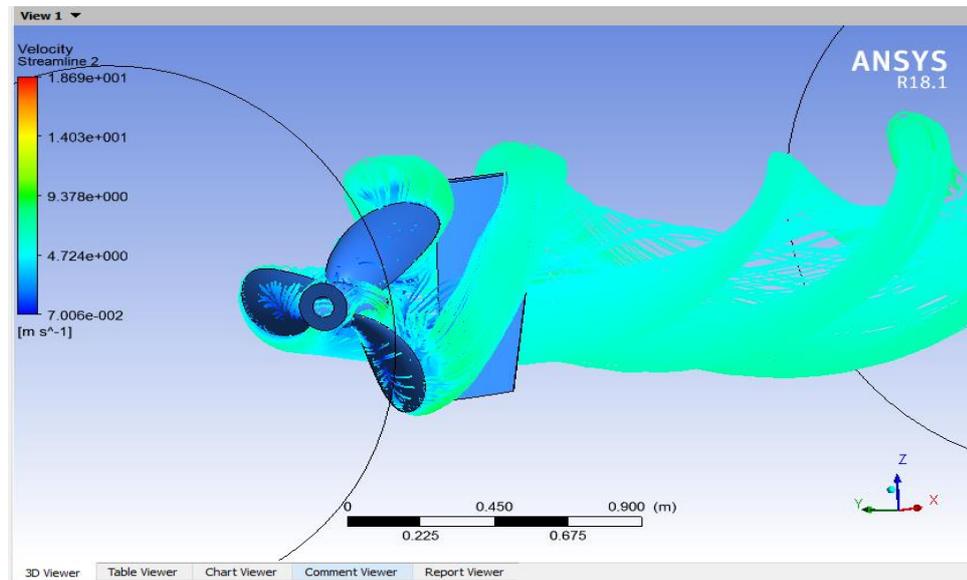
## 2. *Processor (solver)*

Pada tahap ini, dilakukan proses perhitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara *iteratif*. Artinya, perhitungan dilakukan hingga hasil menuju *error* terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Secara umum metode *numeric solver* tersebut terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

- Prediksi variabel aliran yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana
- Diskretisasi dengan substitusi prediksi-prediksi tersebut menjadi persamaan-persamaan aliran utama yang berlaku dan kemudian melakukan manipulasi matematis
- Penyelesaian persamaan aljabar. Pada proses *solver*, terdapat 3 persamaan atur aliran fluida yang menyatakan hukum kekekalan fisika, yaitu : 1) massa fluida kekal; 2) laju perubahan momentum sama dengan resultansi gaya pada partikel fluida (Hukum II Newton); 3) laju perubahan energi sama dengan resultansi laju panas yang ditambahkan dan laju kerja yang diberikan pada partikel fluida (Hukum I Termodinamika).

## 3. *Post -processor*

Tahap akhir merupakan tahap *post-processor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu. Dalam modul *post-processor* nilai-nilai numerik ini diolah agar pengguna dapat dengan mudah membaca dan menganalisis hasil-hasil perhitungan CFD. Hasil-hasil ini dapat disajikan dalam bentuk grafis-grafis ataupun kontur-kontur distribusi parameter-parameter aliran fluida. Post processor semakin berkembang dengan majunya *engineering workstation* yang mempunyai kemampuan grafik dan visualisasi cukup besar. Dalam simulasi, model-model yang digunakan didiskretisasi dengan metode formulasi dan diselesaikan dengan menggunakan bermacam-macam algoritma numerik. Metode diskretisasi dan algoritma terbaik yang digunakan tergantung dari tipe masalah dan tingkat kedetailan yang dibutuhkan. Berikut contoh Inteprestasi Ansys CFX yang telah diinterpretasikan :



Gambar 2.9 Interpretasi Animasi Hasil Simulasi CFX

Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic* antara lain : (Muh. Zainal Abidin, 2012).

- Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan dalam eksperimen.
- Memiliki kemampuan untuk studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
- Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.