

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Baling-baling (*Propeller*)

Baling-baling (*Propeller*) adalah salah satu komponen penting pada kapal. Baling-baling sendiri adalah alat untuk menghasilkan gaya dorong (*Thrust*) yang berasal dari daya mesin yang di transmisikan melalui poros (*Shaft*) . Dengan kata lain Baling-baling berfungsi merubah tenaga mesin menjadi gaya dorong sesuai dengan kombinasi *rpm* atau kecepatan. Baling-baling adalah komponen mesin untuk mentransmisikan daya dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi gaya dorong (*Thrust*). Perbedaan tekanan dihasilkan antara permukaan depan dan belakang sudut daun baling-baling (*Blade*). Baling-baling banyak digunakan dalam industri, penerbangan dan maritim. Pengembangan desain daun baling-baling (*blade Propeller*) semakin baik dengan bentuknya yang aerodinamis serta memadai, sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang semakin besar, berdasarkan mekanisme sistem *blade propeller*, ada dua jenis mekanisme yang umum dipakai, yaitu mekanisme tetap yang disebut *Fixed Pitch Propeller (FPP)* dan mekanisme yang dapat diatur sudut serangnya yang biasa disebut dengan *Controllable Pitch Propeller (CPP)* atau *Variable Pitch Propeller (VPP)*. Mekanisme *CPP* lebih menguntungkan dibandingkan dengan mekanisme *FPP*, karena pada *CPP* dapat dihasilkan daya dorong yang bervariasi dengan putaran *Propeller* yang konstan. (Gumoto, 2012).

Dibawah ini adalah penjelasan 2 (dua) jenis *Propeller* yang biasa di gunakan di atas kapal :

- *Fixed Pitch Propeller (FPP)*
- *Controllable Pitch Propeller (CPP)*

### 2.1.1 Fixed Pitch Propeller (FPP)

*Fixed Pitch Propeller* adalah tipe jenis baling-baling yang paling umum digunakan dan diproduksi selama bertahun-tahun di dunia maritim baik dalam bentuk *mono-blok* atau *built-up*. *FPP* dibuat dengan cara dicetak dalam satu blok sehingga posisi baling-baling dan *Pitch* baling-baling adalah tetap, dengan *Pitch* tertentu yang tidak dapat diubah fungsinya bentuk *FPP* ini terdapat dua jenis yaitu *Propeller mono-blok* dan *built up*. Bentuk *mono-blok* umumnya yang sering digunakan saat ini dibandingkan dengan *Propeller built-up* (*blade* nya dibuat secara terpisah dari *bos* dan kemudian dibaut).

Bahan pembuatan sangat *FPP* bervariasi dalam berbagai desain dan ukuran. Untuk baling-baling yang lebih besar dengan diameter yang sudah ditentukan, bahan *non-ferrous* sering digunakan, sedangkan kuningan dan nikel-aluminium *bronze* adalah jenis bahan yang paling disukai. Akan tetapi *stainless steel* menjadi bahan yang terbatas dan *cast iron* menjadi bahan yang sering dipakai untuk produksi *Propeller* dahulu, kini jarang digunakan lagi. Kapal yang tidak membutuhkan kemampuan *manuver* biasanya menggunakan *Propeller FPP* ini seperti *container*, *bulk carrier* dan beberapa jenis kapallainnya. Kelebihan dari *FPP (fixed Pitch Propeller)* ini adalah harganya yang ekonomis dibandingkan dengan jenis *Propeller* lainnya serta perawatannya yang simple dan tidak menimbulkan risiko yang berlebihan. Selain itu *FPP* merupakan *Propeller* jenis tetap dan cocok untuk tipe kapal besar yang memiliki kapasitas *rpm* rendah dan torsi yang lumayan tinggi.



Gambar 2. 1 *Fixed Pitch Propeller* ( Sumber JURNAL TEKNIK ITS ).

### 2.1.2 *Controllable Pitch Propeller (CPP)*

*Controllable Pitch Propeller* adalah *Propeller* yang dapat mengubah atau mengatur *Pitch Propellernya*. *Pitch* adalah jarak *aksial* yang ditempuh oleh *Propeller* pada satu kaliputaran penuh. Pada prinsipnya, pengertian *Pitch* pada *Propeller* jika di analogikan samadengan *gear* pada mobil. *Propeller* dengan sudut daun yang kecil akan menggerakkan kapal ke depan dengan jarak yang sedikit pada setiap putarannya. Hal tersebut membutuhkan *power* yang sedikit untuk menggerakkan *Propeller*. *Propeller* dengan sudut daun yang besar berlaku sebaliknya. *Propeller* akan menggerakkan kapal dengan jarak yang besar pada setiap putarannya. Dikarenakan membutuhkan *power* yang besar untuk menggerakkan *Propeller*. Prinsip kerjanya menggunakan sistem *hidrolis* dengan mengalirkan fluida menuju suatu rumah yang terletak pada *bos* baling-baling, pada rumah tersebut terdapat rotor yang dihubungkan dengan daun baling-baling, sehinggajika dialirkan fluida dalam arah maju maka akan mendorong sirip pemisah pada rotor dan mendorongnya sehingga memutar daun baling-baling dengan sudut tertentu, jika arah aliran dibalik maka daun baling-baling akan berputar kearah sebaliknya.



Gambar 2. 2 *Controllable Pitch Propeller* ( Sumber JURNAL TEKNIK ITS )

## 2.2 Geometri *Propeller*

Permukaan baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi muka (*face*) atau sisi tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut belakang (*back*) atau sisi tekanan rendah.

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

## 2.3 Hidrodinamika *Propeller*

Dalam membuat bentuk dasar *Propeller* dibutuhkan bentuk yang hidrofoil yaitu yang dimana menghasilkan suatu *lift* yang lebih besar dibandingkan dengan *drag*. Pergerakan hidrofoil terjadi pada fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika.

Hidrodinamika adalah terjadinya kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terdapat perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas (*airfoil*) melaju lebih cepat dari pada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih lambat bila dibandingkan bagian atas hidrofoil, perbedaan tekanan inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena lift atau gaya angkat itu.

## 2.4 Momentum *Propeller*

Teori momentum *Propeller* kapal ini menganggap bahwa *Propeller* sebagai alat untuk mempercepat pindahnya air sampai ketempatnya didepan daun baling-baling (dibelakangkapal). Air akan mengalami percepatan *aksial* dan menimbulkan *slip* dengan kecepatan ke arah belakang kapal akibat berputarnya baling-baling dengan letaknya yang condong. Reaksi yang terjadi akibat percepatan air kebelakang menimbulkan gaya dorong. Air akan mengalami perlambatan yang teratur akibat gaya dari viskositas air setelah melalui *Propeller*. Hal ini menyebabkan tenaga *Propeller* terbuang sehingga ada kehilangan tenaga. Berikut yang menyebabkan tenaga di *Propeller* hilang:

- Tahanan akibat gesekan daun baling-baling.
- Baling-baling memberi putaran pada arus *slip* untuk mempercepat air.

Efisiensi *Propeller* dinyatakan dengan sebagai perbandingan kerja yang berguna untuk menggerakkan kapal dengan kerja yang diberikan *Propeller*. Dengan adanya percepatan air yang terdorong kebelakang kapal menyebabkan efisiensi. Bisa dikatakan air tidak dipercepat yang menyebabkan tidak ada gaya dorong yang diberikan oleh *Propeller* kepada kapal. Kemungkinan untuk memperbesar efisiensi adalah dengan memperkecil percepatan arus *slip*. Hal ini dilakukan dengan memakai *Propeller* dengan diameter besar dan diputar selambat mungkin. Jika dari segi teori momentum, baling- baling disamakan dengan jenis propulsi jet karena arus *slip* yang dipercepat kebelakang merupakan arus jet.

## 2.5 Computational Fluid Dynamics

Program *CFD* yang digunakan sebagai sarana untuk membantu konfigurasi bentuk *podded Propeller* yang akan di analisa. Selanjutnya modifikasi bentuk, dimensi dan konfigurasi model. Dari simulasi ini nantinya akan diperoleh data yang kemudian dianalisa lebih lanjut sehingga hasil akhirnya dapat diperoleh.

### 2.5.1 Teori Dinamika

*Computational Fluid Dynamics (CFD)*, merupakan cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan dengan aliran fluida.

Tujuan dari *CFD* adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu dan semua fenomena di atas. Pada bidang industri dan non-industri teknik ini sangat berguna juga dapat diaplikasikan. Ada beberapa keuntungan dari pendekatan eksperimen *CFD* untuk desain sistem fluida antara lain:

1. Meminimalisir biaya dan waktu dalam membuat desain, jika proses desain tersebut dilakukan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
2. Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit dilakukan melalui eksperimen.
3. Memiliki kemampuan sistem studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan)

Aplikasi *CFD* dalam penyelesaian masalah pada aliran telah berkembang pada saat ini. Bahkan Teknik *CFD* merupakan bagian dari proses desain yang akan dirancang dengan diagram spiral. Dengan *CFD* memungkinkan untuk menemukan fenomena aliran fluida yang lebih kompleks dengan akurasi yang berbeda.

*Computational Fluid Dynamics* merupakan analisa sistem yang terkait aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena lainnya, seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis computer dan *Code CFD* sangat terstruktur atas logaritma numerik.

Teknik ini dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non-industri. Dalam design kerjanya, *problem* yang ada perlu dideskripsikan kedalam *software CFD* dengan menggambarkan model dan juga penentuan kondisi batasnya. Selanjutnya dalam *solver problem* akan dihitung dengan pendekatan persamaan *Navier Stroke*. Dari hasil perhitungan kemudian didapatkan hasil output dari running program *CFD*. *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

### 1) Pre-Processor

*Pre-processor* merupakan tahap awal yang meliputi permasalahan dari masukan pada aliran program *CFD* dan transformasi dari permasalahan padamasukkan tersebut ke bentuk yang cocok digunakan oleh *solver*. Pada tahap ini perlu dilakukan input permasalahan berdasarkan aturan *software*, meliputi:

- Membentuk geometri dan sekeliling benda sebagai domain.
- Membentuk *Grid Generation* atau membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian kecil (*sub-domain*).
- Menentukan sifat fluida, seperti pendefinisian nilai viskositas, temperature dan lainnya.
- Menentukan fenomena dari model.
- Menentukan batas kondisi geometri, lokasi pembuatan kondisi batas ditentukan pada daerah disekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan.
- Menentukan *grid (mesh)*.

Analisa masalah aliran yang berupa kecepatan dan reaksi kimia lainnya yang didefinisikan sebagai suatu daerah simpul pada setiap *cell*, jumlah *cell* yang terbentuk dalam *grid* proses *meshing* menentukan akurasi pada penyelesaian *CFD*. Umumnya semakin banyak *cell* terbentuk semakin akurat penyelesaiannya. Daerah yang memiliki perubahan bentuk yang sangat tajam, biasanya proses *meshing* dilakukan dengan sangat halus, sedangkan daerah yang lain dilakukan sebaliknya

### 2) Solver Manager

Pada umumnya *solver* dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu *finite difference*, *finite element*, dan *finite volume*. *Boundary condition inlet* adalah input kondisi aliran fluida normal tanpa adanya fenomena yang terjadi.

### 3) Post Processor

Pada tahap ini ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan proses pada tahap sebelumnya. Dapat dilihat hasil perhitungan dari beberapa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai variabel sifat fluida, berikut data sifat fluida yang dapat diambil:

- *Density*
- *Density Viscosity*
- *Eddy Viscosity*
- *Heat Transfer Coefficient*
- *Mach Number*
- *Pressure*
- *Pressure Gradient*
- *Shear Strain Rate*
- *Specific Capacity Heat Transfer Rate*
- *Static Entalpy*
- *Temperature*
- *Thermal Conductivity*
- *Total Entalpy*
- *Total Temperatur*
- *Total Pressure*
- *Turbulence Kinetic Energy*
- *Velocity*
- *Wall Heat Flux*
- *Wall Shear*
- *Yplus*
- *Coordinate*

Data numerik yang dapat ditampilkan oleh post processor adalah sebagai berikut :

- Data export
- Quantitative Calculation



Dan data visualisasi model yang bisa ditampilkan oleh *post processor* adalah sebagai berikut:

- Gambar geometri model
- Gambar *surface* sifat fluida
- Animasi aliran fluida
- Tampiln *vector* kecepatan
- Gesekan rotasi, translasi dan penyekatan
- Arah aliran fluida
- Hardcopy output

Dalam proses *set-up* dan running simulasi *CFD*, ada tahapan identifikasi dan formulasi permasalahan aliran dengan pertimbangan fenomena fisika dan kimia. Pemahaman yang cukup baik diperlukan dalam menyelesaikan algoritma penyelesaian numerik. Ada 3 konsep matematika yang digunakan dalam menentukan berhasil atau tidaknya algoritma (AEA Technology Deby, 2007), yaitu:

1. Konvergensi yaitu *property* metode numerik untuk menghasilkan penyelesaian eksakta sebagai grid spacing, ukuran control volume atau ukuran elemen dikurangi mendekati nol. *Konvergensi* biasanya sulit untuk didapatkan secara teoritis. Untuk kondisi lapangan kesamaan *Lax* yang menyatakan bahwa untuk permasalahan linier memerlukan konvergensi.
2. Konsistensi yaitu urutan numerik yang menghasilkan sistem persamaan aljabar yang dapat diperhatikan sama (*egivaley*) dengan persamaan pengendali sebagai jarak *grid* mendekati nol.
3. Stabilitas yaitu penggunaan factor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembuatan path data awal maka dapat menyebabkan terjadinya osilasi atau *devergensi*.

*CFD* memberikan hasil yang *real* dengan akurasi pada path simulasi dengan *cell* pada grid yang berhingga. Ada sifat umum perhitungan *finite volume*, yaitu *Conservativeness*, *Boundedness* dan *Transportiveness*. Sifat tersebut didesain menjadi bagian berhingga yang dapat ditunjukkan untuk keberhasilan simulasi *CFD*. Disamping itu sifat-sifat *finite volume* umumnya digunakan sebagai konsep matematik yang akurat (seacara alternatif). Numerik sendiri memiliki sifat *convervativeness* yang dapat mempertahankan kedekatan sifat-sfiat fluida secara menyeluruh untuk domain penyelesaian. Pendekatan volume hingga dapat menjamin tetap berlangsungnya kekentalan property fluida *CFD* untuk pada setiap control volume. Proses aliran terdiri dari konveksi dan difusi. Proses aliran tersebut dapat dihitung dari pengaruh arah pada bagian *finite volume*, yaitu *transportiveness*. Sedangkan *boundedness* dapat mempertahankan kestabilan suatumetode numerik.

