

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan berbagai eksperimen penelitian di bidang yang serupa yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, mengenai kinerja *propeller* akibat jumlah daun *propeller* yang divariasikan terhadap daya dorong kapal. Pengalaman penelitian ini diperoleh dengan meneliti jurnal penelitian yang telah diterbitkan dan dari studi tugas akhir oleh mahasiswa yang melakukan penelitian di bidang yang terkait dan berhubungan.

3.2 Studi Terkait

Bagian ini berisi rangkuman hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh peneliti lain. Dua penelitian yang terkait dan berhubungan dengan pokok bahasan penelitian ini yaitu, Muwafiqul Khoirul Afif, Irfan Syarif Arief ST. MT, Ir. Toni Bambang M M PGD (Dosen dan mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan ITS) melakukan penelitian tentang variasi sudut rake jumlah daun dan putaran *propeller* terhadap *thrust* dengan metode CFD, namun penelitian tersebut tidak memodelkan lambung kapal hanya propellernya saja. Sembiring (2016) melakukan penelitian tentang kemampuan daya dorong dengan memvariasikan jarak *rudder* dan *propeller* menggunakan metode CFD. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan variasi jarak *rudder* dan *propeller* yang acak yaitu 76%D, 71%D, 65%D, 59%D, dan 54%D. Hasil yang paling optimal untuk nilai koefisien thrust adalah pada jarak 54%D sebesar 0.507. Namun pada penelitian tersebut tidak dijelaskan dengan variasi jumlah *propeller blade* yang dimaksud.

PRAKASH M. (2010) telah meneliti interaksi *propeller-hull* dari KCS dengan coupling Vortex Lattice Method (VLM) dan RANSE solver. Menunjukkan bahwa hasil numerik sesuai dengan yang eksperimental. CHAO K.Y. (2005) telah meneliti propulsi KCS secara numerik. LÜBKE L.O. (2005) telah mempelajari aliran di sekitar KCS dengan *propeller*.

Sebuah studi baru telah dibuat oleh TEZDOGAN T. (2015) untuk lambung KCS. Dalam penelitian ini, analisis CFD skala penuh KCS telah dilakukan dengan mempertimbangkan kapal bebas hingga dua derajat kebebasan (2DOF). KIM W.J. (2001) Institut Penelitian Korea untuk Teknik Kapal dan Kelautan (KRISO) melakukan uji model untuk mencari tahanan, data aliran rata-rata dan gelombang permukaan bebas untuk KCS

3.3 Teori Dasar

Teori dasar yang dijelaskan pada bagian ini digunakan sebagai pedoman untuk memecahkan masalah penelitian dan melaksanakan tugas-tugas penelitian yang diatur dalam metodologi penelitian. Teori dasar yang digunakan dalam studi tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

5.3.1 *Geometri Propeller*

Propeller pada kapal berfungsi dengan menghisap air dan menggunakan untuk memutar kapal. Baling-baling memiliki permukaan depan (depan) dan belakang (belakang). Permukaan depan disebut sisi bertekanan tinggi, dan permukaan belakang disebut sisi bertekanan rendah. Permukaan spiral adalah permukaan sisi tekanan tinggi yang paling sederhana. Ini didefinisikan oleh garis lurus yang berputar di sekitar sumbu yang melewati satu ujung dan secara bersamaan bergerak di sepanjang sumbu itu. Pitch baling-baling adalah jarak linier baling-baling bergerak dalam satu putaran penuh melalui media padat tanpa tergelincir.

Jamali (2010) Diameter *propeller* memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi propulsif. Semakin besar kemungkinan diameter baling-baling, efisiensi propulsif yang lebih tinggi dapat di dekati. Namun ada beberapa batasan yang berpengaruh pada ukuran diameter baling-baling. Misalnya, bentuk bagian belakang lambung kapal sangat penting di mana jarak bebas antara ujung baling-baling dan lambung harus dipertimbangkan.

Skew atau Sudut kemiringan *Propeller* adalah sudut antara garis tengah poros *Propeller* dan ujung bilah. Ujung bilah adalah titik di

mana ujung depan dan ujung belakang bertemu di permukaan *propeller*. Sudut miring membantu mengurangi tarikan *Propeller* dan tekanan saat memutar aliran fluida. Tepi terdepan adalah bilah pertama pada *propeller* (*blades*) dan memotong udara. Trailing edge adalah ujung tempat aliran udara keluar dari *Propeller*

Rake propeller adalah sudut antara pusat baling-baling dan bilahnya. Sudut *rake* dirancang untuk meningkatkan berapa banyak air yang ditarik masuk dan digunakan untuk memperlambat kapal.

5.3.2 Jenis-Jenis Propeller

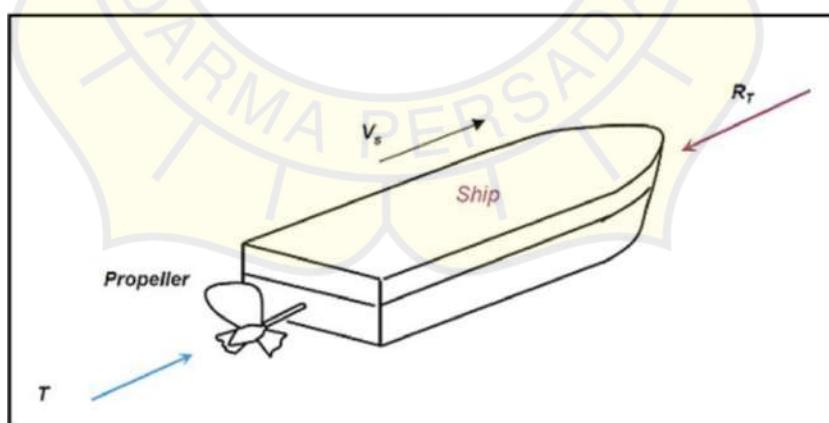
Tujuan utama *propeller* kapal adalah mengubah gaya putar yang dihasilkan menjadi daya dorong, sehingga kapal dapat bergerak. *Propeller* diputar oleh poros yang digerakkan oleh mesin utama kapal atau main engine. Ada beberapa jenis baling-baling yang beredar di pasaran :

- a. *B – Series Propeller B-series* atau Wageningen merupakan jenis baling-baling yang sering digunakan untuk kapal. Ini memiliki bentuk yang sederhana, dan bagiannya yang modern berkontribusi pada karakteristik kinerjanya yang baik..
- b. *Kaplan – Series Propeller Kaplan-series* adalah *propeller* aliran aksial menggunakan prinsip reaksi untuk menghasilkan tenaga. Propeller ini biasanya memiliki 3 hingga 7 bilah, dan prinsip kerjanya sama dengan turbin pembangkit listrik..
- c. *AU – Outline Series Propeller AU-Outlines Series* pengembangan propeller tipe aerofoil dilakukan dengan menggunakan metode pengujian yang sistematis. *propeller* jenis ini memiliki kinerja yang lebih baik dalam hal efisiensi, kavitas, dan getaran *propeller*.

5.3.3 Daya Dorong (THRUST)

(Najmi, 2014) Saat *propeller* beroperasi, daya dorong ke depan dihasilkan melalui teori momentum yang dialami oleh bagian aerofoil dari setiap bilah yang maju melalui air. Prediksi sistematis dari desain sistem propulsi sangat penting untuk propulsi yang efisien. Gerakan sekrup *propeller* mendorong ke depan dan melewati tepi bengkok yang mengelilinginya..

Daya dorong kapal merupakan alat penting yang digunakan untuk mengatasi hambatan atau *resistance* saat berlayar.. Budi (2016) Perbedaan momentum yang terjadi pada saat daun baling-baling bergerak melalui fluida inilah yang menyebabkan gaya dorong yang dihasilkan oleh kerja baling-baling. Dalam kondisi ideal, besarnya daya dorong yang dibutuhkan mungkin sebesar gaya hambat yang terjadi pada kapal. Namun kondisi tersebut sangat jarang dan jarang terjadi, karena pada kenyataannya terjadi fenomena hidrodinamika pada lambung kapal yang menyebabkan penurunan besaran gaya dorong kapal.



Gambar 1. 1 Ilustrasi gaya dorong kapal
(Sumber : <https://www.kapaldanlogistik.com/2021/06/sistem-propulsi-kapal.html>)

Dalam teori baling-baling Manik (2008), dijelaskan bahwa pada awalnya teori balingbaling dijelaskan dengan cara yang sangat sederhana, yaitu berdasarkan prinsip kerja mur dan baut (*screw* dan *nut*). Perbedaan

momentum yang terjadi pada saat daun baling-baling bergerak melalui fluida inilah yang mengakibatkan gaya dorong yang dihasilkan oleh pengoperasian baling-baling. Akibat putaran baling-baling di dalam air, maka akan terjadi arus air, sehingga terjadi reaksi gaya yang ditimbulkan oleh gaya *propeller* tersebut.

5.3.4 Computational Fluid Dynamic

Computational fluid dynamic atau biasa disingkat dengan CFD merupakan analisa sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer. Fenomena terkait aliran fluida seperti sistem cair dua fase, penguncian massa dan panas, reaksi kimia, dispersi gas, dan pergerakan partikel tersuspensi semuanya tercakup dalam metode ini. Secara umum kerangka kerja CFD meliputi formulasi kondisi batas yang sesuai, pemilihan atau pengembangan kode-kode komputasi untuk mengimplementasikan teknik numerik yang digunakan. Suatu kode CFD terdiri dari tiga elemen utama yaitu *pre-processor*, *solver* dan *post processor* oleh Blades (2011).

CFD adalah pendekatan yang terdefinisi dengan baik dan diperhitungkan untuk memahami cairan dan perilakunya. Dimulai dari aliran fluida, perpindahan panas, dan respon senyawa terhadap fluida. Dengan memecah model menjadi bagian yang lebih kecil, CFD kemudian dapat menghitung keadaan elemen cair dan menggunakan informasi tersebut untuk mengontrol komponen berbingkai. Untuk mendapatkan hasil, persamaan dinamika fluida memerlukan variabel *input*.

CFD memanfaatkan kondisi batas (*boundary condition*) pada domain fluida sebagai variabel input guna menjalankan persamaan tersebut. *Boundary* adalah area atau batas di sekitar fluida atau objek yang perlu dianalisis. Objek yang dianalisis biasanya mengubah bentuk *boundary*. Sebagai contoh, ketika suatu model yang akan dianalisis 11 melibatkan temperatur maka perhitungan yang dilakukan akan

menggunakan persamaan energi atau konversi dari energi tersebut. Oleh karena itu, *boundary condition* persamaan dinamika fluida dapat disebut sebagai inisialisasi awal.

Persamaan fundamental (*governing equation*) dinamika fluida, yaitu persamaan kontinuitas, momentum, dan energi, digunakan oleh hampir semua bentuk CFD. Tiga prinsip fisika dasar dinyatakan secara matematis dalam persamaan berikut:

- a) Hukum kekekalan massa
- b) Hukum Newton II
- c) Hukum kekekalan energi

Untuk mendapatkan persamaan dasar gerak fluida, filosofi berikut selalu diikuti, yaitu:

- a) Memilih prinsip fisika dasar dari hukum-hukum fisika (hukum kekekalan massa, hukum Newton II, hukum kekekalan energi).
- b) Menerapkan prinsip-prinsip fisika di dalam model aliran. Persamaan matematika yang menggabungkan prinsip-prinsip fisika dasar dijelaskan dari penerapan.

Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan software antara lain:

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

Software yang membantu menangani masalah aliran di kapal telah berkembang pesat belakangan ini. Software ini dapat membantu memprediksi fenomena aliran fluida dengan kompleksitas yang jauh lebih besar dengan berbagai tingkat akurasi. Dalam proses perancangan, *software* membantu menjelaskan masalah yang ada dalam hal model yang akan dianalisis, sifat fluida yang ada di sekitar model, dan juga menyertakan kondisi batas yang diperlukan. Selanjutnya, *solver problem* dieksekusi untuk menghitung *output*. Keluaran dari program yang sedang berjalan diperoleh dari hasil perhitungan.

Ada tiga jenis umum proses simulasi CFD: *pre processor*, *solver manager* dan *post processor*, yang masing-masing akan dijelaskan secara rinci di bawah ini.

- a. *Pre-prosesor* mencakup *input* dari masalah aliran ke program CFD dan transformasi *input* ini menjadi bentuk yang cocok untuk digunakan oleh pemecah. Prosedur ini dapat dimulai dengan membuat model yang akan dianalisis. Setelah itu, domain dan kondisi batas dapat ditentukan. Model dan area yang akan dianalisis dibagi menjadi beberapa *grid* pada titik ini, yang juga dikenal sebagai meshing.:
 - Daerah sekeliling benda dibentuk menjadi geometri benda dan sebagai domain komputasi.
 - Membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil atau membentuk *grid generation* - Penentuan fenomena fisika dan kimia model.
 - Pendefinisian harga densitas, kekentalan, suhu, dan lain-lain disebut penentuan sifat-sifat fluida (*boundary condition*).
 - Lokasi pembuatan kondisi batas harus ditentukan dengan baik pada daerah sekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan disebut penentuan kondisi batas model geometri.

- Penentuan tingkat kekasaran grid (tingkat besar dan kecilnya grid)

Analisis aliran adalah proses penentuan kecepatan, tekanan, atau suhu aliran fluida melalui jaringan *cell* yang saling berhubungan. Umumnya, *software* akan menggunakan jumlah *cell* dalam *grid (mesh)* untuk menentukan keakuratan solusi. Namun, tidak selalu demikian; pada beberapa skala penambahan *cell* tidak mempengaruhi hasil analisis. Hasilnya, pengguna dapat memilih jumlah *cell* atau elemen yang optimal. Proses *meshing* biasanya sangat halus di area dengan deformasi yang sangat tajam, sedangkan area lainnya sedikit lebih kasar.

- a. *Solver*, pendugaan informasi dilakukan dengan memasukkan situasi secara iteratif, artinya perhitungan akan terus berlanjut sampai hasilnya error terkecil atau sampai mencapai nilai gabungan. Dengan mengintegrasikan persamaan diskrit, kita dapat menghitung volume kontrol keseluruhan. Ada tiga jenis pemecah: finite difference, finite element dan finite volume. Langkah-langkah yang membentuk metode pemecah numerik umumnya adalah sebagai berikut :
 - Perkiraan variabel yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana.
 - Pendekritan dengan substitusi perkiraan-perkiraan tersebut dengan persamaan-persamaan aliran yang berlaku dan berbagai manipulasi matematika.
 - Penyelesaian dari persamaan aljabar metode *finite volume*. *Finite volume* digunakan pada berbagai *code CFD* komersil seperti: PHOENICS, CFX, FLUENT, NUMECA, FLOW3D dan STARCD.
- b. Dalam tahap ini *input* dari *boundary condition* sangat berguna untuk menerjemahkan elemen-elemen beserta

kondisinya agar dapat dibaca oleh *software* sehingga perhitungan dapat dilakukan.

Post Processor menghitung hasil yang diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik, dan animasi dengan pola tertentu. Hasil perhitungan dari tahap sebelumnya ditampilkan, bersama dengan data properti fluida dan data numerik. Data numerik yang diambil dapat berupa data nilai variabel untuk sifat fluida seperti kekentalan *density*, *density*, *eddy viscosity*, koefisien perpindahan panas, nilai mach, tekanan, tekanan *gradient*, *shear strain rate*, *spesific capacity heat transfer rate*, entalpi statis, suhu, *thermal conductivity*, *total entalpi*, total suhu, total tekanan, turbulen energi kinetik, kecepatan, *wall heat flux*, gaya gesek, dan koordinat.

Pre-processor dapat menampilkan data model visual termasuk gambar *geometry*, gambar *surface* sifat fluida, animasi aliran fluida, tampilan vektor kecepatan, gerakan rotasi, translasi dan isolasi, arah aliran fluida dan *hardcopy output*.

Masalah aliran dapat diidentifikasi dengan mempertimbangkan fenomena fisik dan kimia selama pengaturan dan pengoperasian simulasi. Solusi numerik membutuhkan pemahaman yang mendalam. Keberhasilan algoritma ditentukan dengan menggunakan tiga konsep matematika:

- Konversi, Kombinasi, khususnya sifat teknik matematis untuk menyampaikan susunan elsakta sebagai pendispersi, ukuran kontrol volume atau ukuran komponen direduksi menjadi tidak ada. Secara teoritis, konvergensi biasanya sulit dicapai. untuk kondisi bidang kesamaan Lax, yang menyatakan bahwa konvergensi diperlukan untuk masalah linier.
- Konsistensi, yaitu urutan numerik untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan sama dengan persamaan pengendali sebagai jarak grid mendekati nol.
- Stabilitas, yaitu penggunaan faktor kesalahan sebagai indikasi metode numeric. Osilasi dan divergensi dapat dihasilkan dari

teknik yang tidak stabil di setiap kesalahan yang dibuatnya saat membuat jalur data awal.

CFD memberikan hasil fisik yang realistik dengan akurasi yang baik *path* simulasi dengan *grid* berhingga. Keberhasilan simulasi CFD dapat ditunjukkan oleh fakta bahwa ketiga sifat ini, yaitu *conservativeness*, *boundedness*, dan *transportiveness*. Keberhasilan simulasi CFD dapat ditunjukkan oleh fakta bahwa ketiganya dimaksudkan untuk menjadi komponen hingga.

Selain itu, ketiganya biasa digunakan sebagai alternatif konsep matematika yang akurat. Skema numerik bersifat konservatif, memastikan bahwa sifat fluida tetap tidak berubah di seluruh domain solusi. Metode volume terbatas memastikan bahwa viskositas property fluida CFD tetap konstan untuk setiap volume atur.

Ada dua jenis aliran: konveksi dan difusi. Efek arah pada volume terbatas, transportivitas, dapat dihitung untuk keduanya. Sementara pembatas dapat menjaga kestabilan metode numerik, efek arah pada transportivitas berbeda untuk masing-masing.

