

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dan lain-lain). Dalam istilah inggris, dipisahkan antara *ship* yang ukurannya lebih besar dan *boat* yang ukurannya lebih kecil. Berabad-abad kapal digunakan oleh manusia untuk mengarungi sungai atau lautan yang diawali oleh penemuan perahu sederhana. Semakin besar kebutuhan akan daya muat, maka dibuatlah perahu atau rakit yang berukuran lebih besar yang dinamakan kapal. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kapal biasanya menggunakan kayu, bambu, besi/baja. Untuk penggeraknya manusia pada awalnya menggunakan dayung kemudian angin dengan bantuan layar, seiring berkembangnya sekarang kapal sudah menggunakan mesin sebagai penggerak kapal.

Awal abad ke-20 pesawat terbang ditemukan. Transportasi baru ini mampu mengangkut penumpang dan barang dalam waktu cepat, sehingga kapal mendapat saingan. Tapi, kapal memiliki keunggulan yaitu mampu mengangkut penumpang dan barang dengan kapasitas yang lebih besar. Setiap jenis kapal mempunyai peran masing-masing dalam aktivitas perekonomian dan konektivitas antara pulau-pulau. Seperti kapal penumpang yang menjadi transportasi antar pulau, kapal cargo yang dapat mengangkut barang-barang berat, kapal perang untuk operasi militer dan pertahanan yang dapat menjaga keamanan wilayah maritim suatu negara. Setiap kapal memiliki fungsi dan desain yang spesifik untuk memenuhi kebutuhan industry yang berbeda.



Gambar 2.1 Kapal

sumber : <https://www.kanalpengetahuan.com>

2.1.1 Jenis – Jenis Kapal

Pada masa ini, kapal mempunyai banyak jenis yang beraneka ragam dan memiliki fungsi yang berbeda-beda :

A. Kapal Penumpang

Kapal penumpang memiliki fungsi untuk mengangkut penumpang dalam jumlah banyak. Terdapat beberapa jenis kapal penumpang, diantaranya adalah :

➤ Kapal Pesiar

Merupakan jenis kapal penumpang yang digunakan untuk pelayaran pesiar. Para penumpang yang menaiki kapal ini biasanya untuk menghabiskan waktu di atas kapal.



Gambar 2.2 Kapal Pesiar

sumber : <https://www.selalu.id/news.com>

➤ Kapal Samudra

Kapal ini mirip dengan kapal pesiar yang memiliki fasilitas penginapan dan perlengkapan. Yang membedakannya adalah rute pelayaran yang dilalui kapal ini yang berangkat dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lain secara terjadwal.



Gambar 2.3 Kapal Samudra

sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_samudra

➤ Kapal Feri

Kapal ini merupakan transportasi laut yang digunakan untuk menyeberangi sungai atau laut yang dapat mengangkut penumpang dan kendaraan. Kendaraan yang diangkut bermacam-macam. Mulai dari motor, mobil, bus hingga truk bermuatan.



Gambar 2.4 Kapal Feri

sumber : <https://karyapratamacargo.co.id/kapal-feri/>

B. Kapal Barang

Kapal ini memiliki ukuran yang besar karena fungsinya untuk mengangkut barang/muatan dalam jumlah banyak. Jenis kapal ini bisa ditemukan di sekitar pelabuhan. Kapal barang ini juga banyak jenisnya, antara lain :

➤ Kapal Peti Kemas

Kapal ini bisa disebut juga kapal container merupakan kapal khusus yang digunakan untuk mengangkut container. Biasanya bongkar muat container melalui pelabuhan terminal peti kemas menggunakan alat berat khusus.



Gambar 2.5 Kapal Kontainer

sumber : <https://www.eonchemicals.com/solusi/kapal-kontainer-cargo/>

➤ **Kapal Tanker**

Kapal ini merupakan transportasi laut yang berfungsi untuk mengangkut cairan minyak. Kapal ini biasanya mengangkut 2 jenis minyak. Yang pertama mengangkut minyak jadi dan kedua mengangkut minyak mentah. Kapal tanker yang mengangkut minyak jadi memiliki ukuran yang lebih besar.



Gambar 2.6 Kapal Tanker

sumber : <https://www.eonchemicals.com/solusi/kapal-kontainer-cargo/>

➤ Kapal Tunda

Merupakan kapal kecil yang berfungsi untuk mendorong atau menarik kapal-kapal besar seperti kapal tongkang, kapal rusak dan lainnya. Kapal ini dapat membantu dan memindahkan kapal yang dalam keadaan tidak bisa bergerak. Biasanya kapal tunda ini juga sebagai pembuka pintu laut pelabuhan.



Gambar 2.7 Kapal Tunda

sumber : <https://maritimnews.com/2025/04/kapal-tunda-penting-dan-perlu/>

➤ Kapal Pengangkut Barang Curah

Kapal ini merupakan jenis kapal yang memiliki ruang khusus yang terpisah-pisah yang berguna untuk mengangkut muatan curah seperti batu bara, pasir, semen, biji-bijian dan sebagainya.



Gambar 2.8 Kapal Muatan Curah

sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_muatan_curah

➤ Kapal Pengangkut Barang Berat

Kapal ini merupakan jenis kapal yang dirancang dan dibuat memiliki fungsi untuk mengangkat material atau barang yang ukurannya sangat besar melebihi ukuran dari kapal tersebut. Material atau barang yang dapat dibawa oleh kapal ini seperti alat-alat kilang minyak sampai ke kapal besar lain.



Gambar 2.9 Kapal Angkut Barang Berat

sumber : <http://versesofuniverse.blogspot.com/2014/11/kapal-angkut-berat>

C. Kapal Angkatan Laut

Kapal ini merupakan kapal yang digunakan oleh suatu negara untuk keperluan keamanan dan militer di laut. Kapal angkatan laut terbagi dalam beberapa jenis :

➤ Kapal Perang

Jenis kapal ini dibuat khusus untuk berperang. Kapal ini dilengkapi dengan peralatan dan senjata yang canggih serta dirancang dapat menahan serangan dari musuh.



Gambar 2.10 Kapal Perang

sumber :

<https://www.kompas.com/tren/read/2022/05/13/100500065/spesifikasi-dan-kecanggihan-kri-bung-tomo-357-kapal-perang-tni-al>

➤ Kapal Patroli

Kapal ini merupakan kapal Angkatan laut, mempunyai ukuran yang lebih kecil. Kapal patroli ini memiliki fungsi untuk menjaga dan mengawasi perbatasan laut seperti pembajakan, penyelundupan barang ilegal, pengawasan terhadap para nelayan yang menangkap ikan di area terlarang sesuai peraturan yang berlaku.



Gambar 2.11 Kapal Patroli

sumber : <https://www.islamtimes.com/id/news/598908/tni-al-miliki-3-kapal-patroli-baru>

➤ Kapal Selam

Jenis kapal yang satu ini berbeda dengan kapal lainnya. Bila kapal pada umumnya bergerak atau berlayar di atas air, kapal ini bergerak dan beroperasi di bawah air laut. Kapal selam memiliki beberapa fungsi yang sama seperti kapal Angkatan laut lain, diantaranya sebagai patrol, pengintaian, pertahanan. Namun, fungsi lain dari kapal selam sebagai pariwisata, eksplorasi laut dalam, penelitian ilmiah dan juga memperbaiki jaringan kabel bawah laut.



Gambar 2.12 Kapal Selam

sumber : <https://www.suara.com/news/2021/09/16/193102/kapal-selam-sejarah-komponen-cara-kerja>

D. Kapal-Kapal Lainnya

Kapal-kapal berikut adalah kapal yang beroperasi untuk menjalankan tugas tertentu, diantaranya sebagai berikut :

➤ Kapal Penyelamat

Kapal ini merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk menjalankan misi penyelamatan seperti menolong korban yang terjadi kecelakaan kapal di laut dan sebagainya.



Gambar 2.13 Kapal Penyelamat

sumber : https://www.kkip.go.id/project_category/kapal-penyelamat/

➤ Kapal Derek

Kapal ini merupakan jenis kapal yang memiliki derek besar yang berfungsi untuk mengangkat barang-barang berat atau dapat membantu pekerjaan lain seperti pekerjaan konstruksi lepas pantai.



Gambar 2.14 Kapal Derek

sumber : <https://pressrelease.kontan.co.id/news/menuju-green-company-ptk-pasang-plts-di-kapal-derek-fc-dwipangga>

➤ Kapal Pengeboran

Kapal ini merupakan kapal yang dirancang dilengkapi dengan peralatan pengeboran. Kapal ini digunakan untuk membantu mengebor minyak batu bara ataupun sumur gas di dalam laut.



Gambar 2.15 Kapal Pengeboran

sumber :

<https://translate.google.com/translate?u=https://www.offshore-energy.biz/>

➤ Kapal Pengeruk

Kapal ini digunakan untuk kegiatan pengerukan yang bertujuan untuk reklamasi. Kapal pengeruk akan menyedot pasir di dasar laut dan mengumpulkannya di suatu tempat untuk kegiatan reklamasi. Kapal ini biasanya juga beroperasi untuk memperdalam alur pelayaran dan memelihara pelabuhan.



Gambar 2.16 Kapal Pengeruk

sumber : <https://www.kapalaku.com/index.php?threads/mengenal-jenis-jenis-kapal-keruk.3105/>

➤ Kapal Pemadam Kebakaran

Kapal pemadam kebakaran menyerupai kapal tunda. Namun kapal ini dilengkapi dengan peralatan pemadam kebakaran seperti pompa dan nozzle yang digunakan untuk menyembrotkan air ke kapal yang terjadi kebakaran.



Gambar 2.17 Kapal Pemadam Kebakaran

sumber : <https://www.istockphoto.com/id/foto/perahu-pemadam-kebakaran-gm458094213-27554340>

➤ Kapal Ikan

Kapal ini merupakan kapal yang digunakan nelayan untuk menangkap ikan. Kapal ini biasanya bermaterial kayu atau besi, dan mempunyai gudang khusus untuk menyimpan ikan hasil tangkapan.



Gambar 2.18 Kapal Ikan

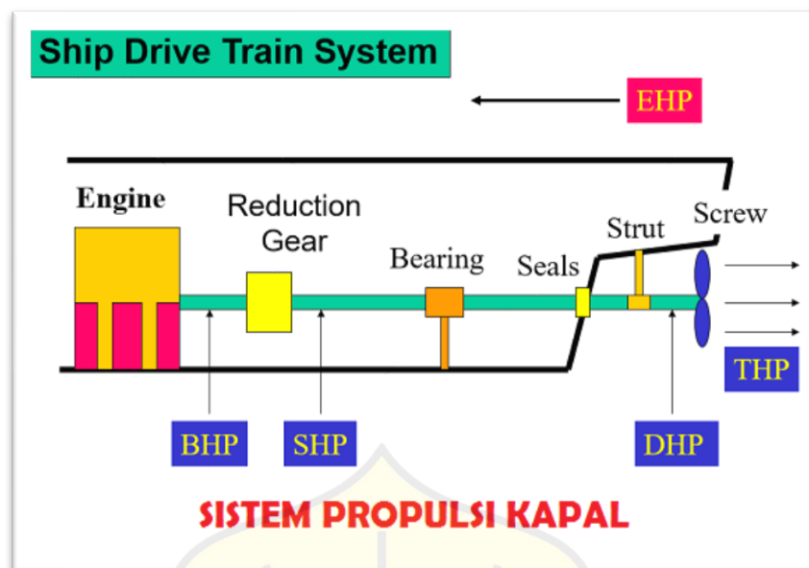
sumber :

<https://www.kompas.com/skola/read/2020/01/07/060000969/kapal-perikanan-pengertian-dan-jenis-kapal-penangkap-ikan?page=all>

2.2 Sistem Propulsi Kapal

Kapal merupakan bangunan apung berjalan di atas air yang memiliki bermacam-macam sistem. Salah satunya adalah sistem penggerak atau disebut sistem propulsi yang sangat berpengaruh dalam olah gerak kapal. Saat kapal melakukan olah gerak, kapal akan mengalami gaya hambat dan air. Cara mengatasi gaya tersebut diperlukannya gaya dorong yang besar dari sistem penggeraknya. Beberapa komponen dari sistem propulsi kapal adalah :

- *Main Engine* (motor induk) adalah mesin utama yang berfungsi sebagai penggerak kapal.
- *Propulsor* (penggerak) merupakan alat yang digunakan untuk memindah gerakkan kapal.
- *Transmission* (transmisi) komponen transmisi yang meliputi poros, roda gigi dll.



Gambar 2.19 Sistem Propulsi Kapal

sumber : <https://www.kapaldanlogistik.com>

Prinsip kerja dari system propulsi di kapal diawali dari mesin utama sebagai sumber daya yang memberikan daya ke propulsor lewat system transmisi. Besaran daya yang diserap oleh propulsor tergantung pada besaran efisiensi system transmisi tersebut. Daya inilah yang kemudian digunakan untuk mendorong kapal. Jenis propulsor yang sering digunakan untuk menggerakkan kapal adalah *screw propeller* atau biasa disebut baling-baling ulir.

Gaya dorong (*thrust*) pada *screw propeller* terjadi akibat dari adanya perbedaan distribusi tekanan antara punggung baling-baling dan muka baling-baling. Tekanan pada daerah muka daun baling-baling lebih besar dibandingkan tekanan pada daerah punggung baling-baling. Hal ini menyebabkan timbulnya *lift force* (gaya angkat).

Sistem transmisi di kapal memiliki beberapa macam komponen, yang di mana komponen tersebut akan saling berhubungan. Komponen system transmisi di kapal diantaranya seperti *shaft propeller*, *coupling*, *gearbox*. Komponen tersebut mempunyai peran masing-masing dalam system transmisi di kapal. Pada *shaft propeller* misalnya, komponen ini berguna sebagai konversi daya rotasi yang

dihasilkan dari mesin utama kapal menjadi gaya dorong yang dapat menggerakkan suatu kapal. Sistem propulsi kapal mempunyai 2 bagian, yaitu :

➤ Direct couple

Sistem di mana mesin utama kapal dikopel langsung dengan *propeller* melalui system poros tanpa *reverse reduction gearbox* diantaranya. Yang berarti *propeller* mempunyai putaran yang sama dengan mesin utama.

➤ Inderict couple

Sistem di mana mesin utama kapal dikopel dengan *propeller* tidak secara langsung. Yang berarti antara mesin utama dan *propeller* terdapat *gearbox* yang bekerja untuk mereduksi putara mesin menjadi putaran *propeller*.

2.2.1 Pengenalan Alat Penggerak Kapal

Alat gerak kapal dibagi menjadi 2, yaitu alat gerak kapal non mekanik dan alat gerak kapal mekanik. Alat gerak kapal non mekanik adalah dayung dan layar, sedangkan alat gerak kapal mekanik bermacam-macam diantaranya :

A. *Fixed pitch propeller*

Fixed pitch propeller biasa disebut dengan baling-baling pitch tetap. Tipe *propeller* ini digunakan untuk kapal dengan rpm yang relative rendah dan torsi yang tinggi. Pemakaian bahan bakar yang lebih ekonomis serta bising dan getaran yang minimal, serta kavitasi yang minim pada penggunaan tipe *propeller* ini.



Gambar 2.20 *Fixed pitch propeller*

sumber : <https://www.kapaldanlogistik.com>

B. *Controllable pitch propeller*

Controllable pitch propeller biasa disebut dengan *propeller* dengan *pitch* yang dapat diubah. Tipe *propeller* ini mempunyai daun *propeller* yang dapat diubah sesuai dengan kebutuhan operasi kapal. Seperti saat rpm rendah, digunakan *pitch* yang besar dan rpm yang tinggi sebaliknya. *Propeller* jenis ini efektif digunakan saat kapal manuver serta gerak mundur yang hanya mengubah putaran atau arah *pitch* daun *propeller* untuk merubah arah gerak kapal.



Gambar 2.21 *Controllable pitch propeller*

sumber : <https://www.cultofsea.com/ship-handling/basic-propeller-types/>

C. *Ducted propeller (kort nozzle)*

Tipe *propeller* ini mempunyai tabung yang mengelilingi *propeller* menyerupai bentuk sayap pesawat. Konstruksi ini yang disebut sebagai duct atau kort nozzle yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi *propeller* dengan mengoptimalkan aliran fluida. Sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang besar. Tipe *propeller* ini biasa digunakan oleh kapal tugboat.



Gambar 2.22 *Ducted propeller*

sumber : <https://www.zavamarine.com/product/marine-ducted-propeller/>

D. *Contra rotating propeller*

Contra rotating atau dua *propeller* yang dipasang berlawanan pada satu poros pendorong. Menempatkan *propeller* kedua (bagian belakang) satu poros pendorong dengan *propeller* pertama (bagian depan), dapat sejumlah keuntungan tambahan antara lain *propeller* kedua (bagian belakang) dapat memulihkan rotasi slip yang disebabkan oleh *propeller* pertama (bagian depan).



Gambar 2.23 *Contra rotating propeller*

sumber : <https://www.brunvoll.no/products/crp-contra-rotating-propellers>

E. *Overlapping propeller*

Sistem propulsi kapal yang di mana system ini menggunakan dua *propeller* yang dipasang pada poros yang sama dan saling bertumpuk. Sistem ini dirancang agar kedua *propeller* saling berputar pada sumbu yang terpisah, yang fungsinya untuk meningkatkan efisiensi dorongan dengan cara yang berbeda dari *propeller* jenis *contra rotating* yang mempunyai sumbu terpisah dan saling berputar berlawanan arah.

Meski system ini memiliki efisiensi lebih tinggi dari *single screw propeller*, system ini jarang digunakan di kapal-kapal saat ini karna berpengaruh pada tingkat getaran dan kavitasi yang ditimbulkan besar.



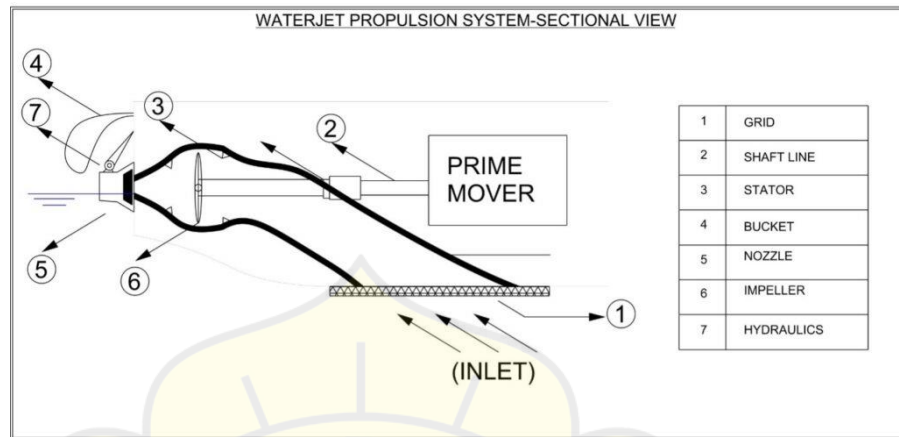
Gambar 2.24 *Overlapping propeller*

sumber : <https://lshipdesign.blogspot.com/2018/04/types-of-propellers.html>

F. *Waterjet propulsion*

Sistem propulsi ini memanfaatkan fluida air untuk menciptakan gaya dorong kapal. Sistem ini banyak digunakan pada kapal berkecepatan tinggi, karena air yang dihisap melewati impeller dipercepat menggunakan pompa melewati bagian bawah lambung kapal yang kemudian air tersebut disemprotkan ke belakang dengan kecepatan tinggi. Gaya dorong yang dihasilkan merupakan hasil dari penambahan momentum yang diberikan ke air.

Sistem ini memiliki beberapa keuntungan salah satunya terhadap kerusakan dan bahaya *propeller* terhadap lingkungan laut. Tetapi, jenis system ini umumnya memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan *propeller* pada kapal.



Gambar 2.25 *Waterjet propulsion*

sumber : <https://maritimepage.com/what-is-waterjet-propulsion-on-small-vessels/>

G. Cyclodial propeller

Sistem ini dikenal sebagai *propeller* dengan poros tegak lurus yang menggunakan bilah yang berputar terhadap arah Gerakan fluida. Sistem ini dapat menghasilkan gaya dorong atau angkat ke segala arah dengan merubah sudut bilah selama rotasi. Dan berfungsi ganda sebagai *propeller* utama dan kemudi kapal.



Gambar 2.26 *Cyclodial propeller*

sumber : https://www.researchgate.net/figure/Cycloidal-propeller-blade-kinematics_fig2_361227694

H. *Paddle wheels*

Paddle wheels adalah suatu roda yang pada area diameter luarnya mempunyai sejumlah bilah yang berfungsi untuk mendapatkan momentum gerak. *Paddle wheels* memiliki dua tipe bilah yang dirancang pada system gerak kapal antara lain : *fixed blades* dan *adjustable blades*.

Kelemahan dari system propulsi ini terletak pada penambahan atau perubahan dimensi kapal (lebar) sebagai penempatan kedua roda pedal di sisi kiri dan kanan badan kapal. Selain itu, pemasangan roda pedal relative berat bila dibandingkan dengan *screw propeller*. Sistem ini juga rentan terhadap Gerakan rolling kapal yang dapat menyebabkan ketidak seimbangan momentum gerak yang dihasilkan. Kondisi ini yang akan mengakibatkan gaya dorong dari *paddle wheels* menjadi tidak seragam antara roda sisi kiri dan kanan kapal yang menjadi penyebab laju gerak kapal berubah. Sistem ini akan lebih baik diaplikasikan pada perairan yang tenang seperti danau dan sungai.



Gambar 2.27 *Paddle wheels*

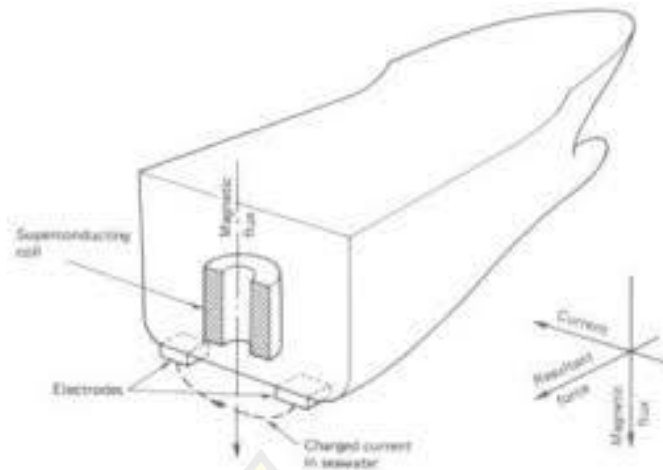
sumber : <https://depositphotos.com/id/photos/paddle-steamer-wheel.html>

I. *Superconducting electric propulsion*

Sistem propulsi ini sangat berbeda dengan system propulsi lainnya. Sistem ini tidak ada alat penggerak seperti *propeller* atau seperti waterjet. Prinsip dasar system propulsi ini adalah *electromagnetic*, yang bekerja dari hasil interaksi antara *fixed coil* di dalam lambung kapal dan arus listrik yang dialiri melalui air laut oleh elektroda-elektroda yang ditempatkan pada area dasar lambung kapal.

Gaya *orthogonal* yang dihasilkan terhadap medan magnet dan arus listrik merupakan hasil dari *Flemings right hand rule*. Sistem propulsi ini dapat menekan tingkat bising dan getaran akibat hidrodinamika propulsi, sehingga hal tersebut dapat dijadikan pertimbangan untuk diaplikasikan di kapal-kapal militer.

Masalah utama yang terjadi bila memakai system propulsi ini adalah sulitnya untuk menjaga temperatur *superconducting coil* di *zero property*, di mana hal ini membutuhkan untuk menjaga temperature *liquid helium* hingga mencapai -268°C .



Gambar 2.28 *Superconducting electric propulsion*

sumber : <https://depositphotos.com/id/photos/paddle-steamer-wheel.html>

J. *Azimuth podded propulsion*

Sistem propulsi ini menggunakan system yang dapat memudahkan kapal dalam manuver, karena *propeller* dapat diputar yang menghasilkan daya dorong dengan arah yang diperlukan. System ini pun memiliki efisiensi yang tinggi serta tingkat kebisingan dan kavitasi yang relative rendah. Penggunaan system ini banyak digunakan oleh kapal-kapal *cruise liner*.

Pada umumnya, *propeller* ini dapat dipasang secara terbuka maupun menggunakan saluran. Sudut *propeller* ini dibuat lebih rumit dibandingkan dengan poros *propeller* normal, sehingga jenis system propulsi ini lebih mahal.

Adapun keuntungan dari pemakaian system propulsi ini adalah apabila difungsikan sebagai propulsi penarik, *propeller* dapat dipasang di bagian depan poros vertical. Demikian pada sebaliknya ketika *thruster* dioperasikan sebagai pendorong kapal, maka akan di belakang poros vertical.



Gambar 2.29 *Azimuth podded propulsion*

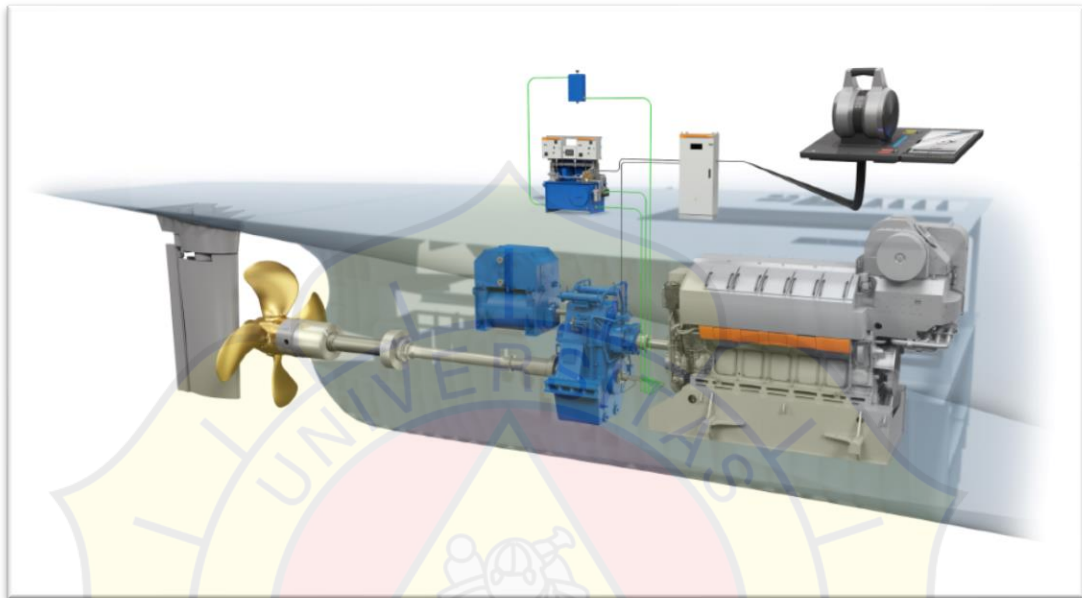
sumber : <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-%28azimuthing-podded-drive%29>

2.3 Propeller

Propeller merupakan alat penggerak kapal, yang di mana peranan *propeller* ini dalam sistem penggerak kapal sangat penting. Karna *propeller* bekerja dengan memberi kekuatan mengubah rotasi gerak ke gaya dorong. *Propeller* memiliki beberapa daun (*blade*) dan beroperasi seperti perputaran skrup. Beda tekanan antara permukaan bintukan bagian depan dengan bagian belakang *propeller* menghasilkan akselerasi air di belakang yang menjadi gaya dorong.

Kapal bergerak dengan kecepatan tertentu akan mengalami gaya hambat yang berlawanan dengan arah gerak. Terjadinya gaya hambat harus mampu diatasi dengan gaya dorong kapal yang dihasilkan dari mesin penggerak kapal.

Umumnya *propeller* diletakkan serendah mungkin di bagian belakang kapal untuk memaksimalkan gaya dorong kapal. *Propeller* harus mempunyai diameter sesuai dengan ukuran kapal yang apabila kapal dalam muatan kosong atau penuh, *propeller* tersebut akan tenggelam untuk menghindari terjadinya fenomena ikutnya udara dan pemacuan *propeller* ketika kapal bergerak.



Gambar 2.30 *Propeller* Kapal

sumber : <https://www.wartsila.com/idn/kelautan>

Karakteristik beban *propeller* dapat disampaikan dengan grafik beberapa koefisien dalam bentuk ukuran. Persamaan karakteristik kinerja *propeller* sebagai berikut :

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^4} \quad J = \frac{V_a}{nxD}$$

Dimana:

K_T = Koefisien gaya dorong baling-baling

K_Q = Koefisien torsi baling-baling

J = Koefisien advanced baling-baling

V_a = kecepatan advanced

D = diameter propeller

n = putaran propeller

T = thrust propeller

Q = torque propeller

ρ = massa jenis

2.3.1 Sejarah Propeller

Baling-baling pertama kali dibuat di Inggris pada tahun 1680 oleh seorang bernama Hook. Kemudian sekitar tahun 1804 di Amerika, Kolonel Stevens mencoba menggunakan baling-baling di kapalnya dengan panjang 7,5 meter. Berhasil diproduksi oleh Russell pada tahun 1828 dan baling-baling dipasangnya di kapal setinggi 60 kaki serta berkecepatan 6 knot. Namun, keberhasilan itu tidak menarik perhatian para sarjana dan pemilik kapal Austria yang lain.

Pada tahun 1836 seorang pria bernama *Petit Smith* dari Inggris mencoba baling-baling buatan sendiri di kapal kayu 6 ton dan diuji dengan motor penggerak 6 hp di *Paddington Canal*. Sayangnya, percobaan itu membuat kapal *Petit Smith* bertabrakan dengan kapal lain dan mengakibatkan patah baling-baling. Tapi dari patahnya baling-baling itu membuat kapalnya melaju lebih cepat. Dari kejadian itu *Petit Smith* menyempurnakan baling-baling buatannya menjadi lebih baik.

Sejak penggunaan pertama kalinya sampai sekarang, baling-baling sebagai alat penggerak kapal berkembang bertahap. Demikian saat ini baling-baling merupakan penggerak kapal mekanis yang paling banyak digunakan pada kapal-kapal di segala ukuran dan jenis. Hingga saat ini, baling-baling dilakukan penelitian dan pengembangan untuk meningkatkan efisiensi baling-baling.

2.4 Propeller B Series

Baling-baling yang dikenal dengan sebutan baling-baling seri B atau *Wageningen* merupakan jenis baling-baling yang umum digunakan terutama pada kapal-kapal niaga. Bentuk baling-baling seri B sangat sederhana. Baling-baling ini memiliki komponen modern dan karakteristik kinerja yang sangat baik. Secara umum, ada variasi baling-baling seri B yaitu:

- P/D = 0,5 sampai 1,4
- Z = 2 sampai 7
- AE/A_o = 0,3 sampai 1,05

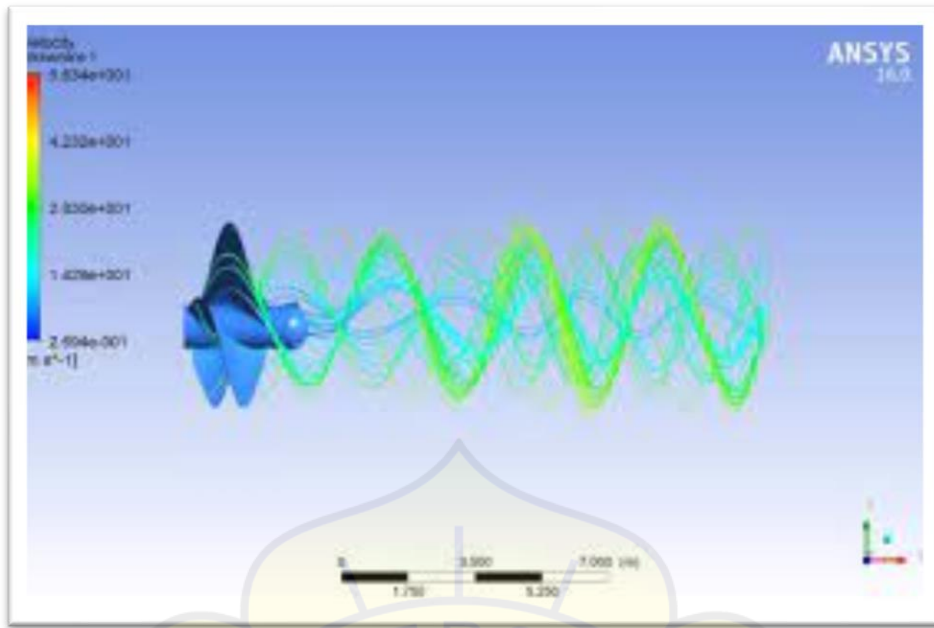
Adapun karakteristik dasar dari *propeller B series* :

- Diameter 250 mm dan RH/R 0,167 (RH = jari-jari hub)
- Memiliki distribusi radial pitch yang konstan
- Kontur blade yang cukup lebar
- Memiliki segmental *tip blade section* dan *aerofoil section* pada jari jari dalam.

2.5 Hidrodinamika Baling-Baling

Dalam mendesain bentuk dasar baling-baling dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yang dinamakan *hidrofoil*, di mana menghasilkan suatu *lift* yang besar dibanding *drag* nya. Pergerakan *hidrofoil* akan terjadi pada media fluida dengan kecepatan yang kemungkinan terjadinya hidrodinamika.

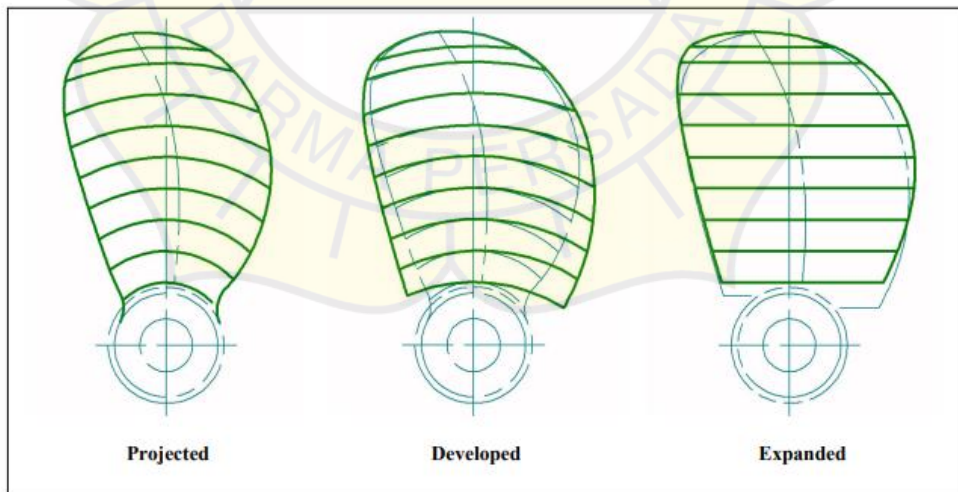
Hidrodinamika merupakan peristiwa di mana terjadi perbedaan kecepatan dan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah hidrofoil. Fluida yang melewati bagian atas *airfoil* lebih cepat dari fluida yang melewati bagian bawah akan lebih pelan. Diketahui bahwa besaran tekanan berbanding terbalik dengan besaran kecepatan. Perbedaan inilah yang akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat.



Gambar 2.31 Hidrodinamika *Propeller*
sumber : ejournal3.undip.ac.id

2.6 *Blade Area Ratio*

Adalah perbandingan antara luasan daun *propeller* dengan luas putaran penuh *blade tip* atau A_o .

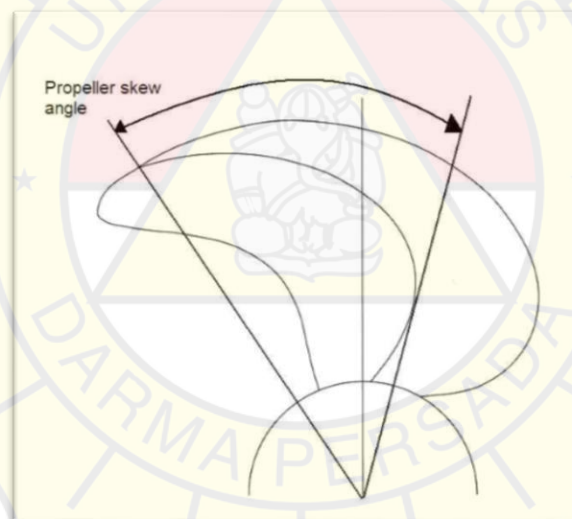


Gambar 2.32 *Blade Area Ratio*
sumber : <https://www.ripublication.com>

- *Projected Outline (A_p)* : area luasan *blade propeller* jika dilihat dari *shaft center line*.
- *Delevoped Area (A_d)* : luasan daun *propeller* diputar ke bidang gambar, setiap potongan daun mempunyai sudut putar yang berlainan.
- *Expanded Blade Outline (A_e)* : area lengkung dari irisan perpotongan daun *propeller* dengan silinder.

2.7 *Skew Angle Propeller*

Skew angle propeller (sudut kemiringan propeller) merupakan sudut antara *propeller shaft center line* sampai *blade tip*. *Blade tip* (ujung daun) merupakan pertemuan tepi belakang *propeller* dengan tepi depan permukaan *propeller* dan jarak maksimum dari *propeller*. Sudut kemiringan pada *propeller* berfungsi mengurangi beban dan tekanan pada saat *propeller* memecah aliran fluida.



Gambar 2.33 *Skew angle propeller*

sumber : <https://www.researchgate.net>

2.8 *Konsep Boundary Layer*

Lapisan batas (*boundary layer*) dapat diartikan sebagai daerah fluida yang dekat dengan benda padat. Didaerah benda padat tersebut kecepatannya sangat besar dibandingkan dengan variasi longitudinalnya. Ketebalan lapisan batas

merupakan jarak dan permukaan benda dimana kecepatan = 0 kesuatu titik yang kecepataannya mencapai 99% kecepatan aliran bebas U.

Lapisan batas bisa laminar, turbulen atau transisional. Terkadang disebut sabuk gesekan (*frictional belt*). Faktor yang mempengaruhi lapisan batas, yaitu :

- Gradien tekanan
- Kekasaran permukaan
- Perpindahan panas
- Body forces
- Gangguan pada aliran bebas

2.9 Kavitasi Propeller

Kavitasi baru diketahui pada tahun 1890 oleh seorang bernama *Charles Parson* dari Inggris. Kavitasi adalah proses dimana fase gas cair terbentuk di bawah tekanan pada suhu lingkungan konstan. Cairan kavitasi umumnya dianggap sebagai gelembung udara yang dibentuk oleh penurunan tekanan.

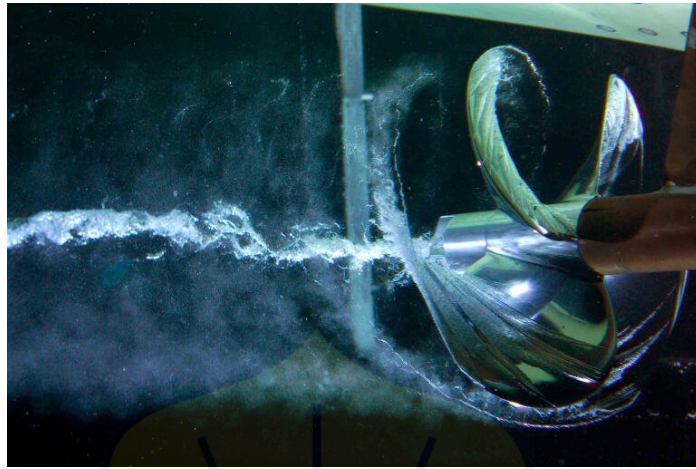
Contoh terjadinya kavitasi adalah air mendidih dan batu yang terkena air terus menerus. Hal ini karena tekanan uap meningkat dengan meningkatnya suhu air. Kavitasi pada baling-baling disebabkan oleh peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan. Kavitasi terjadi ketika baling-baling beroperasi pada beban yang relatif tinggi. Lokasi kavitasi dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Kavitasi ujung (*tip cavitation*) = kavitasi yang terjadi di dekat ujung baling-baling.



Gambar 2.34 Kavitasi ujung
sumber: <https://www.google.com>

- Kavitasasi pusaran (*vortex cavitation*) = kavitasasi yang terjadi di dalam inti tekanan rendah pusaran ujung *propeller*.



Gambar 2.35 Kavitasasi pusaran

sumber : <https://www.anakteknik.co.id>

- Kavitasasi pangkal daun (*root cavitation*) = kavitasasi di dalam daerah tekanan rendah di pangkal daun baling-baling.
- Celah antara daun dan tabung *propeller*.
- Hub *propeller*

Kerusakan yang terjadi akibat adanya kavitasasi *propeller* adalah :

- Efisiensi *propeller* akan berkurang yang menyebabkan kecepatan kapal tidak sesuai.
- Menyebabkan erosi terhadap *propeller* yang dapat menurunkan efisiensi *propeller*.
- Menyebabkan getaran dan bunyi.

Cara mencegah terjadi kavitasasi adalah:

- Memperluas area daun baling-baling dengan memperbesar tiap daun (dilakukan untuk mengurangi beban yang dialami setiap daun).
- Menggunakan tipe irisan daun baling-baling yang dapat mengurangi terjadinya tekanan rendah di permukaan daun.

2.10 Computational Fluid Dynamic (CFD)

CFD merupakan metode numerik dan algoritma untuk menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuannya untuk memprediksi secara akurat aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia. Salah satu keuntungan dari aplikasi CFD yaitu dapat memperkecil waktu proses mendesain suatu produk.

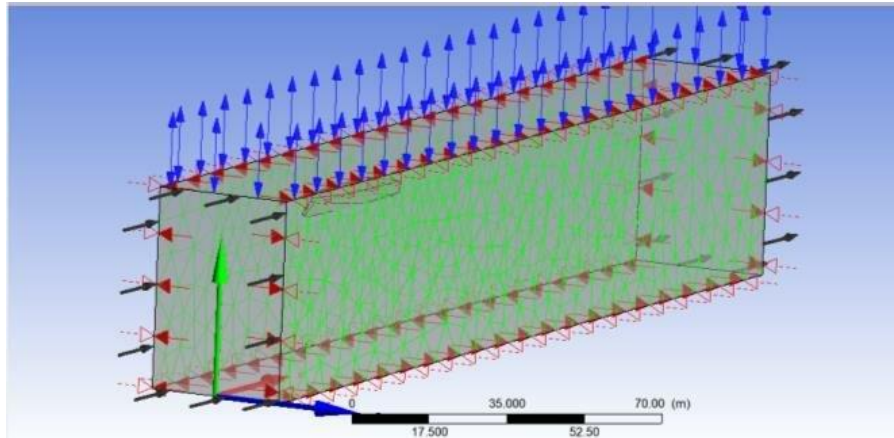
Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

➤ *Pre Processor*

Tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Ditahap ini juga sebuah benda akan dianalisa dibagi-bagi dengan jumlah *grid* tertentu atau disebut juga *meshing*.

Pada tahap ini ada 4 hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Membuat geometri. Cara membuat geometri ini dapat dibuat melalui fasilitas *build geometry* dari software CFD yang digunakan atau bisa juga menggunakan software CAD. Perlu juga menentukan permasalahan yang ingin diselesaikan cukup disimulasikan dengan 2 dimensi atau 3 dimensi, apakah kita akan memodelkan sebagian benda atau keseluruhan dari benda tersebut.
2. *Meshing*. Menentukan tipe mesh yang ingin digunakan. Apakah menggunakan mest *triangle*, *quadrilateral*, *tetrahedon*, *hexahedron*, *pyramid* atau *prism*. Memori computer juga turut andil dalam menentukan seberapa banyak cells atau node yang bisa dibuat.
3. Menentukan material *properties* dari fluida, *physical models*, *boundary condition*, *turbulence modelling* dan sebagainya.
4. Pengaturan solver (*numerical schemes*, *convergence control*, *convergence monitors* dan sebagainya).

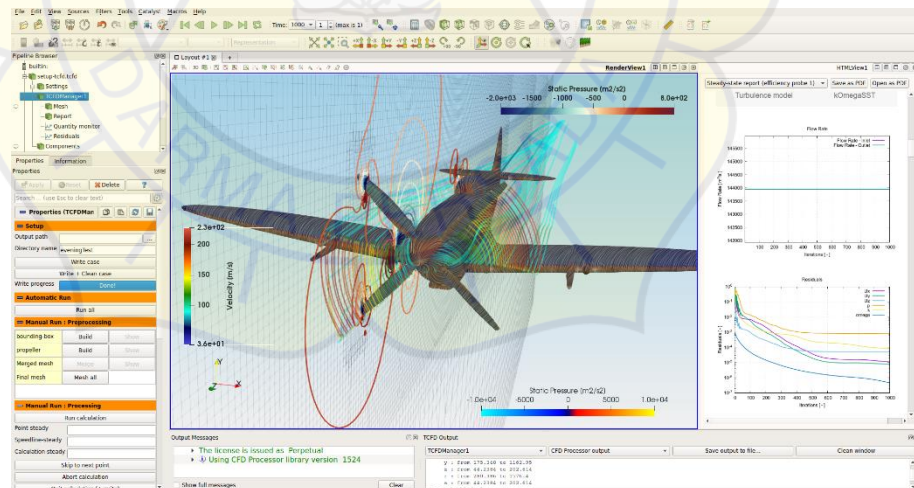


Gambar 2.36 Pre processor

sumber : <https://www.anakteknik.co.id>

➤ **Processor**

Tahap ini dilakukan proses perhitungan data *input* dengan persamaan yang terlibat secara berulang, artinya perhitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang diinginkan. Perhitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap *volume* kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

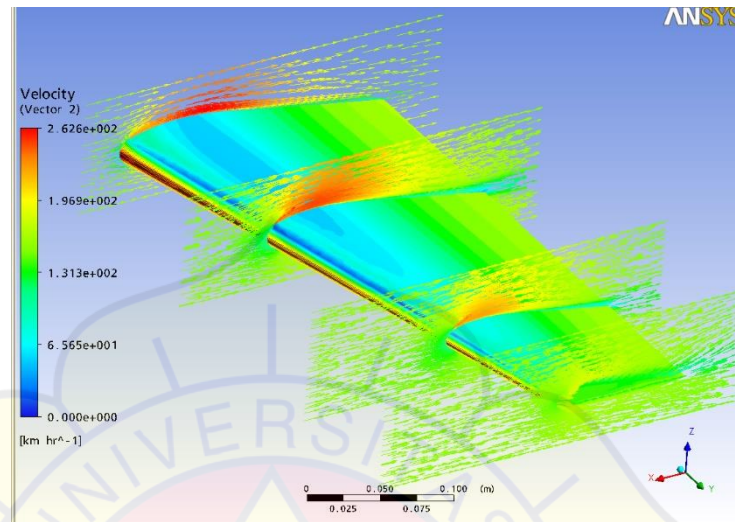


Gambar 2.37 Processor

sumber : <https://www.anakteknik.co.id>

➤ *Post Processor*

Merupakan tahap akhir visualisasi dari tahapan sebelumnya. Hasil perhitungan diaplikasikan ke dalam gambar, grafik dan animasi dengan pola-pola warna tertentu.



Gambar 2.38 *Post processor*

sumber : <http://andiramuhammad.blogspot.com/2013/03/tentang-cfd-computational-fluid-dynamics.html>