

## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1 *Bulk Carrier*

*Bulk carrier* merupakan salah satu jenis kapal yang paling besar populasinya. Kapal ini akan digunakan untuk transportasi kargo curah (dry cargo) dengan spesifikasi tertentu sesuai dengan class pabrikanya. Kapal Bulk Carrier ini mengangkut kargo curah, dimana muatan tersebut dimuat dengan cara membuang kargo ke cargo hold tanpa adanya peti kemas dan ditutupi dengan palka (hatches). Berdasarkan jenis muatannya bulk carrier dibedakan menjadi beberapa bagian, yaitu *grain carrier* (benih sayuran), *ore carrier* (hasil dari tambang), *coal carrier* (batu bara), *oil ore carrier* (batu bara dan minyak), dan *coal ore carrier* (batu bara dan biji besi).

Bulk carrier sendiri dibedakan berdasarkan ukuran dimensi kapal, yakni :

1. Handy size, yakni kapal jenis bulk carrier dengan bobot mati kapal berkisar antara 26.000 hingga 55.000 ton dan sarat air muatan penuh berkisar 11,5 m. Dikenal handy size karena memiliki ukuran yang dapat beroperasi pada sebagian besar pelabuhan di dunia.
2. Handy max, yakni kapal jenis bulk carrier dengan konstruksi lebih berat dapat mengangkut kayu bulat dan juga dikenal sebutan “Longgers”, kapal ini memiliki displasemen antara 40.000 hingga 60.000 ton.
3. Panamax, yakni kapal kargo yang didesain untuk dimensi maksimum (utamanya lebar maksimum) yang bertujuan melewati Kanal Panama pada tahun 2000. Batas ukuran panjang total kapal (Loa) 289,5 m, lebar maksimum 32,5 m dan sarat air maksimum 12,7 m, mempunyai berat mati kapal 50.100 sampai 100.000 ton. Panamax bulk carrier mengangkut muatan curah yang besar seperti nikel, batu bara, hasil tambang, bauksit, dan bijih besi dengan jarak pelayaran relatif jauh.
4. Kamsarmax yakni jenis bulker yang memiliki bobot mati kapal 80.000 hingga 85.000 ton dan batas ukuran panjang total kapal (LOA) 229 meter yang mana panjang kapal maksimum yang diijinkan bersandar di pelabuhan Kamsar, salah satu pelabuhan tambang bauksit terbesar di dunia

5. Cape size, adalah jenis bulk carrier yang mempunyai deadweight antara 100.000 sampai 180.000 ton. Dengan garis sarat air berkisar 17 m. Pada awalnya mempunyai bobot mati kapal antara 100.000 sampai 140.000 ton.
6. Very large bulk carrier adalah jenis kapal Bulk Carrier yang mempunyai bobot mati kapal lebih tinggi dari 179.000 ton. Mempunyai rute pelayaran acean going yakni dari Brazil - Eropa dan juga Australia - Jepang.
7. Ultra Larga Orc Carrier adalah kapal Bulk Carrier yang memiliki bobot mati kapal 400.000 ton.

## 2.2 Sistem Penggerak

Sistem Penggerak / propulsi merupakan sistem penggerak pada kapal. Sistem ini yang dapat menyebabkan kapal dapat bergerak di air. Berikut sistem penggerak di kapal :

- Penggerak Diesel

Sistem propulsi diesel adalah sistem penggerak kapak laut yang paling umum digunakan yang mengubah gaya termal menjadi energi mekanik. Sistem propulsi diesel terutama digunakan di hampir semua jenis kapal bersama dengan kapal kecil dan kapal rekreasi

- Penggerak Angin

Penggerak tenaga angin muncul sebagai alternatif dari sistem yang ramah lingkungan dikarenakan tidak menggunakan bahan bakar fosil. Namun, penggunaan tenaga penggerak angin belum dimulai secara ekstensif di kapal komersial besar karena kebutuhan angin yang tidak menentu karna perbedaan rute dan arah arus angina, Dua sistem penggerak angin tersebut yang sering dipakai ialah penggerak layang-layang dan penggerak layar untuk kapal dagang.

- Propulsi Nuklir

Propulsi kapal dengan menggunakan panas yang dihasilkan nuklir, Proses fisi nuklir yang menghasilkan panas dan dari panas itulah untuk menguapkan air untuk menggerakkan turbin dan generator set, propulsi nuklir ialah sistem yang sangat kompleks yang terdiri dari reaktor air dan peralatan lain untuk bahan bakar kapal. Reaktor nuklir di kapal juga digunakan untuk menghasilkan uap untuk system pegas hidrolik pada take off pesawat tempur.

---

- Penggerak Turbin Gas

Penggerak turbin gas sering digunakan untuk kapal angkatan laut maupun non-angkatan laut. Dalam kasus kapal angkatan laut, sistem propulsi turbin gas membantu pergerakan kapal untuk melaju lebih cepat yang dibutuhkan disaat kapal diserang.

- Penggerak Bahan Bakar Biodiesel

Penggerak biodiesel diperkirakan akan menjadi sistem propulsi kelautan potensial untuk masa depan. Para ilmuwan saat ini melakukan masa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kelayakan pada sistem propulsi yang diharapkan dapat beroperasi penuh

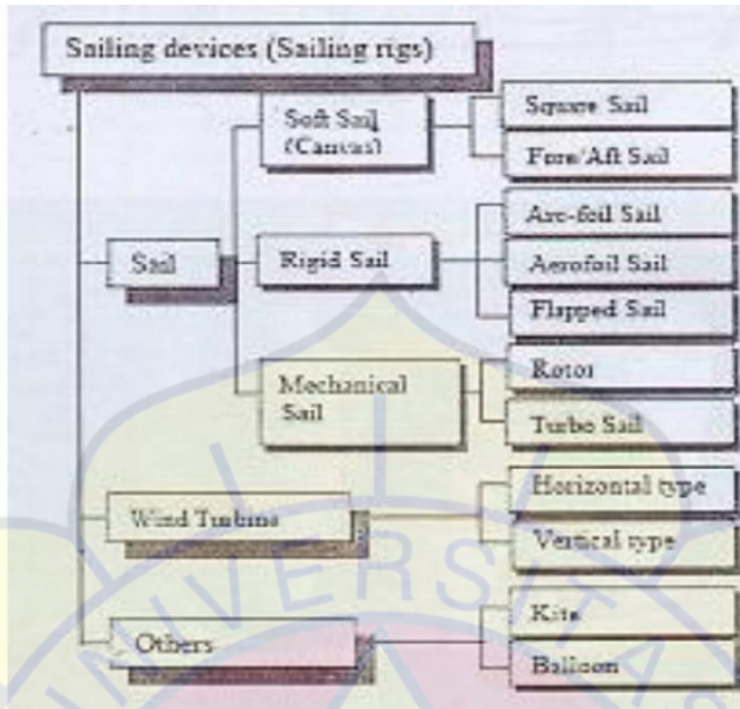
- Bahan bakar gas atau Penggerak Tri Bahan Bakar

Penggunaan bahan bakar LNG sekarang sering digunakan untuk bahan bakar di Mesin Utama setelah perencanaan pada mesin penggerak bertujuan untuk mengurangi emisi dari kapal. Disebut sebagai bahan bakar tri dikarenakan dapat membakar sisa bahan bakar gas, solar dan bahan bakar berat yang mana dapat meningkatkan efisien pembakaran.

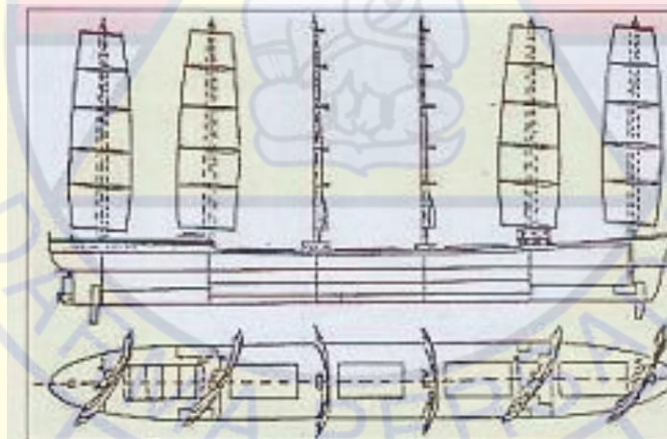
### **2.3 Propulsi Angin**

Sistem penggerak Kapal yang digerakan dengan menggunakan rotor atau layar yang memanfaatkan tenaga angin sebagai gaya dorongnya, Sistem propulsi angin yang mewakili kisan modern yang alternatif dalam hal potensi teknis dan ekonomi untuk kapal niaga tenaga penggerak.

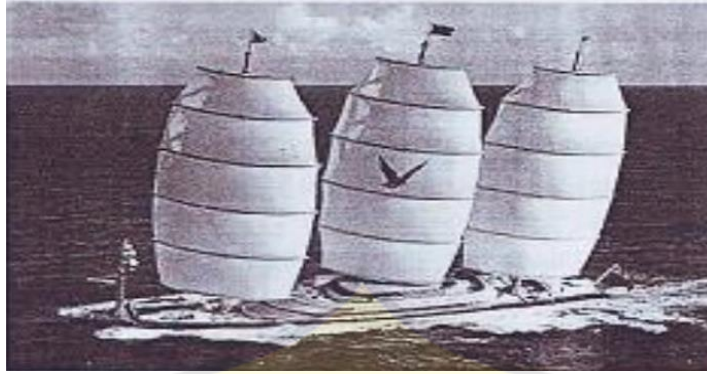
Berikut Sistem propulsi angin dikembangkan :



Gambar 2.1 Desain Layar yang telah dikembangkan (Yoshimura,2002)



Gambar 2.2 Layar Fleksibel (Soft Sail) dengan Bentuk Persegi (Square Sail)



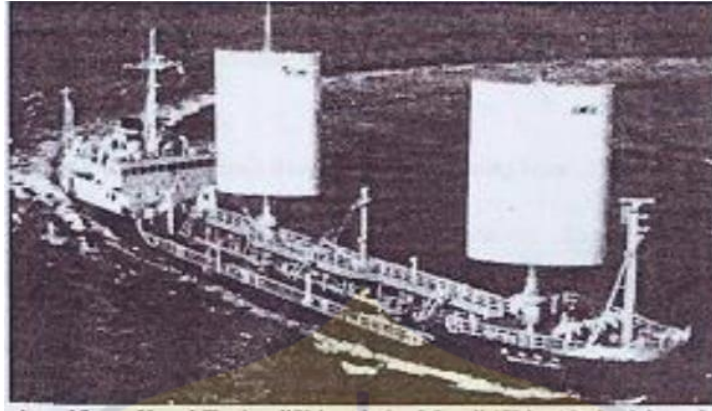
Gambar 2.3 Kapal Dynaship yang Menggunakan Layar Fleksibel (Soft Sail) Bentuk Persegi



Gambar 2.4 Kapal Penumpang “Wind Star” Menggunakan Layar Fleksibel dengan Bentuk Segitiga



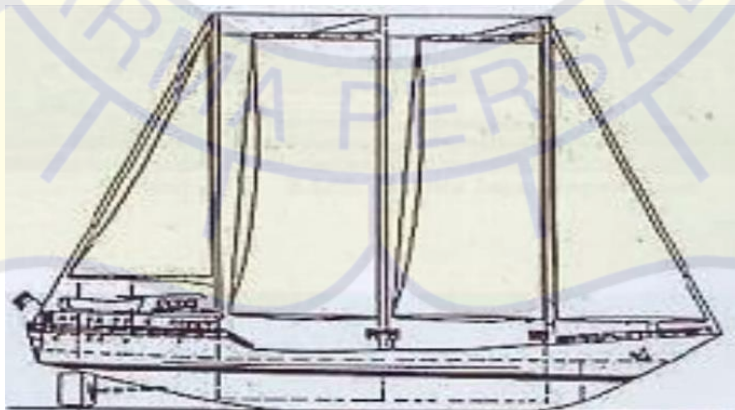
Gambar 2.5 Kapal Bulk Carrier “ Usuki Pioneer” Menggunakan Layar Kaku (Rigidsail), 2009



Gambar 2.6 Kapal Tanker “ Shin Aitoku Maru” Memiliki dua layer Kaku yang Berbentuk Persegi



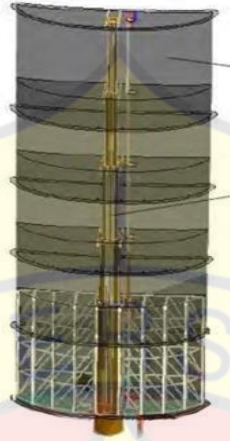
Gambar 2.7 Tipe Layar “Sky Sail”



Gambar 2.8 Kapal Layar Motor Yang Pernah dikembangkan di Indonesia

### 2.3.1 Sistem Layar *Telescopically*

Layar sayap menghasilkan daya yang lebih besar dan memberikan kontrol yang lebih mudah daripada jenis layar lainnya yang ada.



Gambar 2.9 Layar *Telescopically*

Dalam sistem ini memiliki ke unggulan, yakni :

- teleskop (memperpanjang, memendek),
- berputar 360 derajat di turretnya,
- menyesuaikan ketinggian dengan daya yang dibutuhkan,
- menyesuaikan sudut serang untuk daya yang dibutuhkan,
- swadaya,
- memiliki mekanisme elevator & turret sederhana,
- runtuh untuk disimpan dalam wadahnya,
- bersifat modular.

Dibuat kuat tapi ringan, dapat dipasang di kapal dengan ballast yang sesuai dan yang dilengkapi dengan wadah untuk menerimanya. Dan menghemat bahan bakar, sehingga juga mengurangi emisi rumah kaca.

---

Jika dapat diproduksi dengan biaya tidak lebih dari mesin kelautan berperingkat setara, itu akan memulihkan investasi di dalamnya dalam hal penghematan bahan bakar dalam jangka pendek.

## 2.4 Propeller

Baling baling kapal laut adalah salah komponen penting sistem propulsi kapal , secara umum bagian ini akan berputar untuk menghasilkan energi gerak sebagai pendorong kapal. Berikut jenis jenis Propeller :

- Fixed Pitch Propeller (FPP)

Fixed Pitch Propeller (FPP) ialah tipe baling-baling dengan pitch tetap. Tipe baling-baling ini sering digunakan untuk kapal kapal besar dengan rpm mesin rendah dengan torsi mesin utama yang dihasilkan tinggi, pemakaian bahan bakar efisien, memiliki noise atau getaran yang kecil, dan memiliki kavitasi minim.

- Azimuth Thrusters

Azimuth thruster pada awal pembuatan digunakan khusus untuk mempermudah kapal dalam manuver, namun seiring berjalanya waktu sistem ini digunakan sebagai sistem penggerak kapal, Pemakaian alat penggerak ini berada pada dibawah sarat air bagian haluan kapal sebagai penggerak maneuver kapal, baik berupa motor jenis diesel atau motor jenis listrik. Propeller tipe ini sering disebut sebagai baling-baling dengan poros penggerak vertikal. Hal ini memudahkan untuk memutar baling-baling dengan menghasilkan daya dorong pada arah yang diperlukan.

- Electrical Poods

Penggunaan propulsi motor listrik mulai dari 5 sampai 25 Megawatt, menggantikan penggunaan baling baling konvensional dengan poros dan rudder sebagai manuvernya. Teknologi Pod, memungkinkan untuk menerapkan propeller pada aliran air yang optimal (hydro-dynamically optimised). Asal mula sistem Pod propeller ini berasal dari sistem Azimuth Propeller, dengan menempatkan posisi mesin penggerak/electro motor di dalam pod diluar badan kapal.

---



- Waterjet

Propulsi jenis ini memanfaatkan fluida air untuk mendapatkan gaya dorong kapal. Propulsi jenis ini diperuntukan untuk kapal yang berkecepatan tinggi, air yang melewati impeler dipercepat dengan menggunakan baling baling melewati buritan lambung kapal, selanjutnya dihempaskan dari bagian buritan kapal.

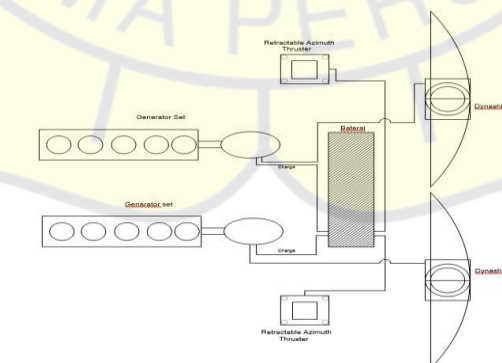
- Contra Rotating

Contra Rotating atau dua propeller yang dipasang secara berlawanan pada satu Shaft. Dengan menempatkan baling-baling kedua dalam satu poros pendorong dengan baling-baling pertama, hal tersebut mendapatkan sejumlah keuntungan tambahan diantaranya adalah baling-baling kedua dapat memulihkan rotasi slip stream yang disebabkan oleh baling-baling pertama.

### 2.3.1 Retractable Azimuth Thruster

Retractable Thruster sebagai unit propulsi tambahan untuk kapal pasokan lepas pantai (OSV), kapal konstruksi lepas pantai (OCV), dan kapal serupa. Pendorong didasarkan pada desain modular dan fleksibel yang memungkinkan integrasi optimal di dalam kapal. Meskipun pendorong yang dapat ditarik terutama digunakan untuk DP, mereka juga dapat digunakan untuk penggerak utama jika dipilih dan berukuran dengan benar.

Untuk penggunaan Propeller Bantu Penulis menggunakan Propeller dengan jenis Retractable Azimuth Thruster. Berikut gambar sketsa sistem :



Gambar 2.9 : Sketsa Sistem Propulsi bantu

## 2.5 Teori Gerakan Kapal

Kapal dapat bergerak dikarenakan adanya gaya dorong (thrust) yang mana mampu untuk melawan hambatan kapal (ship resistance) pada kecepatan dinas tertentu [5]. Berdasarkan teori di atas, maka persyaratan kapal dapat bergerak adalah

$$T > RT \text{ atau } T - RT > 0 \quad (1)$$

dimana:

$T$  adalah Gaya Dorong (kN),

$RT$  adalah Hambatan Kapal (kN)

### 4.1.2.4 Hambatan Kapal

Hambatan total kapal ( $RT$ ) dihitung menurut Persamaan (2) dimana  $\rho$  adalah massa jenis air laut,  $C_T$  adalah koefisien hambatan total,  $WSA$  adalah luas permukaan basah, dan  $V$  adalah kecepatan kapal, [5].

$$RT = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \quad (2)$$

### 5.1.2.4 Gaya Dorong

Gaya dorong ( $T$ ) adalah energi atau gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dan dapat diekspresikan sebagai Persamaan (3), [5].

$$\text{Gaya Dorong } (T) = RT / (1 - t) \quad (3)$$

dimana:

$t$  adalah thrust deduction factor untuk twin screw, ..

$$t = k_R \cdot wt \quad (4)$$

dimana:

$k_R$  adalah 0.5 untuk thin rudder.

$$wt = -0,0458 + 0,3745C_B^2 + 0,1590D_w - 0,8635Fr + 1,4773Fr^2$$

$$D_W = \frac{B}{\sqrt[3]{1/3}} \sqrt{\frac{v^{1/3}}{D}}$$

Untuk menggerakkan kapal, maka dibutuhkan gaya dorong (thrust, T) yang dihasilkan melalui baling-baling dan layar harus lebih besar daripada tahanan total kapal (RT) yang ada, secara matematis diekspresikan pada persamaan (5), [5].

$$T_{\text{propeller}} + T_{\text{sail}} > RT \quad (5)$$

$$\text{Gaya dorong propeller, } T_{\text{propeller}} = K_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (6)$$

dimana:

$$\text{Gaya dorong layar, } T_{\text{sail}} = q \cdot A_s \quad (7)$$

dimana:

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Udara (q)} &= \frac{1}{2} \times \rho \times \xi \times V_w^2 \text{ (ton/m}^2\text{)}, \\ \text{Massa Jenis (}\rho\text{)} &= \gamma/g, \\ \text{Weight per unit volume (}\gamma\text{)} &= 1.2265 \text{ t/m}^3, \\ \text{Grafitasi} &= 9.81 \text{ ms}^{-2}, \\ \xi &= \text{koefisien tekanan angin.} \\ V_w &= \text{kecepatan angin,} \\ A &= \text{luas layar.} \end{aligned} \quad (1.1)$$

#### 6.1.2.4 Tenaga Penggerak

Mesin konvensional adalah penggerak utama kapal yang beroperasi dengan sistem mengkonversi energi bahan bakar ke energi torsi untuk memutar baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong (thrust), dari energi tersebut dapat menggerakkan dengan hambatan kapal (ship resistance) pada kecepatan dinas tertentu. Pada metode pembagian tenaga penggerak konvensional ini adalah membedakan antara effective power (PE) yang digunakan untuk mendorong kapal dan power delivered (PD) pada unit penggerak kapal, [5]. Formula yang dipakai menurut [5], adalah sebagai berikut:

$$\text{Effective power (PE)} = RT \times Vs \quad (8)$$

$$\text{Delivered power (PD)} = PE / Hd \quad (9)$$

$$\text{Quasi propulsive coefficient } (\eta_D) = \eta_P \cdot \eta_H \cdot \eta_R \quad (10)$$

$$\text{Service power (Ps)} = PD / \eta_T \quad (11)$$

dimana:

harga  $\eta_T$  0.98 dengan gearbox, 0.95 tanpa gearbox

$$\text{Installed power (PI)} = Ps + \text{Margin} \quad (12)$$

Margins (roughness, fouling, weather) 15 – 20% tergantung rute pelayaran.

## 2.6 Sistem Penyimpanan Energi

Sistem penyimpanan energi ialah serangkaian siklus yang digunakan untuk sebagai media menyimpan energi listrik, elektrokimia, kimia, mekanik (mekanis), termal (panas), angin, matahari dan aneka bentuk energi lainnya, Dengan konsep desain memanfaatkan energi yang dapat disimpan sehingga energi yang tersimpan dapat dimanfaatkan di lain waktu untuk melakukan operasi yang membutuhkan energi tersebut.

Berikut teknologi penyimpanan energi

- Penyimpanan energi baterai
- Penyimpanan daya hidro elektrik terpompa (PHES)
- Penyimpanan energi udara bertekanan (CAES)
- Penyimpanan energi termal (CSP)
- Penyimpanan energi hydrogen

### 2.6.1 Baterai Lithium

Jenis baterai ini pertama kali diluncurkan pada tahun 1970 yang diperkenalkan oleh peneliti dari Exxon oleh ilmuwan M. S. Whittingham yang melakukan penelitian dengan judul “Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry”. Proses interkalasi adalah proses perpindahan ion lithium dari anoda ke katoda dan sebaliknya pada baterai lithium ion. Beliau menjelaskan mengenai proses interkalasi pada baterai litium ion dengan menggunakan titanium (II) sulfide sebagai katoda dan logam litium sebagai anoda. Pada tahun 1980, logam lithium pada anoda diganti dengan materail lain yaitu grafit. Hal ini dilakukan oleh Rachid Yazami dan ilmuwan lainnya di *Grenoble Institute of Technology (INPG)* dan *French National Centre for Scientific Research (CNRS)* (Krysten Oates, 2010).