

## BAB II

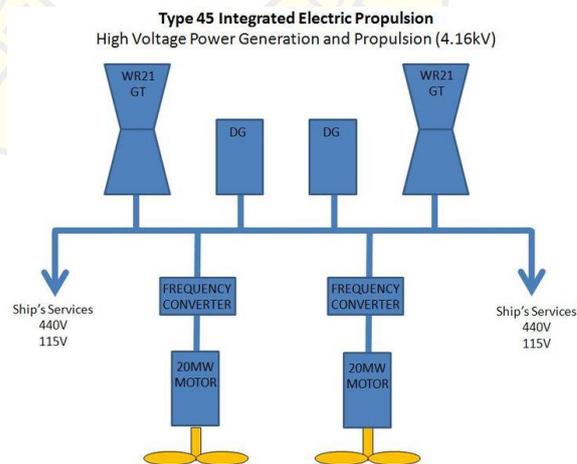
### LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Propulsi lengkap Kapal Hybrid

Sistem propulsi kapal hybrid mempunyai sistem yang berbeda dari sistem kapal konvensional seperti biasanya, yaitu mempunyai 2 sistem yang digabungkan untuk yang mengurangi pemakaian bahan bakar fosil dan juga mengurangi pemakaian space dari mesin utama yang berukuran lumayan besar. Ada beberapa Sistem hybrid ini yang bisa terpasang di kapal seperti *diesel electric propulsion*, *turbin gas electric propulsion*, *wind propulsion*, *full electric propulsion*. [5]

#### 2.2 Deskripsi Proses dan Sistem di Kapal

Kapal Hybrid ini memakai 2 sistem untuk penggerak kapal yaitu *wind propulsion* dan *gas electric Propulsion* yang menghasilkan nol emisi untuk menggerakkan kapal yang di mana *wind propulsion* menggunakan layar untuk menggerakkan kapal dan *gas electric propulsion* yang menggunakan turbin yang memberi daya pada motor listrik untuk menggerakkan propeller kapal.



Sumber: wikipedia

Gambar 6. Sistem Gas electric propulsion

### **2.3 Wind Propulsion**

Adalah suatu sistem propulsi yang menggunakan angin untuk menggerakkan kapal untuk mengurangi konsumsi bahan bakar kapal. Energi kinetik yang dihasilkan angin diubah menjadi gaya dorong oleh layar yang berada dikapal. Ada beberapa Jenis layar yang di pakai untuk menggerakkan kapal seperti *sail on mast*, *kite*, *flettner rotor*, *turbosail*. [6]

#### **2.3.1 Sejarah wind propulsion**

Para pedagang menggunakan angin untuk propulsi utama kapal mereka hingga berabad – abad hingga digantikan oleh mesin uap dan mesin diesel dikarenakan oleh keandalan dan kecepatan dari mesin uap dan diesel. Dan juga penggunaan dari batu bara dan minyak yang murah maka penggunaan angin pun berkurang drastis pada abad ke 20.

#### **2.3.2 Prinsip Kerja Wind Propulsion**

Bergerak berlawanan dengan arah mata angin dengan memanfaatkan hukum Bernoulli. Ketika angin mengalir, disisi lain kapal bergerak dengan cepat dan mendorong dengan keras, dengan demikian menerima kekuatan yang tegak lurus terhadap arah angin di dukung oleh keel kapal yang melakukan gerakan lateral, sehingga kapal hanya bisa bergerak maju yang membuat kekuatan kapal lebih besar dari pada kecepatan angin.

Tentu saja sebuah kapal tidak dapat bergerak lurus melawan arah angin. Akan tetapi layarnya (tergantung pada desainnya), dapat memanfaatkan efek airfoil. Layar-layar ini akan membuat angin membengkok di sekitarnya dan akhirnya berbelok dari arah yang sebenarnya. Dengan demikian, layar-layar menciptakan sebuah energi atau tekanan antara arah angin dan arah lunas kapal. [7]

#### **2.3.3 Jenis layar kapal**

##### **a. Layar dengan tiang (Dynarig)**

Layar adalah yang paling umum digunakan untuk mengarungi laut selama lebih dari 5000 tahun. Teknologi ini tetap tidak berubah hingga zaman modern dan lebih didominasi oleh layar persegi, yang lebih efisien untuk berlayar melawan

arah angin. Kapal – kapal saat ini dituntut untuk menghasilkan performa yang lebih baik untuk melawan angin. Dari abad ke 16, sejumlah besar layar jenis baru dikembangkan, tipe layar yang melawan angin seperti jibs, genoa, dan rigging yang memungkinkan untuk digunakan seperti gaff rigging dan bermuda rigging. Bermuda rigging adalah jenis rigging yang paling umum pada kapal layar modern. Tipe rig yang dipakai pada kapal kontainer adalah Dynarig yang mempunyai sistem layar yang seperti sayap yang ditancapkan belakang satu sama lain yang mempunyai area layar yang besar. Keuntungan dari sistem adalah penanganan yang mudah karena tiang berputar dan layar tetap statis. [2]



Sumber: Peter Kindberg Wind-powered auxiliary propulsion in cargo ships

Gambar 7. Dynarig

#### **b. Flettner rotor**

Pada tahun 1924, Anton Flettner memulai untuk merancang dua layar berbentuk silinder untuk mendorong kapal layar Buckau. Flettner rotor adalah silinder yang berputar pada porosnya sendiri dengan gaya magnus. Anton mendemonstrasikan untuk pertama kali pada tahun 1928.



Sumber : Peter Kindberg Wind-powered auxiliary propulsion in cargo ships

Gambar 8. Flettner rotor

### **c. Turbosails**

Jacques Cousteau, profesor Lucien Malavard dan Dr. Bertrand Charrier memperkenalkan Turbosail pada 1980-an. Mekanisme kerja didasarkan pada prinsip Savonius adalah silinder berlubang yang memiliki lubang, yang memungkinkan udara masuk dan keluar. Layar juga memiliki kipas, yang dijalankan oleh mesin, untuk mempercepat velocity angin dan cara ini memberikan daya dorong yang lebih besar

Sistem itu diuji pada kapal bernama Alcyone, tetapi ternyata tidak bekerja cukup efisien. Dan juga memiliki kelemahan lain seperti, butuh area yang luas di geladak, dan efisiensi rendah. [2]

### **d. Kites**

Layang-layang menarik kapal bersama dengan kekuatan yang dihasilkan yang memanfaatkan angin. Sistem ini terpasang pada forecastle kapal seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Geometri dibentuk sehingga area bertekanan rendah dan bertekanan tinggi terbentuk di setiap sisi layang-layang yang menghasilkan gaya angkat. Gaya angkat menarik kapal dan mengurangi daya yang dibutuhkan dari mesin untuk mendapatkan kecepatan tertentu, yang menyebabkan konsumsi bahan bakar lebih sedikit. [2]



Sumber: Peter Kindberg Wind-powered auxiliary propulsion in cargo ships

Gambar 9. Kapal yang memakai layang-layang

#### ***2.4 Liquefied Natural Gas***

Adalah gas alam yang didinginkan pada suhu minus 160 derajat celsius untuk di jadikan bentuk cair dan dalam proses itu komponen pengotor (impuritas) dan hidrokarbon fraksi berat dihilangkan [8].LNG tidak berbau, tidak korosif, dan tidak berwarna pada tekanan atmosfer normal. LNG juga menghasilkan emisi partikel yang sangat rendah di bandingkan dengan penggunaan bahan bakar diesel. [8] [9]

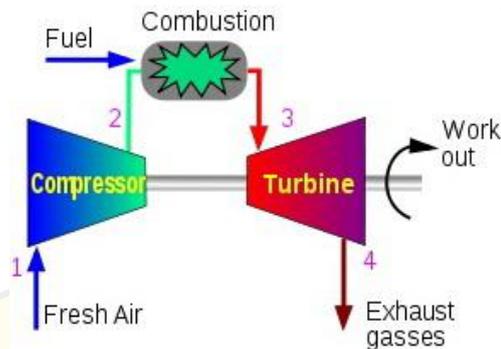
#### ***2.4 Gas Electric Propulsion***

Sistem gas propulsi listrik adalah sistem pada kapal yang menggunakan turbin gas untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik, dimana dalam hal ini generator dihubungkan ke switchboard, dan selanjutnya energi atau aliran listrik diteruskan ke transformer, kemudian dikonversi dengan menggunakan konverter ke motor listrik yang menggerakkan baling-baling kapal [10].

##### ***2.4.1 Prinsip kerja gas turbin***

Aliran udara dari kompresor dicampur di dalam ruang bakar (*Combustor*) dimana bahan bakar dan udara bercampur lalu dibakar. Pada lingkungan bertekanan tinggi di dalam ruang bakar, pembakaran dari bahan bakar akan

menaikkan temperatur dan didorong ke bagian turbin. Dan pada bagian ini volume aliran gas berkecepatan tinggi diarahkan melalui *Nozzle* (Nosel) yang mengarah kepada sudu-sudu turbin (*turbine's blades*), dan memutar turbin yang memberikan tenaga pada kompresor dan penggerak mekanis lainnya.



Sumber: google.com

Gambar 10. Skema Turbin gas sederhana

Proses di atas dikembangkan pertama kali oleh Brayton (1873) yang meliputi proses kompresi dan ekspansi pada entropy konstan (isentropik), penambahan dan pembuangan panas pada tekanan konstan. Siklus ini berbeda dengan berbagai jenis mesin bolak-balik (*reciprocating engines*) yang bekerja dengan siklus diesel, Otto, Stirling atau siklus lain yang menggunakan kombinasi proses entropi, tekanan, temperatur, dan/atau volume konstan.

## 2.4.2 Komponen Turbin Gas *Electric Propulsion*

### A. *Microturbine*

Adalah gas turbin yang berukuran kecil yang mempunyai prinsip kerja seperti turbin pada umumnya ( pemampatan, pembakaran, pemuaiian, pembuangan gas). Selain dari ukuran nya micro turbin memiliki perbedaan yaitu hanya memiliki satu set daun kompresor dan daun turbin. Karena ukuran yang kecil, micro turbin mempunyai putaran yang besar, sekitar 40.000 rev/min hingga 120.000 rev/min [10]

### **B. Generator Set**

Adalah sebuah mesin atau perangkat yang terdiri dari pembangkit listrik (generator) dengan mesin penggerak yang disusun menjadi satu kesatuan untuk menghasilkan tenaga listrik dengan besaran tertentu. Mesin pembangkit tenaga kerja pada genset biasanya terdiri dari motor yang melakukan pembakaran internal, atau mesin (*Engine*) yang bekerja dengan bahan bakar solar atau gas. Generator adalah alat penghasil listrik. Prinsip kerja generator, yaitu mengubah energi gerak (kinetik) menjadi energi listrik.

### **C. Panel distribusi**

Dalam pengertiannya menurut IMO Resolution MSC 216 (82) “*Main switchboard is a switchboard which is directly supplied by the main source of electrical power and is intended to distribute electrical energy to the ship’s services. <Chapter II-1, regulation 3>*”, dari pernyataan tersebut IMO menjelaskan bahwa MSB (Main switchboard) adalah papan control yang digunakan untuk menyalurkan daya dari sumber utama penghasil listrik ke perangkat – perangkat kapal yang membutuhkan energy listrik untuk menjalankan fungsinya.



Sumber: [www.marineinsight.com/marine-electrical/what-are-the-main-safety-devices-for-main-switch-board-on-ship/](http://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-are-the-main-safety-devices-for-main-switch-board-on-ship/)

Gambar 11. MSB Kapal

### **D. Inverter/Converter**

inverter secara istilah adalah kebalikan dari rectifier, kerjanya adalah membalikkan dari tegangan DC ke tegangan AC atau DC to AC Converter. Jadi

inverter adalah alat untuk mengubah sistem tegangan DC ke tegangan AC. Lebih spesifik lagi, fungsi inverter adalah mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan amplitudo dan frekuensi tertentu. Tegangan keluarannya dapat merupakan tegangan tetap maupun tegangan variabel dengan frekuensi tetap ataupun variabel pula.

#### **E. Motor Listrik**

Motor listrik induksi 3 phase merupakan motor yang berfungsi untuk merubah energy listrik menjadi energy gerak dengan terdapat slip antara putaran rotor dan stator dengan sumber tegangan sumber 3 phase. Arus pada motor induksi 3 phase ini tidak didapatkan dari suatu sumber listrik namun diperoleh dari arus yang terinduksi akibat terdapat slip atau perbedaan relative antara putaran rotor dan stator.



*Sumber: google.com*

Gambar 12. Motor 3 phase

## 2.4. Sistem Propeller

Secara umum alat gerak kapal dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu alat gerak kapal non-mekanik dan yang mekanik. Alat gerak kapal yang non-mekanik yaitu Dayung dan Layar, sedangkan alat gerak kapal yang mekanik saat ini terbagi atas beberapa jenis antara lain adalah. [11] :

- *Fixed Pitch Propeller.*
- *Controllable Pitch Propeller.*
- *Waterjet Propulsion System.*
- *Ducted Propeller.*
- *Azimuth Propeller.*

Beban gaya dorong yang dimiliki *Ducted Propeller* memberikan efisiensi yang cukup rendah. Sedangkan beban gaya dorong yang rendah sebaliknya memberikan efisiensi yang tinggi, maka efisiensi baling baling dapat ditingkatkan. Berarti peningkatan propulsif kapal dengan menurunkan beban gaya dorong.

Beban gaya dorong dapat berubah dengan dipasangkannya foil udara mengelilingi baling-baling, sehingga membentuk satu unit baling baling yang diselubungi atau unit baling-baling dalam tabung nozzle atau biasa disebut tabung kort. [12]