

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Kelistrikan Kapal

#### 1. Pembangkit dan Sumber Tenaga Listrik Utama

##### a. Generator

Klasifikasi *generator* di atas kapal dibagi menjadi empat yaitu:

##### (1) *Diesel Generator*

Pada umumnya *generator* jenis ini adalah *generator* yang digunakan oleh hampir setiap kapal di dunia pelayaran. *Diesel generator* digerakan oleh *motor diesel*. Cara kerja *diesel generator* ini dengan merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pembangkit listrik jenis ini menggunakan solar dan sejenisnya sebagai bahan bakarnya. Kelebihan dari *diesel generator* adalah dapat digunakan keadaan saat berlayar maupun di pelabuhan karena digerakan oleh *auxiliary engine*. Selama penggerakannya siap dijalankan maka *generator* siap dioperasikan. Kekurangan *diesel generator* adalah membutuhkan bahan bakar dan perawatan yang hampir sama dengan *main engine*.



**Gambar 1 Diesel Generator**  
(John D. Mc Donald 2007 Electric Power Substations  
Engineering, CRC Press : London)

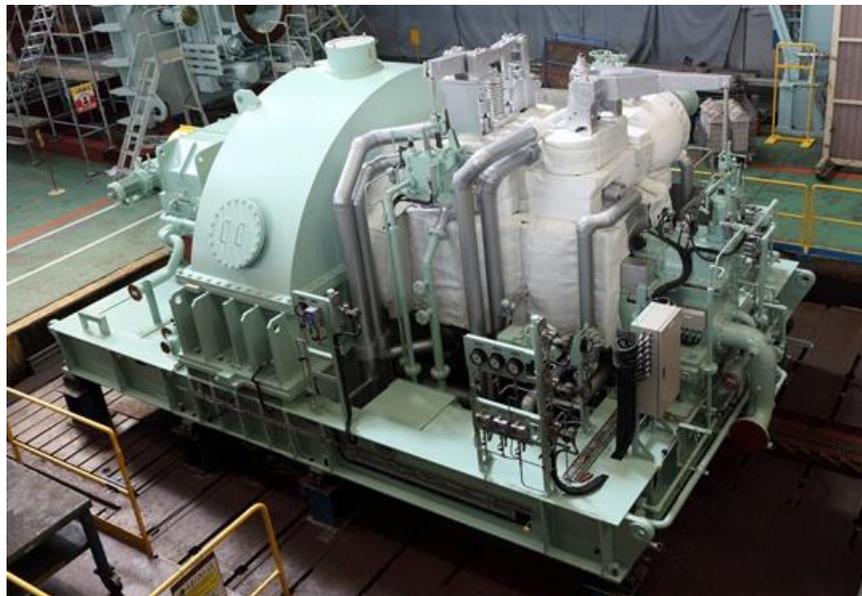
Di kapal MV. Asike Global menggunakan jenis pembangkit listrik *Diesel generator*. Terdapat dua unit *diesel generator* dan satu unit *emergency generator*.

**Tabel 1** Spesifikasi Generator

Motor diesel	Yanmar S 165 L – HT
Max power	360 PS
Rpm	1200 rpm
Air intake	Turbo-intercooler
Generator	Taiyo electric
Type	FEW X 6P
Output power	275 kVA
Output voltage	440 V, 3 Phase
Frequency	60 Hz
Cooling type	Water cooling

## (2) *Steam Generator*

*Steam generator* merupakan *generator* yang digerakan oleh *steam* melalui tahapan beberapa proses konversi energi. Auxiliary boiler dibutuhkan untuk memproduksi *steam* yang digunakan sebagai sumber energi generator ini. Selanjutnya *steam* digunakan untuk menggerakkan turbin dan energi mekanik turbin dimanfaatkan untuk menggerakkan *generator*. Pembangkit jenis ini membutuhkan sebuah boiler untuk menghasil *steam*. Kelebihan dari *steam generator* adalah mempunyai energi potensial yang besar dan lebih menghemat bahan bakar. Kekurangannya adalah membutuhkan proses yang panjang agar sampai ke tahap menghasilkan energi listrik.



**Gambar 2** *Steam Generator*  
(John D. Mc Donald 2007 Electric Power Substations  
Engineering, CRC Press : London)

## (3) *Shaft Generator*

*Shaft generator* merupakan salah satu pembangkit listrik di atas kapal yang sering dijumpai. *Shaft generator* digerakan oleh *shaft main engine* yang di-*couple* dengan *shaft generator*.

*Generator* jenis ini biasanya digunakan pada saat kapal berlayar berada di lepas pantai. Tujuannya adalah untuk penghematan bahan bakar dari penggunaan *diesel generator* maupun *steam generator*. Tetapi tidak bisa digunakan pada saat kapal berlabuh, *manouver* dan cuaca buruk karena putaran *main engine* cenderung tidak konstan. Kelebihan *generator* jenis ini adalah dapat menghemat bahan bakar, perawatan yang mudah, dan tidak memiliki suara yang bising. Kekurangannya adalah hanya dapat digunakan pada saat kapal berlayar pada cuaca baik.



**Gambar 3** *Shaft Generator*  
(John D. Mc Donald 2007 *Electric Power Substations Engineering*, CRC Press : London)

(4) *Turbine Generator*

*Turbine generator* adalah sumber populer pembangkit listrik yang bersih dikapal, karena tidak menggunakan bahan bakar minyak dan maupun menggunakan mesin diesel. Uap yang digunakan untuk memproduksi listrik yang terjadi di *generator* turbin di dapat dari boiler. Keuntungan uap sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik dikapal adalah salah satu bentuk yang mudah di dapat, murah dan ramah lingkungan.



**Gambar 4** *Turbine generator*  
(John D. Mc Donald 2007 *Electric Power Substations Engineering*, CRC Press : London)

(5) *Emergency Generator*

*Emergency generator* adalah sumber listrik utama ketika akan mengoperasikan kapal saat kapal berada di pelabuhan sebelum beralih ke *main bus bar*. Suplai daya darurat sangat dibutuhkan untuk mengantisipasi adanya *blackout* saat pengoperasian kapal. *Emergency generator* digerakan oleh *motor diesel* dan dijalankan menggunakan *hydraulic oil pump* dan *electro motor starter*.



**Gambar 5** *Emergency Generator*  
(John D. Mc Donald 2007 *Electric Power Substations Engineering*, CRC Press : London)

## b. Baterai

Baterai merupakan bagian yang sangat penting pada sistem kelistrikan kapal. Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Baterai berfungsi untuk menyimpan arus sementara yang kemudian digunakan untuk memenuhi kebutuhan arus listrik pada peralatan listrik kapal diantaranya sistem *starter* mesin, sistem penerangan lampu-lampu *emergency* dan komponen kelistrikannya. Baterai terbagi menjadi dua tipe yaitu:

### (1) Baterai Primer

Baterai yang hanya dapat digunakan sekali pakai melalui proses kimia untuk menciptakan energi listrik. Setelah semua arus tegangan baterai dialirkan untuk dipergunakan, maka baterai harus diganti seluruhnya. Banyak jenis dari baterai primer yaitu seperti baterai *Alkaline*, *Zinc-Carbon*, *Lithium* dan *Silver Oxide*. Baterai primer banyak digunakan pada *torches*, radio dan senter.



**Gambar 6** Baterai Primer

(Dickson Kho 2018 Teknik Elektronika, Erlangga : Jakarta)

## (2) Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau *rechargeable battery*. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan baterai primer. Hanya saja, reaksi kimia pada baterai sekunder ini dapat berbalik (*reversible*). Jenis-jenis baterai yang dapat di isi ulang (*rechargeable battery*) yang sering kita temukan antara lain seperti baterai *Ni-cd* (*Nickel-Cadmium*), *Ni-MH* (*Nickel-Metal Hydride*) dan *Li-Ion* (*Lithium-Ion*). Baterai sekunder banyak digunakan pada otomotif dan peralatan perkapalan.



**Gambar 7** Baterai Sekunder

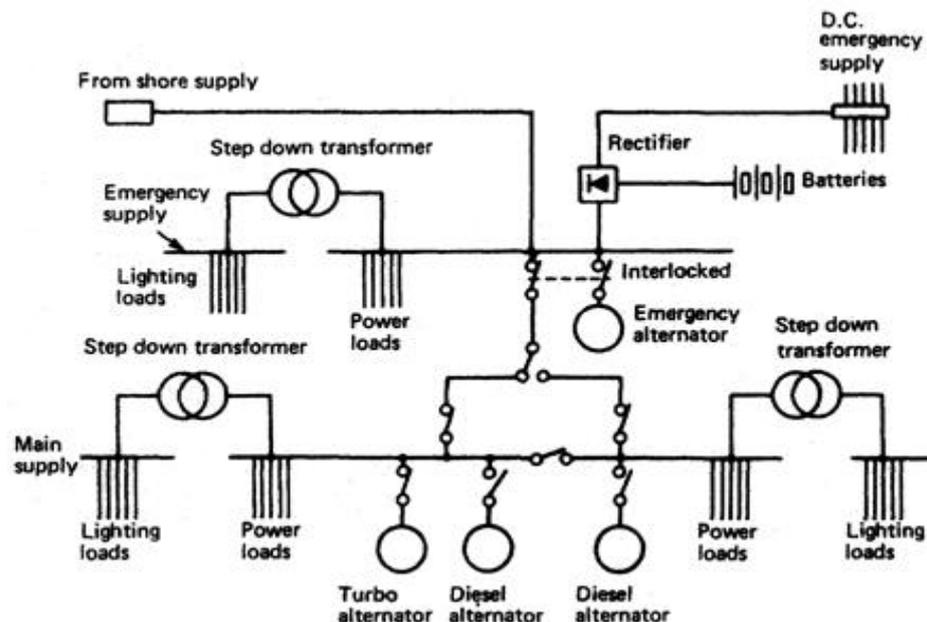
(Dickson Kho 2018 Teknik Elektronika, Erlangga : Jakarta)

## 2. Sistem Distribusi Kelistrikan Kapal

Sistem distribusi AC disuplai oleh *alternator* melalui *main switch board*. Tegangan yang biasa digunakan adalah 440 V, tetapi untuk instalasi besar dapat mencapai tegangan 3300 V. Tegangan tinggi disuplai ke peralatan penunjang melalui *circuit breaker*. Suplai tegangan

rendah 220 V digunakan untuk misal penerangan diperoleh dari transformator step down pada jaringan distribusi.

Sistem distribusi menggunakan tiga kawat dengan insulasi atau kawat netral yang terhubung ke ground. Kawat netral yang terinsulasi lebih disukai walaupun terkadang kawat netral yang terhubung ke ground masih digunakan. Sistem dengan kawat netral yang terinsulasi dapat mengalami tegangan surja yang tinggi akibat dari switching atau kesalahan sistem sehingga dapat merusak alat-alat yang lain. Penggunaan sistem pembumian atau ground dapat mengakibatkan hilangnya layanan penting seperti sistem kemudi karena kesalahan pembumian. Kesalahan pembumian pada sistem yang terinsulasi tidak merusak suplai dan tetap dapat dideteksi oleh lampu display pembumian. Oleh karena itu sistem terinsulasi lebih disukai karena kegagalan pembumian/ground sering terjadi di kapal dan hal tersebut tidak diinginkan.



**Gambar 8** Sistem Distribusi Kelistrikan Kapal  
(Spada 2018 Sistem Kelistrikan Kapal Niaga, Ristekdikti: Jakarta)

## 2.2 Klasifikasi Sistem Kelistrikan Kapal

### 1. *Lighting Load System*

*Lighting load system* merupakan seluruh sistem penerangan yang berada di atas kapal beserta penerangan darurat baik itu di *deck* hingga kamar mesin. Sistem penerangan di atas kapal diantaranya sebagai berikut:

- (1) Beban lampu utama tiap ruang, *gangway*, beban lampu tambahan, beban lampu darurat.
- (2) Beban *stop* kontak (televisi, peralatan kantor, *exhaust fan*, lemari pendingin).

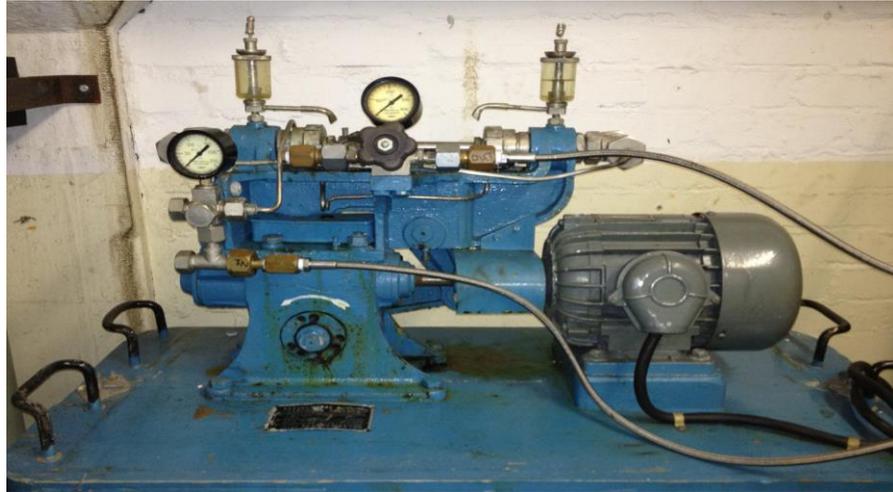


**Gambar 9** Lampu Penerangan Kabin  
(Spada 2018 Sistem Kelistrikan Kapal Niaga, Ristekdikti: Jakarta)

### 2. *Power Load System*

*Power load system* merupakan sistem kelistrikan yang berfungsi untuk menyuplai permesinan kapal berupa *electric power source*. *Power load system* dibagi menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut:

- (1) *Engine room machinery* (*mechanical, pneumatic, hydraulic, pump, fan, dan heater*).
- (2) *Hull/deck machinery* (*crane, windlass, acc.ladder, dan winch*).
- (3) *Galley, pantry, dan laundry*.

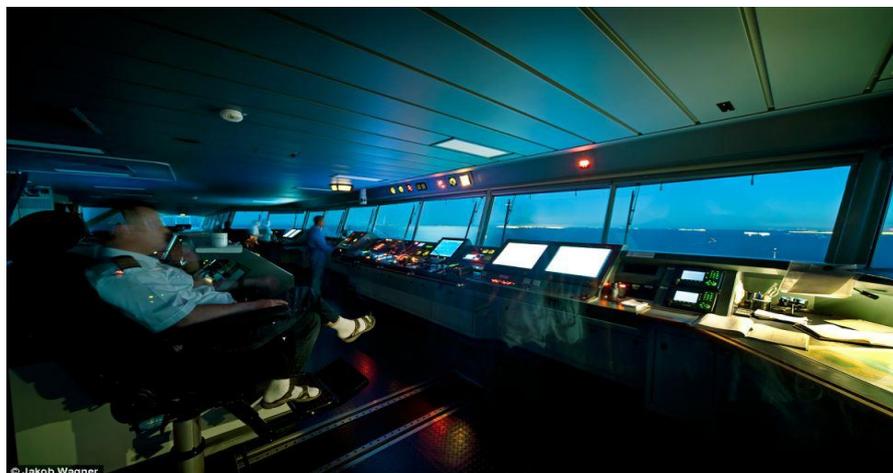


**Gambar 10** *Electro Motor Pada Booster Pump*  
(Spada 2018 Sistem Kelistrikan Kapal Niaga, Ristekdikti: Jakarta)

### 3. *Navigation, Communication and Safety Load System*

Sistem ini merupakan penggunaan energi listrik untuk kebutuhan navigasi, komunikasi dan keselamatan seperti:

- (1) Lampu navigasi (*morse, anchor light, mast head light, dan side light*)
- (2) Peralatan navigasi (*RADAR, gyro compass, echo sounder, GPS, dan NavTex*), AIS (*Automatic Identification System*)
- (3) (*INMARSAT-B, INMARSAT-C, public addressor dan intercom*)
- (4) *General alarm*



**Gambar 11** *Navigation, Communication and Safety Load System*  
(Spada 2018 Sistem Kelistrikan Kapal Niaga, Ristekdikti: Jakarta)

#### 4. *Emergency Source System*

Sistem ini dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan yang bersifat darurat di atas kapal, yaitu:

- (1) Menggunakan baterai (aki) sebagai sumber daya dengan tegangan kerja sesuai dengan rules yang terletak di ruang ESEP (*Emergency Source of Electrical Power*).
- (2) Peralatan yang disuplai dari *emergency generator* adalah: *emergency steering gear, compressor, navigation system* dsb.
- (3) Semua peralatan navigasi, komunikasi dan keselamatan yang bekerja pada arus searah (DC).
- (4) Semua lampu-lampu darurat termasuk lampu ruangan dan gangway.
- (5) Kapasitas baterai harus mampu mensuplai kebutuhan listrik selama minimal separuh dari waktu perjalanan kapal pada rute kapal yang terjauh.



**Gambar 12** *Emergency Steering Gear*  
(Spada 2018 Sistem Kelistrikan Kapal Niaga, Ristekdikti: Jakarta)

### 2.3 Alat Pengaman Kelistrikan di Atas Kapal

#### 1. *Circuit Breaker*

*Circuit breaker* adalah sebuah alat pemutus arus tegangan secara otomatis saat terjadinya kesalahan pada sitem jaringan listrik. Alat ini dikhususkan untuk mengamankan perangkat listrik saat terjadi hubungan arus pendek ataupun kelebihan beban. *Circuit breaker* akan memutus

arus yang disuplai dari *main switch board* sehingga dapat mengamankan perangkat listrik yang sedang digunakan atau yang lain.



**Gambar 13** *Circuit Breaker*

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)

## 2. *Fuse*

*Fuse* atau sering disebut sekring adalah alat utama yang digunakan untuk melindungi jaringan listrik saat terjadi hubungan arus pendek. Jika arus tersebut melewati jumlah nilai aman dari jaringan listrik maka *fuse* akan meleleh dan mengisolasi main switch board dari kesalahan sistem.



**Gambar 14** *Fuse*

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)

## 3. *Over Current Relay*

*Over current relay* digunakan terutama pada panel lokal dan *main switch board* untuk melindungi dari arus bertegangan tinggi. Alat ini

dipasang sinyal daya rendah sebagai sebuah pengontrol. Biasanya *relay* diatur setara dengan arus beban penuh beserta waktu delay.



**Gambar 15** Over Current Relay

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)

#### 4. Dead Front Panel

Alat ini merupakan alat pengaman lain pada panel tersendiri *main switch board* yang mana kita tidak bisa membuka panelnya sampai panel tersebut dimatikan. Tujuannya adalah mencegah pengguna tersetrum oleh arus bertegangan tinggi.



**Gambar 16** Rangkaian Dead Front Panel

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)

### 5. *Ground Fault Detector*

*Ground fault detector* adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya arus lebih atau gangguan hubung singkat antara fasa ketanah pada saluran kabel tegangan menengah (SKTM) 20 kV.

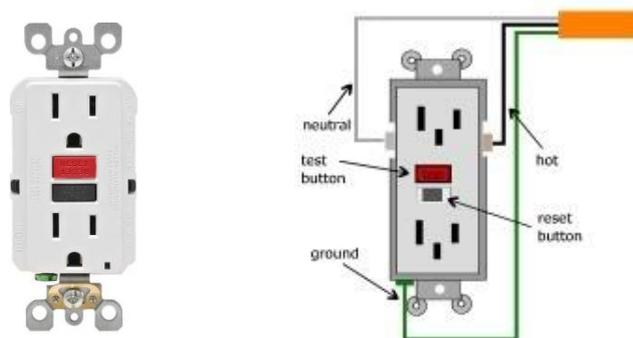


**Gambar 17** *Ground Fault Detector dan Relay*

(Nahvi M. 2003 *Problems of Electric Circuit*, McGraw-Hill : New York)

### 6. *Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)*

*Ground fault circuit interrupter* yang berfungsi memutus rangkaian jika terjadi kesalahan dalam grounding. Jika ada seseorang yang terkena sengatan listrik, secara otomatis dia akan meng-*grounding*-kan rangkaian. GFCI sendiri memiliki *ground* referensi. Ketika *ground* dari manusia dibandingkan dengan *ground* referensi, maka *ground* dari manusia dianggap suatu kesalahan. Maka GFCI akan memutus rangkaian dalam waktu kurang dari seperempat detik. Bagian dalam dari GFCI menyerupai sekring model baru.



**Gambar 18** *Ground Fault Circuit Interrupter*

(Nahvi M. 2003 *Problems of Electric Circuit*, McGraw-Hill : New York)

### 7. *Earth Leakage Detector*

*Earth Leakage Detector* merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui adanya kebocoran arus ke dalam sistem pembumian.



**Gambar 19** *Earth Leakage Detector*

(Nahvi M. 2003 *Problems of Electric Circuit*, McGraw-Hill : New York)

### 8. *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*

Cara kerja atau prinsip kerja ELCB adalah ketika terjadi kontak antara listrik dan tubuh manusia, maka arus akan mengalir melalui tubuh manusia ke grounding atau bumi maka akan terjadi perbedaan total arus yang melewati ELCB sehingga akan memicu alat tersebut memutuskan arus listrik seketika itu juga.

Di dalam ELCB tidak terdapat pengaman thermal ataupun magnetis (kecuali adanya tambahan komponen). Komponen ini juga tidak dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran arus yang melebihi 6kA.



**Gambar 20** *Earth Leakage Circuit Breaker*

(Nahvi M. 2003 *Problems of Electric Circuit*, McGraw-Hill : New York)

### 9. Under Voltage Trip

*Under Voltage Trip* merupakan suatu alat pengaman yang berfungsi bila tegangan pada *generator* abnormal,. *Under Voltage Trip* akan memutuskan *Circuit Breaker* dan mencegah kerusakan pada beban.



**Gambar 21** Under Voltage Trip

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)

### 10. Reverse Power Relay

*Reverse Power Relay* merupakan sebuah alat pengaman yang berfungsi ketika dua buah *generator* diparalel tiba-tiba salah satu *generator* mengalami kerusakan yang menyebabkan *generator* tersebut tegangannya turun. Hal ini memungkinkan terjadinya *generator* akan berubah fungsi menjadi motor listrik. Dengan adanya *Reverse Power Relay* maka *generator* yang bermasalah akan terhindar dari kerusakan atau terbakar.



**Gambar 22** Reverse Power Relay

(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)

### *11. Power Quality Analyzer*

Alat ini merupakan alat yang khusus digunakan untuk menganalisa power quality. Analisis kesalahan dan gangguan pada power quality akan teridentifikasi pada monitor alat ini.



**Gambar 23** *Power Quality Analyzer*  
(Nahvi M. 2003 Problems of Electric Circuit, McGraw-Hill : New York)