

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Pembakaran Mesin

Berdasarkan klasifikasi, sistem pembakaran mesin terbagi menjadi empat, yaitu (Ref. 11, Hal. 3):

a. Berdasarkan kegunaan

Mesin dikategorikan berdasarkan cara penggunaannya, seperti penggunaan propulsi kapal dan alat pembantu pada kapal, penggunaan generator, kompresor dan pompa pada industri. Pada skala internasional, sistem pembakaran mesin untuk pembangkit tenaga akan terus menjadi adaptasi dari produsen produksi tinggi otomotif, traksi dan mesin kelautan.

b. Berdasarkan kecepatan

Klasifikasi ini sangat umum digunakan dikarenakan kecepatan putaran poros engkol pada dasarnya menentukan bobot dan ukuran mesin dalam kaitannya dengan daya keluarannya.

c. Berdasarkan desain

Mesin dapat di subklasifikasi sehubungan dengan fitur desain yang digunakan, yaitu :

- a. Siklus kerja (*four-stroke* atau *two-stroke*)
- b. *Piston action/piston connection*
- c. Pengaturan silinder
- d. Jenis bahan bakar yang digunakan (seperti cairan, gas, *dual fuel*, dll.)
- e. Cara udara dimasukkan ke dalam silinder (baik pada tekanan *ambient* atau tekanan tinggi)

d. Berdasarkan ukuran

Klasifikasi berdasarkan ukuran saling berhubungan dengan berbagai faktor, seperti dimensi silinder, jumlah silinder, kecepatan dan tekanan efektif rata-rata.

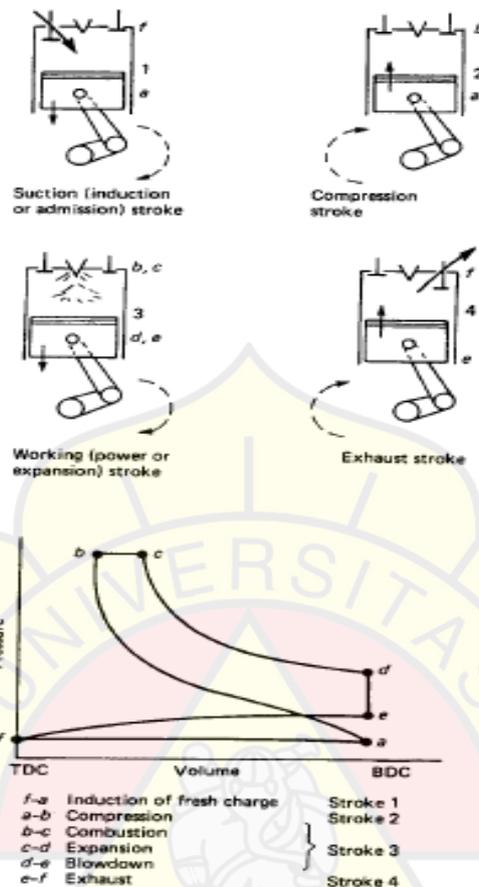
2.2. Siklus Kerja

Mesin pembakaran dapat berupa penyalaan sendiri atau pengapian tidak langsung. Perbedaan yang menonjol antara proses pembakaran akan dijelaskan nanti.

Kompresi pengapian dan mesin percikan dapat diatur untuk berjalan di salah satu dari dua siklus tersebut. Ini secara diagram diwakili dalam Gambar 2.1 dan Gambar 2.2; bersama dengan diagram indikator yang sesuai, yang menggambarkan peristiwa dalam silinder mesin selama setiap siklus.

Dalam siklus empat langkah pengapian bahan bakar terjadi di setiap revolusi poros engkol lainnya. Mesin yang menggunakan siklus ini bekerja dari bahan bakarnya selama satu langkah dalam empat langkah (Gambar 2.1). *Stroke* bekerja sekali dalam setiap dua putaran. Sebaliknya, mesin dua langkah memiliki gerakan yang baik di setiap putaran poros engkol (Gambar 2.2).

Walaupun mesin dua langkah umumnya lebih ringan dan lebih kecil ukurannya daripada mesin empat langkah dengan *output* yang sama, karena mesin dua langkah memiliki tenaga dua kali lebih banyak, begitupun mesin empat langkah akan menghasilkan tenaga dua kali lipat.

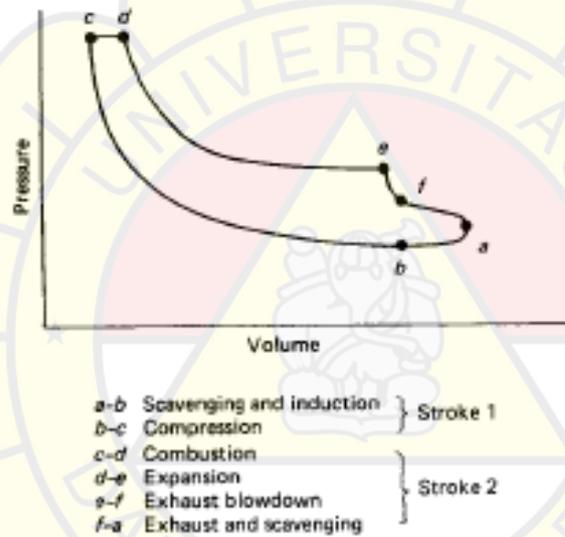
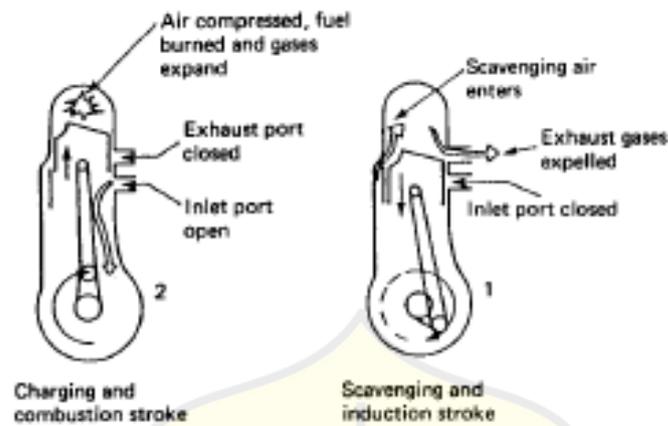


Gambar 2.1. *Four-Stroke Cycles*

Sumber : Ref. 12, Hal. 4

Downstroke mesin dua langkah menggabungkan tenaga dan pembuangan uap. Saat *port intake* dan *exhaust* dibersihkan oleh *piston*, terjadi pencampuran udara segar dan gas yang terbakar. Tidak semua gas terbakar habis, yang mencegah muatan udara segar lebih besar diinduksi ke dalam silinder. Oleh karena itu, *stroke* daya yang dihasilkan memiliki daya dorong yang lebih sedikit.

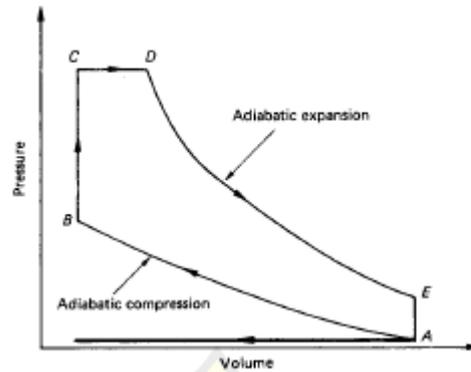
Pada mesin empat langkah, hampir semua gas yang terbakar dipaksa keluar dari ruang bakar oleh *piston* yang bergerak ke atas. Ini memungkinkan hampir campuran udara/bahan bakar penuh untuk memasuki silinder, karena *stroke piston* dikhususkan untuk induksi campuran. Oleh karena itu, *power stroke* menghasilkan daya yang relatif lebih besar daripada *two-cycle counterpart*.



Gambar 2.2. *Two-Stroke Cycles*

Sumber : Ref. 12, Hal. 5

Salah satu keuntungan penting dari mesin empat langkah adalah memiliki sistem pelumas yang sederhana dan dapat diandalkan. Hal ini menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk instalasi *generator* yang tidak diawasi atau diwakili sebagian. Siklus standar udara teoritis contoh kerja mesinnya dipresentasikan dalam diagram pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Siklus standar udara teoritis (campuran) untuk mesin diesel
Sumber : Ref. 12, Hal. 5

Siklus ini dikenal sebagai siklus pembakaran ganda, campuran atau komposit dan merupakan kombinasi dari volume konstan (otto) dan siklus pembakaran tekanan konstan (diesel). Hal ini dapat digunakan sebagai perbandingan dengan siklus diesel aktual yang beroperasi di kisaran beban menengah hingga penuh. Area diagram, untuk skala yang sesuai, mewakili pekerjaan yang dilakukan pada piston selama satu siklus.

2.2.1 Siklus Empat Langkah

Dalam siklus empat langkah, udara ditarik ke dalam silinder melalui katup masuk saat piston bergerak ke bawah dalam langkah hisapnya seperti pada Gambar 2.1. Katup masuk menutup dan *piston* bergerak ke atas untuk mengompres udara di dalam silinder. Dekat akhir langkah ini, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder. Tekanan udara dikompresi memastikan bahwa suhu yang cukup tinggi dicapai dalam silinder untuk memberikan pengapian spontan yang cepat dari bahan bakar yang disuntikkan. Pada akhir langkah, katup buang menutup katup masuk terbuka, dan siklus empat langkah diulang.

2.2.2 Siklus Dua Langkah

Mesin dua langkah dapat menggunakan katup atau mereka dapat menggunakan *port* di dinding silinder. Silinder dari tipe yang terakhir ditunjukkan secara diagram pada Gambar 2.2. Pergerakan ke bawah *piston* pada langkah kerja menyingkap *port* saluran buang dan lubang masuk. Ini memungkinkan udara pembilasan, yang sebelumnya telah dimasukkan ke sisi bawah piston melalui *port inlet*, untuk mengeluarkan gas buang melalui *port exhaust*. *Piston* naik mencakup kedua *port*. udara dikompresi dan dipanaskan dengan cepat, dan diinjeksi bahan bakar, seperti pada siklus empat langkah. Langkah kerja kemudian dimulai. Perhatikan, bahwa beberapa bahan bakar baru hilang dengan gas bekas; dan bahwa beberapa gas tetap berada dalam silinder, untuk mencemari muatan bahan bakar segar berikutnya.

Mesin dua langkah dapat dibagi menjadi beberapa jenis yang mempekerjakan:

1. *Crankcase scavenging* (menggunakan bagian bawah *piston* dan *crankcase* sebagai kompresor udara); atau
2. Pump, atau *blower, scavenging* (menggunakan pompa atau *blower* terpisah untuk memberikan udara *scavenging*)

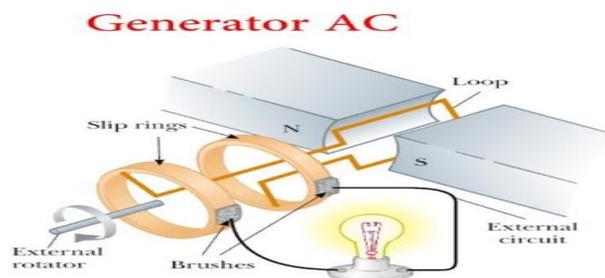
2.3. Generator

Generator adalah mesin listrik yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi magnet (Ref. 22, Hal. 1). Generator memiliki dua jenis, yaitu generator AC dan generator DC.

2.3.1. Generator AC

Prinsip induksi magnet adalah saat sebuah konduktor digerakkan pada medan magnet sehingga konduktor memotong *flux magnetic* menimbulkan tegangan. Peristiwa ini menimbulkan listrik dalam siklus: positif-nol-negatif-nol (AC) atau disebut *alternator* adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet (Ref. 15, Hal 25.).

Prinsip dasar *generator* arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Listrik AC dihasilkan dari hasil induksi elektromagnetik, sebuah belitan kawat yang berdekatan dengan kutub magnet permanen. Kutub permanen diputar pada sumbunya, maka diujung-ujung belitan timbul tegangan listrik yang ditunjukkan oleh penunjukan jarum V meter. Jarum V meter bergoyang kearah kanan dan kekiri, ini menunjukkan satu waktu polaritasnya positif, satu waktu polaritasnya negatif. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada *generator*). Kumparan medan pada *generator* AC terletak pada *rotornya* sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada *stator* seperti pada gambar berikut :



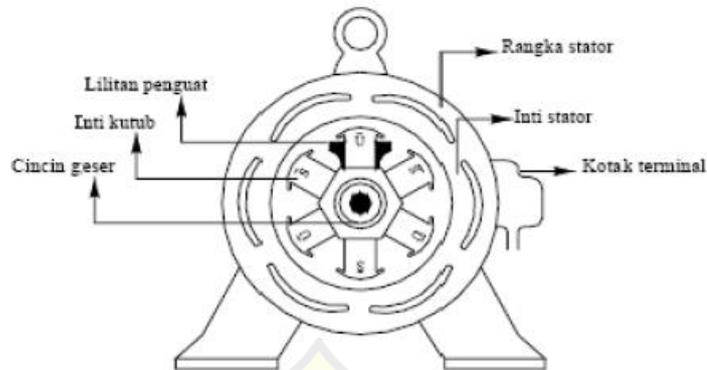
Gambar 2.4. *Generator AC* dengan Rotor sebagai Penghasil Tegangan

Sumber : Ref. 21, Hal. 2

Generator terpasang satu poros dengan motor diesel, yang biasanya menggunakan *generator* sinkron (*alternator*) pada pembangkitan. *Generator* ini kapasitasnya besar, medan magnetnya berputar karena terletak pada *rotor*. Berikut adalah konstruksi *generator AC*:

1. Rangka *stator*
2. *Stator*
3. *Rotor*
4. Cincin geser
5. *Generator* penguat

Pada umumnya *generator AC* ini dibuat sedemikian rupa, sehingga lilitan tempat terjadinya GGL induksi tidak bergerak, sedangkan kutub-kutub akan menimbulkan medan magnet berputar. *Generator* itu disebut dengan generator berkutub dalam, dapat dilihat pada Gambar 2.5. (Ref. 16 dan 10, Hal. 4).

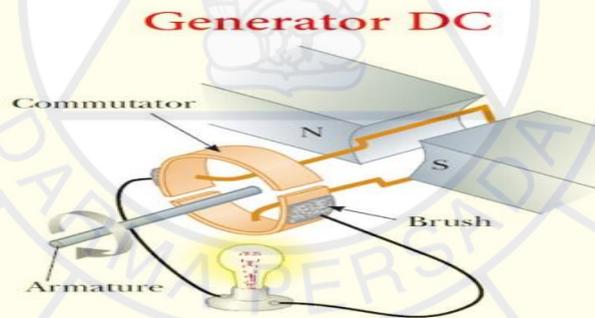


Gambar 2.5. Konstruksi Generator Berkutub

Sumber : Ref. 16 dan 10, Hal. 4

2.3.2. Generator DC

Generator DC adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah (Ref. 16, Hal. 2). Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Pada kapal biasanya digunakan *generator* AC atau lebih dikenal dengan istilah *alternator* seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.6. *Generator* DC dengan Rotor sebagai Penghasil Tegangan lalu diskemakan dengan Sebuah Kawat Angker Penghantar Listrik

Sumber : Ref. 21, Hal. 2

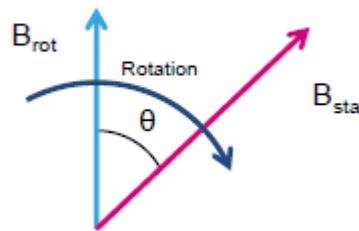
2.3.3. Persamaan dan Perbedaan Generator AC dan DC

Generator DC maupun AC memiliki konstruksi dasar berupa konduktor sebagai penghasil tegangan dan sebuah bagian yang menghasilkan medan magnet. Sebagai representasi dari kedua bagian tersebut, setiap *generator* memiliki *rotor* dan *stator*. *Rotor* merupakan bagian yang berputar dan *stator* merupakan bagian yang diam. Pada *generator* DC, penghasil tegangan adalah *rotor* sedangkan pada *generator* AC, baik *rotor* maupun *stator* dapat menghasilkan tegangan.

Untuk *generator* AC dengan *rotor* sebagai penghasil tegangan, konstruksi hampir sama dengan *generator* DC hanya saja tegangan yang dihasilkan tidak disearahkan dengan komutator melainkan langsung dialirkan melalui *slip ring* dan arus penguat dialirkan menuju bagian *stator*. *Generator* dengan tipe seperti ini biasanya digunakan untuk memasok kebutuhan listrik yang tidak besar. Untuk *generator* AC dengan *stator* sebagai penghasil tegangan, arus penguat dialirkan menuju *rotor* sehingga saat *rotor* berputar, terjadi medan putar. Keuntungan sistem ini adalah tegangan yang dihasilkan dapat langsung dihubungkan dengan beban listrik dan dapat mengurangi resiko *short circuit* karena tidak menggunakan *slip ring* ataupun sikat arang sebagai pengalir tegangan yang dihasilkan, karena *slip ring* dan sikat arang merupakan komponen yang sulit untuk diisolasi.

2.4. *Electric Motor*

Electric motor merupakan alat untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi gerak (biasanya menggunakan torsi). Konversi ini biasanya diperoleh melalui pembangkitan medan magnet melalui arus yang mengalir ke satu atau lebih kumparan. Rotasi motor (Gambar 2.7.) diperoleh melalui gaya tarik menarik antara dua medan magnet. dimana satu bidang magnet terletak di rotor (bagian yang bergerak) dan medan magnet kedua terletak di stator pada badan motor (Ref. 3, Hal. 3).



Gambar 2.7. Perputaran Rotasi Rotor dan Stator
Sumber : Ref. 3, Hal. 3

Pengoperasian *electric motor* didasarkan pada :

- Satu dari dua medan magnet setidaknya dihasilkan oleh solenoid yang membawa arus.
- Relasi fasa antara medan magnet rotor dan stator sudut bebannya harus selalu lebih besar dari 0° agar motor tetap bergerak (sudut negatif membalikkan rotasi).
- Torsi output tergantung pada arus solenoida dan sudut beban.
- Rotasi motor menyebabkan gaya gerak-balik elektrik yang menentang gerakan itu sendiri.

2.5. Perbedaan Generator dan Motor

Secara teoritis, generator dan motor memiliki sistem operasi yang hampir sama. Perbedaan utama adalah arah arus stator, aliran daya yang digunakan dan lingkungan sekitar penempatan mesin. Generator tidak umum diletakkan pada lingkungan daerah berbahaya. Sedangkan, motor terkadang diletakkan pada lingkungan daerah berbahaya seperti penggunaannya untuk mengoperasikan kompresor gas. Motor induksi sering digunakan untuk menggerakkan pompa minyak dan kompresor gas yang perlu dioperasi di daerah berbahaya. Dalam konstruksi, rotor generator dapat berupa silinder atau *salient*. Sedangkan, motor sinkron hampir selalu memiliki rotor *pole* berupa *salient*. Metode pendinginan dan jenis bantalan pada generator dan motor pada umumnya sama (Ref. 18, Hal. 61).

2.6. Generator Set

Generator set memiliki prinsip kerja mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, maka diperlukan penggerak untuk memutar rotor *generator* (Ref. 17, Hal. 4). Sumber energi mekanik ini dapat berupa turbin uap, turbin air, ataupun motor diesel. Gabungan antara *generator* dengan penghasil energi mekaniknya disebut dengan generator set.

2.6.1. Proses *Starting*

Generator darurat merupakan *generator set* cadangan yang dipergunakan hanya dalam keadaan darurat sehingga saat kapal berada dalam keadaan normalnya, *generator set* akan berada dalam keadaan siap diaktifkan sewaktu-waktu. Dalam keadaan darurat, dibutuhkan proses *starting generator set* yang cepat agar tersedia waktu yang cukup untuk melakukan perbaikan pengaktifan kembali *generator* utama ataupun menghubungi pelabuhan terdekat untuk meminta bantuan pertolongan.

Berbeda dengan *generator* utama yang menggunakan sistem udara bertekanan untuk proses *starting*, *generator set* darurat menggunakan listrik untuk proses *starting*. Secara garis besar proses *starting* dibagi menjadi dua yaitu :

a. *Manual*

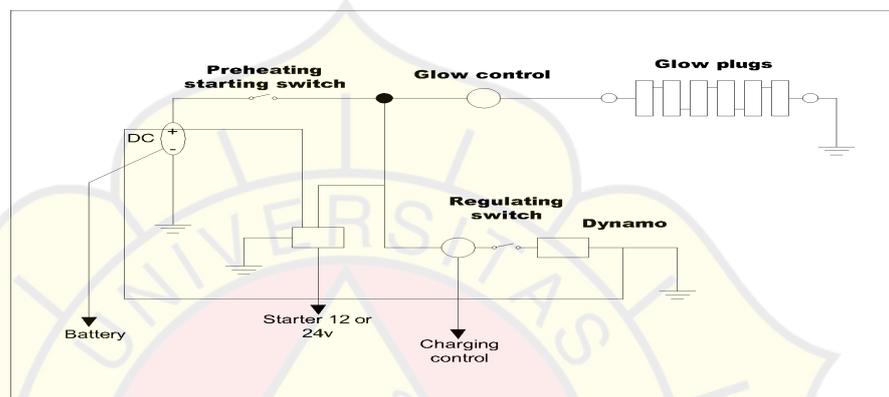
Manual adalah proses *starting* dengan sistem listrik namun *operator* harus menekan tombol pengaktifan yang terdapat pada panel *generator* darurat yang biasanya terletak terpisah dari panel *generator* utama. Proses manual dengan mengengkol *crankshaft* maupun *camshaft* dapat saja dilakukan namun terbatas pada *generator* dengan penggerak kecil karena keterbatasan tenaga manusia.

b. *Otomatis*

Proses pengaktifan ini dilakukan tanpa perlu ada *operator* yang mengaktifkan *generator set* darurat dari panelnya. Sistem ini akan membaca keadaan gagalnya *generator* utama dengan

membaca sinyal yang diolah oleh sebuah komponen yang biasa dikenal dengan *generator controller*.

Saat *generator* utama mengalami kerusakan/gagal, *generator controller* akan membaca sinyal tersebut dan memulai proses pengaktifan *generator* darurat secara otomatis. Secara umum proses *starting generator* dapat dijelaskan melalui diagram pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Komponen pada Proses Starting Generator

Sumber : Ref. 21, Hal. 3

1. Sebuah baterai akan memberikan arus listrik yang akan menutup *pre-heating starting switch*.
2. Melalui *glow control*, *glow plugs* akan menaikkan temperatur pengapian saat proses *starting*. Proses *pre-heating* ini memakan waktu sesuai dengan karakteristik dari *engine*. Proses ini dapat dipercepat dua kali lipat dengan menaikkan tegangan selama 50% dari waktu total proses *preheating* normal.
3. Proses *pre-heating* ini merupakan proses untuk *engine* mencapai putaran pengapiannya dan temperatur tertentu. Kedua parameter ini tergantung dari karakteristik *engine*.
4. Listrik juga akan mengaktifkan *starter* yang berupa motor DC 12 atau 24 V yang terhubung dengan *flywheel* melalui sebuah *magnet switch* yang terdapat di dalam *starter*.

5. Aliran listrik juga akan menutup *regulating switch* yang berfungsi mengatur fungsi berbeda dari contoh otomatis tenaga darurat.
6. Saat *regulating switch* menutup, listrik mengalir hingga tegangan *dynamo* dan *battery* sama dan proses *recharge battery* pun berlangsung.
7. *Dynamo* dapat digantikan apabila *charger* otomatis *battery* dan sebuah *tachometer switch* yang menutup pada saat putaran pembakaran tercapai, terpasang pada genset.
8. Setelah kondisi *pre-heating*, genset sudah dapat diberikan beban.

Proses *starting* ini dapat dilakukan beberapa kali sesuai dengan yang dianjurkan oleh pembuat engine atau genset *controller*. Setelah jumlah maksimal *starting* tercapai, maka alarm peringatan akan berhenti dan *engine* harus di non-aktifkan.

2.7. Black Out/Keadaan Darurat pada Kapal

Black Out adalah kondisi dimana listrik mengalami suatu gangguan atau masalah yang terjadi akibat kelebihan, ketidakmampuan suatu tegangan listrik dan arus yang mengalir terlalu tinggi atau besar (Ref. 14, Hal. 1). Contoh gagalnya sistem kelistrikan ini cukup banyak, seperti genset utama mengalami kerusakan, peralatan sistem kontrol mengalami kerusakan, *short circuit*, dll.

2.8. Regulasi Biro Klasifikasi Indonesia

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) adalah agen klasifikasi nasional yang bertugas membuat klasifikasi kapal komersial di Indonesia maupun kapal asing yang beroperasi secara teratur di perairan Indonesia. BKI didirikan dengan menerapkan standar teknik dalam kegiatan desain dan konstruksi sertai survei maritim terkait dengan fasilitas terapung, termasuk kapal dan konstruksi lepas pantai. BKI melakukan klasifikasi kapal berdasarkan konstruksi lambung, mesin dan instalasi listrik dalam upaya untuk mengevaluasi kemampuan kapal untuk berlayar.

Dalam upaya keselamatan kapal saat berlayar, berdasarkan BKI (Ref. 4, Hal. 3-8) *Volume IV Section 3*, kapal dengan ukuran 500 GT atau lebih wajib memasang *generator set* saat kondisi *emergency*. Kapal LCT 415 GT merupakan kapal untuk pengangkutan kendaraan bermotor. Kapal ini berdasarkan regulasi BKI, tidak diwajibkan untuk memasang *emergency generator set*. Namun, pemasangan *emergency generator set* tersebut diperbolehkan untuk upaya tambaha keselamatan kapal.

Aturan mengenai instalasi kelistrikan yang harus tetap beroperasi pada keadaan darurat pada kapal untuk keselamatan kapal, ABK, maupun muatan terdapat pada Rules BKI *Volume IV Section 3* yaitu *Power Supply Installations*. Peralatan-peralatan tersebut antara lain :

1. Lampu penerangan untuk daerah peluncuran sekoci, *gangway* dan tangga pada dek akomodasi, pada kamar mesin dan *engine control room*, pada ruang *main switch board* dan *emergency switch board*, pada ruang *steering gear*, *CO₂ room*, serta ruang penyimpanan perlengkapan pemadam kebakaran.
2. Lampu navigasi
3. Radio komunikasi
4. Sistem alarm dan deteksi kebakaran
5. *Blackout signal*
6. Peralatan navigasi
7. Sistem pompa darurat kebakaran
8. *Water spraying system*
9. *The auxiliary equipment for the emergency generator set*
10. Setidaknya satu pompa bilga untuk ruang kargo di kapal kontainer dengan atap terbuka

Semua perlengkapan diatas harus mampu beroperasi selama 36 jam terkecuali pintu kedap air yang beroperasi selama 30 menit.

2.9. Instalasi dan Peningkatan

Sistem daya darurat biasanya paling mendukung beban penting, di mana ketika *blackout* akan berdampak pada kelanjutan operasi (Ref. 21, Hal. 1). Kapal dengan muatan operasional tidak dapat mentolerir *downtime* terkait dengan peningkatan peralatan. Ini menghadirkan tantangan signifikan mengganti peralatan akhir masa pakai. Peralatan tambahan harus sepenuhnya sesuai regulasi, untuk menghindari kecelakaan yang tidak diinginkan.



2.10. Pengertian MCB, MCCB, dan ACB

Perlu kita ketahui bahwa *circuit breaker* juga dikenal sebagai sakelar listrik yang dioperasikan secara otomatis yang berfungsi ketika gangguan terdeteksi dengan mengganggu aliran arus (Ref. 9, Hal. 213). Berikut dibawah ini beberapa jenis *circuit breaker* (Ref. 6, Hal. 65-66) :

2.10.1. Mini Circuit Breaker (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah pengaman rangkaian yang dilengkapi dengan pengaman thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relai elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman surkit satu phasa dan tiga phasa. MCB pada Gambar 2.9. didesain dengan fungsi utama untuk mengamankan kabel terhadap beban lebih dan terjadinya hubungan singkat pada rumah tangga.

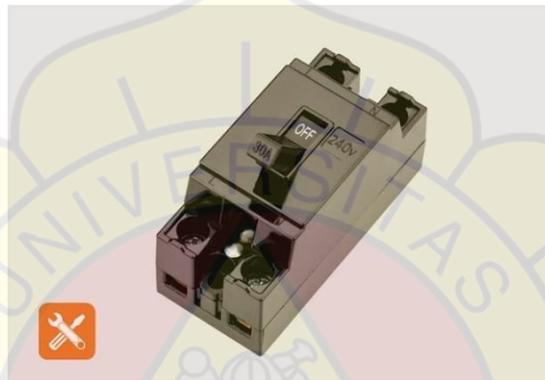


Gambar 2.9. MCB.

Sumber : Ref. 5, Hal. 5

2.10.2. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

Molded Case Circuit Breaker (MCCB) merupakan perangkat pengaman pada tegangan menengah yang beroperasi secara otomatis terhadap beban lebih dan hubungan singkat. Pada jenis tertentu, pengaman ini memiliki kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Arus nominal pada rating MCCB harus lebih besar dari arus yang dibutuhkan oleh peralatan terhubung.



Gambar 2.10. MCCB.

Sumber : Ref. 5, Hal. 5

Prinsip kerja MCCB pada Gambar 2.10. adalah pengaman *thermis* untuk gangguan arus lebih dan pengaman magnetik untuk gangguan hubung singkat. Pengaman *thermis* ini menggunakan bimetal yang terdiri dari dua lempeng logam yang saling menempul. Panas yang dihasilkan oleh gangguan arus lebih akan menyebabkan bimetal akan melengkung dan mendorong tuas pemutus sehingga MCCB akan *trip*. Namun, pengaman *thermis* ini memiliki respon yang sangat lambat dibandingkan pengaman magnetik.

Pengaman magnetik menggunakan koil, sehingga ketika terjadi gangguan hubung singkat, maka koil akan terinduksi dan timbul medan magnet. Hal ini mengakibatkan poros yang ada didekatnya akan tertarik dan menjalankan tuas pemutus. Pengaman magnetik tidak memerlukan waktu lama untuk tripnya. Karena pengaman magnetik berkerja secara magnetik sehingga dibutuhkan waktu yang singkat untuk induksi dibandingkan dengan prinsip panas.

2.10.3 Air Circuit Breaker (ACB)

Air Circuit Breaker (ACB) merupakan jenis circuit breaker dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB pada Gambar 2.11. dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang *atmosfer* digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses *switching* maupun gangguan.



Gambar 2.11. ACB.

Sumber : Ref. 5, Hal. 5

2.11. Prinsip Pengoperasian Motor Tiga Fasa

Dalam bentuk yang digunakan untuk penggerak industri, motor induksi memiliki dua komponen utama, *stator* dan *rotor*. *Stator* membawa belitan tiga fasa yang menerima daya dari suplai. *Rotor* membawa lilitan yang berbentuk seperangkat konduktor batang tunggal yang ditempatkan di slot tepat di bawah permukaan *rotor*. Slot memiliki celah sempit di permukaan *rotor*, yang berfungsi untuk mengunci batang konduktor pada posisinya. Setiap ujung dari masing-masing konduktor batang terhubung ke cincin hubungan pendek, satu di setiap ujung *rotor*. Gulungan *stator* adalah tipe konvensional seperti yang ditemukan pada *generator* tiga fasa dan motor sinkron (Ref. 17, Hal. 99).

Pilihan sistem transmisi dan distribusi tiga fasa atas sistem fasa tunggal juga datang sangat awal karena peningkatan efisiensi daya transmisi (Ref. 8, Hal. 709). Meskipun penggunaan listrik pada ujung konsumsi dalam tegangan satu fasa rendah (kecuali untuk penggunaan industri yang sangat besar), transmisi dan distribusi selalu dilakukan dalam sistem tiga fasa.

Arus *rotor* dibatasi oleh hubung-pendek dari sirkuit *rotor*. Sirkuit ini mengandung resistansi dan reaktansi. Reaktansi induktif berbanding lurus dengan frekuensi ggl yang diinduksi dalam *rotor*. Ketika *rotor* mempercepat dua efek terjadi :

1. *The rotor impedance increases*
2. *The rotor emf reduces*

2.12. Prinsip Pengoperasian Motor Satu Fasa

Listrik Satu Fase adalah jaringan listrik yang hanya menggunakan 2 kawat penghantar yang kesatu sebagai kawat phase (L) dan yang kedua sebagai kawat neutral (N). Umumnya listrik 1 phase bertegangan 220-240 volt yang digunakan banyak orang.

Setiap sub-sirkuit akan menjadi konsumen fasa-tunggal, di mana suplai dua-kabel fasa-tunggal dapat diambil antara satu fasa dan netral dari sistem empat kabel, atau transformator step down dua-belitan fasa-tunggal dapat digunakan (Ref. 17, Hal. 99).