

## **BAB 2**

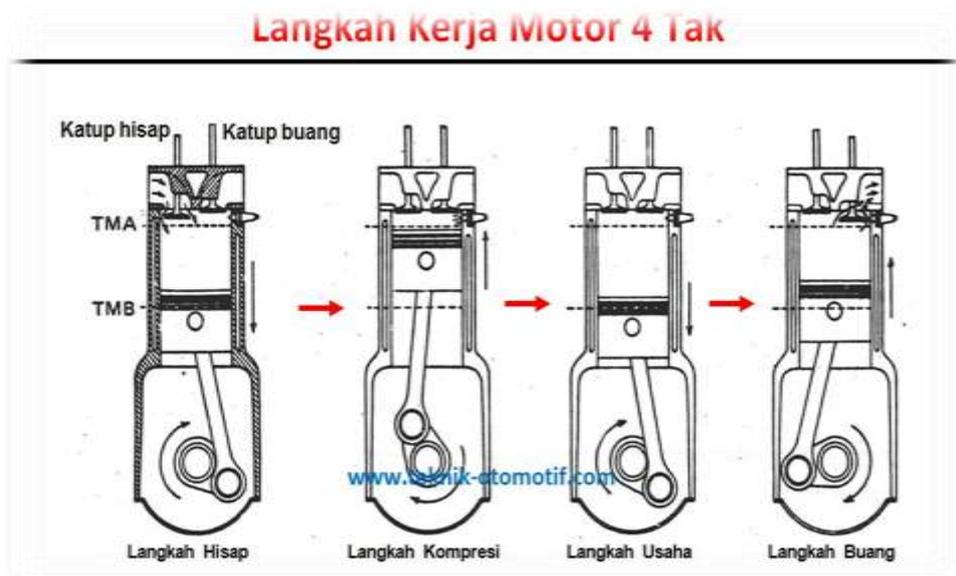
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Langkah Kerja Montor 4 Tak**

Menurut Hery Sunaryo (1998 : 1), memberikan penjelasan tentang motor empat langkah, adalah sebagai berikut: Motor bantu empat langkah (4 tak) yang bekerja dengan kompresi yang berat, akan lebih cocok untuk mesin putaran tinggi, dan banyak dipakai pada mesin berukuran kecil, karena pertambahan ukuran dan berat mesinnya begitu dipermasalahkan. Keuntungan lain sistem empat langkah kerja untuk mesin dengan putaran tinggi adalah bahwa tekanan rata-rata yang didapat guna penyalaan akan lebih tinggi. Berbagai jenis mesin *diesel* yang ada sekarang ini telah mengalami penyempurnaan dari jenis sebelumnya sehingga dapat digunakan sebagai tenaga penggerak kapal.

Dalam buku motor *diesel* kapal P. Van Maanen (1983 :1,3), menjelaskan cara kerja motor adalah sebagai berikut: Pada kedudukan torak terendah pintu bilas dan katup buang dalam keadaan terbuka. Udara bilas dan udara pembakaran dimasukkan kedalam silinder *liner* dengan tekanan lebih kecil melalui sebuah pompa bilas yang digerakkan oleh motor sendiri. Udara yang dimasukkan tersebut mendesak gas bakaran yang tersisa dari proses kerja sebelumnya, melalui katup buang keluar dari silinder *liner*. Pada langkah keatas torak akan menutup pintu bilas dan katup buang juga tertutup secara hampir sama. Pada sisa langkah keatas (langkah kompresi) udara dalam silinder *liner* di komprimir. Penyemprotan bahan bakar, penyalaan dan pembakaran berlangsung seperti motor 4 tak. Menjelang akhir langkah kerja, sebelum torak membuka pintu bilas, katup buang terbuka sehingga gas pembakaran untuk sebagian besar keluar ke atmosfer sebelum pintu bilas terbuka. Pada saat pintu terbuka oleh torak proses pembilasan berlangsung lagi, seluruh proses terjadi selama sebuah putaran poros engkol atau dua langkah torak dan di dibandingkan dengan proses 4 tak nampak bahwa langkah masuk dan langkah buang tidak ada.

Dalam buku motor *diesel* dan turbin gas I, Aslang ( 2000 : 29 ) menjelaskan mesin 4 tak ialah mesin yang cara kerjanya membutuhkan 4 kali langkah torak yaitu langkah torak dari TMA ke TMB untuk dapat menghasilkan usaha 1 kali, usaha dalam 2 kali putaran poros engkolnya.



Gambar.1: Langkah kerja motor 4 tak  
Sumber : Rahmad Hidayat, 2013, cara kerja motor 4 tak

a. Langkah Hisap

Pada langkah ini, torak bergerak dari TMA ke TMB, katup hisap terbuka sehingga gas (campuran bahan bakar dan udara) terhisap masuk ke silinder. Katup hisap kemudian tertutup ketika torak mencapai TMB.

b. Langkah Kompresi

Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA, katup hisap dan katup buang tertutup sehingga gas termampatkan (terkompresikan). Akibat kompresi ini suhu dan tekanan gas naik, sehingga akan terbakar sesaat torak mencapai TMA, *injector* memberi loncatan bunga api dan terjadilah pembakaran.

c. Langkah Kerja

Pada langkah ini torak terdorong dari TMA ke TMB oleh kekuatan tekanan gas hasil pembakaran gerakan torak pada langkah ini disebut melakukan kerja, yang selanjutnya dijadikan sebagai tenaga gerak dari mesin.

#### d. Langkah Buang

Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA, katub buang terbuka sehingga gas sisa pembakaran terdorong keluar dari silinder melalui lubang katub buang dan saluran pembuangan, Setelah torak mencapai TMA dari sini akan di mulai lagi siklus berikutnya yang diawali dengan pengisapan gas baru.

## 2.2 Silinder Liner

Silinder *liner* merupakan tempat untuk Bergeraknya *piston* dari titik mati atas ke titik mati bawah yang berbentuk seperti tabung serta, silinder *liner* juga sebagai tempat untuk berlangsungnya proses kerja dari suatu mesin dimana langkah hisap, kompresi, usaha dan langkah buang bekerja di dalamnya. Silinder *liner* juga merupakan salah satu bagian dari beberapa komponen yang terdapat pada blok mesin. Adapun fungsi dari silinder *liner* yaitu antara lain: Sebagai ruang di mana proses pembakaran berlangsung di dalam mesin induk, sehingga terjadi gesekan antara *piston* dengan *ring piston* yang selanjutnya poros engkol akan berputar. Melindungi bagian dalam silinder blok dari gesekan secara langsung dengan *ring piston*, sebagai rumah untuk *piston* dimana *piston* bergerak dari titik mati atas kemudian ke titik mati bawah begitu pula sebaliknya, sehingga dapat meneruskan panas dari *piston* yang kemudian akan di dinginkan oleh air tawar sebagai media pendingin. Sumadi (1979 : 65)

Menurut Tri Tjahjono, (2005), Silinder *liner* adalah komponen mesin yang di pasang pada blok silinder yang berfungsi sebagai tempat piston dan ruang bakar pada mesin. Pada saat langkah kompresi dan pembakaran akan di hasilkan tekanan dan *temperature* gas yang tinggi, sehingga untuk mencegah kebocoran kompresi ini maka pada *piston* di pasang cincin untuk memperkecil celah antara dinding silinder *liner* dengan *piston*. *Piston* yang bergerak bolak balik mengakibatkan keausan pada dinding silinder *liner* bagian dalam, hal ini dapat mengakibatkan keretakan pada silinder *liner*, sehingga dapat menyebabkan kebocoran gas, tekanan kompresi dan tenaga yang dihasilkan juga berkurang. Agar keausan silinder tidak terlalu banyak maka diupayakan bahan yang di gunakan tahan aus dan juga tahan terhadap panas.



Gambar 2: Silinder Liner

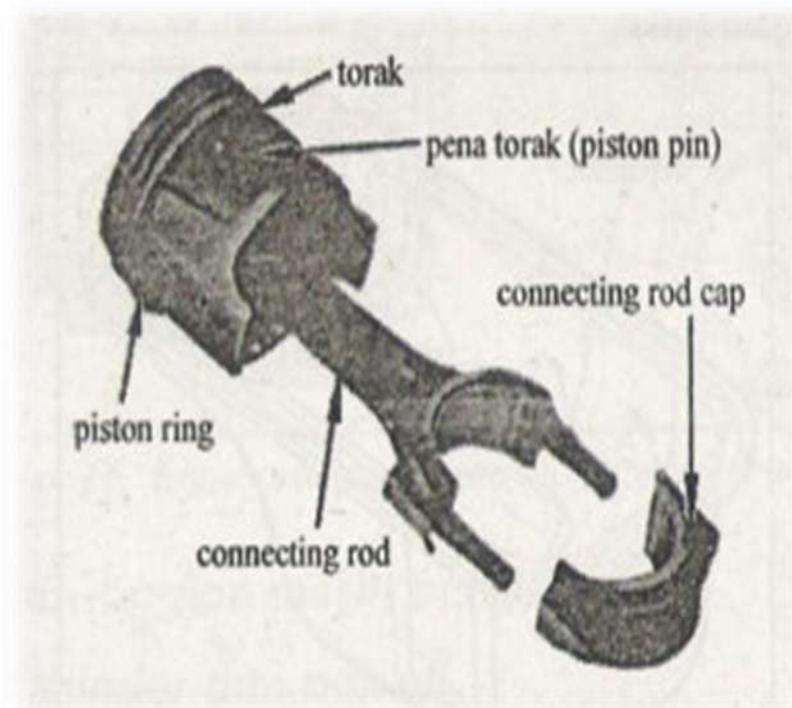
Sumber: Intan Sudibjo, 2014, silinder *liner*

Dalam bukunya Hery Sunaryo (1998 : 32) memberikan penjelasan mengenai keretakan yang terjadi pada blok silinder *liner*, yaitu sebagai berikut: Keretakan pada blok silinder *liner* atau pada tabung silinder *liner* (untuk motor *diesel* yang menggunakan tabung silinder) terjadi karena lelehnya material. Kelelahan material terjadi karena pada material tersebut bekerja tekanan yang berubah-ubah pada *temperature* yang cukup tinggi. *Temperature* kerja dari blok silinder *liner* dapat berubah menjadi tinggi bila saluran pendingin atau pelumasannya mengalami gangguan. Untuk memperbaikinya, dilakukan pengelasan pada blok silinder *liner* bila retak yang terjadi tidak terlalu dalam. Setelah dilakukan penyekrapan kembali seperti konstruksi semula. Terhadap tabung silinder *liner* dapat juga dilakukan pengelasan bila retak yang terjadi tidak terlalu dalam dan tidak terlalu luas. Pekerjaan berikutnya adalah retak yang terlalu dalam dan luas, sebaliknya komponen tersebut diganti dengan yang baru.

### 2.3 Piston

Menurut Maleev V.L. (1989). *Piston* adalah komponen mesin yang membentuk ruang bakar bersama – sama dengan silinder blok dan silinder *liner*. *Piston* jugalah yang melakukan gerakan naik turun untuk melakukan siklus kerja

mesin, serta *piston* harus mampu meneruskan tenaga hasil pembakaran ke *crankshaft*. Jadi dapat kita lihat bahwa *piston* memiliki fungsi yang sangat penting dalam melakukan siklus kerja mesin dan dalam menghasilkan tenaga pembakaran. Dengan fungsi tersebut, maka *piston* harus terpasang dengan rapat dalam silinder. Satu atau beberapa *ring* (cincin) dipasang pada *piston* agar sangat rapat dengan silinder. Pada silinder dengan *temperature* kerja menengah ke atas, bahan *ring* terbuat dari logam, disebut dengan ring piston (*piston ring*). Sedangkan pada silinder dengan temperatur kerja rendah, umumnya bahan *ring* terbuat dari karet, disebut dengan ring sil (*seal ring*).



Gambar. 3: Piston

Sumber : Achmad Djunaedi, 2015, piston

Torak (*piston*) berfungsi untuk memindahkan tenaga yang diperoleh dari hasil pembakaran ke poros engkol. Pada *piston* terdapat komponen-komponen pelengkap, yaitu:

- a. Batang Penghubung (*connecting rod*)

Untuk menghubungkan *piston* dengan poros engkol.

b. Pena Torak (*piston pin*)

Untuk mengikat *piston* dengan batang penghubung melalui lubang bushing

c. Cincin Torak (*ring piston*)

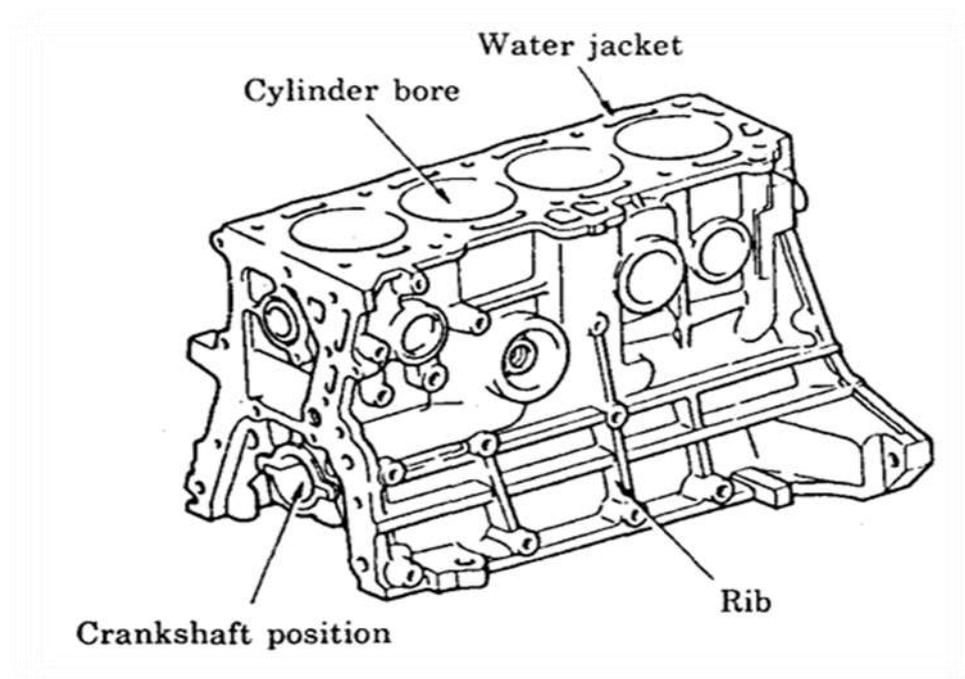
Untuk membentuk perapat kedap terhadap kebocoran gas antara celah torak dan silinder mengatur pelumasan torak dan dinding silinder

## 2.4 Blok Silinder Liner

Menurut Hery Sunaryo (1998 : 29) memberikan penjelasan tentang blok silinder *liner*, yaitu sebagai berikut: Blok silinder *liner* merupakan rumah tabung-tabung silinder *liner* yang di dalamnya terdapat saluran air pendingin. Air pendingin masuk dari bagian bawah tabung silinder, sedangkan dibagian atas terdapat lubang saluran air pendingin yang menuju kepala silinder *liner* guna memberikan pendingin. Di samping itu terdapat pula saluran-saluran minyak yang berguna untuk memberikan pelumasan. Pada saluran-saluran tersebut terdapat juga rumah poros nok beserta tabung tempat duduk bantalannya, yang dilengkapi dengan lubang-lubang dengan berbagai macam ulir untuk mengikat bagian-bagian lain yang ada hubungannya dengan blok silinder *liner*.

Blok silinder dan ruang engkol merupakan bagian utama dari motor bakar. Bagian-bagian lain dari motor dipasangkan di dalam atau pada blok silinder, sehingga terbentuk susunan motor yang lengkap. Pada blok silinder ini terdapat lubang silinder yang berdinding halus, dimana torak bergerak bolak-balik dan pada bagian sisi-sisi blok silinder dibuatkan sirip-sirip maupun lubang-lubang mantel air pendingin yang digunakan untuk pendinginan motor. Silinder bersama-sama dengan kepala silinder membentuk ruang bakar, yaitu tempat melaksanakan pembakaran bahan bakar. Blok silinder dan ruang engkol dapat dituang menjadi satu bagian atau terpisah satu sama lain, kemudian disatukan dengan baut-baut. Variasi lain dalam konstruksi blok silinder ialah dengan pemasangan tabung silinder ke dalam blok silinder. Tabung ini dibuat dari besi tuang atau baja tuang. Komponen-komponen yang terdapat di blok silinder antara lain sebagai berikut:

- a. Silinder *liner*, ini merupakan komponen berbentuk tabung yang dimasukkan ke dalam blok silinder. Fungsinya sebagai lintasan pergerakan *piston*.
- b. *Engine compartments holder*, adalah berbagai tempat untuk meletakkan komponen mesin. Ini bisa dilihat dari lekukan disisi-sisi blok silinder dan adanya lubang baut.
- c. *Water jacket*, merupakan selubung air yang terdapat pada sela-sela blok silinder. Selubung air ini akan dihubungkan ke pompa air yang juga diletakan pada blok silinder.
- d. *Oil feed*, merupakan saluran oli yang ada di dalam blok silinder. Fungsi saluran oli ini adalah sebagai tempat sirkulasi oli mesin dari oil pan ke kepala silinder begitu pula sebaliknya.
- e. Gasket adalah pelapis antara blok silinder dengan kepala silinder. Gasket ini fungsi utamanya untuk mencegah bocor kompresi.
- f. *Crankshaft seal* berfungsi untuk mencegah kebocoran oli mesin. Khususnya kebocoran melalui poros engkol. Ada dua buah *crankshaft seal*, yang masing-masing diletakan dibagian depan dan belakang.



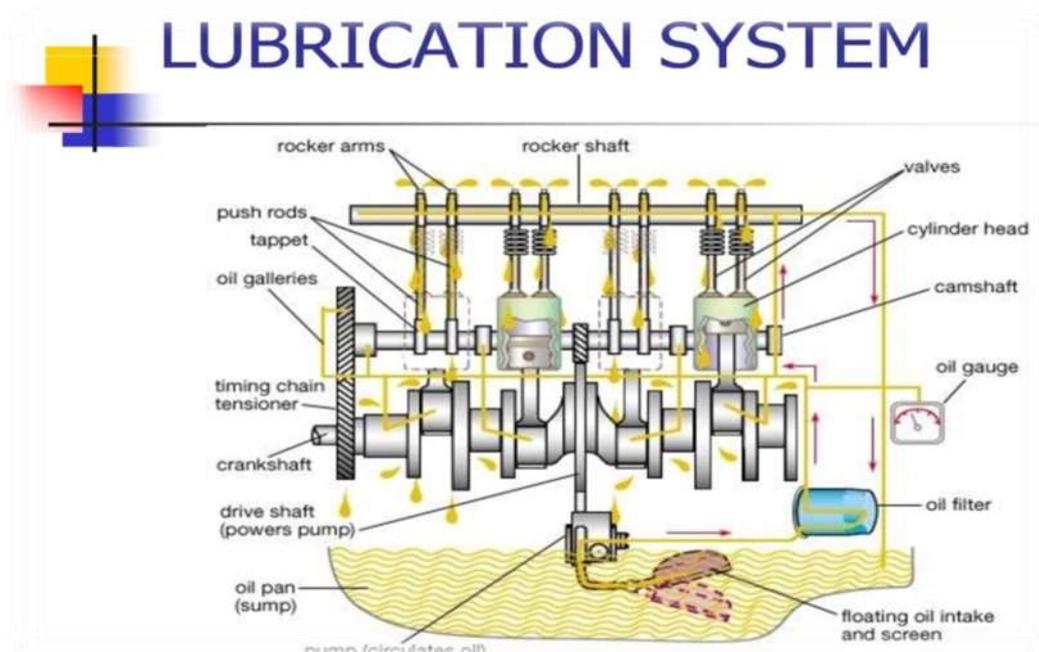
Gambar. 4: Blok Silinder  
Sumber: Agus Irwanto, 2018, blok silinder

## 2.5 Sistem Pelumasan Silinder Liner

Menurut P. Van Maanen (1983 : 9,19) dalam bukunya *diesel generator* kapal menjelaskan mengenai sistem pelumasan silinder *liner*, yaitu sebagai berikut : "Semua motor kepala silang kepala rendah dan juga motor torak trunk putaran menengah yang besar, dilengkapi dengan sistem pelumasan terpisah untuk pelumasan silinder *liner*. Oleh karena itu pada motor kepala silang tidak terjadi pencampuran dengan minyak pelumas penata gerak, maka untuk silinder dapat dipilih minyak pelumas yang sesuai dengan tujuan tersebut. Sedangkan pada motor torak trunk masih harus diperhitungkan dengan pencampuran".

Oleh HANS JENSEN MASKINFABRIK di Kopenhagen telah dibangun alat pelumas silinder *liner* yang dapat memberikan suatu " timing " tertentu. Tujuan dari timing adalah, dengan sinkronisasi tepat dari gerakan torak dan penyaluran masuk dari minyak pelumas, penyempitan tepat pada saat pegas teratas dari torak melewati nipel pelumas. Tujuan utama adalah memasukkan sebanyak mungkin dosis minyak pelumas di paket pegas. Pada penentuan saat penyempitan perlu diperhitungkan kelambatan penyempitan tertentu. Pada motor B & W setiap silinder *liner* dilengkapi dengan sebuah alat pelumas dengan 6 buah pompa kecil. Poros penegak dari alat pelumas silang dihubungkan dengan poros antar, sedangkan penggerak diawali mulai penggerak poros nok roda antar melalui sebuah penerus rantai. Frekwensi rotasi dari poros adalah setengah dari poros engkol. Pada poros penggerak ditempatkan nok-nok yang menggerakkan plunyer pompa melalui pembatas langkah. Kedudukan dari nok terhadap kedudukan plunyer di stel oleh pabrik motor. Akhir langkah plunyer dengan demikian akan tetap, pada suatu contoh yang diberikan adalah sebesar  $77^\circ$  setelah kedudukan terbawah dari engkol. Awal langkah plunyer, berarti hasil per langkah, dapat diatur untuk masing-masing pompa atau secara bersama-sama untuk penyetulan terpisah digunakan sebuah baut penekan, dengan bantuan sebuah mur setel, bila baut setel diputar lebih ke dalam, maka bagian bawah dari pembatas langkah akan bergerak ke kiri, sehingga langkah plunyer diperkecil.

Bila hasil pompa disetel secara bersama-sama, misalnya hasil besar pada waktu mengolah gerak, maka poros harus di putar. Poros ditumpu eksentris, berfungsi sebagai titik putar untuk pembatas langkah. Dengan memutar poros maka pembatas langkah akan bergerak ke kiri atau ke kanan dan memperkecil atau memperbesar hasil plunyer. Di sebelah luar dari alat tersebut terdapat tanda 1 sampai 5 untuk menyetel dari poros. Pada motor yang tidak bekerja, pompa-pompa dapat digerakkan oleh sebuah poros pengantar melalui sebuah engkol yang digerakkan dengan tangan. Plunyer pompa dalam rumah Plunyer menghisap minyak pelumas dari tempat persediaan melalui sebuah katup hisap dan menekan melalui katup tekan dan, kaca lihat dan katup tekanan balik ke titik pelumasan dari silinder. Tempat penyimpanan diisi secara otomatis melalui sebuah klep pelampung dari sebuah tangki penyimpanan lain yang lebih tinggi letaknya. Melalui sebuah tutup dan sebuah saringan sebelah dalam tangki tersebut dapat diisi. Di bagian bawah tangki terdapat sebuah elemen pemanas yang dapat menurunkan viskositas dari minyak.



Gambar. 5: Sistem Pelumasan  
Sumber: Dandan Ramdani, 2018, sistem pelumasan

## 2.6 Sistem Pendinginan Silinder Liner

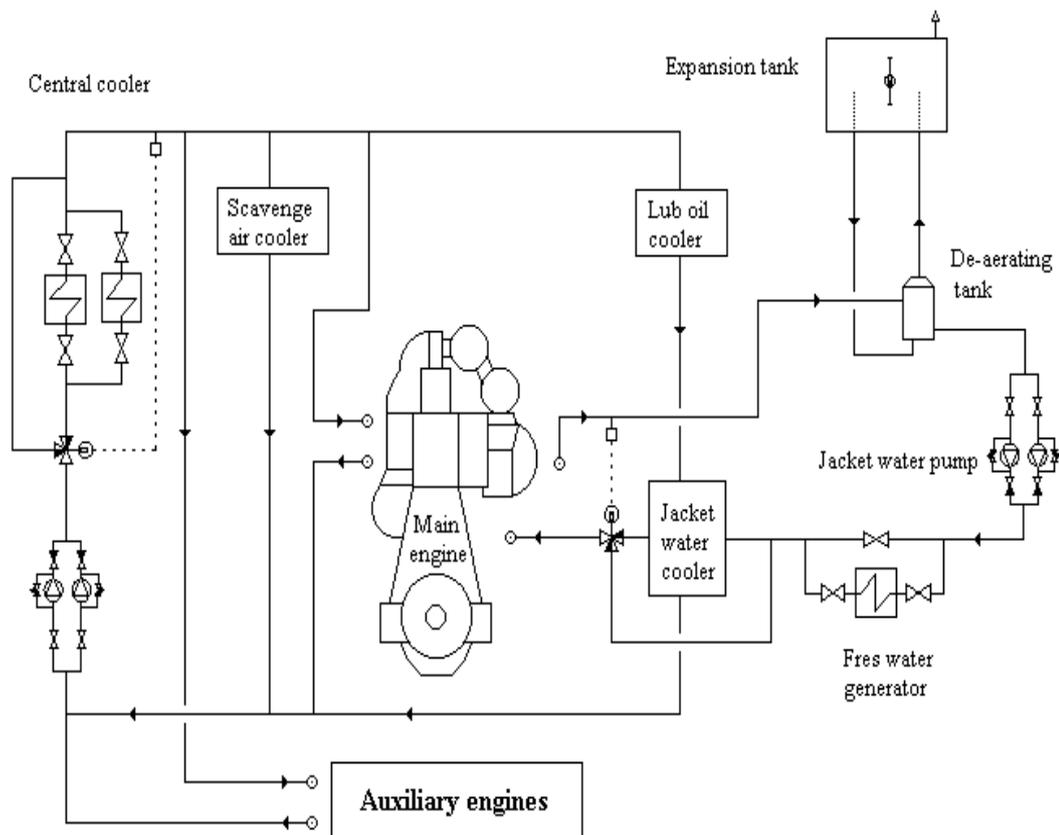
Menurut Maleev,(1986), bahwa Mengingat sebagian besar sistem yang ada di atas kapal bekerja secara terus menerus sepanjang daerah operasinya maka tak terhindar dari terjadinya keausan-keausan pada komponen-komponen dari sistem tersebut yang akan menurunkan performa atau kinerja sistem bahkan terjadi suatu kegagalan. Sehingga perlu adanya penelusuran pengaruh-pengaruh dari kegagalan komponen atau item-item individu sesuai dengan *level* sistem. Secara kritikal, item-item khusus dapat dinilai dan tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain atau dengan kata lain mengevaluasi desain sistem dengan melihat bermacam-macam mode kegagalan sistem pendinginan di kapal. Salah satu sistem layanan permesinan yang dipandang perlu dilakukan analisa yang mendalam terhadap keandalannya adalah sistem layanan pendinginan mesin utama. Tujuan dari sistem pendingin adalah untuk mempertahankan *temperature* operasi mesin yang paling efisien pada setiap kecepatan dalam segala kondisi.

fluida pendingin menyerap sebagian panas yang dihasilkan oleh pembakaran di dalam silinder sebanyak 15-35%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 25% sampai 35% dari hasil pembakaran merambat ke dalam dinding silinder dan harus dibuang. Oleh sebab itu pembuangan panas melalui sistem pendinginan mesin sangat penting. Namun jika terjadi kegagalan pada sistem pendinginan mesin bantu ini, maka akan dikhawatirkan bahwa seluruh kinerja di atas kapal akan mengalami kegagalan dan menurunkan tingkat *efisiensi* dan *availability* dari kapal tersebut. Ada dua macam sistem pendinginan yaitu :

### a. Sistem Pendinginan Tertutup

Sistem pendinginan tidak langsung menggunakan dua media pendingin, yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar dipergunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor, sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar bersirkulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian motor secara merata. Sistem pendinginan air tawar (*Fresh Water Cooling System*) melayani komponen-komponen dari mesin induk ataupun mesin bantu meliputi: *main*

*engine jacket, main engine piston, main engine injektor.* Air tawar pendingin mesin yang keluar dari mesin disirkulasikan ke *heat exchanger*, dan di dalam alat inilah air tawar yang memiliki suhu yang tinggi akan didinginkan oleh air laut yang disirkulasikan dari *sea chest* ke alat *heat exchanger*. Peralatan-peralatan lainnya pada sistem ini antara lain pengukur tekanan pada *section* dan discharge line *pump*, termometer pada pipa sebelum dan sesudah penukar panas, gelas pengukur/*gauge glass* masing-masing pada *expansion tank* dan *drain tank*. Pengatur suhu umumnya dilengkapi dengan mekanisme *otomatis* dengan katup *tree way valve* untuk mengatur aliran *by pass* air pendingin yang diijinkan.



Gambar. 6: Sistem Pendinginan

Sumber: Maleev,(1986), sistem pendinginan

b. Sistem Pendinginan Terbuka

Pada sistem pendinginan terbuka, fluida pendingin masuk kebagian mesin yang akan didinginkan, kemudian fluida yang keluar dari mesin langsung dibuang ke laut. Sistem pendinginan ini ada dua macam yaitu pendinginan ini dapat berupa air tawar ataupun air laut sistem ini kurang menguntungkan dalam hal operasional. Dimana apabila fluida yang digunakan adalah air tawar maka akan menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan tidak ekonomis. Sedangkan apabila menggunakan air laut dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin dan akan terjadi endapan garam pada komponen mesin yang didinginkan. Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendinginan langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan tidak langsung. Selain itu dapat menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak memerlukan tangki air (*expansion tank*) dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Adapun kerugian dari sistem pendinginan langsung ini adalah pada instalasi perpipaannya mudah sekali terjadi pengerakan (karat) karena air laut ini bersifat korosif serta air pendingin sangat terpengaruh dengan temperatur air laut.