

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pendingin Air Tawar Motor Induk

Motor diesel adalah pesawat pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), karena didalam mendapatkan energi potensial (berupa panas) untuk kerja mekaniknya diperoleh dari pembakaran bahan bakar yang dilaksanakan didalam pesawat itu sendiri, yaitu didalam silindernya. Ketika motor diesel bekerja terjadilah panas dari hasil pembakaran bahan bakar atau panas yang timbulkan oleh gesekan antar komponen. Namun, kebanyakan dari panas itu merupakan akibat dari hasil pembakaran guna mendapatkan tenaga motor. Bagian atas silinder merupakan bagian motor yang paling panas dan sebagian panas gas pembakaran itu dipindahkan secara langsung ke fluida pendinginnya. Sedangkan untuk bagian bawah silinder, perpindahan panas ke fluida pendingin terjadi secara tidak langsung, jadi melalui torak dan cincin torak. Jika pendinginan tidak dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya, maka temperatur dari setiap bagian silinder akan naik.keadaan tersebut akan mengakibatkan kerusakan dinding ruang bakar karena terjadinya tegangan termal atau kerusakan katup-katup, puncak torak dan kemacetan cincin torak. Di samping itu, minyak pelumas akan menguap dan terbakar sehingga terjadi keausan cepat pada torak dan dinding silinder, jika hal macam ini tidak terkontrol dengan baik, bagian ini akan mengakibatkan rusaknya bagian motor yang lain.

Sistem pendingin sangat besar manfaatnya untuk menetralkan dan mengontrol temperatur motor. Sebagian panas yang berasal dari gas pembakaran harus dipindahkan secara langsung ke fluida pendingin, sedangkan pada bagian bawah silinder pemindahan panas ke fluida pendingin secara tidak langsung. Jika tidak dapat berfungsi dengan baik, temperatur setiap bagian silinder akan naik. Keadaan ini akan mengakibatkan terjadinya

kerusakan dinding ruang bakar, kemacetan cincin torak atau menguap dan terbakarnya minyak pelumas. Oleh karena itu, motor harus didinginkan dengan baik meskipun pendingin merupakan kerugian jika ditinjau dari segi pemanfaatan energi. Namun, pendingin merupakan keperluan untuk menjamin kelangsungan kinerja mesin.

1. Akibat Gesekan

Suatu pelumasan mesin yang ideal harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Memelihara film minyak yang baik pada dinding silinder sehingga mencegah keausan berlebihan pada lapisan silinder torak dan cincin torak
- b) Mencegah pelekatan cincin torak
- c) Merapatkan kompresi dalam silinder
- d) Tidak meninggalkan endapan karbon pada mahkota dan bagian atas dari torak dan dalam lubang buang serta lubang bilas
- e) Mencegah keausan bantalan
- f) Tidak melapiskan pada permukaan torak atau silinder
- g) Mencuci bagian dalam mesin
- h) Dapat digunakan dengan sembarang saringan
- i) Tidak membentuk lumpur menyumbat saluran minyak lapisan dari saringan atau meninggalkan endapan dalam pendingin minyak (*oil cooler*)
- j) Penggunaannya hemat
- k) Memungkinkan selang waktu lama antara penggantian
- l) Mempunyai sifat baik pada *start* angin

Suhu minyak pada waktu memasuki mesin tidak boleh melebihi 120⁰F, dan suhu keluar tidak boleh lebih 160⁰F. Kalau suhu minyak mulai menanjak ketika beban tidak melebihi yang ternilai normal dari mesin, kemungkinan penyediaan minyak telah berkurang atau telah timbul gesekan berlebihan pada beberapa bantalan atau dalam silinder. Penyebabnya harus di

selidiki dan kalau masih juga belum teratasi maka mesin harus dihentikan untuk diperbaiki.

2.2 Proses Perpindahan Panas

Ada tiga cara perpindahan panas yaitu : secara konduksi , konveksi dan radiasi.

1. Konduksi

Merupakan bagian yang penting dalam membawa panas melalui dinding logam dan lapisan tipis dari gas serta air yang berhenti dan bersinggungan dengan dinding (perpindahan panas melalui medium).

2. Konveksi

Bila cairan mempunyai suhu berbeda, kepadatan sebagian dari suhu tinggi menjadi lebih kecil dari pada yang bersuhu rendah di sekitarnya, dan cairan bagian suhu yang tinggi naik dan mengalir panas dipindahkan dengan gerakan ini disebut konveksi.

3. Radiasi

Sebuah unsur meradiasikan energy panas sendiri dalam bentuk gelombang magnet listrik sesuai dengan suhu benda tersebut mempunyai sifat meresap, radiasi panas dan penyimpanannya sebagai energy panas. Pemindahan panas dihasilkan oleh radiasi panas dan penyerapan disebut pemindahan panas radiasi. Pembagian dari panas yang diberikan oleh bahan bakar terhadap energi berguna yang dihasilkan dan berbagai kerugian-kerugiannya dapat diperlihatkan dalam sebuah tabel, ialah balans panas.

Perlu dikatakan bahwa balans panas demikian tersebut tidak dapat digunakan untuk perhitungan dari rendemen termis indisir atau rendemen mekanis dari motor, karena berbagai aliran panas yang dihasilkan pada proses motor, dan yang diakibatkan oleh gesekan, telah dicampur menjadi satu sehingga tidak dapat dipisahkan lagi.

Dari balans panas tersebut dapat dihitung pemakaian bahan bakar spesifik, dengan landasan nilai opak bahan bakar normal sebesar 42,0 MJ/kg (Normal ISO). Berbagai kerugian panas yang diperlihatkan pada balans panas tersebut untuk sebagian ditampung oleh media pendingin. Dengan demikian dapat dihitung aliran massa dari media pendingin.

2.3 Tujuan Pendinginan

Menjaga agar mesin mampu bekerja terus-menerus:

1. Mencapai tenaga yang optimum
2. Mengurangi terjadinya kerusakan mesin
3. Menjaga temperature agar bekerja dalam kondisi normal

Dinding ruang pembakaran (tutup silinder, bagian atas torak, bagian atas lapisan silinder), katup buang dan disekitarnya, termasuk dalam antara pintu buang akan menjadi ^{sangat} panas karena gas tersebut. Untuk mencegah pengurangan besar dari kekuatan material dan perubahan bentuk secara *thermis* dari bagian motor. Maka bagian-bagian tersebut harus didinginkan. Khusus mengenai lapisan silinder berlaku pula bahwa lapisan pelumas harus tetap dijaga kondisinya yang berarti memerlukan pendinginan pula.

Bagian motor berikut, dalam rangka pembakaran, harus mendapat pendinginan :

- 1) Bagian dari lapisan silinder,
- 2) Tutup silinder,
- 3) Bagian atas torak,
- 4) Katup buang dan sejenis, termasuk juga katup buang,
- 5) Bagian dari katup bahan bakar di sekeliling pengabut,
- 6) Rumah turbin gas.

Sebagai akibat dari gesekan panas yang terjadi, jalan hantar pengisian suhu bilas dan suhu pembakaran udara akan meningkat akibat kompresi. Udara tersebut setelah mengalami kompresi, didinginkan untuk mendapatkan kepekatan udara yang sebesar-besarnya, dan untuk menurunkan suhu gas pada waktu pembakaran dan pembuangan ke turbin gas buang.

2.4 Manfaat Pendinginan

Sistem pendingin sangat besar manfaatnya untuk menetralkan dan mengontrol temperatur motor. Sebagian panas yang berasal dari gas pembakaran harus dipindahkan secara langsung ke *fluida* pendingin, sedangkan pada bagian bawah silinder pemindahan panas ke *fluida* pendingin secara tidak langsung. Jika pendingin tidak dapat berfungsi dengan baik, temperatur setiap bagian silinder akan naik. Keadaan ini akan mengakibatkan terjadinya kerusakan dinding ruang bakar, kemacetan cincin torak atau menguap dan terbakarnya minyak pelumas. Oleh karena itu, motor harus didinginkan dengan baik meskipun pendinginan merupakan kerugian jika ditinjau dari segi pemanfaatan energi. Namun, pendinginan merupakan keperluan untuk menjamin kelangsungan kerja mesin.

Gas pembakaran di dalam silinder dapat mencapai temperatur ± 2500 °C, karena proses itu terjadi berulang-ulang maka dinding silinder, kepala silinder, torak, katup dan beberapa bagian yang lain menjadi panas. Sebagian dari minyak pelumas, terutama yang membasahi dinding silinder, akan menguap dan akhirnya akan terbakar bersama-sama bahan bakar.

Kerana itu perlulah bagian tersebut mendapat pendinginan yang cukup agar temperaturnya berada dalam batas yang diperbolehkan, yaitu sesuai dengan kekuatan material dan kondisi operasi yang baik. Kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur.

Proses pendinginan menggunakan *fluida* pendingin yang dialirkan ke bagian mesin di luar silinder. Motor Diesel yang besar memakai minyak pelumas untuk mendinginkan torak, yaitu dengan cara mengalirkan minyak pelumas melalui saluran di bawah kepala torak.

a. Pendinginan *Cylinder Liner*

Penataan pipa teleskop dari pendingin pada sebuah motor tidak dialirkan langsung ke torak, melainkan melalui pipa teleskop serta pipa penghubung dan kepala silang terlebih dahulu. Pipa penghubung dihubungkan dengan sebuah saluran dalam batang torak dan melalui tersebut

air pendingin disalurkan ke torak. Pembuangan melalui sebuah pipa di dalam batang torak. Kedua pipa teleskop dipasang pada sebuah pikulan yang ditempatkan pada kepala silang. Ujung bawah pipa berada dalam dua kotak yang berdekatan letaknya tempat saluran masuk dan saluran buang dihubungkan. Saluran pipa dan kotak ditempatkan pada kolom yang menumpu balok silinder. Pipa teleskop ditempatkan dengan kedap rapat pada tutup kotak air dan untuk tujuan tersebut dipasang bus paking. Ruang diatas bus paking dipisahkan dari kotak engkol oleh sebuah tutup tinggi dan sempit di samping ruang tersebut yang dibuat dari material tahan aus yang tinggi. Tutup dan pipa teleskop ditempatkan pada pikulan kepala silang dan ikut bergerak naik turun. Bila torak didinginkan dengan minyak pelumas, maka dapat dilaksanakan dengan menggunakan pipa engsel sederhana, kebocoran dari bahan pendingin tidak mengalami kerusakan.

b. Pendinginan *Cylinder Head*

Air pendingin yang dialirkan ke bagian bawah dari balok silinder , mengalir ke atas melalui lapisan silinder dan dipaksa untuk mengalir ke dalam saluran di dalam pinggiran lapisan silinder yang dipertebal. Dari sisi atas lapisan silinder air selanjutnya mengalir melalui beberapa saluran ke tutup silinder. Mula-mula akan dilalui ruang di antara sekat tipis di bawah (plat api) dan selanjutnya plat penguat yang agak tebal. Oleh karena dinding, yang membatasi ruang pembakaran, dibuat tipis, maka tegangan panas dalam material tutup silinder terbatas. Melalui ruang keliling pengabut air mengalir ke atas di dalam tutup dan selanjutnya melalui beberapa bengkokan yang pendek dialirkan ke rumah katup buang. Pembuang berlangsung melalui slang karet yang diperkuat lebih tahan terhadap getaran dibandingkan dengan pipa metal.

Kepala silinder dalam mesin 4 langkah panas yang dibawah pergi oleh air mendinginkan kepala silinder datangnya dari 2 tempat dari plat atas , yang membentuk dinding atas dari ruang bakar, dan dari lubang ruang dan katup buang, kalau katup buang tidak berpendingin air. Meniadakan kantong udara

dan uap sejauh mungkin memelihara kecepatan air yang seragam dalam seluruh bagian dari ruang air. Menghindari lubang air sempit yang cenderung untuk tertutup oleh kerak sehingga mengganggu sirkulasi yang baik.

Katup buang hanya memerlukan pendinginan dengan mesin besar. Dengan menggunakan besi tahan panas atau besi cor khusus untuk kepala tutup, mesin besar pun dibuat juga katup buang yang tidak didinginkan tetapi kemudian memiliki peti katup atau dudukan katup didinginkan air.

Torak membuang panas ke dinding silinder dan ke minyak lumas secara sangat memuaskan sehingga beberapa pembuat mesin meniadakan pendinginan khusus dengan torak sampai diameter 22 Inchi. Tetapi pada umumnya mesin dari 6 Inchi. keatas mempunyai torak yang didinginkan minyak.

Torak dengan didesain yang diperbaiki dari *system* sirkulasi air maka beberapa mesin besar sekarang menggunakan air untuk pendingin torak. Tetapi pada umumnya menggunakan minyak. Batang torak dalam mesin kepala silang didinginkan oleh air atau minyak yang dimasukkan melalui kepala silang ke torak.

c. Spesifikasi Instalasi Pendingin Motor Induk

Untuk memperlancar pengoperasian motor induk diatas kapal, maka beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah pendingin sebagaimana dalam pembahasan ini bahwa media pendingin yang dipakai untuk mendinginkan motor induk diatas kapal adalah air tawar. Maka untuk kelancaran proses pendinginan diperlukan peralatan atau komponen pendukung seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

1) Jacket Cooling Fresh Water Pump

Digunakan untuk mendinginkan bagian *cylinder liner*, *cylinder cover*, dan juga *exhaust valve* dari main engine juga dapat memanaskan pipa drain bahan bakar. Pompa *jacket water cooler* membawa air dari outlet *jacket water cooler* dan mengirimkannya ke mesin induk. Pada daerah inlet dari *jacket*

water cooler terdapat katup pengatur temperature, dengan sensor pada engine *cooling water outlet* yang menjaga temperature dari air pendingin

Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin didalam system, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain. Sebagian besar mesin diesel menggunakan pompa sentrifugal untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk diatas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik.



Gambar 1 . Jacket Cooling Fresh Water Pump

(http://www.marinediesels.info/Basics/cooling_the_engine.htm[20desember2016])

2) Instalasi pipa pipa

Instalasi pipa diatas kapal adalah suatu alat yang ditempati air pendingin untuk bersirkulasi didalam pipa tersebut. Pada setiap pipa membiarkan tahanan tertentu kepada aliran air yang disalurkan untuk itu bentuk pipa dan ukuran pipa akan mempengaruhi kenaikan tahanan aliran. Tahanan aliran air juga dapat meningkat pada setiap belokan dan katup yang dilalui oleh air tersebut.



Gambar 2 . Instalasi Pipa

(http://www.marinediesels.info/Basics/cooling_the_engine.htm[20desember2016])

3) Tangki ekspansi

Tangki ekspansi berfungsi sebagai tangki penampungan air tawar (*fresh water*) dan untuk menambah bila ada kekurangan didalam sistem. Tangki ini ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi dari saluran pipa. Sehingga bisa memelihara tekanan konstan dalam sistem dan mencegah adanya udara atau uap didalamnya.

Tangki ekspansi ini dibuat dari baja *galvanis* yang baik untuk mencegah terjadinya karat (korosi), dan ukurannya tergantung pada kapasitas air. Juga sistem keseluruhan, termasuk ruang air dalam jaket pendingin motor induk (*main engine*).



Gambar 3 . Tangki Ekspansi

(http://www.marinediesels.info/Basics/cooling_the_engine.htm[20desember2016])

4) Fresh water cooler

Alat ini berfungsi mendinginkan air pendingin yang telah menyerap panas dari dalam mesin dengan menggunakan media air laut. Dikawal tempat penulis melaksanakan praktek laut (prala), jenis penukar kalornya menggunakan jenis cangkang dan tabung (*shell and tube*). Pada jenis ini air laut yang akan menyerap panas pada air tawar pendingin akan mengalir didalam pipa-pipa kapiler sedangkan air tawar pendingin mengalir diantara bagian-bagian luar pipa-pipa kapiler.



Gambar 4 . Fresh Water Cooler

(http://www.marinediesels.info/Basics/cooling_the_engine.htm[20desember2016])

5) Pengukur suhu (*Thermometer*)

Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk (*main engine*). Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *thermometer* jenis-jenis air raksa gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah.



Gambar 5 . Alat Pengukur Suhu

(http://www.marinediesels.info/Basics/cooling_the_engine.htm[20desember2016])

6) Motor Induk

Adalah mesin penggerak utama yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga dalam upaya menggerakkan *Jacket Cooling Fresh Water Pump*. Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin didalam system, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain.

Sebagian besar mesin diesel menggunakan pompa sentrifugal untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk diatas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik. Selain itu, mesin induk juga merupakan mesin penggerak utama yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga dalam upaya menggerakkan atau menjalankan kapal.



Gambar 6 . Mesin Induk

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2019)

d. Pentingnya Pendingin pada Mesin Induk

Telah diketahui bahwa suatu usaha akan menimbulkan energi dan dari energi tersebut ada yang dinamakan tenaga. Tenaga tersebut digunakan untuk memutar poros baling-baling. Dari proses tersebut maka timbullah suatu panas. Listrik menjaga agar panas yang terjadi tidak melampaui batas, maka dilakukan pendinginan.

Apabila panas tersebut dibiarkan maka akan berakibat kerusakan. Kerusakan yang diakibatkan panas tersebut antara lain merusak dinding ruang bakar, kerusakan katup-katup, torak dan kemacetan cincin torak. Dan

kerusakan tersebut akan mengakibatkan jalannya mesin induk tidak maksimal. Pendinginan merupakan kebutuhan tetapi juga ditinjau dan segi pemanfaatan energi panas, karena energi panas yang diserap dalam pendingintersebut hendaklah sekecil-kecilnya dan diusahakan *temperature* silinder yang optimal.

Jadi pengertian pendinginan adalah usaha dimana untuk menjaga supaya *temperature* di dalam mesin induk stabil. Pada pembakaran yang terjadi di dalam mesin induk kapal temperatur yang sangat tinggi mencapai 1500°C , . Karena proses tersebut terjadi berulang-ulang maka pada dinding silinder, kepala silinder, piston, katup dan beberapa bagian lainnya menjadi panas, sehingga pada minyak lumas terutama yang membasahi dinding silinder akan menguap dan akhirnya terbakar bersamaan dengan bahan bakar. Karena ini pada mesin induk kapal yang mempunyai *temperature* yang tinggi maka perlulah bagian-bagian mesin tersebut mendapat pendinginan agar mesin induk temperaturnya sesuai dengan kekuatan material dan kondisi operasi agar tetap baik. Kekuatan material tersebut akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur, maka agar *temperature* ini stabil maka perlu adanya pendinginan.

e. Fungsi Pendinginan pada Mesin Induk

Fungsi pendinginan pada mesin induk adalah untuk mencegah berkurangnya kekuatan material dan perubahan-perubahan bentuk dari bagian mesin induk kapal, karena adanya panas yang timbul secara terus menerus dari mesin induk, maka sering terjadi kerusakan yang selanjutnya mesin induk tidak dapat bekerja sebaik-baiknya.

Bila panas dibiarkan terus-menerus dan tidak didinginkan dengan sebaik-baiknya, maka akan menyebabkan mesin menjadi rusak. Oleh karena itu perlu adanya suatu pendinginan untuk mencegah kerusakan pada bagian komponen-komponen mesin tersebut. Meskipun demikian suhu dan bagian-bagian mesin tetap dijaga dalam batas-batas sehingga bagian-bagian mesin dapat bekerja dengan baik.

f. Cara Kerja Pendingin Air Tawar Motor Induk

Air tawar dari double bottom disupply masuk kedalam *fresh water expansion tank*. *Expansion tank* disini berfungsi sebagai tangki penyuplay air tawar bila mengalami kekurangan pada motor induk yang diakibatkan penguapan atau kebocoran-kebocoran pada pipa tersebut.

Dari *expansion tank* air tawar dialirkan kedalam motor induk melaluipompa pendingin air tawar (*fresh water cooling pump*). Didalam motor induk air tawar tersebut dibagi-bagi kedalam tiap-tiap silinder bagian bawah, kemudian air tawar mendinginkan *silinder jacket* dan terus untuk mendinginkan bagian kepala silinder (*cylinder head*). Setelah air tawar keluar dari motor induk masuk kedalam *fresh water cooler* untuk didinginkan didalam pipa kapiler sedangkan media pendinginnya adalah air laut (*sea water*) berada diluar pipa-pipa kapiler, setelah suhu air tawar tersebut mencapai yang didinginkan atau 60 °c. air tersebut kembali lagi ke motor induk untuk mendinginkan kembali.

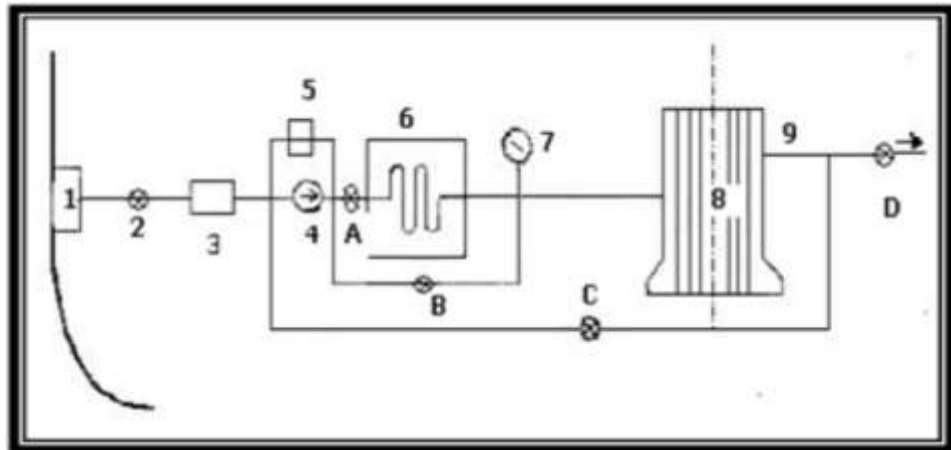
g. Sistem Pendingin Mesin induk

Sistem pendingin pada mesin induk dibagi dua diantaranya :

1. Sistem pendingin langsung (Terbuka)

Sistem pendinginan langsung adalah sistem pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup kingstone melalui filter dengan pompa air laut, kemudian air laut disirkulasikan ke seluruh bagian-bagian mesin yang membutuhkan pendinginan melalui pendingin minyak pelumas dan pendingin udara untuk mendinginkan kepala silinder, dinding silinder dan katup pelepas gas kemudian air laut dibung keluar kapal. Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendinginan terbuka 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 dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Adapun kerugian dari sistem pendinginan langsung ini adalah pada instalasi perpipaannya muda sekali terjadi karat karena air laut ini bersifat korosif serta air pendingin sangat terpengaruh dengan temperature air laut



Gambar 7. Sistem Pendingin Terbuka

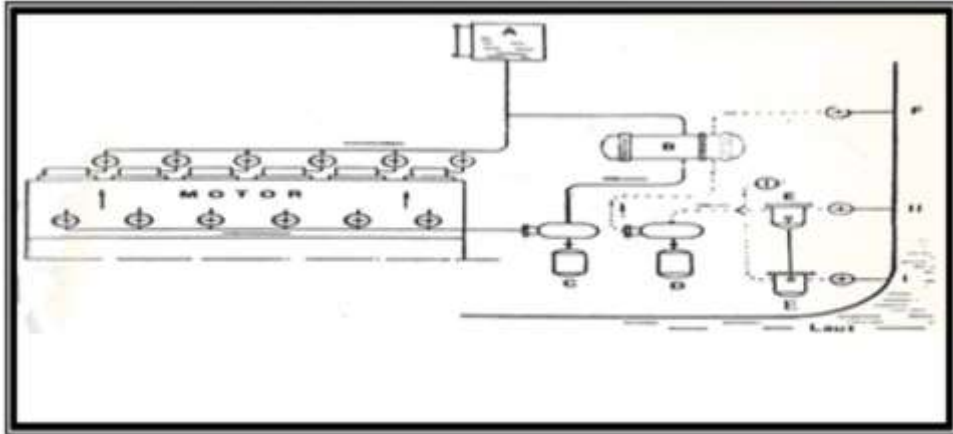
(http://www.harnor.com/en/p_sl_2.htm[20 Desember 2016])

2. Sistem pendinginan tidak langsung (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 bersikulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian motor secara merata. Sistem pendinginan tidak langsung ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari pada sistem pendinginan langsung dan dapat mendinginkan secara merata. Keuntungan lain yang didapat dari sistem pendingin ini adalah kecilnya resiko terjadinya karat.

Kerugian sistem pendinginan tidak langsung adalah terlalu banyak menggunakan ruangan untuk penempatan alat-alat utamanya, sehingga konstruksi menjadi rumit. Daya yang dipergunakan untuk mensirkulasi air

pendingin lebih besar, karena sistem ini menggunakan banyak pompa sirkulasi.



Gambar 8 . Sistem Pendingin Tertutup

(http://www.habor.com/en/p_sl_2.htm[20 Desember 2016])