

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pendingin Motor Diesel

Motor diesel adalah motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi dengan menggunakan minyak berat sebagai bahan bakar dengan prinsip bahan bakar tersebut disemprotkan ke dalam silinder yang di dalamnya sudah terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang cukup tinggi sehingga bahan bakar tersebut dapat terbakar dengan spontan. Pembakaran yang terjadi membuat temperatur ruang bakar dapat mencapai 1000⁰C. Untuk menghindari terjadinya kerusakan-kerusakan pada silinder karena panas mesin yang berlebihan, maka silinder tersebut perlu di dinginkan yaitu dengan mengalirkan air melalui *water jacket* yang dipasang di sekeliling silinder tersebut.

Pendinginan pada motor diesel ada yang menggunakan media udara dan ada yang menggunakan media air. (Handoyo dan Rahardjo,1999)

Macam-Macam Media Pendingin Sebagai Berikut :

1. Sistem pendingin air

Dalam sistem ini, pendingin pada silinder motor diesel menggunakan air. Berdasarkan sirkulasi air, sistem ini di bedakan menjadi:

a. Sistem pendinginan air tertutup

Air menyerap panas dari *water jacket* kemudian disirkulasikan masuk radiator. Air pendingin dalam radiator didinginkan oleh aliran udara. Penggunaan thermostat untuk mencegah proses pendinginan oleh air saat motor masih dingin.

b. Sistem terbuka

Dalam sistem pendinginan ini, air disirkulasikan ke pipa dari *water jacket* dan kemudian dijatuhkan bebas kedalam bak pencampur. Agar air tersebut dapat bersirkulasi, maka diperlukan pompa yang memanfaatkan tenaga motor itu sendiri. Dalam sistem pendingin ini, saat air dijatuhkan bebas.

Terjadi perpindahan panas dan massa dari air ke udara seperti halnya yang

terjadi dalam *cooling tower*. Udara dapat mengalir secara alami atau karena adanya kipas. Air pendingin yang tertampung dalam bak kembali disirkulasikan masuk ke *water jacker* kembali.

2. Sistem pendinginan udara

Dalam sistem pendinginan yang mempergunakan udara sebagai pendinginan udara sebagai pendinginan, terjadi perpindahan panas dari *engine* ke udara secara langsung. Keuntungan sistem ini adalah tidak diperlukan air sebagai media pendingin sehingga sistem pendinginan udara ini sangat cocok dipergunakan untuk daerah-daerah yang kekurangan air dan daerah dengan suhu yang rendah. Sistem pendinginan udara ini hanya dipergunakan untuk motor-motor dengan kapasitas yang kecil. (Handoyo dan Rahardjo, 1999).

2.2. Peralatan Pendingin

Istilah peralatan pendingin (*cooling equipment*) meliputi perlengkapan yang diperlukan untuk pendingin yang efektif dari mesin diesel. Oleh karena itu perlengkapan yang terdiri dari sistem air tertutup akan diambil sebagai dasar untuk pembahasan.

Suatu sistem yang lengkap terdiri atas:

1. Pompa sirkulasi air lunak
2. Saluran pipa untuk sirkulasi air lunak
3. Tangki ekspansi untuk air lunak
4. Pendingin air lunak
5. Termometer untuk air masuk dan keluar
6. Pengatur suhu untuk memelihara suhu air keluar yang diinginkan
7. Alat pengaman untuk melindungi mesin terhadap suhu air jaket yang berlebihan atau terhadap kemacetan sirkulasi air
8. Pelunak air mentah
9. Pompa sirkulasi air mentah

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

1. Bagian dari lapisan silinder.
2. Tutup silinder.

3. Bagian atas torak.
4. Rumah katup buang dan sejenis, termasuk juga katup buang.
5. Bagian dari katup bahan bakar disekeliling pengabut.
6. Rumah turbin gas buang.

Sebagai akibat dari gesekan panas yang terjadi, jalan hantar dari motor kepala silang juga didinginkan pada motor dengan pengisian tekan suhu bilas dan suhu pembakaran udara akan meningkat akibat kompresi, didinginkan untuk mendapatkan kepekatan udara yang sebesar-besarnya (pengisian tekan sangat tergantung pula), dan untuk menurunkan suhu gas pada waktu pembakaran dan pembuangan ke turbin gas buang.

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. Sebageian 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. (Arismunandar, 1994).

2.3. Media Pendinginan Pada Motor Induk

1. Air Laut

Pada kapal laut bahan pendingin air laut mudah sekali didapat dan tersedia berlimpah-limpah. Air laut sebagai bahan pendingin memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, seperti panas jenis besar pada kepekatan relatif tinggi. Ini berarti bahwa per- satuan volume dapat ditampung panas yang besar, sehingga kapasitas pompa dan dayanya dapat dibatasi. Ditinjau dari tersedianya secara berlimpah-limpah, maka air laut dapat dibuang ke laut setelah digunakan sebagai bahan pendingin sehingga sistem pendinginan menjadi sederhana dalam penataannya. Meskipun memiliki sifat yang menguntungkan tersebut di atas, air laut tidak secara langsung digunakan

untuk pendinginan dari bagian motor. Air tersebut mengandung antara lain persentase tinggi mineral yang larut didalamnya (± 3 proses massa). Mineral tersebut akan menjadi kristal sewaktu dipanasi yang akan membentuk kerak keras dibagian permukaan yang didinginkan. Kerak tersebut sangat keras sekali sehingga mengganggu perpindahan panas dan akan membentuk saluran pendingin yang sempit. Di samping itu dengan kadar klorida yang tinggi dari air laut, maka kemungkinan korosi dari bagian motor yang didinginkan menjadi besar.

Dengan alasan tersebut, maka air laut sebagai bahan pendingin digunakan secara tidak langsung, terkecuali kadang-kadang untuk pendinginan udara bilas dan udara pembakaran. Dengan penggunaan material khusus, maka pendingin dapat dijaga terhadap korosi dan oleh karena suhu air pendingin yang relatif rendah pengendapan dari kerak juga akan berkurang. Demikian pula bidang hantar pada motor kepala silang putaran rendah yang besar beberapa waktu lalu digunakan air laut sebagai bahan pendingin.

Air laut selalu digunakan sebagai bahan pendingin secara tidak langsung bahan pendingin (air laut atau minyak pelumas) yang mengambil panas dari motor akan menyerahkan panas tersebut melalui sebuah alat pemindah panas (alat pendingin) ke air laut lagi.

2. Air Tawar

Air tawar di atas kapal digunakan dengan efisien, karena jumlahnya yang sangat terbatas, sehingga tidak memiliki beberapa sifat yang kurang baik. Dengan menghilangkan udara yang ada didalamnya sebaik-baiknya serta “dilunakkan” (Onthard) maka air tawar akan mengakibatkan sedikit atau tidak sama sekali korosi dan juga tidak mengakibatkan pengendapan kerak, sehingga dapat digunakan untuk pendinginan bagi semua bagian motor.

Karena persediaan air tawar di atas kapal sangat terbatas, sehingga selalu diusahakan penggunaannya dalam suatu siklus tertutup untuk dapat digunakan berulang kali. Siklus tertutup tersebut terdiri dari selain ruang

pendingin dari bagian motor yang harus didinginkan juga saluran, kerah penutup, pompa dan pesawat pendingin. Dalam ruang pembakaran sebuah motor Diesel akan terjadi suhu yang sangat tinggi yaitu antara $1200^{\circ}\text{C} - 1600^{\circ}\text{C}$ pada waktu pembakaran. Sehubungan dengan itu maka terjadi suatu keharusan, bahwa bagian-bagian motor yang berhubungan langsung dengan gas-gas yang panas perlu didinginkan. Bilamana tidak didinginkan maka kekuatan bagian-bagian dari motor tersebut lambat laun akan menjadi rusak, tidak lagi rusak menahan kekuatan-kekuatan dari gas-gas pembakaran dan akhirnya menjadi retak. Pendinginan juga memungkinkan pelumasan motor, sebab tanpa pendinginan maka minyak pelumas akan menjadi sangat cair dan kadang-kadang sampai terbakar.

Panas yang diterima ini akan semakin naik bila pendinginan yang ada dengan panas yang diterima tidak sebanding sehingga panas akan cenderung naik akibat dari perpindahan panas yang berlebihan karena panas yang ada akan merambat dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang rendah.

Sebagai bahan pendingin yang baik untuk mesin induk di kapal dapat digunakan air, karena penyerapan panas oleh air lebih baik dibanding minyak pelumas atau udara. Dan tujuan dari pada bahan pendingin di atas adalah sebagai berikut :

1. Menjaga agar mesin mampu bekerja terus menerus.
2. Menjaga tenaga yang optimum.
3. Mengurangi terjadinya kerusakan mesin.
4. Menjaga temperatur agar bekerja dalam kondisi normal.

Jika ditinjau dari jenis Fluida pendinginnya, sistem pendingin dapat dibedakan menjadi :

1. Motor dengan pendingin air.
2. Motor dengan pendingin udara.

Kedua jenis pendingin tersebut sudah tentu harus disesuaikan dengan tujuan digunakannya motor tersebut atau dapat juga didasarkan pada aspek yang lain misalnya, konstruksinya, ukurannya, beratnya, perlengkapannya, pemakaian dan perawatannya.

Pada sistem pendingin terbuka mesin didinginkan oleh air laut, yaitu air dari luar kapal yang dipompakan ke dalam motor dan selanjutnya dibuang kembali keluar badan kapal. Pada saat masuk temperatur air berkisar antara 15°C dan 20°C, sedangkan pada saat keluar temperatur air berkisar antara 45°C dan 50°C. Sistem ini biasanya digunakan pada mesin kapal berukuran kecil pada sistem pendinginan tertutup, mesin didinginkan oleh air tawar selanjutnya air tawar yang telah membawa panas tersebut didinginkan oleh air laut. Sistem ini pada umumnya digunakan untuk mesin kapal berukuran besar.

Sebagian besar motor diesel menggunakan pompa jenis sentrifugal sirkulasi air yang digunakan sebagai pendingin. Pompa ini digerakkan oleh roda gigi dari poros engkol atau poros nok. Pada motor diesel kecil dapat dijumpai pompa untuk sirkulasi air jenis roda gigi. Pompa sentrifugal dirancang dalam dua variasi. Variasi pertama berputar dalam satu arah, sedangkan variasi kedua berputar dalam dua arah atau mampu berbalik langsung.

Dilihat dari efektivitasnya, pompa dua arah lebih efisien karena pompa mampu balik langsung dan biasanya mempunyai sudut radial lurus serta rumahnya berbentuk konsentris sehingga dapat mempengaruhi aliran.

Katup dengan sistem termostat digunakan untuk mengontrol temperatur cairan pendingin yang dialirkan ke motor dan radiator. Aliran ini dilakukan untuk menjamin temperatur motor tetap sesuai dengan persyaratan yang ditentukan, karena didalam sistem pendingin harus dijaga kestabilannya pada kondisi kerjanya. Salah satu faktor yang prinsip dalam menjamin aliran air mendingin agar selalu mendapatkan temperatur sesuai yang dikehendaki.

2.4. Sirkulasi Air

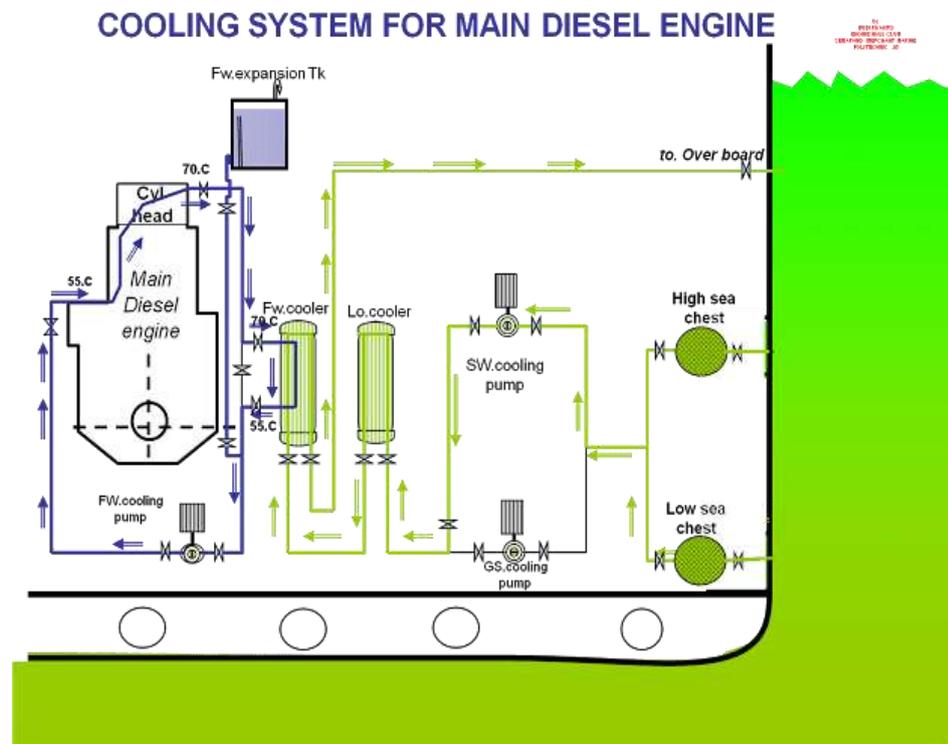
jumlah air yang harus di sirkulasi tergantung pada suhu awal dan kenaikan suhu yang diinginkan dari air. Suhu awal tergantung pada keadaan atmosfer, baik langsung, seperti dalam mesin kapal, maupun secara tidak langsung, kalau digunakan sistem pendinginan kembali dan air terus menerus

di sirkulasi kembali. Untuk menghindarkan tegangan panas berlebihan, maka perbedaan suhu antara air masuk dan keluar harus sekitar 20° F dalam mesin ukuran kecil dan sedang dan agak lebih rendah untuk mesin besar. Suhu air keluar biasanya tidak dibolehkan lebih dari 140° F. untuk mesin dengan sistem tertutup dibolehkan suhu maksimum 160° sampai 180° F. Dalam mesin otomotif air pendingin seringkali mencapai titik didih, kira-kira 212° F, tanpa merusak mesin, tetapi biasanya termostat di stel untuk 180° F. hasil penyelidikan dari pendinginan dengan penguapan yang dibahas di atas, dengan suhu air jaket dari 215° sampai 250° F. mungkin akan mengubah batas tersebut di atas.

Kalau mesin didinginkan dengan air yang belum mendapat perlakuan (Untreated) yang selalu mengandung larutan garam dan benda asing yang lain, maka suhu harus dijaga cukup rendah untuk mencegah mengendapnya kotoran dan timbulnya kerak. Kalau mesin menggunakan air garam dalam jaket silinder, suhu air keluar tidak boleh melebihi 110° sampai 115° F.

Air biasanya di sirkulasi melalui pendingin minyak lumas, melalui jaket silinder, kemudian ke kepala silinder setelah itu dalam mesin besar, suatu saluran cabang mengalirkan air ke peti katup buang. Torak biasanya didinginkan dari saluran pipa sendiri.

Dua sirkulasi air yang digunakan adalah sirkulasi gravitasi dan sirkulasi paksa. Sirkulasi gravitasi, yang juga disebut sirkulasi *termosifon*, didasarkan pada kenyataan bahwa kalau air dipanaska maka densitinya berkurang dan cenderung untuk naik, pertikel yang dingin tenggelam untuk menggantikan tempat pertikel yang panas. Sirkulasi didapatkan kalau air dipanaskan pda satu titik dan didinginkan pada titik yang lain. Sirkulasi gravitasi hanya digunakan dalam mesin kecil-jarang digunakan dalam mesin yang lebih dari 30 d.k. (Maleev, M.E., DR. A.M, dan Bambang, 1995).



Gambar 1 Sistem Pendingin Mesin Induk

<https://www.google.co.id/search?q=gambar+sistem+pendingin+mesin+induk>

2.5. Macam-Macam Sistem Pendingin Mesin Induk

Sistem pendingin pada motor diesel, dilakukan dengan dua sistem, yaitu sistem pendinginan tertutup dan sistem pendinginan terbuka. Sistem pendinginan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kelelahan bahan, karena pemanasan berlebihan yang dapat mengakibatkan turunnya kinerja pada mesin itu. Tidak adanya perawatan terhadap air pendingin mesin induk dan pesawat bantu lainnya dapat berakibat fatal dan serius. Guna menjaga lancarnya air yang keluar dari sistem pendingin, maka perlu dilakukan perhatian yang serius misalnya : bagian mesin yang didinginkan, pipa pendingin, pompa air laut, *sea chest* dan sebagainya.

1. Sistem pendingin terbuka

Sistem pendinginan terbuka adalah sistem media air laut sebagai media pendinginnya setelah melakukan fungsi pendinginan, selanjutnya air laut tersebut langsung dibuang ke luar, umumnya media pendingin yang di pakai

adalah air laut, sistem media terbuka ini mempunyai dampak negatif terhadap material yang bersentuhan langsung dengan air laut, akan mudah berkarat, kotor, penyempitan saluran pipa-pipa pendingin dan lainnya.

Air laut langsung digunakan dalam sistem mesin sebagai media pendingin untuk penyerapan panas. Pendingin air laut sistemnya hanya lewat untuk menyerap panas dan akan terbuang kembali ke laut maka dikatakan sistem pendinginan terbuka.

Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup melalui filter dengan pompa air laut, kemudian air laut disirkulasikan ke seluruh bagian-bagian mesin induk yang membutuhkan pendinginan melalui pendingin minyak pelumas dan pendingin udara untuk mendinginkan kepala silinder, dinding silinder dan katup pelepas gas kemudian air laut dibuang keluar kapal.

Keuntungan dari sistem pendingin air laut (sistem terbuka) yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan air tawar (tertutup). Selain itu dapat menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak memerlukan tangki air dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Sedangkan kerugian dari sistem pendinginan air laut 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.

2. Sistem pendinginan tertutup

Sistem pendingin tertutup adalah sebuah sistem dengan media pendinginnya menggunakan air tawar yang digunakan secara terus-menerus bersirkulasi untuk mendinginkan Motor/Mesin tersebut. Jadi sebelum dimasukan kembali ke dalam Motor/Mesin, air tawar pendingin tersebut dimasukan ke dalam alat pemindah panas yang disebut *fresh water cooler* untuk menurunkan media air tawar tersebut pada suhu antara 50⁰C-60⁰C. Sedangkan alat pemindah panas yang dipergunakan untuk

menyerapnya panas air tawar adalah media air laut yang setelah mendinginkan air tawar langsung di buang ke laut.

Air tawar digunakan dalam rangkaian sistem tertutup untuk mendinginkan mesin yang ada di kamar mesin. Air tawar kembali dari *cooler* setelah pendinginan mesin yang selanjutnya didinginkan oleh air laut pada pendingin air laut.

Pada sistem pendingin tertutup ini air tawar yang telah mendinginkan mesin akan disirkulasikan secara terus menerus. Apabila media pendingin air tawar berkurang didalam sistem, maka akan ada penambahan secara *gravity* dari *expansi tank* yang berada dilantai atas, atau posisinya lebih tinggi dari mesin induk.

Pada waktu kapal sedang berlayar dan mesin induk sedang beroperasi maka air tawar ini dialirkan ke tiap-tiap *cylinder* dan keluar menuju *cooler* dengan suhu 70°C - 80°C , di *fresh water cooler* air tawar didinginkan oleh air laut dan suhu turun sampai 50°C - 60°C . Air tawar ini diisap lagi oleh pompa, seterusnya kembali lagi digunakan untuk mendinginkan mesin induk. Karena pendinginan air tawar terus menerus bersirkulasi, maka dinamakan pendinginan tertutup, maka apabila motor induk sedang berjalan normal masinis yang bertugas harus melakukan pengecekan pada *expansi tank*, sehingga bila ada sistem pendingin yang tidak normal (terjadi kebocoran) dapat segera diketahui.

Sistem pendinginan tertutup menggunakan dua media pendingin yang digunakan adalah air tawar dan air laut, Air tawar digunakan untuk mendinginkan bagian-bagian mesin sedangkan air laut untuk mendinginkan air tawar melewati pesawat *cooler*. Setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar tersirkulasi secara terus menerus mendinginkan mesin secara merata.

2.6 Peralatan Sistem Pendingin Mesin Induk dan Fungsinya

Untuk memperlancar pengoperasian mesin 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 di atas kapal adalah air tawar. Maka untuk kelancaran proses pendinginan diperlukan peralatan atau komponen pendukung seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Pompa sirkulasi air tawar

Pompa ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin di dalam sistem, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain berdasarkan perbedaan tekanan. Sebagian besar motor diesel menggunakan pompa *sentrifugal* untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk di atas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik.

2. Instalasi pipa pipa

Instalasi pipa diatas kapal adalah suatu alat yang ditempati air pendingin untuk bersirkulasi di dalam 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.

3. Tangki ekspansi

Tangki ekspansi berfungsi sebagai tangki penampungan air tawar (*fresh water*) dan untuk menambah bila ada kekurangan di dalam 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 *jacket* pendingin motor induk.

4. *Fresh water Cooler*

Alat ini berfungsi mendinginkan air pendingin yang telah menyerap panas dari dalam mesin dengan menggunakan media air laut. Di kapal tempat penulis bekerja jenis penukar kalornya menggunakan jenis *heat exchanger type tube*. Pada jenis ini air laut yang akan menyerap panas pada air tawar pendingin akan mengalir di dalam pipa-pipa yang berbeda.

5. Pengukur suhu (*Thermometer*)

Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk. 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.

Apabila dinding silinder tidak didinginkan pada saat operasi, maka dinding silinder yang dipakai akan kehilangan kekuatan yang diperlukan. Timbulnya masalah-masalah pada sistem pendinginan mesin induk akibat dari tekanan pompa tidak normal, disebabkan oleh kurangnya perawatan terhadap media pendingin, dan air pendingin serta peralatan sistem pendingin yang tidak bekerja dengan normal. Dengan demikian suhu (*temperature*) air pendingin sering melewati batas maksimum, walaupun dalam putaran mesin minimum (rendah). Air pendingin dalam fungsinya sangat penting dalam menjaga kelancaran pengoperasian motor induk untuk mempertahankan suhu pendinginan, sehingga sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam buku petunjuk dari buku manual

Perlunya pendinginan pada motor induk ketika sedang bekerja, sering mengalami gangguan, sehingga pendinginan tidak normal yang mengakibatkan naiknya suhu air tawar. Hal ini disebabkan oleh adanya kebocoran pada *cylinder head*, sehingga air yang ada di tangki ekspansi berkurang. Demikian juga suhu air pendingin harus dijaga sesuai dengan nilai marginalnya. Hal tersebut untuk mencegah terlampauinya titik embun dari gas pembakaran yang mendukung CO₂, sehingga akan berubah dengan terbentuknya asam belerang pada ruang pembakaran, katup

katup, *nozzle* pada bagian jalur–jalur silinder ini disebabkan sifatnya yang mudah mengikat senyawa dengan unsur lain kedalamnya, air pendingin tersebut juga sebagai kendala yang bisa menimbulkan kerak-kerak.

Selain itu agar kondisi motor induk dapat bekerja dengan normal, hal-hal yang perlu dilaksanakan antara lain perawatan air pendingin, dan perawatan komponen-komponen sistem pendingin. Tidak sempurnanya fungsi komponen dari sistem pendingin, jelas akan berpengaruh terhadap kinerja motor induk. Segala sesuatu yang berhubungan dengan sistem perlu dijaga dan dirawat oleh seluruh *crew* mesin.