

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendingin

Nuruzzaman (2003) mengatakan bahwa Sistem pendingin adalah pesawat bantu yang berfungsi untuk mengurangi panas pada mesin induk. Suparman (2001) menambahkan Sistem pendinginan pada mesin dibuat agar mesin dapat bekerja pada temperatur yang di tentukan setelah mesin hidup, dan menjaga agar mesin dapat bekerja pada temperatur kerja. Sistem pendinginan mesin menggunakan prinsip pemindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi. Panas diserap secara konduksi dari metal disekeliling silinder dari katup dari kepala silinder menuju cairan pendingin. Permukaan logam dengan cairan pendingin terjadi perpindahan panas secara konveksi dan didalam cairan pendingin terjadi sentuhan dan perpindahan panas, sehingga air menjadi panas dalam kantong-kantong air pendingin, yang terletak didalam blok silinder.

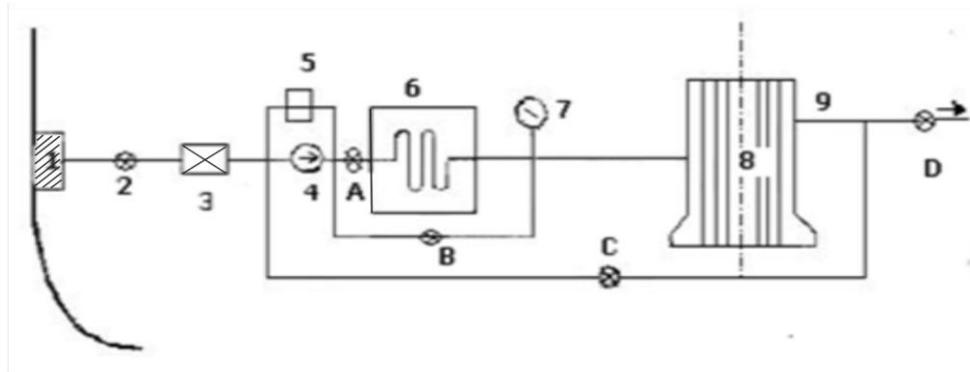
2.2 Macam-Macam Sistem Pendingin

Ardiansyahab (2009) mengatakan bahwa Di kapal niaga terdapat macam-macam metode sistem pendinginan yang bisa digunakan untuk mendinginkan mesin induk ,dan system pendingin kapal KMP. SAFIRA NUSANTARA menggunakan system pendingin langsung (Terbuka) maka pada umumnya metode tersebut dibagi menjadi dua macam, metode tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sistem Pendinginan Langsung (Terbuka)

Sistem pendinginan langsung adalah pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup 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 dibuang keluar kapal.



Gambar 1. Sistem pendinginan langsung (terbuka)

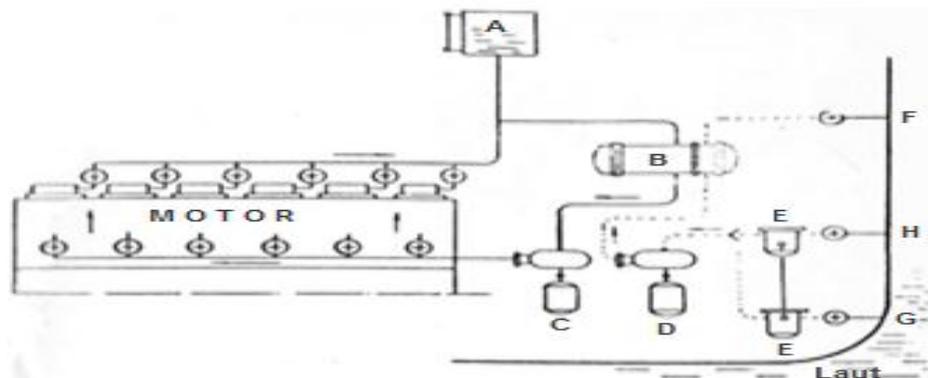
Keterangan Gambar :

- | | |
|-------------------|----------------------------------|
| 1. Sea chest | 6. Tangki pendingin minyak lumas |
| 2. Katup / valve | 7. Manometer |
| 3. Saringan | 8. Mesin induk |
| 4. Pompa | 9. Pipa buang |
| 5. Katup pengaman | |

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 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.

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 bersirkulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian motor secara merata.



Gambar 2. Sistem pendinginan tidak langsung (tertutup)

Keteranggambar:

- A. *Expantion Tank*
- B. *Fresh Water Cooler*
- C. Pompa untuk air tawar
- D. Pompa untuk air laut
- E. Filter
- F. *Over Board*
- G. *Lower Sea Chest*
- H. *Upper Sea Chest*

Sistem pendinginan tidak langsung ini memiliki efisien yang lebih tinggi daripada 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 mensirkulasikan air pendingin lebih besar, karena sistem ini menggunakan banyak pompa sirkulasi.

2.3 Macam-macam Komponen Pada Sistem Pendingin

Sunaryo Hery (1998) mengatakan bahwa di kapal terdapat beberapa komponen yang sering dipakai dalam sistem pendinginan langsung (pendinginan terbuka) dan pendinginan tidak langsung (pendinginan tertutup). Karena itu komponen pada sistem pendingin dibagi menjadi beberapa diantaranya sebagai berikut :

1. Pompa

Pompa berfungsi untuk menghisap air dan menekan air kedalam sistem, Selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan. Pada umumnya motor dikapal menggunakan pompa air laut jenis sentrifugal, yang digerakkan dengan perantaraan puli (*belt*), sehingga poros pompa akan berputar dengan arah yang sama. Motor jenis ini biasanya menggunakan jenis pompa torak dan pemasangan pompa tidak boleh lebih tinggi dari tangki persediaan air.



Gambar 3. Pompa Fresh Water

2. Pipa Air Pendingin

Saluran air pendingin biasanya menggunakan pipa yang terbuat dari baja, dan bagian di dalamnya digalvanisasi. Pipa ini dilalui air pendingin, dimana aliran dan kecepatan sesuai dengan luas penampang pipa untuk kebutuhan pendinginan.

3. Tangki Persediaan Air Tawar (Tangki Ekspansi)

Air dalam sistem pendinginan akan berekspansi apabila suhunya naik sehingga akan terjadi kelebihan air, dan kelebihan air ini akan di tempatkan pada tempat yang tertinggi di saluran air pendingin supaya tekanan pada sistem selalu tetap dan mencegah kantong uap/udara pada sistem pendingin.

4. Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Tsuada (1983) menjelaskan bahwa Heat Exchanger berfungsi untuk mendinginkan air tawar yang bersirkulasi dalam sistem pendinginan. Pada motor diesel yang digunakan di kapal-kapal, alat pendingin air tawar biasanya berbentuk cangkang dan tabung (*shell and tube*) dengan air laut sebagai media pendinginnya.

2.4 Jenis-jenis pendingin

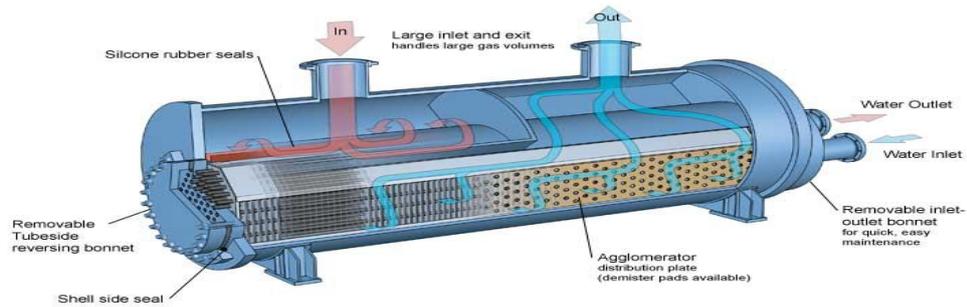
Menurut Arianto (2002) Pendingin merupakan alat yang di gunakan untuk mendingin kan komponen-komponen mesin. Pada saat ini banyak jenis pendingin yang ada di dalam kapal, ruang mesin. Dibawah ini ada berbagai macam jenis pendingin :

Cooler

Cooler adalah suatu alat yang berfungsi untuk mencegah terjadinya *over heating* (panas berlebihan) dengan cara mendinginkan suatu fraksi panas dengan menggunakan media cairan dingin, sehingga akan terjadi perpindahan panas dari fluida yang panas ke media pendingin tanpa adanya

1. Cooler

perubahan suhu. Alat pendingin biasanya menggunakan media air, dalam prosesnya air pendingin tidak mengalami kontak langsung dengan fraksi panas tersebut, karena fraksi panas mengalir di dalam pipa sedangkan air pendingin berada di luar pipa.



Gambar 4. cooler

2. Sheel dan Tube Cooler

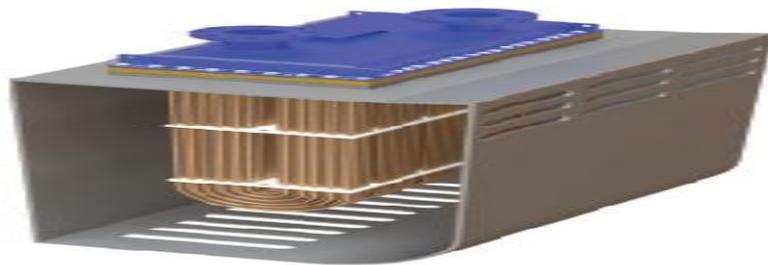
Pada *cooler* jenis ini, proses pendinginan fraksi dilakukan dengan cara mengalirkan fraksi panas melalui pipa, sedangkan air pendingin dialirkan melalui shell sehingga akan mengalami kontak langsung dengan dengan permukaan pipa yang berisi fraksi panas dan panas dari fraksi tersebut akan diserap oleh aliran air.



Gambar 5. Sheel dan Tube Cooler

3. *Boox Cooler*

Jenis *cooler* ini sangat efisien karena prosesnya yang cukup mudah, di dalam alat ini terdapat coil (sejenis pipa tetapi memiliki banyak lubang-lubang kecil) yang digunakan untuk mengalirkan fluida panas, sedangkan air pendingin akan mengisi *box cooler* dan menutupi coil tersebut, maka akan terjadi penyerapan panas oleh air pendingin, sehingga fraksi yang keluar dari *box cooler* telah sesuai dengan panas yang diinginkan.

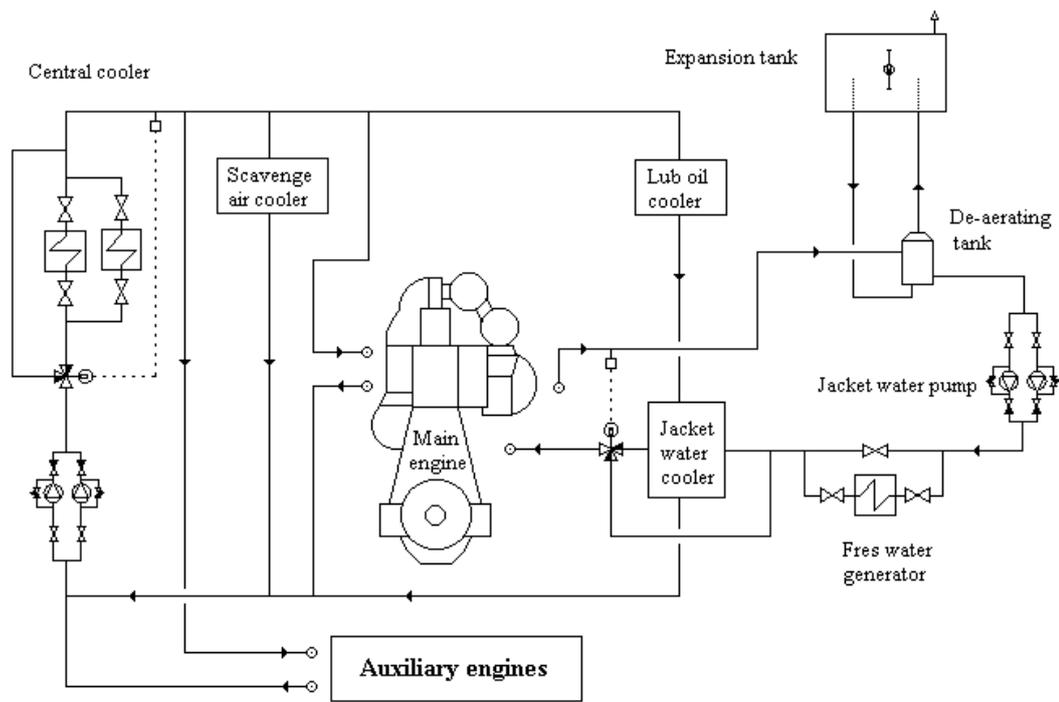


Gambar 6. Box Cooler

2.5. Prinsip Kerja Sistem Pendingin

Ilyas (1993) mengatakan bahwa prinsip dasar dari pendingin adalah proses penyerapan panas dari dalam suatu ruangan berinsulasi tertutup kedap lalu memindahkan serta mengenyahkan panas keluar dari ruangan tersebut. Proses merefrigerasi ruangan tersebut perlu tenaga atau energi. Energi yang paling cocok untuk refrigerasi adalah tenaga listrik yaitu untuk menggerakkan kompresor pada unit refrigerasi. Dalam suatu sistem refrigrasi mekanik, berlangsung beberapa proses fisik yang sederhana. Jika ditinjau dari segi termodinamika, seluruh proses perubahan itu terlibat tenaga panas, yang dikelompokkan atas panas laten penguapan, panas sensibel, panas laten pengembunan dan lain sebagainya. suatu siklus refrigrasi secara berurutan berawal dari pemampatan, melalui pengembunan (kondensasi), pengaturan pemuai dan berakhir pada penguapan (evaporasi).

2.6. Gambar Sistem Pendingin Di Kapal



Gambar 7. Struktur Sistem Pendingin Air Laut

Ada dua sistem pendingin yang digunakan di kapal untuk tujuan pendinginan :

- Sistem pendingin Air Laut : Air laut langsung digunakan dalam sistem mesin sebagai media pendingin untuk penukar panas .
- Air Tawar atau sistem pendingin utama : air tawar digunakan dalam rangkaian tertutup untuk mendinginkan mesin yang ada di kamar mesin. Air tawar kembali ke exchanger panas setelah pendingin mesin yang selanjut nya di dinginkan oleh air laut pada pendingin air laut.

Rule pada peraturan BKI 1996 vol.III sec. 11 I, dinyatakan bahwa:**1. Sea Chest, hubungan ke laut**

Sekurang-kurangnya 2 sea chest harus ada. Bilamana mungkin sea chest diletakkan serendah mungkin pada masing-masing sisi kapal. Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut. Diharuskan suplai air laut secara keseluruhan untuk main engine dapat diambil hanya dari satu buah sea chest. Tiap sea chest dilengkapi dengan suatu ventilasi yang efektif. Pengaturan ventilasi tersebut haruslah disetujui yang meliputi : Suatu pipa udara sekurang-kurangnya berdiameter dalam 32 mm yang dapat diputuskan hingga di atas deck bulk head. Adanya tempat dengan ukuran yang cukup di bagian dinding pelat. Saluran udara bertekanan atau saluran uap melengkapi kelengkapan sea chest untuk pembersihan sea chest dari kotoran. Saluran tersebut dilengkapi dengan katup shut off yang dipasang di sea chest. Udara yang dihembuskan ke sea chest dapat melebihi 2 bar jika sea chest dirancang untuk tekanan yang lebih tinggi.

2. Katup

Katup sea chest dipasang sedemikian hingga sehingga dapat dioperasikan dari atas pelat lantai (floor plates) Pipa tekan untuk system pendingin air laut dipasang suatu katup shut off pada shell plating.

3. Strainer

Sisi hisap pompa air laut dipasang strainer. Strainer tersebut juga diatur sehingga dapat dibersihkan selama pompa beroperasi. Bilamana air pendingin disedot oleh corong yang dipasang dengan penyaringnya

4. Pompa pendingin air laut

Pembangkit penggerak utama kapal dengan menggunakan motor diesel harus dilengkapi dengan pompa utama dan pompa cadangan. Pompa pendingin motor induk yang diletakkan pada pembangkit penggerak (propulsion plant) dipastikan bahwa pompa itu dapat memenuhi kapasitas air pendingin yang layak untuk keperluan motor induk dan Bantu pada berbagai jenis kecepatan dari propulsion plant. (untuk pompa cadangan digerakkan oleh motor yang independent) Pompa air pendingin utama dan cadangan masing-masing kapasitasnya merupakan kapasitas maksimal air pendingin yang diperlukan oleh pembangkit. Atau sebagai alternatif tiga buah pompa air pendingin dengan kapasitas yang sama dapat dipasang. Bahwa dua dari pompa adalah cukup untuk menyuplai air pendingin yang diperlukan pada kondisi operasi beban penuh pada temperatur rancangan. Dengan pengaturan ini dimungkinkan untuk pompa yang kedua secara otomatis mengambil alih operasi hanya pada temperatur yang lebih tinggi dengan di kendalikan oleh thermostat. Pompa ballast atau pompa air laut lainnya dapat digunakan sebagai pompa pendingin cadangan. Bilamana air pendingin dipasok oleh corong hisap (Scoop), pompa air pendingin utama dan cadangan harus dipastikan memiliki kapasitas yang menjamin keandalan pada operasinya pada pembangkit di bawah kondisi pembebanan parsial. Pompa air pendingin utama secara otomatis dibangkitkan sesegera mungkin bila kecepatan turun di bawah kecepatan yang diperlukan oleh corong.

5. System untuk pendingin air tawar

Sistem pendingin air tawar diatur sehingga motor dapat secara baik didinginkan di bawah berbagai kondisi suhu. Menurut kebutuhan dari motor system pendingin air tawar yang diperlukan seperti: a. Suatu sirkuit tunggal untuk keseluruhan pembangkit. b. Sirkuit terpisah untuk pembangkit daya induk dan Bantu. c. Beberapa sirkuit independent untuk komponen motor induk yang memerlukan pendinginan (silinder, piston, dan katup bahan bakar) dan untuk motor bantu. d. Sirkuit terpisah untuk berbagai batasan temperatur. Sirkuit pendingin diatur sehingga bila salah satu sirkuit mengalami kegagalan maka dapat

diambil alih oleh sirkuit pendingin yang lain. Bilamana perlu, dibuatkan pengaturan pengambilalihan untuk tujuan tersebut. Sedapat mungkin pengatur suhu dari motor induk dan Bantu dibuatkan sirkuit yang terpisah dan independent satu sama lainnya. Bilamana pada motor pembangkit otomatis, penukar panas untuk bahan bakar dan pelumas melibatkan sirkuit air pendingin, system air pendingin dimonitor terhadap kebocoran dari minyak bahan bakar dan pelumas. System air pendingin umum untuk pembangkit induk dan bantu dipasang katup shut off untuk memungkinkan reparasi tetapi tidak mengganggu pelayanan.

6. Penukar Panas, Pendingin

Pendingin dari system air pendingin, motor, dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pada berbagai jenis kondisi. Temperatur air pendingin dipasang sesuai untuk keperluan yang dibutuhkan oleh motor dan peralatan. Penukar panas untuk peralatan bantu pada sirkuit air pendingin utama jika memungkinkan dilengkapi dengan jalur by pass, bilamana terjadi gangguan pada penukar panas, untuk menjaga kelangsungan operasi system. Dipastikan bahwa peralatan bantu dapat tetap bekerja saat perbaikan pada peralatan pendingin utama. Bilamana perlu diberikan pengalih aliran ke penukar panas yang lain, permesinan, atau peralatan sepanjang suatu penukaran panas sementara dapat diperoleh. Katup shut off dipasang pada sisi hisap dan tekan dari semua penukar panas. Tiap penukar panas dan pendingin dilengkapi dengan ventilasi dan corong kuras.

7. Tangki Ekspansi

Tangki ekspansi diatur pada ketinggian yang cukup untuk tiap sirkuit air pendingin. Sirkuit pendingin lainnya hanya dapat dihubungkan ke suatu tangki ekspansi jika tidak saling mempengaruhi satu sama lainnya, perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa kerusakan dan kegagalan dari system tidak dapat mempengaruhi system lain. Tangki ekspansi dihubungkan dengan jalur pengisi, peralatan aerasi atau de aerasi, pengukur tinggi air, dan corong kuras.

8. Pompa Pendingin Air Tawar

Pompa air pendingin utama dan cadangan harus terdapat di setiap system pendingin air tawar. Pompa air pendingin dapat digerakkan langsung oleh motor induk atau bantu yang mana dimaksudkan untuk mendinginkan sehingga jumlah pasok yang layak dari air pendingin dapat dicapai pada berbagai kondisi operasi. Pompa air pendingin cadangan digerakkan secara independent oleh motor induk. Pompa air pendingin cadangan berkapasitas sama seperti pompa air pendingin utama. Motor induk dilengkapi sekurangnya oleh satu pompa pendingin utama dan cadangan. Bilamana menurut konstruksi dari motor memerlukan lebih dari satu sirkuit air pendingin, satu pompa cadangan dipasang untuk tiap pompa pendingin utama. Suatu pompa air pendingin cadangan dari suatu system pendingin dapat digunakan sebagai suatu pompa cadangan untuk system lain yang dilengkapi dengan lajur sambungan yang memungkinkan. Katup shut off pada sambungan ini harus dilindungi dari penggunaan yang tidak diinginkan. Peralatan yang melengkapi system untuk pendinginan darurat dari system lain dapat disetujui jika system dan pembangkitnya sesuai untuk tujuan ini.

9. Pengatur Suhu,

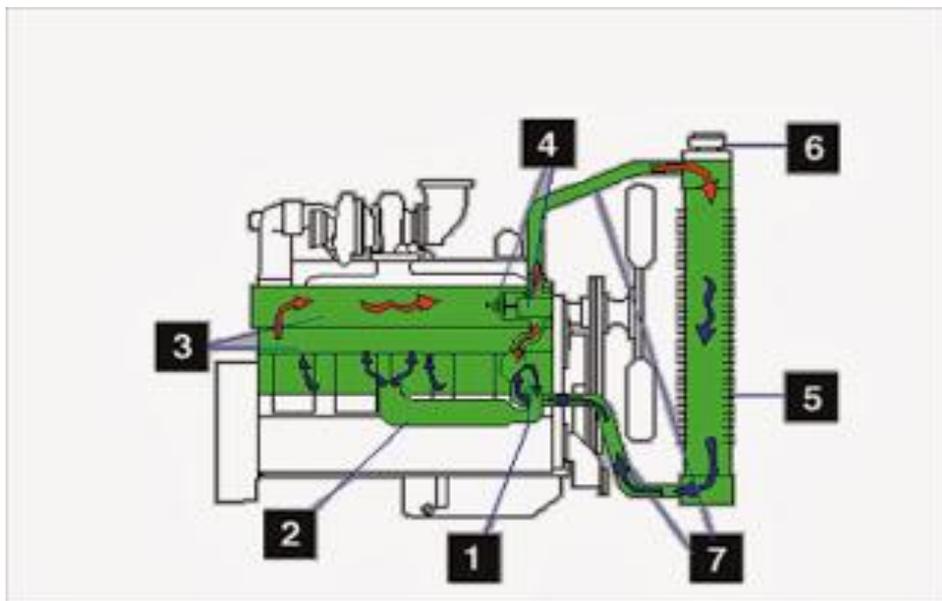
Sirkuit air pendingin dilengkapi dengan pengatur suhu sesuai yang diperlukan dan sesuai dengan peraturan yang ada. Alat pengatur yang mengalami kerusakan dapat mempengaruhi fungsi keandalan dari motor yang dilengkapinya atau saat dia bekerja.

10. Pemanasan Mula untuk Air Pendingin, Harus terdapat dan dilengkapi dengan pemanasan awal dari air pendingin.

11. Unit Pembangkit Darurat

Motor bakar dalam pembangkit daya yang bekerja saat keadaan darurat dilengkapi dengan system pendingin yang independent. Seperti system pendingin yang dibuat untuk mengatasi kebekuan (freezing).

2.7. Bagian Bagian Sistem Pendingin



Gambar 8. Bagian-Bagian Sistem Pendingin

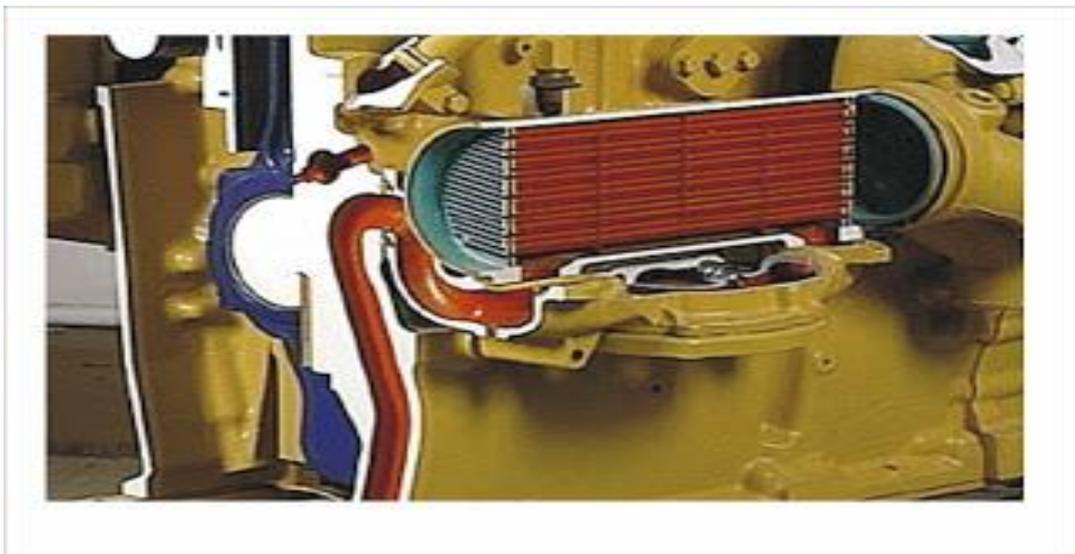
Komponen-komponen dasar sistem pendingin adalah (1) water pump, (2) oil cooler, (3) lubang-lubang pada engine block dan cylinder head, (4) temperature regulator dan rumahnya, (5) radiator, (6) radiator cap, dan (7) hose serta pipa-pipa penghubung. Tambahan kipas, umumnya digerakkan oleh tali kipas terletak dekat radiator berguna untuk menambah aliran udara sehingga pemindahan panas lebih baik.



Gambar 9. Water Pump

1. Water Pump

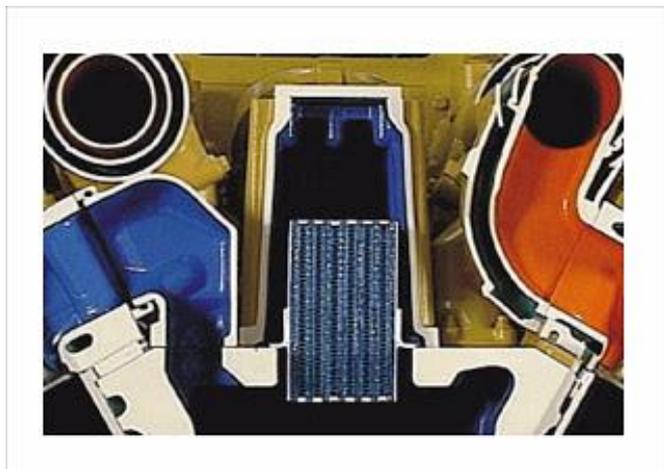
Water pump terdiri dari sebuah impeller dengan kipas-kipas berbentuk kurva di dalam rumah water pump tersebut. Bila impeller berputar, baling-baling kurva mengalirkan air keluar rumah water pump.



Gambar 10. Oil Cooler

2. Oil cooler (pendingin oli)

Dari saluran keluar water pump, cairan pendingin mengalir ke oil cooler. Oil cooler terdiri dari satu set tabung dalam rumahnya. Pada contoh ini cairan pendingin mengalir melalui tabung-tabung membuang panas oli yang ada di sekeliling tabung. Oil cooler membuang panas dari oli pelumas sehingga sifat-sifat dan konsentrasi oli tetap terpelihara.



Gambar 11. After Cooler

3. After Cooler

Dari oil cooler, cairan pendingin mengalir ke engine block atau ke after cooler untuk engine yang dilengkapi turbocharger. Beberapa engine yang menggunakan turbocharger juga menggunakan jacket water pump aftercooler sehingga cairan pendingin mengalir ke sana. After cooler membuang panas dari udara yang masuk. Pada jacket water after cooler sistem pendingin membuang panas dari udara. Konstruksi aftercooler seperti radiator dengan tabung-tabung dan sirip-sirip. Udara panas yang ditekan oleh turbo melewati sirip-sirip dan memindahkan panas ke air pendingin di dalam tabung.



Gambar 12. Water Jacker

4. Water Jacket

Dari aftercooler, air pendingin mengalir ke engine block dan di sekitar cylinder liner. Membuang panas yang tidak berguna dari piston, ring dan liner. Rongga-rongga tempat air tersebut disebut water jacket.

5. Cylinder head

Air pendingin bergerak dari lubang-ubang pada engine block menuju cylinder head, mengambil panas dari valve seat dan valve guide. Lalu akan mendinginkan seluruh bagian Cylinder head.

6. Regulator housing/rumah regulator

Apabila air pendingin meninggalkan cylinder head, air pendingin masuk ke thermostat atau regulator housing. Pengatur suhu (temperature regulator) dipasang di dalam rumah regulator.

7. Pengatur suhu/temperatur regulator

Temperature regulator bekerja seperti polisi jalan raya pada sistem pendingin. Regulator bekerja untuk menjaga suhu kerja engine. Kadang-kadang regulator mengalirkan air pendingin melalui radiator, kadang-kadang ke pipa bypass untuk kembali ke pompa air (water pump). Bila engine dingin, regulator menutup. Air pendingin mengalir kembali ke water pump, tidak melalui radiator, tetapi melalui pipa bypass. Ini akan membantu mempercepat memanaskan engine. Bila engine mulai panas, suhu air pendingin mulai naik sampai mencapai suhu pembukaan radiator. Bila regulator membuka lebih lebar dan lebih banyak lagi air yang menuju radiator.