

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Pendingin Mesin Induk

Pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar didalam cylinder. 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. 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. (Sumber : Nuruzzaman, Sistem-pendingin-motor-diesel.2003)

Perpindahan Panas (kalor)

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 di pindahkan dengan gerakan ini disebut konveksi.

3. Radiasi

Sebuah unsur meradiasikan energi panas sendiri dalam bentuk gelombang magnet listrik sesuai dengan suhu benda tersebut mempunyai sifat meresap, radiasi panas dan penyimpanannya sebagai energi panas. Pemindahan panas dihasilkan oleh radiasi panas dan penyerapan disebut pemindahan panas radiasi.

Dari hasil pembakaran bahan bakar dalam silinder dapat mencapai temperatur $\pm 2500^{\circ}\text{C}$. Karena proses itu terjadi berulang-ulang maka dinding silinder, kepala silinder, torak, katup dan beberapa bagian lain akan menjadi panas. Sebagian dari minyak pelumas terutama yang membasahi dinding silinder akan menguap dan akhirnya terbakar bersama bahan bakar. Karena itu bagian tersebut perlu mendapatkan pendinginan yang cukup agar temperaturnya tetap berada dalam batas yang dibolehkan.

2.2 Pentingnya Pendingin pada Mesin Induk

Dalam 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. Sistem pendingin 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 pendingin tersebut 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 *temperature*, maka agar *temperature* ini stabil maka perlu adanya pendinginan.

2.3 Macam-Macam Sistem Pendingin

Di kapal niaga terdapat macam-macam metode sistem pendinginan yang bisa digunakan untuk mendinginkan mesin induk, pada umumnya metode tersebut dibagi menjadi dua macam, metode tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sistem Pendinginan Langsung (Terbuka)

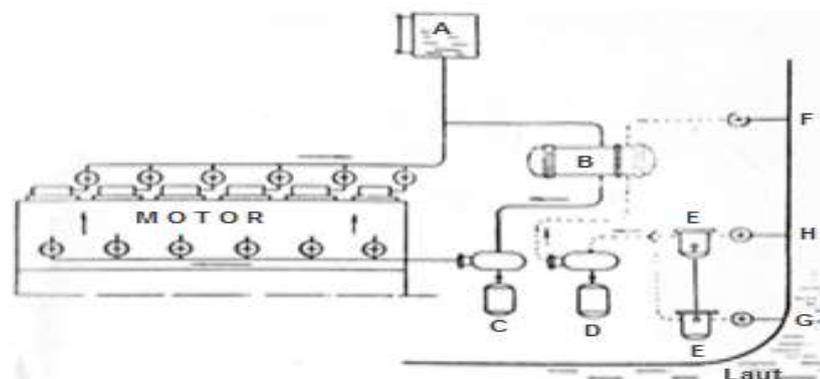
Sistem pendinginan langsung adalah pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Sistem ini menggunakan air laut yang langsung masuk untuk mendinginkan komponen yang perlu untuk didinginkan.

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 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. (Sumber : Ardiansyahab, pendinginan-main-engine.2009)



Gambar 1. Sistem pendinginan tidak langsung (tertutup)
Sumber : <https://www.sistem-pendingin.com>

Keterangan gambar:

- A. *Expantion Tank*
- B. *Fresh Water Cooler*
- C. *Fresh Water Pump*
- D. *Sea Water Pump*
- E. *Strainer*
- F. *Over Board*
- G. *Lower Sea Chest*
- H. *Upper Sea Chest*

Sistem pendinginan tidak langsung ini memiliki efisiensi 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.

Sebagai bahan pendingin untuk mesin induk digunakan bahan sebagai berikut :

a. Air laut

Air laut merupakan suatu barang yang mudah didapatkan disekitar kapal. Tidak usah dibeli dan secara langsung diambil, sehingga pendinginan memakai air laut tidak usah memakai sistem tertutup, air laut yang sehabis mendinginkan langsung dibuang dan pendinginan selanjutnya kita ambil saja. Pada umumnya air laut mengandung kadar garam yang tinggi dibandingkan air tawar, maka dari itu air laut jarang sekali digunakan langsung untuk mendinginkan mesin, dikhawatirkan bila langsung menggunakan air laut tersebut mengkristal di dalam mesin sehingga lama-kelamaan sistem pendinginnya akan buntu. Pada kapal-kapal sekarang umumnya pendinginnya memakai sistem pendingin tertutup, yaitu memakai air tawar. Sedangkan air laut hanya digunakan untuk mendinginkan air tawar tersebut pada pesawat-pesawat pendingin (*cooler*), ditinjau dari ketersedianya secara berlimpah-limpah maka, air laut dapat dibuang ke laut setelah digunakan sebagai bahan pendingin sehingga sistem pendingin menjadi sederhana dalam penataannya. Meskipun memiliki sifat yang menguntungkan tersebut diatas, air laut juga memiliki sifat yang tidak menguntungkan seperti menjadi Kristal sewaktu dipanasi yang akan membentuk kerak keras dibagian permukaan yang didinginkan. Kerak tersebut sangat keras sekali sehingga mengganggu

proses perpindahan panas yang membantu saluran pendingin yang sempit, disamping itu dengan kadar Chlorida yang tinggi dari air laut, maka kemungkinan korosi dari motor yang didinginkan menjadi besar.

Dengan alasan tersebut, maka air laut sebagai bahan pendingin secara tidak langsung, terkecuali kadang-kadang untuk pendinginan udara bilas dan. Dengan penggunaan material khusus, maka pendinginan dapat dijaga terhadap korosi dan oleh karena itu suhu air pendinginan yang relatif rendah pengendapan dengan kerak juga akan berkurang. Air laut selalu digunakan sebagai bahan pendingin secara tidak langsung bahan pendingin (air tawar atau minyak pelumas) yang diambil panas dari motor akan menyerahkan panas tersebut melalui sebuah alat pemindah panas (alat pendingin) air ke laut lagi.

Cara Kerjanya yaitu :

Air laut diisap oleh pompa air laut dialirkan ke L.O (Cooler) untuk mendinginkan minyak lumas mesin induk, kemudian mengalir inter cooler untuk mendinginkan udara pembakaran pada mesin induk dan pompa air laut juga mengalirkan air laut untuk mendinginkan air tawar pendingin mesin induk *fresh water cooler*. Kemudian air laut dibuang keluar kapal dan proses ini terjadi secara terus menerus.

Keuntungan pendinginan terbuka:

- 1) Sistem cukup sederhana tidak memerlukan tangki ekspansi, cooler sehingga biaya berkurang.
- 2) Media pendingin atau air laut selalu tersedia.

Kerugian pendinginan terbuka:

- 1) Pada suhu lebih dari 50° C akan terjadi kerak garam yang akan mempersempit pipa.
- 2) Resiko terhadap korosi sangat besar sehingga motor akan cepat rusak.

- 3) Resiko berlayar di daerah dingin maka pengaturan suhu air masuk motor sulit diatur karena suhu air laut terlalu rendah sehingga *Cylinder* dapat retak karena perbedaan suhu.

b. Air tawar

Air tawar diatas kapal selalu diusahakan penggunaannya dalam siklus tertutup untuk dapat digunakan berulang kali. Karena disisi lain harganya yang mahal dan bisa mencegah terjadinya korosi ataupun pembentukan kerak pada bagian dinding besi. Siklus tertutup tersebut terdiri dari ruang pendingin dari bagian motor yang harus didinginkan juga saluran, kran penutup, pompa, dan pesawat pendingin.

Telah dibahas bagaimana lapisan *cylinder* dari berbagai motor dapat didinginkan dan konstruksinya yang diterapkan untuk mencegah tegangan panas tinggi yang diakibatkan karena pendinginan tersebut. Untuk pendinginan dari sebuah motor diesel suatu *sistem* terdiri dari pipa, pompa dan pendinginan pada bagian mesin. Sistem tersebut sering berbentuk kompleks karena baik motor induk maupun motor bantu dihubungkan keduanya.

Agar menjadi jelas, maka seluruh sistem terdiri dari bagian air laut diluar badan kapal dan bagian air tawar. Didalam motor akan ditampung panas pendinginan oleh air tawar yang mengalir dalam sirkuit tertutup. Selanjutnya air laut akan menyerap panas dari air tawar tersebut.

Cara kerjanya yaitu :

Expantion tank disini berfungsi sebagai tangki penyuplay air tawar bila mengalami kekurangan pada motor induk yang diakibatkan penguapan atau kebocoran-kebocoran pada pipa tersebut.

Dari *expantion tank* air tawar dialirkan kedalam motor induk melalui pompa 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 50 °C. air tersebut kembali lagi ke motor induk untuk mendinginkan kembali.

Keuntungan pendinginan tertutup:

- 1) Dengan media air tawar maka resiko terhadap korosi dapat dicegah dan dihindari.
- 2) Pengaturan suhu masuk dan suhu keluar dari air pendingin lebih mudah diatur melalui cooler.
- 3) Dapat dipastikan air yang masuk ke mesin induk selalu bersih tanpa lumpur dan kotoran. Sehingga aman dari penyumbatan.
- 4) Perawatannya lebih mudah.

Kerugian pendinginan tertutup:

- 1) Kerugiannya ketergantungan terhadap persediaan air tawar pendingin (*Fresh Water Generator*).
- 2) Biaya lebih mahal dengan bertambahnya sistem penataan pipa, adanya pompa air tawar untuk sirkulasi pendingin.
- 3) Konstruksi rumit karena memerlukan perlengkapan ekspansi tank atau maupun cooler sehingga biaya perawatan lebih mahal.

2.4 Bagian-Bagian Sistem Pendingin

Di kapal terdapat beberapa bagian 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: (Sumber : Sunaryo Hery, komponen-pendingin-mesin-diesel.1998)

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 perantara puli (*belt*), sehingga poros pompa akan berputar dengan arah yang sama. Motor jenis ini biasanya menggunakan jenis pompa sentrifugal dan pemasangan pompa tidak boleh lebih tinggi dari tangki persediaan air, tetapi pompa harus lebih rendah dari permukaan air di dalam tangki, sehingga air laut dapat masuk ke ujung pipa hisap.



Gambar 2. Pompa *Fresh Water*

Sumber: <https://www.pompa-fresh water.com>

2. Katup

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

Katup isapan air laut terdapat dua buah katup:

- a. Isap atas/*high suction* dibuka saat kapal memasuki *a real* pelabuhan atau alur sungai karena dikhawatirkan adanya lumpur yang akan terhisap masuk kedalam sistem pendingin air laut.
- b. Isap bawah/*low suction* dibuka saat kapal berlayar dilaut bebas dengan maksud isapan pompa akan maksimum.

3. 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.

4. Pengukur suhu (*Thermometer*)

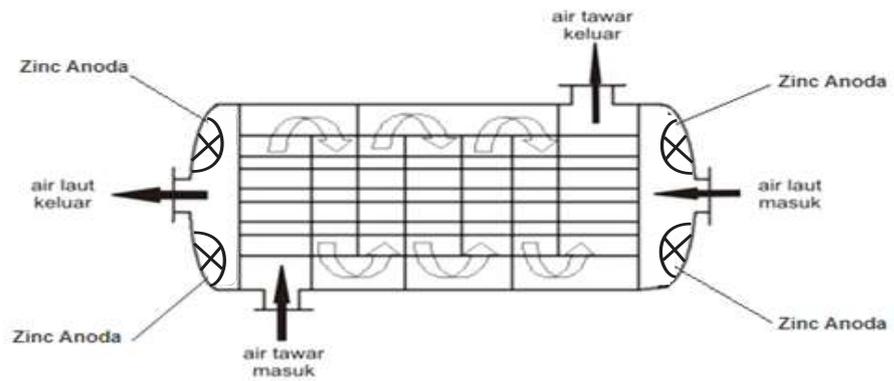
Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk (*main engine*). Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *thermometer* jenis-jenis air raksa gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah.

5. 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.

6. Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Alat ini 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. (Sumber : Tsuada. Macam-komponen- pendingin.1983)



Gambar 3. *Heat Exchanger* tipe tabung (*Shell & Tube*)
Sumber :<https://www.Heat-Exchanger.com>