

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*. pendinginan mesin dimaksudkan untuk menjaga kestabilan suhu pada bagian mesin sehingga tidak terjadi kenaikan suhu yang terlalu tinggi sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar di dalam silinder dan gesekan yang terjadi. Pendinginan mesin juga dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan. Sistem pendinginan pada mesin dibuat agar mesin dapat bekerja pada temperatur yang normal 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 di sekeliling silinder, dari katup, dari kepala silinder menuju cairan pendingin. Permukaan logam dengan cairan pendingin terjadi perpindahan panas secara konveksi dan di dalam cairan pendingin terjadi sentuhan dan perpindahan panas, sehingga air menjadi panas dalam kantong-kantong air pendingin, yang terletak di dalam blok silinder.

Hampir sepertiga panas pembakaran mesin karena gesekan komponen komponen mesin yang bergesekan diserap oleh sistem pendinginan. Karena itu komponen sistem pendinginan harus mempunyai kapasitas yang memadai dan harus dalam kondisi kerja yang baik. Temperatur dalam ruang pembakaran mesin mencapai 1.927°C atau 3.526°F saat terjadi pembakaran bahan bakar. Begitu pula komponen mesin yang bersentuhan langsung dengan gas pembakaran. Tidak kalah juga saluran-saluran pada sistem pembuangan mesin. Semua komponen tersebut harus dipelihara agar dapat bekerja sesuai fungsinya. Untuk mencapai temperatur yang aman dari komponen tersebut perlu sistem pendinginan yang dapat mengambil panas dari sekeliling.

Temperatur rata-rata dari komponen mesin relatif tinggi jika dibandingkan dengan temperatur air mendidih. Piston bertemperatur sekitar 260°C (500°F) klep buang bertemperatur 649°C (1200°F). Temperatur tersebut merupakan temperatur yang tinggi untuk membuat air menjadi mendidih.

'*Overheating*' yaitu mesin bekerja pada temperatur melebihi temperatur kerja dan sangat berbahaya terhadap komponen-komponen mesin. Sebagai cairan pendingin digunakan air. (Nuruzzaman, 2003).

1. Pendinginan Silinder

Bagian atas silinder merupakan bagian atas yang terpanas dan sebagian panas gas pembakaran itu dipindahkan secara langsung ke fluida pendinginnya. Sedangkan untuk bagian bawah silinder, perpindahan panas ke fluida pendingin terjadi secara tak 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. Disamping itu, minyak pelumas akan menguap dan terbakar sehingga terjadi keausan cepat pada torak dan dinding silinder, tetapi juga mengakibatkan gangguan kerja mesin.

Beberapa mesin kapal mempergunakan air laut sebagai fluida pendingin, tetapi pada umumnya dipakai air yang telah dilunakkan untuk mencegah terjadinya korosi serta endapan-endapan. Jika udara atmosfer dapat bertemperatur dibawah 0°C , maka air pendingin biasanya dicampur dengan "*ethylene glycol*" untuk mencegah pembekuan. Jadi, penambahan "*ethylene glycol*" ke dalam air pendingin akan menurunkan titik beku dari fluida pendingin tersebut. Apabila air pendingin sampai membeku, maka volume air akan bertambah sehingga dapat merusak saluran-saluran air pendingin. Maka dalam keadaan

dimana dapat diperoleh *ethylene glycol*, sebaiknya air dikeluarkan dari mesin seandainya ada kemungkinan terjadi pembekuan.

Ethylene glycol tersebut diatas juga bertitik didih tinggi, sehingga perbedaan temperatur antara air pendingin di dalam radiator dengan udara atmosfer dapat diperbesar dan ukuran radiator dapat diperkecil. Inilah sebabnya mengapa *ethylene glycol* ditambahkan kepada air pendingin mesin bakar torak untuk pesawat terbang. Namun demikian, cara tersebut di atas bukanlah satu-satunya usaha untuk memperkecil ukuran radiator. Penambahan tekanan didalam sistem pendingin air, yang berarti mempertinggi titik didih air, juga merupakan usaha memperoleh ukuran radiator yang lebih kecil. Sistem tersebut terakhir banyak digunakan pada mesin-mesin kendaraan.

Tujuan utama dari pendinginan adalah sebagai berikut :

- a. Mereduksi tegangan-tegangan thermis pada bagian-bagian silinder, torak, cincin torak dan katup-katup.
- b. Menaikkan efisiensi thermal dan pendinginan itu memungkinkan sebagai pelumasan mesin

2. Perpindahan Panas (kalor)

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

a. *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*).

b. *Konveksi*

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

c. *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 $\pm 2500^{\circ}$ 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. Proses pendinginan memerlukan fluida pendingin yang dialirkan ke bagian-bagian dalam mesin diluar silinder. Mesin *diesel* yang besar memakai minyak pelumas untuk mendinginkan torak yaitu dengan cara mengalirkan minyak pelumas melalui saluran di bawah kepala torak. Perpindahan kalor dari gas pembakaran ke fluida pendingin terjadi di dalam alat penukar panas (kondensor).

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 *temperature* 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 pelumas 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 (M.Yusuf, Djeli dan Andi Saidah,2017).

2.3 Macam-Macam Sistem Pendinginan

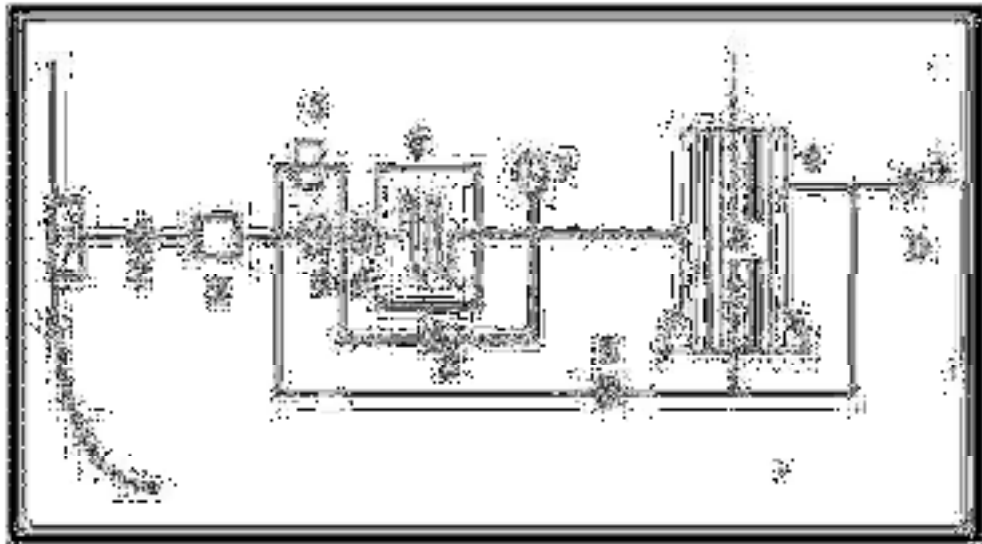
Pada umumnya di kapal-kapal ada dua cara untuk mendinginkan mesin utama maupun mesin bantu, yaitu dengan menggunakan sistem pendinginan secara langsung (terbuka) dan sistem pendinginan secara tidak langsung (tertutup).

1. Sistem Pendinginan 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

Pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar didalam *cylinder*. pendinginan mesin dimaksudkan untuk menjaga kestabilan suhu pada bagian mesin, sehingga tidak terjadi kenaikan suhu yang terlalu tinggi sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar di dalam silinder dan gesekan yang terjadi. Pendinginan mesin juga dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan.

Berikut ini dapat dilihat skema gambar dari sistem pendinginan secara langsung (terbuka).



Sumber: Jusak Johan Handoyo. *Macam-macam-sistem-pendingin*.2016

Gambar 1 Sistem pendinginan langsung(terbuka)

Keterangan :

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1) Saringanlaut (<i>sea chest</i>) | 7) <i>Thermometer</i> |
| 2) Katup / <i>valve</i> | 8) Mesin induk |
| 3) Saringan | 9) Katup buang |
| 4) Pompa | |
| 5) Katup pengaman | |
| 6) Tangki pendingin | |

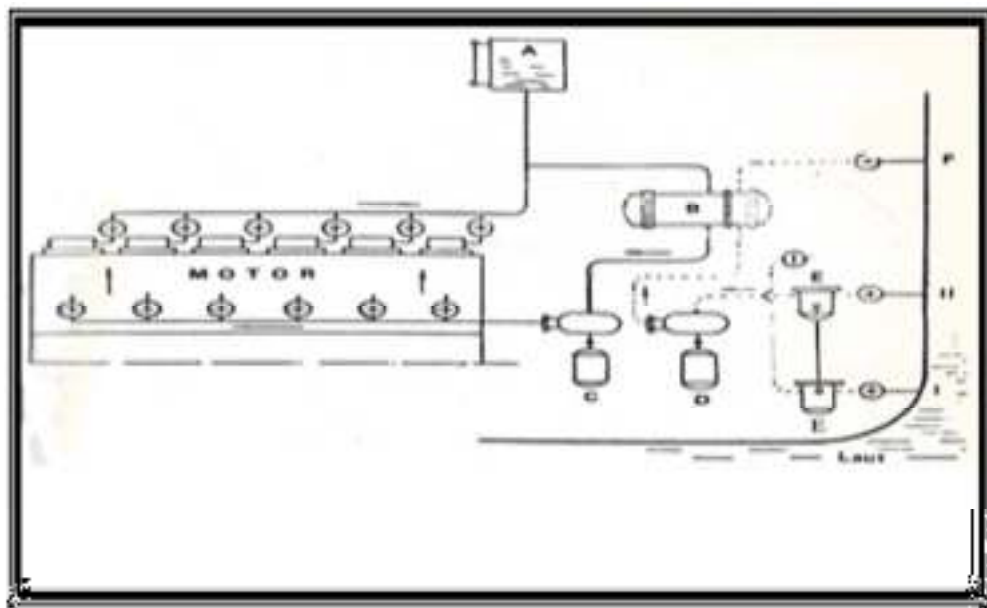
Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendinginan langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan

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 mesin 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 mesin secara merata.



Sumber: Jusak Johan Handoyo. *Macam-macam-sistem-pendingin*.2016

Gambar 2 Sistem pendinginan tidak langsung (tertutup)

Keterangan

- 1) Bak persediaan air tawar
- 2) Bejana pendingin
- 3) Pompa untuk air tawar
- 4) Pompa untuk air laut
- 5) Saringan-saringan
- 6) Saluran buang air untuk laut
- 7) Saluran pemasuk untuk permukaan air yang rendah
- 8) Saluran pemasuk untuk permukaan air yang tinggi / keruh

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.

2.4 Jenis-Jenis Pendingin

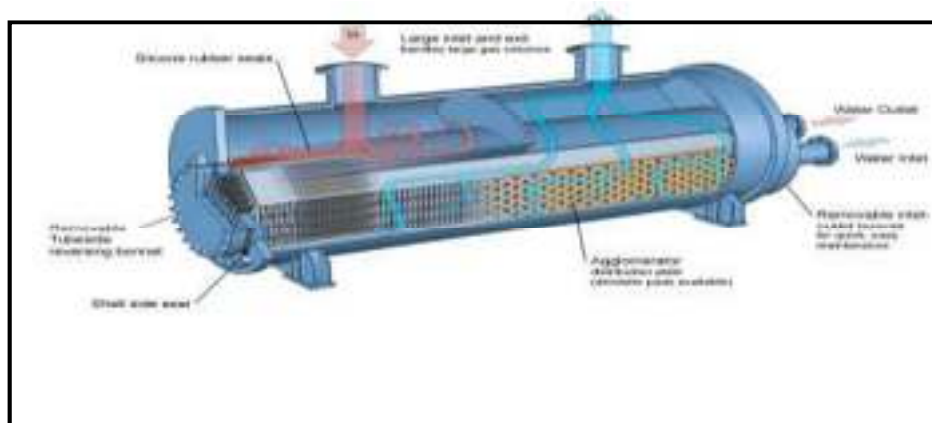
Pendingin merupakan alat yang di gunakan untuk mendinginkan komponen-komponen mesin. Pada saat ini banyak jenis pendingin yang ada di dalam kapal, ruang mesin (Arianto,2002).

Dibawah ini ada berbagai macam jenis pendingin :

1. *Cooler*

Cooler adalah suatu alat yang berfungsi untuk mencegah terjadinya *overheating* (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 11 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.



Sumber : Wiranto Arismunandar. Mengenal-jenis-jenis pendingin.1983

Gambar 3 *Cooler*

2. *Shell 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 permukaan pipa yang berisi fraksi panas dan panas dari fraksi tersebut akan diserap oleh aliran air.

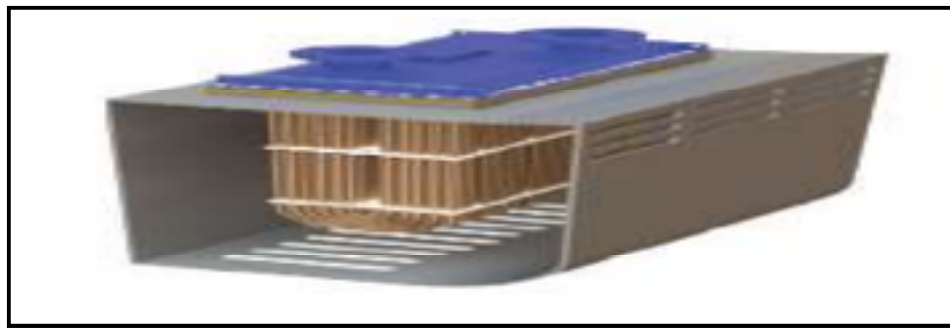


Sumber : Wiranto Arismunandar. Mengenal-jenis-jenis-pendingin .1983

Gambar 4 *Shell dan Tube Cooler*

3. *Box 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.



Sumber : Wiranto Arismunandar. Mengenal-jenis-jenis-pendingin (1983)

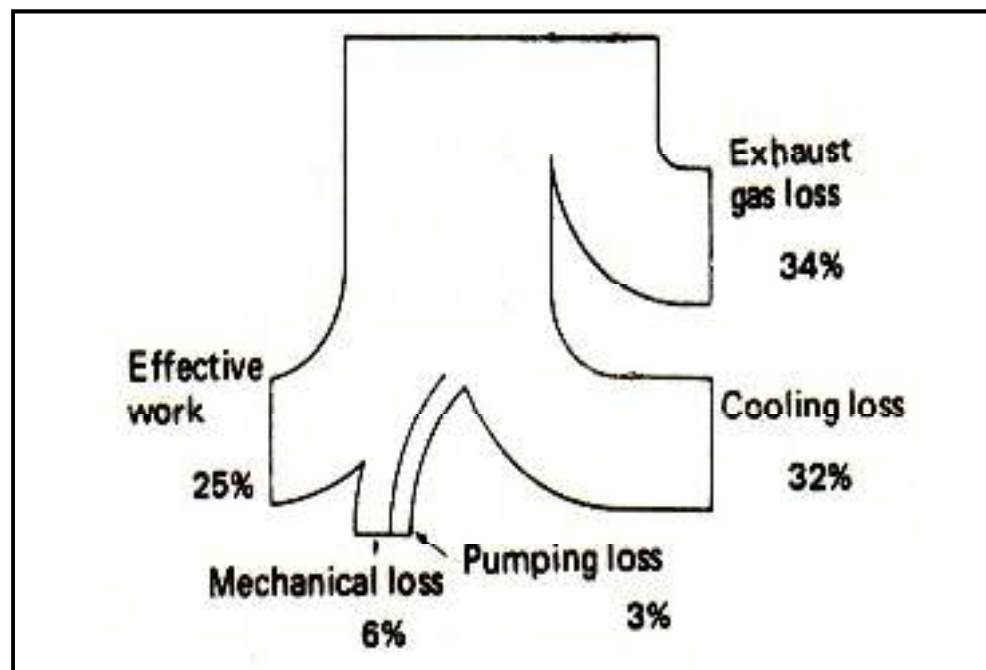
Gambar 5 *Box Cooler*

2.5 Proses Pendinginan Mesin

Pada mesin *diesel* proses pendinginan tergantung pada sistem pendinginan yang digunakan. Pada pendinginan udara, panas akan berpindah dari dalam ruang bakar melalui kepala silinder, dinding silinder dan piston secara konduksi. Selanjutnya yang melalui dinding dan kepala silinder, panas akan berpindah melalui sirip-sirip (*fins*) dengan cara konveksi ataupun radiasi di luar silinder. Pada pendinginan air secara alamiah, proses perpindahan panas/pendinginan melalui perubahan massa jenis air yang menurun karena panas selanjutnya air akan berpindah secara alamiah berdasarkan rapat massa sehingga terjadi sirkulasi alamiah untuk pendinginannya. Untuk mempercepat pembuangan panas pada sistem pendinginan air dipasangkan radiator. Melalui radiator ini panas akan dibuang ke udara melalui sirip-sirip radiator. Pada pendinginan air dengan

tekanan, sirkulasi akan dipercepat oleh putaran kipas pompa sehingga sirkulasi air pada sistem ini akan lebih baik. Sistem pendinginan mesin sangat diperlukan

Menurut neraca panas, pada mesin bakar hanya akan diperoleh sekitar 25 persen hasil pembakaran bakar yang dapat diubah menjadi energi mekanik. Sebagian besar panas akan keluar melalui gas buang (kira-kira 34 persen), melalui sistem pendinginan (kira-kira 32 persen) dan sisanya akan melalui kerugian pemompaan dan gesekan.



Sumber : Helmidadang. Neraca-panas. 2010

Gambar 6 Neraca panas pada mesin

Berdasarkan neraca panas di atas maka fungsi pendinginan pada mesin menjadi penting, karena panas yang akan terserap oleh sistem pendinginan dapat mencapai 32 persen. Bila mesin tidak didinginkan akan terjadi pemanasan yang lebih (*overheating*) dan akan mengakibatkan gangguan- gangguan sebagai berikut:

- a. Bahan akan lunak pada suhu tinggi. Contoh: torak yang terbuat dari logam paduan aluminium akan kehilangan kekuatannya (kira-kira sepertiganya) pada suhu tinggi (300°C), bagian atas torak akan

berubah bentuk atau bahkan mencair.

- b. Ruang bebas (*clearance*) antara komponen yang saling bergerak menjadi terhalang bila terjadi pemuaian karena panas berlebihan. Misalnya torak akan memuai lebih besar (karena terbuat dari paduan aluminium) daripada blok silinder (yang terbuat dari besi tuang) sehingga gerakan torak menjadi macet.
- c. Terjadi tegangan *thermal*, yaitu tegangan yang dihasilkan oleh perubahan suhu. Misalnya cincin torak yang patah, torak yang macet karena adanya tegangan tersebut.
- d. Pelumas lebih mudah rusak oleh karena panas yang berlebihan. Jika suhu naik sampai 250 °C pada alur cincin, pelumas berubah menjadi karbon dan cincin torak akan macet sehingga tidak berfungsi dengan baik, atau cincin macet (*ring stick*). Pada suhu 500 °C pelumas berubah menjadi hitam, sifat pelumasannya turun, torak akan macet sekalipun masih mempunyai ruang bebas.
- e. Pembakaran tidak normal. Mesin bensin cenderung untuk terjadi ketukan (*knocking*).

Sebaliknya bila mesin terlalu dingin akan terjadi masalah, yaitu:

- a. Pada mesin bensin bahan bakar akan sukar menguap dan campuran udara bahan bakar menjadi gemuk. Hal ini menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna.
- b. Pada mesin diesel bila udara yang dikompresi dingin akan mengeluarkan asap putih dan menimbulkan ketukan dan mesin tidak mudah dihidupkan.
- c. Kalau pelumas terlalu kental, akan mengakibatkan mesin mendapat tambahan tekanan
- d. Uap yang terkandung dalam gas pembakaran akan terkondensasi pada suhu kira-kira 50 °C

Pendingin dari sistem air pendingin, mesin dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa *temperature* air pendingin yang telah ditentukan

dapat diperoleh pada berbagai jenis kondisi. *Temperature* air pendingin dipasang sesuai untuk keperluan yang dibutuhkan oleh mesin 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.

2.6 Macam-Macam Media Pendinginan

Pada sistem pendinginan mesin dapat dilakukan dengan beberapa media pendingin, yaitu dengan media pendingin air, udara dan minyak.

1. Media Pendingin Air

Air merupakan media pendingin yang baik karena air dapat mengambil 1 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sedangkan volume dari 1 kg air hanya 1 dm³.

1) Media Pendingin Air Tawar.

Media pendingin dengan menggunakan air tawar ini digunakan pada sistem pendinginan tak langsung. Proses pendinginannya dilakukan dengan proses pendinginan air tawar terlebih dahulu yang terletak di tangki penampung air tawar dengan menggunakan air laut. Setelah *temperature* air tawar pada tangki penampung menurun selanjutnya air tawar disirkulasikan ke bagian-bagian mesin yang memerlukan pendinginan, terutama ke bagian yang bergerak yang memiliki resiko kerusakan besar. Untuk menjaga agar proses pendinginan pada mesin dapat berjalan dengan lancar maka perlu diperhatikan sirkulasi pendinginan tersebut. Biasanya terdapat karat yang terjadi akibat endapan mineral yang terkandung di dalam air. Apabila dibiarkan terus-menerus, seiring berjalannya waktu maka karat tersebut menyebabkan tersumbatnya sirkulasi air pendingin.

2) Media Pendingin Air Laut.

Media pendingin dengan menggunakan air laut ini digunakan

pada sistem pendinginan secara langsung (terbuka). Proses pendinginannya dengan mensirkulasikan air laut secara langsung ke bagian-bagian mesin yang memerlukan pendinginan. Pada sistem pendinginan jenis ini diperlukan bahan pencegah pembentukan korosi terutama pada bagian di dalam blok silinder yang sering disebut *zinc anode* (Lutfi,2012).

3) Media Pendingin Udara

Udara adalah bahan pendingin yang buruk karena dalam 1 kg udara atau kira-kira 0,77 m³ udara hanya dapat menerima 1 kJ tiap derajat Celcius. Panas jenis udara $\pm 1 \text{ kJ / kg derajat celcius}$. (Soeharto,1991)

Pada umumnya semua mesin dengan pendinginan udara silinder-silinder dilengkapi dengan rusuk-rusuk pendingin. Rusuk-rusuk pendingin ini memperbesar luas permukaan yang dapat menyerahkan panas kepada udara pendingin.

2. Media Pendingin Minyak

Minyak lumas juga dapat dipakai sebagai pendingin, akan tetapi minyak tersebut hanya dapat mengambil 0,4 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sehingga kita harus menyediakan minyak yang cukup banyak agar dapat mengeluarkan panas yang besarnya sama dengan media pendingin air (Bentarto,1996).

Pada mesin diesel, penggunaan minyak lumas hanya melumasi bagian yang bergesekan seperti gesekan pada torak, poros engkol, bantalan, dan lain-lain. Bila ditinjau dari segi penyerapan panas, maka media pendingin minyak lumas memiliki lebih kecil dan rendah dibanding media pendingin air. Minyak lumas digunakan sebagai media pendinginan permukaan yang panas dengan cara disemprotkan atau dialirkan pada bagian tersebut. Selain itu dapat digunakan untuk melumasi bagian bagian yang saling bergesekan agar tidak cepat aus.