

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Definisi Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu komponen atau alat yang berfungsi untuk mendinginkan lingkungan kerja mesin yang berada di sekitarnya. System pendingin menyerap panas mesin lalu didinginkan dengan bantuan media air atau udara yang berada didalamnya. System pendingin memiliki peranan penting dalam mesin otomotif (misalnya: mobil).

Sistem pendinginan pada mobil berfungsi untuk menurunkan temperatur pada mesin yang terjadi dalam proses pembakaran. Proses pembakaran selanjutnya akan menghasilkan tenaga mekanis yang dapat menggerakkan mesin. Akan tetapi dari proses pembakaran juga menghasilkan panas yang apabila tidak didinginkan akan memuai dan merusak komponen dari mesin itu sendiri. Sistem pendinginan (*cooling system*) adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over heating* pada mesin agar tetap bekerja secara optimal. Hasil pembakaran pada motor bakar yang menjadi tenaga mekanis hanya sekitar 23%, sebagian panas keluar menjadi gas bekas dan sebagian lagi hilang melalui proses pendinginan.

Sistem pendingin berfungsi untuk mendinginkan mesin. Pembakaran bahan bakar dalam silinder mesin menyalurkan energi panas ke dalam bentuk tenaga putar. Tetapi energi panas dari bahan bakar tidak sepenuhnya dapat dikonversikan ke dalam bentuk tenaga. Hanya kurang lebih 25 % dari energi yang dikonversikan menjadi tenaga. Kurang lebih 45 % dari energi panas hilang

menjadi gas buang atau gesekan dan 30 % diserap oleh mesin itu sendiri. Panas yang diserap oleh mesin harus dikeluarkan ke udara sekeliling. Jika tidak maka akan menyebabkan mesin menjadi kelebihan panas (*over heating*) dan pada akhirnya rusak. Sistem pendinginan dipasang untuk mendinginkan mesin agar tidak kelebihan panas. Pendinginan mesin biasanya menggunakan sistem pendinginan udara atau sistem pendinginan air.

## **2.2. Macam Sistem Pendingin**

Sistem pendingin pada mobil/motor ada dua macam :

### **1. Air cooling (pendingin udara)**

Air cooling menggunakan media udara untuk membantu proses pendinginan mesin, sehingga bagian head silinder dibuat bersirip untuk mempercepat proses pendinginan.

### **2. Water cooling (pendingin air)**

Water cooling menggunakan media air atau cairan pendingin untuk membantu proses pendinginan mesin, sehingga di tambahkan suatu sistem radiator pada mobil yg bertujuan untuk mempercepat proses pendinginan.

#### **a. Air Cooling (Pendingin Udara)**

Beberapa produsen mobil menerapkan system air cooling misalnya produsen VW, tipe VW Beatle atau kodok dan VW Combi.



Gambar 2.1 Pendingin udara (kiri) kipas pendingin (kanan)

Keunggulan menggunakan pendingin udara adalah sebagai berikut:

- a. Tidak memerlukan air pendingin
- b. Ukuran mesin lebih kecil
- c. Ruang mesin relative lebih kecil

Kelemahan menggunakan pendingin udara adalah sebagai berikut :

- a. Pada saat jalanan macet atau mobil sedang berhenti dengan mesin hidup, menyebabkan pelepasan kalor berjalan lambat. Maka temperatur mesin naik karena tidak adanya pasokan udara luar pada lorong udara.
- b. Untuk mengatasi hal tersebut biasanya mesin ditambah dengan kipas angin elektrik.
- c. Suara mesin mobil dengan konsep pendingin udara cenderung lebih kasar.
- d. Proses pendinginan pada mesin menggunakan pendingin udara, 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.

## b. Water Cooling (Pendingin Air)

Konsep pendingin air adalah:

selain air, udara juga berperan untuk menstabilkan temperatur mesin.

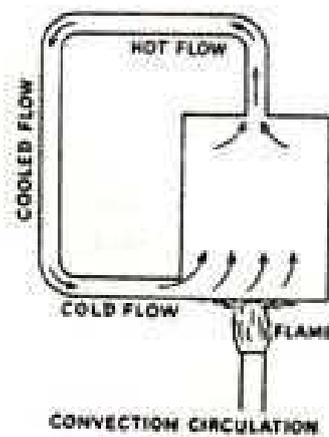
Pada sistem pendinginan air ini air harus bersirkulasi. Adapun sirkulasi air dapat berupa 2 (dua) macam, yaitu:

1. Sirkulasi alamiah/Thermo-syphon

2. Sirkulasi dengan tekanan

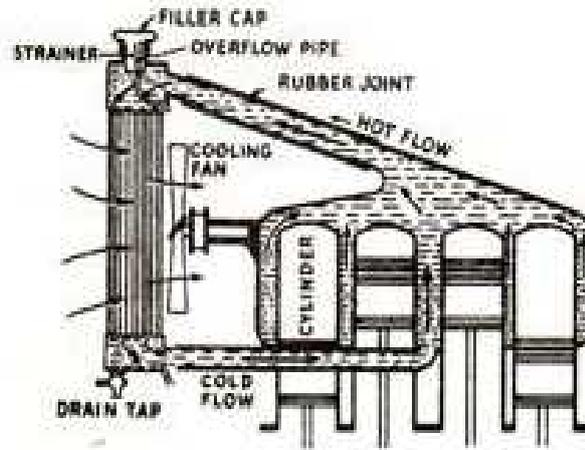
a. Sirkulasi alamiah/Thermo-syphon

Pada sistem pendinginan air dengan sirkulasi alamiah, air pendingin akan mengalir dengan sendirinya yang diakibatkan oleh perbedaan massa jenis air yang telah panas dan air yang masih dingin.



Gambar 2.2 Prinsip sirkulasi alami.

Agar air yang panas dapat dingin, maka sebagai pembuang panas dipasang radiator.

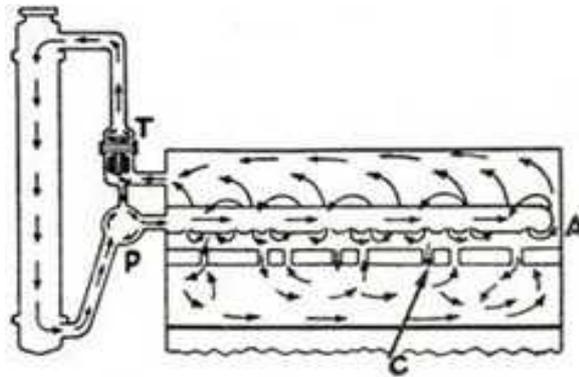


Gambar 2.3 Prinsip sirkulasi di mesin

Air yang berada dalam mantel air dipanaskan oleh hasil pembakaran sehingga suhunya naik, sehingga massa jenisnya akan turun dan air ini didesak ke atas oleh air yang masih dingin dari radiator. Agar pembuangan panas dari radiator terjadi sebesar mungkin maka pada sistem pendingin dilengkapi juga dengan kipas yang berfungsi untuk mengalirkan udara pada radiator agar panas pada radiator dapat dibuang atau diserap udara

b. Sirkulasi dengan tekanan

Pada sirkulasi dengan tekanan pada prinsipnya sama dengan sirkulasi alam, tetapi untuk mempercepat terjadinya sirkulasi maka pada sistem dipasang pompa air



Gambar 2.4 Sirkulasi dengan tekanan

Proses pendinginan pada mesin menggunakan pendingin air. Pada pendinginan air secara alamiah, proses perpindahan panas atau 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 air akan didinginkan dan dibuang ke udara melalui sirip-sirip radiator. Pada pendinginan air dengan tekanan, sirkulasi akan dipercepat oleh putaran kipas pompa air sehingga sirkulasi air radiator pada sistem pendingin ini akan cepat dan lebih baik. Dan dijama sekarang sistem pendingin radiator lebih banyak digunakan untuk membantu proses pendinginan mesin daripada sistem pendingin udara.

### **2.3. Komponen Sistem Pendingin.**

#### **1. Radiator**

berfungsi untuk menampung dan mendinginkan cairan pendingin yang telah menjadi panas setelah menyerap panas yang terjadi dari komponen-komponen mesin. Radiator terdiri dari tangki atas dan bawah yang dihubungkan dengan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan sekaligus mendinginkan air pendingin.

Bagian-bagian tabung radiator :

- a. Tabung air bagian atas (upper tank),  
berfungsi sebagai penampung air yang keluar dari head silinder sebelum air masuk ke dalam kisi-kisi (tube) radiator.
- b. Tabung air bawah (lower tank).  
berfungsi sebagai penampung air yang sudah didinginkan oleh kisi-kisi (tube) radiator.
- c. Sambungan selang atas.  
berfungsi sebagai jalan pehubung atau jalan masuk air dari head silinder ke tangki bagian atas radiator.
- d. Sambungan selang bawah.  
berfungsi sebagai jalan pehubung atau jalan masuk air dari tangki bagian bawah radiator ke blok silinder.

- e. Kisi-kisi (tube),  
dengan memiliki konstruksi pipih dan memanjang yang berguna untuk membantu proses pendinginan air radiator dan mengalirkan air dari tangki bagian atas ke tangki bagian bawah.
- f. Sirip-sirip (fin),  
berfungsi untuk membuat meningkatkan tekanan (turbulensi) udara disekitar kisi-kisi (tube) supaya pendinginan air lebih efisien.
- g. Kran pembuangan (drain cock),  
berfungsi untuk membuang air yang ada didalam radiator pada saat ingin menguras atau mengganti air radiator yang lama.



Gambar 2.5 Tabung radiator

### **Jenis Tabung Radiator**

Walaupun memiliki fungsi yang sama yaitu menampung air radiator dan tempat proses pendinginan, tetapi ada beberapa jenis bahan untuk pembuatan tabung radiator yang di gunakan di dunia otomotif, ada yang terbuat dari alumunium dan juga ada yang terbuat dari kuningan

(tembaga). Jenis yang terbuat dari alumunium lebih cepat mendinginkan air radiator ketimbang yg terbuat dari tembaga, namun kekurangan dari jenis yang terbuat dari alumunium adalah tidak bisa diperbaiki ketika mengalami kebocora pada tabung tersebut. Sedangkan pada jenis tembaga masih bisa diperbaiki apa bila terjadi kebocoran di tabung radiator. Akan tetapi yang sering di perhatikan ialah besar kecilnya tabung radiator yang digunakan, karena apabila tabung radiator lebih besar maka otomatis tabung tersebut dapat menampung air radiator yang lebih banyak dan juga memiliki jumlah tubs yang lebih banyak pula. Jumlah tub tersebut sangat berpengaruh pada saan terjadinya proses pendinginan air radiator.

#### 1. Radiator 2ply

Radiator 2ply adalah radiator yang memiliki dua baris tubes/ pipa, yang berguna untuk membantu proses pendinginan air radiator.



Gambar 2.6 Radiator 2 ply

## 2. Radiator 3ply

Radiator 3ply adalah radiator yang memiliki tiga baris tubes/ pipa, yang berguna untuk membantu proses pendinginan air radiator.



Gambar 2.7 Radiator 3 ply

## 2. Tutup radiator

Memiliki dua fungsi, fungsi yang pertama adalah tidak hanya berfungsi untuk menutup radiator seperti saat kita menutup botol berisi air kalau sudah di tutup selesai permasalahan karena air tidak tumpah atau meluber keluar. Di dalam sistem pendinginan mesin kendaraan, ketika mesin bekerja lalu temperatur naik, secara otomatis suhu air pendingin ikut naik dan tekanan di dalam sistem ikut naik pula. Pada Tutup Radiator Terdapat mekanisme di tutup radiator agar dengan naiknya suhu dan tekanan tidak menyebabkan radiator atau slang radiator meledak. karena mereka bisa membuang dan menarik kembali air yang memuai. yang

ditampung pada reservoir. sedangkan fungsi yang kedua adalah untuk mempertahankan air pendingin di dalam sistem agar tetap penuh walaupun mesin dalam keadaan dingin atau panas. Untuk mewujudkan fungsi tersebut, maka pada tutup radiator dilengkapi dengan relief valve atau klep relief dan vacuum valve atau klep vakum yang mengatur agar tekanan dalam radiator tidak lebih dari 1 atmosfer (atm) dan air mendidih dalam radiator diatas 100 derajat celcius. Relief valve atau klep relief mempunyai fungsi untuk membuang kelebihan tekanan dalam radiator, bila telah melewati batas tekanan yang ditentukan. Sedangkan vacuum valve atau klep vakum mempunyai fungsi untuk menyamakan tekanan di dalam radiator dengan tekanan udara luar, apabila suhu air pendingin dalam radiator turun sampai dibawah titik didihnya maka vacuum valve akan bekerja.



Gambar 2.8 Tutup radiator

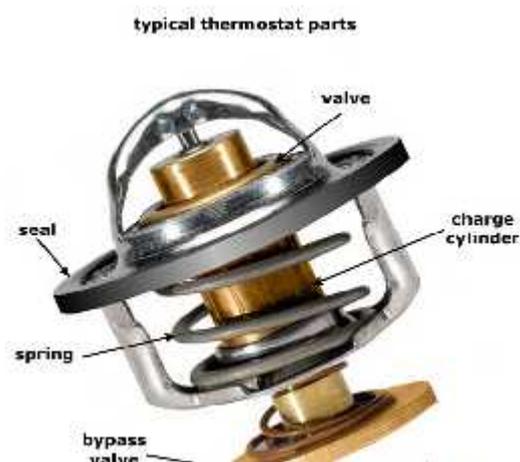
### 3. Thermostat

Thermostat bekerja dengan memanfaatkan tekanan yang disebabkan oleh fluida (cairan) panas dari dalam jaket pendingin mesin. Ketika tekanan naik, pegas pada thermostat akan tertekan dan membuka saluran menuju radiator, sehingga fluida panas tersebut akan masuk ke radiator dan didinginkan. Fluida dingin dalam radiator masuk ke jaket pendingin dengan cara menekan vakum valve thermostat. Thermostat semacam katup otomatis yang bekerja atas dasar pengaruh suhu air pendingin dan biasanya dipasangkan di dalam saluran air yang keluar dari kepala silinder. Thermostat sangat peka terhadap kotoran. Thermostat dapat seketika berhenti bekerja karena tertahan debu, kotoran ataupun kerikil. Dalam keadaan dingin maka thermostat akan menutup untuk mempercepat proses pemanasan mesin mencapai suhu ideal (antara 80-90 derajat celcius). Pada suhu 80 derajat celcius maka thermostat akan mulai membuka dan akan terbuka penuh pada suhu 90 derajat celcius. Thermostat biasanya dipasang antara radiator dan sirkuit pendingin (silinder head). Thermostat bekerja seperti katup otomatis yang bekerja berdasarkan panas, dimana pada waktu dingin katup akan menutup dan pada waktu panas katup akan membuka,

Proses kerja thermostat:

Ketika mesin baru hidup, suhu air radiator masih dingin, thermostat masih tertutup dan air radiator yang dipompa oleh water pump masuk ke samping silinder atau water jaket di sekeliling silinder dan masuk ke

silinder head. Dari silinder head air pendingin karena dipompa oleh water pump akan kembali ke water pump melewati saluran bypass yang mana lubang saluran bypass dengan waterpump masih terbuka karena bypass valve pada thermostat belum menutup saluran bypass. Perlu dimengerti dahulu beda Saluran bypass dengan bypass valve, saluran bypass berada di blok mesin sedangkan bypass valve di thermostat. Dari sirkulasi pendek cairan pendingin mesin tersebut, akan mempercepat temperatur kerja mesin tercapai. Ketika air pendingin yang berada pada bagian mesin (water jaket) temperaturnya sudah naik dan berada pada suhu buka thermostat, maka valve utama thermostat terbuka dan bypass valve menutup saluran bypass pada mesin. Pada saat saluran bypass tertutup oleh bypass valve thermostat, saat itu juga valve utama thermostat terbuka dan mengalirkan air dari radiator yang telah didinginkan oleh kipas radiator untuk mendinginkan mesin.



Gambar 2.9 Thermostat

#### **4. Kipas pendingin:**

Radiator didinginkan oleh aliran udara luar yang mengalir melewati sirip-siripnya. Pada saat kendaraan berhenti aliran udara tidak akan cukup untuk mendinginkan radiator. Untuk mengatasi hal ini maka dibelakang radiator dipasang kipas pendingin untuk membantu agar aliran udara selalu cukup untuk mendinginkan radiator. Ada 2 jenis kipas yang sering digunakan pada kendaraan yaitu kipas yang digerakan oleh motor listrik dan kipas manual yang digerakan oleh poros engkol mesin itu sendiri melalui tali kipas/V-belt.

Jenis kipas pendingin radiator :

##### **1. Kipas konvensional**

Kipas ini disebut konvensional karena bekerja secara otomatis berdasarkan mesin, sehingga ketika mesin hidup kipas juga langsung hidup dan semakin tinggi RPM mesin semakin cepat putaran kipas. Ini terjadi karena ada V belt yang menghubungkan poros engkol (pulley mesin) dengan poros kipas pendingin. Dan kelemahan kipas konvensional adalah tidak dapat membantu mengatur suhu mesin ketika suhunya masih dingin (dibawah suhu kerja mesin).

##### **2 Kipas Elektrik**

Pada versi terbaru, kipas tidak lagi dihubungkan dengan pulley mesin, Namun sudah bekerja menggunakan sebuah motor listrik. Sebuah motor listrik diletakan pada poros cooling fan dan akan bekerja pada

waktu tertentu saja. Kipas elektrik bekerja disaat suhu mesin mengalami peningkatan diatas suhu kerjanya kemudian kipas akan berhenti saat suhu mesin turun ke suhu kerja. Dan proses ini terus berlangsung selama mesin hidup, namun elektrik fan juga akan menyala dikala AC di aktifkan meski suhu mesin berada di bawah suhu kerjanya. Kontrol kipas ini sudah diatur oleh sistem elektrikal secara otomatis melalui sensor sehingga kita tidak perlu memusingkan masalah pendinginan mesin-mesin modern. Ini membuat RPM mesin tidak mempengaruhi kinerja kipas, dengan kata lain kipas bisa mati meski mesin bekerja cukup kencang. Selain itu, kelebihan lain dari electric fan ini juga tidak membebani tenaga mesin sehingga power mesin bisa dimaksimalkan untuk menjalankan roda. Untuk kelemahannya ada pada penggerak itu sendiri, saat baterai atau kelistrikan mobil drop maka ini juga akan mempengaruhi kinerja kipas pendingin.



Gambar 2.10 Kipas radiator

## 5. Tangki Cadangan

Reservoir berfungsi sebagai penampung cadangan air radiator yang dapat masuk melalui lubang overflow yg ada di tutup radiator selama mesin bekerja. Prinsip kerja dari tangki reservoir adalah apabila suhu dan tekanan air pendingin dalam radiator naik, maka air yang ada pada reservoir akan mengalir dari tangki reservoir kedalam radiator dan akan mengalir kembali kedalam tangki reservoir apabila suhu air dalam radiator turun. Tangki cadangan dihubungkan ke radiator melalui selang overflow, reservoir ini juga berfungsi untuk membantu menjaga agar volume air pendingin selalu stabil.



Gambar 2.11 Tanki cadangan

## 6. Pompa Air (Water Pump)

Disebut pompa air radiator, berfungsi membantu mensirkulasikan cairan radiator dari block silinder lalu silinder head untuk mengalirkan panas yg ada pada air kembali ke radiator untuk proses pendinginan.

Pompa ini bekerja terus-menerus selama mesin bekerja, ada yang bekerja menggunakan putaran poros engkol atau crankshaft, ada yang menggunakan putaran noken as atau camshaft, dan juga ada pula yang memakai pompa elektrik yang diputar oleh aki.

Pompa air ini menggunakan type pompa sentrifugal yang menggunakan sudu-sudu atau propeler untuk menimbulkan tekanan agar dapat bersirkulasi ke seluruh jalur system pendingin radiator.

Bagian-bagian dari Water Pump :

1. Poros (shaft)

Merupakan komponen utama pada pompa radiator dimana bagian depannya terhubung dengan puli untuk mendapatkan tenaga dari putaran poros engkol sedangkan bagian belakang dihubungkan dengan impeler pompa.

2. Impeler

Impeler yang berbentuk seperti baling-baling kipas berfungsi untuk membuat tekanan pada saat pompa berputar.

3. Water Pump seal

Water pump seal berfungsi untuk mencegah agar air radiator tidak bocor dari sistem pendingin pada poros pompa.



Gambar 2.12 Water pump

## 7. Selang radiator

Berfungsi sebagai penghubung antara radiator dan blok mesin. Ada dua slang di radiator, Upper hose berfungsi menghubungkan dan mengalirkan air panas dari mesin ke radiator. Sedangkan lower hose untuk menghubungkan dan mengalirkan air yang sudah didinginkan kembali ke mesin.



Gambar 2.13 Selang radiator

## 8. Water jacket

Water jacket adalah lubang-lubang kecil yang berada di blok dan head silinder yang berfungsi sebagai saluran tempat air mengalir untuk mendinginkan mesin. Pada mesin yang dirancang untuk daerah ber iklim panas biasanya water jacket dibuat atau di rancang lebih lebar, dan pada daerah beriklim dingin waterjacket di rancang lebih sempit. Perbedaan inilah yang sering membuat mobil-mobil eropa yang di gunakan di indonesia sering mengalami over head, khususnya mobil keluaran tahun lama. Masalah pada water jacket biasanya diakibatkan oleh lapisan karat yang menghalangi efektifitas air pendingin untuk menyerap panas dan menghaliangi air itu untuk bersirkulasi di dalam water jacket tersebut.



Gambar 2.14 Water jacket