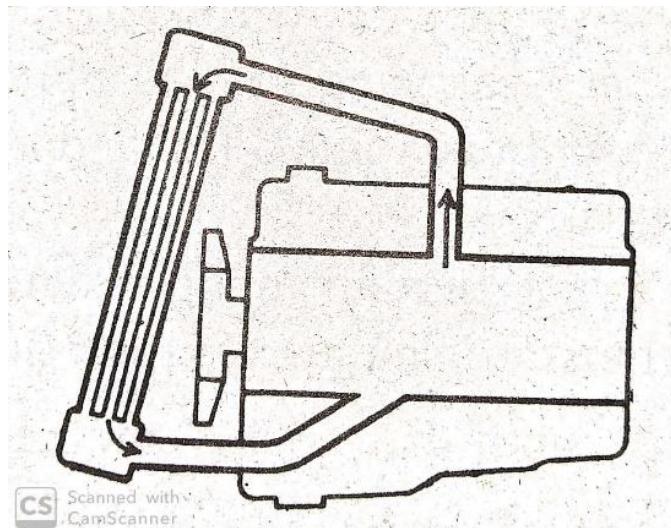


## BAB II

### PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

#### A. Fungsi Sistem Pendingin Mesin



Gambar 1. Kontruksi Sistem Pendingin Thermosyphon (NORTHOP, 1991).

Prinsip sistem pendingin *Thermosyphon* digunakan sebelum tahun 1940 yang pada intinya mengaplikasikan air sebagai media pendingin. Apabila air pendingin di dalam mesin panas maka akan menguap dan naik melalui pipa menuju bagian atas radiator dan turun melalui sirip – sirip radiator menjadi cairan yang dingin kemudian bersirkulasi untuk proses pendinginan. Prinsip sistem pendingin *Thermosypon* sudah tidak digunakan lagi karena tidak dilengkapi dengan pompa air sehingga kurangnya efisiensi mendinginkan mesin.

Mesin dapat bekerja dengan adanya proses perubahan energi dari energi panas menjadi energi mekanik. akan tetapi hanya seperempat panas yang

digunakan untuk perubahan tersebut. Panas yang dihasilkan oleh pembakaran campuran udara dan bahan bakar dapat mencapai kurang lebih  $700^{\circ}$  C. Energi panas yang tersisa akan dibuang melalui sistem gas pembuangan (*exhaust system*) dan diserap oleh sistem pendingin. Panas yang cukup tinggi ini dapat melelehkan logam atau komponen lain yang digunakan pada mesin, sehingga apabila mesin tidak dilengkapi dengan sistem pendingin dapat merusak komponen mesin tersebut. Umumnya temperatur kerja mesin antara 82 sampai  $99^{\circ}$  C. Pada saat mesin mencapai temperatur tersebut, komponen mesin akan memuai sehingga celah (*clearance*) pada masing-masing komponen menjadi rapat. Disamping itu kerja mesin menjadi maksimum dan emisi gas buang yang ditimbulkan menjadi minimum.

Untuk mempercepat mesin mencapai temperatur kerjanya dengan tujuan untuk mencegah terjadinya keausan yang berlebihan, kerja mesin yang kurang baik dan emisi gas buang yang berlebihan. Mesin yang bekerja pada saat dingin tidak dapat optimal karena suhu kerjanya belum dicapai. Temperatur dinding silinder yang dingin mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga gas buang banyak mengandung emisi yang merugikan manusia. Oleh karena itu pada saat mesin hidup temperatur kerja harus segera dicapai.

Dari uraian tersebut diatas maka kesimpulan dari fungsi sistem pendingin adalah :

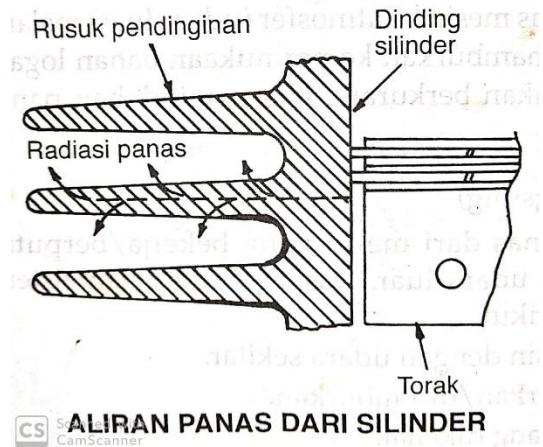
1. Mempertahankan temperatur kerja mesin berada pada suhu kerja 82 sampai 99° C.
2. Menyerap panas mesin, sebagian panas mesin yang digunakan akan dibuang untuk menghindari *overheating*.
3. Mempercepat mesin dalam mencapai suhu kerja.

## B. Jenis – jenis Sistem Pendingin

Efisiensi kinerja mesin tidak dapat optimal apabila tidak dilengkapi dengan sistem pendingin karena pemindahan panas yang dihasilkan semakin bertambah. Sistem pendingin dapat menyerap 33% panas mesin ke atmosfer melalui udara yang dilepas ke permukaan bahan logam atau komponen. Jenis – jenis pendingin mesin dibedakan menjadi dua yaitu sistem pendingin secara langsung (udara) dan secara tidak langsung (udara dan air). (Daryanto, 1999).

Pendinginan secara langsung memanfaatkan udara yang berhembus melalui sirip, rusuk atau fins pendingin yang dibuat di silinder mesin dan kepala silinder. Panas yang dihasilkan karena proses pembakaran di dalam mesin akan disalurkan melalui sirip – sirip tersebut dibuang dengan udara yang mengalir melalui sirip – sirip pelumas pada mesin juga ikut membantu dalam proses pendinginan, maka dari itu proses ini dirasa kurang

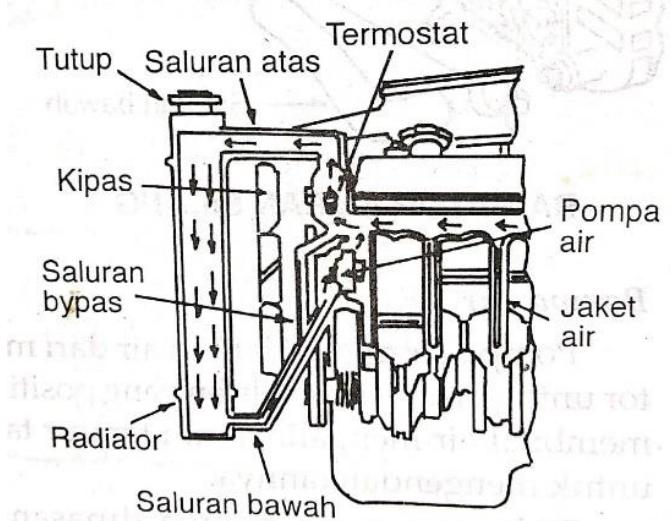
efisien untuk mendinginkan mesin mobil yang suhu kerjanya sangat tinggi. Sistem pendingin langsung ini banyak diaplikasikan pada motor kendaraan.



Gambar 2. Sistem Pendingin langsung (DARYANTO,1999).

Pendinginan secara tidak langsung yaitu pendinginan yang memanfaatkan aliran udara dan aliran air untuk mendinginkan dibantu dengan komponen pendukung seperti : radiator, *water jacket*, pompa air, kipas pendingin, thermostat, tutup radiator dan selang karet. Beberapa komponen tersebut saling berkesinambungan untuk memproses panas yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam mesin untuk berada tetap pada suhu kerja. Konstruksi sistem pendingin air lebih rumit dibanding sistem pendingin udara sehingga biaya produksinya lebih mahal. Secara rinci keunggulan sistem pendingin air antara lain, temperatur seluruh mesin lebih seragam sehingga kemungkinan distorsi kecil, ukuran kipas relatif lebih kecil sehingga tenaga yang diperlukan kecil, air yang bersirkulasi selain mendinginkan juga dapat meredam getaran mesin, kemungkinan overheating kecil walaupun dalam kerja yang berat dan jarak antar silinder

dapat diperdekat sehingga mesin lebih ringkas. Sistem pendingin ini diaplikasikan pada mesin mobil berbahan bakar bensin dan solar.



Gambar 3. Sistem Pendingin Tidak Langsung (DARYANTO, 1999).

### C. Komponen Sistem Pendingin

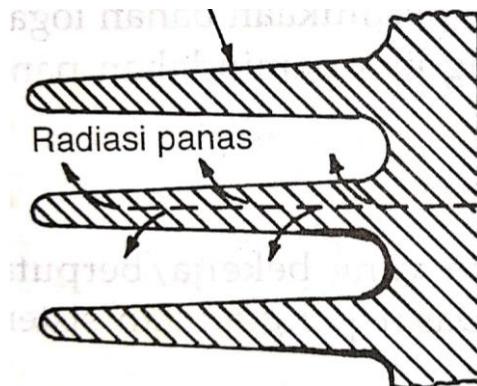
Berdasarkan 2 jenis sistem pendingin maka komponen yang terdapat pada kedua sistem tersebut berbeda, sistem pendingin dengan udara cenderung lebih simple karena hanya memanfaatkan sirip – sirip mesin sedangkan sistem pendingin dengan air lebih rumit namun efektif dalam mendinginkan mesin. Berikut adalah komponen dan fungsi komponen pendingin mesin dari beberapa jenisnya :

#### 1. Komponen pendingin langsung

##### a. Minyak pelumas

Oli yang terdapat pada mesin selain melumasi komponen agar tidak cepat aus juga membantu dalam proses pendinginan.

b. Sirip Mesin

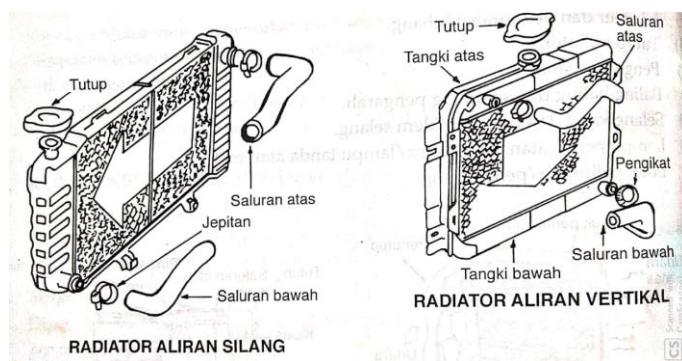


Gambar 4. Sirip Mesin Pendingin Langsung (NORTHOP, 1991).

Sistem ini karena tidak memanfaatkan air sebagai pendingin, maka desain mesin yang dibuat agar bisa mencapai proses pendinginan dibuat dengan sirip – sirip untuk lajur udara.

2. Komponen pendingin tidak langsung atau pendingin air

a. Radiator

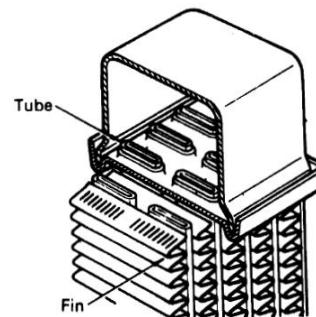


Gambar 5. Radiator (NORTHOP, 1999).

Berfungsi sebagai tempat untuk mendinginkan air yang panas, terdiri dari tanki atas, bawah dan pipa yang dilengkapi sirip untuk

memaksimalkan pendinginan. Posisi dari radiator biasanya berdekatan dengan kipas pendingin yang di putar dengan mesin atau kipas elektrik dan sejajar tingginya dengan mesin untuk memudahkan alirannya.

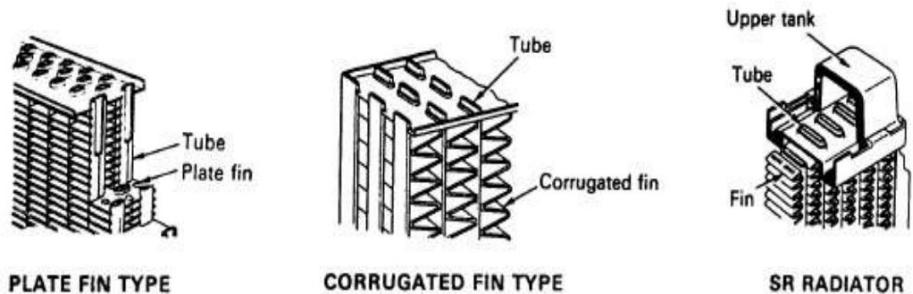
Inti radiator berfungsi untuk membuang panas dari air ke udara agar temperatur menjadi lebih rendah dari sebelumnya. Inti radiator terdiri dari pipa-pipa air untuk mengalirkan air dari tangki atas ke tangki bawah dan sirip-sirip pendingin untuk membuang panas air yang ada pada pipa.



Gambar 6. Inti Radiator (New Step 1 Training Manual Toyota 1995).

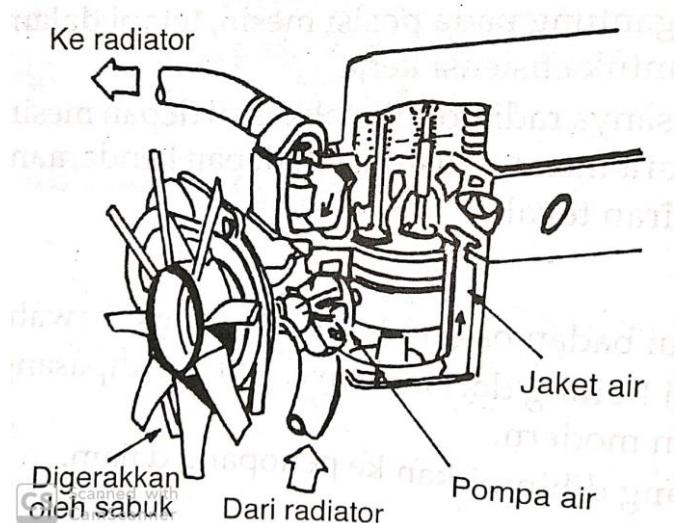
Ada 2 tipe inti radiator (radiator core), yang perbedaannya tergantung model pada sirip-sirip pendinginnya. Tipe plate (flat fin type) dan tipe lekukan (currogated fin type) seperti terlihat pada gambar. Beberapa kendaraan modern menggunakan versi terbaru. Yaitu tipe lekukan, dari radiator tipe SR. Inti radiator tipe radiator SR ini hanya mempunyai susunan pipa tunggal (single row) sehingga bentuk keseluruhannya menjadi tipis dan ringan

dibandingkan dengan radiator biasa. (New Step Training Manual 1995).



Gambar 7. Tipe Inti Radiator (New Step 1 Training Manual Toyota 1995).

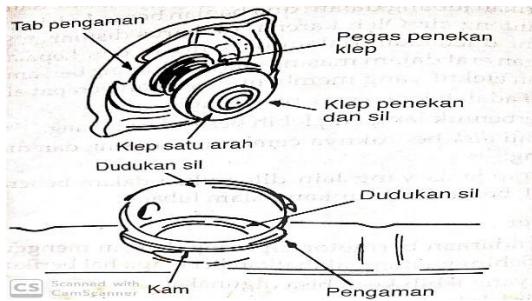
b. Pompa air



Gambar 8. Pompa Air (NORTHOP, 1991).

Berfungsi untuk mempercepat aliran sistem pendingin. Terdapat impeller terbuat dari disc yang dilengkapi baling – baling untuk melemparkan air dari pompa ke arah water jacket dengan memanfaatkan gaya sentrifugal.

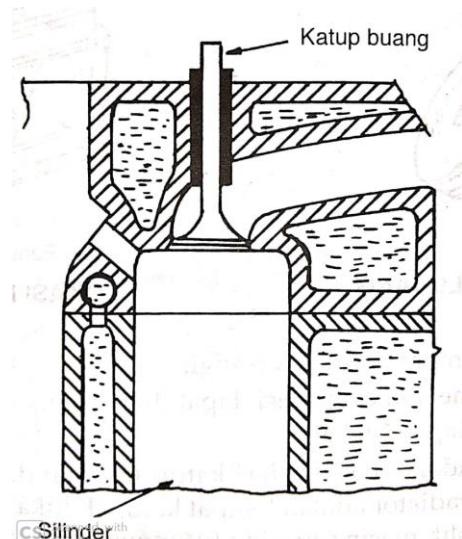
c. Tutup radiator



Gambar 9. Tutup Radiator (NORTHOP, 1991).

Berfungsi untuk menjaga volume air yang bersirkulasi agar tidak cepat habis atau menimbulkan gelembung didalam mesin.

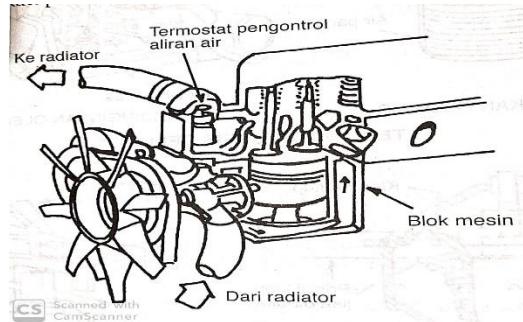
d. Kantong air (*water jacket*)



Gambar 10. Water Jacket (NORTHOP, 1991).

Lubang yang terdapat dimesin berada pada celah- celah dinding silinder untuk tempat bersirkulasinya air.

### e. Thermostat

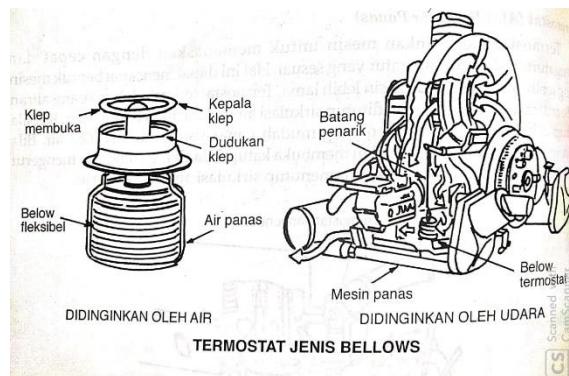


Gambar 11. Thermostat (NORTHOP, 1991).

Berfungsi untuk menutup sirkulasi air apabila mesin belum mencapai suhu kerja dan untuk membuka aliran air apabila suhu kerja terlalu tinggi. (NORTHOP, 1991)

Thermostat dibedakan menjadi 2 yaitu :

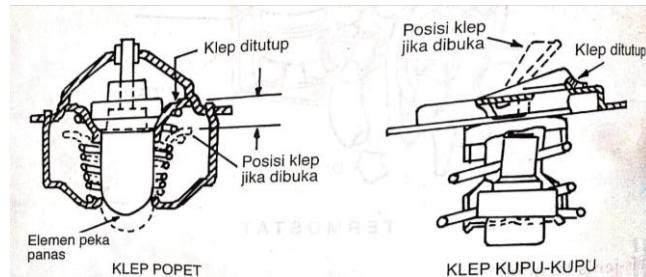
- 1) Tipe bellows



Gambar 12. Thermostat tipe *bellows* (NORTHOP, 1991).

Sekarang sudah tidak banyak digunakan. Terdiri dari concertina bulat diisi dengan volatile fluid yang sifatnya mudah menguap, terbuat dari bahan metal yang tipis. Apabila air pendinginan mendidih maka zat tersebut akan mengembang sehingga membuka jalur aliran untuk mendinginkan mesin.

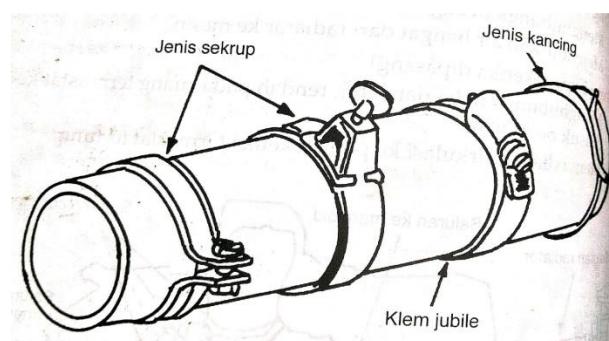
## 2) Tipe wax element



Gambar 13. Thermostat tipe *Wax Element* (NORTHOP, 1991).

Dilengkapi dengan membran dari karet yang dikelilingi oleh *wax* (paraffin) dan ditempatkan pada brass container sebagai katup yang berhubungan dengan air pendingin mesin. Apabila saat mesin panas maka paraffin akan mencair dan mendorong container untuk membuka aliran. Terdapat pegas pendorong untuk kembali menutup aliran apabila mesin dalam posisi suhu rendah.

## f. Selang Karet (*Hose*)



Gambar 14. Selang Karet (*Hose*) (NORTHOP, 1991).

Bersifat fleksibel untuk menghubungkan aliran pendingin dari mesin ke radiator. Selang radiator berfungsi untuk meredam suhu, menjaga tekanan dalam sistem dengan menahan kelenturannya.

Macam-macam selang dalam sistem pendingin antara lain :

1) Selang Radiator atas

Selang radiator atas berfungsi menghubungkan bagian atas dari radiator ke pengeluar (outlet) ruang pengukur panas dan menyalurkan air panas dari mesin ke radiator.

2) Selang radiator bawah

Selang radiator bawah berfungsi menghubungkan bagian lebih rendah pada ruang thermostat ke sisi jalan masuk pompa air dan menyalurkan air hangat dari radiator ke mesin.

3) Selang bypass (ketika dipasang)

Selang bypass (ketika dipasang) berfungsi untuk menghubungkan bagian lebih rendah pada ruang thermostat ke sisi jalan masuk pompa air dan menyediakan sirkulasi ke pompa ketika thermostat tertutup.

4) Selang pemanas

Selang pemanas biasanya digunakan untuk mengedarkan air ke pemanas kendaraan atau saluran masuk pompa. Satu selang menghubungkan bagian terendah ruang thermostat atau kepala silinder dan melangsungkan air panas ke pemanas. Selang yang lain menghubungkan ke sisi jalan masuk pada pompa air untuk menyalurkan air hangat kembali ke mesin.

5) Selang penjepit

Selang penjepit digunakan untuk melindungi kerapatan selang untuk macam-macam hubungan (pada ujung selang).

Beberapa jenis dari selang penjepit pada kendaraan antara lain jubilee, tipe skrup, dan tipe kancing atau spring.

(Daryanto, 1999)

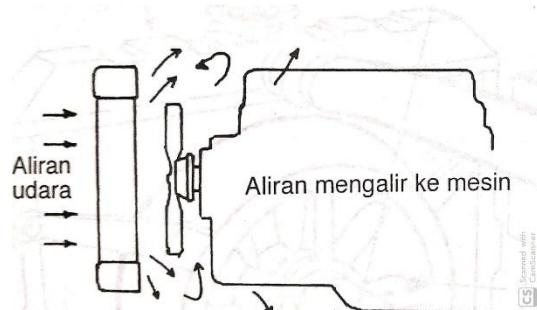
g. Kipas pendingin



Gambar 15. Kipas pendingin (NORTHOP, 1991).

Berfungsi untuk menghembuskan udara ke mesin untuk memaksimalkan pendinginan. Kipas pendingin dibedakan menjadi 2 yaitu :

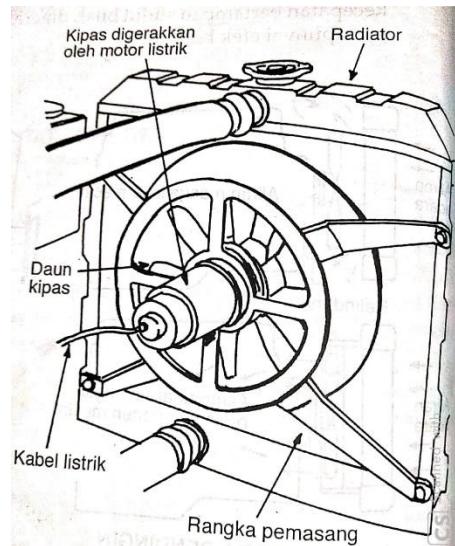
### 1) Kipas pendingin yang digerakkan poros engkol



Gambar 16. Kipas Pendingin yang digerakkan poros engkol (NORTHOP, 1991).

Kipas pendingin jenis ini digerakkan terus menerus oleh poros engkol melalui tali kipas. Kecepatan kipas berubah sesuai dengan kecepatan mesin. Putaran kipas belum cukup besar apabila mesin masih berputar lambat, tetapi apabila mesin berputar dengan kecepatan tinggi, kipas berputar dengan kecepatan tinggi. Hal tersebut akan menambah tahanan sehingga kehilangan tenaga dan menimbulkan bunyi pada kipas. Untuk mencegah hal tersebut maka biasanya antara pompa air dan kipas pendingin dipasang sebuah kopling fluida.

2) Kipas pendingin yang digerakkan motor listrik



Gambar 17. Kipas Pendingin Elektrik (NORTHOP, 1991).

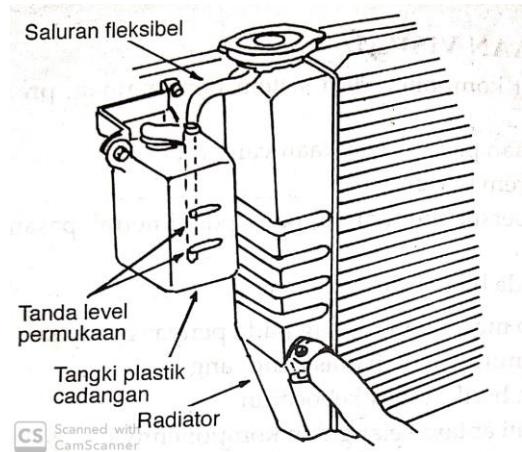
Berputarnya kipas pendingin yang digerakkan oleh motor listrik terjadi pada saat temperatur air pendingin panas. Temperatur air pendingin dikirimkan ke motor listrik melalui sinyal yang terdapat pada kepala silinder. Pada saat temperatur meningkat pada suatu tingkat yang ditetapkan, sinyal tersebut merangsang motor *relay* untuk menggerakkan motor listrik yang kemudian menggerakkan kipas pendingin. Dengan demikian kipas akan bekerja pada saat yang dibutuhkan, sehingga temperatur mesin dapat dicapai lebih cepat. Disamping itu juga membantu mengurangi suara bising yang ditimbulkan kipas pendingin. Berputarnya kipas pendingin apabila temperatur mesin melebihi 93° C. Hal tersebut diatur oleh *coolant temperatur switch* yang dipasang

pada saluran air keluar dari mesin ke radiator dan *relay* dari motor listrik.

Apabila kunci kontak pada posisi ON, mesin berputar dan temperatur air pendingin di bawah  $93^{\circ}\text{C}$  seperti terlihat pada gambar 35, *coolant temperatur switch* pada keadaan ini titik kontaknya dalam keadaan tertutup sehingga arus listrik mengalir melalui kunci kontak, *relay*, titik kontak *coolant temperatur switch* dan ke massa. Arus listrik yang mengalir pada *relay* akan menyebabkan titik kontak pada *relay* terbuka sehingga arus listrik yang ke motor listrik tidak mengalir sehingga kipas tidak berputar.

Apabila temperatur air pendingin melebihi  $93^{\circ}\text{C}$ , titik kontak pada *coolant temperatur switch* akan terbuka yang selanjutnya akan menyebabkan *relay* tidak bekerja dan titik kontaknya saling berhubungan. Pada keadaan ini arus listrik akan mengalir dari baterai ke motor listrik melalui kunci kontak dan titik kontak *relay* sehingga motor berputar bersama dengan kipas yang selanjutnya mengalirkan udara melalui inti radiator.

h. Tangki cadangan (*reservoir tank*)



Gambar 18. *Reservoir Tank* (NORTHOP, 1991).

Berfungsi untuk menampung muatan air akibat panas radiator yang mendidih. Memelihara zat pendingin dan membuatnya lebih mudah memeriksa derajat panas.

#### D. Cara Kerja Sistem Pendingin

Berdasarkan jenis sistem pendinginannya yang dibagi menjadi dua, berikut adalah cara kerjanya:

##### 1. Cara kerja sistem pendingin langsung

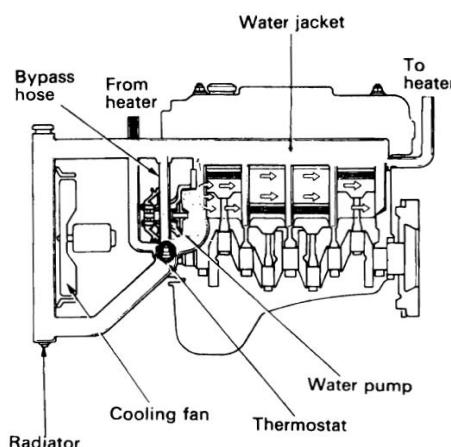
Suhu kerja yang tinggi pada mesin berpendingin langsung memanfaatkan udara luar sebagai media pendinginan. Perpindahan panas mesin yang terbuat dari logam menuju udara luar ketika motor bergerak. Panas mesin dilepas ke udara melalui sirip – sirip mesin. Sirip – sirip yang terdapat pada badan mesin membantu mendinginkan mesin karena tidak tertutup frame sehingga udara mudah masuk melalui sirip – sirip tersebut. Panas memiliki sifat mudah mengalir ke zat yang

memiliki suhu lebih rendah, sehingga proses pendinginan dapat berlangsung.

## 2. Cara kerja sistem pendingin tidak langsung

### a. Bila Mesin masih dalam Keadaan Dingin

Saat mesin masih dingin sirkulasi cairan pendingin hanya terjadi didalam mesin saja, tanpa melalui radiator (seperti yang ditunjukan arah panah pada gambar). Ketika mesin masih dalam keadaan dingin, cairan pendingin masih dalam keadaan dingin dan thermostat masih tertutup, sehingga cairan pendingin yang bersirkulasi ke radiator tertutup oleh thermostat dan akan melewati saluran bypass untuk kembali bersirkulasi kedalam mesin, proses ini juga bertujuan untuk mempercepat mesin mencapai suhu kerja normal yaitu sekitar 80-90 °C. (New Step Training Manual 1995)

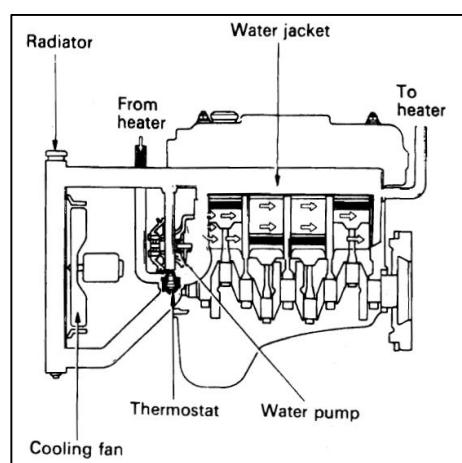


Gambar 19. Kerja sistem pendingin mesin pada saat mesin dingin  
(New Step 1 Training Manual Toyota 1995)

b. Bila Mesin dalam Keadaan Panas

Setelah mesin menjadi panas dan melebihi temperatur kerja mesin, maka thermostat akan terbuka dan katup bypass akan tertutup dalam bypass sirkuit. Sehingga cairan pendingin yang menjadi panas didalam water jacket (yang menyerap panas dari mesin) kemudian disalurkan ke radiator untuk didinginkan dengan kipas dan putaran udara dengan adanya gerakan maju kendaraan itu sendiri. Selanjutnya cairan pendingin yang sudah didinginkan didalam radiator ditekan kembali oleh pompa air menuju ke water jacket untuk mendinginkan mesin, begitu seterusnya sampai temperatur kembali turun hingga thermostat kembali menutup.

(New Step Training Manual 1995)



Gambar 20. Kerja sistem pendingin mesin pada saat mesin panas

(New Step 1 Training Manual Toyota 1995)

## E. Gangguan – gangguan pada sistem pendingin mesin

Gejala dan kemungkinan yang terjadi pada sistem pendingin mesin adalah sebagai berikut :

1. Mesin terlalu dingin (*overcooling*)
  - a. Termostat yang rusak harus diatasi dengan mengganti termostat.
  - b. Jika udara terlalu dingin, radiator harus ditutup. (Daryanto, 1999)
2. Mesin terlalu panas (*overheating*)
  - a. Kekurangan air, dapat diatasi dengan menambah air pendingin dan memeriksa kebocorannya.
  - b. Tali kipas yang kendur dapat diatasi dengan menyetel kembali tali kipas.
  - c. Tali kipas basah karena minyak atau rusak dapat diatasi dengan mengganti tali kipas.
  - d. Termostat yang rusak harus diganti.
  - e. Pompa air yang tidak bekerja dapat diatasi dengan pompa memperbaiki pompa atau diganti.
  - f. Saluran pendinginan pada radiator atau jaket air yang tersumbat harus dibersihkan.
  - g. Waktu pengapian yang tidak tepat harus disetel kembali. (Daryanto, 1999)
3. Sistem pendingin kekurangan air
  - a. Kebocoran pada radiator dapat diatasi dengan memperbaiki radiator.

- b. Selang yang longgar atau rusak dapat diatasi dengan penghubung selang dipererat atau diganti.
- c. Pompa air yang bocor dapat diperbaiki atau diganti.
- d. Gasket kepala silinder yang bocor dapat diatasi dengan mengencangkan atau mengganti baut.
- e. Kepala silinder atau blok silinder yang retak harus diganti.
- f. Mesin bekerja dengan suhu yang terlalu tinggi, dapat diatasi dengan menyelidiki sebab terjadinya panas yang berlebihan.

(Daryanto, 1999)

- 4. Terdapat bunyi (*noise*) pada sistem pendingin mesin
  - a. Bantalan pompa yang rusak dapat diatasi dengan mengganti rakitan bantalan.
  - b. Daun kipas pompa yang longgar atau bengkok dapat diatasi dengan cara daun kipas diperkencang, diperbaiki, atau diganti.
  - c. Jangan menggunakan bahan anti karat yang mengandung "*chromate, bichromate, nitrous acid, hydrochloric, atau silica sand.*"
  - d. Tutuplah lubang-lubang inlet (masuk) dan outlet (keluar) radiator dan celupkan radiator ke dalam air. Kemudian, masukan udara melalui pipa *overflow* (aliran lebih) dan periksa adakah gelembung-gelembung udaranya.

- e. Tutup lubang-lubang *inlet* dan *outlet*. Beri tekanan air pada radiator, tempats tempat yang bocor dapat dengan mudah terlihat.  
(Daryanto, 1999)