

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengertian Radiator

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan maupun memanaskan. Radiator yang kita kenal pada umumnya digunakan pada kendaraan bermotor (roda dua atau roda empat), namun tidak jarang radiator juga digunakan pada mesin yang memerlukan pendinginan ekstra. Seperti pada mesin produksi atau mesin lainnya yang bekerja dalam kondisi kerja berat atau lama. Pada kendaraan baik motor atau mobil radiator pada umumnya terletak di depan dan berada didekat mesin atau pada posisi tertentu yang menguntungkan bagi sistem pendinginan. Hal ini bertujuan agar mesin mendapatkan pendinginan yang maksimal sesuai yang dibutuhkan mesin.

Untuk diketahui, saat mesin bekerja efek panas yang tinggi terjadi dan sangat berpengaruh terhadap komponen lainnya. Jika suhunya terlalu tinggi, mesin akan mengalami overheating, karena itu seharusnya ada zat seperti Coolant yang mempertahankan titik didih air agar radiator tetap bekerja optimal. “Coolant bukan untuk mendinginkan temperatur, tetapi memperpanjang titik didih air di dalam sistem pendinginan (bukan hanya radiator)”.

2.1.1 Radiator Sepeda Motor

Tidak cuma mobil saja yang menggunakan radiator, motor masa kini juga telah dilengkapi dengan komponen tersebut. Fungsi radiator pada sepeda motor adalah sebagai komponen pendingin agar performa kuda besi tetap tinggi sekaligus efisien.

Secara garis besar, fungsi radiator pada sepeda motor memang sebagai pendingin mesin. Panas yang dihasilkan mesin akan diserap cairan atau radiator coolant yang bersirkulasi lewat water jacket di silinder dan kepala silinder. Lalu, cairan panas ini akan didorong (disedot) menuju radiator. Di komponen yang terbuat dari banyak pipa kecil ini, cairan akan tersebar. Karena banyak sirip yang dilalui angin, maka suhu otomatis turun. Kemudian, cairan yang sudah didinginkan akan berputar kembali ke dalam mesin. Radiator terdiri dari tangki air bagian atas (*upper tank*), tangki bagian bawah (*lower water tank*) dan radiator core pada bagian tengahnya

Jika cairan sudah bersirkulasi namun suhu tetap tinggi, maka kinerja radiator akan dibantu extra fan atau kipas tambahan. Fungsinya, tentu untuk menyedot udara dari depan radiator, sehingga pendinginan bisa berlangsung.

2.2 Komponen Radiator Motor

2.2.1 Tutup Raditor

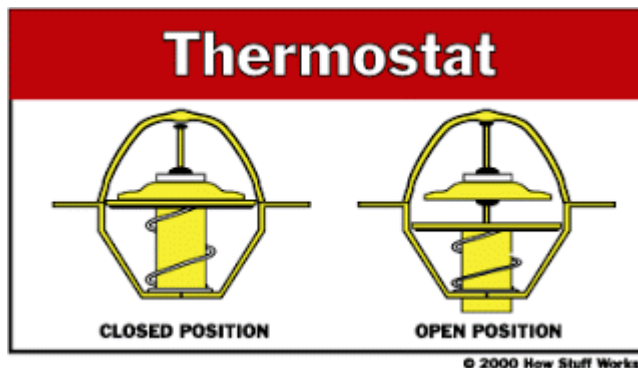
Komponen ini memiliki fungsi di antaranya untuk menaikkan titik didih air pendingin dengan jalan menahan ekspansi air pada saat air menjadi panas sehingga tekanan air pada saat air menjadi panas sehingga tekanan air menjadi lebih tinggi dari tekanan udara luar. Selain fungsi tersebut diatas komponen ini juga berfungsi untuk mempertahankan air pendingin di dalam sistem agar tetap penuh walaupun mesin dalam keadaan panas atau dingin. Agar fungsi tersebut terjaga maka tutup radiator dilengkapi dengan relief valve dan vacum valve.



Gambar 2.1 Tutup Radiator

2.2.2 Thermostat Pada Radiator Motor

Komponen ini memiliki fungsi untuk mempercepat terjadinya suhu kerja pada mesin saat mesin masih dingin dan juga berfungsi untuk mempertahankan mesin selalu pada suhu kerjanya. Thermostat yang ada pada radiator motor biasanya dipasang antara radiator dan sirkuit pendingin (silinder block dan silinder heat). Komponen ini bekerja seperti katup otomatis yang bekerja berdasarkan panas, dimana pada waktu dingin katup akan menutup dan pada waktu panas katup akan terbuka.



Gambar 2.2 contoh Thermostat

2.2.3 Kipas Pendingin Pada Radiator Motor

Radiator pada motor didinginkan oleh aliran udara luar yang mengalir melewati sirip-siripnya. Pada saat kendaraan berhenti aliran udara tidak akan cukup untuk mendinginkan radiator. Hal yang harus diperhatikan untuk mengatasi masalah ini maka dibelakang radiator dipasang kipas pendingin untuk membantu agar aliran udara selalu cukup untuk mendinginkan radiator.



Gambar 2.3 Kipas Radiator Standart

2.2.4 Tangki Cadangan

Tangki cadangan atau reservoir dihubungkan ke radiator melalui selang overflow. Komponen ini memiliki fungsi untuk menjaga agar volume air pendingin yang ada pada radiator tetap dalam keadaan stabil.

2.2.5 Pompa Air

Pompa air atau water pump merupakan komponen yang ada pada radiator yang memiliki fungsi mensirkulasikan air pendingin dengan jalan membuat perbedaan tekanan antara saluran hisap dengan saluran tekanan yang terdapat pada pompa. Pompa yang umumnya digunakan pada radiator motor adalah tipe sentrifugal.



Gambar 2.4 contoh water pump

2.2.6 Selang Radiator

Selang radiator memiliki fungsi sebagai penghubung antara radiator dan blok mesin. Selang radiator ada 2 yaitu upper hose berfungsi mengalirkan air panas dari mesin ke radiator, dan yang kedua ada lower hose berfungsi untuk menyalurkan air yang sudah didinginkan kembali ke mesin.

2.2.7 Water Jacket Pada Radiator Motor

Water jacket merupakan komponen terakhir yang ada pada radiator yang memiliki fungsi sebagai saluran-saluran tempat air mengalir di blok mesin. Nah inilah komponen-komponen penyusun yang ada pada radiator, dengan adanya pengetahuan mengenai komponen-komponen ini dan fungsinya untuk apa saja, maka akan memudahkan anda dalam memperbaiki radiator apabila bermasalah.

2.3 Prinsip Kerja Radiator Sebagai Pembuangan Panas Mesin

Panas mesin terpusat pada ruang bakar / silinder yang merupakan hasil dari proses pembakaran udara dan bahan bakar. Panas di ruang mesin ini dipindahkan dari sisi dalam silinder ke *water jacket* secara konduksi. Kemudian panas pada *water jacket* diteruskan ke fluida pendingin (air) secara konveksi, akibatnya air menjadi panas. Air pendingin yang telah menjadi panas ini disirkulasikan (dipompakan) ke radiator untuk didinginkan lagi agar mampu menyerap panas kembali.

Air panas masuk radiator ke *upper tank* melalui *upper hose*, selanjutnya ke *lower tank* melalui *tube* (pipa kapiler) pada *radiator core* dan keluar dari *lower tank* melalui *lower hose* sudah berupa air dingin. Air yang telah didinginkan tersebut kembali disirkulasikan ke sepanjang *water jacket* dan melakukan penyerapan panas seperti diuraikan di atas.

Proses pembuangan panas dari fluida pendingin (air) terjadi di radiator yaitu pada *radiator core*. Air panas yang mengalir pada *tube* memindahkan panas dari air (fluida pendingin) ke permukaan dalam *tube* secara konveksi. Panas selanjutnya dipindahkan dari permukaan dalam ke permukaan luar *tube* secara konduksi, dan diteruskan lagi dari permukaan luar *tube* ke *fin* (kisi-kisi radiator) secara konduksi juga. Panas dari *fin* radiator di pindahkan ke udara luar secara konveksi.

2.4 Pengertian Efektifitas

Pengertian efektifitas secara umum menunjukkan sampai seberapa jauh tercapainya suatu tujuan yang terlebih dahulu ditentukan. Hal tersebut sesuai dengan pengertian efektifitas menurut Hidayat (1986) yang menjelaskan bahwa :

“Efektifitas adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas dan waktu) telah tercapai. Dimana makin besar presentase target yang dicapai, makin tinggi efektifitasnya”.

Sedangkan pengertian efektifitas menurut Schemerhon John R. Jr. (1986:35) adalah sebagai berikut :

“ Efektifitas adalah pencapaian target output yang diukur dengan cara membandingkan output anggaran atau seharusnya (OA) dengan output realisasi atau sesungguhnya (OS), jika (OA) > (OS) disebut efektif ”.

Adapun pengertian efektifitas menurut Prasetyo Budi Saksiono (1984) adalah :

“ Efektifitas adalah seberapa besar tingkat kelekatan output yang dicapai dengan output yang diharapkan dari sejumlah input “.

Dari pengertian-pengertian efektifitas tersebut dapat disimpulkan bahwa efektifitas adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas,kualitas dan waktu) yang telah dicapai oleh manajemen, yang mana target tersebut sudah ditentukan terlebih dahulu. Berdasarkan hal tersebut maka untuk mencari tingkat efektifitas dapat digunakan rumus sebagai berikut :

Efektifitas = Ouput Aktual/Output Target ≥ 1

- Jika output aktual berbanding output yang ditargetkan lebih besar atau sama dengan 1 (satu), maka akan tercapai efektifitas.
- Jika output aktual berbanding output yang ditargetkan kurang daripada 1 (satu), maka efektifitas tidak tercapai.

2.5 Proses Pembuangan Panas Pada Radiator

Besar pembuangan panas radiator adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya panas pada air radiator yang dapat dibuang ke udara luar. Persamaan yang digunakan untuk menghitung adalah:

$$q = m.C_p (T_{h, in} - T_{h, out})$$

Keterangan:

- q = Laju perpindahan panas (W)
- m = Laju aliran massa air (kg/s)
- C_p = Kalor spesifik fluida air (kJ/kg °C)
- T_{h, in} = Temperatur air saat memasuki radiator (K)
- T_{h, out} = Temperatur air saat keluar radiator (K)

Perpindahan panas yang terjadi pada mesin radiator merupakan perpindahan energi dari suatu daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur antar daerah tersebut. Pada mesin radiator, perpindahan panas terjadi melalui 2 cara yaitu:

- **Konduksi.**

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan energi yang terjadi pada media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih energik ke partikel yang kurang energik pada benda akibat interaksi antar partikel partikel. Energi ini di hubungkan dengan pergerakan translasi, sembarang, rotasi dan getaran dari molekul molekul. Temperatur lebih tinggi berarti molekul lebih berenergi memindahkan energi ke temperatur lebih rendah (kurang energi). Untuk konduksi panas, persamaan aliran dikenal dengan hukum *Fourier*. (Made Ricki Murti, 2008). Jika kondisi pada dinding datar laju perpindahan panas satu dimensi adalah sebagai berikut:

$$Q_{kond} = -K \cdot A \cdot dT/dx$$

Keterangan:

Q_{kond} = Besar laju perpindahan panas konduksi (W)

K = Konduktivitas thermal Bahan (W/m.K)

dT/dx = Temperatur Gradient

A = Luasan Permukaan perpindahan panas (m²)

(-) = Perpindahan panas dari temperatur tinggi ke temperature rendah

- **Konveksi**

Perpindahan panas konveksi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan padat dan fluida yang bergerak atau mengalir akibat adanya temperatur. Secara umum konveksi dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Konveksi bebas (*free convection*) atau natural konveksi, yaitu konveksi dimana aliran fluida terjadi bukan karena dipaksa oleh suatu alat, tetapi disebabkan karena gaya apung (*buoyancy force*).
2. Konveksi paksa (*force convection*) yaitu konveksi yang terjadi dimana aliran fluida disebabkan oleh peralatan bantufan, *blower* dan lain-lain.
3. Konveksi dengan perubahan fase, yaitu sama seperti pendidihan (*boiling*) dan pengembunan (*kondensasi*).
Persamaan laju perpindahan panas konveksi, bila

$$T_s > T_\infty \text{ adalah : } Q_{konv} = hA (T_s - T_\infty)$$

Keterangan:

Q_{konv} = Besar laju perpindahan panas konveksi (W)

h = Koefisien konveksi (W/m²K)

A = Luasan permukaan perpindahan panas (m²)

$(T_s - T_\infty)$ = Perbedaan Temperatur (K)

Persamaan diatas disebut dengan hukum *Newton* pendinginan atau *Newton`s Law of Cooling*.

2.6 Metode Perhitungan

Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan rumus metode efektifitas pendinginan. Metode efektifitas mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisa perbandingan berbagai jenis penukar kalor dalam memilih jenis yang terbaik untuk melaksanakan pemindahan kalor tertentu.

Efektifitas penukar kalor (*HeatExchange Effectiveness*) didefinisikan sebagai berikut (Holman,1999 :498) : (Nazaruddin1, Yuliani2)

$$\epsilon = \frac{\text{Perpindahan kalor maksimum yang mungkin}}{\text{Perpindahan kalor nyata}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Perpindahan kalor yang sebenarnya (*actual*) dapat dihitung dari energy yang dilepaskan oleh fluida panas/energi yang diterima oleh fluida dingin untuk penukar kalor aliran lawan arah.(Nazaruddin1, Yuliani2)

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = m_c c_c (T_{c1} - T_{c2}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- q = perpindahan panas (Watt)
- m = laju aliran massa (m^3/s)
- c_h = kalor spesifik fluida panas ($J/kg^\circ C$)
- c_c = kalor spesifik fluida dingin ($J/kg^\circ C$)
- T_{h1} = suhu masuk fluida panas ($^\circ C$)
- T_{h2} = suhu keluar fluida panas ($^\circ C$)
- T_{c1} = suhu masuk fluida dingin ($^\circ C$)
- T_{c2} = suhu keluar fluida dingin ($^\circ C$)

Untuk menentukan perpindahan kalor maksimum bagi penukar kalor itu dipahami bahwa nilai maksimum akan didapat bila salah satu fluida mengalami perubahan suhu sebesar beda suhu maksimum yang terdapat dalam penukar kalor itu, yaitu selisih suhu masuk fluida panas dan fluida dingin.

Fluida yang mungkin mengalami beda suhu maksimum ini ialah yang mc -nya minimum, syarat keseimbangan energi bahwa energi yang diterima oleh fluida yang satu sama dengan energi yang dilepas oleh fluida yang lain. Jika fluida yang mengalami nilai mc yang lebih besar yang dibuat mengalami beda suhu yang lebih besar dari maksimum, dan ini tidak dimungkinkan. Jadi perpindahan kalor yang mungkin dinyatakan: (Nazaruddin1, Yuliani2)

$$q_{mak} = (mc)_{min} (T_{h\ masuk} - T_{c\ masuk}) \dots\dots\dots(2.3)$$

Perhitungan efektivitas dengan fluida yang menunjukkan nilai mc yang minimum, untuk penukar kalor lawan arah maka :

$$\varepsilon_h = \frac{mhch(T_{h1}-T_{h2})}{mhch(T_{h1}-T_{c2})} = \frac{T_{h1}-T_{h2}}{T_{h1}-T_{c2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\varepsilon_c = \frac{mhch(T_{h1}-T_{h2})}{mhch(T_{h1}-T_{c2})} = \frac{T_{h1}-T_{h2}}{T_{h1}-T_{c2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Secara umum efektivitas dapat dinyatakan sebagai :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T (fluida \text{ minimum})}{\text{beda suhu maksimum didalam penukar kalor}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Jika fluida dingin ialah fluida minimum, maka rumus efektifitas yang digunakan.(Nazaruddin1, Yuliani2)

$$\varepsilon = \frac{T_{c1}-T_{c2}}{T_{h1}-T_{c2}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.7 Metode Penelitian

2.7.1 Persiapan Alat Pengujian Radiator

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

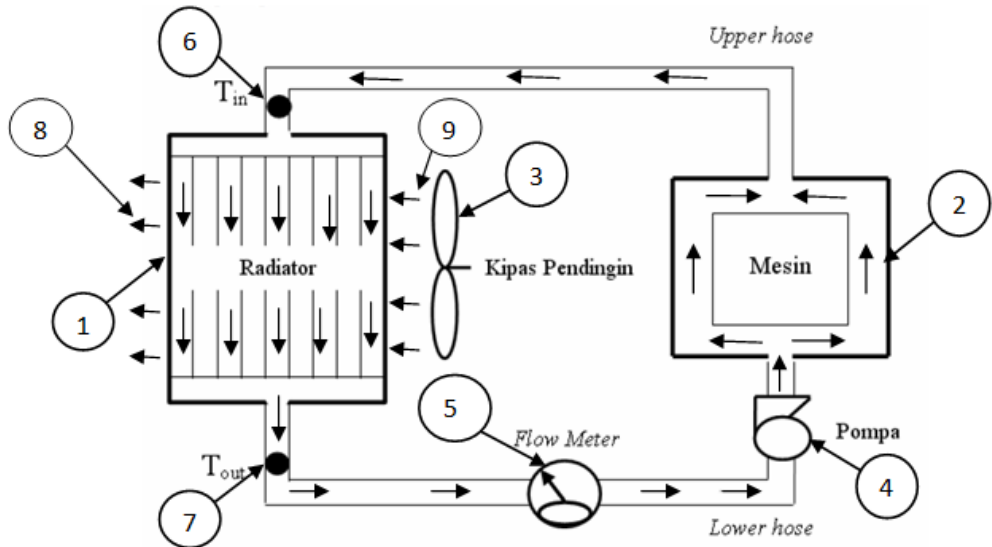
1. Sepeda motor bensin 135cc dengan pendinginan cairan.
2. Stopwatch
3. Thermometer Digital
4. Flowmeter
5. Anemometer

2.7.2 Persiapan Bahan Pengujian Radiator

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Radiator Coolant
2. Kipas standart
3. Kipas single besar
4. Double kipas/fan

2.7.3 Skema Alat Uji



Gambar 2.5 Skema alat uji radiator

Keterangan :

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| 1. Radiator | 6. Thermometer in (T_{h1}) |
| 2. Mesin | 7. Thermometer out (T_{h2}) |
| 3. Kipas radiator | 8. Anemometer (T_{c1}) |
| 4. Pompa radiator | 9. Anemometer (T_{c2}) |
| 5. Flowmeter | |

2.8 Prosedur Penelitian

Pengujian diawali dengan proses penyusunan peralatan, serta diperiksa dan disetting agar dapat dioperasikan dengan baik. Pelaksanaan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hidupkan mesin
2. Set putaran mesin (rpm) dan dipertahankan dalam keadaan konstan/*stedy* (rpm 1500)
3. Catat debit aliran fluida (m^3/min)
4. Ukur temperatur fluida pendingin
 T_{h1} : Suhu fluida keluar dari mesin masuk radiator ($^{\circ}C$)
 T_{h2} : Suhu fluida keluar radiator masuk ke mesin ($^{\circ}C$)
5. Ukur temperatur aliran udara
 T_{c1} : Suhu udara di depan radiator (udara yang menumbuk radiator) ($^{\circ}C$)
 T_{c2} : Suhu udara di belakang radiator (udara yang keluar dari radiator) ($^{\circ}C$)
6. Mencatat data pengamatan pada menit ke 10.
7. Semua data yang diambil dimasukkan ke dalam tabel data.

8. Matikan mesin
9. Lakukan langkah 1 sampai dengan 8 untuk tiap pengambilan data pada setiap variasi percobaan.

2.9 Analisis

Penelitian ini bersifat eksploratif yang bertujuan untuk melihat fenomena atau keadaan tertentu. Model analisis yang diambil ialah dengan mengumpulkan data, kemudian data yang bersifat kuantitatif diproses dengan cara diklasifikasikan dan dihitung dengan menggunakan suatu rumus terapan. Data tersebut selanjutnya diproses lebih untuk kepentingan visualisasi datanya.

Visualisasi ini bertujuan untuk mempermudah penulis maupun orang lain untuk memahami penelitian ini. Cara visualisasi dalam analisis data penelitian ini ialah dengan menampilkan data dalam bentuk diagram garis, sehingga dapat menggambarkan fenomena yang terjadi dengan jelas.