

Pengaruh Variasi Putaran Dan Debit Air Terhadap Efektifitas Radiator

Nur Robbi

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Jl. MT Haryono 193 Malang 65145
E-mail: nurrobbift@gmail.com

Abstrak

Pendinginan merupakan sistem pendukung suatu mesin yang bekerja dan beroperasi. Keberadaan sistem pendingin akan begitu dirasakan terutama pada mesin – mesin dengan kapasitas yang besar. Pada mesin yang menggunakan sistem pendinginan air (water cooling system) terdapat dua rangkaian sistem kerja, yaitu aliran air yang mengambil panas dari mesin (cooling effect) dan udara yang mendinginkan air pada radiator (heating effect). Kedua fluida kerja itu merupakan aspek utama sistem pendinginan. Penelitian ini hanya meneliti pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas radiator. Permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini ialah adakah pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas radiator. Tujuan penelitian ini ialah untuk meneliti pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas radiator.

Obyek penelitian ialah seperangkat alat uji berupa radiator tester yang terdiri dari beberapa komponen dan alat ukur yang terintegrasi dan merupakan hasil rakitan para penyusun. Alat ini digunakan untuk pengambilan data dengan menggunakan mesin DAIHATSU CLASSY type HC 16 valve. Desain penelitian yang digunakan ialah eksperimen, dengan cara memanipulasi suatu variabel tertentu untuk melihat efek yang terjadi dari tindakan tersebut. Variabel bebas ialah (1000, 1500, 2000, 2500, 3000) rpm berdasarkan pada putaran mesin di dapat debit aliran air (0.011, 0.016, 0.024, 0.028, 0.033) m³/menit. Variabel terikat ialah efektifitas radiator. Setiap pengujian dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali.

Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan terdapat pengaruh putaran mesin dan debit aliran air terhadap efektifitas radiator, dimana semakin meningkat putaran mesin dan debit air semakin meningkat pula efektifitas radiatornya. Pada pengambilan menit pertama terlihat bahwa untuk debit aliran 0.011 m³/menit nilai efektifitasnya 0.021 pada debit aliran 0.016 m³/menit nilai efektifitasnya 0.058 pada debit aliran 0.024 m³/menit nilai efektifitasnya 0.094 pada debit aliran 0.028 m³/menit nilai efektifitasnya 0.137 pada debit aliran 0.033 m³/menit nilai efektifitasnya 0.188. Pada pengambilan data tersebut terlihat bahwa makin meningkatnya debit aliran air makin meningkat pula nilai efektifitas yang dihasilkan. Keadaan ini dapat terlihat bahwa debit aliran air aliran 0.024 m³/menit dengan nilai efektifitas 0.648 pada waktu penahanan 30 menit mempunyai nilai efektifitas yang lebih tinggi dibanding dengan debit aliran 0.016 m³/menit dengan nilai efektifitas 0.60 dan debit aliran air 0.011 m³/menit dengan nilai efektifitas 0.624 pada waktu penahan yang sama.

Melihat uraian di atas dapat disimpulkan bahwa variasi putaran mesin dan debit aliran air mempengaruhi nilai efektifitas pendinginan radiator. Hendaknya penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengganti jenis mesin yang diuji, mengganti jenis radiator, dan pada mesin yang dikenai dengan pembebanan.

Kata kunci : variasi putaran, efektifitas, dan radiator.

PENDAHULIAN

Motor bakar dalam operasionalnya menghasilkan panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar dalam silinder. Panas yang dihasilkan tadi tidak dibuang akibatnya komponen mesin yang berhubungan dengan panas pembakaran akan mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan dan merubah sifat - sifat serta bentuk dari komponen mesin tersebut. Sistem pendinginan yang biasa digunakan pada motor bakar ada dua macam, yaitu sistem pendinginan udara (*Air Cooling System*) dan sistem pendinginan air (*Water Cooling System*).

Sistem pendinginan jenis udara, panas yang dihasilkan dari pembakaran gas dalam ruang bakar dan silinder sebagian dirambatkan keluar dengan

menggunakan sirip - sirip pendingin yang dipasangkan di bagian luar dari silinder dan ruang bakar. Panas yang dihasilkan ini selanjutnya diserap oleh udara luar yang memiliki temperatur yang jauh lebih rendah dari temperatur pada sirip pendingin, pada bagian mesin yang memiliki temperatur tinggi memiliki sirip pendingin yang lebih panjang daripada sirip pendingin yang terdapat di sekitar silinder yang temperaturnya lebih rendah.

Sistem pendinginan air panas yang berasal dari pembakaran gas dalam ruang bakar dan silinder sebagian diserap oleh air pendingin yang bersirkulasi melalui dinding silinder dan ruang bakar, ini dapat terjadi karena adanya mantel air pendingin (*water jacket*). Panas yang diserap oleh

air pendingin pada mantel -mantel air selanjutnya akan menaikkan temperatur air pendingin tersebut. Air tersebut sangat merugikan, oleh karena itu untuk menghindarinya air tersebut disirkulasikan. Air yang memiliki temperatur yang masih dingin dialirkan mengganti air yang memiliki temperatur lebih panas.

Sistem pendinginan jenis air ini terjadi dengan diakibatkan oleh perbedaan berat jenis air panas dengan yang masih dingin, air yang telah panas berat jenisnya lebih rendah daripada air yang masih dingin. Pada saat air dalam tangki dipanaskan, maka air yang telah panas akan menempati bagian atas dari tangki dan mendesak air yang berada di atasnya segera mengalir ke pipa, air pendingin pada water jacket maka cenderung akan mendidih dan menguap. Air yang mengalir memasuki bagian bawah dari tangki dimana setelah dipanaskan air akan mengalir ke atas.

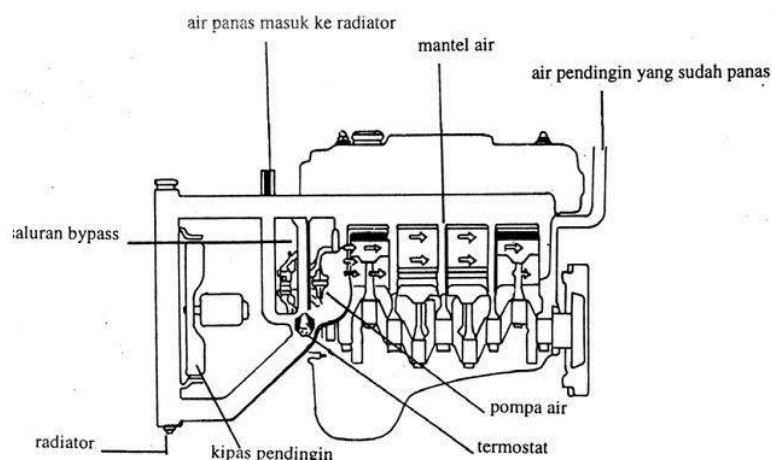
Sistem pendinginan air memiliki bagian - bagian yang bekerja secara integrasi satu dengan yang lainnya, komponen - komponen tersebut akan bekerja untuk mendukung kerja sistem pendinginan air. Radiator adalah alat yang berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan air yang telah menyerap panas dari mesin dengan cara membuang panas air tersebut melalui sirip - sirip pendinginnya.

Sirkulasi Alam (*Natural Circulation*)

Sistem pendinginan jenis ini terjadi dengan diakibatkan oleh perbedaan berat jenis air panas dengan yang masih dingin, air yang telah panas berat jenisnya lebih rendah daripada air yang masih dingin. Pada saat air dalam tangki dipanaskan, maka air yang telah panas akan menempati bagian atas dari tangki dan mendesak air yang berada di atasnya segera mengalir ke pipa, air pendingin pada water jacket maka cenderung akan mendidih dan menguap. Air yang mengalir memasuki bagian bawah dari tangki dimana setelah dipanaskan air akan mengalir ke atas.

Sirkulasi dengan tekanan

Sirkulasi jenis ini karena dapat berlangsung dengan sempurna dan air yang berada di dalam mantel - mantel air tetap dalam keadaan penuh tanpa ada gelembung udara. Sirkulasi jenis ini kecenderungan air untuk mendidih sangatlah kecil sekali karena tekanannya melebihi tekanan atmosfer yang berarti titik didihnya akan berada jauh di atas 100°.



Gambar 1. Konstruksi radiator

Pompa Air

Alat ini berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin dengan jalan membuat perbedaan tekanan antara saluran isap dengan saluran tekan yang terdapat pada pompa. Jenis pompa air yang digunakan ialah pompa air sentrifugal. Kipas berfungsi untuk mengalirkan udara pada inti radiator agar panas yang terdapat pada inti radiator dapat dirambatkan dengan mudah ke udara. Aliran udara pada mesin - mesin kendaraan selalu paralel dengan gerakan kendaraan, tetapi arahnya berlawanan. Pemasangan kipas biasanya dibagian

depan dari poros pompa air sehingga putaran dari kipas sama dengan putaran pompa air yang selanjutnya menyebabkan aliran udara sesuai dengan putaran mesin. Untuk menyesuaikan antara kecepatan putar dari mesin dengan kecepatan pengaliran udara yang dapat menyerap panas dari radiator, maka besar dan jumlah daun kipas dibuat sesuai dengan kebutuhan mesin. Pemasangan katup ini biasanya pada saluran air keluar dari mesin ke radiator yang dimaksudkan agar lebih mudah untuk melakukan proses kerjanya. Mantel pendingin dapat digambarkan secara sederhana sebagai sebuah

ruangan yang berada di sekeliling silinder mesin dan kepala silinder mesin. Keberadaan bagian ini berfungsi untuk mendinginkan silinder dan kepala silinder mesin. Proses pertukaran panas berlangsung pada bagian ini, dimana panas yang berada pada silinder dan kepala silinder mesin akan diserap air yang bersirkulasi melewati bagian mantel air ini. Mantel pendingin ini secara konstruksi berhubungan dengan tangki radiator. Fluida atau cairan pendingin yang biasa dipakai ialah air. Fluida ini dalam proses pendinginan akan bergerak atau disirkulasikan untuk mengambil panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar dalam silinder mesin yang kemudian akan didinginkan pada radiator. Namun sebagai media penyerap panas, air ini mempunyai beberapa efek yang merugikan, antara lain: air mempunyai sifat akan membeku pada temperatur yang rendah, keadaan ini tentunya akan menyebabkan sirkulasi mengalami gangguan atau masalah, air juga berpotensi mengandung kapur yang dapat menyebabkan endapan dalam pipa – pipa radiator. Keadaan ini tentunya akan mengakibatkan penyumbatan pipa – pipa tersebut.

Perpindahan Panas

Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan panas serta energi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah, sehingga dapat dikatakan bahwa energi akan berpindah secara konduksi, laju perpindahan kalornya dinyatakan sebagai :

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots(1) \text{ (Kreith, 1991 : 4)}$$

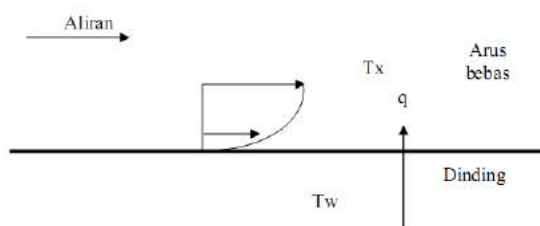
Dimana :

q = laju perpindahan kalor.

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = gradien suhu perpindahan kalor

k = konduktifitas thermal bahan

A = luas bidang perpindahan kalor



Gambar 2. Perpindahan kalor konveksi dari suatu plat

(Holman, 1999 : 5)

Pada gambar 2. T_w adalah suhu suatu plat dan T_x adalah suhu fluida . Apabila kecepatan di atas plat adalah nol, maka kalor hanya dapat berpindah secara konduksi, akan tetapi bila fluida diatas plat bergerak dengan kecepatan tertentu, maka kalor berpindah secara konveksi, dimana gradien suhu bergantung dari laju fluida pembawa kalor. Laju perpindahan kalor dipengaruhi oleh luas

permukaan perpindahan kalor (A) dan beda menyeluruh antara permukaan bidang dengan fluida yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$q = h \cdot A (T_w - T_x) \dots\dots\dots(2) \text{ (Holman, 1999 : 6)}$$

dimana :

h = koefisien perpindahan panas konveksi

A = Luas penampang

T_w = Suhu plat

T_x = Suhu fluida

Perpindahan panas konveksi tergantung pada viskositas fluida, disamping ketergantungan terhadap sifat – sifat thermal fluida, seperti : konduktivitas thermal, kalor spesifik, dan densitas. Hal ini disebabkan karena viskositas mempengaruhi profil kecepatan dan oleh sebab itu mempengaruhi laju perpindahan energi di daerah dinding. Ada dua sistem konveksi, yaitu Perpindahan panas konveksi alam (*natural convection*) dan Perpindahan Panas Radiasi merupakan perpindahan panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda – benda tersebut terpisah dalam satu ruangan bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda – benda tersebut. Untuk radiasi antar dua benda, dapat dirumuskan :

$$q = F_e \cdot F_g \cdot A \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots(3) \text{ (Holman, 1999 : 13)}$$

Dimana :

F_e = Fungsi emisitas

F_g = Fungsi geometri

A = Luas permukaan bidang

σ = konstanta Stefan Boltzman ($5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

Konveksi Paksa di Dalam Pipa

Pemanasan serta pendinginan fluida yang mengalir di dalam saluran merupakan satu diantara perpindahan panas yang terpenting dalam perekonomian. Bila koefisien perpindahan panas untuk geometri tertentu serta kondisi aliran yang telah ditetapkan diketahui, maka perpindahan panas pada beda suhu dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = h_c A (T_{permukaan} - T_{fluida}) \dots\dots\dots(4)$$

Suhu curahan fluida sebagai acuan memungkinkan kita menuliskan keseimbangan secara mudah, karena dalam keadaan steady. Perbedaan antara suhu curahan rata – rata pada dua penampang suatu saluran merupakan tolak ukur laju perpindahan panas :

$$q = m c_p \Delta t_b \dots\dots\dots(5) \text{ (Kreith, 1991 : 417)}$$

Dimana :

q = laju perpindahan panas ke fluida (Btu / h)

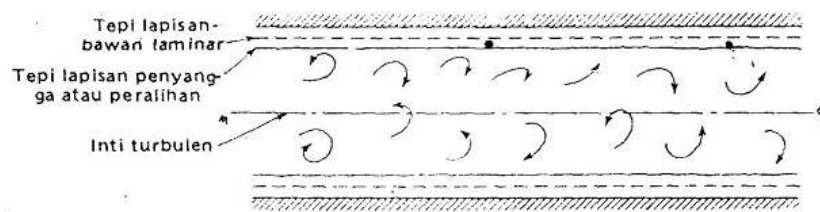
m = laju aliran (lbm / h)

c_p = panas jenis pada tekanan konstan (Btu / lbm F)

Δt_b = beda suhu curahan antara penampang – penampang yang bersangkutan.

Penjelasan kualitatif mengenai perilaku fluida dapat diberikan dengan mengamati medan

aliran fluida yang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 3. Pola aliran fluida yang mengalir melalui sebuah pipa Perpindahan Panas Radiasi

Merupakan perpindahan panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda – benda tersebut terpisah dalam satu ruangan bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda – benda tersebut. Pemanasan serta pendinginan fluida yang mengalir di dalam saluran merupakan satu diantara perpindahan panas yang terpenting dalam perindustrian. Bila koefisien perpindahan panas untuk geometri tertentu serta kondisi aliran yang telah ditetapkan diketahui, maka perpindahan panas pada beda suhu dapat dihitung dengan persamaan 5.

Pada saluran aliran fluida sepenuhnya turbulen kecuali dalam suatu lapisan yang tipis yang berbatasan dengan dinding. Pusaran itu mencampur fluida yang lebih panas dan yang lebih dingin lebih efektif, sehingga panas berpindah secara cepat antara tepi lapisan batas laminar dan fluida yang turbulen. Tahanan thermal lapisan laminar mengendalikan laju perpindahan panas, sebaliknya medan aliran turbulensi memberikan tahanan yang kecil terhadap aliran panas. Cara yang efektif yang dapat ditempuh ialah dengan menaikkan koefisien perpindahan panas dan mengurangi tahanan thermal lapisan batas laminar. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan turbulensi di dalam aliran utama sehingga pusaran turbulen dapat menembus jauh ke dalam lapisan laminar.

Kenaikan turbulensi di satu sisi juga mengakibatkan kerugian energi yang besar dalam peningkatan tekanan gesek fluida dalam saluran, sehingga dibutuhkan kecepatan aliran fluida relatif tinggi yang akan menghasilkan koefisien perpindahan panas yang tinggi pula. Penukar ialah suatu alat yang menghasilkan perpindahan panas dari suatu fluida ke fluida yang lainnya. Jenis dari penukar panas secara umum ialah penukar panas yang menggunakan pencampuran fluida secara langsung dan penukar panas dimana suatu fluida terpisah dengan fluida yang lainnya melalui suatu dinding atau sekat atau biasa disebut dengan recuperator.

Tipe penukar panas yang paling sederhana ialah terdiri dari sebuah pipa konsentrik didalam pipa lainnya yang merupakan cangkang untuk

susunan ini salah satu fluida mengalir melalui pipa dalamnya sedangkan fluida yang lainnya mengalir melalui cincin yang berbentuk diantara pipa dalam dan pipa luar. Penukar panas counter flow pipa dalam pipa yang sederhana. Penukar panas jenis ini mempunyai berbagai variasi aliran yaitu penukar panas aliran searah (*parallel flow*) dan penukar panas aliran berlawanan (*counter flow*)

Untuk penukar panas jenis cross flow terdapat jenis penukar panas dimana fluida yang bekerja didalamnya tidak bercampur (*unmixed*) sewaktu melintasi penukar panas tersebut yang mengakibatkan suhu fluida yang meninggalkan penampang pemanas tidak seragam, pada satu sisi lebih panas dari sisi yang lainnya. Pemanas bertipe pelat datar merupakan jenis penukar panas seperti yang telah diuraikan di atas. Tipe penukar panas ini banyak digunakan pada mekanisme heat changer radiator kendaraan.

Penukar panas tipe pelat datar jenis aliran lintang dengan kedua fluida tak bercampur (*unmixed*) 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. 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.

Penyederhanaan rumus diatas dilakukan dengan alasan bahwa penelitian ini hanya mengambil data berdasarkan suhu yang bekerja tanpa memperhitungkan nilai m (laju aliran massa) dan c (kalor spesifik). Proses pendinginan secara prinsip didasari proses pertukaran panas. Pertukaran panas ini dari air dengan udara yang dihembuskan. Air pendingin akan meningkat suhunya dikarenakan mengambil panas yang berasal dari panas hasil

pembakaran gas dalam ruang bakar. Pengambilan panas terjadi pada komponen radiator.

Proses pengambilan panas ini akan menyebabkan turunnya temperatur air pendingin (cooling effect), sedangkan pada udara yang dihembuskan akan mengalami kenaikan suhu (heating effect). Putaran mesin yang tinggi dengan sendirinya akan menyebabkan putaran pompa menjadi semakin tinggi pula, sehingga jumlah air / fluida yang dipompakan semakin banyak. Jumlah air / fluida yang dipompakan dapat diartikan sebagai debit atau jumlah fluida yang melewati suatu penampang dalam satuan waktu tertentu.

Berdasarkan uraian di atas dapat digambarkan adanya suatu hubungan antara variasi putaran dan debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan radiator. Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan adanya pengaruh variasi putaran dan debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan radiator.

METODE PENELITIAN

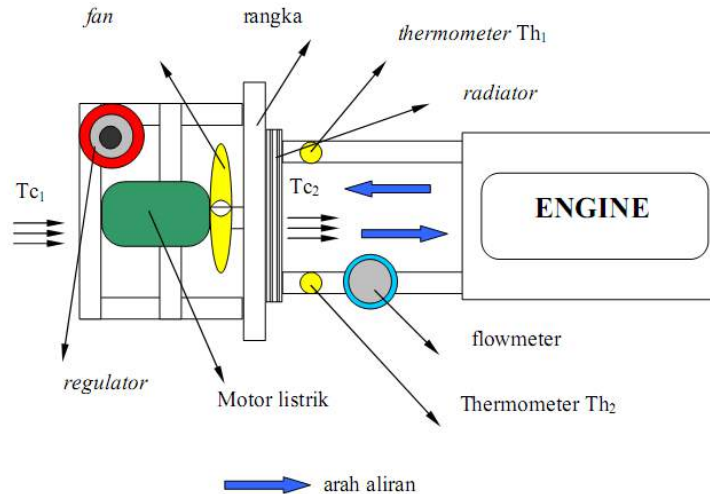
Pendekatan penelitian ialah metode yang digunakan untuk mendekati permasalahan yang diteliti sehingga dapat menjelaskan dan membahas permasalahan secara tepat. Skripsi ini menggunakan metode penelitian jenis eksperimen. Eksperimen ialah penelitian dengan memanipulasi suatu variabel yang

sengaja dilakukan oleh peneliti untuk melihat efek yang terjadi dari tindakan tersebut (Suharsimi, 1998: 3). Eksperimen yang dilakukan yaitu mengadakan percobaan tentang pengaruh variasi putaran dan debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan radiator.

Data tersebut diambil dari proses penelitian terhadap Mesin DAIHATSU CLASSY HC 16 VALVE. Sehingga dengan kata lain pengambilan data dilakukan pada satu waktu tertentu dengan satu obyek penelitian.

Simulator Penelitian (Radiator tester)

Simulator penelitian ini ialah radiator tester, merupakan alat Bantu pengukuran terintegrasi, yang didalamnya terdapat beberapa alat instrument pengukur. Alat ini dibuat untuk melakukan pengukuran sebagai langkah dalam proses penelitian ini. Alat ini dapat mudah dipasangkan pada setiap mesin, baik itu mesin engine stand maupun pada mesin mobil yang sesungguhnya. Alat ini nantinya yang akan digunakan oleh penulis untuk melakukan pengambilan data penelitian. Alat ini merupakan kumpulan beberapa komponen dan alat ukur (instrument) yang ada didalamnya, beberapa komponen itu saling berhubungan untuk dapat menghasilkan data hasil pengukuran.



Gambar 4. Skema pemasangan simulator radiator tester pada engine stand

Penelitian ini bersifat ekperimental 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. 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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian ini didapatkan dari data hasil eksperimen yang dilakukan di Laboratorium mekanik otomotif Unisma. Mesin yang digunakan untuk pengambilan data penelitian ini ialah mesin DAIHATSU CLASSY HC 16 VALVE.

Pengambilan data eksperimen ini dilakukan dengan cara mengukur suhu yang bekerja pada instrumen radiator tester. Suhu tersebut ialah :

Th_1 = suhu air yang masuk ke radiator

Th_2 = suhu air yang keluar dari radiator

Tc_1 = suhu aliran udara yang menumbuk radiator

Tc_2 = suhu aliran udara yang keluar dari radiator

Pengukuran suhu Th_1 dan Th_2 dilakukan dengan menggunakan thermometer raksa, sedangkan pengukuran suhu Tc_1 dan Tc_2 menggunakan thermometer digital anemometer. Data dari suhu yang bekerja digunakan untuk menghitung efektifitas radiator dengan rumus :

Pengambilan data secara keseluruhan dari variasi putaran mesin (1000, 1500, 2000, 2500, 3000) rpm atau untuk variasi debit aliran air (0.011, 0.016, 0.024, 0.028, 0.033) m³/menit hanya pada satu menit pertama. Pertimbangan ini dilakukan untuk keamanan (safety) simulator radiator tester yang digunakan.

Tabel 1. Data hasil eksperimen pada engine stand Daihatsu Classy Hc 16 Valve

Variasi Putaran Engine / Debit Aliran Air	Pengambilan data ke	Th_1 °C	Th_2 °C	Tc_1 °C	Tc_2 °C
1000 Rpm / 0.011 m ³ /menit	1	70.0	64.0	30.1	31.2
	2	70.0	66.0	30.2	31.2
	3	70.0	65.0	30.2	31.4

1500 Rpm / 0,016 m ³ /menit	1	70.0	66.0	30.2	32.7
	2	70.0	67.0	29.9	32.2
	3	70.0	67.0	30.2	32.4
2000 Rpm / 0,024 m ³ /menit	1	70.0	68.0	30.4	34.0
	2	70.0	68.0	30.2	34.2
	3	70.0	67.0	30.2	33.8
2500 Rpm / 0,028 m ³ /menit	1	75.0	70.0	30.2	36.4
	2	75.0	69.0	30.6	36.2
	3	75.0	69.0	30.4	36.9
3000 Rpm / 0,033 m ³ /menit	1	75.0	72.0	30.9	39.10
	2	75.0	73.0	30.2	38.60
	3	75.0	72.0	30.7	39.00

Dari data hasil eksperimen di atas untuk mencari nilai efektifitasnya dapat dipergunakan rumus :

$$E = \frac{Tc_2 - Tc_1}{Th_1 - Tc_1}$$

Contoh perhitungan nilai efektifitas :

Pada pengambilan data ke 1 dengan debit aliran air / variasi putaran (1000 Rpm / 0.011 m³/menit) diketahui:

$Th_1 = 70,0$ °C, $Th_2 = 64,0$ °C, $Tc_1 = 30,1$ °C, $Tc_2 = 31,2$ °C

$$E = \frac{Tc_2 - Tc_1}{Th_1 - Tc_1}$$

$$E = \frac{31,2 - 30,1}{70,0 - 30,1} = 0,028$$

Dari contoh perhitungan maka untuk setiap nilai efektifitas radiator dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini :

Tabel 2. Hasil efektifitas radiator pada debit aliran air 0,011 m³/menit (1000 rpm)

No	Debit aliran m ³ /menit	Kec. aliran udara m/s	Th_1 °C	Th_2 °C	Tc_1 °C	Tc_2 °C	E
1	0.011	4.2	70.0	64.0	30.1	31.2	0.028
2	0.011	4.2	70.0	66.0	30.2	31.2	0.025
3	0.011	4.2	70.0	65.0	30.2	31.4	0.030
Rata - rata	0.011	4.2	70.3	64.7	30.2	30.9	0.021

Tabel 3. Hasil efektifitas radiator pada debit aliran air 0,016 m³/menit (1500 rpm)

No	Debit aliran m ³ /menit	Kec. aliran udara m/s	Th_1 °C	Th_2 °C	Tc_1 °C	Tc_2 °C	E
1	0.016	4.2	70.0	66.0	30.2	32.7	0.061
2	0.016	4.2	70.0	67.0	29.9	32.2	0.057
3	0.016	4.2	70.0	67.0	30.2	32.4	0.055
Rata - rata	0.016	4.2	70.0	66.7	30.1	32.4	0.058

Tabel 4. Hasil efektifitas radiator pada debit aliran air 0,024 m³/ menit (2000 rpm)

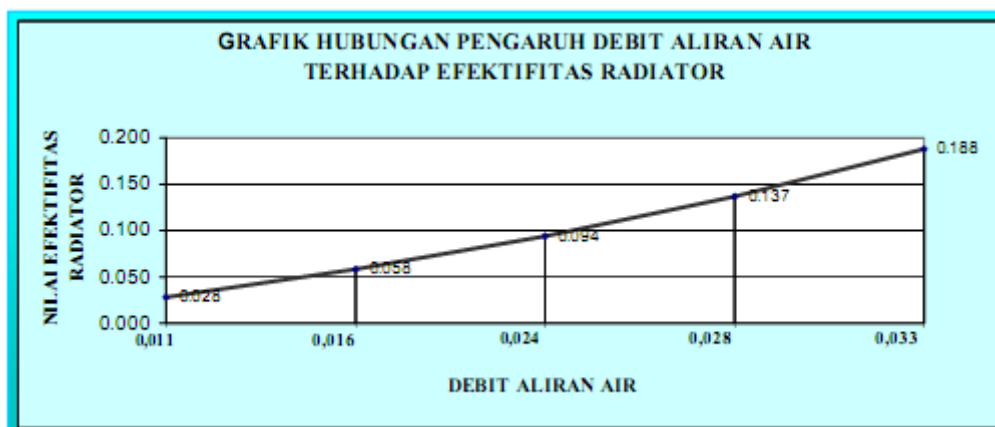
No	Debit aliran m ³ / menit	Kec. aliran udara m/s	Th ₁ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	0.023	4.2	70.0	68.0	30.4	34.0	0.091
2	0.025	4.2	70.0	68.0	30.2	34.2	0.101
3	0.024	4.2	70.0	67.0	30.2	33.8	0.090
Rata - rata	0.024	4.2	70.0	67.7	30.3	34.0	0.094

Tabel 5. Hasil efektifitas radiator pada debit aliran air 0,028 m³/ menit (2500 rpm)

No	Debit aliran m ³ / menit	Kec. aliran udara m/s	Th ₁ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	0.028	4.2	75.0	70.0	30.2	36.4	0.135
2	0.028	4.2	75.0	69.0	30.6	36.2	0.126
3	0.028	4.2	75.0	69.0	30.4	36.9	0.146
Rata - rata	0.028	4.2	75.0	69.3	30.4	36.5	0.137

Tabel 6. Hasil efektifitas radiator pada debit aliran air 0,033 m³/menit (3000 rpm)

No	Debit aliran M ³ / menit	Kec. aliran udara m/s	Th ₁ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	0.033	4.2	75.0	72.0	30.9	39.10	0.178
2	0.034	4.2	75.0	73.0	30.2	38.60	0.179
3	0.032	4.2	75.0	72.0	30.7	39.00	0.180
Rata - rata	0.033	4.2	75.0	72.3	30.6	38.97	0.188



Gambar 5. Gambar grafik hubungan pengaruh debit aliran air (variasi putaran mesin) terhadap nilai efektifitas radiator

Pengolahan Data

Variabel Bebas Sampel ke	0,011m ³ /menit (1000 rpm)	0,016m ³ /menit (1500 rpm)	0,024m ³ /menit (2000 rpm)	0,028m ³ /menit (2500 rpm)	0,033m ³ /menit (3000 rpm)
1	0,028	0,061	0,091	0,135	0,178
2	0,025	0,057	0,101	0,126	0,179
3	0,030	0,055	0,090	0,146	0,180
Means	0,021	0,058	0,094	0,137	0,188

Tabel 7. analisa uji F pada pengujian efektifitas radiator

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \bar{X}_4 + \bar{X}_5}{5} \text{ ("Probability and statistics for- engineers and scientists":1995)}$$

$$\bar{X} = \frac{0,021 + 0,058 + 0,094 + 0,137 + 0,188}{5}$$

$$\bar{X} = \frac{0,498}{5}$$

$$\bar{X} = 0,0996$$

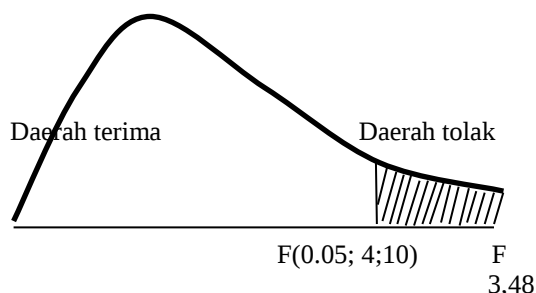
Kriteria Pengujian

$H_0 = \mu_i = \mu_{ii} = \mu_{iii} = \mu_{iv} = \mu_v$ (Tidak ada pengaruh nilai efektifitas radiator dengan ke 5 rata-rata variabel bebas)

$H_1 = \mu_i \neq \mu_{ii} \neq \mu_{iii} \neq \mu_{iv} \neq \mu_v$ (Ada pengaruh nilai efektifitas radiator dengan ke 5 rata-rata variabel bebas)

Ket: μ = Rata-rata variabel bebas (variasi putaran dan debit aliran air)

$$\alpha = 0,05$$



$$(k-1) = 5 - 1 = 4$$

$$k(n-1) = 5(3-1) = 10$$

F 4;10 = 3,48 (tabel F 0,05 Degrees of freedom for Numerator)

Proses pengambilan data untuk debit (0.011, 0.016, 0.024) m³/menit atau pada putaran engine (1000, 1500, 2000) rpm mungkin untuk

dilakukan dengan mekanisme pengambilan data seperti di atas karena panas merambat dengan perlahan, namun untuk debit aliran air (0.028, 0.033) m³/menit atau pada putaran

KESIMPULAN

Pengambilan data pengujian pada menit pertama terlihat bahwa debit air yang semakin tinggi menjadikan nilai efektifitas radiator semakin meningkat (pada debit 0.033 m³/menit, 3000 rpm) sehingga dengan kata lain debit aliran air berpengaruh terhadap nilai efektifitas radiator. Debit yang semakin tinggi dikarenakan putaran mesin yang semakin tinggi pula sehingga menjadikan penyerapan kalor menjadi semakin maksimal. Hal ini ditandai dengan peningkatan suhu Tc₂, peningkatan tersebut menjadikan nilai efektifitas semakin tinggi.

Pengambilan data pada menit pertama juga terlihat bahwa nilai efektifitas radiator untuk debit aliran 0.033 m³/menit dengan nilai efektifitas 0.188 merupakan nilai efektifitas tertinggi dibandingkan dengan nilai efektifitas debit yang lain. Kenaikan nilai efektifitas pada menit kelima sampai ke-30 dikarenakan suhu mesin masih dingin untuk dilakukan pendinginan sehingga mengakibatkan penurunan parameter Th₁, hal ini menjadikan nilai efektifitas cenderung mengalami kenaikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan debit aliran 0.016 m³/menit (1500 rpm) dan 0.024 m³/menit (2000 rpm).

DAFTAR PUSTAKA

- Darmanto. 1999. Otomotif Mesin Tenaga. Tiga Serangkai : Jakarta
- Frank Incropera. 1990. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Son, Inc. New York.
- Holman JP. 1999. Perpindahan Kalor. Erlangga: Jakarta

- Kreith Frank. 1991. Prinsip - Prinsip Perpindahan Kalor. Erlangga : Jakarta.
- Maleev NL. 1982. Internal Combustion Engine. Mc Graw Hill.
- Remling John. 1981. Basics. John Willey & Son, Inc. New York.
- Suprpto Olin. 1999. Motor Bakar. Angkasa : Bandung.
- Suharsimi,.1998. Prosedur Penelitian. Rineka Cipta : Jakarta.
- Ronald E. Walpole and Raymond H. Myers, *"Probability and statistics for- engineers and scientists"*, fourth edition, Mzcmillin Publisng co., Inc, 1995.