

ANALISIS VOLUME AIR RADIATOR TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR PADA MOTOR DIESEL CHEVROLET

Koni Raflando¹⁾, Gatot Subiyakto²⁾, Akhmad Farid³⁾

ABSTRAK

Sistem pendinginan pada kerja mesin berfungsi sebagai pelindung mesin dengan cara menyerap panas. Panas mesin dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dalam silinder. Panas tersebut merupakan suatu hal yang sengaja diciptakan untuk menghasilkan tenaga, namun jika dibiarkan akan menimbulkan panas yang berlebihan (*over heating effect*). Panas yang berlebihan itu menjadi penyebab berubahnya sifat – sifat mekanis serta bentuk dari komponen mesin.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan pengaruh antara debit aliran air terhadap efektifitas radiator. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dan Data yang diperoleh akan dilakukan uji statistic dan uji F, setelah itu diplotkan pada grafik. Grafik akan dijadikan acuan untuk menilai besarnya pengaruh antara debit aliran air terhadap efektifitas radiator yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini adalah semakin berkurangnya volume air radiator maka temperatur mesin mengalami kenaikan temperatur yang signifikan dan Efisiensi radiator menurun seiring dengan berkurangnya volume radiator.

Kata Kunci : volume, air radiator, temperatur

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Kemajuan bidang teknologi mesin sekarang ini, khususnya otomotif berkembang dengan sangat pesat. Keadaan ini dipicu oleh adanya tren yang selalu berkembang dimasyarakat yang merupakan tuntutan teknologi itu sendiri. Perkembangan bidang inipun memang sesuatu yang merupakan imbas dari perkembangan peradaban manusia itu sendiri. Hal ini dapat dilihat dari berbagai sudut pandang, salah satunya semakin banyak serta beragamnya teknologi-teknologi baru yang diciptakan. Kemajuan bidang otomotif secara prinsip merupakan implikasi dari adanya tuntutan pengguna otomotif itu sendiri. Tuntutan ini tentunya memerlukan pemenuhan baik dari segi kuantitas dan kualitas. Mesin dapat digambarkan secara sederhana sebagai sebuah sistem yang terdiri dari beberapa sistem pendukung yang bekerja secara simultan dan terintegrasi. Suatu mesin didalamnya terdapat beberapa sistem pendukung yang bekerja sekaligus. Sistem – sistem tersebut antara lain :

1. Sistem Kelistrikan
2. Sistem Bahan Bakar
3. Sistem Pelumasan
4. Sistem Pendinginan

Sistem tersebut di atas melakukan kerja secara bersamaan sehingga menghasilkan kerja mesin yang merupakan *output* dari mesin itu sendiri. Sistem pelumasan dan pendinginan merupakan sistem pendukung dari kerja mesin. Kedua sistem itu bukanlah sistem utama yang menjadi dasar mesin (*engine*) untuk melakukan

kerja dan usaha, namun demikian kedua sistem ini mempunyai fungsi yang sangat vital. Pelumasan dan pendinginan secara garis besar sebagai pelindung kerja mesin, sehingga kinerjanya dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang relatif lebih lama. Sistem pendinginan pada kerja mesin berfungsi sebagai pelindung mesin dengan cara menyerap panas. Panas mesin dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dalam silinder. Panas tersebut merupakan suatu hal yang sengaja diciptakan untuk menghasilkan tenaga, namun jika dibiarkan akan menimbulkan panas yang berlebihan (*over heating effect*). Panas yang berlebihan itu menjadi penyebab berubahnya sifat – sifat mekanis serta bentuk dari komponen mesin. Sifat komponen mesin bila telah berubah akan menyebabkan kinerja mesin terganggu dan mengurangi usia mesin. (Maleev, 1982:374).

Sistem pendinginan yang biasa digunakan pada mesin ada 2 macam, yaitu :

1. Sistem Pendinginan Udara (*air cooling system*)
2. Sistem Pendinginan Air (*water cooling system*)

Sistem pendinginan air sering digunakan pada kendaraan jenis mobil. Pada sistem ini aliran air akan sangat bergantung pada kinerja pompa. Pompa ini berfungsi untuk memompakan fluida (air) bersirkulasi, sedangkan kerja pompa akan sangat bergantung dari kerja dan putaran *engine*. Sistem penggerak pompa digerakkan oleh *engine* melalui bantuan tali kipas (*van belt*), dimana *pully* mesin sebagai *driver* dan *pully* pompa sebagai *driven*. (Maleev, 1982 : 388). Putaran mesin akan simultan dengan putaran pompa. Putaran pompa yang relatif cepat akan menghasilkan tekanan

fluida semakin besar. Fluida yang berfungsi sebagai media pendingin akan bergerak semakin cepat sehingga menghasilkan banyak fluida yang dipindahkan (dipompakan). Apabila fluida yang dipindahkan tersebut diasumsikan sebagai debit (jumlah aliran air yang mengalir tiap satuan waktu), maka penulis bermaksud mengadakan penelitian mengenai volume air radiator ini terhadap efektifitas pendinginan radiator. (Maleev, 1982 : 390).

Radiator tester merupakan alat bantu pengukuran yang 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. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan pengaruh antara debit aliran air terhadap efektifitas radiator.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu pesawat kalor yang mengubah tenaga panas ke bentuk tenaga mekanis. Perubahan ini bermula dari peristiwa pembakaran bahan bakar (misalnya: bensin, solar) dalam suatu ruangan itu menimbulkan ledakan. Ledakan yang timbul dimanfaatkan untuk mendorong bagian yang bergerak, maupun langsung akhirnya didapat tenaga putar yang dapat digunakan untuk sumber bergerak pesawat-pesawat lain.

Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin, proses penyalanya bukan dengan loncatan api listrik, pada langkah isap hanyalah udara segar saja yang masuk kedalam silinder, pada waktu torak hampir mencapai TMA bahan bakar disemprotkan kedalam silinder terjadilah proses penyalan untuk pembakaran, pada saat udara didalam silinder sudah bertemperatur tinggi.

Persyaratan ini dapat dipenuhi apabila dipergunakan perbandingan kompresi yang cukup tinggi, berkisar antara 12-25.

Perbandingan kompresi yang rendah pada umumnya dipergunakan pada motor diesel berukuran besar dengan putaran rendah, perbandingan kompresi yang tinggi banyak dipakai pada motor diesel berukuran kecil dengan putaran tinggi (4000rpm) perancang cenderung mempergunakan perbandingan kompresi serendah-rendahnya berdasarkan pertimbangan kekuatan

material serta berat mesinnya, oleh karena itu pada umumnya motor diesel bekerja dengan perbandingan, kompresi antara 14 dan 17.

Sistem Radiator Pada Motor Diesel (4 langkah)

Sewaktu pembakaran solar pada mesin, panas yang dihasilkan terlalu besar, sebagian panas tersebut keluar bersama-sama gas buang, tetapi piston, kepala silinder katub, dinding silinder dan lain-lain tetapi menerima panas yang berlebihan dengan meningkatnya temperatur pada bagian-bagian mesin ini maka akan mencapai suatu suhu dimana lapisan oli semakin menipis jika hal ini semakin menjadi oli sudah tidak punya sifat pelumasan lagi dan mesin akan menjadi rusak. disamping mesin yang akan dingin tidak efisien, gejala dengan buruk, mengotori oli, terbentuk endapan, keausan meningkat, menurunkan daya mesin dan tidak akan mencapai pemakaian bahan bakar yang irit.

Seperti biasa dalam kehidupan sehari, untuk sesuatu yang panas kita mendinginkannya dengan jalan meniupnya atau menuangkan air pada benda, kebanyakan mesin-mesin mobil system pendinginan air, sebagai mesin untuk kendaraan kecil yang kompak dengan satu atau dua silinder menggunakan system pendinginan udara.

Mesin dengan pendinginan air harus mempunyai jalan lintasan air pada blok dan kepala silinder. Air secara tidak langsung harus berkontak dengan dinding silinder, dudukan katub, pengarah katub, ruang bakar dan lain-lain. Jadi coran blok mesin dan kepala silinder, dibuat saluran lintasan air, sehingga silinder mesin dikelilingi air yang disebut sebagai *water jacket*.

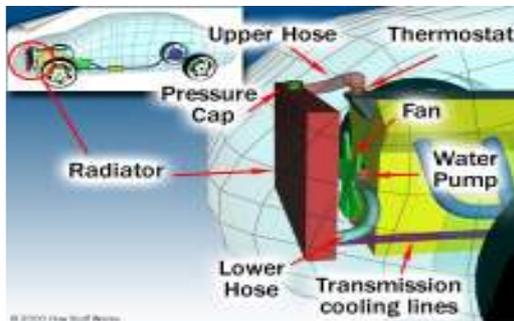
Metode Pendinginan Mesin

Seperti biasa dalam keadaan sehari-hari, untuk suatu yang terasa sangat panas, kita mendinginkannya dengan jalan meniupnya atau menuangkan air pada benda tersebut. Kedua cara metode ini juga digunakan untuk pendinginan mesin.

Pembakaran bahan bakar didalam silinder menghasilkan panas yang tinggi. Jika tidak dilakukan pendinginan maka temperature setiap bagian, terutama bagian silinder akan naik. Keadaan tersebut akan mengakibatkan kerusakan dinding ruang bakar karena terjadinya tegangan terminal, kerusakan katub-katub, puncak torak, macetnya cincin torak, dan menguapnya minyak pelumas sehingga cepat terjadi keausan pada torak dinding silinder.

Meskipun pendingin merupakan suatu kerugian jika ditinjau dari segi pemanfaatan energi

atau efisiensi panas, tetapi mesin harus didinginkan baik untuk menjamin kerja mesin yang sebaik-baiknya. Secara langsung pendinginan dilakukan untuk mencegah terjadinya *overheating*, pemaiaan dan rusaknya minyak pelumas.



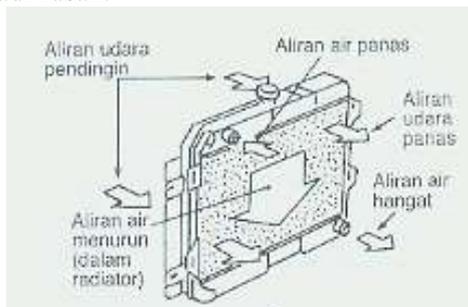
Gambar 1. Metode pendinginan mesin.

Sistem pendingin Udara dan Air

Sistem pendinginan dapat dibedakan menjadi dua yaitu sistem pendinginan udara dan sistem pendinginan air.

Sewaktu pembakaran pada mesin, dihasilkan panas yang besar. Sebagian panas tersebut keluar bersama-sama gas buang, tetapi piston, kepala silinder, katub, dinding silinder dan lain-lain tetap menerima panas yang berlebihan.

Dengan meningkatnya temperatur pada bagian-bagian mesin ini, maka akan mencapai suatu suhu dimana lapisan oli semakin menipis. Jika sampai hal ini terjadi oli sudah tidak mempunyai sifat pelumasan lagi pada mesin akan menjadi rusak.



Gambar 2. Potongan yang memperlihatkan aliran pendingin pada mesin dengan radiator aliran kebawah

Sumber : Reparasi sistem pendinginan mesin mobil, Drs. Daryanto

Disamping itu, mesin yang dingin tidak efisien, berjalan dengan buruk, mengotori oli, terbentuk endapan, keausan meningkat, menurunkan daya mesin dan tidak akan mencapai pemakaian bahan bakar yang irit.

Sistem pendinginan ini harus menghilangkan panas berlebihan yang tidak dikehendaki. Harus mempertahankan suatu temperatur yang efisiensi untuk semua kondisi kerja mesin dan juga, sewaktu mesin distart (mulai berjalan), dapat menaikkan temperatur mesin secepatnya mesin sampai mencapai temperatur kerja mesin.

Sistem Pendinginan Udara

Mesin dengan pendinginan udara adalah mesin secara langsung didinginkan oleh udara. System pendinginan udara dilaksanakan dengan mengalirkan udara pendinginan melalui permukaan dinding silinder. Untuk memperoleh *efektifitas* pendinginan, permukaan dinding luar silinder harus dibuat seluas-luasnya dan jika perlu mengalirkan udara pendingin dibantu menggunakan blower.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dinding luar silinder dan kepala silinder dilengkapi dengan sirip-sirip pendingin. Mesin dengan pendingin udara banyak digunakan untuk motor yang berdaya kecil. Mesin dengan silinder banyak kurang cocok menggunakan pendingin udara karena sirip-sirip pendingin yang disediakan banyak membutuhkan tempat dan *efektifitas* pendinginan silinder kurang baik.

Mesin dengan pendingin udara mnguntungkan ditinjau dari konstruksi yang sederhana dan *relative* tanpa perawatan, tetapi tidak menguntungkan ditinjau dari segi bunyi yang ditimbulkan. Bunyi bising yang timbul itu disebabkan deformasi silinder yang terjadi akibat tekanan pembakaran yang menyebabkan terjadinya *deformasi* pada sirip-sirip pendingin. Sirip-sirip pendingin yang permukaannya luas itu memaksa udara bergetar. Dengan demikian akan terdengar bunyi yang keras akibat getaran karena perubahan-perubahan cepat dari tekanan gas pembakaran atau pukulan torak.

Untuk mengatasi kebisingan bunyi tersebut, dibeberapa tempat dipasang potongan-potongan karet tahan panas diantara sirip-sirip pendingin sebagai peredam pengaliran udara pendingin yang masuk keruang sirip-sirip pendingin sebagai peredam. Pengaliran udara pendinginan yang masuk ke ruang sirip-sirip pendingin.

Sistem Pendingin Air

Mesin dengan pendingin air sebenarnya merupakan pendingin yang tidak langsung karna air sebagai fluida pendingin tersebut bertindak sebagai pendingin perantara. Sebenarnya mesin tersebut didinginkan oleh udara. Hal ini

disebabkan yang diserap oleh air pendingin itu dipindahkan ke udara atmosfer. Akan tetapi karena mesin langsung berhubungan dengan air maka disebut pendingin air.

Sistem pendingin air dapat di bedakan menjadi dua macam, yaitu pendingin air dengan sirkulasi alami dan pendingin air dengan sirkulasi paksa. Pada sistem pendingin air dengan sirkulasi alami, sirkulasi air terjadi karena perbedaan berat jenis air pendingin. Air panas berat jenisnya lebih kecil dan cenderung mengalir keatas sistem pendingin air dengan sirkulasi alami cocok untuk mesin-mesin stationer yang berdaya kecil dengan tangki air pendingin yang terletak di bagian atas lebih tinggi dari pada silinder motor.

Pada sistem pendingin air dengan sirkulasi paksa, sirkulasi air pendingin dilakukan dengan air pendingin. Air pendingin yang panas keluar dari mesin melalui kepala silinder dan masuk kedalam radiator. selanjutnya, air itu didinginkan oleh udara yang mengalir melalui radiator, kemudian dialirkan kembali kedalam blok silinder. aliran udara melalui radiator di sebabkan oleh air, kecepatan gerak kendaraan, atau tali kipas udara. dalam sistem pendingin terdapat saluran untuk menghubungkan singkat (saluran bypass) thermostat dan lubang isap pompa air pendingin. apabila temperatur air pendingin di dalam blok silinder mencapai temperature tertentu, thermostat akan membuka saluran air ke radiator dan menutup saluran dari thermostat ke lubang isap pompa.

Sistem pendingin air membutuhkan perawatan yang baik dan memiliki banyak komponen, pompa air, thermostat selang, tali kipas dan lain-lain.

Persoalan pendinginan

Pembakaran normal dari pada hydrocarbon dalam sebuah motor bakar menghasilkan suhu antara 3000°F - 5000°F. Sejumlah panas yang besar yang dihasilkan dengan pembakaran ini, diserap, oleh dinding-dinding, tutup silinder, torak, klep-klep, sehingga menaikkan suhu pada bagian ini.

Bila panas yang diserap, tidak dapat menghasilkan dengan pendinginan yang sebaik-baiknya, maka akan timbul kesukaran-kesukaran yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bagian ini, malahan kerusakan total dari pada motornya.

Bila bagian bawah dari pada tutup silinder diperbolehkan untuk meningkatkan sampai 400°F atau lebih tinggi lagi, maka pelumasan antara torak dan dindingnya akan rusak dengan mengakibatkan gesekan-gesekan metal dengan metal dari pada torknya dan kerusakan dari pada pegasnya. Bila

suhu disekitar badan klep melebihi 500°F, maka batang-batang klepanya akan menggesek dengan kuat, sedangkan piringan klepanya akan menjadi panas sekali.

Akibatnya ialah, baik klep maupun tempat duduknya akan terbakar. Pada suhu diatas 500°F campuran alumunium akan kehilangan kekuatannya dengan akibat patah atau retak dalam materialnya. Jadi suhu silinder merupakan suatu factor pengontrolan suatu dalam operasi motornya, sehingga harus dijaga dalam batas *maksimum* yang masih diperbolehkan.

Suatu sistem pendingin yang baik harus dapat menyelenggarakan pendinginan yang cukup serta tidak berlebih-lebihan sesungguhnya tidak membawa akibat terlalu jelek terhadap motornya meskipun demikian tidak dikehendaki.

Dari percobaan yang diselenggarakan pada motor bakar, maka ternyata bahwa sebanyak 25% - 30% panas yang diberikan pada motornya, diserap oleh medium pendinginan. Jumlah panas yang diserap ini juga tergantung dari pada penataan motor, artinya ukuran,. Cara kerja serta keadaan kerjanya dan tipe *medium* pendinginan yang dipergunakan. Juga dengan singkat dapat dikatakan bahwa tugas dari pada sistem pendinginan, ialah :

1. menyerap serta membuang kelebihan panas motornya, sehingga dapat mencegah kerusakannya
2. tetap menyelenggarakan suhu kerja yang cukup tingginya, sehingga tetap menjamin kerja *efisien* dan tenaga motornya.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

- a. Variabel Bebas yaitu Volume Air pada radiator (ltr),
- b. Variabel Terikat yaitu Suhu mesin (T1) dan suhu Air radiator (T2), waktu, serta beban (kg)

Pengambilan data :

Pengambilan data terdiri atas volume air pada radiator, temperatur, waktu dan beban.

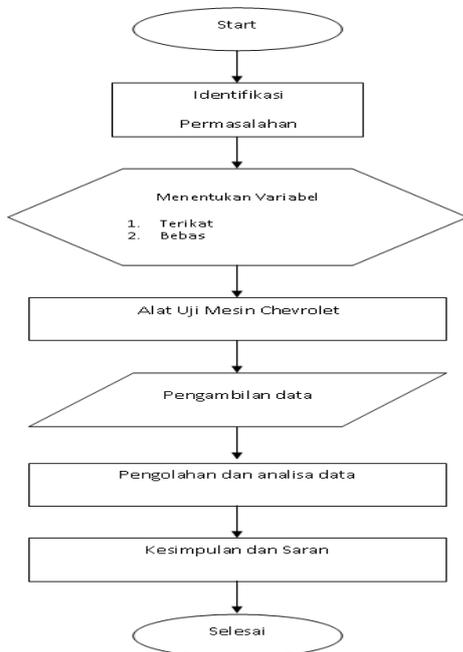
- a. Menyiapkan kendaraan yang digunakan
- b. Membuat desain radiator
- c. Perakitan radiator pada kendaraan
- d. Pengambilan data sesuai dengan rencana penelitian
- e. Analisis data yang diperoleh dari eksperimen

Metode Analisa Data

Data yang diperoleh akan dilakukan uji statistic dan uji F, setelah itu diplotkan pada grafik. Grafik ini akan dijadikan acuan untuk menilai besarnya

pengaruh antara debit aliran air terhadap efektifitas radiator yang dihasilkan.

Diagram Alir Penelitian

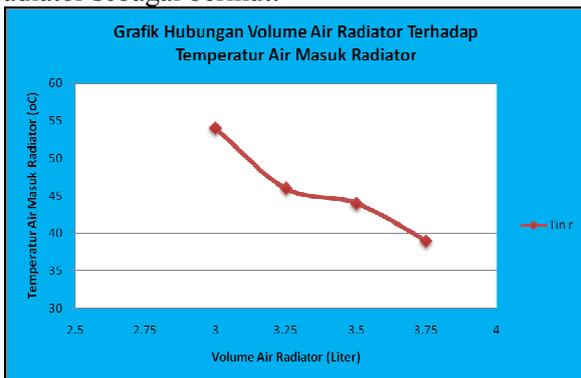


Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Volume Air Radiator terhadap Temperatur Air Masuk

Dari tabel dapat dibuat grafik hubungan volume air radiator terhadap temperatur air masuk radiator sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik hubungan volume air radiator terhadap temperatur air masuk radiator

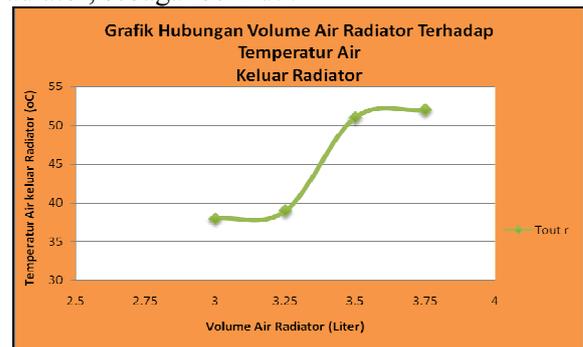
Pembahasan grafik terdiri dari point2 sebagai berikut:

1. dari grafik dapat dilihat temperatur air masuk ke radiator tertinggi adalah volume radiator 3 liter yaitu: 54°C.dan yang nilai yang terendah adalah volume radiator 3,75 liter yaitu 39°C

2. dapat dilihat juga pada grafik trendnya temperatur terus naik dari 39°C sampai 54°C,itu dikarenakan dikurangnya volume radiator secara bertahap selama 5 menit dari 3,75liter; 3,50liter; 3,25liter dan sampai 3liter.Temperatur air masuk keradiator naik karna volume radiator berkurang sehingga perpindahan panas dari temperatur engine keair tidak maximal atau dengan volume air berkurang maka penyerapan panas cooling sytem tidak efektif sehingga temperatur naik.karna fungsi radiator sangat berpengaruh terhadap air dan putaran kipas sehingga apabila air kurang fungsi radiator tidak berfungsi maximal lagi untuk mengambil panas pada cairan pendingin dan melepaskannya ke udara bebas.

Hubungan Volume Air Radiator terhadap Temperatur Air Keluar Radiator

Dari tabel dapat dibuat grafik hubungan volume air radiator terhadap temperatur air keluar radiator, sebagai berikut :



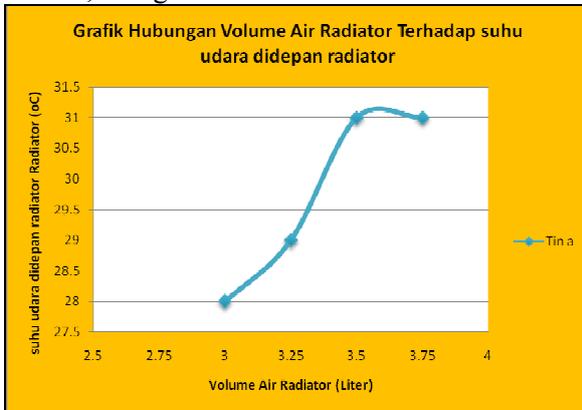
Gambar 5. Grafik hubungan volume air radiator terhadap temperatur air keluar radiator

Pembahasan grafik terdiri dari point2 sebagai berikut:

1. Dari grafik bisa dilihat temperatur air keluar dari radiator yang tertinggi adalah volume air radiator 3,75liter yaitu 52°C dan yang terendah adalah volume air radiator 3 liter yaitu 38°C.
2. Grafik menampilkan trend menurun temperaturnya karena volume air dari 3,75 liter yaitu 52°C sampai volume air radiator 3 liter yaitu 38°C. Dengan berkurangnya volume air radiator maka akan berkurang juga perpindahan panas dari panas engine ke air,dengansedikit air maka sedikit panas yang dipindahkan oleh air

Hubungan Volume Air Radiator terhadap Suhu Udara didepan Radiator

Dari tabel dapat dibuat grafik hubungan volume air radiator terhadap suhu udara didepan radiator, sebagai berikut:



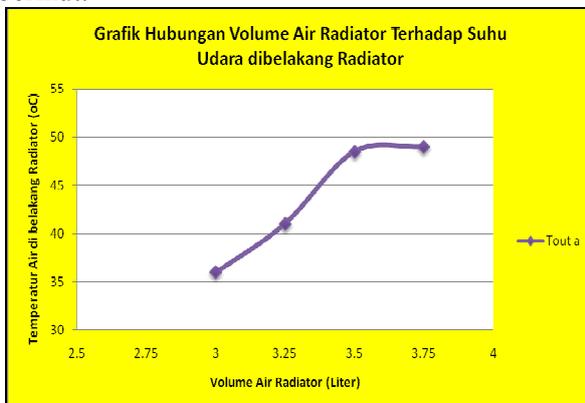
Gambar 6. Grafik hubungan volume air radiator terhadap suhu udara didepan radiator

Pembahasan grafik terdiri dari point2 sebagai berikut:

1. Dari grafik menampilkan suhu udara didepan radiator yang tertinggi pada volume air 3,75liter yaitu 31°C dan nilai terendah pada volume air 3 liter yaitu 28°C
2. Temperatur udara di depan radiator makin menurun dari 31°C sampai dengan 28°C, itu karna temperatur di depan radiator sama dengan temperatur ambeint atau temperatur lingkungan sekitar pada saat itu makin menurun.

Hubungan Volume Air Radiator terhadap Suhu Udara dibelakang Radiator

grafik hubungan volume air radiator terhadap suhu udara dibelakang radiator, sebagai berikut:



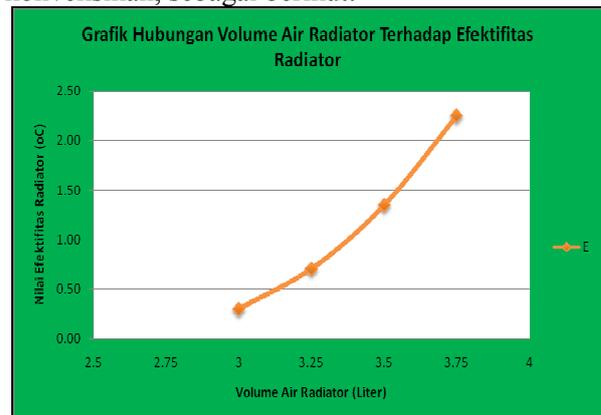
Gambar 7. Grafik hubungan volume air radiator terhadap suhu udara dibelakang radiator

Pembahasan grafik terdiri dari point2 sebagai berikut:

1. Dari grafik ditampilkan bahwa temperatur air dibelakang radiator adalah pada volume air radiator 3,75 liter yaitu 49°C dan temperatur air di belakang radiator terendah pada 3 liter yaitu 36°C
2. Temperatur di belakang radiator adalah temperatur yang berasal dari udara luar dan menumbuk radiator dan keluar dari sirip radiator. Temperatur radiator di belakang radiator makin menurun dari 49°C sampai 36°C dikarenakan temperatur lingkungan atau udara yang menumbuk radiator makin menurun dan juga bisa karna volume radiator yang berkurang sehingga panas yang dibawa oleh air sedikit sehingga angin melepaskan panas dari air makin menurun juga temperatur nya.

Hubungan Volume Air Radiator Terhadap Efektifitas Radiator

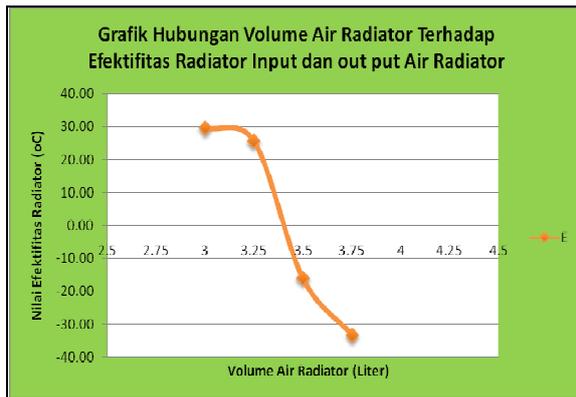
grafik hubungan volume air radiator terhadap efektifitas radiator dengan udara yang di konveksikan, sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik hubungan volume air radiator terhadap efektifitas radiator

Pembahasan grafik terdiri dari point2 sebagai berikut:

1. Dari grafik ditampilkan nilai efektifitas radiator tertinggi adalah pada volume air 3,75 liter yaitu 2,25 dan nilai efektifitas terendah pada volume air radiator 3 liter yaitu 0,30.
2. Nilai efektifitas makin menurun dari 2,25 sampai 0,30 dikarena volume air menurun,karna air dan radiator adalah suatu kesatuan yang berfungsi sebagai *cooling system* atau sytem pendingin mesin jadi volume air radiator sangat berpengaruh sekali terhadap efektifitas radiator, apabila volume air radiator berkurang maka radiator tidak maximal untuk melepaskan panas dari air, sehingga radiator bekerja tidak efektif.



Gambar 9. Grafik hubungan volume air radiator terhadap efektifitas radiator dengan perbandingan temperatur input dan out put air radiator.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dari bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian yang diperoleh adalah :

1. Semakin berkurangnya volume air radiator maka temperatur mesin mengalami kenaikan temperatur yang signifikan.
2. Efisiensi radiator menurun seiring dengan berkurangnya volume radiator.

DAFTAR PUSTAKA

Bhattacharya, GK, Johnson, RA; 1977; Statistical Concepts and Methods; John Wiley & Sons; New York

Brodkey, RS, Hershey, HC; 1988; Transport Phenomena A, Unified Approach; McGraw-Hill; Singapore.

Daryanto, Reparasi Sistem Pendinginan Mesin Mobil

Danu Permana, Merawat dan Memperbaiki Mobil Diesel, 2004

Lester C Litchy; Combustion Engine Processes; 1996; Tokyo; McGraw Hill

http://4.bp.blogspot.com/_08x8EEsS01E/SYPIEi7QAdI/AAAAAAAAAFQ/W_D6GALCnoc/s1600-h/siklus+mesin+diesel.gif

<http://www.syairpuisiku.file.wordpress.com/2008/10/new-picture-5-copy1.gif>

