



LAJU PEMBUANGAN PANAS PADA RADIATOR DENGAN FLUIDA CAMPURAN 70% AIR DAN 30% RADIATOR COOLANT DENGAN RPM 2000 TOYOTA AVANZA

Heri Wijanarko¹, Sugihandoko², Suparyana³
Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang^{1,2,3}
heriwijanarko@mesinhan.akmil.ac.id¹
sugihandoko@mesinhan.akmil.ac.id²
suparyana@mesinhan.akmil.ac.id³

Abstract

Cars that are used to travel long distances are usually driven at a fairly high speed with engine speed ranging from 2000 rpm and in a fairly long period of time. In order not to happen things that are not desirable due to the engine temperature exceeds the normal temperature of the machine when working, then this study needs to be done. In this study conducted comparative testing of engine heat dissipation rate between the use of 100% water with a mixture of 70% water and 30% radiator coolant with paired comparison method at rpm 2000. From the research, data were taken, among others, the temperature of the radiator Inlet and outlet, and the volume of radiator fluid flow (Q) which is then processed data to determine the mass flow rate (m), the specific heat of the fluid (Cp), the rate of heat dissipation radiator (q), and statistical data processing. The results of testing of a mixture of 70% water radiator fluid and 30% radiator coolant showed an average difference between the inlet temperature of the radiator with a higher radiator outlet temperature of 4.725⁰ C and the average heat dissipation rate of the radiator is also higher at 8.02931 kJ/s. This condition shows that at 2000 rpm, a mixture of 70% water and 30% radiator coolant has a higher engine heat absorption and dissipation capability than 100% water.

Kata kunci: Temperatur, radiator, metode paired comparison

Abstrak

Mobil yang digunakan untuk menempuh jarak jauh biasanya dikendarai dengan kecepatan yang cukup tinggi dengan kecepatan mesin mulai dari 2000 rpm dan dalam jangka waktu yang cukup lama. Agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan karena suhu mesin melebihi suhu normal mesin saat bekerja, maka penelitian ini perlu dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian perbandingan laju pembuangan panas mesin antara penggunaan air 100% dengan campuran air 70% dan radiator coolant 30% dengan metode paired comparison pada rpm 2000. Dari hasil penelitian diambil data antara lain suhu Inlet dan outlet radiator, dan volume aliran fluida radiator (Q) yang kemudian diolah data untuk mengetahui laju aliran massa (m), kalor jenis fluida (Cp), laju pembuangan panas radiator (q), dan pengolahan data statistik. Hasil pengujian campuran cairan radiator air 70% dan pendingin radiator 30% menunjukkan perbedaan rata-rata antara suhu inlet radiator dengan suhu outlet radiator yang lebih tinggi yaitu 4,725⁰ C dan rata-rata laju pembuangan panas radiator juga lebih tinggi yaitu 8,02931 kJ/s. kondisi ini menunjukkan bahwa pada 2000 rpm, campuran air 70% dan pendingin radiator 30% memiliki kemampuan penyerapan dan pembuangan panas engine yang lebih tinggi daripada air 100%.

Kata kunci: suhu, radiator, metode paired comparison



PENDAHULUAN

Perkembangan zaman membuat semua orang berlomba-lomba untuk berkarya dan bekerja dengan daya efektivitas yang tinggi. Dari segi ekonomi pekerjaan dapat dilaksanakan dengan cepat bila didukung dengan sarana transportasi yang baik. Pemilihan kendaraan juga mempengaruhi keuntungan dalam ekonomi karena masing-masing kendaraan mempunyai kemampuan dan kelebihan masing-masing.

Terdapat berbagai kendaraan disesuaikan dengan tujuan dan penggunaan. Seperti di Perbekalan dan Angkutan banyak menggunakan truk untuk muatan barang dan untuk pergerakan taruna saat sedang latihan luar. Bis digunakan untuk angkutan massal di Akmil dan mobil ambulance sebagai sarana penyelamatan pertama dalam keceakaan. Setiap kendaraan terbagi menjadi dua jenis mesin yaitu bermesin diesel dan bermesin bensin. Hal ini membuat kendaraan mempunyai tingkat tenaga masing-masing.

Kendaraan Avanza adalah sebuah mobil type SUV keluarga yang cocok digunakan untuk berpergian ke berbagai tempat dengan muatan personil yang banyak dan bagasi yang besar sehingga banyak yang menggunakan mobil ini untuk berbagai keperluan seperti keperluan kantor, pertemuan rapat, meninjau lokasi, dan untuk berbagai keperluan lain baik di kota maupun didesa. Selain dari segi kapasitas performa mobil ini juga tangguh dengan konsumsi bahan bakar yang irit dibanding dengan kendaraan lain yang sejenis.

Ada beberapa bagian dalam Mobil yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa mobil. Bisa dengan perubahan bahan bakar, pengeluaran emisi, pengubahan pelumas, ataupun menggunakan pendingin Radiator Coolant guna meningkatkan performa mesin dan mengurangi over heating dari mesin. Dengan mengubah persentase kandungan air radiator yang awalnya 100 % diubah menjadi 70% dan 30% nya diganti dengan RC (Radiator Coolant).

Rumusan Masalah.

Dari latar belakang diatas maka permasalahan yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh laju pembuangan panas radiator dengan pendingin 100% air pada saat putaran mesin konstan 2000 rpm?
- Berapa besar laju pembuangan panas pada fluida campuran 70% air dan 30% Radiator

Coolant pada saat putaran mesin konstan 2000 rpm?

Batasan Masalah.

Agar materi penelitian tidak terlalu meluas maka dilakukan pembatasan masalah yaitu mobil Toyota Avanza dibuat fluida campuran pada radiator 70% air murni dan 30% Radiator Coolant pada RPM 2000.

LANDASAN TEORI

Pengertian Sifat Energi.

Hukum kekekalan energi adalah hukum dimana energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dihilangkan, namun berubah dari satu energi ke energi yang lain. Perubahan satu energi ke energi yang lain dipelajari dalam ilmu konversi energi, sedangkan tingkat keberhasilan perubahan energi disebut efisiensi. Sifat energi secara umum terbagi menjadi dua yaitu :

a. Tranfer energi

Tranfer energi adalah proses perpindahan energi panas dari satu tempat ketempat yang lain dengan atau tanpa menggunakan perantara dari suatu material ke material lainnya. Dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

b. Tranformasi energi

Tranformasi energi adalah proses perubahan energi menjadi bentuk energi lain menjadi bentuk yang lain seperti energi panas pada pembakaran mesin menjadi energi mekanik mesin. Contoh nyang lain seperti energi listrik pada turbin berubah menjadi energi mekanik.

Dalam proses kehidupan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya tranformasi energi dapat diciptakan menjadi berbagai macam bentuk energi. Melalui proses tranformasi inilah terbentuk suatu siklus energi. Penelitian yang dilakukan manusia menghasilkan jenis energi dan rumus untuk menghitung dan mengelola energi tersebut. Bentuk-bentuk energi terbut antara lain :

a. Energi potensial

suatu bentuk energi yang tersimpan dalam suatu benda karena kedudukan benda tersebut dan di pengaruhi oleh gaya gravitasi. Energi akan dilepaskan apabila terjadi gerakan pada benda tersebut. Hal ini akan menimbulkan terbentuknya energi mekanik pada benda tersebut.

$$E_p = m \cdot g \cdot h \dots (1)$$

(Sumber : SCHAUM' OUT lines, 2008, Termodinamika teknik)

Keterangan :



- Ep : Energi potensial (j)
- M : Massa (Kg)
- g : Gravitasi (m/s²)
- h : Ketinggian (h)

b. Energi kinetik

Hasil dari perpindahan atau gerakan suatu benda akan menghasilkan kecepatan (v) yang menyebabkan terbentuknya energi kinetik. Semakin besar kecepatan benda maka energi kinetik akan semakin besar.

Ek = 1/2 mv^2(2)

(Sumber : SCHAUM' OUT lines, 2008, Termodinamika teknik)

Keterangan :

- Ek : Energi kinetik (j)
- M : Massa (Kg)
- V : Kecepatan (V)

c. Energi mekanik

Penjumlahan antara energi potensial dan energi kinetik dalam satu proses akan menghasilkan suatu energi total yang disebut dengan energi mekanik. Energi potensial air berubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan turbin sehingga terbentuklah energi listrik.

Em = Ep + Ek.....(3)

(Sumber : SCHAUM' OUT lines, 2008,

d. Energi listrik

Energi yang berkaitan dengan pergerakan elektron pada material. Satuan untuk menghitungnya adalah Watt (W) . Energi listrik ini dapat disimpan dalam bentuk energi medan elektrostatis yang berkaitan dengan medan listrik yang dihasilkan oleh terakumulasinya muatan elektron pada pelat kapasitor.

e. Energi elektromagnetik

Merupakan energi yang berkaitan dengan bentuk radiasi elektromagnetik pada suatu benda. Energi radiasi dinyatakan dalam satuan energi yang sangat kecil yaitu elektron volt (eV) yang juga digunakan pada energi nuklir.

h. Energi thermal

Energi dasar yang merupakan dasar perubahan berbagai bentuk energi atau bisa disebut sebagai energi panas. Semua bentuk energi dapat dikoversikan secara penuh menjadi bentuk energi panas.

i. Energi angin

Energi yang tidak akan perha habis. Energi ini adalah energi yang digunakan untuk

menggerakkan turbin angin sehingga menghasilkan energi listrik. Energi angin terbentuk karena perbedaan suhu udara di berbagai tempat sehingga terjadi pergerakan partikel gas di udara. Pergerakan gas ini menghasilkan energi angin.

Prinsip Termodinamika.

Ilmu termodinamika adalah ilmu yang mempelajari konsep perpindahan panas. Secara garis besar dapat dibentuk menjadi prinsip-prinsip termodinamika dan dapat dibagi menjadi 3 hukum yaitu:

- a. Hukum termodinamika ke-0 : berkenan dengan kesetimbangan termal atau konsep temperatur dalam ilmu termodinamika
- b. Hukum termodinamika ke-1 : menjelaskan konsep energi dalam dan menghasilkan prinsip kekekalan energi. Menegaskan ke ekivalenan perpindahan kalor dan perpindahan kerja.
- c. Hukum termodinamika ke-2 : memperlihatkan arah perubahan alami distribusi energi dan memperkenalkan prinsip peningkatan entropi.

Melalui percobaan dalam penelitian ditemukanlah bukti-bukti yang membenarkan penggunaan hukum serta menyetujui akibat-akibatnya. Hukum termodinamika berdasarkan penalaran logis. Perencanaan termodinamika secara teknik seperti : pendinginan, pengkondisian udara, motor bakar, pembangkit listrik dan sistem pemanasan surya.

Berdasarkan hukum termodinamika ke-1 yang menjelaskan bahwa energi bersifat kekal artinya tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi energi hanya dapat diubah dari satu bentuk energi menjadi bentuk energi yang lain. Maka jumlah energi yang diperoleh oleh sistem sama dengan jumlah energi yang dilepaskan oleh lingkungan. Berlaku sebaliknya bahwa energi yang diterima oleh lingkungan sama dengan energi yang dilepaskan oleh sistem.

Tanda untuk kerja (w) dan kalor (q) :

- a. Sistem menerima kerja, w beranda (+)
- b. Sistem menerima kalor, q bertanda (+)
- c. Sistem melakukan kerja, w bertanda (-)
- d. Sitem membebaskan kalor, q bertanda (-)

Massa Jenis Air

Air memiliki massa jenis tertinggi pada suhu 4°C, yakni kurang lebih 1000 kg/m³. Untuk suhu lain bisa dilihat pada tabel dibawah ini. Bisa dilihat bahwa semakin naik suhu, semakin rendah massa jenis. Ini disebabkan oleh jarak antar

molekul yang semakin jauh seiring naiknya temperatur.

Temperatur/Suhu (°C)	Massa Jenis (kg/m ³)
0	999,9
5	1000
10	999,7
20	998,2
30	995,7
40	992,2
50	988,1
60	983,2
70	977,8
80	971,8
90	965,3
100	958,4

Gambar 1 Tabel Massa Jenis Air
(Sumber: <http://www.jendelasarjana.com/2014/04/massa-jenis-air>)

Cara Perpindahan Kalor.

Energi panas dapat berubah menjadi energi kimia atau bentuk energi yang lain. Menurut konsep perpindahan panas, kalor dapat berpindah dari satu tempat ketempat yang lain dengan atau tanpa menggunakan perantara. Proses ini dapat membuat lingkungan terpengaruh menjadi panas dan energi panas menyebar keseluruh bagian benda perantara. Kalor dapat berpindah menuju media yang lain melalui tiga cara yaitu : konduksi, konveksi, dan radiasi.

a. Konduksi

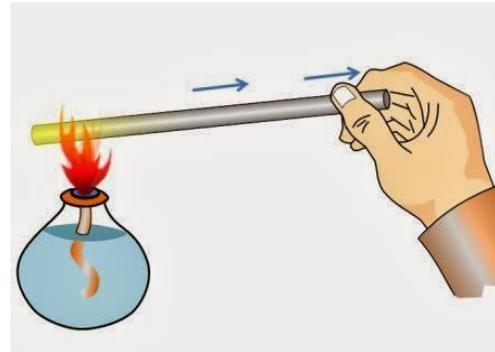
Adalah proses perpindahan energi panas dengan menggunakan perantara benda padat maupun benda cair yang stabil diam dikarenakan perbedaan temperatur diantara dua benda tersebut.. Panas satu dimensi adalah sebagai berikut :

$$q_{kond} = -K \cdot A \cdot dT/dx \dots \dots \dots (4)$$

(Sumber : Schaum's Out Lines Perpindahan Kalor 2)

Dimana :

- q kond : Besar laju perpindahan panas (W)
- k : Konduktivitas termal bahan (W/m.K)
- dT/dx : Temperature gradient
- A : Luas permukaan perpindahan panas
- (-) : Perpindahan panas dari temperatur



Perpindahan panas secara konduksi

b. Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan suhu dari satu benda padat menuju benda padat yang lain dikarenakan perbedaan temperatur benda padat tersebut. Proses ini juga menyebabkan partikel benda tersebut berpindah. Terjadi sebuah pergerakan partikel dari temperatur tinggi menuju temperatur rendah. Persamaan laju perpindahan panas konveksi, bila $T_s > T_\infty$ adalah:

$$(T)_{konv} \propto q = hA(T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (5)$$

(Sumber : Schaum's Out Lines Perpindahan Kalor 2)

Dimana :

- q_{konv} = Besar laju perpindahan konveksi (W)
- h = Koefisien konveksi (W/m² K)
- A = Luasan permukaan perpindahan panas(m²)
- (T_s - T_∞) = Perbedaan temperatur (K)

c. Radiasi.

Radiasi adalah proses perpindahan energi panas dengan menggunakan gelombang elektromagnetik tanpa membutuhkan media perantara.

Laju perpindahan panas netto radiasi dirumuskan sebagai berikut:

$$q_{rad} = \epsilon \sigma A(T_s^4 - T_{sur}^4) \dots \dots \dots (6)$$

(Sumber : Schaum's Out Lines Perpindahan Kalor 2)

Radiator.

Radiator adalah alat yang digunakan untuk proses menukarkan panas dari suatu peralatan bermesin bertujuan untuk menjaga

performa mesin tersebut dalam kondisi panas yang optimal baik untuk proses memanaskan atau mendinginkan. Radiator yang kita kenal pada umumnya digunakan pada kendaraan bermotor (roda dua atau roda empat). Hal ini bertujuan agar mesin mendapatkan pendinginan yang maksimal sesuai yang dibutuhkan mesin. radiator terdiri dari tangki air bagian atas (upper tank), tangki bagian bawah (lower water tank) dan radiator core pada bagian tengahnya. Sistem pendinginan mesin terdiri dari beberapa part yaitu :

a. Radiator.

Part yang terlihat banyak kisi-kisi atau celah-celah kecil yang tersusun rapi dengan bahan aluminium. Dan biasanya diletakkan di depan mesin.

b. Kipas radiator.

Part yang berfungsi membantu memaksimalkan proses pendinginan radiator.

c. Water Pump.

Pompa cairan yang berfungsi mensirkulasikan cairan radiator dari dari silinder block lalu head untuk mengambil panas lalu cairan masuk ke radiator untuk dibuang panasnya.

d. Thermo Sensor.

Suatu piranti yang membaca suhu cairan yang keluar dari silinder head atau mesin dan akan mau masuk ke radiator.

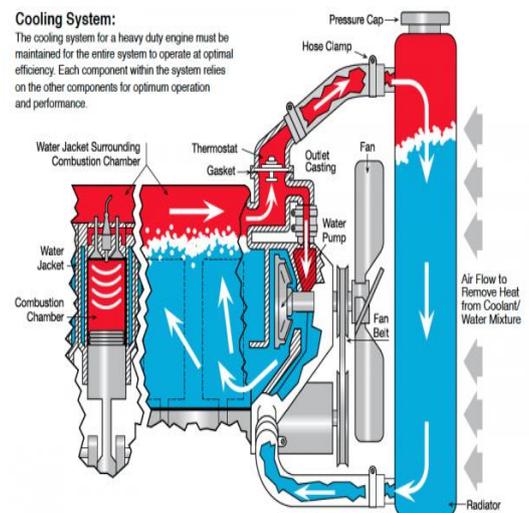
e. Thermo Switch.

Salah satu jenis saklar yang menyambungkan aliran arus baterai ke kipas radiator.

Cara Kerja Radiator

Pertama-tama cairan akan dipompakan memasuki silinder block lalu naik ke atas silinder head untuk mengambil atau menyerap panas mesin akibat pembakaran. Keluar melalui selang radiator menuju termostat sebagai pengatur debit aliran. Kemudian melewati termosensor untuk dibaca panasnya. Masuk ke dalam radiator dari sisi atas dan mengalir melalui pipa - pipa kapiler yang berukuran kecil sampai menuju bawah. Panas mesin ini berpindah ke cairan melalui proses konveksi. Merambat ke dinding pipa-pipa kecil radiator dan terjadilah perambatan konduksi ke seluruh kisi-kisi. Kisi-kisi akan menyalurkan panas ke udara sekitar, bahkan saat suhu panas udara akan dipaksa oleh kipas untuk bertumbukan atau bersinggungan dengan kisi-kisi radiator. Selama proses diatas berjalan sesuai kerjanya dan cairan dalam keadaan penuh, maka mesin akan

bekerja di suhu yang stabil sehingga menghasilkan power yang maksimal di berbagai kondisi panas mesin.



Penyebab terjadinya overheating ini :

a. Mesin mengalami modifikasi ekstrem dengan rasio kompresi tinggi. Seperti CS1 yang mulanya ber cc 125 menjadi 200cc yang berasio kompresi 10,7 : 1 menjadi 15 : 1.

b. Volume air kurang bisa diakibatkan karena kebocoran air di sistem pemasangan. Volume air yang kurang ini menyebabkan kemampuan menyerap panas kurang.

c. Lubang pipa dalam radiator tersumbat. Hal ini bisa terjadi jika menggunakan air sebagai cairan radiator. Dikarenakan air terdapat unsur magnesium, kalium atau kalsium. Sehingga direkomendasikan memakai cairan khusus dari pabrikan yang sudah dilengkapi dengan anti karat dan anti beku.

d. Kipas tidak bekerja atau rusak sehingga panas berlebih ini tidak mendapat support pendinginan. Mesin yang menggunakan radiator pasti pada speedometer dilengkapi penunjukkan level panas mesin.

Prinsip Kerja Radiator Sebagai Pembuangan Panas Pada Mesin.

Udara dan bahan bakar pada ruang Cap bakar mesin menyebabkan panas selama terjadinya proses pembakaran. Secara konduksi panas pada ruang bakar mesin dipindahkan dari sisi dalam menuju ke *water jacket* . Pada *water jacket* panas diteruskan ke fluida pendingin (air) melalui proses konveksi yang mengakibatkan fluida



tersebut menjadi panas. Panas pada fluida pendingin tersebut dipompakan pada radiator untuk didinginkan lagi agar dapat menyerap panas kembali.

Jumlah pembuangan panas pada radiator adalah besarnya jumlah panas yang dapat dipindahkan dari air panas radiator menuju udara bebas.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung adalah:

q = m . Cp (T_{in} - T_{out}).....(7) Dimana :

- q = Laju perpindahan panas (W)
m = Laju aliran massa air (Kg/s)
Cp = Kalor spesifik fluida air (KJ/Kg °C) = 5 KJ/Kg °C
T_{in} = Temperatur air saat memasuki radiator (K)
T_{out} = Temperatur air saat keluar radiator (K)

Untuk mencari laju aliran massa air menggunakan rumus :

m = rho x v x A.....(8)

Radiator Coolant.

Secara umum radiator coolant adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan alat potong pada saat proses permesinan. Digunakan pula untuk melumasi alat potong sehingga memiliki umur pakai yang lebih lama.

Apabila penggantian coolant tidak dilakukan maka pengendapan kotoran yang terlalu banyak berpotensi menutup sistem saluran pendingin, sehingga menyebabkan arus pendinginan mesin terganggu. Bila hal ini terjadi, mesin mudah panas dan memicu mogok. Rentetan masalah lebih krusial pada mesin bisa terjadi.

Di dalam proses permesinan, kita harus mengenal coolant sebagai suatu cara menambah/ memperpanjang umur pahat. Fungsi dari coolant secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Menurunkan temperatur pahat pada saat pemotongan.
b. Menurunkan gaya potong.
c. Memperpanjang umur pahat.
d. Melumasi elemen pembimbing (ways).
e. Memperhalus atau memperbaiki kualitas permukaan benda kerja.

- f. Membersihkan geram dari bidang geram pada saat proses pemotongan.
g. Proteksi korosi pada permukaan benda kerja yang baru terbentuk.

Spesifikasi Toyota Avanza.

Sebuah mobil pabrikan Negara Jepang yang sangat terkenal di Indonesia. Pada awal kemunculannya langsung menarik pasaran mobil kelas keluarga yang nyaman digunakan saat berpergisi kemana-mana. Toyota juga terus mengembangkan kemampuan dari kendaraan Toyota avanza ini dengan menambahkan berbagai fitur tambahan yang mempermudah berkendara.

Mobil tipe SUV keluarga yang sangat nyaman digunakan dalam berbagai keperluan baik dalam kondisi jalan perkotaan yang mulus maupun dalam kondisi jalan pedesaan yang buruk. Sehingga cocok untuk kondisi medan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektifitas dari penggunaan antara air pendingin biasa dengan air pendingin campuran 70% air dengan 30% radiator coolant. Selama ini mobil Toyota Avanza yang ada di Akmil menggunakan air murni yang mempunyai daya serap panas sampai tingkat tertentu. Bagaimana daya pakainya setelah dicampur dengan Radiator Coolant? Air Radiator Coolant mempunyai tujuan untuk mempercepat pendinginan pada radiator.

Rencana Penelitian dan Alat Pendukung Alat dan bahan yang digunakan

Dalam pelaksanaan pengujian sangat diperlukan alat peralatan dan alat ukur yang digunakan berdasarkan atas ketersediaan alat, kemudian pengoperasiannya, jangkauan pengukuran dan ketelitian ukurnya, yang berada di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- 1) Alat yang digunakan :
a) Satu unit mobil Toyota avanza;
b) Termocouple type K 2 buah;
c) Termocouple type PT 100 2 buah;
d) Flow Meter;
e) Stopwatch;
f) Radiator Toyota Avanza;
g) Thermostate Avanza;
2) Bahan yang digunakan:
a) 1 RC amsoil 4 liter 1 galon;
b) Pertalite 25 liter;
c) Oli filter;

d) Air Murni;

Tempat dan waktu penelitian.

- 1) Lokasi pembuatan model pendinginan radiator dilakukan di Laboratorium Motor Baka Teknik Mesin SV Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- 2) Waktu yang digunakan adalah selama 7 jam dilakukan selama 2 hari.

Urutan penelitian

- 1) Mencari dan meneliti karakteristik data yang terdapat pada mobil Avanza.
- 2) Membuat perbandingan antara laju prosentase pendinginan air 100% dengan campuran air 70% dan RC 30%

Pengambilan Data

Uji perbandingan laju pendinginan pada radiator menggunakan air murni dan air campuran dengan RC Untuk mengetahui seberapa besar laju pendinginan apabila menggunakan air campuran RC dibandingkan dengan menggunakan air murni, langkah-langkah persiapan yang dilakukan untuk mengitung perbandingan adalah sebagai berikut :

Rencana Pengambilan Data.

Pengujian yang dilaksanakan adalah dengan menggunakan fluida air 100% dengan campuran air 70% dan 30% RC pada rpm 2000. Pengujian dimulai dengan menguji fluida air 100% dengan fluida campura 70% air dan 30% RC pada rpm 2000. Sebagai kondisi awal catat temperatur fluida pada *inlet radiator*(Tin) dan *outlet radiator*(Tout), kemudian mesin dijalankan. Pengujian dilaksanakan selama 1 jam dan pencatatan data berikutnya diambil setiap lima menit (5 menit).

Langkah prosedur pengujian adalah sebagai berikut :

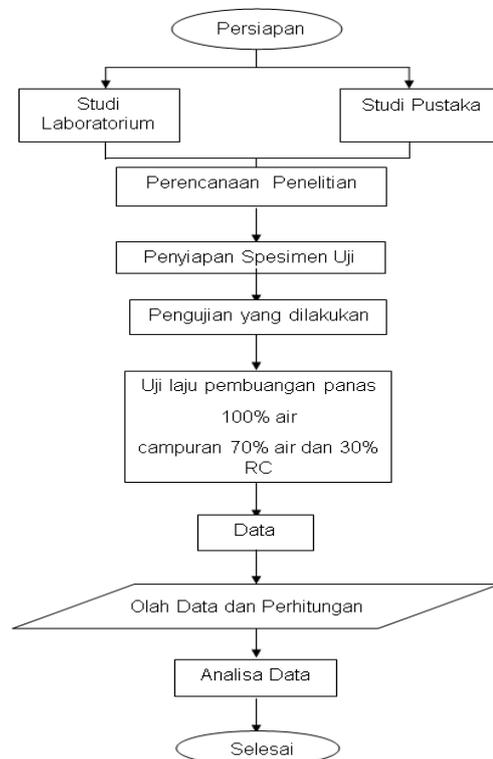
- a. Siapkan alat dan bahan serta rangkai alat uji seperti skema.
- b. Masukkan fluida pendingin ke dalam radiator dan yakinkan telah terisi penuh.
- c. Catat temperatur fluida pendingin pada sisi masuk dan keluar radiator (temperatur inimerupakan temperatur awal / *initialtemperature*).
- d. Hidupkan mesin dan pertahankan pada putaran konstan 2000 rpm.
- e. Catat data setiap 5 menit terhitung saat mesin mulai hidup. Pengujian dilakukan selama 1 jam, yang mana pengujian dan pengambilan data dihentikan pada menit ke-60.
- f. Matikan mesin dan biarkan sampai mesin benar-benar dingin.

- g. Setelah proses pengujian selesai, kembalikan kondisi kendaraan ke kondisi semula. Rapikan kembali semua alat dan bahan uji.
- h. Ulangi pengujian tersebut sebanyak 3 kali pada jam yang sama.

d. Analisa Data

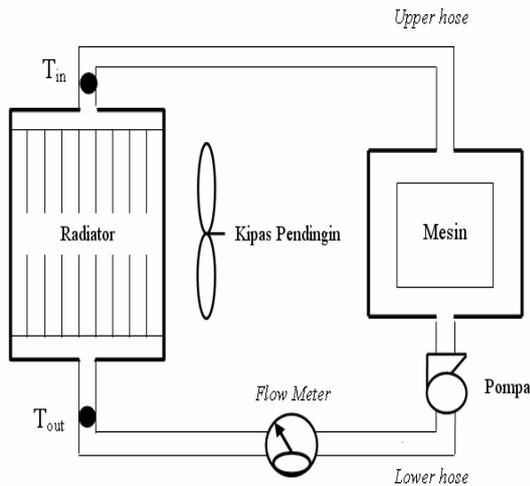
Setelah melaksanakan percobaan dengan menguji campuran air dengan radiator coolant maka kita bandingkan hasil keduanya dengan menggunakan rumus yang sudah ada. Percobaan akan membuktikan mana yang lebih efisien antara pendinginan menggunakan air murni atau air campuran dengan radiator coolant. Tabel akan mempermudah dalam menganalisa data agar lebih akurat dan menghindari terjadinya kesalahan data karena kurang teliti dalam memasukkan data.

e. Diagram Alir.



HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Pengolahan data.

Berikut data teknik yang direncanakan untuk perhitungan laju pembuangan panas pada radiator mobil Toyota Avanza.



Gambar skema alat uji pendingin mesin.

Data awal dari perancangan laju pembuangan panas pada radiator adalah sebagai berikut :
Luas pipa radiator (r)

: $12,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Massa jenis air (ρ)

: 1000 Kg/m^3

Massa jenis Radiator coolant

: 1100 Kg/m^3

Kecepatan aliran fluida (v)

: $6,7 \times 10^{-2} \text{ m/s}$

Kalor spesifik fluida (C_p)

: $5 \text{ KJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

a. Radiator menggunakan fluida 100% air Pengambilan data awal setelah mesin di set pada RPM 2000 dengan hasil :

Menit ke-	$T_{in} (^{\circ}\text{C})$	$T_{out} (^{\circ}\text{C})$
5	83	68
10	85	70
15	86	70
20	89	72
25	90	73
30	91	73
35	93	74
40	94	74
45	96	74
50	97	75
55	99	76
60	101	77

b. Radiator menggunakan fluida 70% air dan 30 % Radiator Coolant Pengambilan data

awal setelah mesin di set pada RPM 2000 dengan hasil :

Menit ke-	$T_{in} (^{\circ}\text{C})$	$T_{out} (^{\circ}\text{C})$
5	82	67
10	84	67
15	85	68
20	87	69
25	88	69
30	89	69
35	91	69
40	93	69
45	94	69
50	96	71
55	99	72
60	100	73

Perhitungan Data Hasil Penelitian.

a. Perhitungan data hasil penelitian pada fluida 100% air sebagai berikut :

1)Data pada menit ke-5

$$q = \rho \times v \times A \times C_p (T_{in} - T_{out})$$

$$= 983,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (83 - 68)$$

$$= 6,31125 \text{ W}$$

2)Data pada menit ke-10

$$q = \rho \times v \times A \times C_p (T_{in} - T_{out})$$

$$= 980,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (85 - 69)$$

$$= 6,732 \text{ W}$$

3)Data pada menit ke-15

$$q = \rho \times v \times A \times C_p (T_{in} - T_{out})$$

$$= 978,5 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (86 - 70)$$

$$= 6,732 \text{ W}$$

4)Data pada menit ke-20

$$q = \rho \times v \times A \times C_p (T_{in} - T_{out})$$

$$= 974,6 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (89 - 72)$$

$$= 7,15275 \text{ W}$$

5)Data pada menit ke-25

$$q = \rho \times v \times A \times C_p (T_{in} - T_{out})$$

$$= 970,2 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (90 - 73)$$



= 7,15275 W

6)Data pada menit ke-30

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 968,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (91 - 73)$$

$$= 7,5735 W$$

7)Data pada menit ke-35

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 965,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (93 - 74)$$

$$= 7,99425 W$$

8)Data pada menit ke-40

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 962,7 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (94 - 74)$$

$$= 8,415 W$$

9)Data pada menit ke-45

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 959,8 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (96 - 74)$$

$$= 9,2565 W$$

10)Data pada menit ke-50

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 957,2 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (97 - 75)$$

$$= 9,2565 W$$

11)Data pada menit ke-55

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 954,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (99 - 76)$$

$$= 9,67725 W$$

12) Data pada menit ke-60

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 952,5 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (101 - 77)$$

$$= 10,098 W$$

b. Perhitungan data hasil penelitian pada fluida 70% air dan 30% Radiator Coolant sebagai berikut :

1)Data pada menit ke-5

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 990,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (82 - 67)$$

$$= 6,94254 W$$

2)Data pada menit ke-10

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 988,2 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (84 - 67)$$

$$= 7,86811 W$$

3)Data pada menit ke-15

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 985,5 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (85 - 68)$$

$$= 7,86811 W$$

4)Data pada menit ke-20

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 982,2 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (87 - 69)$$

$$= 8,33094 W$$

5) Data pada menit ke-25

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 979,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (88 - 69)$$

$$= 8,79377 W$$

6)Data pada menit ke-30

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 976,4 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (89 - 69)$$

$$= 9,2566 W$$

7)Data pada menit ke-35

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 973,7 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (91 - 69)$$

$$= 10,18226 W$$

8)Data pada menit ke-40

$$q = \rho \times v \times A \times Cp (T_{in} - T_{out})$$

$$= 970,2 \times 6,7 \times 10^{-4} \times 12,56 \times 10^{-2} \times 5 (93 - 69)$$



= 11,10792 W

9)Data pada menit ke-45

q = ρ x v x A x Cp (T_{in} - T_{out})

= 967,4 x 6,7 x 10⁻⁴ x 12,56 x 10⁻² x 5 (96 - 74)

= 11,57075 W

10)Data pada menit ke-50

q = ρ x v x A x Cp (T_{in} - T_{out})

= 964,2 x 6,7 x 10⁻⁴ x 12,56 x 10⁻² x 5 (97 - 75)

= 11,57075 W

11)Data pada menit ke-55

q = ρ x v x A x Cp (T_{in} - T_{out})

= 961,2 x 6,7 x 10⁻⁴ x 12,56 x 10⁻² x 5 (99 - 76)

= 12,49641 W

12)Data pada menit ke-60

q = ρ x v x A x Cp (T_{in} - T_{out})

= 959,3 x 6,7 x 10⁻⁴ x 12,56 x 10⁻² x 5 (101 - 77)

= 12,49641 W

18. Hasil Perhitungan

Waktu (Menit ke)	q 70% air dan 30% RC (Watt)	q 100% air (Watt)	Selisih (Watt)
	X	Y	D=X-Y
5	6,94254	6,31125	0,63129
10	7,86811	6,73200	1,13611
15	7,86811	6,73200	1,13611
20	8,33094	7,15275	1,17819
25	8,79377	7,15275	1,64102
30	9,25660	7,57350	1,68310
35	10,18226	7,99425	2,18801
40	11,10792	8,41500	2,69292
45	11,57075	9,25650	2,31425
50	11,57075	9,25650	2,32425
55	12,49641	9,67725	2,81916
60	12,49641	10,0980	2,39841

Seperti terlihat pada Gambar di atas dimana sejak menit-menit awal yaitu menit ke-5 laju pembuangan panas campuran 70% air dan 30% RC sudah menunjukkan nilai laju pembuangan panas yang lebih besar daripada

menggunakan fluida kerja 100% air. Perbedaan yang ditunjukkan berfluktuasi tetapi cenderung linier. Hal yang menyebabkan laju pembuangan panas mesin oleh radiator dengan menggunakan fluida kerja campuran 70% air dan 30% RC lebih besar daripada menggunakan fluida kerja 100% air adalah perbedaan nilai koefisien perpindahan panas konveksi yang dimiliki fluida campuran 70% air dan 30% RC lebih besar daripada fluida kerja 100% air.

Hal ini menyebabkan laju perpindahan panas konveksi dari fluida radiator menuju ke sisi bagian dalam radiator menjadi lebih besar, yang akan menyebabkan pembuangan panas ke lingkungan yang lebih besar pula. Perpindahan kalor secara konveksi, energi kalor ini akan dipindahkan ke sekelilingnya dengan perantaraan aliran fluida. Oleh karena pengaliran fluida melibatkan pengangkutan massa, maka selama pengaliran fluida bersentuhan dengan permukaan bahan yang panas suhu fluida akan naik.

Tiap-tiap mesin kendaraan mempunyai suhu optimal pembakaran. Kendaraan akan mengalami kendala apabila suhu pembakarannya tidak optimal. Kendala yang dapat terjadi seperti emisi gas buang yang tidak sempurna, terjadinya kerak pada mesin, tarikan gas mesin menjadi lambat, dan menyebabkan kelistrikan terganggu hingga kerja aki menjadi berat.

Hal ini akan menyebabkan terjadinya overheat. Untuk menanggulangi terjadinya overheat maka diciptakanlah radiator untuk menjaga suhu tetap stabil. Radiator akan bekerja optimal apabila menggunakan fluida pendingin yang tepat yaitu menggunakan Radiator Coolant. Dari percobaan uji laju pembuangan panas yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan

SIMPULAN

- a. Laju pembuangan panas rata - rata (q rata-rata) campuran 70% air dan 30% RC sebesar 9,87371 Watt. Sedangkan laju pembuangan panas rata -rata untuk fluida kerja 100% air sebesar 8,02931 Watt. Sehingga dapat disimpulkan secara numerik dapat diketahui bahwa laju pembuangan panas campuran 70% air dan 30% RC lebih besar daripada laju pembuangan panas fluida kerja 100% air pada rpm 2000.
- b. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi yang dimiliki fluida campuran 70% air dan 30% RC lebih besar daripada fluida kerja 100% air. Hal ini menyebabkan laju



perpindahan panas konveksi dari fluida radiator menuju ke sisi bagian dalam radiator menjadi lebih besar, yang akan menyebabkan pembuangan panas ke lingkungan yang lebih besar pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, G.K., 1977, *Statistical Concepts and Methods*, John Wiley & Sons, New York . Santa Barbara . London . Sydney . Toronto.
- Holman, J.P., alih bahasa Jasfi, E., 1984, *Perpindahan Kalor, Edisi Kelima*, Erlangga, Jakarta Pusat.
- Incropera, F. P and Dewitt, D. P., 1990, *Fundamentals of Heat Transfer*, John Wiley & Sons, New York.
- Koestoer, R. A. dan Zulkifli, 1998, *Perpindahan Kalor Konveksi*, Laboratorium Perpindahan Kalor – Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Riduwan, 2006, *Dasar – Dasar Statistika*, Alfabeta, Bandung.
- Sugiyono, 1999, *Statistik Nonparametris Untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Toyota Astra Motor, PT., 1994, *New Team Engine Group Training Manual*, Toyota Service Training, Jakarta.
- Toyota Astra Motor, PT., 1994, *New Step 1 Training Manual*, Toyota Service Training, Jakarta.
- Team Yayasan Pendidikan Haster., IKHTISAR RUMUS - RUMUS LENGKAP FISIKA: Untuk SMU, Penerbit Gunung Ilmu Press, Bandung, 1991.