

PENELITIAN MANDIRI
BERSAMA MAHASISWA



**PENGARUH DEBIT ALIRAN AIR TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR MESIN
MOBIL MITSUBUSHI LANCER EX 2.0 GT**



PENELITI :

1. IRAWANDI
2. Ir. H. DARIANTO, M.Sc
3. Ir. AMRINSYAH. MM
4. Ir. SYAFRIAN LUBIS, MM

BEKERJASAMA DENGAN MAHASISWA GUNA TRANSFER KEILMUAN

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2012

Penelitian
2012

PENGARUH DEBIT ALIRAN AIR TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR MESIN
MOBIL MITSUBUSHI LANCER EX 2.0 GT

PENELITI :

1. IRAWANDI
2. Ir. H. DARIANTO, M.Sc
3. Ir. AMRINSYAH. MM
4. Ir. SYAFRIAN LUBIS, MM

PENELITI I



IRAWADI

PENELITI II



Ir. H. DARIANTO, M.Sc

PENELITI III



Ir. AMRINSYAH. MM

PENELITI IV



Ir. H. SYAFRIAN LBS. MM

MENGETAHUI :

DEKAN



Ir. Hj. HANIZA. MT

KA. PRODI TEKNIK MESIN



DR. Ir. SUDITAMA. MT

Tanggal Penyerahan : 27 Februari 2013, Sem Ganjil 2012/2013

KATA PENGANTAR

Radiator adalah bagian terpenting dalam proses pendinginan pada sebuah mesin tidak terkecuali terhadap mesin Mitsubishi Lancer. Penelitian ini dimaksudkan agar para pengguna Mitsubishi Lancer dapat melakukan maintenance sehingga perjalanan yang dilakukan oleh pemilik mobil dapat berjalan dengan baik. Terimakasih kepada Tim yang telah melakukan penelitian ini secara bersama-sama sehingga mampu menghasilkan karya penelitian yang berfungsi guna. Saya berharap hasil karya ini dapat disebarluaskan di bengkel-bengkel sehingga dapat membantu para teknisi melakukan perbaikan serta pemeliharaan terhadap merek mobil Lancer tersebut.

Kerjasama yang telah kita lakukan untuk beberapa bulan yang lalu sungguh sangat menyenangkan terlebih kepada para Dosen yang secara terus-menerus memberikan pembobotan kepada saya sehingga menambah keilmuan serta percaya diri dalam melakukan kerja penelitian ini. Ucapan terimakasih khusus kepada Bapak Ir. H. Darianto, M.Sc yang telah memberikan fasilitas termasuk akses laboratorium di beberapa perguruan tinggi dan instansi pemerintah. Saya meyakini bahwa, bila kekompakan antara dosen dan mahasiswa yang terjalin sebagaimana yang saya rasakan ketika melaksanakan penelitian ini akan membawa iklim yang sangat baik bagi perkembangan penelitian Mahasiswa. Oleh sebab itu saya menyarankan kepada Jurusan Teknik Mesin agar kiranya memberikan dorongan kepada Mahasiswa dan Dosen untuk selalu bekerjasama sehingga berdampak kepada tingkat kenyamanan bagi mahasiswa yang akan melakukan tugas akhirnya kelak.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat serta hidayahnya bagi kita semua terkhusus kepada Universitas Medan Area selaku lembaga yang menaungi Mahasiswa dan Dosen yang pada akhirnya berkontribusi kepada pembangunan Sumatera Utara. Amin

29 November 2012

Irawandi

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 effect). Dan udara yang mendinginkan air pada radiator (heating effect) Kedua fluida kerja itu merupakan aspek utama sistem pendinginan air pada efektifitas radiator. Permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini ialah adalah 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 terintegrasi dan merupakan hasil rakitan para penyusun. Alat ini digunakan untuk pengambilan data dengan menggunakan mesin MITSUBISHI LANCER Ex 2.0 GT. Desain penelitian yang digunakan ialah eksperimen dengan Cara memanipulasi suatu variable tertentu untuk melihat efek yang terjadi daritindakan tersebut. Variabel bebas ialah debit aliran air (0.011, 0.016, 0.024, 0.028, 0.033) m³ / menit dengan berdasarkan pada putaran mesin (1000, 1500, 2000, 3000)rpm. Variabel terikat ialah efektifitas radiator. Setiap pengujian dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali.

Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan terdaat pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas radiator, dimana semakin meningkat debit aliran air semakin meningkat pula efektifitas radiatornya. Pada pengambilan menit pertama terlihat bahwa untk debitaliran 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 padadebit aliran 0.028 m³ / menit nilai efektifitasnya 0.137 pada debit aliran 0.033 m³ /menit nilai efektifitasnya 0.018. Pada pengambilan data dengan menggunakan penahanan waktu (holding time) selama 30 menit terlihat kecenderungan makin lama waktu penahanan makin meningkat nilai efektifitasnya. 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 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 penahanan yang sama.

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

ABSTRACT

Cooling is a support system of a machine that works and operates. The existence of such a cooling system will be felt especially on machines with large capacity. On machines that use water cooling system (Water cooling effect). And the air that cools the water in the radiator (heating effect) The working fluid is a major aspect in the effectiveness of water cooling system radiator. Issues contained in this study is the effect of water flow terhadap efektifitas radiator. The purpose of this study was to investigate the influence of water flow to the effectiveness of the radiator.

Object of research is to test equipment seperangkat a radiator tester that consists of several components and measuring instruments terintegrasi and is the result of the constituent assembly. This tool is used for data retrieval using machine MITSUBISHI LANCER Ex 2.0 GT. The study design used is experimenting with a way to manipulate certain variables to see the effects that occur daritindakan. The independent variable is the water flow rate (0011, 0.016, 0.024, 0.028, 0.033) m³ / minute based on engine speed (1000, 1500, 2000, 3000) rpm. Dependent variable is the effectiveness of the radiator. Each test performed data collection three times.

Based on the data collection was done propagated effect of water flow to the radiator effectiveness, which increases the water flow also increases the effectiveness of the radiator. In the first minute decision shows that remedy debit aliran 0011 m³ / min value of its effectiveness in 0021 flow 0016 m³ / min value of its effectiveness in 0058 flow 0024 m³ / min flow of the effectiveness padadebit 0094 0028 m³ / min value in 0137 efektifitasnya flow rate 0033 m³ / minute value 0.018. Pada effectiveness of data retrieval using the detention time (holding time) for 30 minutes a tendency to longer detention time increasing the value of its effectiveness. In the data collection can be seen that the increasing water flow rates greater the effectiveness of the resulting value. This situation can be seen that the flow rate of water flow of 0024 m³ / min with a higher effectiveness values than the flow rate 0016 m³ / min with a value of 0.60 and the effectiveness of the water flow rate 0011 m³ / min with a 0624 value of the effectiveness of detention at the same time.

See the discussion above it can be concluded that the water flow rate affects the effectiveness of the cooling radiator. This research should be developed further by changing the type of machine in the test, change the type of radiator and the engine is subjected to loading.

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Sistem pendingin Mesin.....	8
2.3 Komponen-Komponen Sistem Pendingin Air.....	11
2.4 Perpindahan Panas	17
2.5 Konveksi Paksa di dalam Pipa	20
2.6 Penukar Panas	22
2.7 Metode Perhitungan	24
2.8 Kerangka Berfikir.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Pendekatan Penelitian	28
3.2 Variabel Penelitian	28
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	29

3.4 Prosedur Penelitian.....	29
3.5 Analisis.....	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Hasil Penelitian	36
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian	49
4.3 Keterbatasan Penelitian	52
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	55
Lampiran Gambar.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data eksperimen pada debit aliranair 0.011 m ³ / menit.....	37
Tabel 2. Data eksperimen pada debit aliranair 0.016 m ³ / menit.....	37
Tabel 3 Data eksperimen pada debit aliranair 0.024 m ³ / menit.....	38
Tabe 4. Data eksperimen pada debit aliranair 0.028 m ³ / menit.....	38
Tabel 5. Data eksperimen pada debit aliranair 0.033 m ³ / menit.....	38
Tabel 6. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit (1000 rpm) dengan penahan 1 menit.....	39
Tabel 7. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit (1000 rpm) dengan penahan 5 menit.....	40
Tabel 8. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit (1000 rpm) dengan penahan 10 menit.....	40
Tabel 9. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit (1000 rpm) dengan penahan 15 menit.....	41
Tabel 10.Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit (1000 rpm) dengan penahan 20 menit.....	41
Tabel 11.Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit (1000 rpm) dengan penahan 25 menit.....	42
Tabe 12. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011m ³ / menit	



(1000 rpm) dengan penahan 30 menit.....	42
Tabel 13. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 1 menit.....	43
Tabel 14. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016 m ³ /menit (1500 rpm) dengan penahan 5 menit.....	43
Tabel 15. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 10 menit.....	44
Tabel 16. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 15 menit.....	44
Tabel 17. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 20 menit.....	45
Tabel 18. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 25 menit.....	45
Tabel 19. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 30 menit.....	46
Tabel 20. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 1 menit.....	46
Tabel 21. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (2000 rpm) dengan penahan 5 menit.....	47
Tabel 22. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (2000 rpm) dengan penahan 10 menit.....	47
Tabel 23. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit (1500 rpm) dengan penahan 15 menit.....	48
Tabel 24. Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit	

(2000 rpm) dengan penahan 20 menit.....	48
Tabel 25.Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit	
(2000 rpm) dengan penahan 25 menit.....	49
Tabel 26.Data eksperimen pada debit aliran air 0.016m ³ / menit	
(2000 rpm) dengan penahan 30 menit.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema sistem pendingin air.....	11
Gambar 2. Konstruksi radiator	12
Gambar 3. Penampang konstruksi pompa air.....	13
Gambar 4. Bentuk daun kipas (fan).....	14
Gambar 5. Penampang katup thermostat.....	15
Gambar 6. Sirkulasi air pendingin.....	17
Gambar 7. Perpindahan kalor konveksi dari suatu plat.....	18
Gambar 8. Pola aliran fluida yang mengalir melalui sebuah pipa	21
Gambar 9. Penukar panas tipe pelat datar aliran lintang dengan kedua fluida tak bercampur (unmixed).....	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan bidang teknologi mesin sekarang ini, khususnya otomotif berkembang sangat pesat. Keadaan ini di picu oleh adanya trend yang selalu berkembang di masyarakat yang merupakan imbas dari perkembangan peradaban manusia itu sendiri. Hal ini dapat di lihat dari berbagai sudut pandang, salah satunya semakin banyak serta beragamnya teknologi-teknologi baru yang di ciptakan.

Kemajuan bidang otomotif secara prinsip merupakan dari adanya tuntutan pengguna otomotif itu sendiri. Tuntutan ini tentunya memerlukan pemenuhan baik dari kuantitas dan kualitas. Pengguna otomotif secara umum ialah menginginkan teknologi mesin yang dapat di pergunakan pada segala variasi jenis medan tempuh, ramah lingkungan, terbuat dari bahan yang dapat di daur ulang (recycle), serta mempunyai umur (tool life) yang relatif lebih lama. Produsen otomotif berkewajiban untuk memenuhi tuntutan tersebut dengan selalu melakukan perkembangan produk-produk mereka.

Mesin dapat di gambarkan secara sederhana sebagai sebuah sistem yang terdiri dari beberapa sistem pendukung yang bekerja secara simultan dan terintegrasi. 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. Pelumas dan pendingin secara garis besar sebagai pelindung kerja mesin, sehingga kinerjanya dapat di pertahankan dalam jangka waktu relatif lebih lama.

Sistem pelumas merupakan sistem yang berfungsi sebagai media pelumasan bagian-bagian mesin (*engine*) yang bergerak sebagai pendukung kerja. Mesin akan dapat bekerja apabila komponen-komponen pendukung di dalamnya bergerak (*moving part*). Gerakan-gerakan komponen tersebut menghasilkan gesekan yang pada akhirnya menimbulkan keausan pada setiap komponen-komponen mesin. Keausan tersebut pada akhirnya mengurangi kinerja mesin.

Sistem pendinginan pada kerja mesin berfungsi sebagai pelindung mesin dengan cara menyerap panas. Panas mesin di hasilkan dari pembakaran bahan bakar dalam silinder. Panas tersebut merupakan suatu hal yang sengaja di ciptakan untuk menghasilkan tenaga ,namun jika di biarkan akan menimbulkan panas yang berlebihan (*over heating effect*). Panas yang berlebihan itu menjadi penyebab berubahnya sifat-sifat mekanis serta bentuk dari kompoen mesin. Sifat serta komponen mesin bila telah berubah akan menyebabkan kinerja mesin terganggu dan mengurangi usia mesin. (*Malev,1982:374*). Sistem pendingin yang biasa di gunakan pada mesin ada 2 macam, yaitu:

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

1. Sistem Pendingin Udara

Panas yang di hasilkan dari pembakaran gas dalam silinder pada sistem pendingin udara di rambatkan keluar. Proses perambatannya di lakukan dengan menggunakan sirip-sirip yang di pasangkan di bagian luar dari silinder dan ruang bakar. Panas tersebut selanjutnya di serap udara luar yang bersirkulasi dengan temperatur yang lebih rendah dari temperatur sirip pendingin. Udara yang menyerap panas dari sirip-sirip pendingin harus berbentuk aliran atau dengan kata lain udaranya harus mengalir agar temperatur udara sekitar sirip tetap rendah sehingga penyerapan panas berlangsung sempurna. (*Maleev,1982:385*).

2. Sistem Pendinginan Air

Panas dari pembakaran gas dalam silinder pada sistem pendinginan air sebagian di serap oleh air pendingin. Secara prinsip dapat di katakan bahwa sistem ini bekerja berdasarkan prinsip pertukaran panas (*heat changer*). Panas hasil pembakaran akan di serap oleh air pendingin yang bersikulasi. Air pendingin tersebut kemudian di dinginkan oleh udara luar yang bertekanan yang dihembuskan oleh blower radiator. Pada sistem pendinginan air terdapat dua komponen penting, yaitu:

1. Debit aliran air yang bersikulasi
2. Kecepatan aliran udara yang menumbuk radiator

Sistem pendinginan air sering di gunakan pada kendaraan jenis mobil. Pada sistem ini aliran air akan sangat bergantung pada kinerja pompa. Pompa ini berfungsi untuk memompa fluida (air) bersikulasi, sedangkan kerja pompa akan

sangat bergantung dari kerja dan putaran engine. Sistem penggerak pompa di gerakan oleh engine melalui bantuan tali kipas (*van belt*). Dimana puli mesin sebagai driver dan puli 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 akan menghasilkan banyak fluida yang di pindahkan (di pompakan). Apabila fluida yang di pindahkan tersebut di asumsikan sebagai debit (jumlah aliran air yang mengalir tiap satuan waktu), maka penulis bermaksud mengadakan penelitian mengenai debit aliran air ini terhadap efektifitas pendinginan radiator. (*maleev,1982:390*).

Radiator tester merupakan alat bantu pengukuran yang terinteggrasi, yang di dalamnya terdapat beberapa alat instrument pengukur. Alat ini di buat untuk melakukan pengukuran sebagai langkah dalam proses penelitian ini. Alat ini dapat mudah di pasangkan pada setiap mesin, baik itu mesin engine stand maupun pada mesin mobil yang sesungguhnya. Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian, **“Pengaruh Debit Aliran Air Terhadap Efektifitas Radiator”**.

1.2 Perumusan Istilah

Untuk menghindari salah pengertian atau penafsiran maka perlu kiranya penulis memberikan penegasan istilah dari judul penelitian ini, agar ada kesatuan pengertian dari beberapa istilah yang ada pada judul penelitian ini.

1. Pengaruh

Daya yang timbul dari sesuatu hal yang berkuasa/berkekuatan.

2. Debit Aliran Air

Debit

Banyaknya zat/artikel benda yang melewati suatu penampang tiap satuan waktu.

Aliran

Proses dimana suatu zat yang mengalir.

Air

Barang yang berupa zat cair yang mempunyai berat jenis 1kg/m^3 , dengan rumus kimia H_2O .

Debit aliran air ialah banyaknya partikel air yang mengalir melewati suatu luasan penampang tertentu dalam tiap satuan waktu.

3. Efektifitas Pendinginan

Efektifitas

Sejauh mana sesuatu hal dapat menghasilkan proses pendinginan yang tepat.

Pendinginan

Proses/cara untuk mendinginkan.

Efektifitas pendinginan ialah sejauh mana proses pendinginan dapat memberikan dampak yang bermanfaat/berdaya guna.

4. Radiator Mesin

Ialah alat pendingin pada mesin yang berfungsi sebagai tempat pertukaran panas dari air dengan udara yang di hembuskan/di alirkan.

5. Radiator Tester

Radiator tester merupakan simulator yang di gunakan dalm penelitian dan merupakan hasil rakitan para penulis. Alat ini berfungsi untuk melakukan pengukuran efektifitas radiator, didalamnya terdapat beberapa komponen dan alat ukur yang terintergrasi. Hasil pengukuran tersebut di masukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai efektifitas radiator. Alat ini dapat di gunakan pada mesin mobil secara langsung maupun pada mesin dalam engine stand.

1.3 Perumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang dapat di angkat dari uraian di atas adalah sebagai berikut:

1. Menghitung hubungan antara koefisienaliran terhadap suhu dan epektipitas Radiator?
2. Seberapa besar pengaruh aliran air terhadap laju efektifitas radiator?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan di lakukan memiliki tujuan untuk:

1. Mengetahui antara debit aliran air terhadap efektifitas radiator
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh debit aliran air tersebut terhadap efektifitas radiator.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah:

1. Hasil penelitian dapat menjadi bahan masukan bagi dunia otomotif.
2. Hasil penelitian dapat di jadikan bahan penelitian lebih lanjut.
3. Simulator sebagai alat ekperimen dapat di jadikan sarana praktik analisis Fenomena Dasar Mesin

1.6 Sistematika Skripsi

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, sistematika berfungsi agar pembaca mudah memahami dan mengerti dari bab secara kronologis tentang uraian masalah yang di tampilkan, sehingga skripsi ini nantinya akan dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Sistematika penulisan skripsi ini ialah sebagai berikut :

1. Bagian Pendahuluan

Judul skripsi, abstraksi, moto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel.

2. Bagian isi

BAB I Pendahuluan

Berisi alasan pemilihan judul, penegasan istilah, permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian , manfaat penelitian , sistematika skripsi.

BAB II Landasan teori dan kerangka berpikir

BAB III Metode penelitian

BAB IV Hasil penelitian dan pembahasan

BAB V Simpulan dan saran

3. Bagian Akhir Skripsi

a. Daftar pustaka

b. Lampiran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pendinginan Mesin

Motor bakar dalam operasionalnya menghasilkan panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar dalam silinder. Panas yang dihasilkan tidak di buang 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 diperlukan untuk mencegah terjadinya perubahan tersebut. Sistem pendinginan yang bisa digunakan pada motor bakar ada dua macam, yaitu :

1. Sistem pendinginan udara (*Air Cooling System*)
2. Sistem pendinginan air (*Water Cooling System*)

(*Maleev, 1982 : 374*)

1) Sistem pendinginan Udara (*Air Cooling System*)

Sistem pendinginan jenis udara, panas yang dihasilkan dari pembakaran gas dalam ruang bakar silinder sebagian dirambatkan keluar 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 disekitar silinder yang temperaturnya rendah.

Udara yang berfungsi menyerap panas dari sirip-sirip pendingin harus berbentuk aliran atau dengan kata lain harus mengalir, hal ini dimaksudkan agar

temperatur udara sekitar sirip lebih rendah sehingga penyerapan panas tetap berlangsung secara baik. Untuk menciptakan keadaan itu maka aliran udara harus dibuat dengan jalan menciptakan gerakan relatif antara sirip pendingin atau udaranya. Ada dua kemungkinan, apabila sirip pendingin yang digerakkan berarti mesinnya bergerak seperti mesin-mesin yang dipakai pada sepeda motor secara umum.

Untuk mesin-mesin yang secara konstruksi diam / stasioner dan mesin-mesin yang penempatannya sedemikian rupa sehingga sukar untuk mendapatkan aliran udara, udara yang dibutuhkan diciptakan dengan cara dihembuskan oleh blower dihubungkan langsung dengan poros engkol hasil putaran akibat langkah kerja siklus motor bakar. Penghembusan udara oleh blower hasil putaran poros engkol juga akan menciptakan aliran udara yang sebanding dengan kecepatan mesin sehingga pendinginan sempurna dapat terjadi pada mesin tersebut. (Maleev, 1982 : 393)

2) Sistem pendinginan Air (*Water Cooleng System*)

Sistem pendinginan air panas yang berasal dari permukaan 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 pendingin pada *water jacket* cenderung akan mendidih dan menguap. Hal 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. (Maleev, 1982 : 381)

Sirkulasi Pendingin Air

Sirkulasi pendingin air secara garis besar ada 2 macam, yaitu :

1. Sirkulasi Alam (*Natural Circulation*)

Sirkulasi pendingin 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 yang mengalir memasuki bagian bawah dari tangki dimana setelah dipanaskan air akan mengalir keatas. (Maleev, 1982 : 387)

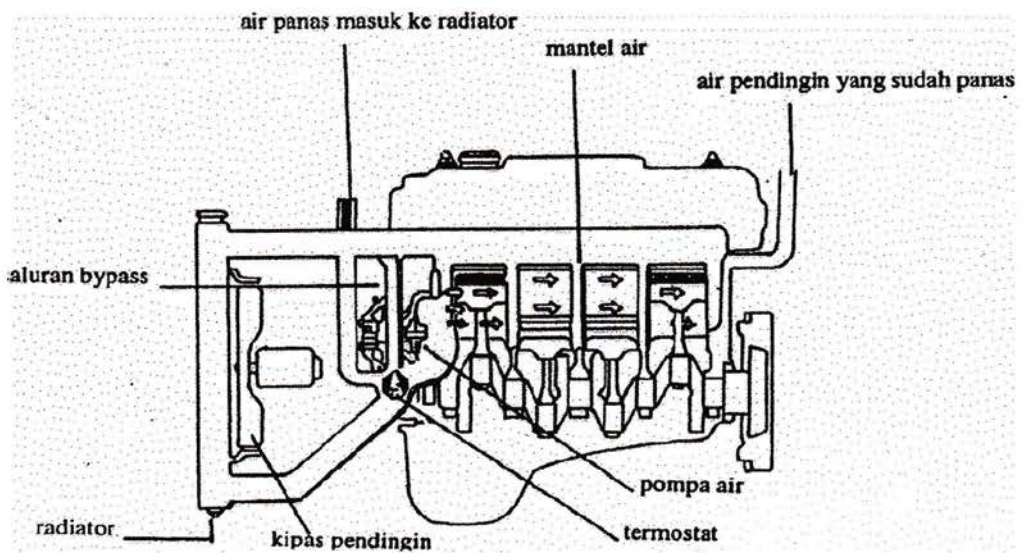
Air yang berada didalam tangki pada mesin disamakan dengan air yang berada pada mantel-mantel air. Panas diambil dari panas hasil pembakaran, sedangkan radiator dipakai untuk mengubah air yang panas menjadi dingin. Air panas yang berada didalam mantel-mantel air dipanaskan oleh panas pembakaran di dalam ruang bakar dan silinder sehingga air tadi akan menyerap panas dan temperaturnya akan naik mengakibatkan turunnya berat jenis. Air panas akan didesak ke atas oleh air yang masih dingin dari radiator sehingga akan mengalir kebagian atas radiator yang selanjutnya akan turun panasnya karena telah dibuang sebagian pada radiator. Pada saat yang bersamaan dengan turunnya air pada radiator terjadi pembuangan panas yang besar sehingga mempercepat turunnya air pada radiator.

2. Sirkulasi dengan tekanan

Sirkulasi jenis ini hampir sama dengan sirkulasi jenis alira hanya di tambahkan pompa air untuk mempercepat terjadinya sirkulasi air pendingin.

Pompa air ini ada yang di tempatkan pada saluran antara radiator mesin di mana air yang mengalir ke mesin di tekan oleh pompa, ada juga yang di tempatkan pada saluran antara mesin dengan radiator.

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 1000. (Maleev,1982:388)



Gambar 1. Skema sistem pendinginan air

2.2 Komponen-komponen sistem pendinginan air

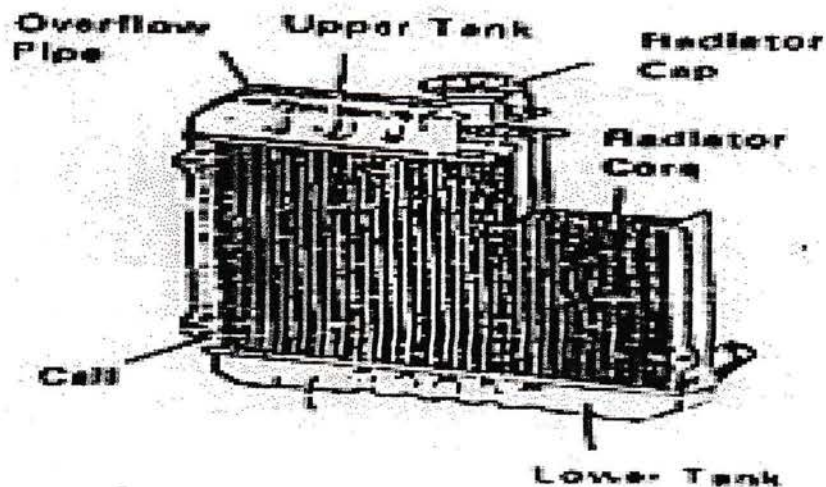
Sistem pendinginan air memiliki bagian-bagian yang bekerja secara integrasi satu dengan yang lainnya, komponen-komponen tersebut akan bekerja untuk mendukung kerja sistem pendinginan air, antara lain:

1. Radiator

Adalah alat yang berfungsi sebagai alat mendinginkan air yang telah menyerap panas dari mesin dengan cara membuang air panas tersebut melalui sirip-sirip pendinginnya. (suprpto, 1999 : 25)

Konstruksi radiator terdiri dari:

1. Tangki atas
2. Inti radiator (*Radiator Core*)
3. Tangki Bawah
4. Tutup Radiator

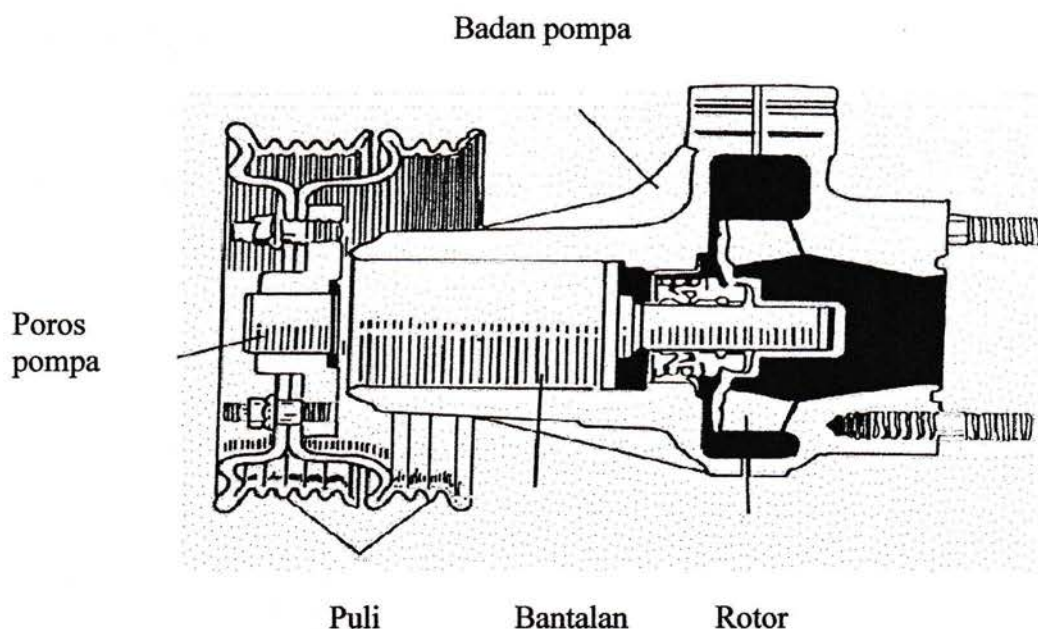


Gambar 2. Konstruksi radiator

2. 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.

Pompa ini dapat berputar kerana gerakan oleh mesin melalui sebuah tali kipas (*V-Belt*). (*Suprpto, 1999 : 27*)



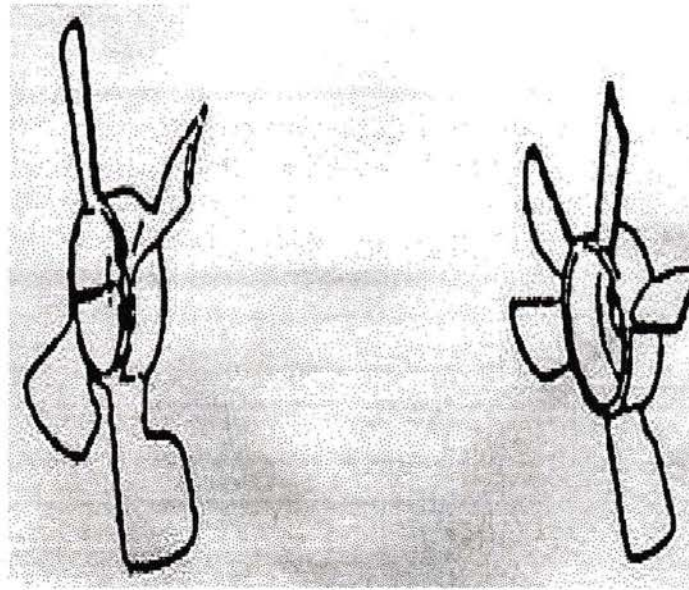
Gambar 3. Penampang konstruksi pompa air

3. Kipas (*fan*)

Kipas berfungsi untuk mengalirkan udara pada inti radiator agar panas yang terdapat pada radiator dapat dirambatkan dengan mudah ke udara. Aliran udara pada mesin-mesin kendaraan selalu paralel dengan gerakan kenderaan, tetapi arahnya berlawanan. Pemasangan kipas biasanya dibagian depan dari poros pompa air sehingga gaya 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. (*Rending, 1981 : 828*).

Kipas pada konstruksi yang lain adakalanya digerakkan menggunakan motor listrik, hal ini untuk mencegah terjadinya *over cooling*. Kerja dari motor listrik ini

tergantung dari temperatur air pendingin yang mengatur aliran arus listrik dari baterai ke motor. Cara kerja dari sistem ini ialah apabila temperatur air pendingin naik mencapai 93°C maka arus mengalir yang mengakibatkan kipas akan berputar, dalam proses kerjanya sistem ini dilengkapi dengan *relay* dan *water temperatur switch* sebagai kontrol pengendalinya (Suprpto, 1999 : 30)

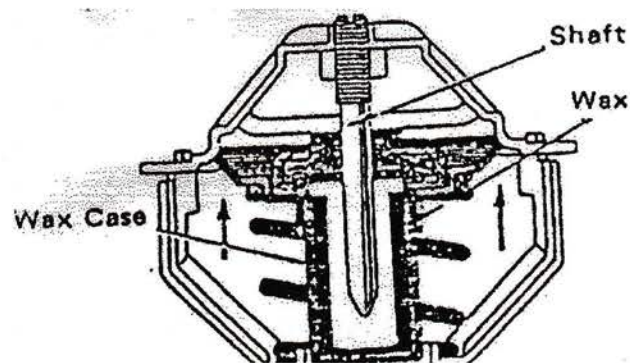


Gambar 4. Bentuk daun kipas (*fan*)

4. Katup thermostat

Secara ideal air pendingin bersirkulasi apabila suhu ideal mesin telah dicapai, dengan kata lain apabila air pendingin dibuat bersirkulasi pada suhu masih rendah maka suhu air pendingin sukar mencapai idealnya. Sistem pendingin dilengkapi dengan katup thermostat yang berfungsi sebagai penahan air pendingin pada suhu rendah dan membuka saluran air pendingin dari mesin ke radiator dan ke mesin pada saat mesin telah mencapai suhu idealnya.

Pemasangan katup ini biasanya pada saluran air keluar dari mesin ke radiator yang dimaksudkan agar lebih mudah untuk melakukan proses kerjanya. Cara kerja dari katup thermostat inilah pada saat air pendingin suhunya masih rendah katup akan tetap pada posisi tertutup jika temperatur air pendingin mulai naik sekitar 80 sampai 90 derajat celsius di dalam katup thermostat akan memuai dan menekan karet, keadaan ini akan mengubah bentuk dan menekan poros katup sehingga akan membuat posisi katup menjadi terbuka. Untuk mengatasi tekanan air yang berlebihan pada saat katup thermostat masih tertutup, maka dibuatkan saluran pintas (*by pass passage*) kesaluran pompa air. (Remling, 1981 : 824)



Gambar 5. Penampang katup thermostat

5. Mantel pendingin (*Water jacket*)

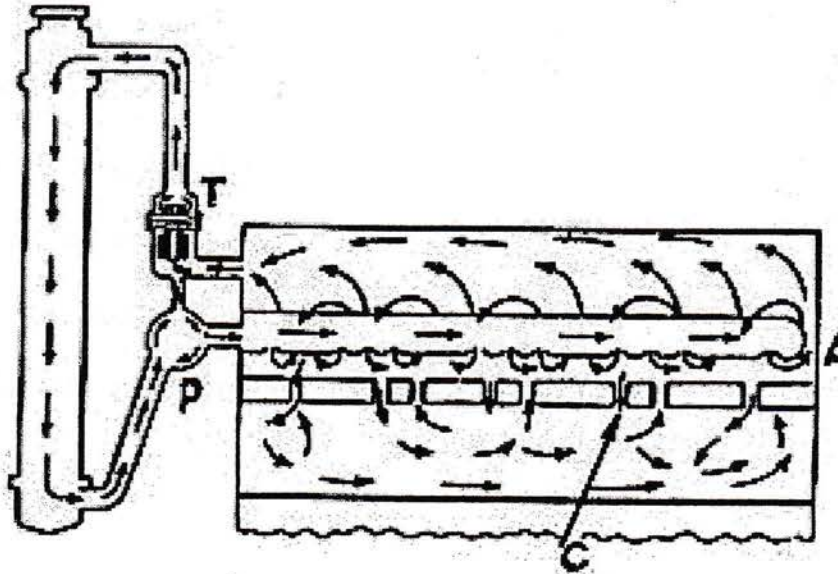
Mantel pendingin dapat digambarkan secara sederhana sebagai sebuah ruangan yang berada di sekeliling silinder mesin dan kepala silinder mesin. Keberadaan bagian ini berfungsi untuk mendinginkan silinder dan kepala silinder mesin. Proses pertukaran panas berlangsung pada bagian ini, dimana panas yang 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. (Maleev, 1982 : 386).

6. Cairan pendingin

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 :

1. Air nantinya akan menimbulkan endapan kotoran pada saluran pendingin dan *water Jacket*, kerusakan itu dapat berbentuk korosi / kaat yang dalam jangka waktu yang Relatif lama akan menimbulkan kerusakan.
2. Air mempunyai sifat akan membeku pada temperatur yang rendah, keadaan ini tentunya akan menyebabkan sirkulasi mengalami gangguan atau masalah.
3. Air juga berpotensi mengandung kapur yang dapat menyebabkan endapan dalam pipa-pipa radiator. Keadaan ini tentunya akan mengakibatkan penyumbatan pipa-pipa tersebut.



Gambar 6. Sirkulasi air pendingin

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas ialah proses berpindahnya energi dari suatu tempat ke tempat yang lain dikarenakan adanya perbedaan suhu ditempat-tempat tersebut.

Perpindahan panas terdapat tiga jenis, yaitu :

1. Konduksi

Merupakan perpindahan panas dari tempat yang bertemperatur tinggi ketempat yang Bertemperatur rendah didalam medium yang bersinggungan langsung.

2. Konveksi

Merupakan proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan proses mencampur. Proses ini terjadi pada permukaan padat, cair dan gas.

3. Radiasi

Merupakan proses perpindahan panas dari tempat yang bersuhu tinggi ketempat yang bersuhu yang rendah bila kedua tempat itu terpisah dalam ruangan bahkan ruang hampa sekalipun. (Kreit, 1991 : 4).

1) Perpindahan panas konduksi

Jika pada suatu benda terdapat gardien 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 ;

$$Q = -k.A. \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots 1)$$

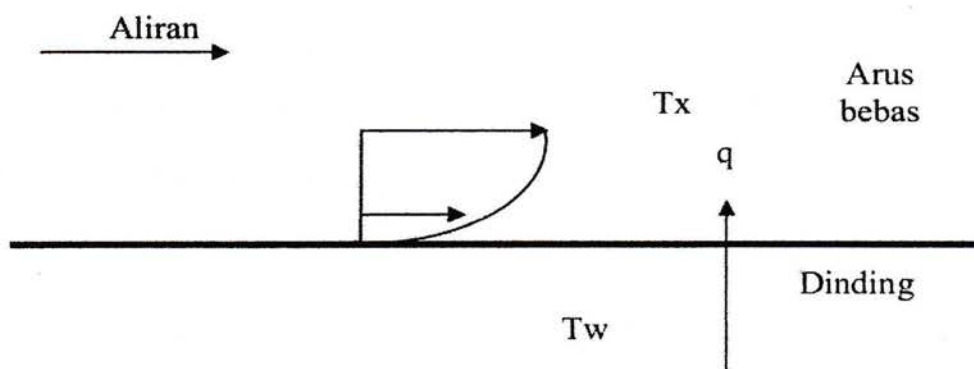
Dimana : $q =$ laju perindahn kalor

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

$k =$ konduktifitas thermal bahan

$A =$ luas bidang perpindahan kalor

2) Perpindahan panas konveksi



Gambar 7. Perpindahan kalor konveksi dari suatu plat

Pada gambar 7, T_w adalah suhu suatu plat T_x adalah suhu fluida. Apabila kecepatan diatas plat adalah nol, maka kalor hanya dapat berpindah secara

konduksi, 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 :

$$q = h \cdot A (T_w - T_x) \dots\dots\dots 2)$$

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 mempengaruhi profil kecepatan dan oleh sebab itu mempengaruhi laju perpindahan energi di daerah dinding, yaitu :

a) Perpindahan panas konveksi alam (*natural convection*)

Fenomena ini terjadi karena fluida yang karena pemanasan, berubah densitasnya sehingga fluida bergerak.

b) Perpindahan panas konveksi paksa (*forced convection*)

Fenomena ini terjadi apabila sistem dimana fluida didorong oleh permukaan perpindahan kalor, atau melaluinya bergerak adanya faktor pemaksa.

3) 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 :

$$q = F_e \cdot F_g \cdot A \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) \dots \dots \dots 3)$$

Dimana F_e = Fungsi emisisitas

F_g = Fungsi geometri

A = Luas permukaan bidang

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

(Holman, 1999 : 13)

2.4 Konveksi paksa di dalam pipa

Pemanasan serta pendinginan fluida yang mengalir di dalam perckayasaan. Bila koefisien perpindahan panas untuk geometri tertentu seta kondisi aliran yang telah ditetapkan diketahui, maka perpindahan panas pada benda suhu dapat dihitung dengan persamaan :

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

(Kreit, 1991 : 415)

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 :

$$q = m c_p \Delta t_b \dots \dots \dots 4. 1$$

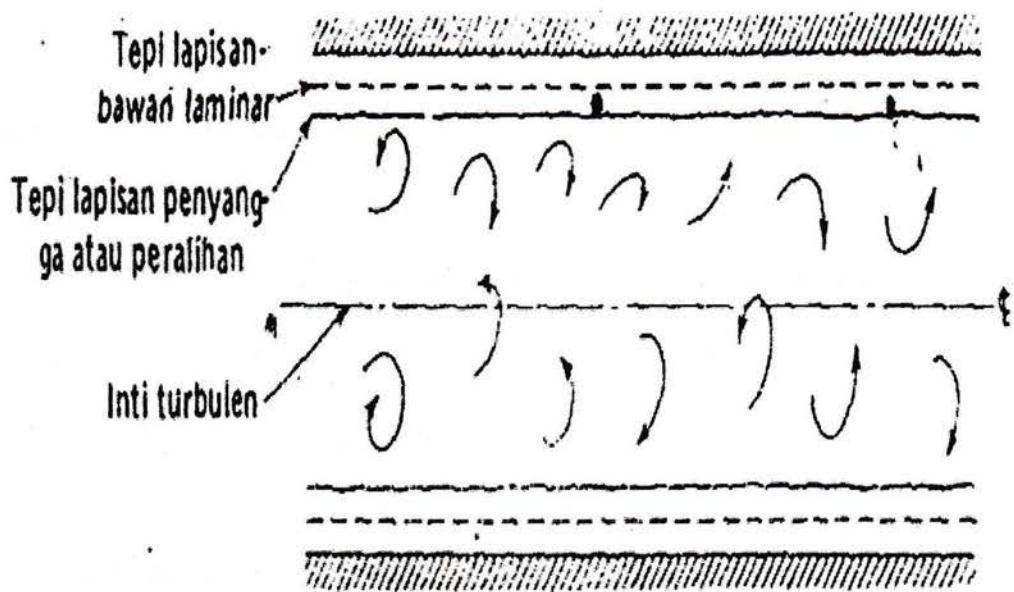
q = laju perpindahan panas ke fluida (Btu / h)

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
(Kreith, 1991 : 417).

Penjelasan kualitatif mengenai perilaku fluida dapat diberikan dengan mengamati medan aliran fluida yang ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 8. Pola aliran fluidan yang mengalir melalui sebuah pipa

Pada saluran aliran fluida sepenuhnya turbulen kecuali dalam suatu lapisan yang tipis yang berbatasan dengan dinding. Tanda panah berbentuk lingkaran adalah aliran turbulen yang menyapu tepi lapisan laminar. 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 atas 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 aluran, sehingga dibutuhkan kecepatan aliran fluida relatif tinggi yang akan menghasilkan koefisien perpindahan panas yang tinggi pula.

2.5 Penukar panas

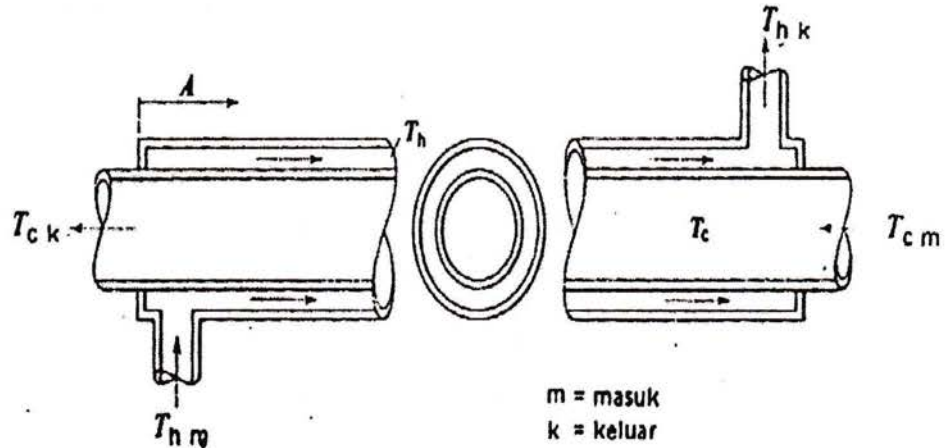
Penukar ialah suatu alat yang menghasilkan perpindahan panas dari suatu fluida ke fluida yang lainnya. Jenis dari penukar panas secara umum ialah :

1. Penukar panas yang menggunakan percampuran fluida secara langsung
 - a. Pemanas air pengisi ketel terbuka (*open feed – water heater*)
 - b. Pemanas lanjut (*de- super heater*)
 - c. Kondensor jet (*Jet condenser*)
2. Penukar panas dimana suatu fluida terpisah dengan fluida yang lainnya melalui suatu dinding atau sekt atau biasa disebut dengan *recuperator*
 - a. Kondensor (*condenser*)
 - b. Alat penguapan (*Evaporator*)

Penukar panas jenis ini juga termasuk didalamnya terdapat suatu medan luas penukar panas cangkang dan pipa (*shell and tube*) biasa.

Tipe penukar panas yang paling sederhana ialah terdiri dari sebuah pipa konsentrik di dalam pipa lainnya yang merupakan cangkang untuk susunan ini,

salah satu fluida mengalir melalui pipa didalamnya sedangkan fluida yang lainnya mengalir melalui cincin yang berbentuk diantara pipa dalam dan pipa luar.



Gambar 9. Penukar panas *counter flow* pipa dalam pipa yang sederhana

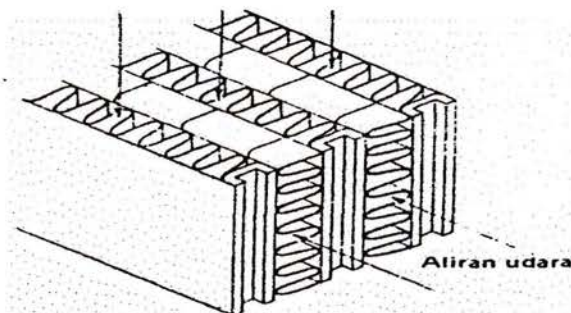
(Kreith,1991: 594)

Kedua aliran fluida ketika melintasi penukar panas hanya sekali sehingga disebut susunan penukar panas satu lintas (*single pass*). Penukar panas jenis ini mempunyai berbagai variasi aliran yaitu :

1. Penukar panas aliran searah (*parallel flow*)
2. Penukar panas aliran berlawanan (*counter flow*)
3. Penukar panas aliran lintang/ saling tegak lurus (*cross 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 yang telah diuraikan di atas. Tipe penukar panas ini banyak digunakan pada mekanisme *heat changer* radiator kendaraan.



Gambar 10. Penukar panas tipe pelat datar jenis aliran lintang
 Dengan kedua fluida yang tak bercampur (*unmixed*)

2.6 Metode perhitungan

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

Efektifitas penukar kalor (*Heat Exchange Effectiveness*) didefinisikan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\text{Perpindahan kalor nyata}}{\text{Perpindahan kalor maksimum yang mungkin}}$$

Perpindahan kalor yang sebenarnya (*actual*) dapat dihitung dari energi yang melepaskan oleh fluida panas / energi yang diterima oleh fluida dingin untuk penukar kalor aliran lawan arah

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = m_c C_c (T_{c1} - T_{c2}) \dots \dots \dots 5)$$

- Dimana :
- $q =$ perpindahan panas
 - $m =$ laju aliran massa
 - $C_h =$ kalor spesifik fluida dingin
 - $C_c =$ kalor spesifik fluida dingin
 - $T_{h1} =$ suhu masuk fluida panas
 - $T_{h2} =$ suhu keluar fluida panas
 - $T_{c1} =$ suhu masuk fluida dingin
 - $T_{c2} =$ suhu keluar fluida dingin

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 lebih besar yang dibuat mengalami beda suhu yang lebih besar dari maksimum, dan ini tidak dimungkinkan. Jadi perpindahan kalor yang mungkin dinyatakan :

$$q_{\text{mak}} = (mc)_{\text{min}} (T_{h \text{ masuk}} - T_{c \text{ masuk}}) \dots \dots \dots 6)$$

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

$$\epsilon_h = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c2})} = \frac{T_h - T_{h2}}{T_h - T_{c2}} \dots \dots \dots 7)$$

$$\varepsilon = \frac{m_c c_c (T_{c1} - T_{c2})}{m_{hc} c_h (T_{h1} - T_{c2})} = \frac{T_{c1} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c2}} \dots\dots\dots 8)$$

Secara umum efektifitas dapat dinyatakan secara umum sebagai :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T \text{ (Fluida minimum)}}{\text{Beda suhu maksimum di dalam penukar kalor}} \dots\dots\dots 9)$$

Beda suhu maksimum di dalam penukar kalor

Jika fluida dingin ialah fluida minimum , maka :

$$\varepsilon = \frac{T_{C2} - T_{C1}}{T_{h1} - T_{c1}} \dots\dots\dots 10)$$

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).

Perekayasa *engineering* yang memerukan ketelitian lebih tinggi menggunakan persamaan ekeplitis untuk NTU dengan menggunakan efektifitas dan nilai A (luasan permukaan penukar kalor) denagn persamaan :

$$\varepsilon = -1 \exp \left[\frac{\exp(-Ncn) - 1}{Cn} \right] \text{ dimana } n = N^{-0,22} \dots\dots\dots 11)$$

$$\text{Dengan catatan : } N = \text{NTU} = \frac{UA}{C_{\min}} \text{ dan } C = \frac{C_{\min}}{C_{\max}} \dots\dots\dots 12)$$

2.7 Kerangka Berfikir

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 bersal 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 diatas dapat digambarkan adanya suatu hubungan antara debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan radiator. Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan adanya pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan radiator.



BAB III

METODE PENELITIAN

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

Pola pendekatan yang diambil ialah dengan *One Shot Model* dimana pendekatan hanya menggunakan satu kali pengumpulan data. Data tersebut diambil dari proses penelitian terhadap Mesin *MITSUBISHI LANCER Ex 2.0 GT*. Sehingga dengan kata lain pengambilan data dilakukan pada satu waktu tertentu dengan satu obyek penelitian.

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini ialah efektifitas radiator

2. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini ialah :

- a. Debit air (0.011, 0.016,0.24,0.028,0.033) m³ / menit
- b. Suhu Air Sebelum masuk ke mesin

3. Variabel control

Variabel kontrol pada penelitian ini ialah :

- a. Putaran kipas pendingin
- b. Kecepatan aliran udara pendingin radiator

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

1. Pelaksanaan penelitian dilakukan bulan Agustus 2011
2. Tempat pelaksanaan eksperimen dilakukan di
PT. SARDANA INDAHBERLIAN MOTOR. Jl Jend Gatot Subroto No.
437. Medan.

3.4 Prosedur Penelitian

1. Simulator penelitian (*Radiator Tester*)

Simulator penelitian ini ialah *radiator tester*, merupakan alat bantu pengukuran terintegrasi, yang didalamnya terdapat beberapa alat instrumen 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 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 (*instrumen*) yang ada didalamnya, beberapa komponen itu saling berhubungan untuk dapat menghasilkan data hasil pengukuran, komponen-komponen dan alat ukur tersebut antara lain :

a. *Radiator*

Radiator yang digunakan disini ialah radiator berjenis untuk kendaraan MITSUBISHI, yang merupakan produksi ADR RADIATOR.

b. *Flowmeter*

Flowmeter berfungsi untuk mengukur debit air yang keluar dari radiator. Alat ini Mempunyai spesifikasi Type E, Kelas B, dengan ketelitian 0,0001 m³ yang merupakan buatan Linflow Bandung Indonesia.

c. *Kipas (Fan)*

Kipas ini beukuran diameter 30 cm dengan jumlah jumlah daun kipas 4 buah, merupakan kipas radiator dari MITSUBISHI LANCER Ex 2.0 GT.

d. *Thermometer*

Thermometer digunakan untuk mengukur suhu masuk dan keluar aliran air radiator, dengan spesifikasi :

1. Jenis Thermometer : Raksa
2. Jangkauan Skala (range) : 0⁰ sampai dengan 150⁰ C
3. Merk : *Silver Brand* (Jerman)

e. *Anemometer*

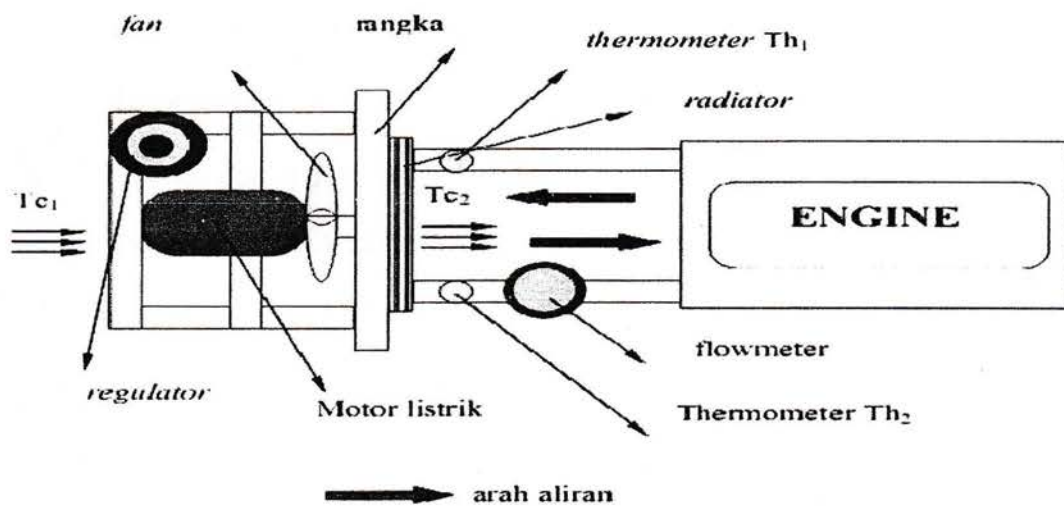
Anemometer ialah alat untuk mengukur kecepatan udara yang menumbuk radiator dengan merk LUTORN. *Anemometer* ini dilengkapi juga thermometer udara, sedangkan spesifikasi untuk kecepatan pengukuran ialah:

1. Knot : 0,8 – 58,3
2. Meter / sekon : 0,4 – 30,00
3. Feet / Minutes : 80 - 5910
4. Km / hour : 1,4 - 108,00

f. Motor Listrik

Motor ini digunakan untuk menggerakkan kipas pendingin air pada radiator ,
dengan spesifikasi :

1. Putaran : 1400 rpm
2. Daya : 0,25 HP
3. Arus : 2,4 Amper
4. Pabrik : Shinchichung (China)



Gambar 11. Skema pemasangan *simulator radiator* tester pada *engine stand*

2. Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan pelaksanaan pengujian, peralatan serta komponen. Tadi harus diperiksa dan disetting agar dapat dioperasikan dengan baik. Hal-hal yang perlu dilakukan sebelum pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Set mesin pengujian sesuai dengan spesifikasi
 1. Tekanan Kompresi

2. Clah Platina
 3. Pengapian
 - b. Set instrumen pada *radiator tester*
 1. Periksa air dalam radiator
 2. periksa tegangan listrik
 3. periksa motor listrik penggerak kipas
 4. periksa komponen regulator
 - a) Hidupkan motor listrik
 - b) Atur putaran kipas motor listrik dengan menggunakan regulator
 5. Periksa komponen *anemometer*
 6. Periksa komponen pengukur *Flowmeter*
 - c. Pasangkan instrumen *radiator tester* pada *engine stand*
3. Pelaksanaan Pengujian
- a. Pengambilan Data Awal
 - 1) Hidupkan mesin
 - 2) Ambil data pengukuran debit untuk putaran mesin 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 rpm. Data yang didapat merupakan data yang akan diuji cobakan pada mesin sebagai variabel bebas.
 - b. Pengambilan Data Pengujian
 - 1) Hidupkan mesin
 - 2) Naikkan putaran mesin
 - 3) Debit aliran air sampai (m³ / menit)
 - 4) Set kecepatan aliran udara (m / sekon)
 - 5) Ukur temperatur / suhu air pendingin

$T_{h1}, T_{h2}, ^\circ\text{C}$

- 6) Ukur temperatur / suhu aliran udara yang menumbuk radiator

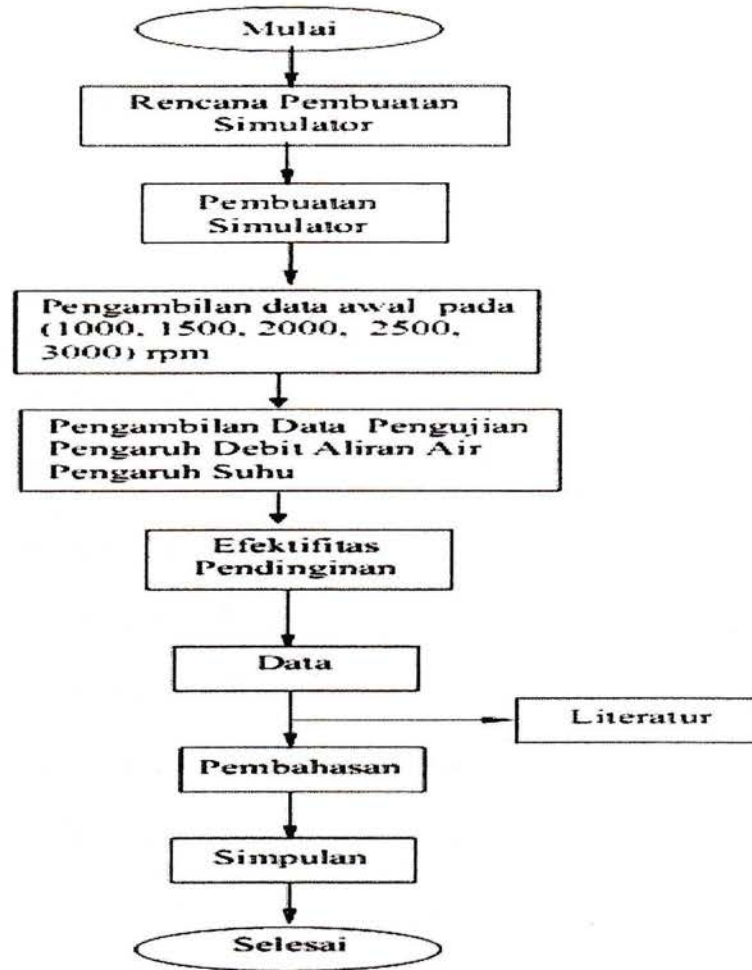
$T_{h1}, T_{h2}, ^\circ\text{C}$

- 7) Semua data yang diambil dimasukkan ke dalam tabel data (*check sheet*)
- 8) Matikan mesin
- 9) Lakukan langkah 2 sampai dengan 8 untuk tiap kali pengambilan data tiap perbedaan kenaikan debit aliran air.

4. Rancangan percobaan

Penelitian ini akan mencari hubungan antara debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan radiator pada *radiator tester*. Penelitian ini menggunakan lima tingkat debit aliran air: (0.011, 0,016, 0.024, 0,033) m³/menit.

5. Diagram Alir Penelitian



6. Tabel Data (Pada tiap kenaikan debit aliran)

NO	V Udara (m/s)	Q Air (Lt/min)	Th1 (0C)	Th2 (0C)	Th3 (0C)	Th4 (0C)	E
1							
2							
3							

1. V Udara : Kecepatan udara yang menumbuk radiator
2. Q Air : Debit air yang bersikulasi
3. Th1 : Suhu air yang keluar dari mesin masuk radiator

4. Th2 : Suhu air yang keluar radiator masuk ke mesin
5. Th3 : Suhu udara di depan radiator
6. Th4 : Suhu udara di belakang radiator
7. E : Nilai efektifitas radiator

3.5 Analisis

Penelitian ini bersifat eksploratif yang bertujuan untuk melihat fenomena atau keadaan tertentu. Model analisis yang diambil ialah 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.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Data hasil penelitian ini didapatkn dari data hasil eksperimen yang dilakukan. Mesin yang digunakan untuk pengambilan data penelitian ini ialah mesin *MITSUBISI LANCER Ex 2.0 GT* dengan spesifikasi terlampir. Dan pengambilan data eksperimen ini dilakukan dengan cara mengukur suhu yang bekerja pada instrument *radiator tester*. Suhu tersebut ialah :

- Th1 = Suhu air yang masuk ke radiator
- Th2 = Suhu air yang keluar dari radiator
- Th3 = Suhu aliran udara yang menumbuk radiator
- Tc2 = Suhu aliran udara yang keluar dari radiator

Pengukuran suhu Th1 dan Th2 dilakukan dengan menggunakan *Thermometer raksa* sedangkan pengukuran suhu Tc1 dan Tc2 menggunakan *thermometer digital anemometer*. Data dari suhu yang bekerja digunakan untuk menghitung efektifitas radiator dengan rumus :

$$E = \frac{T_{C2} - T_{C1}}{T_{h1} - T_{C1}}$$

Waktu untuk melakukan penahanan (*holding time*) pada penelitian ini selama 30 menit dengan rincian pembagian (1,5,10,15,20,25,30,) menit. Untuk putaran mesin (1000,1500,2000) rpm atau untuk debit aliran air (0.011, 0.016, 0.024) m³ / menit. Pengambilan data secara keseluruhan (1000, 1500, 2000, 2500, 3000) rpm atau 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 tester* yang digunakan.

1. Data penelitian efektifitas radiator untuk pengambilan suhu ukur pada menit pertama.

Tabel 1. Data eksperimen pada debit aliran air $0,011 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1000rpm)

No	Debit aliran $\text{m}^3 / \text{menit}$	Kec. Aliran udara m/s	Th _{c1} °C	Th _{c2} °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 2. Data eksperimen pada debit aliran air $0,016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500rpm)

No	Debit aliran $\text{m}^3 / \text{menit}$	Kec. Aliran udara m/s	Th ⁰ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	0.016	4.2	70.0	66.0	30.2	31.7	0.061
2	0.016	4.2	70.0	67.0	29.9	31.2	0.057
3	0.016	4.2	70.0	65.0	30.2	31.4	0.055
Rata-rata	0.016	4.2	70.3	66.7	30.1	32.4	0.058

Tabel 3. Data eksperimen pada debit aliran air $0,024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

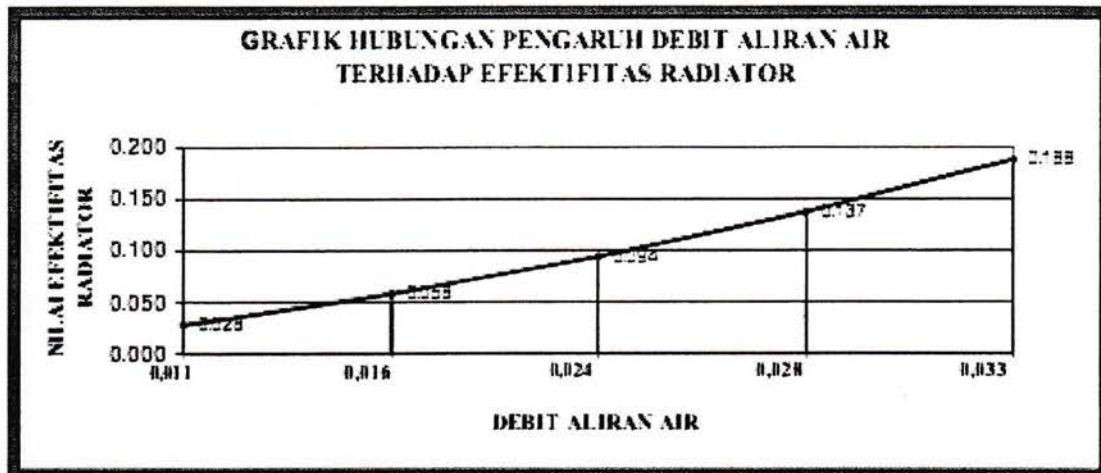
No	Debit aliran $\text{m}^3 / \text{menit}$	Kec. Aliran udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	0.023	4.2	68.0	68.0	30.4	34.0	0.091
2	0.025	4.2	68.0	68.0	30.2	34.0	0.101
3	0.024	4.2	67.0	67.0	30.2	33.0	0.090
Rata-rata	0.024	4.2	70.0	67.7	30.3	34.0	0.098

Tabe. 4 Data eksperimen pada debit aliran air $0,028 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2500 rpm)

No	Debit aliran $\text{m}^3 / \text{menit}$	Kec. Aliran udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	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	0.126
Rata-rata	0.028	4.2	75.0	69.3	30.4	36.5	0.137

Tabel 5 Data eksperimen pada debit aliran air $0,033 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (3000 rpm)

No	Debit aliran $\text{m}^3 / \text{menit}$	Kec. Aliran udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	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 1. Gambar grafik hubungan pengaruh debit aliran air terhadap nilai efektifitas radiator

2. Data penelitian efektifitas radiator untuk pengambilan suhu ukur dengan penahanan (*holding time*) selama 30 menit.
 - a. Pada debit 0.011 m³ / menit (1000 rpm)

Tabel 6. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011 m³ / menit (1000 rpm) dengan penahanan waktu 1 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m ³ /menit	Kecepatan udara m/s	Th ₁ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	1	0.011	4.2	70.0	64.0	30.1	31.2	0.028
2	1	0.011	4.2	70.0	66.0	30.2	31.2	0,025
3	1	0.011	4.2	70.0	65.0	30.2	31.4	0.030
Rata-rata	1	0.011	4.2	70.0	65.0	30.2	31.3	0.028

Tabel 7. Data eksperimen pada debit aliran air $0.011 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1000 rpm)

dengan penahanan waktu 5 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	5	0.011	4.2	72.0	64.0	30.2	53.5	0.557
2	5	0.011	4.2	71.0	62.0	30.4	53.4	0.567
3	5	0.011	4.2	72.0	63.0	30.8	53.7	0.556
Rata-rata	5	0.011	4.2	71.7	63.0	30.5	53.5	0.560

Tabel 8. Data eksperimen pada debit aliran air $0.011 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1000 rpm)

dengan penahanan waktu 10 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	10	0.011	4.2	72.0	64.0	30.3	53.5	0.556
2	10	0.011	4.2	71.0	63.0	30.6	53.3	0.567
3	10	0.011	4.2	72.0	63.0	30.1	53.8	0.566
Rata-rata	10	0.011	4.2	71.7	63.3	30.3	53.6	0.563

Tabel 9. Data eksperimen pada debit aliran air 0.011 m³ / menit (1000 rpm)
dengan penahanan waktu 15 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m ³ /menit	Kecepatan udara m/s	Th ₁ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	15	0.011	4.2	70.0	63.0	30.4	52.6	0.561
2	15	0.011	4.2	69.0	62.0	30.8	52.8	0.567
3	15	0.011	4.2	69.0	62.0	30.4	52.5	0.573
Rata-rata	15	0.011	4.2	69.3	62.3	30.5	52.6	0.570

Tabel 10 Data eksperimen pada debit aliran air 0.011 m³/ menit (1000 rpm)
dengan penahanan waktu 20 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m ³ /menit	Kecepatan udara m/s	Th ₁ °C	Th ₂ °C	Tc ₁ °C	Tc ₂ °C	E
1	20	0.011	4.2	68.0	61.0	30.2	53.9	0.627
2	20	0.011	4.2	68.0	60.0	31.0	53.3	0.603
3	20	0.011	4.2	68.0	61.0	30.4	53.4	0.612
Rata-rata	20	0.011	4.2	68.0	60.7	30.5	53.5	0.614

Tabel 11. Data eksperimen pada debit aliran air $0.011 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1000 rpm)
dengan penahanan waktu 25 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	25	0.011	4.2	69.0	59.0	31.2	54.7	0.622
2	25	0.011	4.2	69.0	61.0	31.4	54.9	0.625
3	25	0.011	4.2	68.0	62.0	30.6	53.6	0.604
Rata-rata	25	0.011	4.2	68.7	60.7	31.4	54.4	0.617

Tabel 12. Data eksperimen pada debit aliran air $0.011 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1000 rpm)
dengan penahanan waktu 30menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	30	0.011	4.2	67.0	59.0	30.8	53.7	0.633
2	30	0.011	4.2	69.0	63.0	30.4	54.2	0.617
3	30	0.011	4.2	68.0	63.6	30.6	53.9	0.623
Rata-rata	30	0.011	4.2	68.0	61.7	30.6	53.9	0.624

b. Pada debit $0,016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)

Tabel 13. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 1 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	1	0.016	4.2	70.0	66.0	30.2	32.7	0.063
2	1	0.016	4.2	70.0	67.0	29.9	32.2	0.577
3	1	0.016	4.2	70.0	67.0	30.2	32.4	0.055
Rata-rata	1	0.016	4.2	70.0	66.7	30.1	32.4	0.658

Tabel 14. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 5 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	5	0.016	4.2	75.0	70.0	30.2	55.0	0.554
2	5	0.016	4.2	74.0	72.0	30.9	55.5	0.571
3	5	0.016	4.2	76.0	72.0	30.2	55.7	0.557
Rata-rata	5	0.016	4.2	75.0	71.3	30.4	55.4	0.560

Tabel 15. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 10 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	10	0.016	4.2	78.0	71.0	30.2	56.8	0.556
2	10	0.016	4.2	79.0	73.0	30.4	57.8	0.564
3	10	0.016	4.2	80.0	71.0	31.0	59.9	0.590
Rata-rata	10	0.016	4.2	79.0	71.7	30.5	58.2	0.570

Tabel 16. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 15 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	15	0.016	4.2	80.0	73.0	30.1	60.0	0.605
2	15	0.016	4.2	73.0	74.0	31.0	60.6	0.559
3	15	0.016	4.2	83.0	74.0	31.3	60.5	0.565
Rata-rata	15	0.016	4.2	82.0	73.7	30.8	60.52	0.579

Tabel 17. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 20 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	20	0.016	4.2	81.0	73.0	30.3	61.5	0.615
2	20	0.016	4.2	84.0	74.0	31.2	62.0	0.583
3	20	0.016	4.2	84.0	74.0	31.3	61.7	0.579
Rata-rata	20	0.016	4.2	83.0	73.7	30.8	61.8	0.593

Tabel 18. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 25 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	25	0.016	4.2	82.0	74.0	30.1	62.3	0.640
2	25	0.016	4.2	84.0	74.0	31.6	62.0	0.588
3	25	0.016	4.2	86.0	77.0	31.0	63.3	0.564
Rata-rata	25	0.016	4.2	84.3	75.0	30.6	62.3	0.597

Tabel 19. Data eksperimen pada debit aliran air $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm)
dengan penahanan waktu 30 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	30	0.016	4.2	83.0	75.0	30.2	62.6	0.614
2	30	0.016	4.2	85.0	75.0	31.2	62.8	0.587
3	30	0.016	4.2	87.0	78.0	31.3	64.6	0.598
Rata-rata	30	0.016	4.2	85.0	76.0	30.9	62.7	0.600

c. Pada debit $0,024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

Tabel. 20 Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)
dengan penahanan waktu 1 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	1	0.024	4.2	70	75.0	30.4	34.0	0.091
2	1	0.024	4.2	70	75.0	30.2	34.2	0.101
3	1	0.024	4.2	70	78.0	33.8	33.8	0.090
Rata-rata	1	0.024	4.2	70	76.0	30.3	34.0	0.094

Tabel 21. Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

dengan penahanan waktu 5 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	5	0.024	4.2	81.0	76.0	30.4	62.4	0.632
2	5	0.024	4.2	81.0	77.0	30.2	62.2	0.630
3	5	0.024	4.2	82.0	7800	30.2	62.0	0.614
Rata-rata	5	0.024	4.2	81.3	77.0	30.3	62.2	0.0.625

Tabel 22. Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

dengan penahanan waktu 10 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	10	0.024	4.2	86.0	790	30.6	65.7	0.623
2	10	0.024	4.2	87.0	80.0	30.4	61.1	0.631
3	10	0.024	4.2	88.0	80.0	30.2	66.6	0.630
Rata-rata	10	0.024	4.2	87.3	79.0	30.4	65.930	0.0.629

Tabel 23. Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

dengan penahanan waktu 15 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	15	0.024	4.2	88.0	82.0	30.2	65.7	0.614
2	15	0.024	4.2	88.0	82.0	30.4	66.3	0.623
3	15	0.024	4.2	89.0	83.0	31.0	68.7	0.650
Rata-rata	15	0.024	4.2	88.3	82.3	30.5	66.900	0.629

Tabel 24. Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

dengan penahanan waktu 20 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	T_{h1} $^{\circ}\text{C}$	T_{h2} $^{\circ}\text{C}$	T_{c1} $^{\circ}\text{C}$	T_{c2} $^{\circ}\text{C}$	E
1	20	0.024	4.2	90.0	83.0	30.6	66.7	0.608
2	20	0.024	4.2	91.0	85.0	30.4	69.3	0.637
3	20	0.024	4.2	90.0	85.0	31.0	69.7	0.6470
Rata-rata	20	0.024	4.2	93.3	84.3	30.7	68.3	0.631



Tabel 25. Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

dengan penahanan waktu 25 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	Th_1 $^{\circ}\text{C}$	Th_2 $^{\circ}\text{C}$	Tc_1 $^{\circ}\text{C}$	Tc_2 $^{\circ}\text{C}$	E
1	25	0.024	4.2	90.0	86.0	30.4	68.2	0.634
2	25	0.024	4.2	92.0	88.0	30.4	69.9	0.641
3	25	0.024	4.2	91.0	88.0	30.8	69.2	0.638
Rata-rata	25	0.024	4.2	91.0	87.3	30.5	68.10	0.638

Tabel 26. Data eksperimen pada debit aliran air $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm)

dengan penahanan waktu 30 menit.

No	Waktu menit	Debit aliran m^3/menit	Kecepatan udara m/s	Th_1 $^{\circ}\text{C}$	Th_2 $^{\circ}\text{C}$	Tc_1 $^{\circ}\text{C}$	Tc_2 $^{\circ}\text{C}$	E
1	30	0.024	4.2	91.0	87.0	30.6	68.7	0.631
2	30	0.024	4.2	91.0	89.0	30.8	70.2	0.654
3	30	0.024	4.2	90.0	88.0	31.2	69.9	0.658
Rata-rata	30	0.024	4.2	90.7	88.0	30.9	69.6	0.648

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Proses pengambilan data secara keseluruhan pada (1000, 1500, 2000, 2500, 3000) rpm atau untuk variasi debit aliran air ($0.011, 0.016, 0.024, 0.028, 0.033$) $\text{m}^3 / \text{menit}$ menggunakan suhu acuan 60°C untuk suhu mulai menghidupkan mesin, jadi mesin mulai dihidupkan bila indikator Th_1 menunjukkan angka 60°C dan

pengambilan data suhu dilakukan sesaat pada suhu T_{h1} menunjukkan angka 70° C.

Proses pengambilan data untuk debit ($0.011, 0.016, 0.024$) m^3 / 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 ($0,028, 0,033$) m^3 / menit atau pada putaran engine ($2500, 3000$) rpm, suhu merambat dengan cepat sehingga dipakai suhu acuan T_{h1} menunjukkan angka 75° C.

Berdasarkan uraian hasil eksperimen grafik 1 untuk debit secara keseluruhan terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin semakin tinggi pula panas yang dihasilkan oleh pembakaran gas di dalam silinder dan ruang bakar. Panas ini nantinya akan diserap oleh aliran air yang bersirkulasi (dipompakan), dengan analogi bahwa semakin tinggi putaran mesin semakin tinggi pula putaran pompa yang mengakibatkan semakin banyaknya fluida yang dialirkan untuk menyerap panas, sehingga semakin banyak pula panas yang diserap oleh air (*cooling effect*).

Proses mengalirnya fluida dalam pipa sebagian besar adalah turbulen, kecuali pada daerah tepi lapisan aliran cenderung laminar. Pusaran turbulensi ini, mempercepat perpindahan panas yang terjadi antara tepi lapisan batas laminar dengan aliran fluida yang turbulen (pusaran). (*Kreith, 1982 : 418*).

Tahanan thermal lapisan laminar mempunyai tahanan yang besar terhadap perpindahan panas, sebaliknya aliran turbulen memiliki tahanan yang kecil terhadap panas. Sehingga cara yang efektif untuk menaikkan koefisien perpindahan panas ialah dengan mengurangi tahanan thermal lapisan batas

laminar. Keadaan ini dapat diciptakan dengan cara meningkatkan turbulensi aliran di dalam pipa.

Kenaikan turbulensi pula kerugian gesek aliran fluida di dalam pipa, sehingga menyebabkan penurunan tekanan fluida di dalam pipa. Dengan melihat fenomena tersebut maka untuk mengurangi kerugian gesek dan untuk meningkatkan koefisien perpindahan panas diperlukan kenaikan kecepatan aliran fluida di dalam pipa. (Krieth, 1982 : 419).

Berdasarkan uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kecepatan aliran berpengaruh terhadap proses perpindahan panas dari dinding ke fluida yang bersirkulasi sehingga semakin banyak pula kalor yang dapat diserap.

Penyerapan kalor yang sesungguhnya akan terjadi pada radiator dimana air akan didinginkan oleh udara yang dihembuskan oleh blower (*heating effect*), sehingga dengan demikian akan terjadi selisih panas yang cukup besar antara T_{c2} dengan T_{c1} . Besaran suhu T_{c1} cenderung tidak mengalami perubahan yang cukup besar, karena parameter suhu T_{c1} merupakan suhu udara luar yang dihembuskan sehingga apabila dimasukkan ke persamaan atau rumus di atas akan menghasilkan nilai efektifitas yang lebih tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk

Pengambilan data pada menit pertama semakin tinggi putaran mesin akan menyebabkan semakin tingginya debit aliran air dan panas yang dihasilkan dalam silinder yang kemudian akan menjadikan efektifitas radiator semakin tinggi pula. Pengambilan data dengan menggunakan penahanan (*holding time*) selama 30 menit didasari adanya keinginan untuk melihat adanya tren pendinginan apabila dilakukan penahanan dalam waktu yang cukup lama (30 menit) Keadaan ini merupakan pengembangan data pada percobaan ini diamati pada tiap kelipatan

Son,

lima menit. Berdasarkan uraian hasil data eksperimen didapatkan kenyataan bahwa nilai efektifitas akan meningkat cukup tinggi antara menit pertama sampai menit kelima. Hal inilah yang tidak terdeteksi atau tidak terpantau pada saat pengambilan data dengan pengambilan waktu pada menit pertama, karena memang pengambilan data suhu dilakukan sesaat dan secara bersamaan pada saat T_{h1} menunjukkan pada suhu acuan.

Peningkatan suhu ukur T_{c2} akan mengakibatkan nilai efektifitas meningkat dengan alasan hal ini didasarkan pada rumus bahwa parameter suhu T_{c2} merupakan pembilang sehingga apabila besaran T_{c2} meningkat akan menyebabkan hasil yang berupa nilai efektifitas radiator akan meningkat pula. Keadaan ini berlaku untuk ketiga variasi debit aliran (0.011, 0.016, 0.024) m³/menit. Pengambilan data eksperimen untuk penahanan (*holding time*) pada menit kelima sampai menit ke 30 menunjukkan adanya kestabilan nilai efektifitas radiator. Kestabilan nilai efektifitas ini merupakan suatu hal yang wajar karena bila diamati kenaikan suhu ukur terjadi merata pada parameter suhu T_{h1} , T_{h2} dan T_{c2} , Sehingga akan menyebabkan besaran nilai efektifitas radiator akan cenderung stabil.

4.3 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas radiator dengan menggunakan engine MITSUBISI LANCER Ex 2.0 GT dengan penahanan selama 30 menit, sehingga dengan sendirinya penelitian ini mempunyai banyak keterbatasan :

- a. Hasil penelitian hanya berlaku untuk mesin MITSUBISI LANCER Ex 2.0 GT dengan pengujian tanpa beban dan penahanan waktu hanya 30 menit.

- b. Peralatan pengukur (*instrument*) simulator mempunyai keterbatasan/ retan terhadap suhu tinggi sehingga dibatasi hanya sampai suhu kerja pengambilan data maksimal 90°C sampai 93°C .
- c. Penelitian ini hanya melibatkan parameter Th_1 , Th_2 , TC_1 , Tc_2 . Parameter m (laju aliran massa), c (kalr spesifik), u (koefisien perpindahan kalor menyeluruh) dan (Luasan perpindahan penukar kalor) diabaikan. Keadaan inidikator dikarenakan terbatasnya alat pengukur dalam simulator dan kurangnya referensi pendukung tentang penukar kalor (radiator) yang digunakan.

Keterbatasan penelitian ini dengan sendirinya akan menyebabkan data hasil penelitian Ini hanya berlaku untuk ketentuan yang telah diuraikan di atas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Son,

Berdasarkan hasil percobaan, pengujian dan analisis data serta pembahasan maka dari uraian yang telah disampaikan didepan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. 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.
2. Pengambilan data pada menit pertama jua terlihat bahwa nilai efektifitas radiator untuk debit aliran 0.033 m³ / menit dengan nilai efektifitas 0.188 merupakan nilai efektifitas debit yang lain. Pada debit 0.011 m³ / menit nilai efektifitasnya 0.028, debit 0.016 m³ / menit nilai efektifitasnya 0.058, debit 0.024 m³ / menit nilai efektifitasnya 0.094, m³ / menit debit 0.028 nilai efektifitasnya 0.137.
3. Pengambilan data pengujian dengan penahanan waktu 30 menit, terjadi peningkatan nilai efektifitas yang cukup signifikan pada menit diantara. Menit pertama dan kelima. Keadaan ini dikarenakan suhu-suhu kerja diambil

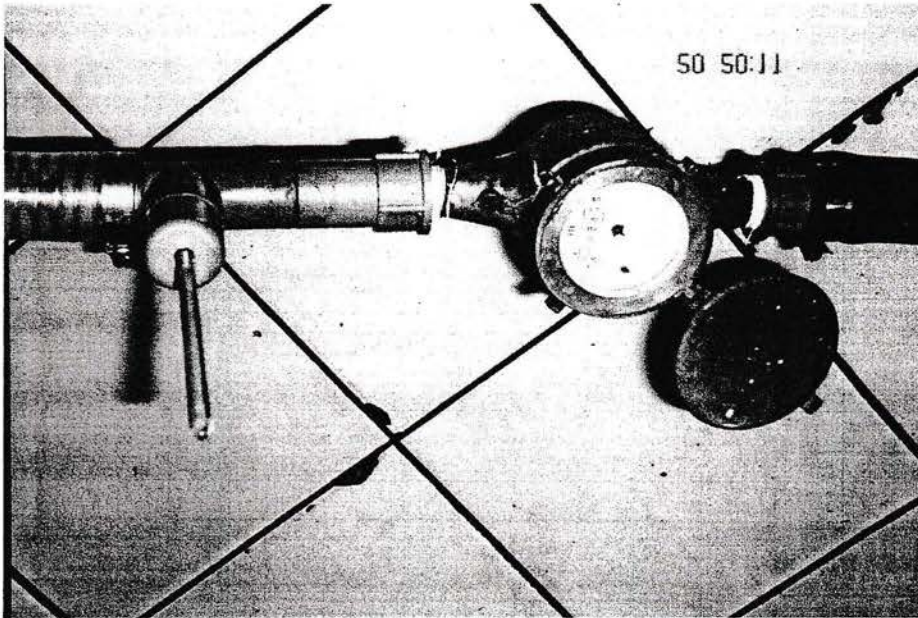
pada menit pertama sedangkan pada kenyataannya suhu kerja terus meningkat secara signifikan sampai menit kelima.

4. Pengambilan data pengujian dengan penahanan untuk 30 menit, nilai efektifitas akan cenderung stabil dari menit kelima sampai ke-30. Kenaikan nilai efektifitas akan terjadi namun tidak terlalu signifikan.
5. Pengambilan data debit $0.011 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1000 rpm). Kenaikan nilai efektifitas pada dilakukan pendinginan sehingga mengakibatkan penurunan parameter Th_1 . Hal ini menjadikan nilai efektifitas cenderung mengalami kenaikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan debit aliran $0.016 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (1500 rpm) dan $0.024 \text{ m}^3 / \text{menit}$ (2000 rpm).

zSon,

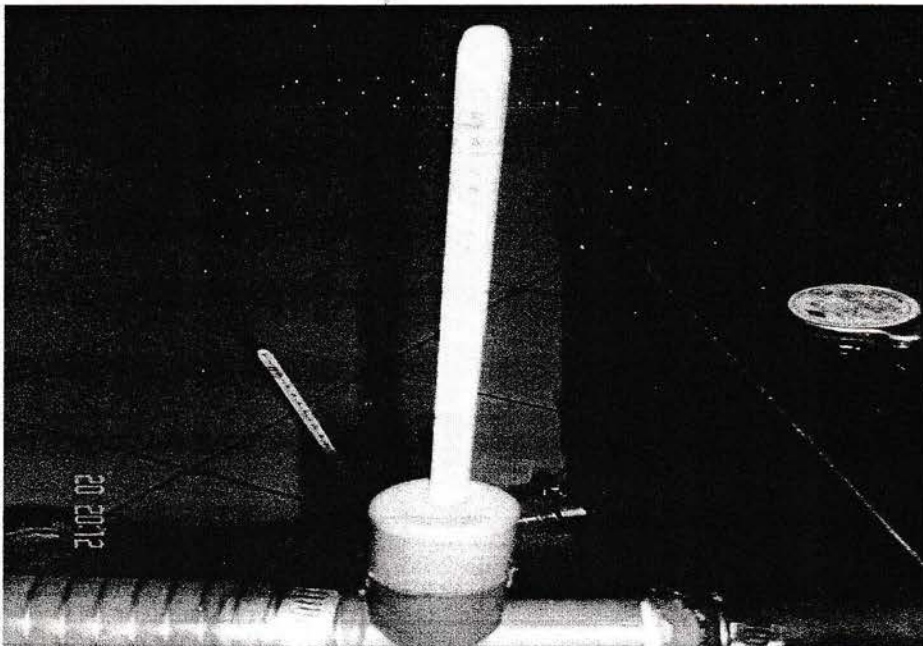
5.2 SARAN

1. *Simulator* yang digunakan dalam penelitian ini (*radiator tester*) masih banyak kekurangan sehingga dibutuhkan juga banyak penyempurnaan. Penyempurnaan yang diharapkan ialah pada bagian yang memerlukan ketahanan panas yang lebih tinggi meningkat alat ini dioperasikan untuk fluida dengan suhu yang relatif lebih tinggi.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan mengganti jenis radiator, mesin yang diuji ataupun jenis (*stand engine* atau *real engine*).
3. *Simulator radiator tester* memerlukan perawatan dalam penggunaannya. Perawatan itu baik untuk peralatan ukur (*measurement equipment*) maupun pendukung lainnya.



.Son,

Gambar *Flowmeter* dan *Thermometer* Pengukur Suhu Th_2

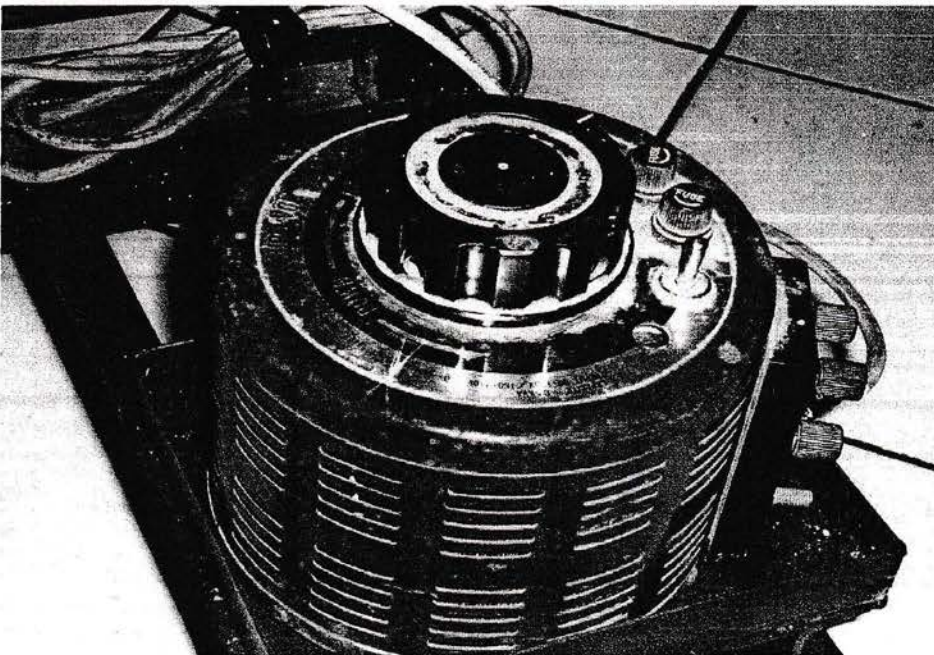


Gambar *Thermometer* Pengukur Suhu Th_1



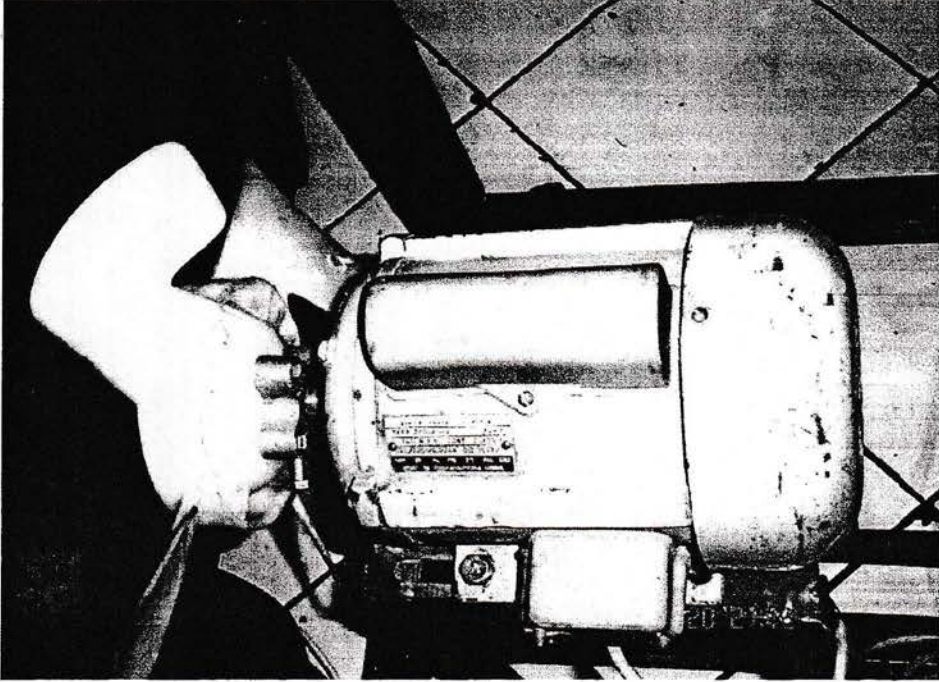
zSon,

Gambar *Anemometer* Pengukur kecepatan Udara

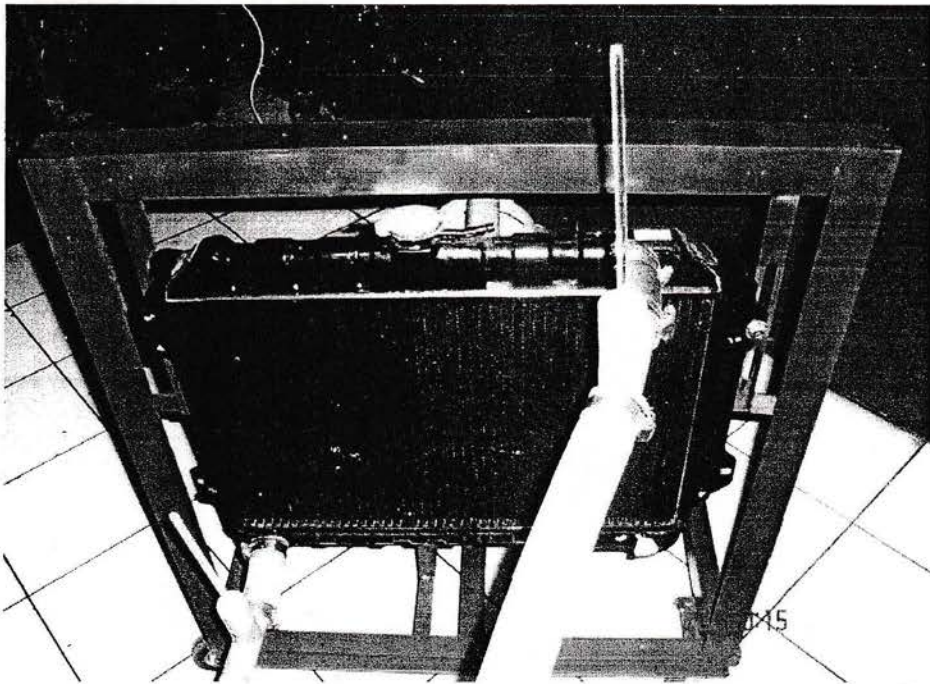


Gambar Regulator Pengatur Putaran Motor listrik

2Son,

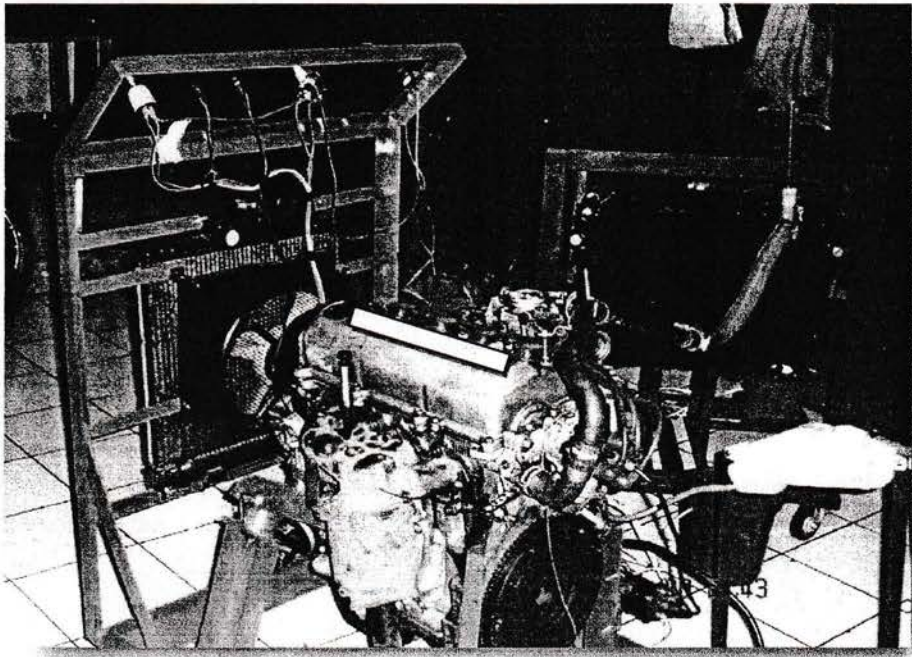


Gambar Motor Listrik Pendingin Radiator



Gambar Radiator Tester Assembly

:Son,



DAFTAR PUSTAKA

- Darmanto. 1999. Otomotif Mesin Tenaga. Tiga Serangkai : Jakarta
- Incropera. 1990. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Willey & 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.