

**PENGARUH VARIASI CAIRAN PENDINGIN (COOLANT) TERHADAP
EFEKTIVITAS RADIATOR PADA ENGINE DIESEL**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik
Otomotif Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh
NICO L. H. SARAGIH
NIM. 17682/2010

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2017**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : **Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (*Coolant*)
Terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel**

Nama : Nico L. H. Saragih

NIM/BP : 17682/2010

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

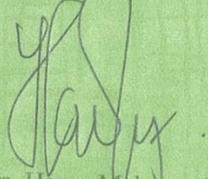
Jurusan : Teknik Otomotif

Fakultas : Teknik

Padang, 10 Agustus 2017

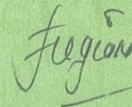
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Drs. Hasan Maksun, M.T
NIP. 19660817 199103 1 007

Pembimbing II



Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si
NIP. 19730213 199903 1 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Nico L. H. Saragih
NIM/BP: 17682/2010

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di Depan Tim Penguji
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Dengan Judul

**Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (*Coolant*)
Terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel**

Padang, 10 Agustus 2017

Tim Penguji

1. Ketua : Drs. Hasan Maksum, MT
2. Sekretaris : Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si
3. Anggota : Drs. Daswarman, M.Pd
4. Anggota : Dwi Sudarno Putra, ST, MT

Tanda Tangan

1.

2.

3.

4.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7055922 FT: (0751) 7055644, 445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “ Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (*Coolant*) Terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel”, adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis dan dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 10 Agustus 2017

Yang menyatakan



Nico L. H. Saragih
NIM/BP : 17682/2010

ABSTRAK

Nico L. H. Saragih : Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (*Coolant*) Terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel

Penggunaan kendaraan bermotor selalu disertai dengan penggunaan bahan bakar dan dari proses pembakaran selalu saja disertai dengan pembebasan panas. Panas mesin dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dalam silinder untuk menghasilkan tenaga, namun jika dibiarkan akan menimbulkan panas yang berlebihan (*over heating effect*). Suhu mesin harus dapat distabilkan dengan adanya sistem pendingin dengan cara dibantu oleh cairan pendingin yang melalui radiator sehingga suhu kerja mesin dapat dipertahankan. Cairan pendingin pada radiator mempunyai peran yang sangat penting dalam proses perpindahan panas mesin ke lingkungan, agar mesin dapat tetap bekerja pada suhu yang optimal yang berdampak pada penghematan bahan bakar. Ada beberapa macam variasi cairan pendingin (*coolant*) yang disediakan produsen otomotif yang mana setiap *coolant* memiliki spesifikasi yang berbeda satu sama yang lainnya.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen untuk melihat seberapa besar pengaruh variasi cairan pendingin (*coolant*) terhadap efektivitas radiator pada engine diesel. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 7 Juni 2017 dengan menggunakan mobil Mitsubishi Colt L300 Pick-up tahun 2003. Adapun sampel cairan pendingin (*coolant*) yang digunakan yaitu air, Mitsubishi Long Life Coolant, TOP1 Super Coolant, dan Prestone. Pengujian efektivitas dilakukan pada putaran konstan 1500 rpm dan dalam waktu 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Pengambilan data dilakukan 2 kali untuk setiap penggunaan *coolant*. Untuk analisis data penulis melakukan uji beda *t-test Lipson*, yaitu melihat apakah penggunaan variasi cairan pendingin (*coolant*) berpengaruh signifikan terhadap efektivitas radiator pada *engine* diesel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *coolant* yang memiliki titik didih yang lebih tinggi daripada titik didih air berpengaruh signifikan terhadap efektivitas radiator *engine* diesel. Nilai efektivitas radiator pada penggunaan Mitsubishi LLC 0,1943 atau lebih tinggi 0,0094 (5,08%) dibandingkan dengan efektivitas radiator pada penggunaan air sebagai *coolant*. Nilai efektivitas radiator pada penggunaan TOP1 SC 0,1965 atau lebih tinggi 0,0116 (6,27%) dibandingkan dengan efektivitas radiator pada penggunaan air sebagai *coolant*. Sedangkan nilai efektivitas radiator pada penggunaan Prestone 0,2001 atau lebih tinggi 0,0152 (8,22%) dibandingkan dengan efektivitas radiator pada penggunaan air sebagai *coolant*.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan atas segala berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (*Coolant*) Terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Selama mengerjakan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan baik moril maupun materil, terutama dalam menghadapi setiap kesulitan, hambatan dan rintangan yang penulis alami. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan hati yang ikhlas, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Hasan Maksum, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan juga Pembimbing Akademik yang banyak memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan proposal penelitian ini.
4. Bapak Toto Sugiarto S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan proposal penelitian ini.
5. Seluruh Dosen, Teknisi dan Staf Administrasi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

6. Kedua Orang Tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan motivasi supaya terus semangat dalam menyelesaikan perkuliahan.
7. Rekan-rekan Mahasiswa dan teman seperjuangan Jurusan Teknik Otomotif.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga bantuan, petunjuk dan bimbingannya yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini mendapat balasan berupa limpahan berkat dari Tuhan. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan maka penulis mengharapkan saran dan kritikan dari semua pihak.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk menambah ilmu pengetahuan terutama bagi penulis sendiri.

Padang, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Deskripsi Teori.....	7
B. Penelitian yang Relevan	24
C. Kerangka Berpikir	25
D. Hipotesis	26
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
A. Desain Penelitian	27
B. Defenisi Operasional Variabel Penelitian	29

C. Objek Penelitian	30
D. Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data	31
E. Teknik Analisis Data	34

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data	35
B. Analisis Data	38
C. Pembahasan	39

BAB V PENUTUP

A. Simpulan	42
B. Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Macam-macam <i>Coolant</i>	3
2. Spesifikasi Mitsubishi Long Life Coolant	19
3. Spesifikasi TOP 1 Super Coolant.....	20
4. Spesifikasi Prestone	20
5. Desain Penelitian	28
6. Spesifikasi Mitsubishi Colt L300	31
7. Data Hasil Pengukuran Suhu.....	33
8. Rata-rata Hasil Pengukuran Suhu saat Menggunakan Air (<i>aqua</i>)	35
9. Rata-rata Hasil Pengukuran Suhu saat Menggunakan Mitsubishi LLC....	35
10. Rata-rata Hasil Pengukuran Suhu saat Menggunakan TOP1 SC.....	36
11. Rata-rata Hasil Pengukuran Suhu saat Menggunakan Prestone.....	36
12. Data hasil pengukuran Efektivitas Radiator.....	36
13. Analisis data perbandingan Efektivitas Radiator	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sistem Pendingin Air	10
2. Konstruksi Radiator.....	11
3. Tutup Radiator.....	12
4. Tangki Atas dan Tangki Bawah Radiator	13
5. Pipa (<i>tube</i>) dan Sirip (<i>fin</i>) Inti Radiator	14
6. Pompa Air	14
7. Kipas Radiator	16
8. Thermostat	17
9. Kerangka Berpikir	25
10. Pengukuran Suhu Fluida	28
11. Perbandingan efektivitas radiator dengan variasi <i>coolant</i>	36
12. Perbandingan rata-rata efektivitas radiator dengan variasi <i>coolant</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Hasil Pengukuran.....	44
2. Data Hasil Penghitungan Efektivitas.....	46
3. Analisis Standar Deviasi	50
4. Analisis Uji t.....	53
5. Analisis Persentase Efektivitas.....	57
6. Dokumentasi Penelitian.....	58
7. Surat Izin Penelitian	61
8. Surat Izin Penggunaan Alat dan Laboratorium	62
9. Surat Bukti Penelitian	63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan bidang teknologi sekarang ini berkembang dengan sangat pesat. Perkembangan teknologi inipun memang sesuatu yang merupakan imbas dari kebutuhan dan perkembangan peradaban manusia itu sendiri. Hal ini dapat dilihat dari berbagai sudut pandang, salah satunya adalah teknologi di bidang otomotif.

Pada saat ini kehidupan sehari-hari manusia sangat sulit dilepaskan dengan transportasi khususnya kendaraan bermotor atau mesin. Penggunaan kendaraan bermotor selalu disertai dengan penggunaan bahan bakar dan dari proses pembakaran selalu saja disertai dengan pembebasan panas. Panas mesin dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dalam silinder untuk menghasilkan tenaga, namun jika dibiarkan akan menimbulkan panas yang berlebihan (*over heating effect*). Tidak semua panas dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi yang diperlukan tetapi terbuang ke lingkungan, karena panas yang berlebihan justru akan mengganggu kinerja mesin. Panas yang berlebihan itu menjadi penyebab berubahnya sifat-sifat mekanis serta bentuk dari komponen mesin. Sifat serta komponen mesin bila telah berubah akan menyebabkan kinerja mesin terganggu dan mengurangi usia mesin.

Apabila keadaan ini tidak mendapatkan pendinginan yang baik, maka suhu pembakaran ini akan mempengaruhi suhu kerja mesin secara keseluruhan. Suhu mesin harus dapat distabilkan dengan adanya sistem

pendingin dengan cara dibantu oleh cairan pendingin yang melalui radiator sehingga suhu kerja mesin dapat dipertahankan.

Sistem pendingin terdiri dari radiator, saluran cairan pendingin masuk dan keluar mesin, *water pump*, kipas pendingin, tangki cadangan, thermostat, cairan pendingin. Cairan pendingin atau biasa disebut juga *coolant* disini berfungsi untuk menyerap panas. Cairan pendingin pada radiator mempunyai peran yang sangat penting dalam mentransformasikan panas mesin ke lingkungan, agar mesin dapat tetap bekerja pada suhu yang optimal yang berdampak pada penghematan bahan bakar.

Proses-proses perpindahan panas rentan terhadap pembentukan *scaling*, korosi, maupun *fouling*. Penggunaan air sebagai *coolant* mungkin akan memberikan dampak atau resiko terhadap area perpindahan panas. Apalagi jika air tersebut tidak memenuhi standar sebagai media pendingin, misalnya air tanpa proses penyulingan yang mengandung berbagai mineral, dapat menyebabkan *scaling*. Jika area perpindahan panas semakin kecil, ditambah terjadinya kebocoran pada pipa atau saluran *coolant* yang menyebabkan hilangnya sebagian massa *coolant*, sehingga mengakibatkan mesin menjadi lebih panas (*over heat*). Kualitas *coolant* juga membantu mempercepat dalam proses pendinginan mesin dan perlu dilakukan pengecekan rutin level fluida *coolant* pada tangki cadangannya. Sirkulasi air harus lancar melalui pipa-pipa pipih dan antara kisi-kisi radiator jangan sampai tersumbat oleh karat, karena akan sangat mengganggu sistem perpindahan panas pada mesin.

Wahyu Hidayat (2012:252) mengemukakan bahwa “perpindahan panas dapat ditingkatkan dengan jalan menaikkan laju aliran massa fluida dan kapasitas panas fluida. Pompa dapat menaikkan nilai laju aliran massa sementara kapasitas panas tergantung jenis fluida yang digunakan”. Dengan panas yang sama namun dengan kapasitas panas yang berbeda maka akan menyebabkan perubahan suhu fluida yang berbeda pula. Semakin kecil nilai kapasitas panas fluida maka semakin besar perubahan suhu yang terjadi, oleh karena itu pemilihan jenis *coolant* menjadi sangat penting.

Selain air putih atau air ledeng yang dahulu umum digunakan, kini kita dapat menemui berbagai jenis cairan pendingin radiator (*coolant*) di pasaran, baik yang dapat langsung digunakan seluruhnya atau yang harus dicampur terlebih dahulu dengan air sesuai perbandingan pada label petunjuk. Tentunya semua memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini dapat diketahui dari data yang peneliti dapatkan melalui observasi di beberapa bengkel di sekitar kota Padang.

Tabel 1. Macam-macam cairan pendingin (*coolant*) yang disediakan bengkel di kota Padang

No	Nama Bengkel	Merek Radiator Coolant
1	PT. Andalas Berlian Motors	Mitsubishi Long Life Coolant
2	BS Motor	Megacool dan Master
3	Datu Motor	Jumbo
4	Jeffri Motor	IZI Coolant
5	Surya Motor	Megacool, Prestone, dan TOP 1
6	Utama Servise	TOP 1 dan Toyota
7	Bima Motor	Megacool, TOP 1 dan Toyota

Sumber : Hasil Observasi

Berdasarkan data di atas dan pengamatan yang peneliti lakukan ternyata ada beberapa macam variasi cairan pendingin (*coolant*) yang disediakan oleh bengkel yang ada di sekitar kota Padang. Hal ini tentu saja dapat membantu pemilik kendaraan bermotor terutama mobil dalam memilih cairan pendingin (*coolant*) mana yang akan digunakan pada kendaraannya. Namun demikian, mereka belum mengetahui secara jelas cairan pendingin (*coolant*) mana yang memberikan dampak yang lebih baik terhadap efektivitas radiator. Penelitian ini dilakukan terhadap beberapa jenis cairan pendingin (*coolant*) yang tersedia di pasaran sehingga dapat diketahui jenis mana yang memiliki pengaruh terbesar terhadap nilai efektivitas radiator. Oleh karena hal tersebut peneliti melakukan penelitian “Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (*Coolant*) Terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka timbul permasalahan yang peneliti rumuskan sebagai berikut :

1. Beragamnya cairan pendingin (*coolant*) yang beredar di pasaran memiliki spesifikasi yang berbeda yang mana akan menentukan kemampuan menyerap panas.
2. Kurangnya pengetahuan masyarakat akan pengaruh penggunaan cairan pendingin (*coolant*) terhadap efektivitas radiator.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan mendapatkan hasil yang maksimal sesuai dengan tujuan penelitian maka perlu diadakan pembatasan masalah. Batasan masalah pada penelitian ini adalah pengaruh variasi cairan pendingin (*coolant*) terhadap efektivitas radiator pada *engine* diesel.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi cairan pendingin (*coolant*) terhadap efektivitas radiator pada *engine* diesel.

E. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui perbedaan yang ditimbulkan oleh variasi cairan pendingin (*coolant*) terhadap efektivitas radiator pada *engine* diesel.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menambah pengalaman dan pengetahuan peneliti dalam bidang otomotif khususnya sistem pendingin.
2. Bagi pembaca, hasil penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan dan juga dapat digunakan sebagai literatur dalam melakukan penelitian di bidang otomotif.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat pengguna kendaraan khususnya mobil, tentang perbedaan penggunaan variasi cairan pendingin (*coolant*)

terhadap efektivitas radiator sehingga masyarakat dapat memilih cairan pendingin yang tepat.

4. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu kependidikan di FT-UNP.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Sistem Pendingin

Aris Munandar (1988:56) dalam bukunya menyatakan :

“Motor bakar dalam operasionalnya menghasilkan panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar dalam silinder. Panas yang dihasilkan tadi tidak dibuang akibatnya komponen mesin yang berhubungan dengan panas pembakaran akan mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan dan merubah sifat-sifat serta bentuk dari komponen mesin tersebut. Sistem pendinginan diperlukan untuk mencegah terjadinya perubahan tersebut”.

Sedangkan Wahyu Hidayat (2012:249) menyatakan “ selama mesin bekerja akan menimbulkan panas dan panas mesin harus dibatasi jangan sampai terjadi panas yang berlebihan (*over heating*). Untuk itu mesin membutuhkan pendinginan”.

Kutipan di atas menjelaskan bahwa mesin harus mendapat pendinginan yang cukup agar temperaturnya tetap berada dalam batas yang diperbolehkan, yaitu sesuai dengan kekuatan material dan kondisi operasi yang baik. Kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur.

Menurut V.L. Maleev (1991:229)

“Pengujian menunjukkan bahwa dari 25 sampai 35 persen dari panas dalam mesin dengan pendinginan air dan kira-kira 15 sampai 25 persen dalam mesin dengan pendinginan udara, merambat ke dalam dinding silinder dan harus dibuang. Kalau tidak diberikan suatu cara untuk membuang panas ini, maka suhu dalam logam akan mulai mendekati suhu gas pembakaran pada saat meninggalkan silinder mesin”.

Berdasarkan kutipan di atas dapat dijelaskan bahwa 25%-35% panas dalam mesin berpendingin air dan 15%-25% panas dalam mesin berpendingin udara harus dibuang karena dapat menyebabkan kerusakan daripada setiap fase operasi mesin yang lain.

Berdasarkan fluida pendinginnya, sistem pendinginan yang biasa digunakan pada motor bakar ada dua macam yaitu:

a. Sistem Pendinginan Udara (*Air Cooling System*)

Pada Sistem pendinginan jenis udara, panas yang dihasilkan dari pembakaran gas dalam ruang bakar dan silinder sebagian dirambatkan keluar dengan menggunakan sirip-sirip pendingin yang dipasang di bagian luar dari silinder dan ruang bakar. Panas yang dihasilkan ini selanjutnya diserap oleh udara luar yang memiliki temperatur yang jauh lebih rendah daripada temperatur pada sirip pendingin. Bagian mesin yang memiliki temperatur tinggi memiliki sirip pendinginan yang lebih panjang daripada sirip pendingin yang terdapat di sekitar silinder yang bertemperatur lebih rendah.

Udara yang berfungsi menyerap panas dari sirip-sirip pendingin harus berbentuk aliran atau 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 dengan udara. Keadaan ini dapat ditempuh dengan cara menggerakkan 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 sulit untuk mendapatkan aliran udara. Udara yang dibutuhkan diciptakan dengan cara dihembuskan oleh *blower* yang dihubungkan langsung dengan poros engkol, sehingga akan menciptakan aliran udara yang sebanding dengan kecepatan mesin sehingga pendinginan sempurna dapat terjadi pada mesin tersebut.

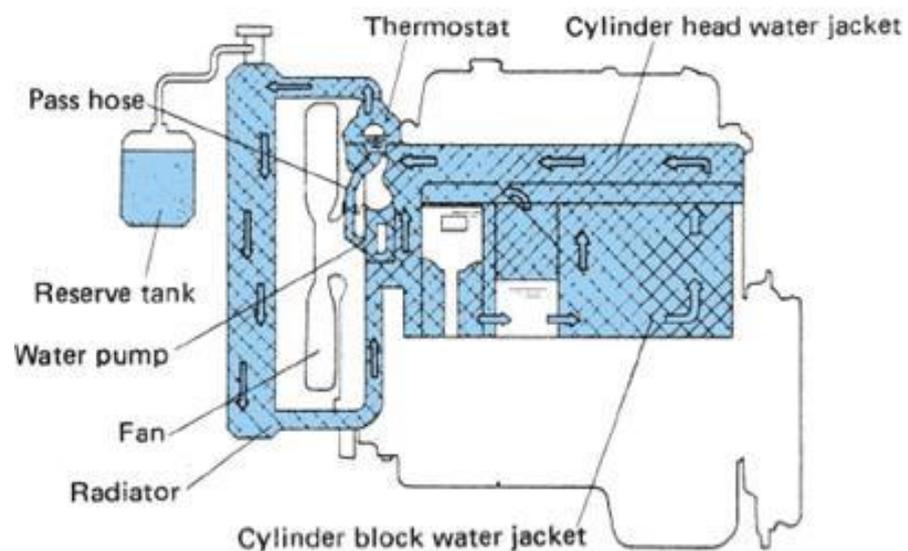
b. Sistem Pendinginan Air

H. N. Gupta (2009:446) menyatakan:

“in this system the cylinder walls and heads are surrounded with jackets through which the cooling liquid circulates and absorbs the heat from the hot metal walls of the engine. The liquid is then cooled by means of an air-cooled radiator system, cooling tower or cooler and recirculated through the engine jackets. Thus, the liquid coolant absorbs heat from the cylinder and rejects it to air stream. Liquid cooling can be carried out by the following methods: direct or nonreturn system, thermosyphon or natural circulating system, forced or pump circulating system, evaporative cooling system”.

Sedangkan Wahyu Hidayat (2012: 252) dalam bukunya mengemukakan bahwa “Panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar dan silinder akan mengakibatkan panas pada blok silinder dan kepala silinder. Sebagian panas yang ditimbulkan akan diserap oleh air pendingin setelah melalui dinding silinder dan ruang bakar”.

Berdasarkan pendapat ahli tersebut disimpulkan bahwa dalam sistem pendingin cairan (*liquid cooled*) dinding silinder dan kepala silinder dikelilingi mantel air (*water jacket*) dimana cairan pendingin akan bersirkulasi untuk menyerap panas. Panas yang diserap oleh air pendingin pada mantel-mantel air selanjutnya akan menyebabkan naiknya temperatur air pendingin tersebut. Jika air pendingin itu tetap berada pada *water jacket* maka air itu cenderung akan mendidih dan menguap. Hal tersebut sangat merugikan, oleh karena itu untuk menghindarinya air tersebut disirkulasikan. Dengan demikian, air pendingin menyerap panas dari silinder dan membuangnya ke udara melalui radiator.



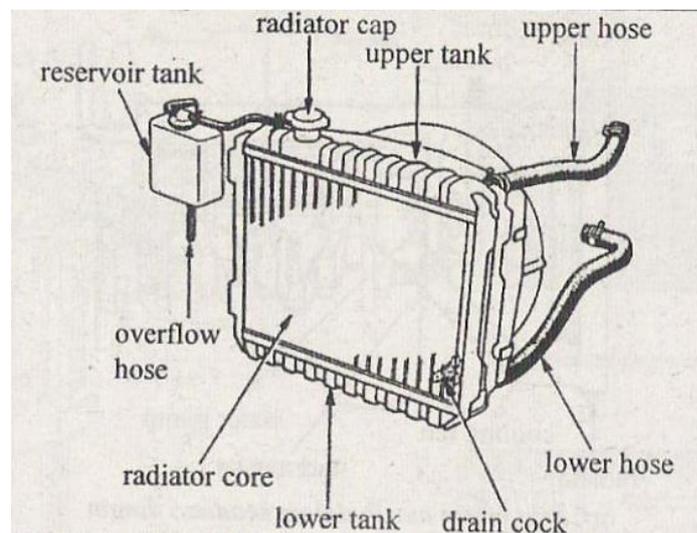
Gambar 1. Sistem Pendingin Air
(<https://tryotomotif.wordpress.com/2011/07/16/sistem-pendingin/>)

2. Komponen Sistem Pendinginan Air

a. Radiator

Radiator memegang peranan penting dalam mesin. Radiator adalah alat yang berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan air yang telah menyerap panas dari mesin dengan cara membuang panas air tersebut melalui sirip - sirip pendinginnya.

Konstruksi radiator terdiri dari tutup radiator, tangki atas, tangki bawah, inti radiator dan tangki cadangan.



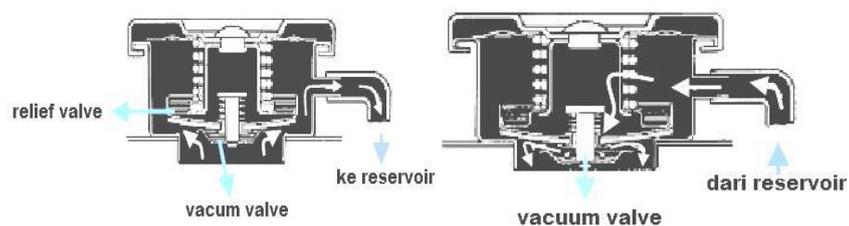
Gambar 2. Konstruksi Radiator
(Wahyu Hidayat, 2012:256)

Berikut penjelasan tiap-tiap bagiannya :

1) Tutup Radiator

Tutup radiator berfungsi untuk menjaga tekanan di dalam inti radiator. Tutup radiator dilengkapi dengan *relief valve* dan *vacuum valve*. Bila volume cairan pendingin (*coolant*) bertambah akibat naiknya temperatur, maka tekanan juga akan bertambah dan *relief*

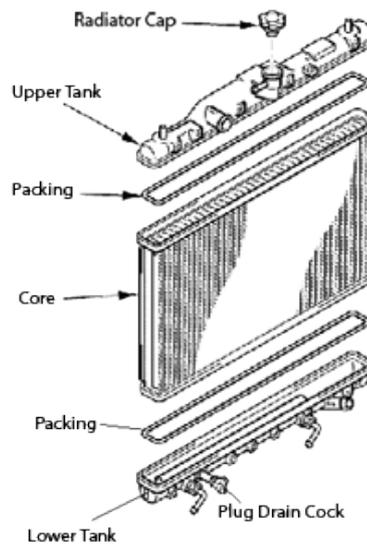
valve akan membuka dan membebaskan kelebihan tekanan melalui *overflow pipe*. Bila temperatur cairan pendingin (*coolant*) berkurang saat temperaturnya turun maka terjadi kevakuman didalam radiator sehingga pada kondisi ini *vacuum valve* akan membuka secara otomatis untuk menghisap udara agar tekanan dalam radiator sama dengan tekanan atmosfer.



Gambar 3. Tutup Radiator (*relief valve* dan *vacuum valve*)
(slideplayer.info)

2) *Upper* dan *Lower Tank* (tangki atas dan tangki bawah)

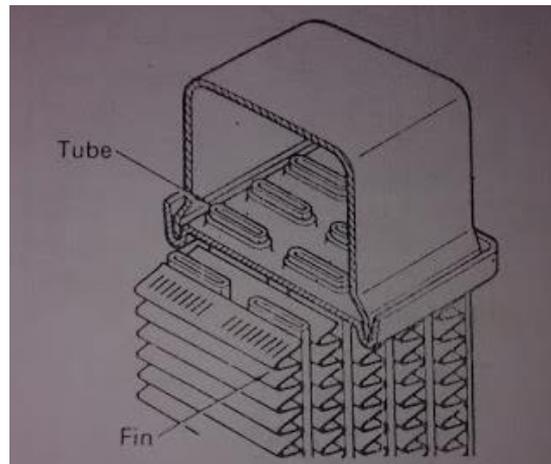
Tangki atas radiator berperan sebagai penampung air sebelum masuk kedalam pipa-pipa radiator, tangki radiator ini terbuat dari kuningan atau plastic dan tangki bawah radiator berfungsi sebagai penampung cairan pendingin (*coolant*) yang telah melalui inti radiator. Material tangki bawah ini sama dengan material tangki atas.



Gambar 4. Tangki Atas dan Tangki Bawah Radiator
(<http://www.denso.co.id/radiator.html>)

3) Inti Radiator

Inti radiator merupakan bagian yang paling banyak mengambil peran sebagai penukar kalor. Pada bagian ini cairan pendingin (*coolant*) yang telah mengalami kenaikan temperatur pasca keluar dari *water jacket* akan masuk kedalam pipa, dan secara konveksi akan memindahkan panasnya ke dinding pipa. Selanjutnya panas yang diserap oleh dinding pipa akan dipindahkan lagi secara konduksi kepada sirip, dan dengan bantuan kipas (*fan*), udara didorong dengan arah menyilang yang bertujuan untuk melepas kalor yang ada pada sirip ke lingkungan secara konveksi. Adapun inti radiator terbagi dengan 2 bagian, yaitu pipa (*tube*) radiator dan sirip (*fin*).



Gambar 5. Pipa (tube) dan sirip (fin) inti radiator
(Wahyu Hidayat, 2012:257)

b. 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 karena digerakkan oleh mesin melalui tali kipas (*V - Belt*).

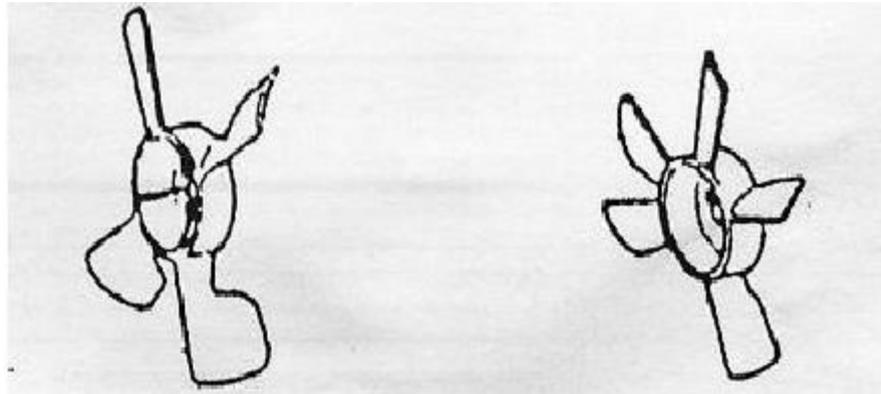


Gambar 6. Pompa Air
(m-edukasi.kemdikbud.go.id)

c. Kipas

Kipas berfungsi untuk mengalirkan udara pada inti radiator agar panas yang terdapat pada inti radiator dapat dirambatkan dengan mudah ke udara. Pemasangan kipas biasanya dibagian depan dari poros pompa air sehingga putaran 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 untuk menghasilkan angin.

Kipas pada konstruksi yang lain ada kalanya digerakkan menggunakan motor listrik, hal ini untuk mencegah terjadinya *over cooling*. Kerja dari motor listrik ini tergantung pada temperatur air pendingin yang mengatur aliran arus listrik dari baterai ke motor. Cara kerja dari sistem ini ialah apabila temperatur air pendingin naik mencapai suhu kerja maka arus listrik akan mengalir yang mengakibatkan kipas akan berputar, dalam proses kerjanya sistem ini dilengkapi dengan relay dan *water temperatur switch* sebagai kontrol pengendalinya. Efek pendinginan yang maksimal terjadi pada jarak pemasangan radiator terhadap kipas pendingin yang berdekatan, hal ini timbul dikarenakan volume udara yang dihasilkan oleh kipas pendingin akan semakin besar. Jarak pemasangan radiator itu sendiri berpengaruh pada proses pendinginan.

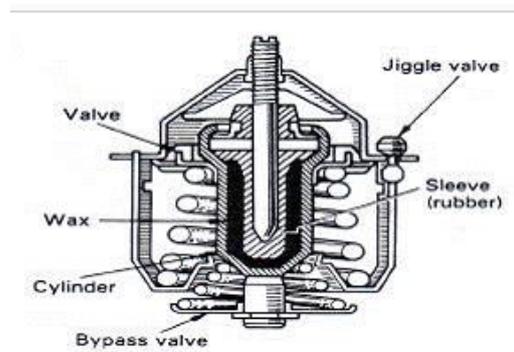


Gambar 7. Kipas Radiator
(Yudhi Prasetyo, 2007:15)

d. 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. Untuk tujuan tersebut maka pada 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 ini ialah pada saat air pendingin suhunya masih rendah katup akan tetap pada posisi tertutup apabila temperatur air pendingin mulai naik sekitar 80°C sampai dengan 90°C lilin 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*) ke saluran pompa air.



Gambar 8. Thermostat
(rifqi-cimot.blogspot.com)

e. Mantel Pendingin (*water jacket*)

Mantel pendingin dapat digambarkan secara sederhana sebagai sebuah ruangan yang berada disekeliling 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 oleh air yang bersirkulasi melewati bagian mantel air ini. Mantel pendingin ini secara konstruksi berhubungan dengan tangki radiator.

f. Cairan Pendingin (*coolant*)

Cairan pendingin pada radiator ini mempunyai peran yang sangat penting dalam mentransformasikan panas mesin kelingkungan, agar mesin dapat tetap bekerja pada suhu yang optimal yang berdampak pada penghematan bahan bakar. Air sebenarnya dapat digunakan

sebagai cairan pendingin, namun air dengan titik didih 100°C dan titik beku 0°C memerlukan perhatian dan pemeliharaan yang terlalu sering, yang lebih berbahaya bila kendaraan atau mesin digunakan didaerah yang beriklim cukup ekstrim baik dingin maupun panas. Pada saat cuaca sangat dingin air dalam radiator akan membeku dan dapat mengakibatkan pecahnya pipa saluran radiator serta mesin akan sangat sulit untuk di stater. Demikian pula pada iklim yang ekstrim panas, air dalam radiator tidak akan dapat bertahan lama karena mendidih dan tingkat penguapan yang tinggi sehingga akan cepat habis bila tidak terkontrol akan terjadi kerusakan kendaraan yang sangat fatal. Untuk mengatasi masalah tersebut dibuatlah cairan pendingin pada radiator yang biasa dikenal dengan nama “*Radiator Coolant*”.

Willard W. Pulkrabek (2004:336) menyatakan:

“Most engines use a mixture of water and ethylene glycol, which has the heat transfer advantages of water but improves on some of the physical properties. Ethylene glycol (C₂H₆O₂), often called antifreeze, acts as a rust inhibitor and a lubricant for the water pump, two properties not present when water is used alone. When added to water, it lowers the freezing temperature and raises the boiling temperature, both desirable consequences”.

Berdasarkan pernyataan ahli tersebut disimpulkan bahwa pada umumnya mesin menggunakan campuran air dan *ethylene glycol* yang memiliki kelebihan dalam perpindahan panas daripada air. Campuran *ethylene glycol* dan air dapat meningkatkan titik didih dan menurunkan titik beku. *Ethylene glycol* juga bertindak sebagai pencegah karat dan

pelumas untuk pompa air yang mana dua sifat ini tidak dimiliki ketika menggunakan air tanpa campuran.

Pemakaian radiator coolant saat ini diharapkan tak hanya sebagai penjaga kestabilan suhu mesin saja, akan tetapi juga mampu menghindari korosi/karat terhadap dinding mesin dan kepala silinder, serta rongga-rongga pada radiator itu sendiri, sehingga mesin menjadi awet pemakaiannya. Ditambah lagi usia pemakaian air radiator yang cukup lama atau jarak tempuh (kilometer) yang panjang.

Berikut beberapa merek coolant yang beredar di Indonesia :

1) Mitsubishi Long Life Coolant

Genuine Mitsubishi Long Life Coolant adalah generasi baru etilen glikol berdasarkan coolant mesin premium, memberikan perlindungan korosi yang diformulasikan khusus untuk semua engine Mitsubishi. Periode penggantian sampai 60000 km atau 4 tahun.

Tabel 2. Spesifikasi Mitsubishi Long Life Coolant

Concentration	50%
Freezing Point	-35°C
Boilling Point	111°C
Produk Number	MZ320125

Sumber : www.mitsubishi-motors.com

2) TOP 1 Super Coolant

TOP 1 Super Coolant adalah pendingin berbasis etilena glikol dirancang untuk digunakan dalam sistem pendingin radiator. formula unik TOP 1 Super Coolant dirancang untuk memperpanjang umur komponen sistem pendinginan dan diperkaya dengan zat aditif untuk mencegah karat dan korosi. Ini bukan konsentrat tidak perlu dicampur dengan air.

Tabel 3. Spesifikasi TOP 1 Super Coolant

Freezing Point	-4°C
Boilling Point	115°C
Ash Content, gm/100mL	0,05
Color Florescent	Green
Clarity	Clear
Iron Content Ppm	0,8
Specific Gravity	1,007
Product Number (12x500 mL)	90120-M

Sumber : TOP 1 OIL Product Company

3) Prestone

Prestone coolant dapat digunakan sampai 5 tahun atau 240.000 km.

Penggunaannya dicampur dengan air murni.

Tabel 4. Spesifikasi Prestone

Protection	Prestone 50/50 premix
Freeze-up Protection	-34°F
Boilover Protection	+265°F
Corrosion Protection	ASTM D3306 and D4985

Sumber: http://prestone.com/enmx/products/antifreeze_coolant/product

3. Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Donald R. Pitts dan Leighton E. Sissom (2011:206) dalam bukunya menyatakan :

“Alat penukar kalor (*heat exchanger*) adalah setiap alat yang menyebabkan terjadi perpindahan energi termal dari satu fluida ke yang lainnya. Didalam alat-alat penukar yang paling sederhana fluida-fluida panas dan dingin bercampur secara langsung, yang lebih umum adalah jenis dimana fluida-fluida dipisahkan oleh sebuah dinding. Jenis ini yang disebut rekuperator, dapat bervariasi dari sebuah dinding datar sederhana di antara dua fluida yang mengalir sampai konfigurasi-konfigurasi rumit yang melibatkan banyak fase, sirip-sirip atau *baffles*”.

Kutipan di atas menjelaskan bahwa alat penukar kalor merupakan media pertukaran panas dari suatu fluida ke fluida lainnya yang dapat berbentuk sebuah dinding datar sederhana sampai menggunakan banyak fase, sirip-sirip seperti yang terdapat pada radiator.

Jenis-jenis alat penukar kalor yang umum adalah pelat datar dan *shell and tube* (selongsong dan tabung). Jika kedua fluida dalam penukar kalor mengalir dalam arah yang sama maka bertipe *parallel-flow* (aliran searah/sejajar), jika fluida-fluida tersebut mengalir dalam arah yang berlawanan maka bertipe *counter-flow* sedangkan bila fluida-fluida bergerak dalam arah saling tegak lurus bertipe *cross-flow* (aliran lintang). Radiator pada sistem pendingin termasuk alat penukar kalor bertipe *cross-flow* (aliran lintang).

4. Efektivitas Alat Penukar Kalor (Radiator)

Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan rumus metode efektivitas penukar kalor. Metode efektivitas penukar kalor akan

memudahkan pelaksanaan analisis. Metode efektivitas ini juga mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisa perbandingan berbagai jenis penukar kalor dalam memilih jenis yang terbaik untuk melaksanakan pemindahan kalor tertentu.

Menurut Kreith dan Prijono (1991:562) Efektivitas penukar kalor (*Heat Exchanger Effectiveness*) berdefinisi perbandingan laju perpindahan panas yang sebenarnya dalam penukar panas tertentu terhadap laju pertukaran panas maksimum yang mungkin. Keefektifan tersebut adalah :

$$\epsilon = \frac{\text{perpindahan kalor yang sebenarnya}}{\text{perpindahan kalor maksimum}} \dots\dots\dots 1)$$

Untuk perpindahan kalor yang sebenarnya (aktual) dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida panas atau energi yang diterima oleh fluida dingin.

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = m_c c_c (T_{c2} - T_{c1}) \dots\dots\dots 2)$$

Dimana :

- q = perpindahan panas
- m_c = laju aliran fluida panas
- m_h = laju aliran fluida dingin
- c_h = kalor spesifik fluida Panas
- 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, harus 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 nilai laju aliran fluida dinginnya minimum, karena syarat keseimbangan energi bahwa energi yang diterima oleh fluida yang satu mesti sama dengan energi yang dilepas oleh fluida yang lain. Jika fluida yang mengalami nilai laju aliran fluida dinginnya lebih besar yang dibuat, maka mengalami beda suhu maksimum maka tentu fluida yang satu lagi akan mengalami perubahan suhu yang lebih besar dari maksimum, dan ini tidak dimungkinkan. Jadi perpindahan kalor yang mungkin dinyatakan sebagai :

$$q_{maks} = (mc)_{min} (T_{h\ masuk} - T_{c\ masuk}) \dots\dots\dots 3)$$

Perhitungan efektivitas dengan fluida yang menunjukkan nilai fluida pendingin yang minimum, maka:

$$\epsilon_h = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c1})} = \frac{(T_{h1} - T_{h2})}{(T_{h1} - T_{c1})} \dots\dots\dots 4)$$

$$\epsilon_c = \frac{m_c c_c (T_{c1} - T_{c2})}{m_c c_c (T_{h1} - T_{c1})} = \frac{(T_{c2} - T_{c1})}{(T_{h1} - T_{c1})} \dots\dots\dots 5)$$

Secara umum efektifitas dapat dinyatakan secara umum sebagai:

$$\epsilon = \frac{\Delta T (\text{fluida minimum})}{\text{Beda suhu maksimum di dalam penukar kalor 6)}$$

Jika fluida panas adalah fluida minimum, maka:

$$\epsilon = \frac{(T_{h1} - T_{h2})}{(T_{h1} - T_{c1}) \text{ 7)}$$

Penyederhanaan rumus di atas dilakukan dengan alasan bahwa penelitian ini hanya mengambil data berdasarkan suhu yang bekerja tanpa memperhitungkan nilai m (laju aliran massa) dan c (kalor spesifik).

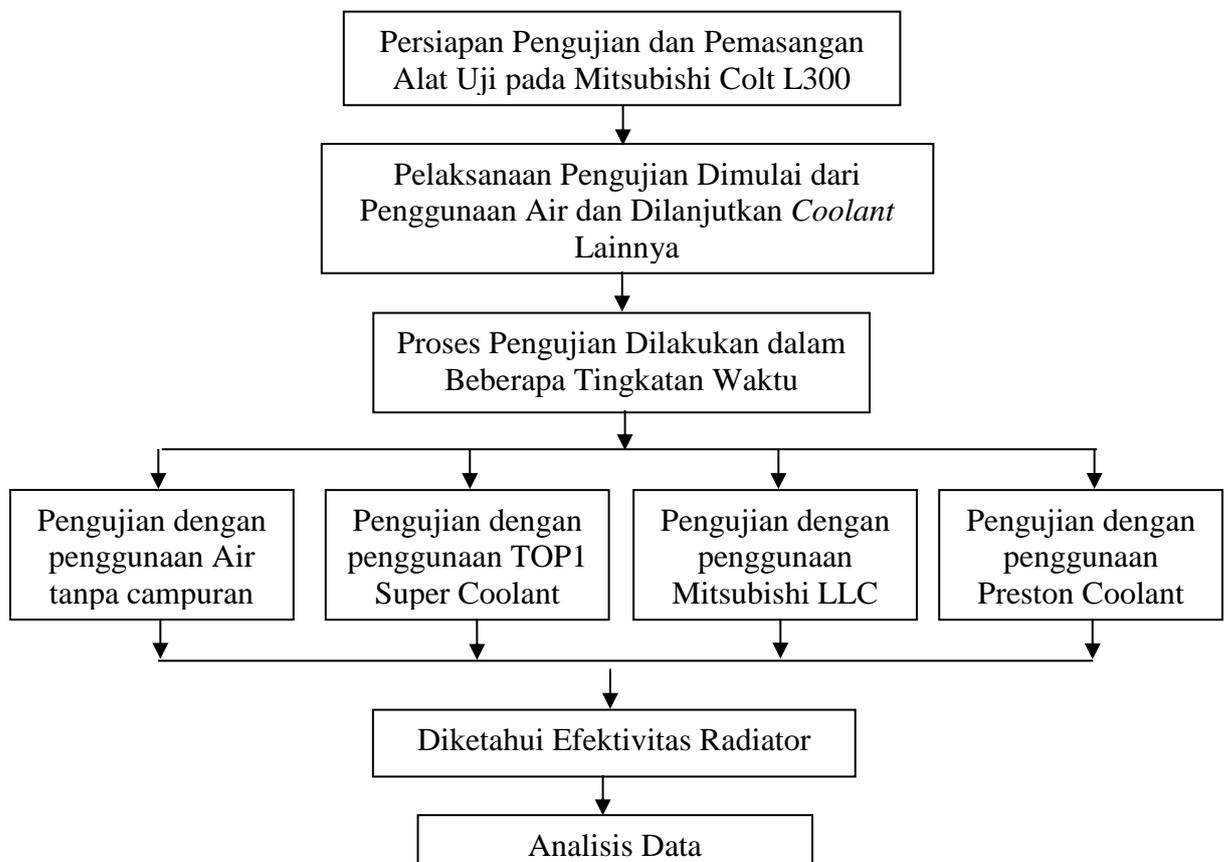
B. Penelitian yang Relevan

1. Agung Nugroho (2009), dengan judul “Laju Perpindahan Panas pada Radiator dengan Fluida Campuran 80% air dan 20% Radiator Coolant pada Putaran Konstan”. Menyimpulkan bahwa campuran air dan radiator coolant memiliki kemampuan penyerapan dan perpindahan panas mesin yang lebih tinggi daripada 100% air.
2. David Fraim Simamora, Frans P. Sappu, Tertius V.Y. Ulaan, dengan judul “Analisis Efektivitas Radiator pada Mesin Toyota Kijang Tipe 5K”. Menyimpulkan bahwa radiator bekerja efektif dalam pendinginan mesin dimana nilai efektivitas akan meningkat apabila putaran mesin dinaikkan.
3. Riyan Firmansyah (2014), dengan judul “Analisis Efektivitas Laju Pembuangan Panas Fluida Air Dengan Radiator coolant (RC) Pada Sepeda Motor”. Menyimpulkan bahwa laju pembuangan panas dan

efektivitas fluida RC yang paling tinggi yaitu sebesar 96.39 Watt (pada suhu 80°C), 100.13 Watt (pada suhu 82°C), 98.63 Watt (pada suhu 83°C) dan Efektivitasnya sebesar 1.50 % . Kondisi ini menunjukkan fluida RC memiliki kemampuan penyerapan dan pembuangan panas mesin yang paling tinggi daripada air.

C. Kerangka Berpikir

Proses pendinginan secara prinsip didasari proses pertukaran panas. Penelitian ini bertujuan untuk mencari persentase perbandingan efektivitas radiator yang dipengaruhi oleh beberapa jenis *coolant*. Secara lebih jelas kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 9. Kerangka Berpikir

D. Hipotesis

Berdasarkan uraian masalah dan kajian teori yang telah dijabarkan di atas maka hipotesis untuk penelitian ini adalah terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan variasi cairan pendingin (*coolant*) terhadap efektivitas radiator.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan *coolant* pada Mitsubishi Colt L300 setelah dianalisis dapat meningkatkan efektivitas radiator. Efektivitas radiator pada penggunaan Mitsubishi LLC lebih tinggi 0,0094 (5,08%) dibandingkan dengan penggunaan air sebagai *coolant*. Efektivitas radiator pada penggunaan TOP1 lebih tinggi 0,0116 (6,27%) dibandingkan dengan efektivitas radiator pada penggunaan air sebagai *coolant*. Sedangkan efektivitas radiator pada penggunaan Prestone lebih tinggi 0,0152 (8,22%) dibandingkan dengan efektivitas radiator pada penggunaan air sebagai *coolant*.
2. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan *uji t* pada taraf signifikansi 5% berbagai coolant, maka diketahui bahwa hipotesis (H_a) yang penulis ajukan positif, yaitu penggunaan variasi *coolant* pada *engine* diesel memberikan dampak yang signifikan terhadap efektivitas radiator.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian ini masih terbatas hanya pada putaran konstan yang mewakili, sehingga pada penelitian lanjutan agar bisa dilakukan pada putaran yang berbeda.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan mengatur kecepatan udara yang mengalir melalui radiator.
3. Sebaiknya dilakukan juga penelitian pada sepeda motor karena sepeda motor saat ini pada umumnya sudah menggunakan pendingin cairan (*liquid cooled*).

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Nugroho (2009). "Laju Perpindahan Panas pada Radiator dengan Fluida Campuran 80% air dan 20% Radiator Coolant pada Putaran Konstan". *Jurnal Teknik Universitas Sultan Fatah volume 4 nomor 2*. Hlm 65-75.
- David Fraim Simamora, Frans P. Sappu dan Tertius V.Y. Ulaan. "Analisis Efektivitas Radiator pada Mesin Toyota Kijang Tipe 5 K." *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2*. Hlm 138-147.
- Gupta H.N. (2009). *Fundamentals of Internal Combustion Engines*. New Delhi: PHI Learning Private Limited
- Holman JP. (1991). *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga.
- Kreith, Frank & Prijono, Arko. (1991). *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta : Erlangga.
- Lipson. (1973). *Statistical Design and Analysis of Engineering Experiments*. Tokyo Japan: Mc Graw-Hill Kogakhusa, Ltd.
- Maleev VL. (1991). *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Jakarta : Erlangga.
- Mitsubishi Motors. <http://www.mitsubishi-motors.com/en/maintenance/engine/sllc.html>, diakses tanggal 20 Februari 2017.
- Mitsubishi Motors. <http://www.mitsubishi-bandung.com/spesifikasi-mitsubishi-colt-1300.html>. diakses tanggal 20 Februari 2017.
- Muhammad Hanafi (2015). "Perbandingan Penggunaan Media Pendingin Terhadap Laju Pembuangan Panas dan Tingkat Panas Mesin pada Daihatsu Zebra Espass 1300 cc". *Universitas Negeri Padang*.
- Pitts Donald R, Ph.D & Sissom Leighton E, Ph.D, P.E, (2011). *Perpindahan Kalor*. Erlangga : Jakarta.
- Pulkrabek, Willard W. (2004). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Pearson Prentice-Hall.
- Prestone. <http://prestone.com/products?detail=AF2000>, diakses tanggal 20 Februari 2017
- Riyan Firmansyah. (2014). "Analisis Efektivitas Laju Pembuangan Panas Fluida Air Dengan Radiator coolant (RC) Pada Sepeda Motor". *Universitas Jember*.
- Ricki Murti. (2009). "Performansi Transient Radiator pada Variasi Rpm Mesin dengan Pembebanan AC". *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*.