

**PENGARUH NILAI OKTAN TERHADAP EFEKTIVITAS
RADIATOR PADA MESIN TOYOTA SERI 4K**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik pada Program Teknik Mesin
Universitas Islam Riau*



OLEH :

M. MUTOHAR USTANDA
NPM : 12.331.0325

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019**

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya sehingga kita saat ini masih diberi kesehatan, kesempatan untuk menikmati nikmat iman dan islam serta penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan penulis harapkan. Tidak lupa pula kita ucapkan shalawat beriring salam kita panjatkan kepada nabi besar Muhammad SAW berkat perjuangan nya kita dapat menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Tugas Akhir ini yang berjudul **“Pengaruh Nilai Oktan Terhadap Efektivitas Radiator Pada Mesin Toyota Seri 4k”** penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis guna memperoleh gelar sarjana teknik mesin Universitas Islam Riau. Selain itu penulisan Tugas Akhir ini juga bertujuan agar mahasiswa bisa berpikir secara logis dan ilmiah serta bisa menuangkan pemikirannya secara sistematis dan terstruktur.

Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Santoso dan Ibu Umi selaku Kedua Orang Tua yang telah melahirkan, membesarkan dan mendidik penulis tidak henti-hentinya membantu baik do'a maupun materi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kudus Zaini, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dody Yulianto, ST., MT. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak .Dr. Dedi Karni, ST., M.Sc selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Bapak Eddy Elfiano, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-teman yang terlibat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yaitu Tarahesti Wulandari,S.AP., Firdaus, ST., Eho, Rahmad Susilo.
7. Rekan-rekan HMI Komisariat Fai – Teknik UIR yang senantiasa memberikan Spirit kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Pengurus Demisioner BEM UIR Kabinet Prestasi Periode 2016-2017 yang senantiasa memberikan Spirit kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan teknik mesin, khususnya Serigala Terakhir angkatan 2012 dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu yang sudah membantu saya dalam proses penelitian sampai

dengan selesai dan memberikan semangat serta dukungannya kepada penulis.

Akhir kata, dengan segala penuh harapan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan penulis sendiri khususnya, dan dapat dijadikan sebagai referensi bagi penelitian-penelitian yang akan datang dan dapat dikembangkan sebagai ilmu pengetahuan di kalangan masyarakat luas.

Wassalamualaikum, Wr. Wb.

Pekanbaru, Juni 2019

Penulis

M. Mutohar Ustanda
12 331 0325

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Motor Bakar	5
2.1.1. Motor Pembakaran Luar.....	5
2.1.2. Motor Pembakaran Dalam.....	6
2.2. Prinsip Kerja Motor bensin.....	7
2.3. Bahan Bakar	11
2.3.1. Sistem bahan bakar.....	11
2.3.2 Bahan Bakar Cair	12
2.4. Nilai Oktan Bahan Bakar	12

2.5. Nilai Oktan Pada Beberapa Jenis Bahan Bakar.....	13
2.6. Premium	13
2.7. Pertalite	14
2.8. Pertamina Turbo.....	15
2.9. Sistem Pendingin	16
2.9.1 Fungsi sistem pendingin.....	17
2.9.2 Macam – macam sistem pendingin.....	18
2.9.3 Komponen sistem pendingin air.....	22
2.10. Prinsip dan Cara Kerja Sistem Pendingin Tipe Air.....	28
2.11. Perpindahan Panas.....	30
2.11.1 Perpindahan Panas Konduksi.....	30
2.11.2 Perpindahan Panas Konveksi.....	30
2.11.3 Perpindahan Panas Radiasi.....	31
2.12. Metode Perhitungan Nilai Efektivitas Radiator (ϵ).....	31
2.12.1 Perhitungan Untuk Mencari Efektivitas Radiator.....	31
2.12.2 Perhitungan Panas Yang Diserap Oleh Udara.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Diagram alir penelitian	35
3.2. Waktu Dan Tempat Penelitian	36
3.3. Alat Dan Bahan	36
3.2.1. Alat.....	36
3.2.2. Bahan.....	41
3.4. Prosedur Pengujian.....	43

3.4.1. Persiapan pengujian.....	44
3.4.2. Langkah – langkah pengujian	45
3.4.3. Proses Pengambilan Data.....	45
3.5. Tabel Data Yang Digunakan Dalam Penelitian	46
3.6. Jadwal Kegiatan Penelitian	48
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	49
4.1 Data Hasil Penelitian	49
4.2 Perhitungan Efektivitas Radiator.....	50
4.2.1 Perhitungan Pada Nilai Oktan Premium 88 Dengan Putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.....	51
4.2.2 Perhitungan Pada Nilai Oktan Peralite 90 Dengan Putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.....	51
4.2.3 Perhitungan Pada Nilai Oktan Pertamina Turbo 98 Dengan Putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.....	52
4.3 Analisa Grafik.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1.Kesimpulan.....	60
5.2.Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Prinsip Kerja Mesin 2 Langkah.....	8
2.2. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah.....	9
2.3. Bahan Bakar Premium 88.....	14
2.4. Bahan Bakar Pertalite 90.....	15
2.5. Bahan Bakar Pertamina Turbo 98.....	16
2.6. Sistem pendingin udara.....	19
2.7. Skema sistem pendingin air.....	21
2.8. <i>Thermostat</i> dengan katup <i>by pass</i>	22
2.9. Komponen sistem pendinginan.....	22
2.10. Radiator.....	23
2.11. Reservoir tank.....	24
2.12. Tutup radiator.....	24
2.13. Kipas Radiator Mekanik.....	25
2.14. Komponen Pompa Air / <i>Water Pump</i>	25
2.15. <i>Thermostat</i>	26
2.16. Mantel Pendingin.....	28
2.17. Skema pada saat <i>engine</i> masih dingin.....	29
2.18. Skema pada saat <i>engine</i> mencapai suhu kerja.....	29
3.1. Diagram alir penelitian	35
3.2. <i>Thermo couple</i>	36

3.3. <i>Stopwatch</i>	37
3.4. Gelas ukur.....	38
3.5. <i>Thermometer</i> air raksa.....	38
3.6. <i>Anemometer</i>	39
3.7. <i>Tachometer</i>	39
3.8. Jangka sorong	40
3.9. Meteran	40
3.10. <i>Tool set</i>	41
3.11. Radiator tipe tube	41
3.12. Air mineral	42
3.13. Bahan bakar	42
4.1. Grafik efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88.....	54
4.2. Grafik efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan pertalite 90	55
4.3 Grafik efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan pertamax turbo 98.....	56
4.4 Grafik efektivitas pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 98.....	57
4.5. Grafik nilai rata-rata setiap putaran pada penggunaan nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 98.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Peringkat nilai oktan untuk berbagai bahan bakar	13
3.1. Data yang digunakan pada setiap putaran.....	46
3.2. Jadwal Kegiatan Penelitian	48
4.1. Data hasil pengujian dengan menggunakan nilai oktan premium 88.....	49
4.2. Data hasil pengujian dengan menggunakan nilai oktan pertalite 90.....	50
4.3. Data hasil pengujian dengan menggunakan nilai oktan pertamax turbo 98....	50
4.4. Tabel efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88 pertalite 90, dan pertamax turbo 98.....	53
4.5. Nilai rata-rata penggunaan bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax turbo pada setiap putaran.....	53

DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Notasi</u>	<u>Satuan</u>
ε	Efektivitas radiator	
\dot{q}_{aktual}	Laju perpindahan panas actual	(W)
\dot{q}_{max}	Laju perpindahan panas maksimum	(W)
T_{c1}	Suhu udara didepan radiator	(°C)
T_{c2}	Suhu udara dibelakang radiator	(°C)
T_{h1}	Temperatur air yang masuk keradiator	(°C)
T_{h2}	Temperatur air yang keluar Radiator	(°C)
\dot{q}	Laju perpindahan panas radiator	(W)
\dot{m}	Laju aliran massa udara	(kg/s)
C_p	Kalor spesifik udara	(kJ/kg °C)
ρ_u	Massa jenis udara	(kg/m ³)
A	Luas permukaan inti radiator	(m ²)
v_u	Kecepatan aliran udara	(m/s)
ΔT_{LMTD}	<i>log mean temperature difference</i>	(°C)
ΔT	Selisih temperature	(°C)
U	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	(W/m ² °C)

PENGARUH NILAI OKTAN TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR PADA MESIN TOYOTA SERI 4K

M. Mutohar Ustanda, Eddy Elfiano, ST., M.Eng
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 674834

ABSTRAK

Bilangan oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Pada proses pendinginan radiator mesin, nilai oktan dan efektivitas radiator memegang peranan penting dalam proses pendinginan radiator mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai oktan dan efektivitas radiator terhadap pendinginan radiator mesin. Pada penelitian ini, mesin yang di uji adalah Toyota Seri 4K, variasi nilai oktan yang digunakan adalah bahan bakar premium, pertalite, pertamax turbo, dengan putaran (rpm) yang digunakan adalah 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm dengan waktu 5 menit (konstan). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa putaran yang di berikan semakin besar dan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi mengakibatkan nilai efektivitas yang semakin bertambah. Nilai efektivitas memiliki tertinggi terjadi dengan putaran 2300 rpm dan bahan bakar premium yaitu sebesar 0,321. Sedangkan efektivitas dengan putaran 1500 rpm dan bahan bakar pertamax turbo memiliki nilai efektivitas terendah yaitu sebesar 0,193. Dengan demikian disimpulkan bahwa nilai oktan yang tinggi mengakibatkan nilai efektivitas yang semakin menurun sehingga kinerja mesin yang lebih bagus.

Kata kunci : Nilai Oktan, Efektivitas Radiator,

Ket :

1. Penulis
2. Pembimbing I

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bilangan oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga terbakar secara spontan sebelum percikan api keluar dari busi keluar. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi *Knocking* atau ketukan didalam mesin. *Knocking* ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus dihindari.

Kelebihan utama pada bahan bakar dengan nilai oktan tinggi itu lebih baik, karena ruang bakar kendaraan akan bersih dengan tidak meninggalkan kotoran. Performa kendaraan akan lebih besar dibandingkan kendaraan yang menggunakan bahan bakar oktan rendah. Disisi lain, bahan bakar dengan kadar oktan tinggi pasti membuat mesin lebih cepat panas. Terlebih jika tidak ada sektor khusus untuk mendinginkan sehingga berpotensi *over heating*. Jika terjadi *over heating*, kendaraan sekarang sudah dilengkapi dengan sistem pendingin seperti Radiator.

Sistem pendinginan pada mobil berfungsi untuk menurunkan temperatur pada mesin yang terjadi dari proses pembakaran. Proses pembakaran selanjutnya akan menghasilkan tenaga mekanis yang kemudian akan menggerakkan mesin. Akibat lain dari proses pembakaran adalah adanya panas yang apabila tidak

didinginkan akan merusak komponen dari mesin itu sendiri. Sistem pendinginan (*cooling system*) adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over heating* pada mesin agar tetap bekerja secara optimal. Hasil pembakaran pada motor bakar yang menjadi tenaga mekanis hanya sekitar 23%, sebagian panas keluar menjadi gas bekas dan sebagian lagi hilang melalui proses pendinginan. [1]

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nilai oktan terhadap efektivitas radiator. Pengujian dilakukan pada jenis-jenis bahan bakar dengan nilai oktan berbeda dan pada sistem pendinginan radiator mesin kijang tipe 4k. Dimana akan digunakan bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax turbo. fluida pendingin berupa air mineral biasa sebagai perbandingan untuk mencari efektivitas terhadap sistem pendinginan radiator pada mesin kijang tipe 4k.

1.2 Rumusan Masalah

Agar pelaksanaan dapat mengarah pada tujuan yang sebenarnya, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh nilai oktan bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax turbo terhadap efektivitas radiator pada mesin toyota tipe 4K ?
2. Bagaimana pengaruh nilai oktan terhadap pemakaian bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax turbo pada mesin Toyota seri 4K?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh nilai oktan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax turbo terhadap efektivitas radiator.
2. Untuk mendapatkan pengaruh nilai oktan terhadap pemakaian bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax turbo pada mesin Toyota seri 4K.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini bahwa penulis hanya membahas sebatas masalah tentang :

1. Alat uji yang digunakan yaitu mesin toyota kijang seri 4K.
2. Bahan bakar yang digunakan yaitu premium, pertalite dan pertamax turbo.

1.5 Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini penulis menyelesaikan dalam lima (5) bab yang berisikan :

Bab I : Pendahuluan

Berisikan latar belakang, alasan Pemilihan judul, batasan masalah, metodologi pengumpulan data, tujuan penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Pada bab II ini menjelaskan gambaran secara umum komponen-komponen utama tentang motor bakar dan rumus-rumus.

Bab III : Metodologi Penelitian

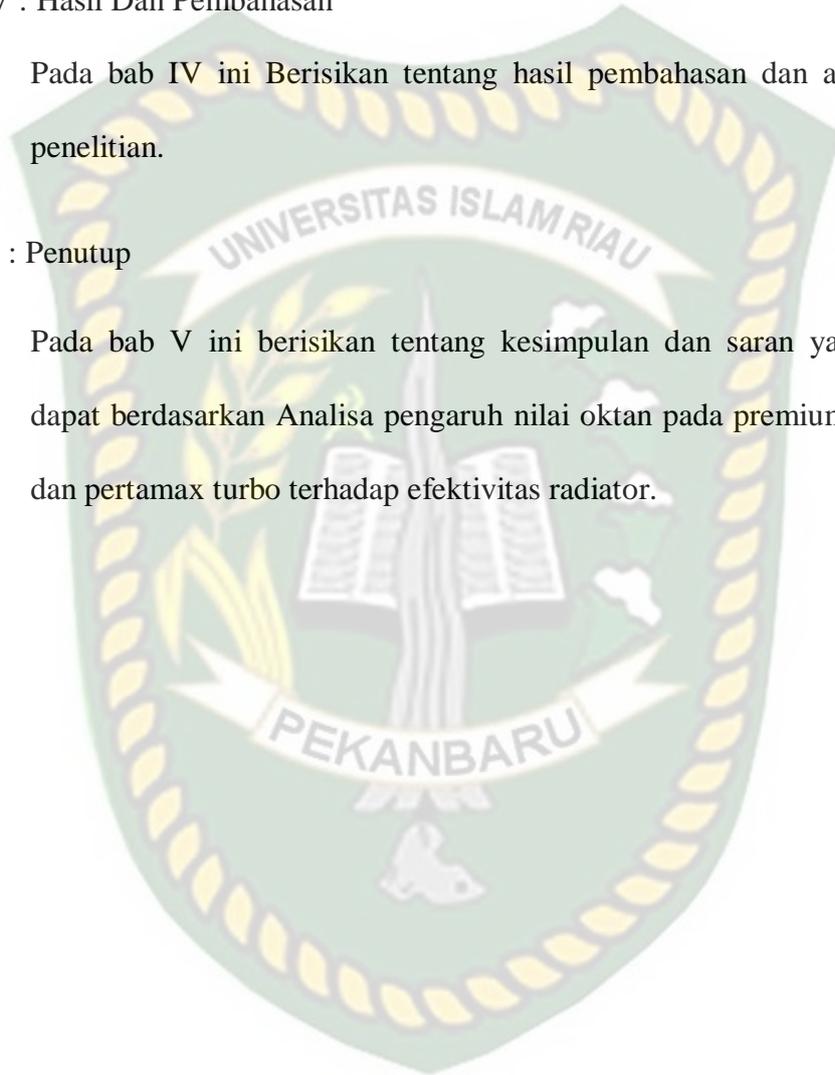
Pada bab III ini berisikan tentang waktu dan tempat, subyek penelitian, diagram alir penelitian, teknik analisis data dan sumber data.

Bab IV : Hasil Dan Pembahasan

Pada bab IV ini Berisikan tentang hasil pembahasan dan analisa data penelitian.

Bab V : Penutup

Pada bab V ini berisikan tentang kesimpulan dan saran yang penulis dapat berdasarkan Analisa pengaruh nilai oktan pada premium, pertalite, dan pertamax turbo terhadap efektivitas radiator.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bakar

Motor bakar merupakan salah satu jenis *engine* penggerak yang banyak digunakan dengan memanfaatkan energi panas atau kalor dari suatu proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi didalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti itu disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Dengan contoh mesin uap, yang mana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah [2]. Motor bakar dapat diperoleh dari proses pembakaran yang terbagi menjadi 2 (dua) golongan, yaitu :

2.1.1 Motor Pembakaran Luar

Motor pembakaran luar adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi diluar motor, sehingga untuk melaksanakan pembakaran motor tersendiri. Panas dari hasil bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak, tetapi terlebih dahulu diubah melalui media penghantar, baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik. Misalnya mesin uap dimana energi termal dari hasil pembakaran dipindahkan kedalam fluida kerja mesin. Pembakaran ketel uap menghasilkan

uap. kemudian uap tersebut dimasukan kedalam sistem kerja mesin untuk mendapatkan tenaga mekanik.

2.1.2 Motor Pembakaran Dalam

Motor pembakaran dalam adalah suatu mesin yang asal tenaganya berasal dari upaya meningkatkan mutu gas-gas panas bertekanan tinggi hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara, yang benar di dalam ruang tertutup dalam mesin (Combustion Chamber). Pada umumnya motor pembakaran dalam dikenal dengan motor bakar. Motor bakar itu sendiri dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan sistem yang dipakai, yaitu motor bakar torak, motor bakar turbin gas, dan motor bakar propulsi pancar gas. Untuk motor bakar torak dibagi atas 2(dua) macam, yaitu motor bensin dan motor diesel.

1) Motor Bensin

Motor bensin dapat juga disebut sebagai motor dengan siklus otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi sebagai bunga loncatan api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara didalam ruang pembakaran. Pembakaran bahan bakar dengan udara ini menghasilkan daya.

2) Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin, proses penyalaan bukan menggunakan loncatan bunga api listrik. Pada waktu torak hampir mencapai titik TMA bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar menggunakan nozzle, terjadilah pembakaran pada ruang bakar pada saat udara dalam ruang bakar sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi.

2.2 Prinsip Kerja Motor Bensin

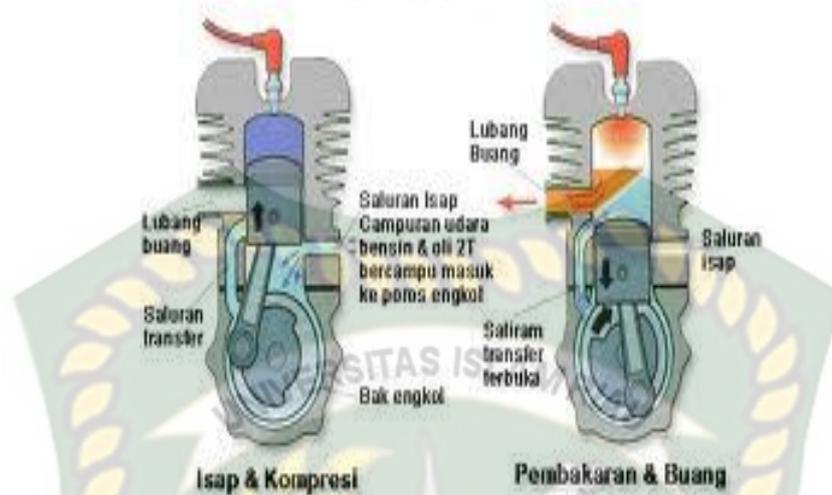
Campuran bahan bakar dan udara akan dihisap kedalam silinder, lalu dikompresikan oleh piston atau torak saat bergerak ke titik mati atas. Karena adanya proses pembakaran yang disebabkan oleh percikan bunga api dari busi, maka akan menghasilkan suhu dan tekanan gas yang besar, yang mendorong piston untuk berekspansi menuju titik mati bawah. Gerak bolak balik piston dirubah menjadi gerak putar pada poros engkol melalui batang piston. Gerak putar inilah yang menghasilkan tenaga pada kendaraan. Posisi tertinggi yang dicapai oleh piston didalam silinder disebut titik mati atas, dan posisi paling terendah yang dicapai piston disebut titik mati bawah. Jarak Bergeraknya torak antara titik mati atas ke titik mati bawah disebut langkah piston atau torak. [3]

Suatu mekanisme atau konstruksi mesin yang mengubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi gerak. Motor bensin dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

a) Motor bensin 2 Tak

Motor bensin 2 Tak adalah mesin/motor yang memerlukan dua langkah torak atau 1 kali langkah keatas *ascending stroke* dan 1 kali langkah ke bawah *discending stroke* untuk memperoleh 1 kali usaha di ruang pembakaran. Sedangkan motor bensin 4 tak adalah mesin/motor yang memerlukan 4 kali langkah torak atau 2 kali langkah ke atas dan 2 kali langkah ke bawah untuk memperoleh 1 kali usaha di ruang pembakaran. Mesin diesel adalah sejenis mesin pembakaran dalam; lebih spesifik lagi, sebuah mesin pemicu, dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain seperti busi

MESIN 2 LANGKAH



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Mesin 2 Langkah

(Sumber : Evolog, 2013)

Motor 2 Tak : Setiap 1 kali putaran poros engkol atau 2 kali gerakan piston menghasilkan 1 kali usaha.

1. Proses langkah kerja motor bensin 2 Tak sebagai berikut :

- Langkah 1 Kompresi dan Hisap

Pada langkah isap piston bergerak naik dari TMB menuju TMA. Pada saat piston di posisi TMB, bahan baker yang berada dibawah piston didorong dan keluar dari saluran pembilasan. Proses selanjutnya, bahan baker yang keluar dari saluran pembilasan didorong piston sampai mencapai posisi TMA. Pada saat hamper mencapai TMA, piston menutup saluran pembuangan dan saluran pembilasan. Akibatnya, saluran pemasukan bahan baker terbuka yang menyebabkan bahan baker secara otomatis masuk melalui saluran pemasukan di bawah piston. Bahan bakar yang telah ada disilinder di tekan naik oleh piston

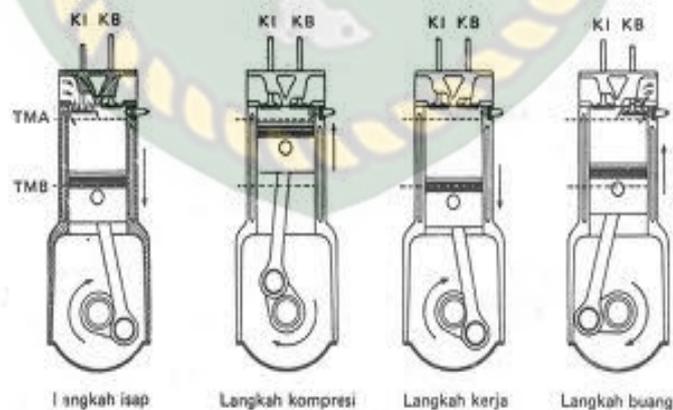
sampai mencapai posisi TMA. Tekanan di silinder meningkat, kemudian bunga api dari busi membakar bahan bakar dan udara menjadi letusan.

- Langkah 2 usaha dan buang

Letusan tersebut menghasilkan tenaga yang digunakan untuk mendorong piston bergerak turun dari TMA menuju TMB. Piston bergerak turun akan mendorong bahan bakar yang telah berada di bawah piston menuju saluran pembilasan. Saat piston bergerak turun saluran buang dan saluran pembilasan dalam keadaan terbuka. Gas sisa pembakaran akan terdorong keluar melalui saluran pembuangan menuju knalpot akibat desakan bahan bakar dan udara yang masuk dalam silinder melalui saluran pembilasan. Dengan terbuangnya gas sisa hasil pembakaran, kerja mesin 2 tak selesai untuk satu proses kerja (siklus). Proses *up ward stroke* dan *down ward stroke* akan terus bekerja silih berganti.

a) Motor bensin 4 Tak

Motor bensin 4 Tak memiliki prinsip kerja yaitu setiap 2 kali putaran poros engkol atau 4 kali gerakan piston menghasilkan 1 kali usaha.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah

(Sumber : Evolog, 2013)

- Langkah Hisap

Piston bergerak dari TMA ke TMB. Saat piston bergerak turun, katup masuk dalam keadaan terbuka, sehingga campuran bahan bakar dan udara terisap masuk kedalam silinder. Ketika piston mencapai TMB, katup masuk dalam keadaan tertutup. Dapat dikatakan bahwa langkah kompresi I selesai.

- Langkah kompresi

Pada langkah kompresi II, kedua katup (katup masuk dan katup buang) dalam keadaan tertutup. Piston bergerak naik dari TMB menuju TMA mendorong campuran bahan bakar dan udara dalam silinder, sehingga menyebabkan tekanan udara dalam silinder meningkat. Sebelum piston mencapai TMA campuran bahan bakar dan udara yang bertekanan tinggi dibakar oleh percikan api busi.

- Langkah usaha

Pada langkah isap, percikan api busi yang bereaksi dengan campuran bahan bakar dan udara bertekanan tinggi akan menimbulkan letusan. Letusan ini akan menghasilkan tenaga yang mendorong piston bergerak turun menuju TMB. Tenaga yang dihasilkan oleh langkah kerja di teruskan poros engkol untuk menggerakkan gigi transmisi yang menggerakkan gir depan

- Langkah Buang

Pada langkah buang, piston bergerak naik dari TMB menuju TMA. Katup masuk dalam keadaan tertutup dan katup buang dalam keadaan terbuka. Gas sisa hasil pembakaran terdorong keluar menuju saluran pembuangan. Dengan terbuangnya gas sisa pembakaran, berarti kerja keempat langkah mesin untuk satu kali proses kerja (siklus) telah selesai.

2.3 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa dirubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas atau kalor yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses sejauh ini yaitu jenis bahan bakar yang paling sering digunakan manusia. Pembakaran (reaksi redoks) dimana bahan bakar itu akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara. Proses lain untuk melepaskan energi dari bahan bakar yaitu melalui reaksi eksotermal dan reaksi nuklir (seperti Fisi nuklir atau Fusi nuklir). Hidrokarbon (termasuk di dalamnya bensin dan solar) dan bakar lainnya yang bisa dipakai yaitu logam radioaktif.

2.3.1 Sistem bahan bakar

Sistem bahan bakar (*fuel system*) terdiri dari beberapa komponen, dimulai dari tangki bahan bakar (*fuel tank*) sampai pada charcoal canister. Bahan bakar yang tersimpan dalam tangki dikirim oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*) ke karburator melalui pipa-pipa dan selang-selang. Kotoran dan benda-benda lainya dikeluarkan dari bahan bakar oleh saringan (*fuel filter*).

Karburator menyalurkan ke mesin sejumlah bahan bakar yang dibutuhkan berupa campuran udara dan bahan bakar. Sejumlah gas HC yang timbul di dalam tangki dikurangi oleh charcoal canister. Bensin di alirkan dari tangki melalui saringan, selang dan pipa-pipa hisap (*suction tube*). Bensin yang sudah disaring dikirim ke karburator oleh pompa bahan bakar, dan karburator mencampurnya dengan udara dengan suatu perbandingan tertentu menjadi campuran udara dan

bahan bakar. Sebagian campuran udara dan bahan bakar menguap dan menjadi kabut saat mengalir melalui intake manifold ke silinder.

2.3.2 Bahan bakar cair

Bahan bakar cair yaitu bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya dapat bergerak bebas. Contoh dari bahan bakar cair adalah Bensin/gasolin/premium, minyak solar, minyak tanah. Bahan bakar cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi maupun rumah tangga adalah fraksi minyak bumi. Minyak bumi merupakan campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa: parafin, naphtena, olefin, dan aromatik. Kelompok senyawa ini berbeda dari yang lain dalam kandungan hidrogennya. Minyak mentah, jika disuling akan menghasilkan beberapa macam fraksi, seperti: bensin atau premium, kerosen atau minyak tanah, minyak solar, minyak bakar, dan lain-lain yang memiliki nilai oktan berbeda. Setiap minyak petroleum mentah mengandung keempat kelompok senyawa tersebut, tetapi perbandingannya berbeda.

2.4 Nilai Oktan Bahan Bakar

Angka oktan merupakan acuan untuk mengukur kualitas dari bensin yang digunakan sebagai bahan bakar motor bensin. Makin tinggi angka oktan maka makin rendah kecenderungan bensin untuk terjadi *knocking*. [4]

Angka oktan yang merupakan salah satu faktor utama untuk mengetahui kualitas bensin yaitu nilai ketahanan suatu bahan bakar bersama dengan udara terhadap terjadinya penyalaan disaat langkah kompresi atau disebut dengan kemampuan anti-ketukan. Artinya, walaupun pada saat langkah kompresi

temperatur campuran udara-bahan bakar meningkat, tetapi energi yang dihasilkan tidak cukup untuk membakar campuran tersebut. Proses pembakaran baru terjadi setelah busi menghasilkan loncatan bunga api listrik pada saat torak mendekati titik mati atas pada akhir langkah kompresi. Karena itu angka oktan juga berkaitan dengan perbandingan kompresi dari motor. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar, semakin tinggi pula ketahanannya terhadap penyalaan dini pada saat kompresi tinggi, tanpa dipengaruhi oleh penyalaan dari busi. Berhubungan dengan angka oktan ini maka ASTM (*american society for testing and materials*) menetapkan suatu standar penilaian anti ketukan dari suatu bahan bakar bensin. Standarisasi bahan bakar ini diharapkan industri otomotif dapat memproduksi 15 motor yang dapat beroperasi tanpa terjadi ketukan dengan menggunakan kualitas bahan bakar yang sesuai. [5]

2.5 Nilai Oktan Pada Beberapa Jenis Bahan Bakar

Pada tabel berikut tercantum peringkat oktan untuk berbagai bahan bakar lainnya.

Tabel 2.1. Peringkat nilai oktan untuk berbagai bahan bakar.

No	Bahan Bakar	RON
1	Premium	88
2	Pertalite	90
3	Pertamax Turbo	98

Sumber (mobilku, 2015)

2.6 Premium

Premium yaitu bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Premium merupakan BBM untuk kendaraan bermotor yang paling populer

di Indonesia. Premium di Indonesia dipasarkan oleh Pertamina dengan harga yang relatif murah karena memperoleh subsidi dari APBN. Premium merupakan BBM dengan oktan atau *Research Octane Number (RON)* terendah di antara BBM untuk kendaraan bermotor lainnya, yakni hanya 88. Pada umumnya, Premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti: mobil, sepeda motor, motor tempel, dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor *gasoline* atau petrol. Sejak 2006, Premium sudah tanpa timbal.



Gambar 2.3 Bahan Bakar Premium 88
(Sumber : Yusuf, 2013)

2.7 Peralite

Peralite merupakan bahan bakar minyak yang diproduksi dan diluncurkan oleh Pertamina pada tanggal 24 Juli 2015 yang lalu dengan RON 90 sebagai varian baru *gasoline* bagi konsumen para pengguna kendaraan bermotor yang menginginkan bahan bakar minyak yang menghasilkan pembakaran yang jauh lebih baik pada mesin kendaraan bermotor jika dibandingkan dengan bahan bakar

premium dan dengan harga yang relatif terjangkau (lebih murah dari Pertamina turbo tapi dengan kualitas diatas Premium). [6]



Gambar 2.4 Bahan Bakar Pertalite 90
(Sumber : Yusuf, 2013)

2.8 Pertamina Turbo

Pertamax Turbo adalah bahan bakar ramah lingkungan beroktan tinggi hasil penyempurnaan produk Pertamina yang mempunyai nilai RON 98. Dengan stabilitas oksidasi yang tinggi dan kandungan olefin, aromatic dan benzene-nya pada level yang rendah sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna pada mesin. Dilengkapi dengan aditif generasi 5 dengan sifat detergency yang memastikan injector bahan bakar, karburator, inlet valve dan ruang bakar tetap bersih untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal. Pertamina turbo sudah tidak menggunakan campuran timbal dan metal lainnya yang sering digunakan pada bahan bakar lain untuk meningkatkan nilai oktan sehingga Pertamina turbo adalah bahan bakar yang sangat bersahabat dengan lingkungan sekitar.



Gambar 2.5 Bahan Bakar Pertamina Turbo 98

(Sumber : Yusuf, 2013)

2.9 Sistem Pendingin

Sistem pendingin yaitu suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over heating* atau panas yang berlebihan pada mesin agar mesin bisa bekerja dengan stabil.

Panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran didalam mesin dirubah menjadi tenaga gerak. Namun kenyataannya hanya sebagian dari panas tersebut yang dimanfaatkan secara efektif. Panas yang diserap mesin harus dengan segera dibuang ke udara luar, sebab apabila tidak maka suhu mesin akan terlalu panas dan komponen mesin cepat aus. Oleh karena itu pada motor dilengkapi dengan sistem pendingin yang berguna untuk mencegah panas yang berlebihan. Pada motor bensin kira-kira hanya 23% energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar dalam silinder yang dimanfaatkan secara efektif sebagai tenaga. Sisanya terbuang dalam beberapa bentuk.

2.9.1 Fungsi sistem pendingin

Secara garis besar fungsi sistem pendingin pada mesin adalah sebagai berikut:

a. Mencegah terjadinya *over heating*.

Panas yang dihasilkan oleh pembakaran campuran udara dan bahan bakar dapat mencapai temperatur sekitar 2500 °C. Panas yang cukup tinggi ini dapat melelehkan logam atau komponen lain yang digunakan pada motor, sehingga apabila motor tidak dilengkapi dengan system pendingin dapat merusakkan komponen motor tersebut.

b. Mempertahankan temperatur motor.

Temperatur motor harus dipertahankan, agar selalu pada temperatur kerja yang efisien. Hal ini dapat dilakukan dengan menyerap panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran yang berlebihan, berputarnya kipas pendingin ketika mesin dalam kondisi panas, dan katup *thermostat* yang membuka dalam kondisi mesin pada suhu kerja.

c. Untuk mempercepat motor mencapai temperatur kerjanya

Dengan tujuan untuk mencegah terjadinya keausan yang berlebihan, kerja motor yang kurang baik, emisi gas buang yang berlebihan. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat motor bekerja pada temperatur yang dingin maka campuran bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam silinder tidak sesuai dengan campuran yang dapat menghasilkan kerja motor yang maksimum. Temperatur dinding silinder yang dingin mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga gas buang banyak mengandung emisi yang merugikan

manusia. Oleh karena itu pada saat motor hidup temperatur kerja harus segera dicapai. Hal tersebut akan terpenuhi apabila pada motor terdapat sistem pendingin yang dilengkapi dengan komponen yang memungkinkan hal tersebut terjadi.

d. Untuk memanaskan ruangan di dalam ruang penumpang, khususnya di negara-negara yang mengalami musim dingin.

2.9.2 Macam – macam sistem pendingin

Sistem pendingin yang biasa digunakan pada motor ada dua macam, yaitu sistem pendingin udara dan sistem pendingin air.

A. Sistem Pendingin Udara

Panas dari mesin yang bekerja atau berputar, dilewatkan melalui sirip, rusuk, atau *fins* ke udara luar. Biasanya digunakan pada mesin satu silinder atau kendaraan bardaya kecil.

Dasar penggunaan pada sistem pendinginan udara ini tergantung pada hal sebagai berikut :

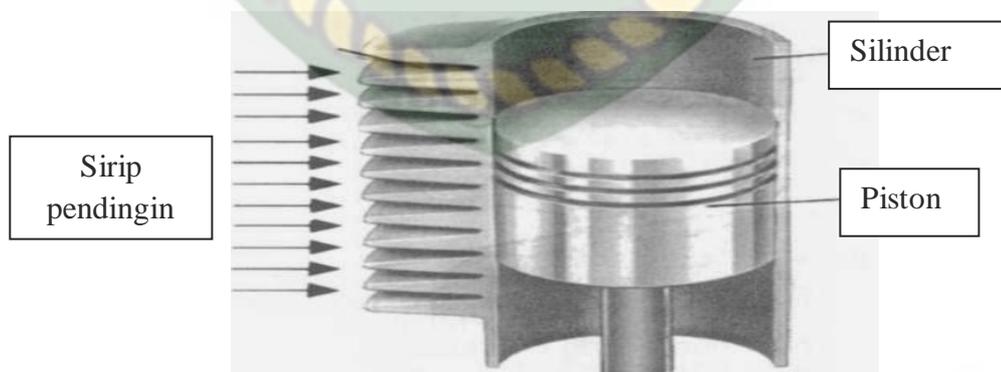
- a. Perbedaan temperatur antara panas mesin dengan udara luar/sekitar
- b. Luas permukaan dimana panas dikeluarkan atau disemburkan
- c. Tingkat aliran udara pada permukaan yang dikenai

Pada sistem ini panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara di dalam silinder sebagian dirambatkan keluar melalui sirip-sirip pendingin yang dipasang di luar silinder dan ruang bakar tersebut. Panas tersebut selanjutnya diserap oleh udara luar yang temperaturnya jauh lebih rendah dibanding temperatur sirip pendingin. Untuk daerah mesin yang temperaturnya tinggi yaitu

di sekitar ruang bakar diberi sirip pendingin yang lebih panjang dibanding di daerah sekitar silinder.

Udara yang menyerap panas dari sirip-sirip pendingin harus berbentuk aliran atau udaranya harus mengalir agar temperatur di sekitar sirip tetap rendah sehingga penyerapan panas tetap berlangsung secara sempurna. Aliran udara ini kecepatannya harus sebanding dengan kecepatan putar mesin agar temperatur ideal mesin dapat tercapai sehingga pendinginan dapat berlangsung dengan sempurna.

Untuk menciptakan aliran udara, ada dua cara yang dapat ditempuh yaitu menggerakkan udara atau siripnya. Apabila sirip pendinginnya yang digerakkan berarti mesinnya harus bergerak seperti mesin yang dipakai pada sepeda motor. Untuk mesin-mesin stasioner dan mesin-mesin yang penempatannya sedemikian rupa sehingga sulit untuk mendapatkan aliran udara, maka diperlukan blower yang fungsinya untuk menghembuskan udara. Penempatan blower yang digerakkan oleh poros engkol memungkinkan aliran udara yang sebanding dengan putaran mesin sehingga proses pendinginan dapat berlangsung sempurna.



Gambar 2.6. Sistem pendingin udara

(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

B. Sistem Pendingin Air

Panas dilewatkan atau ditransfer ke air disekitar ruang bakar dan silinder. Panas yang diserap oleh air pendingin akan menyebabkan naiknya temperature air pendingin tersebut. Panas dari air ditransfer ke sirip radiator kemudian panas tersebut disebarkan ke udara, air kemudian kembali ke mesin.

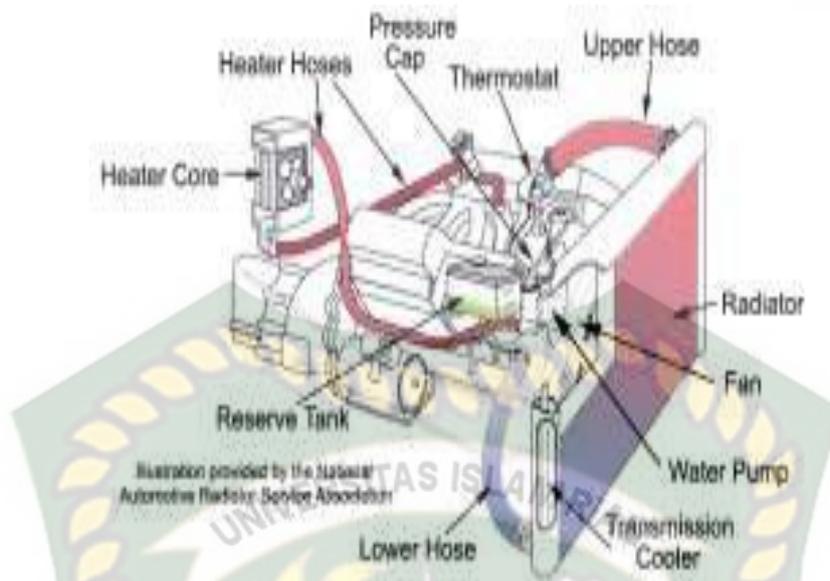
Dasar penggunaan/faktor yang menentukan tingkat pendinginan air adalah sebagai berikut yaitu perbedaan temperatur antara air dan udara, perbandingan aliran air, luas permukaan kisi-kisi radiator, perbandingan aliran udara.

Sistem pendinginan air mempunyai keuntungan antara lain lebih aman, karena ruang bakar dikelilingi oleh pendingin (terutama air dengan *adiktive* dan anti beku). Sistem pendinginan air disamping lebih aman juga mempunyai keuntungan lain seperti sebagai peredam bunyi, air dingin yang panas dapat digunakan sebagai sumber panas untuk pemanas udara di dalam kendaraan. Pengontrolan suhu pendinginan dalam sistem ini lebih mudah dibandingkan dengan sistem pendinginan udara karena pada sistem pendinginan terdapat

thermostat, pendinginan lebih merata, suhu kerja lebih cepat tercapai karena adanya *thermostat* yang akan bekerja pada waktu suhu mesin rendah.

Sistem pendinginan air juga mempunyai kerugian antara lain lebih rumit dan lebih mahal dibandingkan dengan sistem pendingin udara. [7]

Adapun konstruksi sistem pendingin air dengan sirkulasi tekanan dapat dilihat pada gambar 2.2. Sistem pendingin air dilengkapi dengan water jacket, pompa air, radiator, thermostat, kipas, dan selang karet. Masing masing komponen sistem pendingin tersebut akan dibahas pada uraian tersendiri.

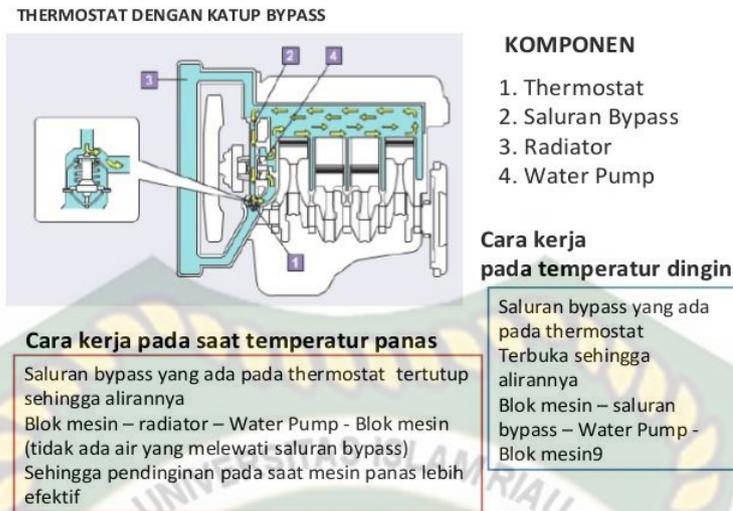


Gambar 2.7. Skema sistem pendingin air

Sumber : Narsa (National Automotive Radiator Service Association)

Pada saat mesin masih dingin, air hanya bersirkulasi di sekitar mesin karena thermostat masih menutup. Dalam hal ini thermostat berfungsi untuk membuka dan menutup saluran air dari mesin ke radiator. Air mendapat tekanan dari pompa air, tetapi tekanan tersebut tidak mampu menekan thermostat menjadi terbuka. Untuk mencegah timbulnya tekanan yang berlebihan akibat proses pemompaan, maka pada sistem pendingin dilengkapi dengan saluran by pass, sehingga air yang bertekanan akan kembali melalui saluran by pass tersebut.

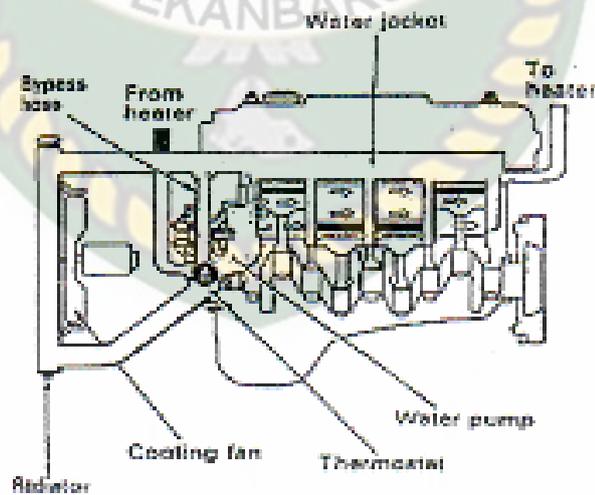
Pada saat mesin panas, thermostat terbuka sehingga air yang telah panas di dalam water jacket (yang telah menyerap panas dari mesin), kemudian disalurkan ke radiator untuk didinginkan dengan kipas pendingin dan aliran udara dengan adanya gerakan maju dari kendaraan. Air pendingin yang sudah dingin kemudian ditekan kembali ke water jacket oleh pompa air.



Gambar 2.8. *Thermostat* dengan katup *by pass*
 (Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

2.9.3 Komponen Sistem Pendingin Air

Berbeda dengan sistem pendingin udara, pada system pendingin air jumlah komponennya lebih banyak. Pada umumnya komponen sistem pendingin air terdiri atas : radiator, pompa air, thermostat, kipas pendingin.



Gambar 2.9. Komponen sistem pendinginan
 (Sumber : Toyota Astra Motor, 1995 : 30)

1. Radiator

Radiator berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan air pendingin yang menyerap panas dari mesin dengan cara membuang panas tersebut melalui sirip-sirip radiator. Air dari radiator tersebut dikirim ke bagian yang didinginkan melalui selang radiator, baik dari radiator ke blok silinder ataupun dari blok silinder ke radiator.



Gambar 2.10. Radiator

2. Reservoir Tank

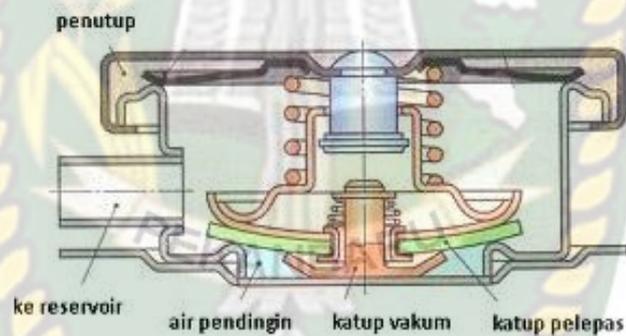
Berfungsi untuk menampung kelebihan air dari radiator pada saat terjadi pemuaian air didalam radiator, dan mengembalikan air ke radiator pada saat tekanan didalam radiator turun.



Gambar 2.11 Reservoir tank
(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

3. Tutup Radiator

Befungsi untuk Penutup radiator agar tidak terjadi kebocoran serta menstabilkan tekanan yang ada pada radiator. Sebab, semakin panas air maka semakin tinggi tekanannya.

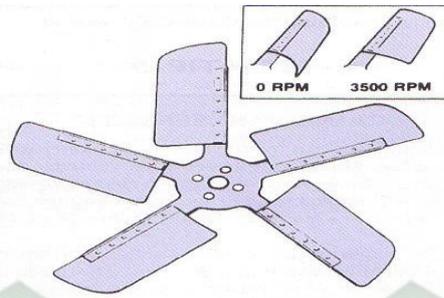


Gambar 3. Tutup Radiator

Gambar 2.12. Tutup radiator
(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

4. Cooling Fan (Kipas Pendingin)

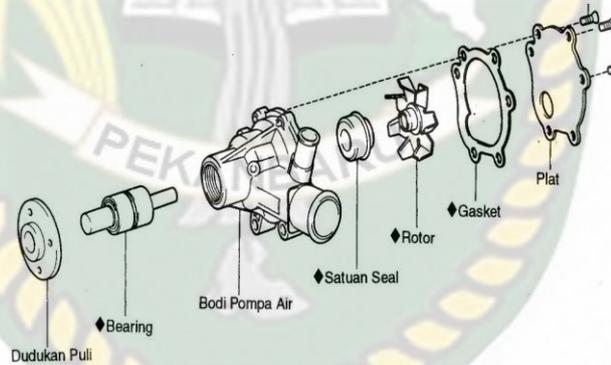
Untuk mensirkulasikan (mengalirkan) udara melalui sirip - sirip yang pada radiator. jenis penggerak Cooling fan yang digunakan pada mesin pendingin ada dua yaitu motor listrik dan mekanik (diputar oleh pully mesin).



Gambar 2.13. Kipas Radiator Mekanik
(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

5. Water Pump (Pumpa Air)

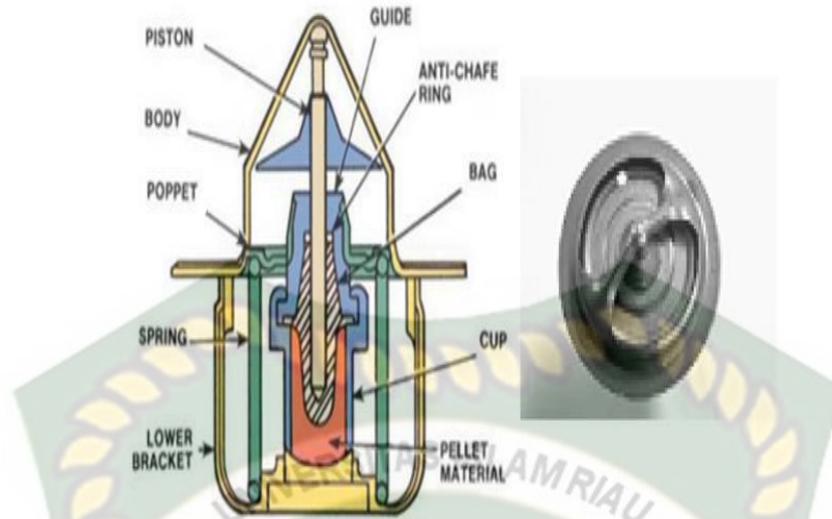
Untuk mensirkulasikan atau memompakan air pendingin mesin, dari radiator ke mesin. Biasanya pompa yang dipakai adalah jenis centrifugal, dan pompa ini digerakkan dengan tenaga mesin itu sendiri dengan perantaraan fan belt.



Gambar 2.14. Komponen Pompa Air / *Water Pump*
(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

6. Thermostat

Berfungsi untuk membuka dan menutup saluran air pendingin dari mesin ke radiator. Dimana jika thermostat dalam posisi tertutup, maka aliran air akan melewati selang *by pass* yang selanjutnya akan disirkulasikan kembali oleh pompa air.



Gambar 2.15. Thermostat
(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

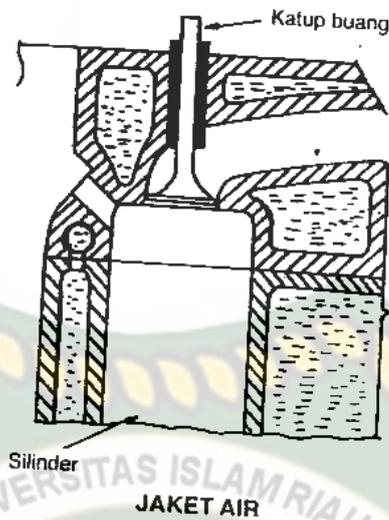
7. Water Jacket atau Mantel Pendingin

Mantel pendingin pada mesin Toyota kijang mengelilingi silinder-silinder dan kepala silinder, yang berfungsi untuk mendinginkan bagian-bagian pendingin silinder dan ruang bakar secara efektif. Mantel pendingin pada kepala silinder dan blok silinder berhubungan langsung dengan tangki radiator bagian atas. Pada pengertiannya water jacket engine adalah suatu sistem yang harus diisi ke dalam blok mesin karena fungsinya yang dapat mempengaruhi kinerja dan material blok mesin. Pendinginan water jacket engine untuk menjaga temperature dari blok mesin ketika mesin beroperasi. Fungsi ini sangat penting mengingat temperature yang dihasilkan pada ledakan piston begitu besar. Kesalahan apabila sistem ini tidak berjalan adalah terjadi kelemahan material dari blok mesin karena temperature melebihi yang diizinkan. Saat awal operasi, panas yang dihasilkan akan diserap, pada kondisi ini air pada blok mesin belum beroperasi. Dibawah adalah grafik perbandingan antara Power, Torsi dengan kecepatan suatu mesin.

Pada kecepatan rendah dalam arti mesin baru nyala mempunyai besaran torsi yang kecil, hal ini karena terdapat panas yang hilang serap blok mesin.

Untuk sistem water jacket dipengaruhi oleh thermostat berupa sensor temperature yang dapat membuka ketika temperature tinggi (melebihi kapasitas). Ketika thermostat terbuka maka terjadi sirkulasi yang membuat air berjalan menuju radiator. Namun selama thermostat tetap tertutup air akan jatuh melalui *direct manifold* menuju pompa untuk disirkulasi di blok mesin kembali.

Dari blok *engine* ke *direct manifold* ketika thermostat masih tertutup, air masuk ke pompa untuk disirkulasi kembali. Sedangkan apabila thermostat terbuka air menuju radiator kemudian didinginkan dan turun kebawah melalui sistem gravitasi, setelah itu sebelum air masuk didalam bloc akan didorong menggunakan pompa air yang mendapat daya mengcouple dengan poros pendingin untuk radiator. Setelah itu akan kedalam blok-blok mesin. Sistem diblok mesin juga berupa celah diluar lubang silinder. Sehingga air tidak akan masuk kedalam sistem pembakaran. Untuk mencegah air masuk karena overhaul mesin, biasanya setiap pembongkaran diikuti dengan penggantian gasket. Pompa untuk air adalah pompa non displacement positive. Ketika mesin tidak hidup maka air akan tetap, sehingga membuat keadaan cenderung lembab. Kelembapan ini menimbulkan korosi. Dengan kata lain mesin harus dipanaskan secara teratur agar menjaga bloc dan sistemnya untuk water jacket tidak korosi.



Gambar 2.16. Mantel Pendingin

(Sumber : STEP 2 *Training Manual Toyota*)

2.10 Prinsip dan Cara Kerja Sistem Pendingin Tipe Air

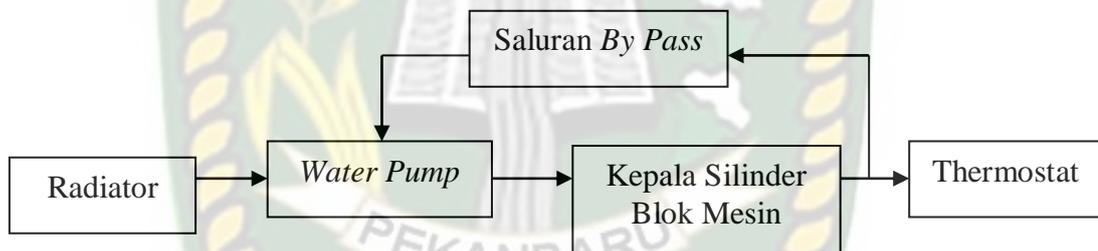
Toyota Kijang adalah produk andalan dari pabrikan dari negara Jepang dengan mesin bensin berbasis 4 silinder yang selalu berinovasi setiap tahun untuk mewujudkan impian konsumen tentang mobil masa depan yang berbahan bakar irit, aman, nyaman dan ramah lingkungan.

Prinsip kerja sistem pendingin Toyota Kijang adalah sirkulasi air pendingin dimulai dari radiator kemudian air ditekan oleh pompa air dan dikirim ke kantong-kantong (*water jacket*) pada silinder mesin, pompa ini terpasang pada bagian depan dari mesin dan digerakkan oleh poros engkol melalui *V-belt*. Air yang berada di *water jacket* berfungsi untuk mendinginkan mesin. Jumlah debit air dalam *water jacket* harus selalu dalam keadaan penuh dan tidak boleh terdapat gelembung air yang dapat mengakibatkan penguapan.

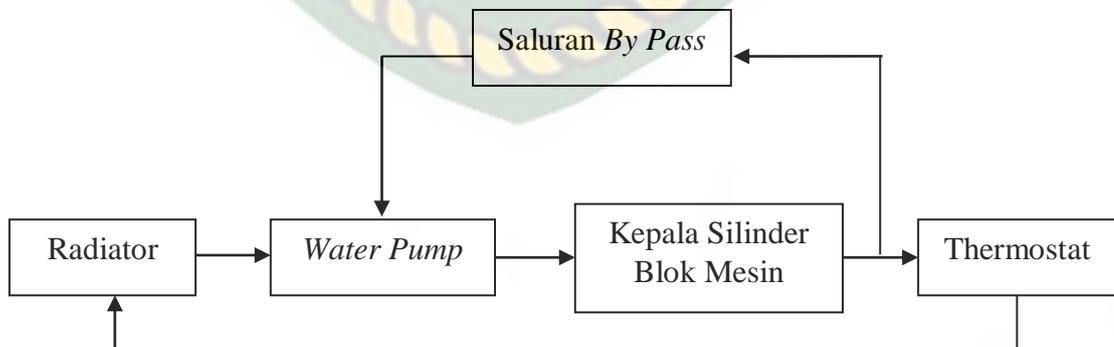
Saat mesin hidup (dalam kondisi dingin) air pendingin dalam radiator tidak dapat bersirkulasi karena adanya termostat. Keadaan ini akan mempercepat proses

naiknya temperatur kerja mesin. Katub *Thermostat* akan membuka penuh apabila suhu air telah mencapai suhu kerja mesin sekitar $80^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$. Terbukanya katub *Thermostat* menyebabkan air pendingin dapat bersirkulasi dan mendinginkan mesin dan mempertahankan suhu kerja mesin. Air yang telah menyerap panas mesin mengalir menuju radiator melalui selang atas dan mendinginkan dengan persinggungan udara yang dilewatkan pada sirip-sirip yang menyelubungi pipa air. Apabila tekanan pada sistem pendingin mesin berlebihan maka tutup radiator akan mengalirkan air menuju *reservoir tank*.

Secara garis besar siklus aliran air dalam sistem pendingin dapat dalam dijelaskan dalam skema berikut ini :



Gambar 2.17 Skema pada saat *engine* masih dingin
 (Sumber : Irfan S, Ade. 2007)



Gambar 2.18 Skema pada saat *engine* mencapai suhu kerja
 (Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

Air yang telah didinginkan dalam radiator kemudian ditekan oleh pompa air kembali menuju *water jacket* dalam silinder dan mengambil panas dari mesin dan bersirkulasi menuju kepala silinder dan kembali ke *thermostat* menuju saluran masuk untuk didinginkan pada radiator oleh kerja kipas pendingin. Demikian seterusnya siklus kerja dalam sistem pendingin mesin Isuzu Panther untuk mempertahankan suhu kerja antara 82 °C sampai dengan 90 °C sehingga dapat menghasilkan tenaga yang optimal dari mesin.

2.11 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang cara untuk memprediksi perpindahan energy yang berupa panas antara material atau benda akibat adanya perbedaan suhu [J.P. Holman]. Perpindahan panas dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.11.1 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media pengantar panas tetap.

2.11.2 Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya dengan menggunakan media pengantar berupa fluida (cairan/gas).

2.11.3 Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran sinaran radiasi gelombang elektromagnetik, tanpa memerlukan media perantara.

2.12 Metode Perhitungan Nilai Efektivitas Radiator (ϵ) dan Laju Perpindahan Panas

2.12.1 Perhitungan Untuk Mencari Efektivitas Radiator

Efektivitas adalah kemampuan radiator dalam mendinginkan suatu mesin. Dan Efektivitas merupakan perbandingan antara laju energi yang terjadi dengan batas maksimum menurut kaidah termodinamika.

$$\epsilon = \frac{\dot{q}_{\text{aktual}}}{\dot{q}_{\text{max}}} = \frac{\text{actual heat transfer rate}}{\text{maximum possible heat transfer rate}} = \frac{T_{c2} - T_{c1}}{T_{h1} - T_{c1}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

ϵ = Efektivitas radiator

\dot{q}_{aktual} = Laju perpindahan panas actual (W)

\dot{q}_{max} = Laju perpindahan panas maksimum (W)

Untuk \dot{q}_{aktual} dan \dot{q}_{max} bisa ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$\dot{q}_{\text{aktual}} = C_c (T_{c, \text{out}} - T_{c, \text{in}}) = C_h (T_{h, \text{in}} - T_{h, \text{out}}) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

C_h = kalor spesifik fluida panas (J/kg.°C)

C_c = kalor spesifik fluida dingin (J/kg.°C)

$T_{h. in} = T_{h1}$ = suhu air yang masuk ke radiator ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{h. out} = T_{h2}$ = suhu air yang keluar radiator ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{c. in} = T_{c1}$ = suhu udara didepan radiator ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{c. out} = T_{c2}$ = suhu udara dibelakang radiator ($^{\circ}\text{C}$)

2.12.2 Perhitungan Panas Radiator Yang Diserap Oleh Udara

Besar pembuangan panas radiator adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya panas pada air radiator yang dihisap oleh kipas (*fan*).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung adalah :

$$q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{c2} - T_{c1}) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : \dot{q} = Laju perpindahan panas radiator (W)

\dot{m} = Laju aliran massa udara (kg/s)

C_p = Kalor spesifik udara (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$)

Untuk mendapatkan nilai laju aliran massa udara (\dot{m}) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

A = Luas permukaan inti radiator (m²)

V = Kecepatan aliran udara (m/s)

- Untuk mencari Metode ΔT_{LMTD} (*log mean temperature difference*)

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- Untuk perhitungan *counter flow*

$$\Delta T_1 = T_{h.in} - T_{c.out} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\Delta T_2 = T_{h.out} - T_{c.in} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Untuk perhitungan *parallel flow*

$$\Delta T_1 = T_{h.in} - T_{c.in} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\Delta T_2 = T_{h.out} - T_{c.out} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

$T_{h.out}$ = Temperatur air panas keluar (°C)

$T_{h.in}$ = Temperatur air panas masuk (°C)

$T_{c.in}$ = Temperatur temperature udara masuk (°C)

$T_{c.out}$ = Temperatur temperatur udara keluar (°C)

- Laju aliran panas

- $\dot{q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.10)$

Dan

- $\dot{q} = U \cdot A_s \cdot \Delta T_{lm} \dots\dots\dots(2.11)$

Maka untuk mencari A_s dan U bisa menggunakan persamaan di bawah ini :

- $A_s = \frac{\dot{q}}{U \cdot \Delta T_{lm}} \dots\dots\dots(2.12)$

- $U = \frac{\dot{q}}{A_s \cdot \Delta T_{lm}} \dots\dots\dots(2.13)$

Dimana:

\dot{q} = Laju perpindahan panas (W)

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

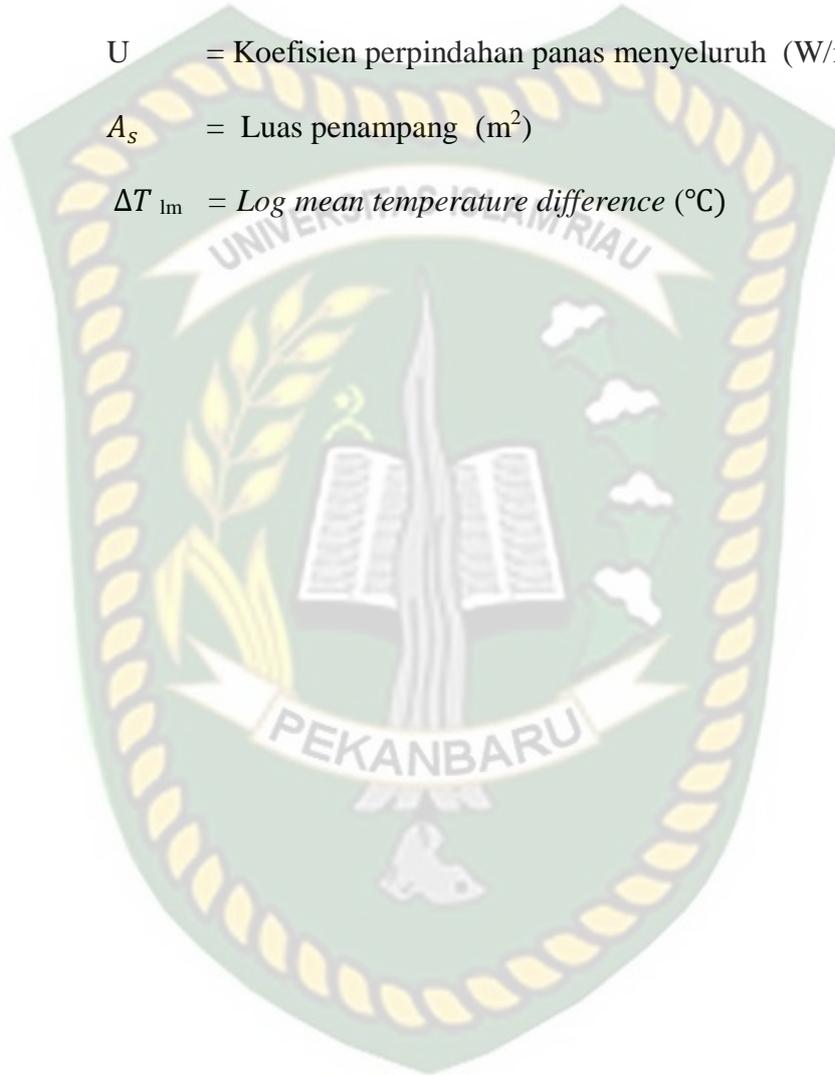
C_p = Kalor spesifik (kJ/kg. °C)

ΔT = Selisih temperatur (°C)

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m²°C)

A_s = Luas penampang (m²)

ΔT_{lm} = *Log mean temperature difference* (°C)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif yaitu membuat penulisan secara sistematis dan akurat tentang fakta yang diambil melalui penelitian serta tersusun dan terencana. Dimana dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang harus dilalui.

3.2 Waktu dan tempat penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dan pengujian ini adalah di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan waktu pelaksanaannya dilakukan pada tanggal 12 Januari 2019 sampai dengan selesai.

3.3 Alat dan bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian antara lain :

3.3.1 Alat

a. *Thermocouple*

Thermocouple digunakan untuk mengukur suhu udara didepan dan dibelakang radiator. *Thermocouple* ini memiliki range pada suhu $-50 - 1300$ °C.



Gambar 3.2. *Thermocouple*

b. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan oleh mesin untuk menghabiskan bahan bakar untuk jumlah tertentu. Waktu yang diperlukan ini diukur dalam satuan detik seperti pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3. *Stopwatch*

c. Gelas ukur bahan bakar

Untuk mengukur banyaknya pemakaian bahan bakar pada waktu pengujian digunakan gelas ukur. Gelas ukur yang digunakan yaitu gelas ukur yang berkapasitas isi sebanyak 1 liter, gelas ukur ini banyak digunakan oleh industri – industri kimia kesehatan, yang dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Gelas ukur

d. *Thermometer* air raksa

Thermometer ini digunakan untuk mengukur suhu air masuk dan keluar pada aliran fluida radiator. Biasanya dipasang pada selang atas dan selang bawah radiator.



Gambar 3.5. *Thermometer* air raksa

e. *Anemometer*

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara yang masuk ke karburator dan juga mengukur kecepatan udara didepan dan

dibelakang radiator. Dengan spesifikasi unit 0-30 m/s, 0-5860 ft/min, 0-55 knots, 0-90 km/hr, 0-65 mph)



Gambar 3.6. Anemometer

f. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk menentukan kecepatan putaran pada mesin. Spesifikasi : *Measurement photo tachometer & Range 5 to 99.999 RPM. Contact tachometer 0,5 to 19.999 RPM.*



Gambar 3.7. Tachometer

g. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dalam pada pipa radiator. Jangka sorong ini memiliki resolusi pengukuran dengan skala 0-150 mm dengan tingkat akurasi hingga 0,05 mm.



Gambar 3.8. Jangka sorong

h. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur luas penampang radiator. Meteran ini memiliki 2 skala yaitu inci dan centimeter.



Gambar 3.9. Meteran

i. *Tool set*

Tool set digunakan untuk memperbaiki *engine stand* saat sebelum pengujian dan memastikan bahwa *engine stand* yang akan digunakan dalam kondisi stabil ketika pengambilan data.



Gambar 3.10. *Tool set*

3.3.2 Bahan

a. Radiator tipe tube

Radiator tipe tube adalah radiator yang memiliki dua baris tube dan rubenya terbuat dari tembaga yang membantu mempercepat proses pendinginan pada fluida pendingin dengan bantuan kipas radiator. Tipe tube ini juga tergolong radiator 2 (dua) ply.



Gambar 3.11. Radiator tipe tube

b. Air mineral

Fluida atau cairan pendingin yang biasa digunakan ialah air. Pada penelitian ini penulis menggunakan air mineral.



Gambar 3.12. Air mineral

c. Bahan bakar

Bahan bakar yang akan di gunakan untuk pengujian pengaruh nilai oktan bahan bakar terhadap efektivitas radiator adalah Premium (RON 88), Peralite (RON 90) dan Pertamina turbo (RON 98).



Gambar 3.13. Bahan bakar

3.4 Prosedur Pengujian

Sebelum melakukan pelaksanaan pengujian, peralatan serta komponen harus diperiksa terlebih dahulu. Agar dapat dioperasikan dengan baik. Hal-hal yang perlu dilakukan sebelum pengujian adalah sebagai berikut :

3.4.1 Persiapan Pengujian

1. Pemeriksaan *Engine Stand*

1) Sistem pelumasan (oli)

Dengan cara membuka stik oli pada mesin kemudian lihat tinggi oli dan cek juga kekentalannya dengan menggunakan tangan secara manual apakah layak digunakan atau diganti.

2) Sistem kelistrikan

Mengecek sambungan kabel aki apakah terpasang dengan kuat atau tidak. Jika longgar harus dikencangkan terlebih dahulu.

3) Bahan bakar

Mengecek bahan bakar yang digunakan, apakah masih ada atau tidak jika tidak ada tambahkan sampai dengan ukuran yang telah ditentukan untuk melakukan pengujian.

2. Pemeriksaan Sistem Pendingin (radiator)

1) Periksa air dalam radiator

Pemeriksaan air radiator dengan cara melihat air yang ada di tangki cadangan, jika kurang tambahkan sampai ukuran yang telah ditentukan pada tangki cadangan.

2) Cek sirip-sirip radiator

Pada sirip-sirip ada kemungkinan sirip radiator bengkok atau kurang lurus seperti standarnya. Karena itu harus dicek terlebih dahulu, jika ada yang bengkok harus diluruskan. Sehingga tidak ada terganggu jika udara didepan radiator dihisap kipas (*fan*).

3) Periksa kebocoran pada radiator

Periksa kebocoran pada radiator dengan cara melihat bagian-bagian radiator apakah ada fluida yang keluar atau tidak. Jika tidak ada berarti radiator bisa digunakan pada penelitian.

4) Periksa tutup radiator

Dengan memastikan apakah tutup radiator terkunci dengan baik pada radiator. Jika tidak harus dikunci (dikuatkan agar fluida tidak keluar).

5) Periksa pipa radiator

Periksa pipa radiator apakah terhubung dengan baik atau tidak. Jika tidak harus dikuatkan terlebih dahulu pada klem untuk mengikat antara pipa dengan radiator.

3. Persiapan Alat Ukur

- 1) *Thermocouple* (alat ukur suhu udara didepan dan dibelakang radiator)
- 2) *Thermometer* air raksa (alat ukur temperature fluida masuk dan keluar pada radiator)
- 3) *Anemometer* (alat ukur kecepatan udara didepan dan dibelakang radiator ketika dihisap kipas)
- 4) *Tachometer* (alat ukur kecepatan mesin)
- 5) *Stopwatch* (alat ukur menentukan waktu pengambilan data)

3.4.2 Langkah – langkah pengujian

1. Pengambilan data awal
 - a. Menghidupkan mesin
 - b. Mengambil data berdasarkan putaran rpm
2. Pengambilan data pengujian
 - a. Menghidupkan mesin
 - b. Naikkan putaran mesin yang telah ditentukan
 - c. Pengambilan data dilakukan pada saat *thermostat* terbuka dengan cara melihat pada bagian *flowmeter* sudah mendapatkan nilai debit aliran atau temperatur air radiator menunjukkan pada suhu 80 °C.
 - d. Ukur *temperature* suhu air masuk dan keluar pada radiator
 - e. Ukur *temperature* suhu udara didepan dan dibelakang radiator.
 - f. Ukur kecepatan udara didepan dan dibelakang radiator
 - g. Ukur *temperature* mesin yang masuk dan keluar.
 - h. Semua data yang didapatkan dimasukkan kedalam tabel data untuk mempermudah dalam melihat data yang didapatkan.
 - i. Matikan mesin
 - j. Lakukan langkah – langkah diatas untuk setiap pengambilan data pada masing – masing putaran.

3.4.3 Proses Pengambilan data

Proses pengambilan data dilakukan pada variasi bahan bakar dengan nilai oktan yang berbeda yaitu premium, pertalite dan pertamax turbo pada putaran mesin masing – masing {(1500), (2000), (2300)} rpm. Diatas Suhu 80 °C atau

pada saat thermostat terbuka sebagai mulai atau acuan untuk persiapan alat pengambilan data, jadi bila indikator pada T_{h1} menunjukkan angka 80 °C dan pengambilan data dilakukan berdasarkan waktu yang sudah ditentukan yaitu selama 5 menit setiap pengujian.

Pengambilan data eksperimen ini dilakukan dengan cara mengukur suhu temperatur air, udara dan laju kecepatan aliran udara pada sistem pendinginan radiator mesin diesel. Pengambilan data tersebut ialah :

T_{h1} = Suhu air yang masuk ke radiator (°C)

T_{h2} = Suhu air yang keluar dari radiator (°C)

T_{c1} = Suhu udara didepan radiator (°C)

T_{c2} = Suhu udara dibelakang radiator (°C)

Alat pengukur suhu T_{h1} dan T_{h2} menggunakan *thermometer* air raksa, untuk mengukur suhu T_{c1} dan T_{c2} menggunakan *thermometer* digital, dan untuk mengukur laju kecepatan aliran udara menggunakan *anemometer*.

3.5 Tabel data yang digunakan dalam penelitian

Tabel 3.1 Tabel data yang digunakan pada setiap putaran

No	N (RPM)	T_h in °C	T_h out °C	T_c in °C	T_c out °C	V_u in (m/s)	V_u out (m/s)	Q (m ³ /s)	t (s)
1									
2									
3									
4									

Dimana :

$T_{h. in} = T_{h1}$ = suhu air yang masuk ke radiator ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{h. out} = T_{h2}$ = suhu air yang keluar radiator ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{c. in} = T_{c1}$ = suhu udara didepan radiator ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{c. out} = T_{c2}$ = suhu udara dibelakang radiator ($^{\circ}\text{C}$)

n = Putaran mesin (RPM)

$V_{u. in}$ = Kecepatan udara masuk didepan radiator (m/s)

$V_{u. out}$ = Kecepatan udara keluar yang dibelakang radiator (m/s)

Q = Debit aliran fluida (m^3/s)

t = Waktu (s)

3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian tentang pengaruh *water coolant* terhadap efektivitas radiator dapat berjalan dengan lancar, optimal serta sesuai dengan waktu yang telah ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan ke				
		1	2	3	4	5
1	Studi Literatur					
2	Persiapan Alat dan Bahan					
3	Pengujian dan Pengumpulan Data					
4	Analisa Data					
5	Seminar Hasil					

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian pengaruh nilai oktan terhadap efektivitas radiator diambil sesuai dengan alat-alat pengujian berupa tachometer, anemometer, stopwatch, thermocouple, gelas ukur, thermometer air raksa, jangka sorong, meteran, dan tool set.

Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengkalibrasikan alat tersebut agar data yang didapatkan akurat dan presisi, setelah dikalibrasi maka dilakukan pengukuran putaran, waktu, kecepatan air, kecepatan udara, temperature air masuk radiator, temperature air keluar radiator, temperatur udara di depan radiator, temperature udara di belakang radiator, diameter selang radiator, panjang radiator, lebar radiator, dan pemakaian bahan bakar. Pengukuran dilakukan dengan metode yang sama terhadap bahan bakar yang digunakan yaitu premium, pertalite, dan pertamax turbo. Pengujian Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Data hasil pengujian dengan menggunakan nilai oktan premium 88.

No	n (rpm)	t (s)	V _{air} (m/s)	V _u rata- rata (m/s)	T _{h1} (°C)	T _{h2} (°C)	T _{c1} (°C)	T _{c2} (°C)	D _{pipa} (m)	l _{radiator} panjang (m)	w _{radiator} lebar (m)	Bahan bakar (ml)
1	1500	5	0,628	2	82	70	31,6	42,5	0,032	0,41	0,34	230
2	2000	5	0,785	2,55	88	75	30,4	46,6	0,032	0,41	0,34	270
3	2300	5	0,824	2,95	92	78	28,6	49	0,032	0,41	0,34	300

Tabel 4.2 Data hasil pengujian dengan menggunakan nilai oktan pertalite 90.

No	n (rpm)	t (s)	V _{air} (m/s)	V _u rata- rata (m/s)	T _{h1} (°C)	T _{h2} (°C)	T _{c1} (°C)	T _{c2} (°C)	D _{pipa} (m)	l _{radiator} panjang (m)	w _{radiator} lebar (m)	Bahan bakar (ml)
----	------------	----------	---------------------------	--	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	---	---------------------------------------	------------------------

1	1500	5	0,617	1,95	90	73	32	44	0,032	0,41	0,34	220
2	2000	5	0,767	2,40	98	78	31,6	47	0,032	0,41	0,34	260
3	2300	5	0,816	2,85	103	81	30,8	50	0,032	0,41	0,34	295

Tabel 4.3 Data hasil pengujian dengan menggunakan nilai oktan pertamax turbo 98.

No	n (rpm)	t (s)	V _{air} (m/s)	V _u rata- rata (m/s)	T _{h1} (°C)	T _{h2} (°C)	T _{c1} (°C)	T _{c2} (°C)	D _{pipa} (m)	l _{radiator} panjang (m)	w _{radiator} lebar (m)	Bahan bakar (ml)
----	------------	----------	---------------------------	--	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	---	---------------------------------------	------------------------

1	1500	5	0,586	1,80	93	75	33,5	45	0,032	0,41	0,34	200
2	2000	5	0,648	2,25	100	80	32,8	48	0,032	0,41	0,34	245
3	2300	5	0,735	2,55	104	83	32	51	0,032	0,41	0,34	280

4.2 Perhitungan Efektivitas Radiator

Berdasarkan data hasil pengujian dapat diperhitungkan efektivitas radiator dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \frac{\dot{q}_{\text{aktual}}}{\dot{q}_{\text{max}}} = \frac{\text{acrual heat transfer rate}}{\text{maximum possible heat transfer rate}} \\
 &= \frac{T_{c2} - T_{c1}}{T_{h1} - T_{c1}}
 \end{aligned}$$

4.2.1 Perhitungan Pada Nilai Oktan Premium 88 Dengan Putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.

- Putaran 1500 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,225$$

- Putaran 2000 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,281$$

- Putaran 2300 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,321$$

Dimana :

T_{c1} = Temperatur di depan radiator

T_{c2} = Temperatur di belakang radiator

T_{h1} = Temperatur udara masuk radiator

ε = Efektivitas radiator

4.2.2 Perhitungan Pada Nilai Oktan Pertalite 90 Dengan Putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.

- Putaran 1500 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,206$$

- Putaran 2000 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,231$$

- Putaran 2300 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,265$$

Dimana :

T_{c1} = Temperatur di depan radiator

T_{c2} = Temperatur di belakang radiator

T_{h1} = Temperatur udara masuk radiator

ε = Efektivitas radiator

4.2.3 Perhitungan Pada Nilai Oktan Pertamina Turbo 98 Dengan Putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm

- Putaran 1500 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,193$$

- Putaran 2000 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,226$$

- Putaran 2300 rpm

$$\varepsilon = \frac{T_{c2}-T_{c1}}{T_{h1}-T_{c1}} = \frac{(42,5-31,6)}{(80-31,6)} = 0,263$$

Dimana :

T_{c1} = Temperatur di depan radiator

T_{c2} = Temperatur di belakang radiator

T_{h1} = Temperatur udara masuk radiator

ε = Efektivitas radiator

Dari hasil perhitungan efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 98. Kemudian data hasil perhitungan tersebut dapat dimasukkan dalam tabel 4.4 sebagai berikut yaitu :

Tabel 4.4 Tabel efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 98.

No	Putaran	$\epsilon_{\text{radiator}}$	$\epsilon_{\text{radiator}}$	$\epsilon_{\text{radiator}}$
		Nilai Oktan Premium 88	Nilai Oktan Pertalite 90	Nilai Oktan Pertamax Turbo 90
1	1500	0,225	0,206	0,193
2	2000	0,281	0,231	0,226
3	2300	0,321	0,265	0,263

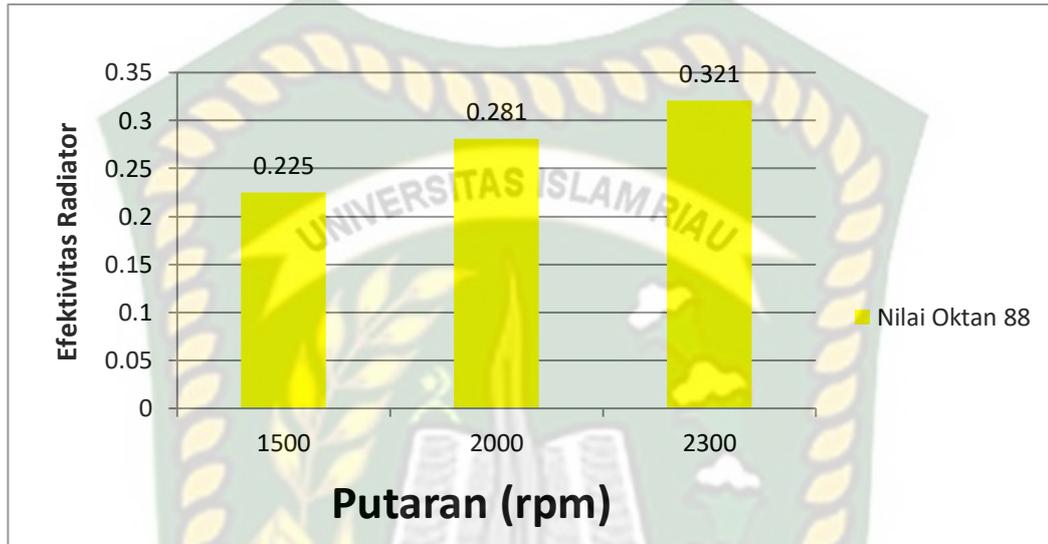
Pada hasil penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 90 pada setiap putaran juga di dapatkan hasil datanya karena pada proses pengujian untuk mencari nilai efektivitas radiator perlu mengetahui berapa banyak bahan bakar yang keluar. Kemudian data hasil penggunaan tersebut dimasukan dalam tabel 4.5 sebagai berikut yaitu :

Tabel 4.5 Nilai rata-rata penggunaan bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax turbo pada setiap putaran.

No	Putaran	Penggunaan	Penggunaan	Penggunaan Bahan
		Bahan Bakar Premium	Bahan Bakar Pertalite	Bakar Pertamax Turbo
1	1500	230	220	200
2	2000	270	260	245
3	2300	300	295	280
	Rata-rata	266,67	258,33	241,67

4.3 Analisa Grafik

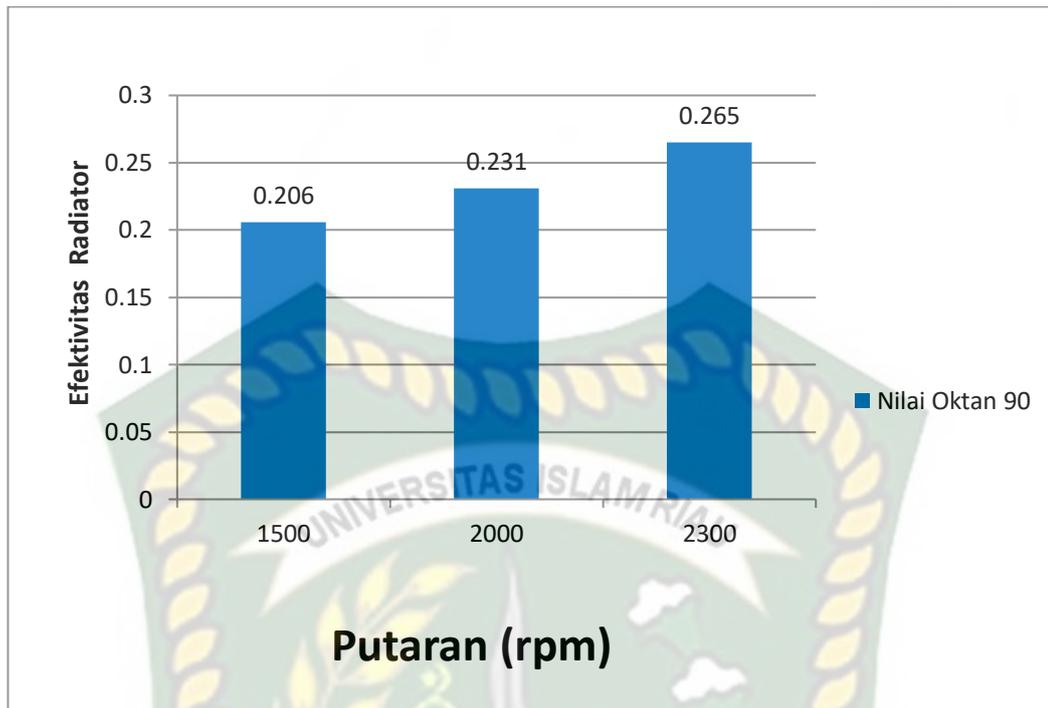
Dari hasil pengujian yang telah diperoleh menjadi hasil perhitungan yang kemudian di analisa setiap perubahan yang terjadi. Analisa tersebut dijelaskan dalam bentuk grafik yaitu sebagai berikut :



Gambar. 4.1 Grafik efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88.

Dari gambar 4.4. dapat dilihat bahwa semakin besar putaran yang di berikan, maka semakin tinggi pula nilai efektivitas. Pada putaran 1500 rpm dengan nilai oktan premium 88 didapat efektivitas sebesar 0,225, kemudian meningkat menjadi 0,281 pada putaran 2000 rpm, dan terus meningkat menjadi 0,321 pada putaran 2300 rpm.

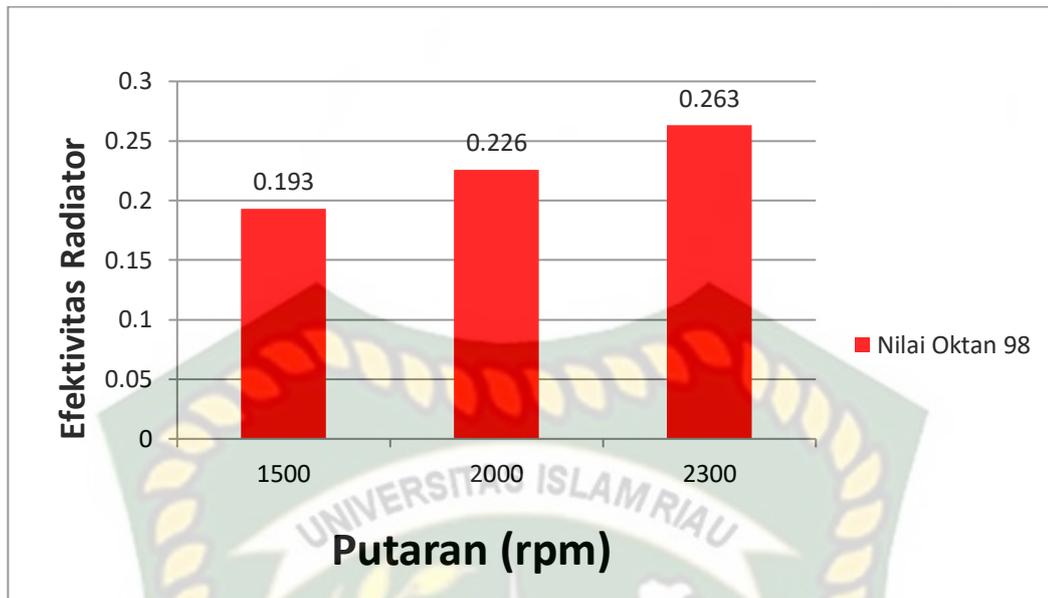
Berdasarkan uraian di atas, efektivitas radiator yang tertinggi terjadi pada putaran 2300 rpm. Sedangkan pada putaran 1500 rpm memiliki efektivitas radiator yang paling rendah. Hal ini terjadi karena putaran yang semakin meningkat mengakibatkan kinerja mesin yang semakin tinggi sehingga mesin cepat panas dan berdampak pada efektivitas radiator.



Gambar. 4.2 Grafik efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan pertalite 90.

Dari gambar 4.2. dapat dilihat bahwa semakin besar putaran yang di berikan, maka semakin tinggi pula nilai efektivitas. Pada putaran 1500 rpm dengan nilai oktan pertalite 90 didapat efektivitas sebesar 0,206, kemudian meningkat menjadi 0,231 pada putaran 2000 rpm, dan terus meningkat menjadi 0,265 pada putaran 2300 rpm.

Berdasarkan uraian di atas, efektivitas radiator yang tertinggi terjadi pada putaran 2300 rpm. Sedangkan pada putaran 1500 rpm memiliki efektivitas radiator yang paling rendah. Hal ini terjadi karena putaran yang semakin meningkat mengakibatkan kinerja mesin yang semakin tinggi sehingga mesin cepat panas dan berdampak pada efektivitas radiator.

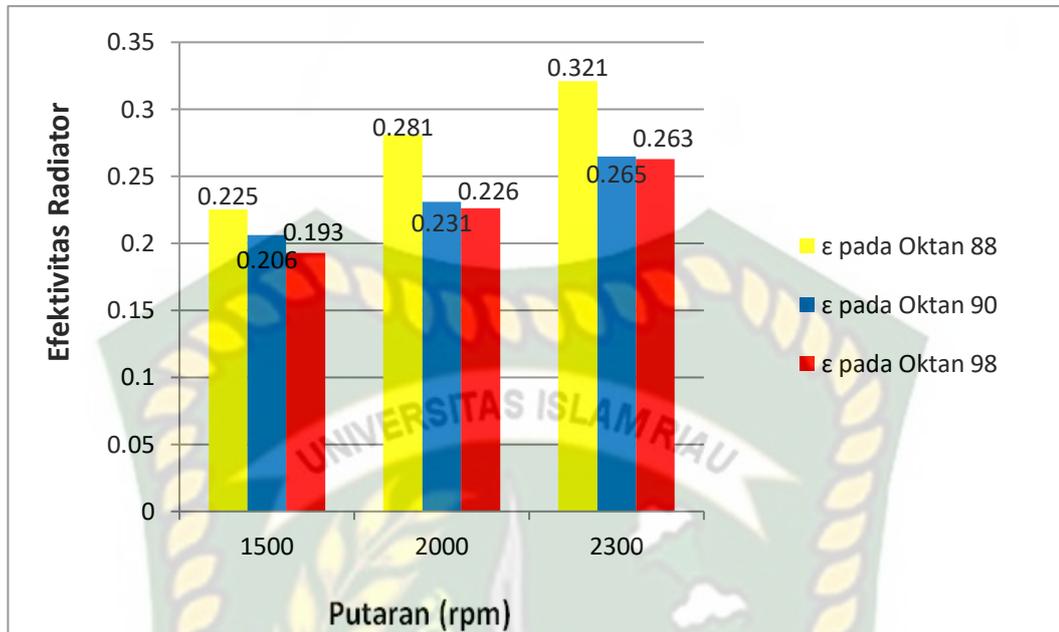


Gambar. 4.3 Grafik efektivitas radiator pada setiap putaran terhadap nilai oktan pertamax turbo 98.

Dari gambar 4.3. dapat dilihat bahwa semakin besar putaran yang di berikan, maka semakin tinggi pula nilai efektivitas. Pada putaran 1500 rpm dengan nilai oktan pertamax turbo 98 didapat efektivitas sebesar 0,193, kemudian meningkat menjadi 0,226 pada putaran 2000 rpm, dan terus meningkat menjadi 0,263 pada putaran 2300 rpm.

Berdasarkan uraian di atas, efektivitas radiator yang tertinggi terjadi pada putaran 2300 rpm. Sedangkan pada putaran 1500 rpm memiliki efektivitas radiator yang paling rendah. Hal ini terjadi karena putaran yang semakin meningkat mengakibatkan kinerja mesin yang semakin tinggi sehingga mesin cepat panas dan berdampak pada efektivitas radiator.

Setelah didapatkan dilihat dari setiap gambar grafik tersebut, dapat terlihat perbandingan pada setiap putaran terhadap nilai oktan, sedangkan perbandingan pada setiap nilai oktan akan di lihat pada gambar 4.4 berikut :

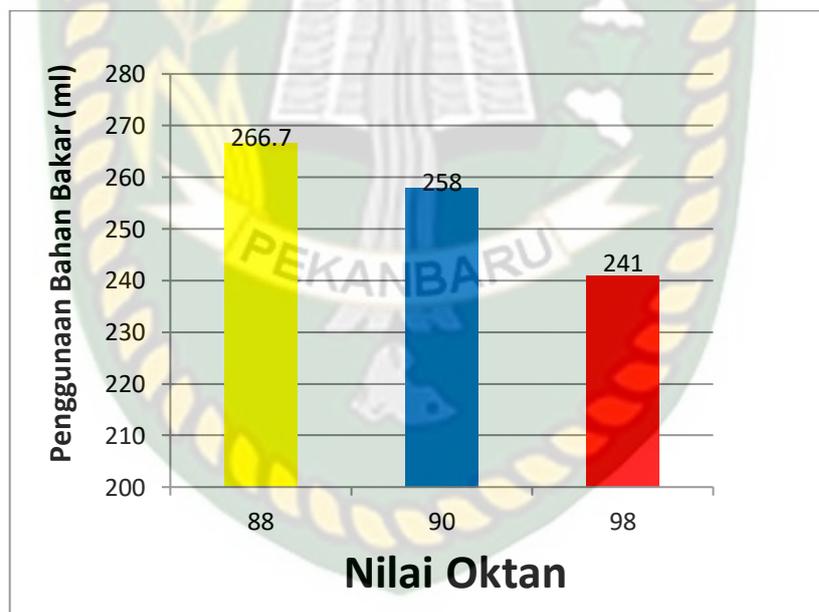


Gambar. 4.4 Grafik efektivitas pada setiap putaran terhadap nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 98.

Dari gambar 4.4. dapat dilihat bahwa semakin besar putaran yang diberikan, maka semakin tinggi pula nilai efektivitas. Pada putaran 1500 rpm dengan nilai oktan premium 88 didapat efektivitas sebesar 0,225, kemudian meningkat menjadi 0,281 pada putaran 2000 rpm, dan terus meningkat menjadi 0,321 pada putaran 2300 rpm. Peningkatan nilai efektivitas juga terjadi pada nilai oktan pertalite 90 dengan putaran 1500 rpm di dapat efektivitas sebesar 0,206, kemudian meningkat pada putaran 2000 rpm sebesar 0,231 dan meningkat pada putaran 2300 rpm sebesar 0,265. Peningkatan ini juga terjadi pada nilai oktan pertamax turbo 98 dengan putaran 1500 rpm di dapat efektivitas sebesar 0.193, kemudian meningkat pada putaran 2000 rpm sebesar 0,226 dan terus meningkat dengan putaran 2300 rpm sebesar 0,263. Sedangkan pada setiap nilai okta

premium 88, pertalite 90 dan pertamax turbo 98 mengalami penurunan nilai efektifitas udara pada setiap putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.

Berdasarkan uraian diatas, efektifitas memiliki nilai tertinggi terjadi dengan putaran 2300 rpm dan nilai oktan premium 88 yaitu sebesar 0,321. Sedangkan efektifitas dengan putaran 1500 rpm dan nilai oktan pertamax turbo 98 memiliki nilai efektifitas terendah yaitu sebesar 0,193. Hal ini terjadi karena putaran yang di berikan semakin besar mengakibatkan nilai efektifitas yang semakin besar sehingga kinerja mesin yang lebih banyak dan mesin cepat panas. Sedangkan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi mengakibatkan nilai efektifitas yang semakin menurun sehingga kinerja mesin menjadi lebih bagus.



Gambar. 4.5. Grafik nilai rata-rata setiap putaran pada penggunaan nilai oktan premium 88, pertalite 90, dan pertamax turbo 98.

Dari gambar 4.5. dapat dilihat bahwa nilai rata-rata setiap putaran pada penggunaan nilai oktan premium 88, pertalite 90 dan pertamax turbo 98

mengalami penurunan pada nilai oktan premium 88 nilai rata-rata sebesar 266,7 ml, kemudian menurun pada nilai oktan pertalite 90 yaitu sebesar 258 ml dan terus mengalami penurunan pada nilai oktan pertamax turbo 98 sebesar 241 ml. Hal ini disebabkan karena pengaruh nilai oktan yang rendah mengakibatkan kenaikan pada penggunaan bahan bakar. Sedangkan nilai oktan yang tinggi menghasilkan kinerja penggunaan bahan bakar yang menurun (irit).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil eksperimen, analisa perhitungan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil suatu kesimpulan mengenai efektivitas radiator, diantaranya :

1. Pada setiap putaran yang di berikan semakin besar mengakibatkan nilai efektivitas yang semakin besar sehingga kinerja mesin yang lebih banyak dan mesin cepat panas.
2. Pada bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi mengakibatkan nilai efektivitas yang semakin menurun sehingga kinerja mesin yang lebih bagus.
3. Pengaruh nilai oktan yang rendah mengakibatkan kenaikan pada penggunaan bahan bakar dan nilai oktan yang tinggi menghasilkan kinerja penggunaan bahan bakar yang menurun (irit).

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil ketika pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Pada percobaan pengambilan data ini sebaiknya mesin dilakukan dengan menggunakan beban dan melakukan perbandingan dengan engine tanpa beban.

2. Melakukan penelitian dengan memakai kipas pendingin air pada radiator yang digerakkan oleh motor listrik, sehingga dapat memvariasikan kecepatan aliran udara pada putaran mesin konstan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irfan Ade S. (2007). *Analisis Sistem Pendinginan Pada Mesin Isuzu Panther*. Semarang.
- [2] Basyirun, Winarno, & Karwono. (2008). *Buku Ajar Mesin Konversi Energi*. Semarang.
- [3] Muku, I Dewa Made Khrisna., dan I Gusti Ketut Sukadana. (2009). *Pengaruh Rasio Kompresi terhadap Unjuk Kerja Mesin Empat Langkah Menggunakan Arak Bali sebagai Bahan Bakar*. Bali.
- [4] Tirtoatmodjo, Rahardjo. (2001). *Pengaruh Naphtalene Terhadap Perubahan Angka Oktan Bensin, Unjuk Kerja Motor dan Gas Buangnya*. Surabaya.
- [5] Khristanto, Philip. (2002). *Oksigenat Methyl Tertiary Buthyl Ether Sebagai Aditif Octane Booster Bahan Bakar Motor Bensin*. Surabaya.
- [6] Wisnu Abi Bakar. (2016). *Pengujian Bahan Bakar Premium Dan Peralite Pada Supra X 125 – Efi Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang*. Yogyakarta.
- [7] Daryanto. (2002). *“Pemeliharaan Sistem Pendingin dan Sistem Pelumasan Mobil”*. Bandung.
- [8] Cengel, Yunus A., (2003). *Heat Transfer : A practical approach*. Second Edition, Boston.