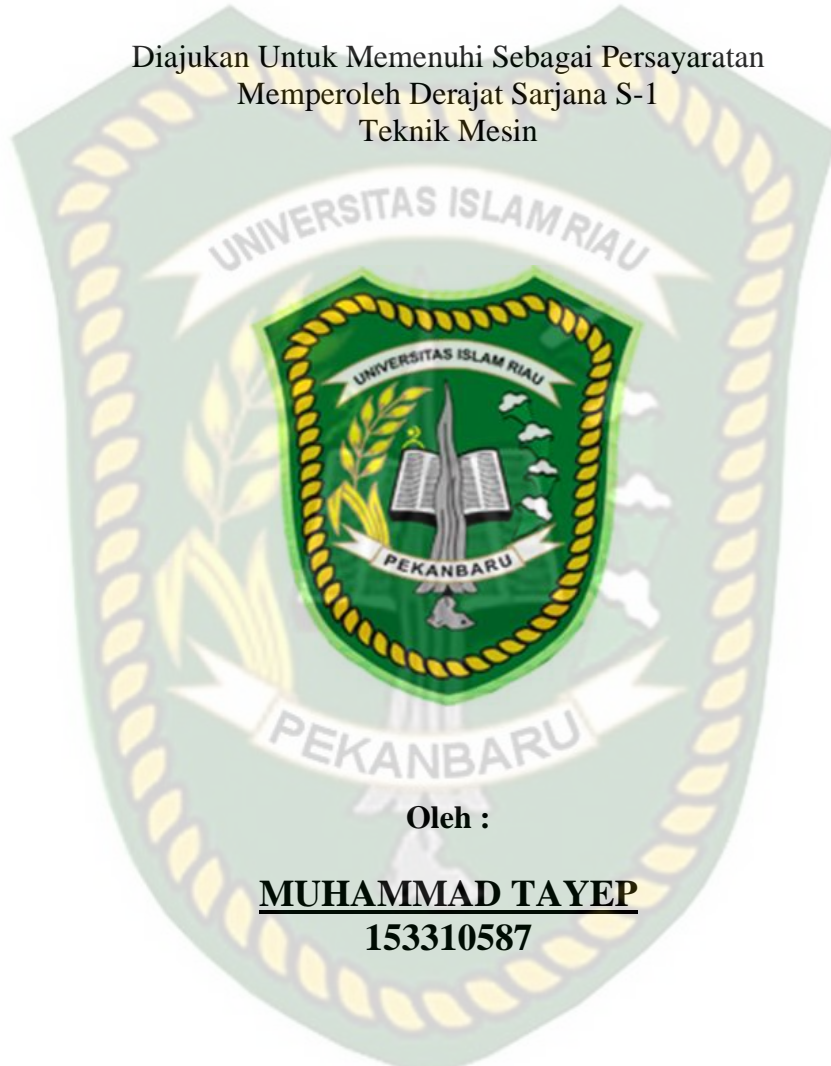


**PENGARUH EFEKTIFITAS RADIATOR BERDASARKAN
JENIS COOLANT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN
DIESEL 2775cc**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana S-1
Teknik Mesin



Oleh :

MUHAMMAD TAYEP
153310587

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020/2021**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH EFEKTIFITAS RADIATOR BERDASARKAN JENIS
COOLANT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL 2775cc**

Disusun Oleh :

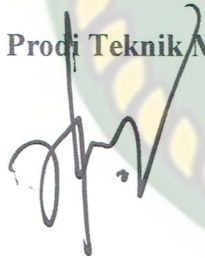
MUHAMMAD TAYEP

15.331.0587

Disahkan Oleh :

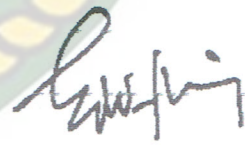
MENGETAHUI

Ketua Prodi Teknik Mesin



JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., Ph.D
NIDN : 1009038504

PEMBIMBING



EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng
NIDN : 1025057501

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk tugas akhir dengan judul “Pengaruh Efektifitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2775cc” yang diajukan guna melengkapi persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan dan duplikasi dari tugas akhir yang telah dipublikasikan dan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR), kecuali yang telah disebutkan dalam kutipan dan daftar pustaka, sebagaimana layaknya karya ilmiah. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Pekanbaru, 30 November 2021



Muhammad Tayep

NPM :15.331.0587

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Muhammad Tayep
NPM : 15.331.0587
Tempat/tanggal lahir : Binjai,
20 Maret 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : PT Infomas Tunggal, RT/RW : 02/01,
Kec. Kandis, Kab. Siak, Provinsi Riau
Kebangsaan/suka : Indonesia/Jawa
Telp/Hp : 0852-6534-9262
E-mail : tayepmuhammad@student.uir.ac.id
Nama Orang Tua
a. Ayah : Rahmat
b. Ibu : Herni

PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD Negeri 006 Kandis
Sekolah Menengah Pertama : SMP Swasta Al-Hidayah
Sekolah Menengah Atas : SMK Baiturrahman
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Efektifitas Radiator Berdasarkan Jenis
Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2775cc
Tempat Penelitian : Workshop Program Studi Teknik Mesin, Fakultas
Teknik Universitas Islam Riau dan Stasiun
Meteorologi Kelas I Sultan Syarif Kasim IIPekanbaru
Tanggal Sidang Tugas
Akhir : Kamis, 25 November 2021

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr Wb

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

Adapun judul tugas akhir ini adalah “**Pengaruh Efektifitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2775cc**” tugas akhir ini merupakan tugas terakhir bagi mahasiswa Teknik Mesin sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberi kemudahan dalam setiap permasalahan yang dialami dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.
2. Ayah Rahmat dan Ibu Herni yang selalu memberikan cinta dan kasih sayangnya, senantiasa memberikan doa yang tulus ikhlas serta dukungan moril dan materi kepada ananda selama menyelesaikan skripsi ini. Hanya ucapan terimakasih yang tak terhingga dan doa yang tulus yang dapat penulis haturkan, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan pengorbanan yang ayah dan ibu berikan selama ini.

3. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT Selaku Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., Ph.D sebagai Ketua Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Bapak Rafil Arizona, ST., M.Eng sebagai Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
6. Bapak Eddy Elfiano, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing.
7. Seluruh anggota dosen pengajar yang telah menginspirasi dan memotivasi penulis dari awal hingga akhir penyelesaian tugas akhir.
8. Rekan – rekan di Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, yang telah memberikan dukungan, doa dan saran pada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Atas segala usaha yang telah penulis lakukan dalam menyelesaikan tugas akhir, namun penulis tetap menyadari sepenuhnya bahwa isi tugas akhir ini ada kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun kepada pihak demi kesempurnaan isi dan penulisan untuk masa yang akan datang. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Wassalamu'alaikum Wr Wb

Pekanbaru ,25 November 2020

Muhammad Tayep

Pengaruh Efektivitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2775cc

Muhammad Tayep¹, Eddy Elfiano²

^aProgram Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

^bSekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Universitas Teknologi Malaysia

Jl. Kaharudin Nasution Km 11 NO, 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

E-mail : Tayepmuhammad@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Overheating merupakan suatu kondisi dimana temperatur mesin melebihi batas normal. Overheating dapat menyebabkan terjadi kerusakan fatal pada komponen - komponen mesin dan berakibat turunnya performa mesin kendaraan. Dengan memaksimalkan kerja dari sistem pendingin maka akan mengurangi resiko terjadinya overheating sehingga kerja mesin akan lebih maksimal. Salah satu faktor yang mempengaruhi sistem pendingin mesin adalah jenis coolant yang digunakan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin Isuzu Panter. Penelitian bertujuan mencari nilai efektivitas radiator dan juga pengaruh efektivitas radiator terhadap unjuk kerja berdasarkan jenis coolant yang digunakan. sehingga dapat dipilih coolant terbaik dari tiap coolant yang digunakan. Adapun coolant yang digunakan yaitu air biasa, coolant A, coolant B, coolant C. Pengujian dilakukan pada putaran konstan 1500 rpm dan dalam waktu 15 menit. Penggunaan data dilakukan dua kali untuk setiap penggunaan coolant. Hasil penelitian menunjukkan bahwa coolant C menghasilkan nilai efektivitas radiator tertinggi yaitu 69,3% yang berpengaruh pada nilai parameter unjuk kerja yang terbaik, diikuti coolant B nilai efektivitas radiator 67,4% coolant A nilai efektivitas radiator 65,6%, dan air biasa nilai efektivitas radiator 62,3% berpengaruh pada nilai parameter unjuk kerja yang paling rendah.

Kata kunci : Temperatur, Coolant, Efektivitas Radiator, Unjuk Kerja.

Ket : 1. Penulis

2. Dosen Pembimbing

Effect of Radiator Effectiveness by Type of Coolant on the Performance of a
2775cc Diesel Engine

Muhammad Tayep¹, Eddy Elfiano²

^a Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Riau Islamic
University

^b Yogyakarta National College of Technology, Universiti Teknologi Malaysia

Jl. Kaharudin Nasution Km 11 NO, 113 Perhentian Marpoan, Pekanbaru
E-mail: Tayepmuhammad @ student.uir, ac.id

ABSTRACT

Overheating is a condition where the engine temperature exceeds normal limits. Overheating can cause fatal damage to engine components and result in lower engine performance. By maximizing the work of the cooling system, it will reduce the risk of overheating so that the conducted using an Isuzu Panter engine. The research aims to find the value of the effectiveness of the radiator and also the effect of the effectiveness of the radiator on performance based on the type of coolant used. So that the best coolant can be selected from each coolant used. The coolant used is ordinary water, coolant A, coolant B, coolant C. The test is carried out. At a constant rotation of 1500 rpm and within 15 minutes. Data was used twice for each use of coolant. The results showed that coolant C produced the highest radiator effectiveness value, namely 69.3% which had an effect on the best performance parameter value, followed by coolant B, the radiator effectiveness value of 67.4%, coolant A, the radiator effectiveness value of 65.6%, and ordinary water the value effectiveness of the radiator 62.3% has an effect on the lowest performance parameter values.

Keywords: Temperature, Coolant, Radiator Effectiveness, Performance.

Note: 1. Author
2. Supervisor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Pendingin	5
2.2 Jenis-jenis Sistem Pendingin.....	6
2.3 Cara Kerja Sistem Pendingin	11
2.4 Komponen-Komponen Sistem Pendingin	12
2.5 Perpindahan Panas Pada Radiator	20
2.6 Metode perhitungan Nilai Efektifitas Radiator(η) Dan Laju Perpindahan Panas	22
2.7 Unjuk Kerja Motor Bakar Solar.....	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	32
3.2 Waktu DanTempat Penelitian	33
3.3 Alat Dan Bahan	33
3.4 Jenis Coolant.....	40
3.5 Prosedur pengujian	43
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	46

BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penulisan	48
4.2 Perhitungan Untuk Pengujian Air Mineral	51
4.3 Perhitungan Untuk Pengujian <i>coolant</i> A	62
4.4 Perhitungan Untuk Pengujian <i>coolant</i> B	63
4.5 Perhitungan Untuk Pengujian <i>coolant</i> C	63
4.6 Hasil Rata-Rata Seluruh Perhitungan	64
4.7 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Efisiensi Thermal (η_{th})	66
4.8 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Pemakaian BB (mf)	68
4.9 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadapPemakaian BB spesifik	69
4.10 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Torsi (T)	71
4.11Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Daya (Ne)	72

BAB V KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Additive Coolant</i> (Pertamina,2011)	19
Tabel 2.2 Konduktivitas Termal beberapa bahan	22
Tabel 3.3 Tabel Yang Digunakan Pada Setiap Putaran	46
Tabel 3.4Jadwal Kegiatan Penelitian	47
Tabel 4.1 Data Pengujian Air Mineral Dengan Waktu Konstan 15 Menit	49
Tabel 4.2 Data Pengujian <i>Coolant A</i> Dengan Waktu Konstan 15 Menit	49
Tabel 4.3 Data pengujian <i>Coolant B</i> Dengan Waktu Konstan 15 Menit	50
Tabel 4.4 Data pengujian <i>Coolant C</i> Dengan Waktu Konstan 15 Menit	50
Tabel 4.5 Data pengujian air galon dengan ditambah Din. pipa dan radiator ..	51
Tabel 4.6 Hasil semua perhitungan air mineral dari setiap putaran	62
Tabel 4.7 Hasil semua perhitungan <i>Colant A</i> dari setiap putaran	62
Tabel 4.8 Hasil semua perhitungan <i>Colant B</i> dari setiap putaran	63
Tabel 4.9 Hasil semua perhitungan <i>Colant C</i> dari setiap putaran	63
Tabel 4.10 Hasil semua rata-rata perhitungan efektivitas radiator dari semua fluida	64
Tabel 4.11 Hasil semua rata-rata perhitungan efesiensi thermal dari semua fluida	64
Tabel 4.12 Hasil semua rata-rata perhitungan pemakaian bahan bakar	65
Tabel 4.13 Hasil semua rata-rata perhitungan Pemakaian BB(<i>Sfc</i>)	65
Tabel 4.14 Hasil semua rata-rata perhitunganterhadapTorsi (T)	65
Tabel 4.15 Hasil semua rata-rata perhitunganterhadap Daya (Ne)	66
Tabel 4.16 Efektivitas dan Efisiensi Thermal	66
Tabel 4.17 Efektivitas dan Pemakaian Bahan Bakar	66

Tabel 4.18 Efektivitas dan Sf. 69

Tabel 4.19 Efektivitas dan Torsi 71

Tabel 4.20 Efektivitas dan Daya 72



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Pendingin Mesin	6
Gambar 2.2 Pendinginan udara.....	7
Gambar 2.3 Prinsip Sirkulasi Alamiah.....	8
Gambar 2.4 Sirkulasi Alamiah Pada Mesin	8
Gambar 2.5 Sirkulasi Dengan Tekanan.....	9
Gambar 2.6 Radiator	10
Gambar 2.7 Kerja Sistem Pendingin Keadaan Mesin Dingin	11
Gambar 2.8 Kerja Sistem Pendingin Keadaan Mesin Panas	12
Gambar 2.9 Gambar Radiator.....	13
Gambar 2.10 <i>Water Coolant</i>	13
Gambar 2.11 Tutup Radiator	14
Gambar 2.12 Tangki Cadangan	15
Gambar 2.13 Pompa Air	15
Gambar 2.14 Kipas Pendingin.....	16
Gambar 2.15 <i>Water Jacket</i>	16
Gambar 2.16 <i>Thermostat</i>	18
Gambar 2.17 <i>Water Coolant</i>	19
Gambar 2.18 Selang Radiator	20
Gambar 2.19 Skema Perpindahan Panas Konduksi	21
Gambar 3.20 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.21 <i>Thermocouple</i>	33
Gambar 3.22 <i>Stopwatch</i>	34
Gambar 3.23 Gelas Ukur	34
Gambar 3.24 <i>Thermometer</i> Air Raksa	35

Gambar 3.25	Anemometer	.....	35
Gambar 3.26	Tschometer	.....	36
Gambar 3.27	Jangka Sorong	.....	36
Gambar 3.28	Meteran	.....	37
Gambar 3.29	Tool Set	.....	37
Gambar 3.30	Radiator	.....	38
Gambar 3.31	Flowmeter Type Tube	.....	38
Gambar 3.32	Air Mineral	.....	40
Gambar 3.33	Prestone	.....	41
Gambar 3.34	Topone	.....	42
Gambar 3.35	Air Mineral	.....	42
Gambar 4.1	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian η_{th}	.....	67
Gambar 4.2	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian BB	....	68
Gambar 4.3	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian sfc	... 70	
Gambar 4.4	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap torsi	.....	71
Gambar 4.5	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap daya	.....	73

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Q_{air}	Debit aliran fluida radiator	(m^3/s)
V	Volume aliran fluida radiator	(m^3)
T	Waktu	(s)
V_a	Kecepatan aliran fluida radiator	(m/s)
A_{pipa}	Luas penampang pipa radiator	(m^2)
$A_{radiator}$	Luas penampang radiator	(m^2)
$D_{in,pipa}$	Diameter pipa dalam	(m)
L	<i>Lengthy</i> (panjang)	(m)
W	<i>Width</i> (lebar)	(m)
ρ_a	Massa jenis fluida radiator	(kg/m^3)
U	Koefisien perpindahan menyeluruh	(W/m^2)
h_i	Koefisien perpindahan panas pada fluida radiator	(W/m^2)
h_o	Koefisien perpindahan panas pada udara	(W/m^2)
\dot{q}_a	Laju perpindahan panas fluida radiator	(W)
lm	<i>Log mean temperature difference</i>	$()$
a	Laju aliran massa fluida radiator	(kg/s)
u	Laju aliran massa udara	(kg/s)
C_{pa}	Kalor spesifik fluida radiator	$(J/kg. ^\circ C)$
C_{pu}	Kalor spesifik udara	$(J/kg. ^\circ C)$
ΔT_h	Selisih temperatur fluida radiator	$()$
$t_1 = T_{h,out}$	Temperatur aliran fluida keluar radiator	$(^\circ C)$

$t_2 = T_{h.in}$	Temperatur aliran fluida yang masuk radiator	(°C)
$T_1 = T_{c.in}$	Temperatur udara masuk yang di depan radiator	(°C)
$T_2 = T_{c.out}$	Temperatur udara keluar yang di belakang radiator	(°C)
ε	Efektivitas radiator	-
\dot{q} aktual	Laju perpindahan panas <i>actual</i>	(W)
\dot{q}_{max}	Laju perpindahan panas maksimum	(W)
$C_c = C_{min}$	Laju kapasitas udara	(W/°C)
C_h	Laju kapasitas fluida radiator	(W/
C_c	Laju kapasitas udara	(W/°C)
$C_{min} = C_h$	Laju kapasitas minimum dari udara	(W/°C)
C_{max}	Laju kapasitas maksimum fluida radiator	(W/°C)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LatarBelakang

Mobil adalah kendaraan bermotor yang menggunakan mesin diesel 2775cc yang banyak digunakan untuk kegiatan sehari-hari. Salah satu cara untuk memperpanjang umur kendaraan dalam menggunakan kendaraan adalah dengan menjaga temperatur pada temperatur mesin. Temperatur pada mesin pada suatu kendaraan sangat berpengaruh terhadap performa mesin kendaraan tersebut yang secara tidak langsung mempengaruhi kelancaran aktivitas sehari-hari. Overheating adalah kondisi dimana temperatur mesin melebihi batas normal. Overheating normal juga dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada komponen mesin dan menurunkan performa mesin pada kendaraan (Adika Nur Sandrayanto, 2017).

Sistem pendingin pada kendaraan bermotor memiliki keunggulan yang sangat penting. Sistem pendingin digunakan untuk menjaga dan menstabilkan suhu di dalam kendaraan. Menjaga suhu mesin juga dapat mencegah terjadinya panas berlebih, dan pengerjaan mesin dilakukan pada kendaraan bermotor. Apalagi dengan kendaraan roda empat (Ade Irfan S, 2007).

Radiator menggunakan water coolant sebagai fluida kinerja yang menyerap panas dari mesin. Panas yang dihasilkan di ruang bakar dan silinder saat gas dibakar sebagian diserap oleh selubung air, yang dapat melakukan ini. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya lapisan air pendingin (water jacket) yang

bersirkulasi melalui media dinding silinder dan ruang bakar. Kalor yang diserap water jacket dari water jacket memiliki nilai titik didih yang berbeda. Pendingin air dengan nilai titik didih yang lebih rendah, namun cenderung mendidih dan lebih cepat menguap, berdampak lebih besar terhadap efektivitas pendingin (Dr. Hasan Maksum, MT, 2017).

Menurut penelitian sebelumnya (Gatot Soebiyakno, 2012) yang meneliti tentang pengaruhnya penggunaan terhadap *water coolant* dengan *performance* mesin diesel. Penelitian ini dilakukan Menurut penelitian sebelumnya (Gatot Soebiyakno, 2012) yang meneliti pengaruh penggunaan pendingin air terhadap kinerja mesin diesel. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mesin diesel berkapasitas 2.775 cc. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan berbagai variasi jenis *water coolant* akan mempengaruhi nilai parameter tersebut dari performa mesin.

Dengan latar belakang diatas maka judul Tugas Akhir ini diberi judul “Pengaruh Efektifitas Cooler Jenis Coolant Terhadap Performa Mesin Diesel 2.775 cc”. Menggunakan mesin diesel dengan kapasitas 2775cc. Hasil penelitian menyimpulkan dalam penggunaan beberapa variasi jenis *water coolant* yang akan mempengaruhi nilai parameter tersebut dari unjuk kerja pada mesin tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis mengangkat judul penelitian tugas akhir “Pengaruh Efektivitas Radiator Berdasarkan Jenis *Coolant* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2775cc”

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah

1. Apa pengaruh dari variasi jenis *water coolant* yang terhadap

efektifitas radiator pada mesin Diesel dengan variasi putaran mesin (1000,1500,2000,dan 2300)rpm.

2. Apa pengaruh dari variasi jenis *watercoolant* yang berbeda terhadap koefisien perpindahan panasmenyeluruh.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh dari variasi jenis *water coolant* yang berbeda terhadap efektifitas radiator pada mesin Diesel dengan variasi putaran mesin (1000, 1500, 2000,dan 2300)rpm.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi *water coolant* terhadap koefisien perpindahan panas menyeluruh.
3. Untuk mengetahui jenis *water coolant* yang baik pada radiator.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil dari performa mesin yang lebih baik dari penggunaan terhadap jenis *water coolant* yang tersedia dipasaran.

1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan banyak terjadinya permasalahan-permasalahan yang akan muncul. Oleh karna itu penulis membatasi penelitian ini, agar tidak menyimpang dari materi pembahasan. Dimana pembahasan meliputi:

1. Pengujian dalam waktu 15 menit pada setiap variasi putaran dari masing-masing *water coolant* yang digunakan termasuk air mineral.
2. Pengujian meliputi uji koefisien perpindahan panas menyeluruh dan mencari efektifitas pada setiap jenis dari *water coolant* yang digunakan,

termasuk air mineral dengan melihat temperatur dari masing-masing fluida.

1.6. Sistematika Penulisan

Agar penyusunan laporan ini dapat dipahami maka penulis menyusun bagian-bagian tersebut antara lain sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini akan menjelaskan tentang teori dasar yang berhubungan tentang sistem pendingin.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini akan membahas diagram alir, alat dan bahan, waktu tempat penelitian.

Bab IV Hasil Pengujian dan Analisa

Bab ini akan menjelaskan tentang data hasil penelitian, hasil perhitungan prestasi mesin diesel.

Bab V penutup

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran

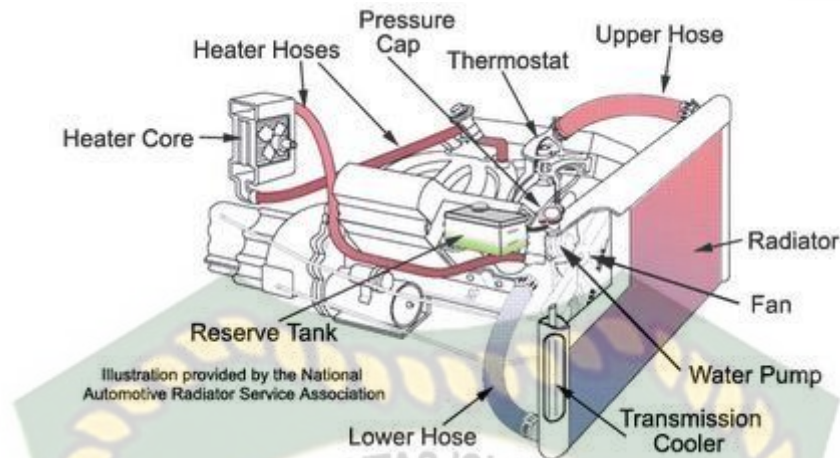
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pendingin

Sistem pendingin merupakan salah satu jenis rangkaian yang juga dapat digunakan untuk mengatasi overheating (panas berlebih yang dihasilkan mesin) agar mesin dapat bekerja dengan baik. Mesin kendaraan yang menggunakan sistem pembakaran untuk melakukan proses pembakaran untuk menghasilkan energi, dan mekanisme mesin tersebut mengubah panas yang dihasilkan menjadi gerakan. Panas berlebih yang ditimbulkan oleh mekanisme mesin berdampak buruk pada kondisi mesin. Ini menyebabkan panas berlebih. Jika mesin tidak didinginkan, dikhawatirkan akan mengakibatkan performa mesin menurun, efisiensi bahan bakar menurun bahkan kerusakan pada komponen mesin. Untuk mencegahnya, digunakan sistem pendingin pada mesin kendaraan.

Berdasarkan penelitian Ade Irfan S, 2007 yang menyatakan bahwa analisis pada sistem mesin panther ISUZU yang akan datang menyimpulkan bahwa salah satu faktor yang dapat menopang umur mesin yang lama adalah kondisi sistem pendingin atau sistem pendinginnya di mesin yang bekerja sebaik mungkin. Dengan sistem pendingin yang berfungsi dengan baik, risiko mesin dapat dikurangi. Saat panas yang dihasilkan oleh pembakaran meningkat temperatur yang sangat tinggi yang cenderung mengubah sifat dan bentuk komponen mesin.



Gambar 2.1. Sistem Pendingin Mesin

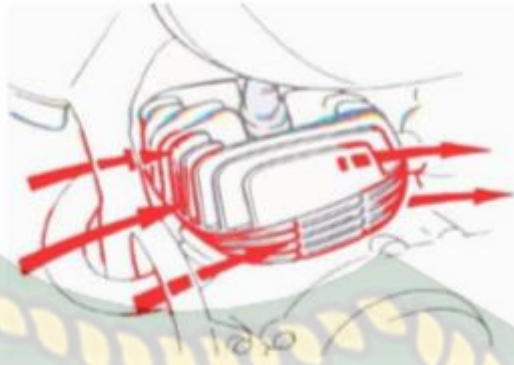
(Sumber: Susilo, 2019)

2.2. Jenis-jenis Sistem Pendingin

Berdasarkan cara kerja sistem pendingin kendaraan dibedakan menjadi dua bidang yaitu sistem pendingin dengan pendingin udara (air cooling motor) dan sistem pendingin air (water cooling). Sistem pendingin yang digunakan untuk mobil menggunakan sistem pendingin air. Setiap jenis sistem pendingin memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, disesuaikan dengan tujuan penggunaan mesin kendaraan (Soekardi, 2005).

2.2.1 Sistem pendinginan udara (air cooling engine)

Berdasarkan cara kerja sistem pendingin kendaraan dibedakan menjadi dua bidang yaitu sistem pendingin dengan pendingin udara (air cooling motor) dan sistem pendingin air (water cooling). Sistem pendingin yang digunakan untuk mobil menggunakan sistem pendingin air. Setiap jenis sistem pendingin memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, disesuaikan dengan tujuan penggunaan mesin kendaraan (Soekardi, 2005).



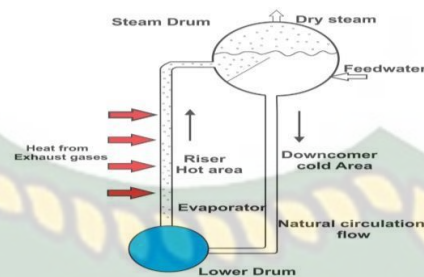
Gambar 2.2 Pendinginan udara
(Sumber : Susilo, 2019)

2.2.1.1 Sirkulasi Secara Alami (Natural Circulation)

Sistem pendinginan jenis ini terjadi diakibatkan oleh perbedaan massa jenis air yang telah panas dan air yang masih dingin, maka air yang telah panas akan menempati bagian atas dari tangki dan mendesak air yang berada di atasnya segerah mengalir ke pipa, air yang mengalir memasuki bagian bawah dari tangki setelah dipanaskan air akan mengalir ke atas. (Maleev, 1992: 387).

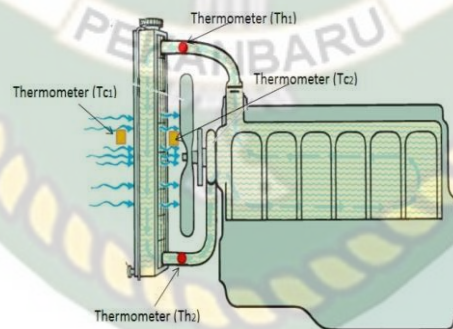
Air yang berada didalam tangki pada mesin disamakan dengan air yang berada pada mantel- mantel air. Panas diambil dari panas hasil pembakaran, sedangkan radiator dipakai untuk mengubah air yang panas menjadi dingin. Air panas yang berada didalam mantel-mantel air dipanaskan oleh panas pembakaran diruang bakar dan diselinder sehingga air tadi akan menyerap panas dan temperatur akan naik mengakibatkan turunnya berat jenis. Air panas akan didesak keatas oleh air yang masih dingin dari radiator sehingga akan mengalir kebagian atas radiator yang selanjutnya akan turun panasnya karena telah dibuang sebagian pada radiator. Pada saat yang bersamaan dengan turunnya air pada radiator

terjadi pembuangan panas yang besar sehingga mempercepat turunya air pada radiator, panas dan air yang masih dingin seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.3. Prinsip Sirkulasi Alamiah
(Sumber : Ahmed, Elhosseini, & Ali, 2018)

Itu tidak bisa lagi diproduksi dalam siklus alami karena peredarannya membutuhkan waktu lebih dari waktu lama. Kemudian sirkulasi paksa (forced sirkulasi) dengan bantuan pompa digunakan untuk mengedarkan cairan darah. Artinya sistem pendingin pada radiator secara alami juga bersirkulasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Sirkulasi Alamiah Pada Mesin
(Sumber: Saragih, 2017)

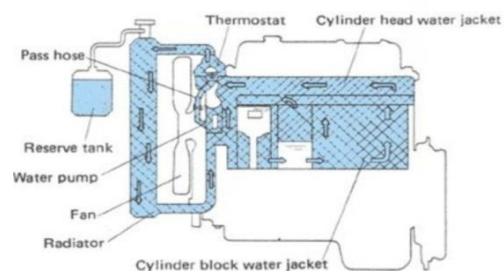
2.2.1.2 Sirkulasi Dengan Tekanan

Sirkulasi alami di radiator dapat terjadi karena cairan di waterjacket meningkatkan suhunya seiring waktu karena dipanaskan oleh hasil pembakaran di bagian silinder. Sehingga densitasnya turun dan

mendorong air panas ke atas karena disebabkan oleh cairan dingin dari cooler. Pada cairan panas, temperatur di dalam radiator menurun karena kipas sistem pendingin menarik udara di depan radiator, agar panas mudah diserap radiator, sehingga panas dalam cairan turun.

Jenis sirkulasi ini hampir sama dengan jenis sirkulasi, hanya saja ditambahkan pompa air untuk mempercepat sirkulasi air pendingin. Pompa air ini mengalir ke mesin, yang didorong oleh pompa. Beberapa terletak di saluran antara mesin dan sirkulasi pendingin. Sirkulasi semacam ini disebabkan karena dapat berlangsung sempurna, dan air di dalam mantel lapisan air tetap penuh tanpa gelembung udara. Jenis sirkulasi ini memiliki kecenderungan yang sangat kecil untuk mendidihkan air, karena tekanannya melebihi tekanan atmosfer, yang berarti titik didihnya jauh diatas 100 °. (Maleev, 1982: 388).

Sirkulasi dibawah tekanan yang sama disebut juga dengan prinsip sirkulasi alami. Pada rangkaian dengan tekanan disebut rangkaian, yang dipercepat oleh putaran kipas dan pompa, sehingga air bersirkulasi di dalam sistem pendingin radiator. Karena kipas selalu membuang panas dari radiator, suhu cairan turun ke suhu kerja normal di mesin. Bentuk sirkulasi pada tekanan normal ditunjukkan pada Gambar di bawah.



Gambar 2.5.Sirkulasi Dengan Tekanan
(Sumber : Prasetyadi Juan, 2017)

2.2.1. Sistem Pendinginan air (*water coolingengine*)

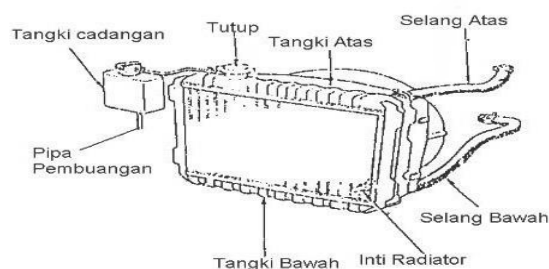
Sistem pendingin mesin dengan air yang digunakan pada radiator sebagai alat penukar kalor. Energi panas yang dihasilkan oleh ruang bakar ditransfer ke udara pendingin disekitar ruang bakar dan silinder. Air yang kondisinya panas mengalir mengalir ke bagian radiator. Udara yang diteruskan melalui pipa-pipa pada radiator namun panasnya dipindahkan ke radiator sirip dimana panas dilepaskan ke udara. Kemudian air pun kembali ke mesin.

Namun sistem pendinginan udara mempunyai keuntungan antara lain:

1. Pendinginannya cukup merata.
2. Lebih nyaman karena getaran yang dihasilkan lebih kecil.
3. Pengontrolan pada suhu pendingin dalam sistem ini akan lebih mudah

karena sistem udara disebabkan pada sistem pendingin terdapat thermosta terdapat beberapa kerugian pada sistem pendinginan air antara lain:

1. Konstruksi yang lebih rumit.
2. Memakan tempat yang lebih banyak.
3. Dengan harga yang relatif lebih mahal.
4. Dibutuhkan perawatan yang lebih khusus.



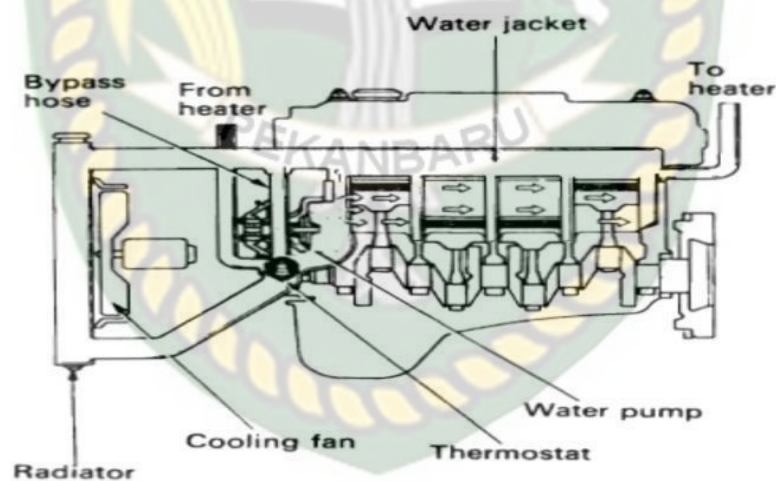
Gambar 2.6. Radiator
(Sumber: Zinomeza, 2019)

2.3. Cara Kerja Sistem Radiator

Operasi yang tertunda pada mesin menjadi dua kondisi saat mesin dingin dan juga saat mesin panas.

2.3.1. Pada Saat Mesin Dingin.

Saat mesin dalam keadaan dingin, cairan hanya bisa muncul di mesin tanpa terkena radiator. Namun, udara bersirkulasi di mesin cuci dengan bantuan pompa air dengan mengarahkan selang melalui radiator (seperti yang ditunjukkan panah pada gambar) saat bagian motor masih dalam keadaan termostat. Air Pae dan Dinga Proses ini bertujuan untuk mencapai kecepatan. Mesin dengan mencapai suhu kerja normal sekitar 75-90 ° C (Arizal Rizqi K, 2015)



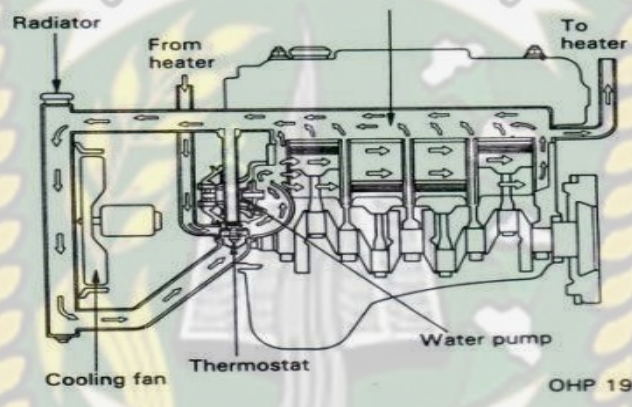
Gambar 2.7. Kerja Sistem Pendingin Keadaan Mesin Dingin

Sumber : (Isuzu panter motor, 1991)

2.3.2. Pada Saat Mesin Panas.

Setelah mesin menjadi panas dan melebihi suhu operasi normal mesin (kira-kira 80 - 90 °C), termostat terbuka dan katup bypass ditutup.

Sehingga air pada radiator yang menyerap panas pada water jacket didukung dengan bantuan water pump, air dipompa ke dalam keadaan di area radiator, untuk didinginkan dengan bantuan putaran baling-baling yaitu kipas angin. Selain itu cairan yang didinginkan oleh radiator menjadi dingin. Tetapi tekanan kembali dari pompa air ke water jacket untuk mendinginkan mesin dan seterusnya sampai temperatur turun kembali sehingga thermostat menutup kembali.



Gambar 2.8. Kerja Sistem Pendingin Keadaan Mesin panas
Sumber : (Isuzu panter 1991)

2.4. Komponen-komponen Sistem Pendingin

Sistem pendingin mesin Isuzu Panther 2775cc terdiri dari beberapa komponen media. Komponen yang digunakan untuk mengoptimalkan sistem pendingin mesin Isuzu Panther 2775cc antara lain:

2.4.1. Radiator

Radiator yang memiliki fungsi untuk membuang yang ada pada air yang bersirkulasi didalam mesin melalui bagian sirip- sirip yang ada pada radiator.



Gambar 2.9. Gambar Radiator

2.4.2. Air Radiator (*water coolant*)

Air pendingin merupakan fluida kerja yang digunakan dalam sistem pendingin untuk menyerap panas berlebih yang dihasilkan oleh mesin kendaraan. Kandungan air yang lebih dingin sangat mempengaruhi keefektifan dari pendingin tersebut.



Gambar 2.10. *water coolant*

2.4.3. *Water Temperature Switch*

Sakelar suhu air dipasang di Intel di depan termostat. Fungsi alat ini adalah untuk mengukur temperatur mesin. Alat ini akan membantu menurunkan kerja thermostat pada dashboard dan membuka thermostat.

2.4.4. Tutup Radiator

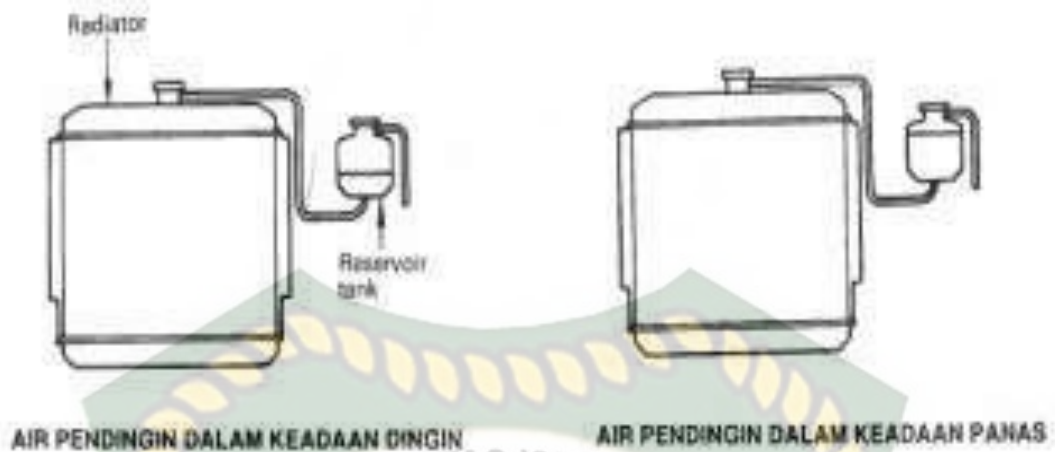
Tutup radiator merupakan komposisi yang memiliki fungsi sangat penting. Tutup radiator mencegah kebocoran pada bagian radiator. Tutup radiator juga mengurangi tegangan pada radiator agar tidak menimbulkan kerusakan akibat tekanan yang berlebihan.



Gambar 2.11. Tutup Radiator

2.4.5. Tangki Cadangan (Reservoir Tank)

Cairan panas masuk ke radiator, meningkatkan suhu dan tekanan di radiator, dan menyebabkan air mengembang. Ketika tekanan dan suhu melebihi batas kapasitas yang dapat ditampung tutup radiator, maka kelebihan cairan akan mengalir ke tangki cadangan radiator. Ketika tekanan dan suhu turun, cairan kembali ke pendingin. Hal ini diperlukan guna mengantisipasi pemborosan cairan secara gratis.

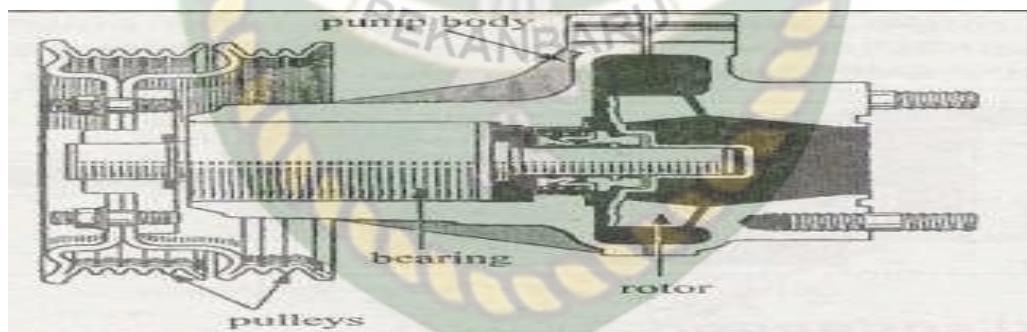


Gambar 2.12. Tangki Cadangan

(Sumber : Zinomeza,2019)

2.4.6. Pompa Air (*waterpump*)

Fungsi pompa air adalah memompa air ke radiator agar bisa mengalir ke saluran pengangkat air sehingga air dapat menyerap panas dari mesin. Pompa air sangat penting karena kelancaran sirkulasi air pada sistem pendingin.



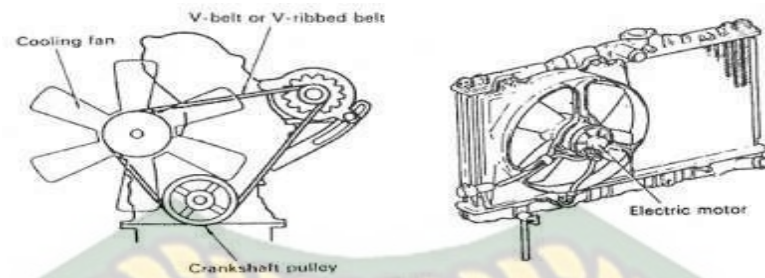
Gambar 2.13. Pompa Air (*Water Pum*

Sumber: (Isuzu Panter 1991)

2.4.7. Kipas pendingin

Kipas angin yang bekerja sangat membantu dalam mendinginkan air yang masuk ke radiator. Kipas menghembuskan udara dari bagian belakang pendingin. Angin juga menghembuskan bagian-bagian sirip pada radiator

untuk menurunkan suhu air radiator.



Gambar 2.14. Kipas Pendingin
(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

2.4.8. Mantel Pendingin (*waterjacket*)

Lapisan pendingin mesin Isuzu Panter mengelilingi silinder dan kepala silinder, secara efektif mendinginkan bagian pendingin silinder dan bagian dari ruang bakar. Lapisan pendingin pada kepala silinder dan blok silinder terhubung langsung ke bagian atas tangki pendingin. Air mengalir dan dapat menyerap panas kerja mesin dari water jacket. Air yang terus mengalir dan menyerap panas, sehingga suhu kerja mesin menjadi lebih normal.



Gambar 2.15. *Water Jacket*

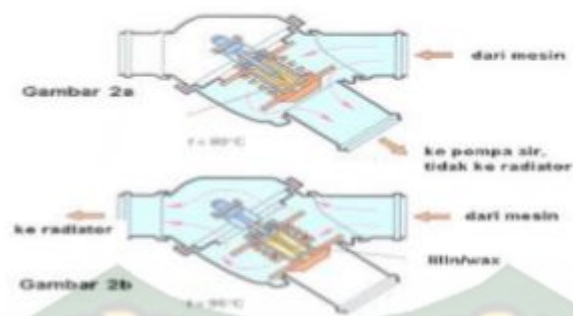
(Sumber : http://ejournal.politeknikmuhpkl.ac.id/index.php/surya_teknika)

2.4.9 *Thermostat*

Thermostat digunakan untuk menutup dan membuka sirkulasi cairan

di dalam *cooler*. *Termostat* berupa sejenis katup otomatis yang bekerja berdasarkan pengaruh suhu cairan pendingin pada selubung air, dan *termostat* biasanya dipasang pada saluran cairan panas yang keluar dari kepala silinder. *Thermostat* sangat sensitif terhadap kotoran, *thermostat* bisa langsung berhenti bekerja karena terjebak di debu, kotoran atau pasir. Saat mesin dalam keadaan dingin, *thermostat* menutup untuk mempercepat proses pemanasan cairan di water jacket. Setelah mencapai suhu kerja mesin atau *thermostat* antara 80 dan 90°C (derajat Celcius), *thermostat* bekerja seperti katup otomatis berdasarkan suhu cairan (Wiguna RC, 2018). Proses kerja *termostat*:

Saat mesin baru hidup, suhu radiator masih dingin, *thermostat* masih tertutup, dan air di radiator yang dipompa oleh pompa air masuk ke bagian samping silinder atau water jacket di sekitar silinder dan masuk ke kepala silinder. Air pendingin kembali dari kepala silinder, karena dipompa oleh pompa air, melalui saluran bypass menuju pompa air, dimana lubang bypass dengan pompa air masih terbuka karena katup bypass pada *thermostat* belum menutup saluran bypass. Pertama, perbedaan antara saluran bypass dan katup bypass harus dipahami. Saluran bypass diblokir oleh motor, sedangkan katup bypass adalah termostatis. Ketika saluran bypass ditutup oleh *termostat* katup bypass, katup utama termostat segera terbuka dan air mengalir keluar dari radiator, yang telah didinginkan oleh kipas di radiator untuk mendinginkan mesin.



Gambar 2.16 *Thermostat*
(Sumber : Bintoro, 2014)

2.4.10. Coolant (Cairan Pendingin)

Coolant adalah cairan pendingin yang menjaga seluruh sistem pendingin radiator, cairan pendingin memiliki titik beku rendah dan titik didih tinggi, yang mencegah mesin dari panas berlebih. Hal ini dapat dibuktikan dalam penelitian (Saragih, 2017) semakin tinggi nilainya. Coolant juga melindungi logam sistem pendingin seperti kuningan, tembaga, baja, besi, dan aluminium dari korosi. Coolant adalah pendingin premium, campuran 30% pekat dengan 70% air murni tanpa ion mineral dan terdiri dari etilen glikol dan zat adiktif yang seimbang. Pendingin memiliki kandungan silikat rendah yang bebas dari nitrit, amina, dan zat. Teknologi pendinginan ini menekankan pada efisiensi, performa, dan umur mesin. Pendingin memiliki nilai internasional ASTM D 3306 dan JIS K 223 seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut. Tabel Spesifikasi *Edditive Coolant* (pertamina, 2011)

Tabel 2.1 Spesifikasi *Additive Coolant* (Pertamina, 2011)

Characteristics	Specification	PERTAMINA COOLANT
Density at 20°C, g/cm ³	min 1.112	1.129
Boiling Point, °C	min 155	165
Foaming Property, ml	max 4	0
Water Content, %	max 5.0	4.2
pH Value	7.0 to 11.0	7.9
Freezing Point, °C		
50 vol%	max -34.0	-36.6
30 vol%	max -14.5	-15.7

Adapun keunggulan dari *coolant* yaitu (pertamina, 2011):

- Sifat perpindahan panas yang lebih baik.
- Siap digunakan dan tidak perlu dijual eceran untuk pengisian dan penambahan pertama.
- Titik didih tinggi untuk mencegah mesin kendaraan dari panas berlebih.
- Menjaga suhu mesin kendaraan tetap stabil untuk performa mesin yang optimal.
- Memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap korosi.



Gambar 2.17. *Water Coolant*
(Sumber: Soebiyakto Gatot, 2012)

2.4.11. Selang Radiator

Selang radiator yang sering digunakan terbuat dari karet tahan panas. Bagian selang yang dapat menahan panas memungkinkan air dengan suhu yang sangat tinggi bersirkulasi dengan baik. Selang tersebut tidak hanya tahan suhu, tetapi juga harus tahan terhadap getaran mesin.



Gambar 2.18. Selang Radiator

2.5 Mekanisme Perpindahan Energi panas

Secara umum energi adalah kemampuan untuk berbisnis atau bekerja. Energi adalah besaran yang tidak berubah, artinya energi tidak dapat diciptakan untuk dimusnahkan, tetapi energi tersebut dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Energi biasanya berpindah dari zat bersuhu tinggi ke zat bersuhu rendah. Secara umum mekanisme perpindahan panas dibedakan menjadi tiga jenis yaitu konduksi, konveksi dan radiasi (Dermawan RM, 2013).

2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi termal adalah perpindahan panas yang terjadi pada benda padat sebagai akibat dari benda bersuhu atau perpindahan panas yang terjadi melalui kontak langsung dengan benda yang relatif diam tanpa ukuran molekul yang cukup besar. Untuk konduksi kalor

menurut hukum Fourier adalah nama seorang matematikawan, fisikawan Perancis bernama Joseph Fourier, yang menemukan persamaan konduksi kalor. Dalam konduksi termal, perpindahan panas dipengaruhi oleh nilai k (konduktivitas termal suatu benda). Semakin tinggi nilai k , semakin cepat perpindahan panas terjadi. K diartikan sebagai kemampuan suatu bahan atau benda untuk menghantarkan panas.

$$q_{cond} = -k \frac{dT}{dx} A \quad \text{Pers.21}$$

Dimana:

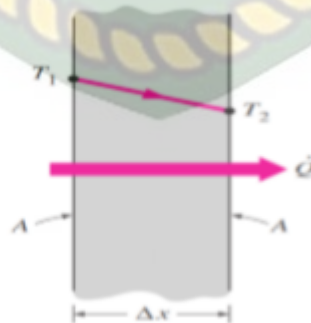
q_{cond} = perpindahan panas konduksi (W)

K = Konduksi termal suatu benda (W/m. °C)

A = Luas penampang (m²)

$\frac{dT}{dx}$ = Tempat gradien (W/m)

(-) = Perpindahan temperatur tinggi ke temperatur rendah



Gambar 2.19 Skema Perpindahan Panas Konduksi

(Sumber : Yunus A. Cengel, 2004)

Berapa bahan mempunyai nilai konduktivitas yang berbeda-beda dari masing- masing jenis bahan seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Konduktivitas Termal beberapa bahan(Yunus A.Cengel, 2004)

<i>Konduktivitas Termal dari beberapa bahan pada temperatur ruang</i>	
Bahan	<i>Konduktivitas Termal, k (W/m.°C)</i>
Berlian	2300
Perak	429
Tembaga	401
Emas	317
Aluminium	237
Besi	80.2
Air raksa	8.54
Kaca	0.78
Bata	0.72
Air	0.613
Kulit manusia	0.37
Kayu	0.17
Helium	0.152
Karet lunak	0.13
Serat kaca	0.043
Udara	0.026
Urethane, Busa kaku	0.026

2.6. Perpindahan Panas Pada Radiator

Secara umum mekanisme perpindahan panas dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu selama konduksi alami dan konveksi paksa. Jika konveksi alaminya cembung, hal itu mungkin disebabkan oleh gaya apung karena ada perbedaan massa jenis yang disebabkan oleh fluktuasi suhu dalam zat cair. Sedangkan

forced connection biasanya terjadi pada saat aliran disebabkan oleh gaya luar seperti kipas angin, pompa atau angin atmosfer (Dermawan RM, 2013).

Karena perpindahan panas yang terjadi pada bagian yang lebih dingin merupakan konveksi paksa, maka perpindahan panas yang terjadi pada bagian yang lebih dingin dipengaruhi oleh gaya dari luar. Panas dari air yang lebih dingin dihamburkan oleh semburan udara yang dapat dihasilkan oleh pergerakan kipas.

2.7. Metode Perhitungan Nilai Efektifitas Radiator (ϵ) dan Laju Perpindahan Panas

Keefektifan radiator adalah kemampuan radiator dalam menyerap panas dari air yang bocor dari dalam mesin atau kemampuan radiator untuk mendinginkan mesin sehingga temperatur mesin juga dapat terjaga dalam keadaan sangat stabil. Efektivitas radiator berdampak besar pada sistem pendingin, dimana suhu air yang keluar dari radiator tidak lebih tinggi atau sama dengan suhu air yang masuk ke mesin. Persamaan nilai efektifitas pada cooler adalah:

2.7.1. Perhitungan Untuk Mencari Efektivitas Radiator

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

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:

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

ε = Efektivitas radiator

T_C = Suhu udara didepan radiator (°C)

T_{C2} = Suhu udara dibelakang radiator (°C)

T_{H1} = Temperatur air yang masuk radiator (°C)

2.7.2 Panas Radiator Yang Diserap Oleh Udara

Besarnya kalor dari cooler merupakan nilai yang menunjukkan besarnya kalor pada air cooler yang diisap oleh kipas. Persamaan yang digunakan untuk menghitung adalah:

$$q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{C2} - T_{C1})$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas pada radiator (W)

\dot{m} = Laju aliran massa

udara (kg/s)

C_p = Kalor spesifik udara (Kj/kg.°C)

T_{C2} = Temperatur udara dibelakang radiator (°C)

T_{C1} = Temperatur udara didepan radiator (°C)

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

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v$$

Dimana:

$$P = \text{Massa jenis udara (kg/m}^3\text{)}$$

$$A = \text{Luas permukaan inti radiator (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran udara (m/s)}$$

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

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

Dimana:

Untuk perhitungan counter flow

$$\Delta T_1 = T_{h.in} - T_{c.out}$$

$$\Delta T_2 = T_{h.out} - T_{c.in}$$

Untuk perhitungan *parallel flow*

$$\Delta T_1 = T_{h.in} - T_{c.in}$$

$$\Delta T_2 = T_{h.out} - T_{c.out}$$

Dimana :

$T_{h.out}$ = Temperatur

air panas keluar ($^{\circ}\text{C}$) $T_{h.in}$ = Temperatur

air panas masuk ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{c.in}$ = Temperatur udara masuk ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{c.out}$ = Temperatur udara keluar ($^{\circ}\text{C}$)

Laju aliran panas

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Dan

$$\dot{q} = U \cdot A_s \cdot \Delta T_{lm}$$

Maka untuk mencari A_s dan U bisa menggunakan persamaan (Sumber: Wiranto, 1998)

Dibawah ini:

$$A_s = \frac{\dot{q}}{U \cdot \Delta T_{lm}}$$

$$U = \frac{\dot{q}}{A_s \cdot \Delta T_{lm}}$$

Dimana:

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

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

C_p = Kalorspesifik (Kj/kg.°C)

ΔT = Selisih temperatur (°C)

U = Koefisien perpindahan panasmenyeluruh (W / m²)

A_s = Luas penampang (m²)

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

Unjuk Kerja Motor Bakar Solar

Prestasi motor menunjukkan kinerja pada motor. Dalam analisa motor bakar solar ada beberapa parameter prestasi yang harus dihitung, diantaranya daya poros efektif (N_e), tekanan efektif rata-rata (p_e), laju aliran massa udara (m_u), perbandingan bahan bakar udara (F/A), efisiensi volumetric (η_v), dan efisiensi termal (η_{th}).

2.7.3. Torsi(T)

Torsi yaitu kemampuan mesin untuk melakukan kerja dari kondisi diam sampai bergerak, sehingga torsi disebut suatu energi. Torsi biasanya digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berbeda putaran yang dihasilkan pada porosnya. Torsi atau momen putaran pada motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends & Berenschot 1980).

Rumus

torsi :

$$T = F$$

x r

Dima

na :

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

$$F = \text{Gaya (N)}$$

$$r = \text{pajang lengan / jarak benda ke pusat torsi (m)}$$

2.7.4 Daya Poros atau Daya efektif (Ne)

Daya mesin adalah daya efektif poros yang dipakai untuk mengatasi beban pada mesin. Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa pada motor. Pengertian dari sumber daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. Sebagai satuan daya dipilih watt (Arends & Berenschot, 1980), maka daya efektifnya adalah:

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} (\text{kW})$$

Dimana:

N_e : Daya Efektif (Watt)

T : Torsi (Nm)

n : Putaran (rpm)

2.7.5. Tekanan Efektif Rata- Rata (p_e)

Tekanan yang efektif rata- rata diidentifikasi sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap torak sepanjang langkahnya untuk bisa menghasilkan kerja persiklus.

$$P_e = \frac{N_e}{V_L \times z \times n \times a}$$

Dimana :

P_e = Tekanan efektif rata-rata
(kPa)

N_e = Daya poros efektif(kW)

Z = Jumlahselinder

n = Putaran poros(rpm)

a = Jumlah siklus per putaran

= 1 untuk motor 2 langkah

= ½ untuk motor 4 langkah

V_1 =Volume langka torak (cm^3)
=luas permukaan torak x panjang langkah torak
= 0,785. D^2 . S

D = Diameter torak (mm)

S = Panjang langkah torak (mm)

(Sumber: Wiranto,1998)

2.7.6. Pemakaian Bahan Bakar(mf)

Konsumsi pada bahan bakar dihitung untuk menentukan waktu yang akan dibutuhkan oleh motor bakar untuk pemakaian bahan bakar dalam satuan volume yang akan dipengaruhi oleh massa jenis bahan bakar tersebut. Untuk menghitung pemakaian bahan bakar digunakan saat persamaan di bawah ini. (Sumber :Modul .2015. Praktikum Fenomena dan Prestasi Mesin. Pekanbaru : Laboratorium Konversi Energi Teknik MesinUIR).

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times 3600 \left(\frac{kg}{jam} \right)$$

Dimana:

\dot{m}_f : laju aliran bahan bakar kg/jam)

V_{bb} : Volum bahan bakar(cc)

t : Waktu(second)

ρ_{bb} : Massa jenis bahan bakar (kg/m³)

2.7.7. Pemakaian Bahan Bakar Specific(Sfc)

Pemakaian terhadap bahan bakar specific adalah unjuk kerja yang berhubungan dengan nilai ekonomis pada mesin. Pemakaian pada bahan bakar specific namun juga didefinisikan untuk sebagai banyaknya pada bahan bakar yang terpakai per jam untuk menghasilkan setiap nya kW daya pada motor. Namun dengan hal ini dapat juga diperhitungkan jumlah dari bahan bakar yang Digunakan untuk mesin untuk mendapatkan daya

dalam jarak waktu tertentu. Maka pemakaian terhadap bahan bakar spesifiknya:

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hp} \cdot \text{jam}} \right)$$

Sfc = Pemakaian bahan bakar spesifik(kg/Kw.h)

• = Jumlah pemakaian dari pembakaran(kg/s)

N_e = Daya efektif (Watt)

Dimana: \dot{m}_f = laju aliran massa bahan bakar(kg/s)

\dot{m}_u = Jumlah aliran massa udara yang digunakan(kg/s)

2.7.8. Efisiensi Thermal(η_{th})

Efisiensi terhadap termal menyatakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh terhadap jumlah energi bahan bakar yang diperlukan untuk jangka waktu tertentu.

Sebelum mencari efisiensi terhadap Thermal, terlebih dahulu kita akan cari nilai daya bahan bakar dengan persamaan dibawah ini:

$$NBb = \frac{\dot{m}_f \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right) \times \text{nilai kalor bahan bakar}}{1000} \quad kW$$

Dimana :

\dot{m}_f = pemakaian terhadap bahan bakar (kg/jam)

N_{Bb} = Nilai kalor bahan bakar(kkal/kg)

Efisiensi terhadap termal dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{N_{B \cdot \text{bakar}}} \cdot 100\%$$

Dimana:

η_{th} = Efisiensi keseluruhan(%)

N_e = Daya efektif (kW)

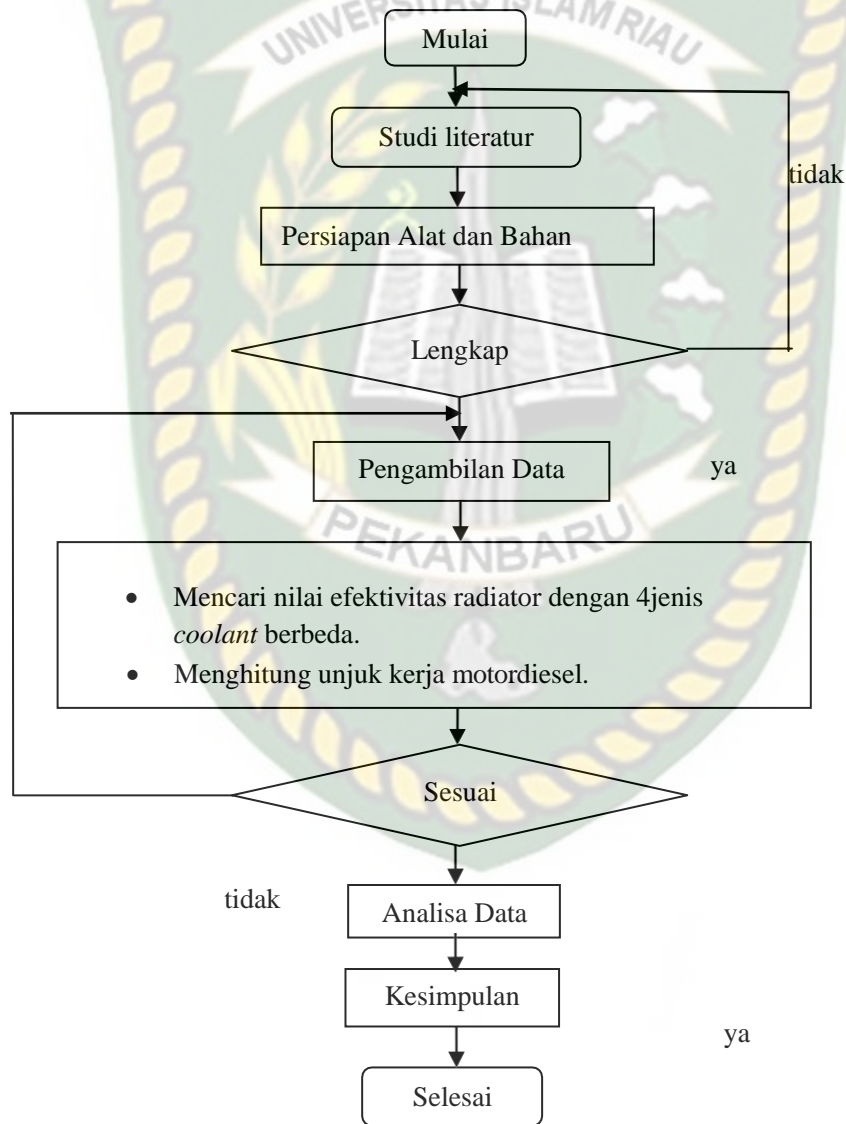
$N_{B.bakar}$ = Nilai kalor bahan bakar (kkal/kg)



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini tahapan-tahapan yang akan dilakukan, yang dapat dilihat pada bagian gambar 3.1. (Diagram alir penelitian).



Gambar 3.20 Diagram alir penelitian

3.2. Waktu dan tempat penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dan tempat alat pengujian ini adalah di laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan waktu pelaksanaannya dilakukan pada Juli 2020 sampai dengan selesai.

3.3. Alat dan bahan

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

3.3.1. Alat

1. *Thermocouple*

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



Gambar 3.21. *Thermocouple*

2. Stopwatch

Alat ini bisa digunakan bagi menghitung waktu yang diperlukan oleh mesin untuk menghabiskan bahan bakar untuk jumlah tertentu. Dimana saat waktu yang perlu digunakan ini diukur dalam satuan detik seperti dapat kita lihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3.22. *Stopwatch*

3. Gelas ukur bahanbakar

Untuk mengukur kuantitas pemakaian dari bahan bakar pada saat waktu pengujian digunakan yaitu gelas ukur. Gelas ukur yang digunakan yaitu gelas ukur dengan kapasitas isi sebanyak 1liter, yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.23. Gelas ukur

4. Thermometer airraksa

Thermometer mempunya sewaktu-waktu digunakan sebagai alat ukur suhu air yang masuk dan yang keluar pada aliran fluida radiator. Kebanyakan dipasang pada selang atas dan bawah radiator.



Gambar 3.24. *Thermometer* air raksa

5. Anemometer

Anemometer adalah alat yang digunakan saat untuk mengukur kecepatan udara didepan dan dibelakang pada bagian radiator. Dengan spesifikasi unit m/s,0-5860ft/min, 0-55 knots,0-90 km/hr ,0-65mph.



Gambar 3.25. *Anemometer*

6. Tachometer

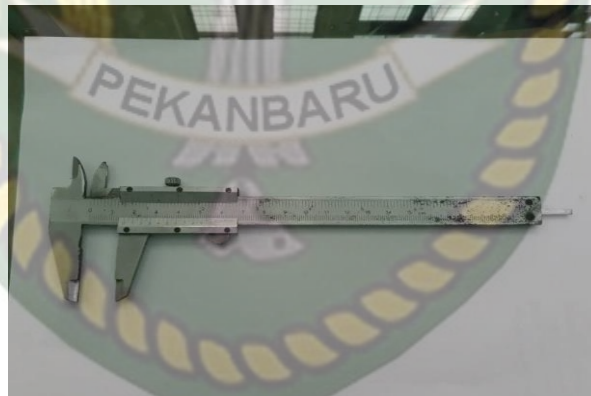
Tachometer adalah alat yang digunakan untuk menentukan berapa kecepatan pada putaran pada bagian mesin. Spesifikasi : Measurement photo Tachometer & Range 5to 99.999 RPM. Contact tachometer 0,5 to 19,999.



Gambar 3.26. Tachometer

7. Jangka sorong

Jangka sorong dapat digunakan untuk mengukur diameter dalam pada pipa radiator. Jangka sorong ini mempermudah pengukuran dengan skala 0-150 mm dengan tingkat akuransi hingga 0,05 mm.



Gambar 3.27. Jangka sorong

8. Meteran

Alat yang diberi nama meteran berguna untuk mengukur luas penampang pada areal radiator. Meteran ini memiliki solusi pengukuran dengan bidang yang panjang pengukuran dengan skala 0,3m.



Gambar 3.28. Meteran

9. ToolSet

Tool set digunakan untuk berbagai macam yang perlu diperbaiki *engine stand* saat sebelum diadakannya pengujian dan harus memastikan bahwa *engine stand* yang akan digunakan dalam kondisi yang stabil ketika pengambilan data.



Gambar 3.29. Tool set

10. Radiator

Radiator adalah alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air yang akan keluar dari mesin.



Gambar 3.30. Radiator

11. *Flowmeter Type Tube*

Flowmeter type tube adalah alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran fluida. Pada saat penelitian flowmeter dengan type tube yang sangat diperlukan karena dapat menghitung aliran debit dari air tersebut namun aliran fluida, untuk bisa nantinya menghitung kecepatan aliran pada fluida. Flowmeter ini terbagi dua satuan disisi kanan GPN (Galon permenit) dan di sisi kiri LPM (Liter per menit) untuk emper mudah dalam memilih dalam satuan yaitu:apakah GPN atau LPM yang dapat dipilih dalam satuan debit tersebut. Lalu kemudian akan dikonversikan kesatuan (Meter Kubik Per Detik).



Gambar 3.31. *Flowmeter Type Tube*

3.3.2. Bahan

1. Coolant

Coolant adalah cairan pendingin yang bisa digunakan pada radiator untuk menstabilkan pendinginan pada mesin. Pada penelitian ini penulis menggunakan tiga coolant yang berbeda merek dan juga berbeda harga. Masing-masing coolant memiliki titik didih berbeda, coolant A memiliki titik didih $+ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, cooling B memiliki titik didih $118\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan coolant C memiliki titik didih $+ 126\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. AirMineral

Cairan pendingin yang biasa digunakan sebagai masyarakat untuk kendaraan adalah air mineral, dimana air mineral memiliki titik didih $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada tekanan 1 atmosphere . Oleh karena itu penulis berpikiran bahwa air mineral bisa digunakan dalam penelitian ini, untuk mengetahui berapa efektivitas dari air mineral.

3. BahanBakar

Variasi nilai oktan dari bahan bakar yang digunakan sebagai perbandingan untuk mencari nilai efektivitas radiator adalah bahan bakar solar pertamina ini memiliki cetane number minimal 1.200 part per milion (ppm). Secara kualitas, dexlite lebih bagus dari bio solar yang menjadi varian terendah solar pertamina yang punya cetane number 48 dengan kandungan sulfur 3.500 ppm. Kendati demikian, Dexlite kualitasnya masih dibawah pertamina Dex yang punya cetane number 53 dengan kandungan sulfur dibawah 300ppm.

3.4 Jenis Coolant

1. Air

Radiator mobil, biasanya menggunakan cairan khusus atau coolant, bahkan ada juga yang pakai air biasa. Secara fungsi sebenarnya sama-sama untuk pendingin suhu didalam mesin.



Gambar 3.32. Air mineral

2. Preston

Berikut merupakan keunggulan dari *coolant* yaitu (pertamina,2011):

- a. Sifat perpindahan panasnya lebih baik.
- b. Siap digunakan dan tidak membutuhkan pengeceran untuk pengisian pertama dan penambahan.
- c. Dengan titik didih yang tinggi untuk mencegah mesin kendaraan dari pemanasan yang berlebihan.
- d. Mempertahankan suhu mesin pada kendaraan agar bisa stabil untuk menghasilkan kinerja mesin yang optimum.

- e. Bisa memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap korosi.



Gambar. 3.33.Prestone

3. Topone

“Zat yang berkerja untuk menaikkan titik didih cairan coolant, dari 100 derajat celcius menjadi 114 derajat celcius. Top 1 *ultimate coolant* mengandung 50 persen EG cocok untuk mobil diatas 2.000cc, sedangkan variasi power coolant 20 persen, cocok untuk mobil dibawah 2000cc. Seluruh produk cairan pendinginan pada radiator TOP 1 menggunakan air yang sudah mengalami proses demineralisasi” PaparArief.



Gambar: 3.34. Topone

4. Megacoolant

Ini dirancang khusus untuk menjaga suhu mesin stabil, seperti pendingin udara Isuzu Panther yang juga dilengkapi dengan teknologi anti karat agar pendingin tidak rusak untuk pemakaian jangka panjang.



Gambar. 3.35.Mega Coolant

3.5 Prosedur Pengujian

Adanya prosedur pengujian bisa dilakukan untuk mempersiapkan alat-alat dan langkah pengujian yang akan dilakukan, berikut persiapan dan langkah-langkah dari pada pengujian.

3.5.1. Persiapan Pengujian

1. Pemeriksaan Engine Stand

a. Sistem pelumas(oil)

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

b. Sistem Kelistrikan

Bisa kita lihat pada sambungan bagian-bagian pada kabel yang sensitif seperti dari kabel aki apakah terpasang dengan baik atau tidak. Apa bila terjadi longgar dari kepala aki harus dikunci terlebih dahulu.

c. Bahan bakar

Terlebih dahulu lihat keadaan bahan bakar yang akan digunakan, apakah cukup atau tidak, mampu menentukan saat pengujian berlangsung.

2 Pemeriksaan Sistem Pendingin(radiator)

a. Periksa air coolant pada tabung radiator

Pemeriksaan air coolant pada radiator dengan cara melihat pada bagian air yang ada pada tangki

cadangan.

b. periksa kebocoran pada radiator

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

c. periksa pada bagian tutup radiator

Dengan memastikan apakah tutup radiator terkunci dengan baik atau tidak pastikan terkunci dengan rapat (supaya fluida didalam tidak tumpah).

d. memastikan selang pada radiator

Bisa kita pastikan selang radiator apakah terhubung dengan baik atau tidak kita harus memastikan kekutan pada bagian yang mungkin klem belum kuat untuk mengaitkan antara selang dengan radiator.

3 Persiapan AlatUkur

- a. Thermocouple (alat ukur temperaturudara)
- b. Thermometer air raksa (alat ukur temperatur fluidaradiator)
- c. Anemometer (alat ukur kecepatanudara)
- d. Tachometer (alat ukur putaranmesin)
- e. Stopwatch (alat ukur menentukan waktu dalam pengambilandata)

3.5.2 Langkah-langka Pengujian

1. Pengambilan data awal
 - a) Menghidupkan mesin
Mengambil data berdasarkan putaran rpm
2. Pengambilan data dan pengujian
 - a) Menghidupkan mesin
 - b) Naikan putaran mesin yang telah ditentukan
 - c) Pengambilan data dengan dilakukan pada saat *thermostat* terbuka dengan cara melihat pada bagian *flowmeter* yang sudah mendapatkan dari nilai debit pada aliran
 - d) Ukur temperatur pada suhu air yang masuk dan keluarnya pada radiator
 - e) Ukur temperatur yang ada pada suhu dibagian depan atau dibelakang pada radiator tersebut
 - f) Ukur kecepatan dari udara didepan maupun dibelakang pada radiator
 - g) Alat ukur temperatur pada mesin yang masuk maupun yang keluar
 - h) Bagian-bagian data didapatkan dan dimasukkan dibagian tabel data untuk mempermudah dalam melihat data yang didapatkan
 - i) Dalam keadaan mesin mati
 - j) Tujuan langkah-langkah yang ada diatas yaitu setiap pengambil data pada masing-masing putaran yang dihasilkan dari mesin.

3.5.3 Tabel data yang digunakan dalam penelitian

Tabel 3.3. tabel 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 (GPM)	t (s)
1									
2									
3									
4									

Dimana:

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

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

T_{c.in} = Temperatur udara yang akan masuk (°C)

T_{c.out} = Temperatur udara yang akan keluar (°C)

N = Putaran pada mesin (RPM)

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

V_{u.out} = Kecepatan udara yang keluar dari belakang pada radiator (m/s)

Q = Debit aliran fluida (GPM)

T = Waktu (S)

3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan dengan lancar, optimal serta sesuai dengan waktu yang telah ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti tabel dibawah ini:

Tabel 3.4. 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 yang dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Tenik Mesin Universitas Islam Riau, dalam mendapatkan data hasil penelitian yang maksimal, maka dilakukan empat kali pengujian secara berulang dan diambil hasil rata-rata dari pengujian tersebut. Proses pengambilan data dilakukan dengan empat variasi putaran dari masing-masing jenis *water coolant* yang digunakan dengan putaran 1000, 1500, 2000 dan 2300 rpm. Temperatur mulai untuk pengambilan data 70 °C pada $T_{h,in}$ (temperatur aliran fluida yang masuk radiator) dan juga dilihat pada *flowmeter*-nya apakah sudah ada debit aliran atau belum, ketika sudah ada debit aliran pengambilan data baru bisa dilakukan. Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur temperatur air, temperatur udara, kecepatan aliran udara di depan serta di belakang radiator dan debit aliran fluida radiator. Alat ukur temperatur fluida radiator $T_{h,in}$ dan $T_{h,out}$ menggunakan *thermometer* air raksa dan untuk mengukur temperatur udara $T_{c,in}$ dan $T_{c,out}$ menggunakan *thermocouple* kemudian untuk mengukur kecepatan udara di depan serta di belakang radiator menggunakan *anemometer* dan debit aliran menggunakan *flowmeter* tipe *tube*. Dari semua alat ukur yang digunakan sangat berguna dalam menentukan nilai parameter dari masing-masing fluida dalam pengolahan data.

Ada pun semua data hasil pengujian yang didapatkan saat pengambilan data air mineral dan jenis *coolant* antara lain ialah :

Tabel 4.1 Data Pengujian Air Mineral Dengan Waktu Konstan 15 Menit

n (rpm)	t (m)	T _{hin} °C	T _{h out} °C	T _{cin} °C	T _{c out} °C	V _{uin} (m/s)	V _{u out} (m/s)	Q _{air} (m ³ /s)	V _{udara} (m/s)	Bahan bakar (ml)	Massa (kg)
1000	15	70	62	20,1	27	0,1	2,8	0,000333	9,7	780	35
1500	15	79	69	21	30	1,4	3,3	0,000444	9,9	740	35
2000	15	88	75	21,2	33	2,4	4,5	0.0005	10,8	710	35
2300	15	99	83	21,2	35	2,8	5,3	0,000556	11,5	680	35

Tabel 4.2 Data Pengujian *Coolant* A Dengan Waktu Konstan 15 Menit

n (rpm)	t (m)	T _{hin} °C	T _{h out} °C	T _{cin} °C	T _{c out} °C	V _{uin} (m/s)	V _{u out} (m/s)	Q _{air} (m ³ /s)	V _{udara} (m/s)	Bahan bakar (ml)	Massa (kg)
1000	15	70	61	20,1	27	0,1	2,8	0,000333	10	760	35
1500	15	80	68	21	30,3	1,4	3,3	0,000444	10,3	720	35
2000	15	89	74	21,3	35	2,4	4,5	0.0005	10,6	700	35
2300	15	99	80	22	38	2,8	5,3	0,000556	11,2	690	35

Tabel 4.3 Data pengujian *Coolant B* Dengan Waktu Konstan 15Menit

n (rpm)	t (m)	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 _{air} (m ³ /s)	V _{udara} (m/s)	Bahan bakar (ml)	Massa (kg)
1000	15	70	61	20,1	28	0,1	2,8	0,000333	9,9	730	35
1500	15	80	67	21,1	31	1,4	3,3	0,000444	10,2	700	35
2000	15	89	74	21,3	36	2,4	4,5	0.0005	10,5	680	35
2300	15	100	80	22	39	2,8	5,3	0,000556	11,2	660	35

Tabel 4.4 Data pengujian *Coolant C* Dengan Waktu Konstan 15Menit

n (rpm)	t (m)	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 _{air} (m ³ /s)	V _{udara} (m/s)	Bahan bakar (ml)	Massa (kg)
1000	15	70	61	20,1	28	0,1	2,8	0,000333	9,9	700	35
1500	15	80	67	21,1	31	1,4	3,3	0,000444	10,2	650	35
2000	15	89	74	21,3	36	2,4	4,5	0.0005	10,5	630	35
2300	15	100	80	22	39	2,8	5,3	0,000556	11,2	610	35

Berdasarkan semua tabel dapat dijelaskan bahwa setiap variasi putaran *crankshaft* akan membuat perbedaan pada kecepatan udara. Semakin tinggi putaran mesin maka semakin tinggi pula kecepatan udaranya. Waktu juga mempengaruhi untuk nilai temperatur dari fluida radiator serta temperatur udara didepan dan dibelakang radiator, semakin lama waktu yang diberikan

maka semakin tinggi nilai temperaturnya. Untuk nilai debit aliran air pada tabel sudah dikonversi dari (Lpm) ke (m^3/s) dengan $1 \text{ Lpm} = 1,6667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s$.

Untuk nilai diameter pipa sudah didapatkan saat sebelum pengambilan data dengan cara mengukur diameter dalam pipa dengan menggunakan jangka sorong dengan nilai diameter yang didapatkan yaitu ($D_{\text{in. radiator}} = 0,0375 \text{ m}$) dan untuk luas penampang radiator juga sudah didapatkan dengan panjang kali lebar pada sirip radiator menggunakan meteran ($A_{\text{radiator}} = 0,2397 \text{ m}^2$).

4.2 Perhitungan Untuk Pengujian Air Mineral

1. Efektifitas Radiator

Untuk mempermudah perhitungan maka nilai dari diameter pipa dan luas penampang radiator dimasukkan ke dalam tabel 4.5 seperti di bawah ini:

Tabel 4.5 Data pengujian air galon dengan ditambah $D_{\text{in. pipa}}$ dan A_{radiator}

n (rpm)	t (m)	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 _{air} (m ³ /s)	V _{udara} (m/s)	Bahan bakar (ml)	Massa (kg)	D _{in. pipa} (m)	A _{radiator} (m ²)
1000	15	70	62	20,1	27	0,1	2,8	0,000333	9,7	780	35	0,0375	0,2397
1500	15	79	69	21	20	1,4	3,3	0,000444	9,9	650	35	0,0375	0,2397
2000	15	88	75	21,2	23	2,4	4,5	0.0005	10,8	630	35	0,0375	0,2397
2300	15	99	83	21,2	25	2,8	5,3	0,000556	11,5	610	35	0,0375	0,2397

Ada pun parameter yang digunakan untuk perhitungan dapat dicari dengan cara menentukan temperatur rata-rata dari fluida radiator dan udara seperti di bawah ini:

- Fluida Radiator

$$T_{\text{rata-rata fluida radiator}} = T_{h \text{ rata-rata}} = \frac{T_{h. \text{ in}} + T_{h. \text{ out}}}{2}$$

- Udara

$$T_{\text{rata-rata udara}} = T_{c \text{ rata-rata}} = \frac{T_{c. \text{ in}} + T_{c. \text{ out}}}{2}$$

1. Perhitungan putaran 1000Rpm

$$T_{h \text{ rata-rata}} = \frac{T_{h. \text{ in}} + T_{h. \text{ out}}}{2} = \frac{70 \text{ }^{\circ}\text{C} + 62 \text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 66 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ada pun nilai yang dicari setelah hasil yang didapat dari temperatur rata-rata 66 °C adalah sifat fluida seperti:

- ρ_h = Density(kg/m³)
- C_{ph} = Specific heat(J/kg. °C)

Untuk semua nilai parameter diatas dapat dicari di tabel A-9 *properties of saturated water* dengan cara interpolasi dari nilai temperatur rata-rata fluida (66 °C) dengan parameter *equivalen* (sama dengan) K, ada pun nilai dari tabel A-9 *properties of saturated water* seperti di bawah ini:

- Massa jenis air (*Density*)

$$\begin{aligned}\rho_h &= 980,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + \left(\frac{66^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}}{70^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}} \right) \times (977,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 980,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \\ &= 979,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\end{aligned}$$

- Panas spesifik (*Specific heat*)

$$\begin{aligned}C_{ph} &= 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} + \left(\frac{66^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}}{70^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}} \right) \times (4190^\circ\text{C} - 4187^\circ\text{C}) \\ &= 4187,6 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan *fluida* radiator

Untuk luas penampang pada pipa radiator bisa menggunakan persamaan luas lingkaran untuk bisa mendapatkan perhitungan kecepatan *fluida* seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned}A_{\text{pipa}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{\text{in. pipa}}^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,0375)^2 \\ &= 0,0011039 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Sehingga untuk kecepatan bisa dicari seperti di bawah ini dengan nilai luas penampang sudah didapatkan.

$$\begin{aligned}V_h &= \frac{Q_{\text{air}}}{A_{\text{pipa}}} \\ &= \frac{0,000333 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0011039 \text{ m}^2} \\ &= 0,301 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Perhitungan laju aliran massa fluida radiator

$$\begin{aligned}\dot{m}_h &= \rho_h \cdot V_h \cdot A_{pipa} \\ &= 979,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,301 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,0011039 \text{m}^2 \\ &= 0,3255 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\end{aligned}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida radiator ($\dot{q}_h = \dot{q}_{\text{aktual}}$)

$$\begin{aligned}\dot{q}_h &= \dot{m}_h \times C_{ph} \times \Delta T_h \\ &= 0,3258 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4187,2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (T_{h \text{ in}} - T_{h \text{ out}}) \\ &= 0,3258 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4187,2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (70 ^\circ\text{C} - 62 ^\circ\text{C}) \\ &= 10913,518 \text{ W}\end{aligned}$$

Perhitungan mencari Metode ΔT_{LMTD} (*Log mean temperature difference*)

Untuk mencari ΔT_1 dan ΔT_2 bisa menggunakan persamaan di bawah ini dengan aliran *cross flow* yaitu sama dengan persamaan *counterflow*

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= T_{h \text{ in}} - T_{c \text{ out}} \\ &= 70 ^\circ\text{C} - 27 ^\circ\text{C} \\ &= 43 ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_2 &= T_{h \text{ out}} - T_{c \text{ in}} \\ &= 62 ^\circ\text{C} - 20,1 ^\circ\text{C} \\ &= 41 ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Sehingga untuk mencari ΔT_{lm} bisa dilakukan setelah dapat nilaidari ΔT_1 dan ΔT_2 seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned}\Delta T_{lm} &= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \\ &= \frac{43 \text{ }^\circ\text{C} - 41,9 \text{ }^\circ\text{C}}{\ln \left(\frac{43 \text{ }^\circ\text{C}}{41,9 \text{ }^\circ\text{C}} \right)} \\ &= 42,447 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Perhitungan koefisien perpindahan menyeluruh

$$\dot{q}_h = U_h \times A_{\text{radiator}} \times \Delta T_{lm}$$

Dari persamaan di atas maka dapat mencari koefisien perpindahan panas menyeluruh seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned}U_h &= \frac{\dot{q}_h}{A_{\text{radiator}} \cdot \Delta T_{lm}} \\ &= \frac{10913,518 \text{ W}}{0,2397 \text{ m}^2 \times 42,447 \text{ }^\circ\text{C}} \\ &= 1072,629 \text{ W/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

2. Perhitungan untuk udara pada radiator putaran 1000 Rpm

$$T_c \text{ rata-rata} = \frac{T_c \text{ in} + T_c \text{ out}}{2} = \frac{20,1 \text{ }^\circ\text{C} + 27 \text{ }^\circ\text{C}}{2} = 23,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ada pun nilai yang dicari setelah hasil yang didapat dari temperatur rata-rata 23,55°C adalah sifat fluida udara seperti

- $\rho_c = \text{Density}(\text{kg}/\text{m}^3)$
- $C_{pc} = \text{Specific heat}(\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

Untuk semua nilai parameter diatas dapat dicari di tabel A-15 *properties of air at 1 atm pressure* dengan menggunakan interpolasi dari nilai temperatur rata-rata udara (23,55 °C) seperti di bawah ini:

- Massa jenis udara (*Density*)

$$\begin{aligned}\rho_c &= 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + \left(\frac{23,55 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}}{25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \times (1,184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \\ &= 1,1889 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\end{aligned}$$

- Panas spesifik (*Specific heat*)

$$\begin{aligned}C_{pc} &= 1007 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{C} + \left(\frac{23,55 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}}{25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \times (1007 \text{ }^\circ\text{C} - 1007 \text{ }^\circ\text{C}) \\ &= 1007 \text{ J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan rata-rata udara

Kecepatan udara telah didapatkan pada saat pengambilan data tetapi kecepataannya ada dua, karena itu harus dirata-ratakan seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned}V_{\text{rata-rata udara}} &= \frac{V_{u \text{ in}} + V_{u \text{ out}}}{2} \\ &= \frac{0,1 \text{ m/s} + 2,8 \text{ m/s}}{2} \\ &= 1,45 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Perhitungan laju aliran massa udara pada radiator

$$\begin{aligned}\dot{m}_c &= \rho_u \times V_{u \text{ rata-rata}} \times A_{\text{radiator}} \\ &= 1,1889 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,45 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,2397 \text{m}^2 \\ &= 0,4132 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\end{aligned}$$

3. Perhitungan untuk efektivitas radiator pada putaran 1000Rpm

Untuk mencari efektivitas radiator terlebih dulu mencari parameter yang digunakan dalam perhitungan efektivitas radiator. Ada pun parameter yang dicari antara lain yaitu:

Perhitungan laju kapasitas fluida panas

$$\begin{aligned}C_h &= \dot{m}_h \times C_{ph} \\ &= 0,3255 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4187,6 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \\ &= 1363,0638 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}\end{aligned}$$

Perhitungan laju kapasitas dari udara

$$\begin{aligned}C_c &= \dot{m}_c \times C_{pc} \\ &= 0,4132 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1007 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \\ &= 416,0924 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}\end{aligned}$$

Disini karena nilai dari perhitungan C_c lebih sedikit nilainya dari pada C_h maka dianggap C_c sama dengan C_{\min} (laju kapasitas minimum dari udara). Dan

untuk perhitungan fluida radiator dianggap C_h sama dengan C_{min} (laju kapasitas minimum dari fluida radiator)

Perhitungan laju perpindahan panas actual fluida radiator ($\dot{q}_{aktual} = \dot{q}_h$)

$$\begin{aligned}\dot{q}_{aktual} &= C_h \times \Delta T_h \\ &= 1363,0638 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \times (T_{h \text{ in}} - T_{h \text{ out}}) \\ &= 1363,0638 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \times (70 \text{ } ^\circ\text{C} - 62 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 10904,510 \text{ W}\end{aligned}$$

Perhitungan laju perpindahan panas maximum fluida radiator $C_h = C_{min}$

$$\begin{aligned}\dot{q}_{maks} &= C_{min} \times \Delta T_{maks} \\ &= 1363,0638 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \times (T_{h \text{ in}} - T_{c \text{ in}}) \\ &= 1363,0638 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \times (70 \text{ } ^\circ\text{C} - 20,1 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 68016,883 \text{ W}\end{aligned}$$

Setelah semua nilai didapatkan selanjutnya masuk ke persamaan untuk mencari nilai efektifitas radiator seperti di bawah ini:

Efektifitas fluida radiator

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\dot{q}_{aktual} \text{ (actual heat transfer rate)}}{\dot{q}_{max} \text{ (maximum heat transfer rate)}} \\ &= \frac{10904,510 \text{ W}}{68016,883 \text{ W}} \\ &= 0,1603 = 16,03 \%\end{aligned}$$

2. Unjuk Kerja

❖ Torsi

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends & Berenschot 1980), Jadi rumus torsi adalah:

$$T = F \times r$$

Dimana :

$$F = m \times g$$

$$= 35 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$= 343 \text{ N}$$

Sehingga nilai torsi bisa didapatkan dengan persamaan dibawah :

$$T = F \times r$$

$$T = 343 \text{ N} \times 0,43 \text{ m}$$

$$T = 147,49 \text{ Nm}$$

Jadi torsi yang dihasilkan motor dengan menggunakan air biasa sebagai fluida pendingin adalah 147,49 Nm.

❖ Daya poros atau daya efektif

Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. Sebagai satuan daya dipilih watt, maka daya efektifnya:

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} (\text{kW})$$

$$N_e = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \text{ rpm} \cdot 147,49 \text{ Nm}}{60}$$

$$N_e = 15.437,28 \text{ W}$$

$$N_e = 15,43 \text{ kW}$$

Dari hasil persamaan di atas maka didapatkan nilai daya efektif adalah 15,43 kW.

❖ Tekanan Efektif Rata-Rata (P_e)

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap torak sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja persiklus.

$$P_e = \frac{N_e}{V_L \times z \times n \times a}$$

$$P_e = \frac{15,43 \text{ kW}}{0,00130 \text{ m}^3 \times 4 \times 1000 \text{ rpm} \times \frac{1}{2}}$$

$$P_e = 5,934 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil persamaan di atas maka didapat nilai tekanan efektif (P_e) adalah 5,934 kg/cm².

❖ Pemakaian bahan bakar (mf)

Untuk menghitung Pemakaian bahan bakar digunakan persamaan di bawah ini:

ρ_{bb} : Massa jenis bahan bakar (0,832 kg/liter)

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb}$$

$$\dot{m}_f = \frac{780 \text{ ml}}{900 \text{ s}} \times \frac{3600 \frac{\text{s}}{\text{jam}}}{1000 \frac{\text{ml}}{\text{l}}} \times 0,832 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

$$\dot{m}_f = 2,595 \text{ kg/jam}$$

Dari hasil persamaan diatas maka didapat pemakaian bahan bakar sebanyak 2,595 kg bahan bakar tiap jamnya.

❖ Pemakaian Bahan bakar spesifik ($S_f c$)

Dengan hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk

mendapatkan daya dalam jarak waktu tertentu. Maka pemakaian bahan bakar spesifiknya:

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \left(\text{kg/kW.jam} \right)$$

$$Sfc = \frac{2,595 \text{ kg/jam}}{15,43 \text{ kW}}$$

$$sfc = 0,157 \text{ kg/kW.jam}$$

Dari hasil persamaan di atas maka didapat pemakaian bahan bakar spesifik sebanyak 0,150 kg/kW.jam bahan bakar tiap jamnya.

❖ Efisiensi Thermal (η_{th})

Sebelum mencari efisiensi Thermal, terlebih dahulu kita cari nilai daya bahan bakar dengan persamaan di bawah ini :

$$Q = \frac{\dot{m}_f \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right) \times \text{nilai kalor bahan bakar}}{3600} \text{ kW}$$

$$Q = \frac{2,595 \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right) \times 43058 \text{ kJ/kg}}{3600} \text{ kW}$$

$$Q = 31,07 \text{ kW}$$

Efisiensi termal dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{Q} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = \frac{15,43 \text{ kW}}{31,07 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 0,4966 \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 49,66\%$$

Maka didapat nilai dari efisiensi thermal dari penggunaan air biasa adalah 49,66%.

Tabel 4.6 Hasil semua perhitungan air mineral dari setiap putaran

n (rpm)	Waktu (s)	ϵ (%)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	Pe (kg/cm ²)	m _f (kg/jam)	SFC (kg/kW.jam)	η_{th} (%)
1000	900	16,03	147,49	15,43	5,934	2,595	0,157	49,66
1500	900	17,24	147,49	23,15	5,936	2,462	0,106	68,35
2000	900	19,46	147,49	30,87	5,937	2,362	0,076	81,20
2300	900	20,56	147,49	35,505	5,937	2,196	0,061	89,48

4.7 Perhitungan Untuk Pengujian *coolant*A

Tabel 4.7 Hasil semua perhitungan *Colant A* dari setiap putaran

N (rpm)	Waktu (s)	ϵ (%)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	Pe (kg/cm ²)	m _f (kg/jam)	SFC (kg/kW.jam)	η_{th} (%)
1000	900	18,03	147,49	15,43	5,934	2,529	0,163	51,01
1500	900	20,33	147,49	23,15	5,936	2,396	0,103	77,34
2000	900	22,15	147,49	30,87	5,937	2,329	0,075	80,78
2300	900	24,67	147,49	35,505	5,937	2,296	0,064	90,23

4.8 Perhitungan Untuk Pengujian *coolant*B

Tabel 4.8 Hasil semua perhitungan *Colant B* dari setiap putaran

n (rpm)	Waktu (s)	ε (%)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	Pe (kg/cm ²)	mf (kg/jam)	SFC (kg/kW.jam)	η_{th} (%)
1000	900	18,03	147,49	15,43	5,934	2,429	0,157	49,66
1500	900	22,07	147,49	23,15	5,936	2,329	0,100	78,61
2000	900	22,48	147,49	30,87	5,937	2,263	0,073	82,31
2300	900	25,64	147,49	35,505	5,937	2,196	0,061	91,51

4.9 Perhitungan Untuk Pengujian *coolant*C

Tabel 4.9 Hasil semua perhitungan *Colant C* dari setiap putaran

n (rpm)	Waktu (s)	ε (%)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	Pe (kg/cm ²)	mf (kg/jam)	SFC (kg/kW.jam)	η_{th} (%)
1000	900	20,04	147,49	15,43	5,934	2,329	0,150	51,05
1500	900	26,35	147,49	23,15	5,936	2,163	0,093	80,78
2000	900	27,69	147,49	30,87	5,937	2,096	0,067	87,34

2300	900	31,36	147,49	35,505	5,937	2,030	0,057	90,23
------	-----	-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------

4.6 Hasil Rata-Rata Seluruh Perhitungan

Tabel 4.10 Hasil semua rata-rata perhitungan efektivitas radiator dari semua fluida

Putaran (rpm)	Waktu (m)	Efektivitas radiator (%)			
		Air Mineral	Coolant A	Coolant B	Coolant C
1000	15	16,03	18,03	18,03	20,04
1500	15	17,24	20,33	22,07	26,35
2000	15	19,46	22,15	22,48	27,69
2300	15	20,56	24,67	25,64	31,36
Rata-rata		18,32	21,29	22,05	26,36

Tabel 4.11 Hasil semua rata-rata perhitungan efisiensi thermal dari semua fluida

Putaran (rpm)	Waktu (m)	Efisiensi Thermal (%)			
		Air Mineral	Coolant A	Coolant B	Coolant C
1000	15	55,40	51,01	49,66	51,01
1500	15	68,35	77,34	78,61	80,78
2000	15	81,20	80,78	82,31	87,34
2300	15	89,48	90,23	91,51	90,23
Rata-rata		73,60	74,84	75,52	77,34

Tabel 4.12 Hasil semua rata-rata perhitungan pemakaian bahan bakar

Putaran (rpm)	Waktu (m)	mf (kg/jam)			
		Air Mineral	Coolant A	Coolant B	Coolant C
1000	15	2,595	2,529	2,429	2,329
1500	15	2,462	2,396	2,329	2,163
2000	15	2,362	2,329	2,263	2,096
2300	15	2,196	2,296	2,196	2,030
Rata-rata		2,403	2,387	2,304	2,154

Tabel 4.13 Hasil semua rata-rata perhitungan terhadap Pemakaian Bahan bakar specific (Sfc)

Putaran (rpm)	Waktu (m)	SFC (kg/kW.jam)			
		Air Mineral	Coolant A	Coolant B	Coolant C
1000	15	0,157	0,163	0,157	0,150
1500	15	0,106	0,103	0,100	0,093
2000	15	0,076	0,075	0,073	0,067
2300	15	0,061	0,064	0,061	0,057
Rata-rata		0,1	0,099	0,097	0,091

Tabel 4.14 Hasil semua rata-rata perhitungan terhadap Torsi (T)

Putaran (rpm)	Waktu (m)	Torsi (Nm)			
		Air Mineral	Coolant A	Coolant B	Coolant C
1000	15	147,49	147,49	147,49	147,49
1500	15	147,49	147,49	147,49	147,49
2000	15	147,49	147,49	147,49	147,49

2300	15	147,49	147,49	147,49	147,49
Rata-rata		147,49	147,49	147,49	147,49

Tabel 4.15 Hasil semua rata-rata perhitungan terhadap Daya (Ne)

Putaran (rpm)	Waktu (m)	Daya (kW)			
		Air Mineral	Coolant A	Coolant B	Coolant C
1000	15	15,43	15,43	15,43	15,43
1500	15	23,15	23,15	23,15	23,15
2000	15	30,87	30,87	30,87	30,87
2300	15	35,505	35,505	35,505	35,505
Rata-rata		26,238	26,238	26,238	26,238

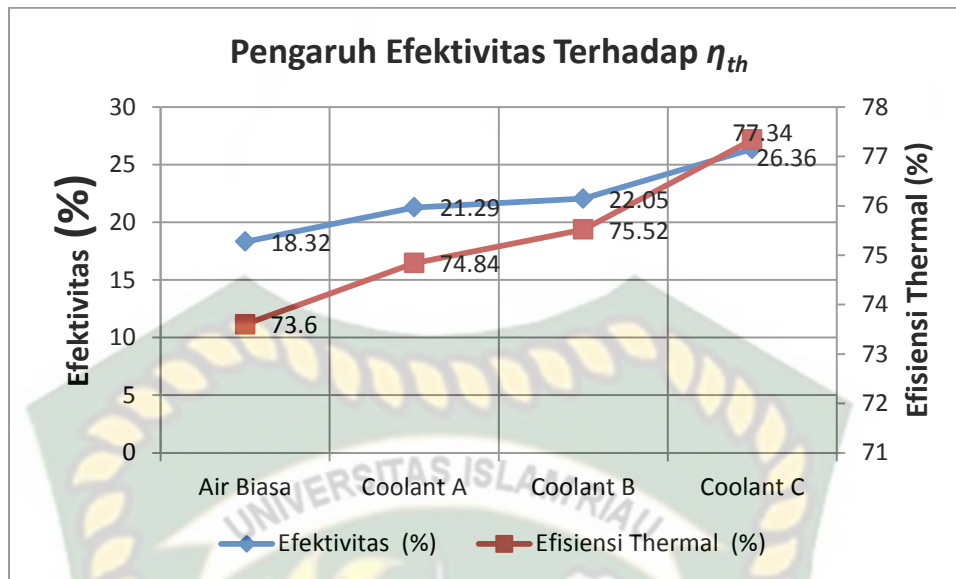
4.7 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Efisiensi Thermal (η_{th})

Dari penelitian pengaruh nilai efektivitas radiator (ϵ) dari variasi jenis *coolant* terhadap Efisiensi Thermal (η_{th}) dapat dilihat pada tabel 4.16 dibawah ini :

Tabel 4.16 Efektivitas dan Efisiensi Thermal

NO	Jenis Coolant	Efektivitas (%)	Efisiensi Thermal (%)
1	<u>Air Biasa</u>	18,32	73,60
2	<u>Coolant A</u>	21,29	74,84
3	<u>Coolant B</u>	22,05	75,52
4	<u>Coolant C</u>	26,36	77,34

Dari tabel 4.16 diatas dapat ditampilkan grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap Efisiensi Thermal (η_{th}) pada gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian η_{th}

Dari gambar 4.1 di atas menunjukkan adanya perbedaan Efisiensi Thermal (η_{th}) dari setiap jenis *coolant* yang digunakan. *Coolant* dengan nilai Efisiensi Thermal (η_{th}) yang paling rendah adalah jenis *coolant* air biasa dengan nilai Efisiensi Thermal (η_{th}) 73,6 %, lalu *coolant* A dengan nilai Efisiensi Thermal (η_{th}) 74,8 %, *coolant* B dengan nilai Efisiensi Thermal (η_{th}) 75,52 %, dan *coolant* C dengan nilai Efisiensi Thermal (η_{th}) tertinggi yaitu 77,34 %. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *coolant* C dengan nilai efektivitas radiator 26,36% memungkinkan temperatur mesin lebih stabil. Sehingga pembakaran dalam ruang bakar yang lebih stabil yang berakibat pada nilai Efisiensi Thermal (η_{th}). sehingga jenis *coolant* dengan nilai efektivitas yang lebih tinggi mampu menghasilkan nilai Efisiensi Thermal (η_{th}) yang lebih tinggi sedangkan jenis *coolant* dengan nilai efisiensi yang lebih rendah cenderung menghasilkan Efisiensi Thermal (η_{th}) yang lebih rendah.

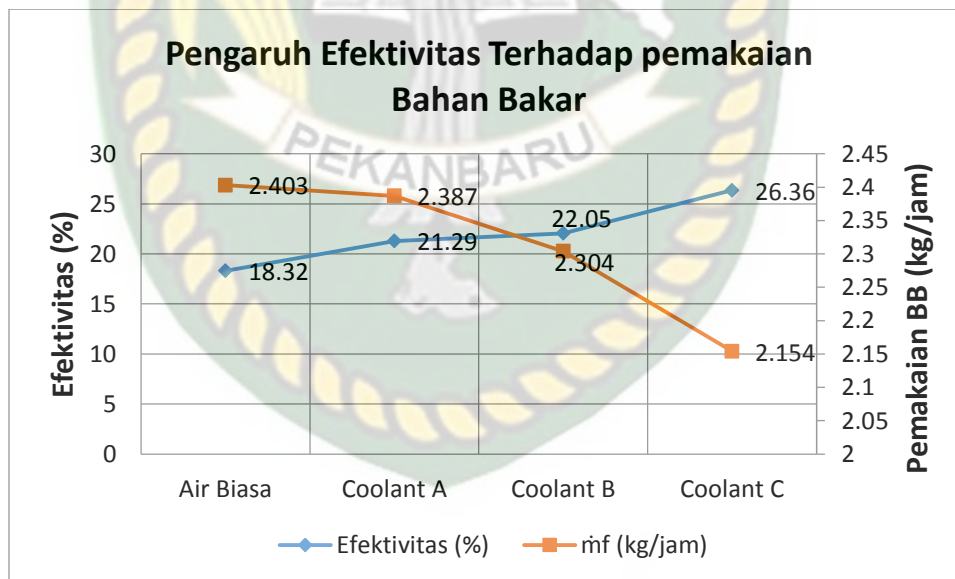
4.8 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Pemakaian Bahan Bakar (mf).

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator (ϵ) dari variasi jenis *coolant* terhadap pemakaian bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4.17 di bawah ini :

Tabel 4.17 Efektivitas dan Pemakaian Bahan Bakar.

NO	Coolant	Efektivitas (%)	mf (kg/jam)
1	<u>Air Biasa</u>	18,32	2,403
2	<u>Coolant A</u>	21,29	2,387
3	<u>Coolant B</u>	22,05	2,304
4	<u>Coolant C</u>	26,36	2,154

Dari tabel 4.17 di atas tentang pengaruh nilai efektivitas radiator terhadap pemakaian bahan bakar dapat ditampilkan grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap pemakaian bahan bakar pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian BB.

Dari gambar 4.2 di atas menunjukkan bahwa adanya perbedaan pemakaian bahan bakar dari setiap jenis *coolant* yang digunakan. *Coolant* dengan konsumsi bahan bakar paling tinggi adalah *Coolant* air biasa dengan pemakaian bahan bakar 2,403 kg/jam, lalu *coolant* A dengan pemakaian bahan bakar 2,387 kg/jam, *coolant* B dengan pemakaian bahan bakar 2,304 kg/jam, dan *coolant* C dengan pemakaian bahan bakar terendah yaitu 2,154 kg/jam. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *coolant* C dengan nilai efektivitas radiator 26,36% mempunyai nilai efisiensi thermal yang lebih tinggi sehingga memungkinkan pembakaran bahan bakar yang lebih maksimal dan lebih sedikit (hemat). Oleh karena itu *Coolant* yang memiliki nilai efektivitas radiator lebih rendah menghasilkan nilai efisiensi thermal yang lebih rendah cenderung mengkonsumsi bahan bakar lebih banyak (boros).

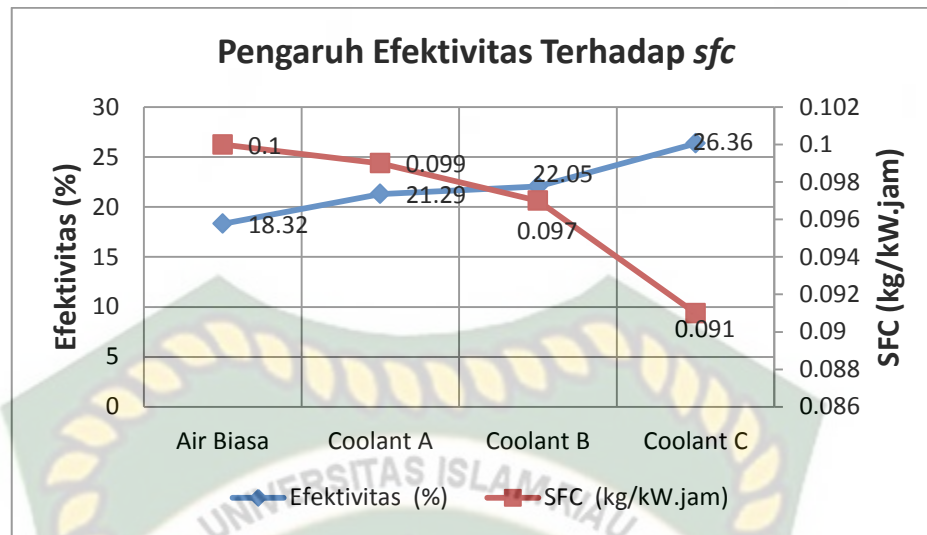
4.9 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Pemakaian Bahan bakar spesifik (Sfc)

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator (ϵ) dari variasi jenis *coolant* terhadap pemakaian Bahan bakar spesifik dapat dilihat pada tabel 4.18 di bawah ini:

Tabel 4.18 Efektivitas dan Sfc

NO	Coolant	Efektivitas (%)	SFC (kg/kW.jam)
1	<u>Air Biasa</u>	18,32	0,1
2	<u>Coolant A</u>	21,29	0,099
3	<u>Coolant B</u>	22,05	0,097
4	<u>Coolant C</u>	26,36	0,091

Dari tabel 4.18 di atas dapat ditampilkan grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap pemakaian bahan bakar spesifik pada gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.3 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian *sfc*.

Dari gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa adanya perbedaan pemakaian bahan bakar spesifik dari setiap jenis *coolant* yang digunakan. *Coolant* dengan nilai bahan bakar spesifik paling tinggi adalah air biasa dengan pemakaian bahan bakar 0,1 kg/kW.jam, lalu *coolant* A dengan pemakaian bahan bakar 0,099 kg/kW.jam, *coolant* B dengan pemakaian bahan bakar 0,097 kg/kW.jam, dan *coolant* C dengan pemakaian bahan bakar terendah yaitu 0,091 kg/kW.jam. Hal ini dikarenakan nilai dari *sfc* dipengaruhi dari konsumsi bahan bakar perjamnya. Jenis *coolant* dengan nilai efektivitas lebih tinggi cenderung mengkonsumsi bahan bakar lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan *coolant* dengan nilai efektivitas yang lebih tinggi mempunyai nilai pemakaian bahan bakar spesifik yang lebih rendah, sedangkan jenis *coolant* dengan nilai efektivitas yang lebih rendah berakibat pada pemakaian spesifik bahan bakar yang lebih tinggi.

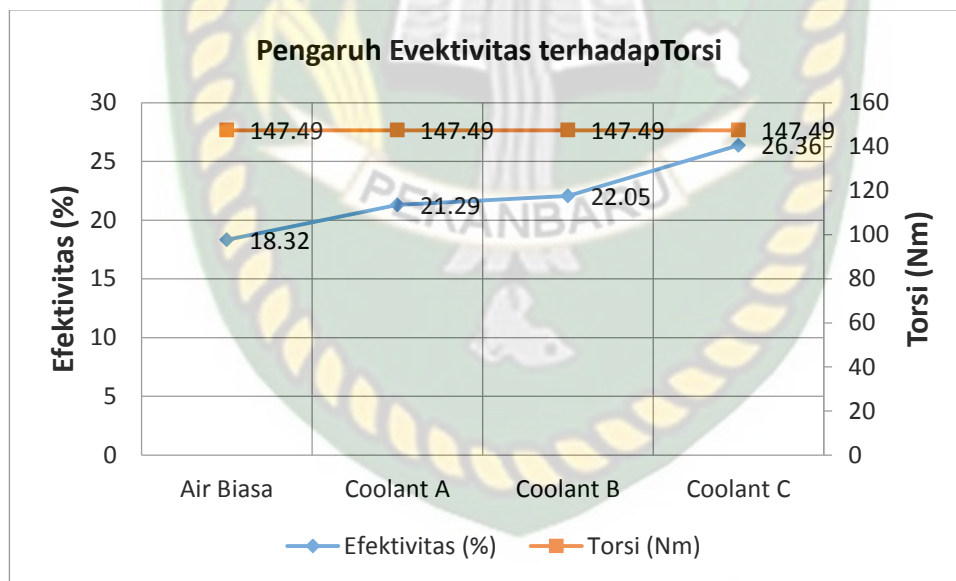
4.10 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Torsi (T)

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator (ϵ) dari variasi jenis *coolant* dengan torsi yang dihasilkan mesin dapat dilihat pada tabel 4.19 di bawah ini:

Tabel 4.19 Efektivitas dan Torsi

NO	Coolant	Efektivitas (%)	Torsi (Nm)
1	Air Biasa	18,32	147,49
2	Coolant A	21,29	147,49
3	Coolant B	22,05	147,49
4	Coolant C	26,36	147,49

Dari tabel 4.19 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan variasi jenis air pendingin yang digunakan terhadap torsi pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap torsi.

Dari gambar 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilainya sama 147,49 Nm. Hal ini dikarenakan *coolant* dengan nilai efektivitas radiator yang lebih tinggi menghasilkan nilai efisiensi thermal yang lebih tinggi, sehingga pembakaran di ruang bakar lebih maksimal meskipun bahan bakar yang digunakan lebih sedikit tetapi menghasilkan torsi yang sama dengan *coolant* yang mengkonsumsi bahan bakar yang lebih banyak.

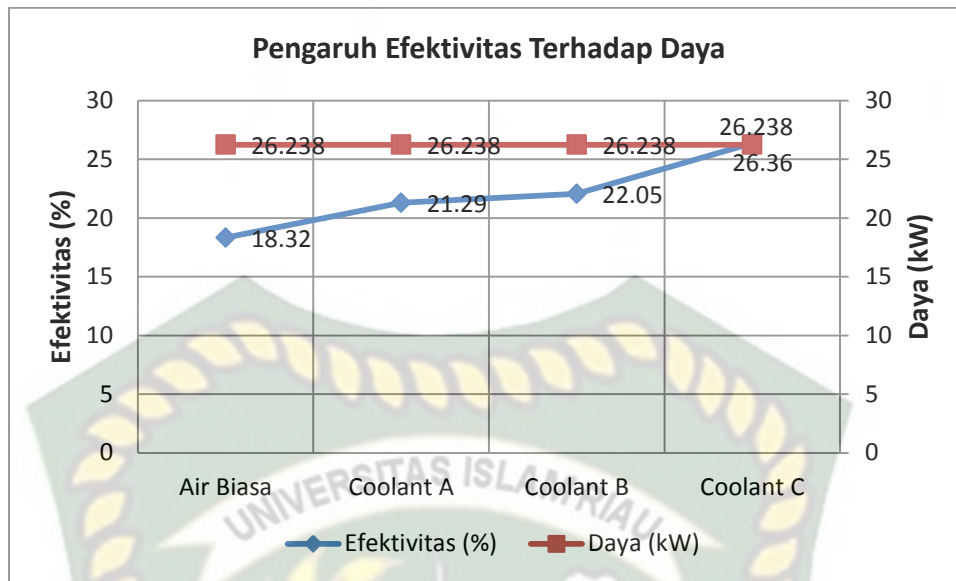
4.11 Hubungan Efektivitas Radiator (ϵ) terhadap Daya (N_e)

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator (ϵ) dari variasi jenis *coolant* yang digunakan terhadap daya yang dihasilkan mesin dapat dilihat pada tabel 4.20 di bawah ini :

Tabel 4.20 Efektivitas dan Daya

NO	Coolant	Efektivitas (%)	Daya (kW)
1	Air Biasa	18,32	26,238
2	Coolant A	21,29	26,238
3	Coolant B	22,05	26,238
4	Coolant C	26,36	26,238

Dari tabel 4.20 di atas dapat ditampilkan grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* yang digunakan terhadap daya pada gambar 4.5 di bawah ini:



Gambar 4.5 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap daya.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai dari daya yang dihasilkan berdasarkan pengaruh efektivitas radiator adalah sama 26,238 kW. Hal ini terjadi karena torsi yang dihasilkan pada mesin sama yakni 147,49 Nm. Besarnya torsi mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian pengaruh efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap unjuk kerja mesin panther ISUZU, didapat kesimpulan :

1. Nilai titik didih dari jenis *coolant* berpengaruh terhadap nilai efektivitas radiator.
2. Nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* tidak mempengaruhi nilai torsi dan daya yang dihasilkan pada mesin.
3. Nilai efektivitas radiator yang semakin tinggi akan berpengaruh pada pemakaian bahan bakar yang lebih sedikit atau lebih hemat.
4. Nilai efektivitas radiator berpengaruh terhadap Efisiensi thermal.
5. Jenis *coolant* yang menghasilkan kinerja terbaik yaitu *coolant* jenis prestone

5.2 Saran

Penelitian Pengaruh pengaruh efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap unjuk kerja mesin mesin ini masih perlu dikembangkan, seperti memvariasikan jenis bahan bakar yang digunakan dan pengaruh terhadap emisi gas buang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Irfan S, 2007. Analisa Sistem Pendingin Pada Mesin Isuzu Panther. Semarang.
- Adika Nur Sandrayanto, 2017. Sistem Pakar Diagnosa Overheating Pada Kendaraan Bersistem Pendingin Air (Liquid Cooling System). Universitas Islam Lamongan
- Agung, Wahdani. 2020. Pengaruh Water Coolant Terhadap Efektifitas Radiator Mesin Diesel Pada Jenis Isuzu Panther. Universitas Islam Riau.
- Amin Suhadi, 2017. Analisa Kerusakan Radiator Sepeda Motor 150cc. Peneliti Pada Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, Bppt Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang.
- Arends Dan Berenschot, 1980. Motor Bensin. Erlangga, Jakarta.
- Arizal Rizqi K, 2015. Identifikasi Dan Service Sistem Pendingin Toyota Kijang Innova 1 Tr-Fe. Universitas Negri Semarang.
- Cengel, Y.A. (2004). Heat Transfer In Mcgraw-Hill (2nd Ed). New York.
- Dermawan Rm, Dkk (2013). Perancangan Ulang Radiator Berdasarkan Spesifikasi Mesin Toyota Avanza. Prodi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
- Drs. Bintoro, St, M. (2014). Sistem Pendinginan Air Pada Mesin Mobil. Malang Bintoro
- Drs. Hasan Maksum, Mt, Dkk 2017. Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin (Coolant) Terhadap Efektifitas Radiator Pada Engine Diesel. Universitas Negeri Padang
- Fahmi, L. Dan S. (2014). Sistem Pendinginan Air Pada Mesin Mobil. Malang Bintoro
- Gatot Soebiyakto, 2012. Pengaruh Penggunaan Water Coolant Terhadap Performance Mesin Diesel. Universitas Widyagama Malang.
- Soekardi, Y. (2005). Merawat Dan Memperbaiki Mobil Bensin. Bandung: Cv Angkasa Bandung.

Susilo, Rahmad. 2019. Pengaruh Efektifitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Toyota Kijang Seri 4 K. Universitas Islam Riau.

Zinomeza, Eho. 2019. Pengaruh Water Coolant Terhadap Efektifitas Radiator Pada Mesin Toyota Kijang Seri 4 K. Universitas Islam Riau.

