

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH EFEKTIVITAS RADIATOR BERDASARKAN JENIS *COOLANT* TERHADAP UNJUK KERJA MESIN TOYOTA KIJANG SERI 4K**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



**DISUSUN OLEH :  
RAHMAD SUSILO  
133310093**

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

**2019**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**TUGAS SKRIPSI**

**ANALISA PENGEMBANGAN ALAT PERAJANG UMBI-UMBIAN YANG  
LEBIH EFISIEN DAN MUDAH DIGUNAKAN**



**Disusun Oleh :**

**RAHMAD SUSILO**  
**13 331 0093**

**Diperiksa Dan Disetujui Oleh :**

**EDDY ELFIANO, S.T.,M.Eng**  
**Dosen Pembimbing I**

\_\_\_\_\_  
**Tanggal :**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS SKRIPSI**

**ANALISA PENGEMBANGAN ALAT PERAJANG UMBI-UMBIAN YANG  
LEBIH EFISIEN DAN MUDAH DIGUNAKAN**



**Disusun Oleh :**

**RAHMAD SUSILO**

**13 331 0093**

**Disetujui Oleh :**

**PEMBIMBING I**

**EDDY ELFIANO, S.T.,M.Eng**

**Disahkan Oleh :**

**DEKAN  
FAKULTAS TEKNIK**

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK MESIN**

**Ir.H.ABD. KUDUS ZAINI, MT**

**DODY YULIANTO, ST.,MT**

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Efektivitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Toyota Kijang Seri 4k”** yang diajukan guna melengkapi syarat 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 atau duplikasi dari tugas akhir yang telah diduplikasikan dan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Intansi manapun, kecuali pada bagian yang sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, Desember 2019

**Rahmad Susilo**  
**NPM: 133310093**



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PERSONAL

Nama Lengkap : RAHMAD SUSILO

NPM : 133310093

Tempat Tanggal Lahir : Duri, 23 Januari 1995

Jenis Kelamin : Laki – Laki (LK)

Alamat : JL. TEGAL SARI KM4

### PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD Negeri 012 AIR JAMBAN

Sekolah Menengah Pertama : SMP Swasta Hubbul Wathan

Sekolah Menengah Atas : SMK Negeri 1 Mandau

Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau (Teknik Mesin S1)

### TUGAS AKHIR

“PENGARUH EFEKTIVITAS RADIATOR BERDASARKAN JENIS  
*COOLANT* TERHADAP UNJUK KERJA MESIN TOYOTA KIJANG SERI 4K”

Tempat penelitian : Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau Jl.  
Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru.

Tanggal Seminar : 27 November 2019

Tanggal Sidang : 11 Desember 2019

Pekanbaru, 17 Oktober 2019

**RAHMAD SUSILO**  
**133310093**

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya yang berupa kemampuan, kesehatan dan juga kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang berjudul **“Pengaruh Efektivitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Toyota Kijang Seri 4K”** yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan dan bimbingan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Kedua orang tua penulis, yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan baik secara moril maupun finansial. Serta seluruh keluarga terimakasih atas do'a dan semangat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kudus Zaini , MT., MS., Tr. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dody Yulianto, ST., MT. Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc. Selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

5. Bapak Eddy Elfiano, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing yang bersedia meluangkan waktu tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ir. Syawaladi, M.Sc. selaku dosen penguji satu.
7. Bapak Sehat Abdi Saragih, ST., MT. selaku dosen penguji kedua.
8. Bapak dan Ibu dosen pembina pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
9. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin yang ikut membantu serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Dan juga penulis berharap semoga pengorbanan dan keikhlasan mendapat balasan pahala yang berlimpat ganda hendaknya (amin). Penulis juga menyadari begitu banyak kekurangan dan kelemahan yang terdapat di dalam Tugas Akhir ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu kesempurnaan Tugas Akhir ini akan penulis terima dengan senang hati dan penulis mengucapkan banyak temakasih.

**Wassalamu'alaikum Wr Wb**

Pekanbaru, Desember 2019

**RAHMAD SUSILO**  
**13 331 0093**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. LatarBelakang .....	1
1.2. RumusanMasalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. ManfaatPenelitian .....	3
1.5. BatasanMasalah.....	3
1.6. SistematikaPenulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Motor Bakar .....	5
2.2. Klasifikasi Motor Bakar.....	5
2.2.1. Motor Pembakaran Luar ( <i>External Combution Engine</i> ).....	5
2.2.2. Motor Pembakaran Dalam ( <i>Internal Combution Engine</i> )...	6
2.3. Jumlah Motor Bakar Menurut Langkah Kerja .....	7
2.3.1. Motor Bakar 2 Langkah (2 Tak) .....	7
2.3.2. Motor Bakar 4 Langkah (4 Tak) .....	8



2.4. Sistem Pendingin.....	12
2.5. Jenis-jenis Sistem Pendingin.....	13
2.5.1. Sistem Pendinginan Udara ( <i>Air Cooling Engine</i> ) .....	13
2.5.2. Sistem Pendinginan Air ( <i>Water Cooling Engine</i> ).....	15
2.6. Cara Kerja Radiator.....	16
2.6.1. Pada Saat Mesin Dingin .....	16
2.6.2. Pada Saat Mesin Panas .....	17
2.7. Komponen-komponen Sistem Pendingin .....	18
2.7.1. Radiator .....	18
2.7.2. Air Radiator ( <i>Water Coolant</i> ) .....	18
2.7.3. <i>Water Temperature Switch</i> .....	19
2.7.4. Tutup Radiator.....	19
2.7.5. Tangki Cadangan ( <i>Reservoir Tank</i> ) .....	20
2.7.6. Pompa Air ( <i>Water Pump</i> ).....	20
2.7.7. Kipas Pendingin .....	21
2.7.8. Mantel Pendingin ( <i>Water Jacket</i> ).....	21
2.7.9. Selang Radiator .....	22
2.8. Perpindahan Panas Pada Radiator.....	22
2.9. Metode Perhitungan Nilai Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) dan Laju Perpindahan Panas .....	23
2.9.1. Perhitungan Untuk Mencari Efektivitas Radiator .....	23
2.9.2. Perhitungan Panas Radiator Yang Diserap Udara.....	24

2.10 Unjuk Kerja Motor Bensin.....	27
2.10.1 Torsi (T) .....	27
2.10.2 Daya Poros atau Daya Efektif (Ne) .....	28
2.10.3 Tekanan Efektif Rata-rata (Pe) .....	28
2.10.4 Pemakaian Bahan Bakar (mf) .....	29
2.10.5 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (sfc) .....	30
2.10.6 Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) .....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	32
3.2. Waktu dan Tempat Perancangan.....	33
3.3. Alat dan Bahan .....	33
3.3.1. Alat.....	33
3.3.2. Bahan .....	39
3.4. Prosedur Pengujian .....	40
3.4.1. Persiapan Sebelum Pengujian.....	40
3.4.2. Langkah-langkah Pengujian .....	41
3.5. Pengambilan Data .....	42
3.6. Jadwal Penelitian.....	43
<b>BABIVHASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1. Data Penelitian .....	44
4.2. Hasil Perhitungan Air Biasa.....	44
4.3. Hubungan Efektivitas Rdaiator Terhadap Efisiensi Thermal ....	49
4.4. Hubungan Efekticitas Radiator Terhadap Pemakaian B. B .....	50



4.5. Hubungan Efektivitas Radiator Terhadap Pemakaian Bahan Bakar spesifik .....	52
4.6. Hubungan Efektivitas Radiator Terhadap Torsi .....	54
4.7. Hubungan Efektivitas Radiator Terhadap Daya .....	55
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>56</b>
5.1. Kesimpulan .....	56
5.2. Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
2.1	Motor Pembakaran Luar .....	6
2.2	Motor Pembakaran Dalam .....	7
2.3	Motor Bakar 2 Langkah .....	8
2.4	Proses Kerja Motor 4 Langkah .....	9
2.5	Langkah Hisap .....	9
2.6	Langkah Kompresi .....	10
2.7	Langkah Kerja .....	11
2.8	Langkah Buang .....	11
2.9	Sistem Pendingin Mesin .....	13
2.10	Pendinginan Udara .....	14
2.11	Radiator .....	16
2.12	Kerja Sistem Pendingin Keadaan Dingin .....	17
2.13	Kerja Sistem Pendingin Keadaan Panas .....	17
2.14	Gambar Radiator .....	18
2.15	Gambar <i>Water Coolant</i> .....	19
2.16	<i>Thermostat</i> .....	19
2.17	Tutup Radiator .....	20
2.18	Tangki Cadangan .....	20
2.19	Pompa Air ( <i>Water Pump</i> ) .....	21
2.20	Kipas Pendingin .....	21
2.21	<i>water Jacket</i> .....	22
2.22	Selang Radiator .....	22
3.1	Diagram alir penelitian .....	32
3.2	<i>Thermo couple</i> .....	33
3.3	<i>Stopwatch</i> .....	34
3.4	Gelas ukur .....	34
3.5	<i>Thermometer</i> air raksa .....	35
3.6	<i>Anemometer</i> .....	35



3.7	<i>Tachometer</i> .....	36
3.8	Jangka sorong.....	36
3.9	Meteran .....	37
3.10	<i>Tool set</i> .....	37
3.11	Radiator.....	38
3.12	Rota Meter.....	38
3.13	<i>Coolant A</i> .....	39
3.14	<i>Coolant B</i> .....	39
3.15	<i>Coolant C</i> .....	40
3.16	Plat piringan.....	38
4.1	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap torsi .....	54
4.2	Analisa Grafik Torsi.....	55
4.3	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap daya .....	56
4.4	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian BB.....	58
4.5	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian sfc.....	59
4.6	Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian $\eta_{th}$ .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Pengambilan Data .....	42
Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan Penelitian .....	43
Tabel 4.1. Data Pengujian .....	44
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan .....	53
Tabel 4.3. Efektivitas dan Torsi .....	54
Tabel 4.4. Efektivitas dan Daya .....	56
Tabel 4.5. Efektivitas dan Pemakaian BB .....	57
Tabel 4.6. Efektivitas dan SFC .....	59
Tabel 4.7. Efektivitas dan Efisiensi Thermal .....	60





## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$Q_a$	Debit aliran fluida radiator	$(m^3/s)$
$v$	Volume aliran fluida radiator	$(m^3)$
$t$	Waktu	(s)
$V_a$	Kecepatan aliran fluida radiator	$(m/s)$
$A_{\text{pipa}}$	Luas penampang pipa radiator	$(m^2)$
$A_{\text{radiator}}$	Luas penampang radiator	$(m^2)$
$D_{\text{in.pipa}}$	Diameter pipa dalam	(m)
$L$	<i>Lengthy</i> (panjang)	(m)
$W$	<i>Width</i> (lebar)	(m)
$\nu$	Visikositas kinematik	$(m^2/s)$
$U$	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	$(W/m^2\text{ }^\circ\text{C})$
$\rho_a$	Massa jenis fluida radiator	$(kg/m^3)$
$\dot{q}_a$	Laju perpindahan panas fluida radiator	(W)
$\dot{m}_a$	Laju aliran massa fluida radiator	(kg/s)
$\dot{m}_u$	Laju aliran massa udara	(kg/s)
$C_{pa}$	Kalor spesifik fluida radiator	$(J/kg \cdot ^\circ\text{C})$
$C_{pu}$	Kalor spesifik udara	$(J/kg \cdot ^\circ\text{C})$
$\Delta T_h$	Selisih temperatur fluida radiator	$(^\circ\text{C})$
$t_1 = T_{h.out}$	Temperatur aliran fluida keluar radiator	$(^\circ\text{C})$

$t_2 = T_{h.in}$	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)
$\varepsilon$	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)
$C_c$	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)
T	Torsi	(Nm)
F	Gaya	(N)
r	Panjang Lengan/jarak benda ke pusat rotasi	(m)
Ne	Daya Efektif	(kW)
n	Putaran	(rpm)
Pe	Tekanan Efektif	kPa
Z	Jumlah selinder	-
a	Jumlah Siklus Perputaran	-
VL	Volume Langkah	(cm <sup>3</sup> )
mf	Pemakaian Bahan Bakar	(kg/jam)
ρbb	Masa Jenis Bahan Bakar	(kg/liter)



$V_{bb}$	Volume Bahan Bakar	(liter)
$S_{fc}$	Bahan Bakar Spesifik	(kg/kW.h)
$N_{Bb}$	Nilai Kalor Bahan Bakar	(kW)
$\eta_{th}$	Efisiensi Thermal	%



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## Pengaruh Efektivitas Radiator Berdasarkan Jenis Coolant Terhadap Unjuk Kerja Mesin Toyota Kijang Seri 4k

*Rahmad Susilo<sup>1</sup>, Eddy Elfiano<sup>2</sup>*

*<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau*

*<sup>b</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Universiti Teknologi Malaysia*

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

E-mail : [rahmad16a@student.uir.ac.id](mailto:rahmad16a@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 turunya performa mesin kendaraan. Dengan memaksimalkan kerja dari sistem pendingin maka akan mengurangi resiko terjadinya overheating sehingga kerja mesin akan lebih maksimal. Salah satu factor yang mempengaruhi sistem pendingin mesin adalah jenis coolant yang digunakan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin Toyota kijang seri 4k. 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 10 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 based on Coolant type against performance of Toyota Kijang series 4k engine***

Rahmad Susilo<sup>1</sup>, Eddy Elfiano<sup>2</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

<sup>b</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Universiti Teknologi Malaysia

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

E-mail : [rahmad16a@student.uir.ac.id](mailto:rahmad16a@student.uir.ac.id)

**ABSTRACT**

*Overheating is a condition where the temperature of the machine exceeds the normal limit. Overheating can cause fatal damage to the engine components and result in the performance of the engine. By ensuring the work of the cooling system will reduce the risk of overheating, so that the machine work will be maximal. One of the factors affecting the engine cooling system is the type of coolant that use. The study was conducted using the Toyota series 4k Kijang. The coolant used is ordinary water, coolant A, coolant B, coolant C. Testing conducted on a constant round of 1500 and within 10 minutes. Data usage is done twice for each coolant use. The results showed that the C coolant resulted in the effectiveness of the high radiator 69.3% which affects the value of the best performance parameters, followed by coolant B The effectiveness value of the radiator 67.4%, coolant A value of radiator effectiveness 65.6%, and ordinary water radiator effectiveness value of 62.3% effect on the lowest value of the performance parameters.*

**Keywords:** *engine temperature, Coolant type, Radiator effectiveness, performance.*

**Description:** 1. Autor  
2. Supervisor Lecture



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Mesin merupakan bagian terpenting pada kendaraan bermotor. Agar mesin dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama adalah dengan cara menjaga temperatur mesin agar tetap pada temperature normal. Temperatur mesin kendaraan sangat berpengaruh pada kerja mesin kendaraan. Masalah yang terjadi pada saat temperatur mesin terlalu tinggi adalah *overheating*. *Overheating* merupakan suatu kondisi dimana temperatur mesin melebihi batas normal. *Overheating* dapat menyebabkan terjadi kerusakan fatal pada komponen-komponen mesin dan berakibat turunya performa mesin kendaran (Adika Nur Sandrayanto, 2017).

. Sistem pendingin pada kendaraan bermotor mempunyai peranan yang sangat penting. Sistem pendingin berfungsi menjaga dan menstabilkan temperatur mesin kendaraan pada temperatur normal. Dengan memaksimalkan kerja dari sistem pendingin maka akan mengurangi resiko terjadinya *overheating* sehingga kerja mesin akan lebih maksimal. Radiator adalah alat penukar kalor yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor, terutama pada kendaraan roda empat (Ade Irfan S, 2007). Radiator menggunakan air pendingin sebagai fluida kerja yang menyerap panas dari mesin. Panas yang berasal dari pembakaran gas dalam ruang bakar dan silinder sebagian diserap oleh air pendingin yang bersirkulasi melalui dinding silinder dan ruang bakar, ini dapat terjadi karena adanya mantel air pendingin (*water jacket*). Panas yang diserap oleh air pendingin dari *water jacket*

selanjutnya akan akan didinginkan oleh radiator. (Drs. Hasan Maksum, MT, 2017).

Sistem pendinginan pada radiator kendaraan dahulunya umum menggunakan air biasa sebagai fluida radiator. Pada saat sekarang ada berbagai jenis yang dikeluarkan perusahaan untuk fluida radiator yang dikenal sebagai sebutan *coolant*. *Coolant* adalah cairan pendingin pada radiator yang berfungsi sebagai media penyerap panas mesin, sehingga kerja mesin akan menjadi stabil. *Coolant* di pasaran terdapat berbagai jenis dengan harga yang beragam dan temperatur didihnya juga berbeda. Sehingga akan ada pengaruh yang ditimbulkan dari perbedaan temperatur didih, merek dan harga dari masing-masing jenis *coolant* yang digunakan. Tetapi beberapa merek *coolant* mengklaim dapat menjadi media pemindah panas terbaik untuk radiator. Jadi penjelasan dari merek *coolant* ini membuat penulis tertarik untuk mengkaji tentang pengaruh *water coolant* terhadap efektivitas radiator pada mesin Toyota kijang seri 4K. Efektivitas radiator diartikan seberapa cepat radiator menurunkan temperatur mesin. Dilihat dari temperatur udara di depan radiator dan di belakang radiator, temperatur cairan masuk ke radiator dan yang keluar dari radiator. Semakin cepat radiator mendinginkan temperatur pada mesin maka semakin efektif kerja radiator (Fachruddin MA, 2018). Efektivitas radiator pernah dilakukan penelitian oleh (Saragih, 2017) bahwa dikatakan semakin rendah titik beku dan semakin tinggi titik didih pada suatu *coolant* maka nilai efektivitas radiator semakin tinggi.

Meurut penelitian sebelumnya (Gatot Soebiyakto, 2012) yang meneliti tentang pengaruh penggunaan *water coolant* terhadap *performance* mesin diesel.

Penelitian dilakukan menggunakan mesin diesel dengan kapasitas 1951 cc. Hasil penelitian menyimpulkan penggunaan variasi jenis *water coolant* akan mempengaruhi nilai parameter dari unjuk kerja mesin tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis mengangkat judul penelitian tugas akhir “Pengaruh Efektivitas Rsdiator Berdasarkan Jenis *Water Coolant* Pada Mesin Toyota Kijang Seri 4K”

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana mencari nilai efektivitas radiator berdasarkan variasi jenis *water coolant* pada mesin Toyota kijang seri 4k?
2. Bagaimana menganalisa pengaruh dari efektivitas radiator berdasarkan variasi jenis *water coolant* terhadap unjuk kerja mesin Toyota kijang seri 4k?
3. Bagaimana memilih *water coolant* yang baik digunakan pada kendaraan roda?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan nilai efektivitas radiator berdasarkan variasi jenis *water coolant* pada mesin Toyota kijang seri 4k.
2. Untuk mendapatkan hasil analisa pengaruh efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap unjuk kerja mesin Toyota kijang seri 4k.



3. Untuk memilih penggunaan *water coolant* yang baik untuk digunakan pada kendaraan.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan nilai efektivitas radiator yang dihasilkan tiap *coolant* dan mendapatkan nilai performa mesin yang lebih baik dari penggunaan beberapa jenis *water coolant* yang tersedia dipasaran.

#### 1.5 Batasan Masalah

Dalam penulisan perlu adanya batasan masalah, yakni:

1. Mesin yang digunakan yaitu Toyota kijang seri 4k.
2. Pengambilan data pada kondisi mesin stasioner.
3. Bahan bakar yang digunakan premium (RON 88).
4. *Water coolant* yang digunakan adalah air mineral dan tiga jenis merk *waater coolant* yang berbeda.
5. Dilakukan pada putaran 1500 rpm.
6. Menghitung efektivitas Radiator.
7. Menghitung unjuk kerja yang digunakan.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang analisa ini, penulis melengkapi penguraiannya sebagai berikut.:

**Bab I Pendahuluan.**

Bab ini akan di jelaskan 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.**

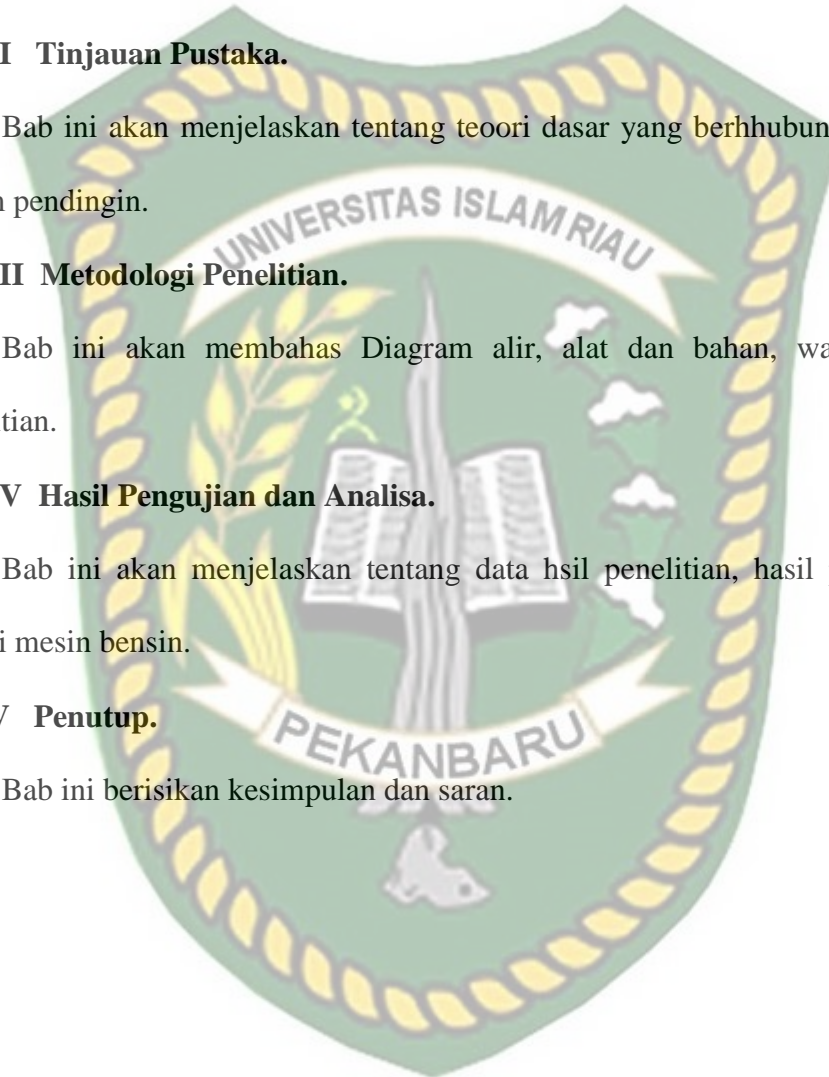
Bab ini akan membahas Diagram alir, alat dan bahan, waktu tempat penelitian.

**Bab IV Hasil Pengujian dan Analisa.**

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

**Bab V Penutup.**

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran.



## BAB II

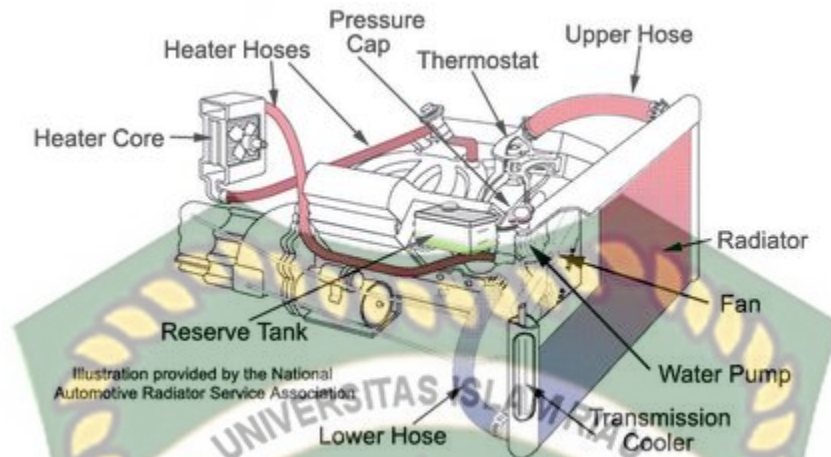
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Pendingin

Sistem pendinginan adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over heating* (panas yang berlebihan yang dihasilkan mesin) agar mesin bisa bekerja dengan baik. Mesin kendaraan yang menggunakan sistem pembakaran dalam melakukan proses pembakaran untuk menghasilkan energi dan dengan mekanisme mesin, panas yang dihasilkan diubah menjadi tenaga gerak. Panas berlebih yang dihasilkan dari mekanisme mesin akan berakibat buruk pada kondisi mesin, hal inilah yang akan menjadi penyebab terjadinya *over heating*. Bila mesin tidak didinginkan dikhawatirkan akan mengakibatkan turunya performa mesin, turunnya efisiensi bahan bakar, dan bahkan kerusakan pada komponen mesin. Untuk mencegah hal ini maka digunakanlah sistem pendingin pada mesin kendaraan.

Menurut penelitian sebelumnya (Ade Irfan S, 2007) yang melakukan penelitian tentang analisa sistem pendingin pada mesin ISUZU panther didapat kesimpulan salah satu faktor yang mendukung panjangnya umur pakai dari mesin adalah kondisi *Cooling System* atau sistem pendingin mesin yang bekerja dengan baik. Dengan sistem pendingin yang bekerja dengan baik dapat mengurangi resiko terjadinya kerusakan pada mesin. Apabila panas yang dihasilkan dari pembakaran tadi akan mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan dan cenderung merubah sifat-sifat serta bentuk dari komponen mesin tersebut.





Gambar 2.9 Sistem Pendingin Mesin

(Sumber: Legiman, 2014)

## 2.2 Jenis-jenis Sistem Pendingin

Berdasarkan cara kerjanya, Sistem Pendingin kendaraan dibagi menjadi 2 yaitu sistem pendingin dengan menggunakan pendingin udara (*air cooling engine*) dan sistem pendingin air (*water cooling*). Sistem pendingin yang digunakan pada mobil menggunakan sistem pendingin air, setiap jenis sistem pendingin tersebut mempunyai keuntungan dan kerugian masing-masing yang disesuaikan dengan tujuan penggunaan engine kendaraan tersebut (Soekardi, 2005).

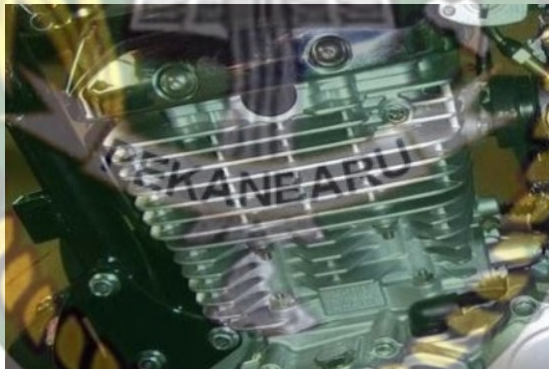
### 2.1. Sistem pendinginan udara (*air cooling engine*)

Dalam sistem ini, panas mesin langsung dilepaskan ke udara. Mesin dengan sistem pendinginan udara mempunyai desain pada silinder mesin terdapat sirip pendingin. Sirip pendingin ini untuk memperluas bidang singgung antara mesin dengan udara sehingga pelepasan panas bisa berlangsung lebih cepat. (Amin Suhadi, 2017).

Sirip pada sistem pendinginan udara berfungsi untuk menambah luas permukaan perpindahan panas, dimana semakin luas permukaan perpindahan panas maka panas yang dibuang atau diserap semakin cepat dan banyaknya sirip itu juga mempengaruhi perpindahan panas, semakin banyak sirip maka semakin cepat perpindahan panas terjadi. (J.P. Holman, 1993)

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

1. Perbedaan temperatur antara panas mesin dengan udara luar/sekitar.
2. Luas permukaan dimana panas dikeluarkan atau disemburkan.
3. Tingkat aliran kecepatan udara pada permukaan yang dikenai.



Gambar 2.10 Pendinginan udara

Pendingin udara mempunyai keuntungan antara lain:

1. Kontruksi lebih sederhana.
2. Tidak memakan tempat yang besar.
3. Harga relatif lebih murah.
4. Pendinginan udara tidak memerlukan perhatian khusus, sehingga dalam perawatannya akan lebih mudah.

Namun pendingin udara mempunyai kerugian antara lain:

1. Pendinginan tidak merata.
2. Suara mesin berisik karena adanya getaran dari sirip-sirip pendingin.
3. Saat kendaraan berhenti proses pelepasan panas akan terhambat, sehingga mengganggu proses pendinginan mesin.
4. Proses pendinginan berpengaruh ketika sela-sela sirip tertutup oleh benda lain seperti lumpur yang lengket di sirip.

## 2.2. Sistem pendinginan air (*water cooling engine*)

Sistem pendingin mesin dengan air menggunakan radiator sebagai alat penukar kalor. Panas yang dihasilkan dari ruang bakar ditransfer ke air sekitar ruang bakar dan silinder. Air yang panas kemudian beredar menuju radiator. Air diteruskan melalui pipa radiator, panasnya dipindahkan ke sirip radiator dimana panas tersebut dilepaskan ke udara. Air kemudian kembali ke mesin. (Kurniawan, 2015)

Sistem pendinginan air mempunyai keuntungan antara lain:

1. Pendinginan lebih merata.
2. Lebih nyaman karena getaran yang dihasilkan lebih kecil.
3. Pengontrolan suhu pendinginan dalam sistem ini lebih mudah dibandingkan dengan sistem pendinginan udara karena pada sistem pendinginan terdapat *thermostat*.

Terdapat beberapa kerugian pada sistem pendinginan air antara lain:

1. Konstruksi yang lebih rumit.
2. Memakan lebih banyak tempat.



3. Harga yang relatif lebih mahal.
4. Dibutuhkan perawatan khusus.



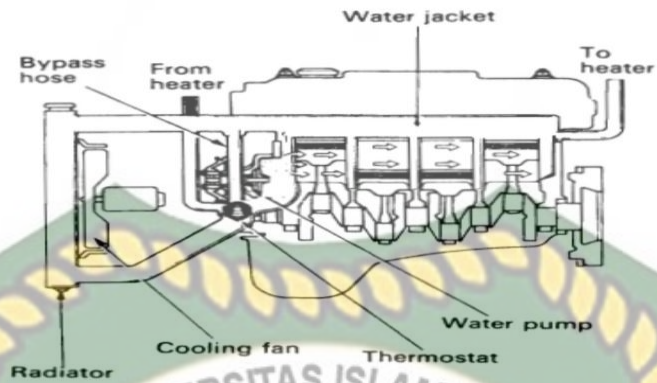
Gambar 2.11 Radiator  
(Sumber: Kurniawan, 2015)

### 2.3 Cara Kerja Sistem Radiator.

Cara kerja pendingin mesin dibagi menjadi dua kondisi, pada saat mesin dingin dan juga pada saat mesin panas.

#### 2.3.1 Pada saat mesin dingin.

Saat mesin masih dingin sirkulasi cairan pendingin hanya terjadi didalam mesin saja, tanpa melalui radiator. Air bersirkulasi di dalam water jacket dengan bantuan pompa (*water pump*) melewati selang *by pass* tanpa melewati radiator (seperti yang ditunjukkan arah panah pada gambar). Ketika mesin masih dalam keadaan dingin, air radiator juga dalam keadaan dingin dan *thermostat* masih tertutup, proses ini bertujuan untuk mempercepat mesin mencapai suhu kerja normal yaitu sekitar 80-90 °C (Arizal Rizqi K, 2015).

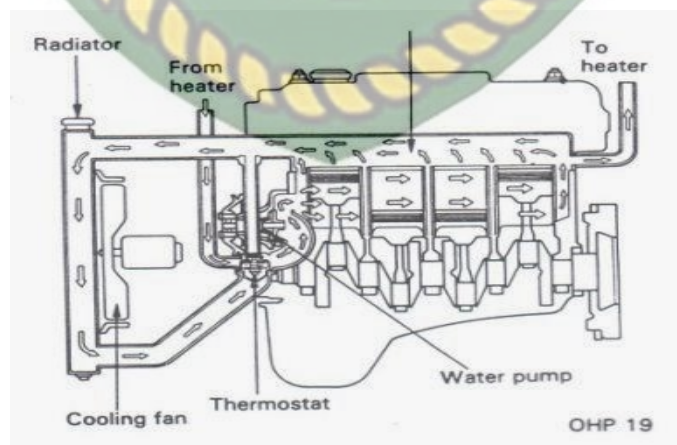


Gambar 2.12 Kerja Sistem Pendingin Keadaan Mesin Dingin

Sumber : (Toyota astra motor, 1995)

### 2.3.2 Pada saat mesin panas.

Setelah mesin menjadi panas dan melebihi temperatur kerja normal mesin (sekitar 80-90 °C), maka *thermostat* akan terbuka dan *katup bypass* akan tertutup. Sehingga air radiator yang menyerap panas didalam *water jacket* kemudian dengan bantuan *water pump*, air di pompa hingga ke radiator untuk didinginkan dengan bantuan putaran kipas. Selanjutnya cairan pendingin yang sudah didinginkan didalam radiator ditekan kembali oleh pompa air menuju ke *water jacket* untuk mendinginkan mesin, begitu seterusnya sampai temperatur kembali turun hingga *thermostat* kembali menutup.



Gambar 2.13 Kerja Sistem Pendingin Keadaan Mesin panas

Sumber : (Toyota astra motor, 1995)

## 2.4 Komponen-komponen Sistem Pendingin

Sistem pendinginan dari toyota kijang seri 4k terdiri dari beberapa komponen. Komponen-komponen digunakan untuk memperlancar kerja pada sistem pendinginan Toyota kijang seri 4k, antara lain:

### 2.4.1 Radiator

Radiator memiliki fungsi untuk membuang panas pada air yang bersirkulasi didalam mesin melalui sirip - sirip yang ada pada radiator. Cairan menyerap panas yang di hasilkan oleh mesin melalui saluran *water jacket*. Panas tersebut di buang melalui sirip-sirip radiator.



Gambar 2.14 Gambar Radiator

### 2.4.2 Air Radiator (*Water Coolant*)

Air radiator adalah fluida kerja yang di gunakan pada sistem radiator sebagai penyerap panas berlebih yang di hasilkan oleh mesin kendaraan. Kandungan dari air radiator sangat mempengaruhi nilai efektivitas radiator.

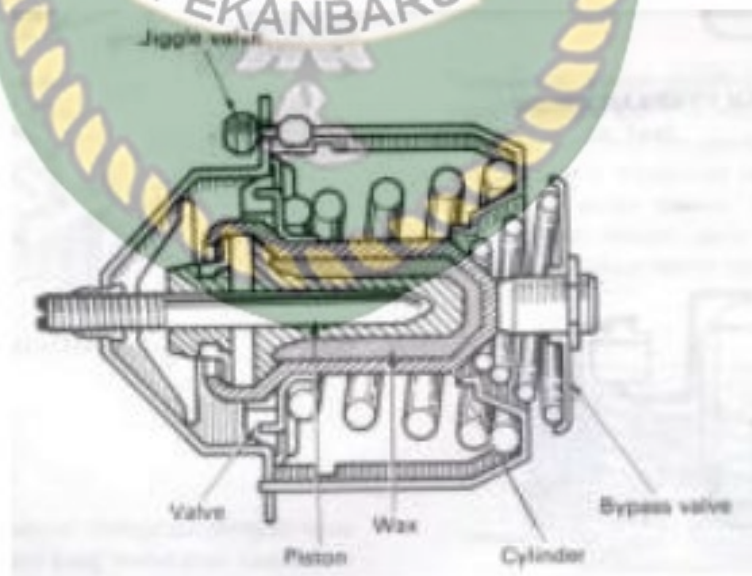




Gambar 2.15 Gambar water coolant

### 2.4.3 Thermostat

Fungsi *thermostat* yaitu untuk mengendalikan suhu mesin hingga mencapai suhu kerja. Temperatur cairan pendingin tergantung pada temperatur mesin. Pada umumnya temperatur kerja mesin berkisar antara 80-90 °C. (Arizal Rizqi K, 2015)



Gambar 2.16 Thermostat

(Sumber : Arizal Rizqi K, 2015)

#### 2.4.4 Tutup Radiator

Tutup radiator adalah salah satu komponen yang memiliki fungsi penting. Tutup radiator berfungsi mencegah kebocoran pada radiator. Tutup radiator juga memiliki fungsi untuk mengurangi tekanan di dalam radiator, agar tidak terjadi kerusakan yang di akibatkan tekanan yang berlebihan.



Gambar 2.17 Tutup Radiator

#### 2.4.5 Tangki Cadangan (*Reservoir Tank*)

Cairan panas yang masuk ke dalam radiator, akan menaikkan temperatur dan tekanan di dalam radiator dan menyebabkan air berekspansi. Saat tekanan dan temperatur melebihi batas dari kemampuan yang bisa di tahan oleh tutup radiator maka, cairan yang berlebih akan di alirkan ke tangki cadangan radiator. Apabila tekanan dan temperatur telah turun maka, cairan akan kembali ke dalam radiator. Hal ini diperlukan untuk mengantisipasi terbuangnya cairan secara percuma.

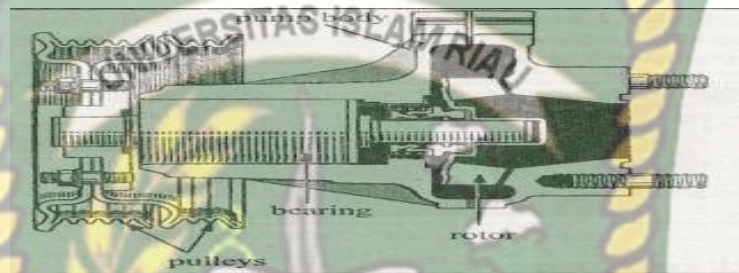


Gambar 2.18 Tangki Cadangan

(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)

#### 2.4.6 Pompa Air (*Water Pump*)

Pompa air mempunyai kegunaan untuk memompa air di dalam radiator agar dapat mengalir kedalam saluran *water jacket*, sehingga air dapat menyerap panas dari mesin. Pompa air sangat penting bagi kelancaran sirkulasi air dalam sistem pendingin.

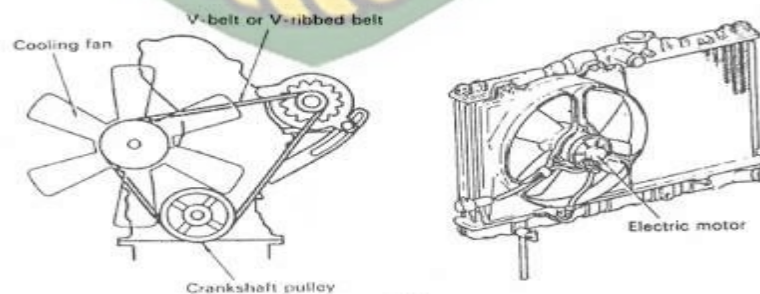


Gambar 2.19 Pompa Air (*Water Pump*)

Sumber : (Toyota astra motor, 1995)

#### 2.4.7 Kipas Pendingin

Kipas pendingin berfungsi membantu mendinginkan air yang masuk kedalam radiator. Kipas meniupkan angin dari belakang radiator. Angin bertiup melewati sirip-sirip radiator dengan tujuan menurunkan temperatur air yang berada di dalam radiator.



Gambar 2.20 Kipas Pendingin

(Sumber : Irfan S, Ade. 2007)



#### 2.4.8 Mantel Pendingin (*water jacket*)

*Water jacket* jalur aliran air pendingin yang berada pada bagian blok mesin. Air mengalir dan menyerap panas kerja mesin dari dalam *water jacket*. Air akan terus mengalir dan menyerap panas hingga temperatur kerja mesin menjadi normal.



Gambar 2.21 *water Jacket*

[http://ejournal.politeknikmuhpkl.ac.id/index.php/surya\\_teknika](http://ejournal.politeknikmuhpkl.ac.id/index.php/surya_teknika)

#### 2.4.9 Selang Radiator

Selang radiator biasanya terbuat dari karet tahan panas. Selang yang tahan panas memungkinkan agar air yang mempunyai temperatur tinggi dapat bersirkulasi dengan baik. Selain tahan terhadap temperatur, selang juga harus tahan terhadap getaran dari mesin yang bergerak.



Gambar 2.22 Selang Radiator

## 2.5. Perpindahan Panas Pada Radiator

Secara umum mekanisme perpindahan panas dibagi menjadi tiga macam antara lain yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Konveksi terbagi menjadi dua jenis, yaitu konveksi alami dan konveksi paksa. Dimana konveksi alami adalah konveksi yang terjadi akibat pemaksaan oleh gaya apung, dimana karena perbedaan massa jenis yang diakibatkan oleh variasi suhu pada fluida. Sedangkan konveksi paksa terjadi ketika aliran disebabkan oleh gaya dari luar, seperti kipas, pompa, atau angin di atmosfer (Dermawan RM, 2013).

Perpindahan panas yang terjadi pada radiator adalah konveksi paksa, dimana perpindahan Efektivitas radiator adalah kemampuan radiator menyerap panas air yang keluar dari dalam mesin atau kemampuan radiator dalam mendinginkan mesin, sehingga temperatur mesin terjaga dalam kondisi yang stabil. Efektivitas suatu radiator berdampak besar terhadap sistem pendinginan, dimana suhu air yang keluar radiator tidak lebih tinggi atau sama dengan suhu air masuk mesin. Adapun persamaan dari nilai efektifitas radiator yaitu :

panas yang terjadi pada radiator dipengaruhi oleh gaya dari luar. Panas dari air didalam radiator dipaksa keluar dengan bantuan hembusan udara yang dihasilkan oleh kipas radiator.

## 2.6. Klasifikasi Alat Penukar Kalor

Pada dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida yang berbeda temperature, dimana perpindahan panasnya dapat dilakukan secara kontak langsung dan tidak langsung.

### 2.6.1 Secara Kontak Langsung

Adapun ciri-ciri perpindahan panas secara kontak langsung yang ada dalam *heat exchanger* yaitu fluida panas dicampur secara langsung dengan fluida dingin pada akhirnya temperatur fluida dingin akan sama dengan fluida panas. Jumlah perpindahan panas dapat diperkirakan dengan menyamakan energi yang diberikan fluida panas kepada fluida dingin. Biasanya perpindahan panas seperti ini digunakan di daerah dingin untuk mendapatkan air hangat atau fluida hangat yang digunakan untuk mandi di pagi hari dan untuk keperluan lainnya.

### 2.6.2 Secara Kontak Tidak Langsung

Ciri-ciri tipe kontak tidak langsung adalah mekanisme perpindahan panasnya dari fluida panas ke permukaan terlebih dahulu, kemudian ke fluida dingin atau perpindahan panas terjadi karena adanya zat perantara. Perpindahan panas yang tidak langsung sangat banyak digunakan dalam alat penukar kalor (*heat exchanger*). Seperti pembangkit tenaga uap yang menggunakan air sebagai media pertama kemudian dipanaskan di dalam *boiler* secara tidak langsung dengan hasil pembakaran batubara dapat memanaskan air yang ada di dalam *boiler*. Sehingga air tersebut akan mendidih dan menjadi uap kemudian diproses lagi untuk digunakan memutar sudu-sudu turbin.

## 2.7. Metode Perhitungan Nilai Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) dan Laju Perpindahan Panas

Efektivitas radiator adalah kemampuan radiator dalam menjaga atau mempertahankan temperatur mesin kendaraan tetap konstan. Nilai efektivitas



radiator dipengaruhi oleh *coolant* yang digunakan pada radiator. Setiap jenis *coolant* mempunyai spesifikasi yang berbeda-beda sehingga dapat mempengaruhi nilai dari efektivitas radiator.

### 2.7.1 Perhitungan Untuk Mencari Efektivitas Radiator

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

Dimana :

$\varepsilon$  = Efektivitas radiator

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

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

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

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

$\varepsilon$  = Efektivitas radiator

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

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

$T_{h1}$  = Temperatur air yang masuk keradiator (°C)

### 2.7.2 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 :

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

Dimana :

$q$  = Laju perpindahan panas 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 nilai laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

$\rho$  = Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas permukaan inti radiator (m<sup>2</sup>)

$V$  = Kecepatan aliran udara (m/s)

Untuk mencari Metode  $\Delta T_{LMTD}$  (*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*

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

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

– Untuk perhitungan *parallel flow*

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

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

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 temperature udara masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{c.out}$  = Temperatur temperature 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 di bawah 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)

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

$\Delta T$  = Selisih temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

$A_s$  = Luas penampang ( $\text{m}^2$ )

$\Delta T_{lm}$  = *Log mean temperature difference* ( $^{\circ}\text{C}$ )



## 2.8. Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin

Prestasi yang menunjukkan nilai kinerja suatu motor. Dalam analisa motor bakar bensin ada beberapa parameter prestasi yang harus dihitung, diantaranya daya poros efektif ( $N_e$ ), tekanan efektif rata-rata ( $P_e$ ), pemakaian bahan bakar ( $m_f$ ), pekaian bahan bakar spesifik (SFC), laju aliran massa udara ( $m_u$ ), perbandingan bahan bakar-udara ( $F/A$ ), efisiensi volumetrik ( $\eta_v$ ) dan efisiensi termal( $\eta_{th}$ ).

### 2.8.1 Torsi (T)

Torsi yaitu kemampuan mesin untuk melakukan kerja dari kondisi diam sampai bergerak, sehingga torsi di sebut suatu energi. Torsi biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends & Berenschot 1980), Jadi rumus torsi adalah:

$$T = F \times r$$

Dimana :

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

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

$$= \text{Massa (kg)} \times \text{Percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)}$$

$$r = \text{Panjang Lengan/jarak benda ke pusat rotasi (0,43 m)}$$

### 2.8.2 Daya Poros atau Daya Efektif ( $N_e$ )

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

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

Dimana :

$N_e$  : Daya Efektif (kW)

T : Torsi (Nm)

n : putaran (rpm).

### 2.8.3 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.

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

Dimana :  $P_e$  = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

$N_e$  = Daya poros efektif (kW)

Z = Jumlah selinder

n = Putaran poros (rpm)

a = Jumlah siklus per putaran

= 1 untuk motor 2 langkah

= 1/2 untuk motor 4 langkah

$V_L$  = Volume langkah torak ( $\text{cm}^3$ )

= luas permukaan torak x panjang langkah torak

$$= 0,785 \cdot D^2 \cdot S$$

$D$  = Diameter torak ( $\text{mm}$ )

$S$  = Panjang langkah torak ( $\text{mm}$ )

#### 2.8.4 Pemakaian Bahan Bakar (mf)

Konsumsi bahan bakar dihitung untuk menentukan waktu dibutuhkan oleh motor bakar untuk pemakaian bahan bakar dalam satuan volume yang dipengaruhi oleh massa jenis bahan bakar tersebut. Untuk menghitung Pemakaian bahan bakar di gunakan persamaan di bawah ini:

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

Sumber : Modul .2015. *Praktikum Fenomena dan Prestasi Mesin*.

Pekanbaru : Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin UIR.

Dimana :

$\dot{m}_f$  : Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

$V_{bb}$  : Volum bahan bakar (ml)

$t$  : Waktu (second)

$\rho_{bb}$  : Massa jenis bahan bakar (0,7471 kg/liter)



### 2.8.5 Pemakaian Bahan bakar specific ( $Sfc$ )

Pemakaian bahan bakar specific adalah unjuk kerja mesin yang berhubungan dengan nilai ekonomis pada mesin. Pemakaian bahan bakar spesifik juga didefinisikan sebagai banyaknya bahan bakar yang terpakai per jam untuk menghasilkan setiap kW daya motor. Dengan hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk mendapatkan daya dalam jarak waktu tertentu. Maka pemakaian bahan bakar specificnya :

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

$Sfc$  : pemakaian bahan bakar spesifik (kg/kW.h)

$\dot{m}_f$  : Jumlah pemakaian bahan bakar (kg/j)

$N_e$  : Daya efektif ( Watt )

### 2.8.6 Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

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

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

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

Dimana :

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

Q = Nilai kalor bahan bakar (kW)

Efisiensi termal dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

Dimana :

$\eta_{th}$  = Efisiensi keseluruhan (%)

$N_e$  = Daya efektif (kW)

$Q$  = Nilai kalor bahan bakar (kW)

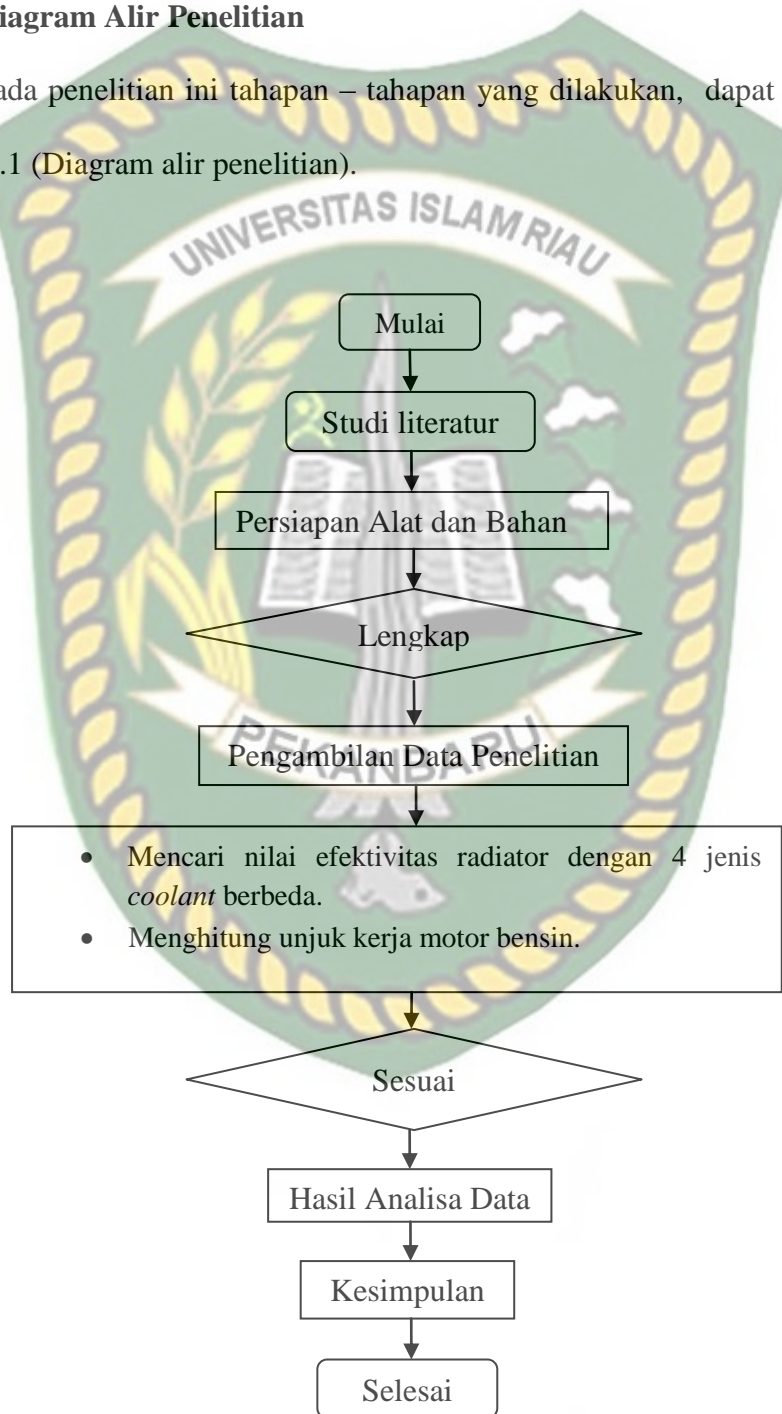


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



### 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 September 2019 sampai dengan selesai.

### 3.3 Alat dan bahan

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

#### 3.3.1 Alat

##### 1. *Thermo couple*

Thermo couple digunakan untuk mengukur suhu udara di depan dan di belakang radiator. *Thermocouple* ini memiliki range pada suhu -50 – 1300 °C.



Gambar 3.2. *Thermo couple*

##### 2. *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*

3. Gelas ukur bahan bakar

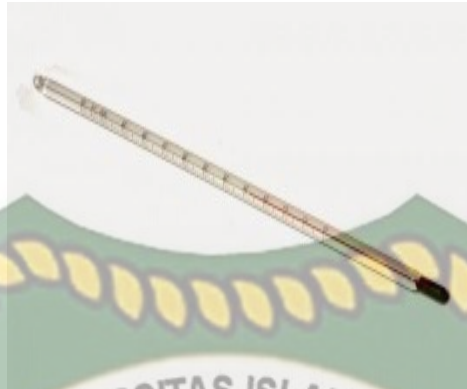
Untuk mengukur banyaknya pemakaian bahan bakar pada waktu pengujian digunakan gelas ukur. Gelas ukur yang digunakan yaitu gelas ukur yang berkapasitas isi sebanyak 1 liter, yang dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Gelas ukur

4. *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

#### 5. *Anemometer*

*Anemometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara yang masuk ke karburator dan juga mengukur kecepatan udara di depan dan di belakang radiator. . Dengan spesifikasi unit 0-30 m/s, 0-5860 ft/min, 0-55 knots, 0-90 km/hr, 0-65 mph).

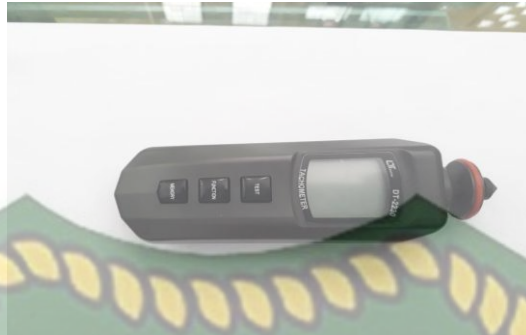


Gambar 3.6. *Anemometer*

#### 6. *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.*

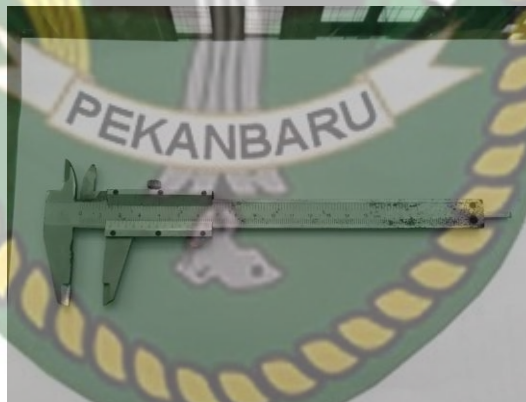




Gambar 3.7. *Tachometer*

7. 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

8. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur luas penampang radiator. Meteran ini memiliki resolusi pengukuran dengan skala 0-3 m.



Gambar 3.9. Meteran

#### 9. *Tool set*

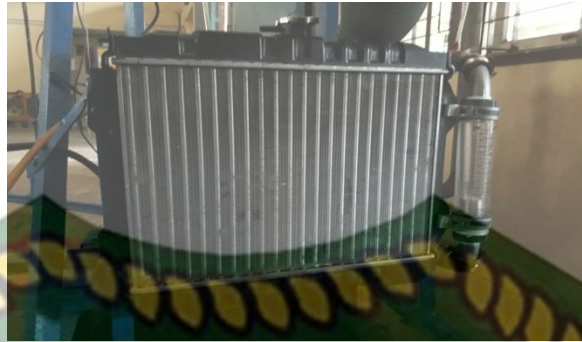
*Tool set* digunakan untuk melakukan perawatan terhadap *engine stand* saat sebelum pengujian dan memastikan bahwa *engine stand* yang akan digunakan dalam kondisi stabil ketika pengambilan data.



Gambar 3.10. *Tool set*

#### 10. Radiator

Radiator adalah alat penukar kalor yang biasa digunakan pada kendaraan roda dua atau kendaraan roda empat. Dengan adanya radiator maka temperatur ruang bakar pada engine dapat terjaga kestabilannya dalam temperatur kerja.



Gambar 3.11. Radiator

### 11. *Flowmeter Type Tube*

*Flowmeter type tube* adalah alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran pada fluida. Pada penelitian *flowmeter* sangat diperlukan karena untuk menghitung debit aliran fluida, untuk bisa nantinya menghitung kecepatan aliran fluida. *Flowmeter* ini memiliki dua satuan disisi kanan GPM (Galon Per Menit) dan disisi kiri LPM (Liter Per Menit) untuk mempermudah dalam memilih satuan. Apakah GPM atau LPM yang dipilih untuk satuan debit tersebut. Kemudian baru dikonversi ke satuan (Meter Kubik Per Detik).



Gambar 3.12. Rota Meter



### 3.3.2 Bahan

#### 1. Air mineral

Pada penelitian ini penulis menggunakan air mineral sebagai salah satu jenis air pendingin yang akan digunakan dalam pengujian ini. Air mempunyai titik beku 0 °C dan titik didih 100 °C.

#### 2. Coolant

*Coolant* adalah cairan pendingin yang digunakan pada radiator untuk menstabilkan temperatur mesin. Spesifikasi *coolant* yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Jenis Coolan	: Coolant A
Merk Coolant	: Radiator Coolant
Titik Didih	: 110 °C
Warna Cairan	: Hijau

Gambar 3.13. Coolant A



Jenis Coolan	: Coolant B
Merk Coolant	: Top 1
Titik Didih	: 118 °C
Warna Cairan	: Hijau

Gambar 3.14. Coolant B



Jenis Coolan : Coolant c

Merk Coolant : Prestone

Titik Didih : 126 °C

Warna Cairan : Hijau

Gambar 3.15. Coolant C

### 3. Bahan bakar

Variasi nilai oktan dari bahan bakar yang digunakan sebagai perbandingan mencari nilai efektivitas radiator adalah bahan bakar dengan nilai RON 88 (premium).

### 3.4 Prosedur pengujian

Adanya prosedur pengujian dilakukan untuk mempersiapkan alat-alat dan langkah pengujian yang dilakukan agar proses pengambilan data dapat berjalan dengan lancar, berikut persiapan dan langkah-langkah dari pada pengujian.

#### 3.4.1 Persiapan sebelum pengujian

Perlu adanya persiapan sebelum melakukan pengujian agar proses pengujian tidak ada kekurangan pada peralatan dan bahan yang akan dibutuhkan, diantara nya:

1. Mempersiapkan alat yang akan di uji yaitu memastikan kondisi *engine stand* dan radiator yang akan di uji dalam keadaan siap.

2. Mempersiapkan alat pendukung berupa *flowmeter*, *anemometer*, *thermometer*, *stopwatch*, *tachometer* dan peralatan lainnya.
3. Mempersiapkan seluruh bahan yang diperlukan pada proses pengujian, yaitu bahan bakar dengan nilai oktan88 (premium) dan empat jenis *coolant* berbeda.

### 3.4.2 Langkah – langkah pengujian

1. Pengambilan data awal
  - a. Menghidupkan mesin
  - b. Mengambil data berdasarkan putaran 1500 rpm
  - c. Pengambilan data dilakukan pada menit ke 10.
2. Pengambilan data pengujian
  - a. Menghidupkan mesin
  - b. Naikkan putaran mesin sampai 1500 rpm.
  - c. Tunggu hingga 10 menit.
  - d. Pengambilan data dilakukan pada saat *thermostat* terbuka dengan cara melihat pada bagian *flowmeter* sudah mendapatkan nilai debit aliran.
  - e. Ukur *temperature* suhu air masuk dan
  - f. Ukur *temperature* keluar air pada radiator.
  - g. Ukur *temperature* udara didepan radiator
  - h. Ukur *temperature* udara dibelakang radiator .
  - i. Ukur kecepatan udara didepan dan dibelakang radiator
  - j. Semua data yang didapatkan dimasukkan kedalam tabel data untuk mempermudah dalam melihat data yang didapatkan.



k. Matikan mesin

1. Lakukan langkah – langkah diatas untuk setiap pengambilan data pada putaran yang sudah ditentukan.

### 3.5 Pengambilan data

Pengambilan data pengujian dilakukan menggunakan teknik analisa deskriptif untuk mengetahui pengaruh hasil efektivitas radiator dengan memvariasikan jenis air pendingin yang digunakan pada radiator dengan putaran yang telah ditentukan, seperti yang ditunjukkan pada table 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.1 Tabel Pengambilan Data

<i>Coolant</i>	$T_{air\ in}$ (°C)	$T_{air\ out}$ (°C)	$T_u\ in$ (°C)	$T_u\ out$ (°C)	$V_u\ in$ (m/s)	$V_u\ out$ (m/s)	$Q_{air}$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_{udara}$ (m/s)	Bahan bakar (ml)	Beban (kg)
Air biasa										
<i>Coolant A</i>										
<i>Coolant B</i>										
<i>Coolant C</i>										

Dimana :

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

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

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

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

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

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

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

### 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 3.3 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 Penelitian

Tabel 4.1 Data Pengujian Dengan Menggunakan Air biasa dan tiga jenis *Coolant* berbeda. Data pada pengujian diambil pada putaran 1500 rpm dan waktu pengambilan data dilakukan 15 menit setelah mesin hidup.

Tabel 4.1 Data Pengujian

<i>Coolant</i>	$T_{h \text{ in}}$ (°C)	$T_{h \text{ out}}$ (°C)	$T_{c \text{ in}}$ (°C)	$T_{c \text{ out}}$ (°C)	$V_{u \text{ in}}$ (m/s)	$V_{u \text{ out}}$ (m/s)	$Q_{\text{air}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_{\text{udara}}$ (m/s)	Bahan bakar (ml)	Massa (kg)
Air biasa	89	79	31	40	1,4	3,3	0,000505	15,6	400	20
<i>Coolant A</i>	90	78	31	40,5	1,4	3,3	0,000505	15,6	380	20
<i>Coolant B</i>	90	77	31,1	41	1,4	3,3	0,000505	15,6	370	20
<i>Coolant C</i>	90	76	31,4	48	2,4	4,5	0,000757	19,3	360	20

#### 4.2 Hasil Perhitungan Air Biasa.

##### 1. Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ )

###### ❖ Perhitungan untuk Air radiator

$$T_{\text{rata-rata}} = \frac{T_{h \text{ in}} + T_{h \text{ out}}}{2} = \frac{89 \text{ }^\circ\text{C} + 79 \text{ }^\circ\text{C}}{2} = 84 \text{ }^\circ\text{C}$$



Untuk semua nilai parameter diatas dapat dicari di tabel A-9 *properties of saturated water* dengan menggunakan interpolasi dari nilai temperatur rata-rata fluida (84°C) dengan parameter °C<sub>equivalen</sub> (sama dengan) K, adapun cara interpolasinya seperti di bawah ini :

- Massa jenis air (*Density*)

$$\begin{aligned}\rho_a &= 971,8 \text{ kg/m}^3 + \left(\frac{84^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}}{85^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}}\right) \times (968,1 \text{ kg/m}^3 - 971,8 \text{ kg/m}^3) \\ &= 968,4 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Panas spesifik (*Specific heat*)

$$\begin{aligned}C_{pa} &= 4197 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C} + \left(\frac{84^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}}{85^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}}\right) \times (4201 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C} - 4197 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}) \\ &= 4200,2 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- Perhitungan kecepatan air

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

$$\begin{aligned}A_{\text{pipa}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{\text{in. pipa}}^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,032)^2 \text{m} \\ &= 8,0384 \times 10^{-4} \text{m}^2 \\ &= 0,00080384 \text{m}^2\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 V_a &= \frac{Q_a}{A_{\text{pipa}}} \\
 &= \frac{0,000505 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00080384 \text{ m}^2} \\
 &= 0,628 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan laju aliran massa Air

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_a &= \rho_a \cdot V_a \cdot A_{\text{pipa}} \\
 &= 968,84 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,628 \text{ m/s} \cdot 0,00080384 \text{ m}^2 \\
 &= 0,489 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

- ❖ **Perhitungan untuk udara pada radiator**

$$T_{\text{c rata-rata}} = \frac{T_{\text{c. in}} + T_{\text{c. out}}}{2} = \frac{31 \text{ }^\circ\text{C} + 40 \text{ }^\circ\text{C}}{2} = 35,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Adapun nilai yang dicari dengan menggunakan interpolasi dari temperatur rata-rata udara diatas ialah :

- $\rho_u = \text{Density (kg/m}^3\text{)}$
- $C_{pu} = \text{Specific heat (J/kg.}^\circ\text{C)}$

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 (35,5°C) seperti di bawah ini :

- Massa jenis udara (*Density*)

$$\begin{aligned}\rho_u &= 1,145 \text{ kg/m}^3 + \left(\frac{35,5^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}}{40^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}}\right) \times (1,127 \text{ kg/m}^3 - 1,145 \text{ kg/m}^3) \\ &= 1,143 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Panas spesifik (*Specific heat*)

$$\begin{aligned}C_{pu} &= 1007 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C} + \left(\frac{35,5^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}}{40^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}}\right) \times (1007 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C} - 1007 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}) \\ &= 1007 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- Perhitungan keceratan rata-rata udara

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

$$\begin{aligned}V_{u \text{ rata-rata udara}} &= \frac{V_{u. in} + V_{u. out}}{2} \\ &= \frac{1,4 \text{ m/s} + 3,3 \text{ m/s}}{2} \\ &= 2,35 \text{ m/s}\end{aligned}$$

- Perhitungan laju aliran massa udara pada radiator

$$\begin{aligned}\dot{m}_u &= \rho_u \cdot V_{u \text{ rata-rata}} \cdot A_{\text{radiator}} \\ &= 1,143 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,35 \text{ m/s} \cdot 0,132 \text{ m}^2 \\ &= 0,355 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

#### ❖ Perhitungan untuk efektivitas radiator pada air biasa

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



- Perhitungan laju kapasitas fluida panas

$$\begin{aligned} C_h &= \dot{m}_a \cdot C_{pa} \\ &= 0,489 \text{ kg/s} \cdot 4200,2 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \\ &= 2053,8978 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- Perhitungan laju kapasitas dari udara

$$\begin{aligned} C_c &= \dot{m}_u \cdot C_{pu} \\ &= 0,355 \text{ kg/s} \cdot 1007 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \\ &= 357,485 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

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 ( $\dot{q}_{aktual} = \dot{q}_a$ )

$$\begin{aligned} \dot{q}_{aktual} &= C_h \cdot \Delta T_h \\ &= 2053,897 \text{ W/}^\circ\text{C} \cdot (T_{h, in} - T_{h, out}) \\ &= 2053,897 \text{ W/}^\circ\text{C} \cdot (89 \text{ }^\circ\text{C} - 79 \text{ }^\circ\text{C}) \\ &= 20538,97 \text{ W} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \dot{q}_{max} &= C_{min} \cdot \Delta T_{max} \\ &= 2053,897 \text{ W/}^\circ\text{C} \cdot (T_{h, in} - T_{c, in}) \end{aligned}$$

$$= 2053,897 \text{ W/}^\circ\text{C} \cdot (89^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C})$$

$$= 119126,026 \text{ W}$$

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

- Efektifitas fluida radiator cara pertama

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\dot{q}_{\text{aktual}}}{\dot{q}_{\text{max}}} \\ &= \frac{20538,97 \text{ W}}{119126,026 \text{ W}} \\ &= 0,172 = 17,2\% \end{aligned}$$

- Efektivitas fluida radiator cara kedua jika  $C_h = C_{min}$  persamaan ini didapatkan di buku *heat transfer* edisi ke 5 Yunus Cengel (Cengel, Yunus A and Ghajar, 2014).

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{T_{h, \text{ in}} - T_{h, \text{ out}}}{T_{h, \text{ in}} - T_{c, \text{ in}}} \\ &= \frac{89^\circ\text{C} - 79^\circ\text{C}}{89^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C}} \\ &= 0,172 = 17,2\% \end{aligned}$$

Dengan membandingkan menggunakan dua persamaan diatas maka nilai efektifitas radiator yang didapat adalah sama ,yaitu 17,2 %.

## 2. Unjuk Kerja Motor Bensin

### ❖ Torsi

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

$$T = F \times r$$

Dimana :

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ &= 20 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \\ &= 196 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga nilai torsi bisa didapatkan dengan persamaan dibawah :

$$\begin{aligned} T &= F \times r \\ T &= 196 \text{ N} \times 0,43 \text{ m} \\ T &= 84,28 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Jadi torsi yang dihasilkan motor dengan menggunakan air biasa sebagai fluida pendingin adalah 84,28 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:

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

$$N_e = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500 \text{ rpm} \cdot 84,28 \text{ Nm}}{60}$$

$$N_e = 13231,96 \text{ W}$$



$$N_e = 13,23 \text{ kW}$$

Dari hasil persamaan diatas maka didapatkan nilai daya efektif adalah 13,23 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.

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

$$P_e = \frac{13,23 \text{ kW}}{0,00130 \text{ m}^3 \times 4 \times 1500 \text{ rpm} \times \frac{1}{2}}$$

$$P_e = 3,392 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil persamaan diatas maka diapat nilai tekanan efektif ( $P_e$ ) adalah 3,392 kg/cm<sup>2</sup>.

❖ **Pemakaian bahan bakar (mf)**

Untuk menghitung Pemakaian bahan bakar di gunakan persamaan di bawah ini:

$\rho_{bb}$  : Massa jenis bahan bakar (0,7471 kg/liter)

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

$$\dot{m}_f = \frac{400 \text{ ml}}{600 \text{ s}} \times \frac{3600 \frac{\text{s}}{\text{jam}}}{1000 \frac{\text{ml}}{\text{l}}} \times 0,7471 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

$$\dot{m}_f = 1,793 \text{ kg/jam}$$

Dari hasil persamaan diatas maka didapat pemakaian bahan bakar sebanyak 1,793 kg bahan bakar tiap jamnya.

❖ **Pemakaian Bahan bakar spesifik ( $Sfc$ )**

Dengan hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk mendapatkan daya dalam jarak waktu tertentu. Maka pemakaian bahan bakar spesifiknya:

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{Ne} \left( \frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

$$Sfc = \frac{1,793 \text{ kg/jam}}{13,23 \text{ kW}}$$

$$sfc = 0,135 \text{ kg/kW.jam}$$

Dari hasil persamaan diatas maka didapat pemakaian bahan bakar spesifik sebanyak 0,135 kg/kW.jam bahan bakar tiap jamnya.

❖ **Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )**

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

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

$$Q = \frac{1,793 \left( \frac{kg}{jam} \right) \times 42609 \text{ kJ/kg}}{3600} \text{ kW}$$

$$Q = 21,22 \text{ kW}$$

Efisiensi termal dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

$$\eta_{th} = \frac{13,23 \text{ kW}}{21,22 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 0,623 \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 62,3 \%$$

Maka didapat nilai dari efisiensi thermal dari penggunaan air biasa adalah 62,3 %.

Hasil perhitungan menggunakan Air Biasa, *Coolant A*, *Coolant B*, dan *Coolant C* dengan putaran 1500 rpm dan dengan waktu pengujian dilakukan selama 10 menit dapat ditampilkan pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan

Jenis fluida	n (rpm)	Waktu (s)	$\epsilon$ (%)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	$P_e$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\dot{m}_f$ (kg/jam)	SFC (kg/kW.jam)	$\eta_{th}$ (%)
Air biasa	1500	600	17,2	84,28	13,23	3,39	1,783	0,135	62,3
<i>Coolan A</i>	1500	600	20,3	84,28	13,23	3,39	1,703	0,128	65,6
<i>Coolan B</i>	1500	600	22,1	84,28	13,23	3,39	1,658	0,125	67,4
<i>Coolan C</i>	1500	600	23,8	84,28	13,23	3,39	1,613	0,122	69,3

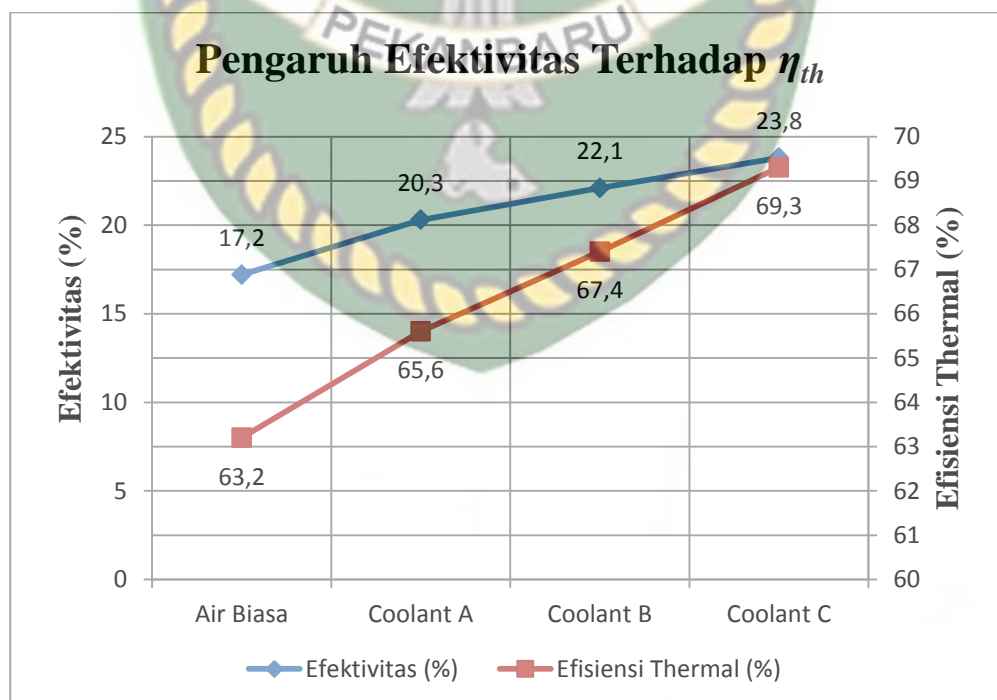
### 4.3 Hubungan Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) terhadap Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

Dari penelitian pengaruh nilai efektivitas radiator ( $\epsilon$ ) dari variasi jenis *coolant* terhadap Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.3 Efektivitas dan Efisiensi Thermal

NO	Jenis Coolant	Efektivitas (%)	Efisiensi Thermal (%)
1	<u>Air Biasa</u>	17,2	63,2
2	<u>Coolant A</u>	20,3	65,6
3	<u>Coolant B</u>	22,1	67,4
4	<u>Coolant C</u>	23,8	69,3

Dari tabel 4.3 diatas dapat ditampilkan grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian  $\eta_{th}$



Dari gambar 4.1 diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) dari setiap jenis *coolant* yang digunakan. *Coolant* dengan nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) yang paling rendah adalah jenis *coolant* air biasa dengan nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) 63,2 %, lalu *coolant* A dengan nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) 65,6 %, *coolant* B dengan nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) 67,4 %, dan *coolant* C dengan nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) tertinggi yaitu 69,3 %. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *coolant* C dengan nilai efektivitas radiator 23,8% memungkinkan teperatur mesin lebih stabil. Sehingga pembakaran dalam ruang bakar yang lebih stabil yang berakibat pada nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ). sehingga jenis *coolant* dengan nilai efektivitas yang lebih tinggi mampu menghasilkan nilai Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) yang lebih tinggi sedangkan jenis *coolant* dengan nilai efisiensi yang lebih rendah cenderung menghasilkan Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) yang lebih rendah.

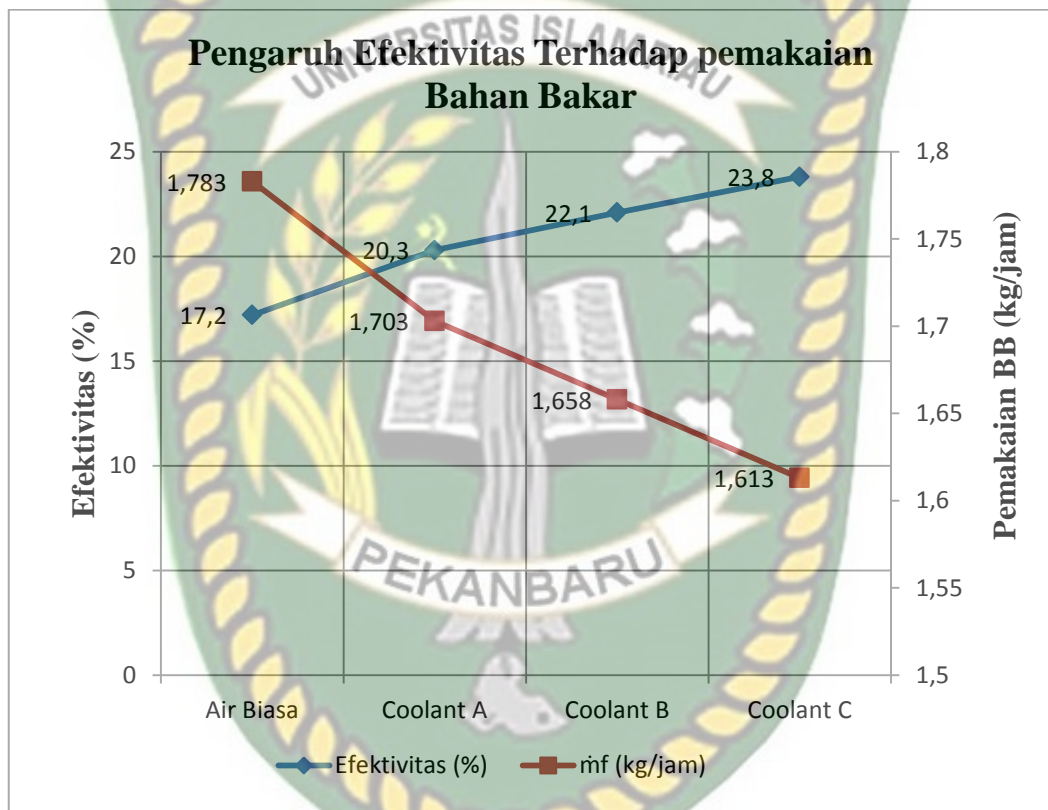
#### 4.4 Hubungan Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) terhadap Pemakaian Bahan Bakar (mf).

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator ( $\epsilon$ ) dari variasi jenis *coolant* terhadap pemakaian bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 Efektivitas dan Pemakaian BB.

NO	Coolant	Efektivitas (%)	mf (kg/jam)
1	<u>Air Biasa</u>	17,2	1,783
2	<u>Coolant A</u>	20,3	1,703
3	<u>Coolant B</u>	22,1	1,658
4	<u>Coolant C</u>	23,8	1,613

Dari tabel 4.4 diatas 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 dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh efektivitas radiator terhadap pemakaian BB.

Dari gambar 4.2 diatas 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 1,783 kg/jam, lalu *coolant* A dengan pemakaian bahan bakar 1,703 kg/jam, *coolant* B dengan pemakaian bahan bakar 1,658 kg/jam, dan *coolant* C dengan pemakaian bahan bakar terendah yaitu 1,613 kg/jam. Hal ini dapat terjadi dikarenakan

*coolant* C dengan nilai efektivitas radiator 23,8% 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).

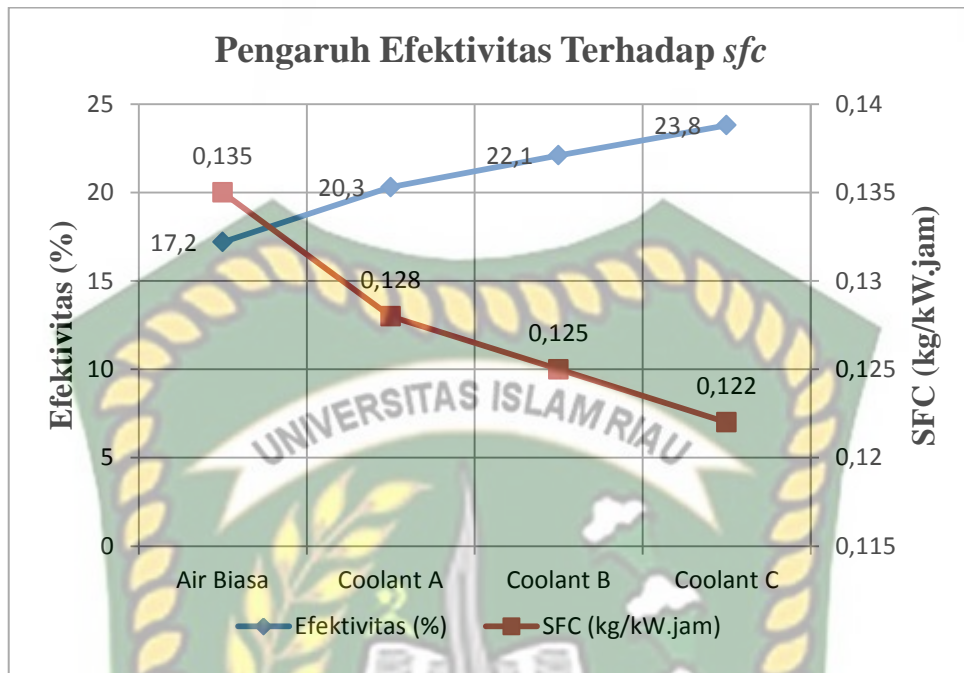
#### 4.5 Hubungan Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) terhadap Pemakaian Bahan bakar spesifik (*Sfc*)

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator ( $\epsilon$ ) dari variasi jenis *coolant* terhadap pemakaian Bahan bakar spesifik dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5 Efektivitas dan *Sfc*

NO	Coolant	Efektivitas (%)	SFC (kg/kW.jam)
1	<u>Air Biasa</u>	17,2	0,135
2	<u>Coolant A</u>	20,3	0,128
3	<u>Coolant B</u>	22,1	0,125
4	<u>Coolant C</u>	23,8	0,122

Dari tabel 4.5 diatas dapat ditampilkan grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh nilai efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap pemakaian bahan bakar spesifik pada gambar 4.3 dibawah ini.



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

Dari gambar 4.3 diatas 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 0,135 kg/kW.jam, lalu *coolant* A dengan pemakaian bahan bakar 0,128 kg/kW.jam, *coolant* B dengan pemakaian bahan bakar 0,125 kg/kW.jam, dan *coolant* C dengan pemakaian bahan bakar terendah yaitu 0,122 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.



#### 4.6 Hubungan Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) terhadap Torsi (T)

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator ( $\epsilon$ ) dari variasi jenis *coolant* dengan torsi yang dihasilkan mesin dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Efektivitas dan Torsi

NO	Coolant	Efektivitas (%)	Torsi (Nm)
1	Air Biasa	17,2	84,28
2	Coolant A	20,3	84,28
3	Coolant B	22,1	84,28
4	Coolant C	23,8	84,28

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilainya sama 84,28 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.

#### 4.7 Hubungan Efektivitas Radiator ( $\epsilon$ ) terhadap Daya (Ne)

Dari penelitian pengaruh antara nilai efektivitas radiator ( $\epsilon$ ) dari variasi jenis *coolant* yang digunakan terhadap daya yang dihasilkan mesin dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.7 Efektivitas dan Daya

NO	Coolant	Efektivitas (%)	Daya (kW)
1	Air Biasa	17,2	13,23
2	<i>Coolant A</i>	20,3	13,23
3	<i>Coolant B</i>	22,1	13,23
4	<i>Coolant C</i>	23,8	13,23

Dari tabel 4.7 diatas menunjukkan bahwa nilai dari daya yang dihasilkan berdasarkan pengaruh efektivitas radiator adalah sama 13,23 kW. Hal ini terjadi karena torsi yang dihasilkan pada mesin sama yakni 84,28 Nm. Besarnya torsi mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan.

#### 4.8 Cara Memilih Jenis *Coolant*

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efektivitas radiator sangat di pengaruhi oleh titik didih dari jenis *coolant* yang digunakan. Penggunaan air biasa dengan titik didih 100 °C menghasilkan nilai efektivitas radiator 17,2%, *coolant A* titik didih 110 °C menghasilkan nilai efektivitas radiator 20,3%, *coolant B* titik didih 118 °C menghasilkan nilai efektivitas radiator 22,1%, *coolant C* titik didih 126 °C menghasilkan nilai efektivitas radiator 23,8%, maka dapat disimpulkan dengan merujuk dari penelitian ini cara yang paling efektif untuk memilih *coolant* dengan melihat titik didih dari *coolant* dan dipilih *coolant A* sebagai *coolant* terbaik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian pengaruh efektivitas radiator berdasarkan jenis *coolant* terhadap unjuk kerja mesin Toyota Kijang seri 4k, di dapat 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.

#### 5.2 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, 2007. *Analisis Sistem Pendinginan Pada Mesin Isuzu Panther*. Semarang.
- Adika Nur Sandrayanto, 2017. *Sistem Pakar Diagnosa Overheating Pada Kendaraan Bersistem Pendingin Air (Liquid Cooling System)*. Universitas Islam Lamongan.
- Arends dan Berenschot, 1980. *Motor Bensin*. Erlangga. Jakarta.
- Amin Suhadi, 2017. *Analisis Kerusakan Radiator Sepeda Motor 150cc*. Peneliti pada Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, BPPT Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang.
- Arizal Rizqi K, 2015. *Identifikasi Dan Service Sistem Pendingin Toyota Kijang Innova 1 TR-FE*. Universitas Negri Semarang.
- Cengel, Yunus A and Ghajar, A. J. (2014). *Heat and Mass Transfer* (5nd Ed). New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Drs. Hasan Maksum, MT, dkk 2017. *Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin (Coolant) Terhadap Efektivitas Radiator Pada Engine Diesel*. Universitas Negri Padang.
- Dermawan RM, dkk (2013). *Perancangan Ulang Radiator Berdasarkan Spesifikasi Mesin Toyota Avanza*. Prodi Teknik Mesin. Universitas Pasundan Bandung.



- Gatot Soebiyakto, 2012. *Pengaruh Penggunaan Water Coolant Terhadap Performance Mesin Diesel*. Universitas Widyagama Malang.
- J.P. Holman. (1993). *Perpindahan Kalor* (Keenam; Ir. Manahan Hariandja, Ed.). Penerbit Erlangga Jl. Kramat Iv No. 11 Jakarta 10430.
- Jama, J. (2008). *Teknik Sepeda Motor*. Retrieved from [https://bsd.pendidikan.id/data/SMK\\_10/Teknik\\_Sepeda\\_Motor\\_Jilid\\_1\\_Kelas\\_10\\_Prof\\_Dr\\_Jalius\\_Jama\\_MEd\\_dkk\\_2008.pdf](https://bsd.pendidikan.id/data/SMK_10/Teknik_Sepeda_Motor_Jilid_1_Kelas_10_Prof_Dr_Jalius_Jama_MEd_dkk_2008.pdf)
- Kurniawan, A. R. (2015). *Tr-Fe, Identifikasi Dan Service Sistem Pendingin Toyota Kijang Innova 1 Tr-Fe*. Universitas Negeri Semarang
- Soekardi, Y. (2005). *Merawat dan Memperbaiki Mobil Bensin*. Bandung: CV. Angkasa Bandung.
- Sunyoto, Karnowo, & Respati, S. M. B. (2008). *Teknik Mesin Industri*. Retrieved from [https://bsd.pendidikan.id/data/SMK\\_11/Teknik\\_Mesin\\_Industri\\_Jilid\\_2\\_Kelas\\_11\\_Drs\\_Sunyoto\\_2008.pdf](https://bsd.pendidikan.id/data/SMK_11/Teknik_Mesin_Industri_Jilid_2_Kelas_11_Drs_Sunyoto_2008.pdf)
- Toyota Astra Motor. 1995. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.