

**PENGARUH PENDINGINAN AIR DENGAN PENAMBAHAN  
WATERPUMP PADA *ENGINE DIESEL* 1 SILINDER TERHADAP  
UNJUK KERJA**

**SKRIPSI**

**Diajukan oleh :  
Bangkit Samudra Wiwoho  
NIM 2011102442083**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR  
JULI 2023**

**PENGARUH PENDINGINAN AIR DENGAN PENAMBAHAN  
WATERPUMP PADA *ENGINE DIESEL* 1 SILINDER TERHADAP  
UNJUK KERJA**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur

Diajukan oleh :  
**Bangkit Samudra Wiwoho**  
NIM 2011102442083



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR  
JULI 2023**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGARUH PENDINGINAN AIR DENGAN PENAMBAHAN  
WATERPUMP PADA ENGINE DIESEL 1 SILINDER TERHADAP UNJUK  
KERJA**

**SKRIPSI**

**Diajukan oleh :**

**Bangkit Samudra Wiwoho  
NIM 2011102442083**

**Disetujui untuk diujikan  
Pada tanggal 4 Juli 2023**

**Pembimbing**



**Khanif Setiyawan, S.T., M.T  
NIDN 1123057301**

**Mengetahui,  
Koordinator Skripsi**



**Dr. Hery Tri Waloyo, S.T., M.T  
NIDN 1107108702**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PENDINGINAN AIR DENGAN PENAMBAHAN  
WATERPUMP PADA ENGINE DIESEL 1 SILINDER TERHADAP UNJUK  
KERJA**

**SKRIPSI**

**Diajukan oleh :**

**Bangkit Samudra Wiwoho  
NIM 2011102442083**

**Diseminarkan dan Di ujikan  
Pada tanggal 14 Juli 2023**

<b>Penguji I</b>	<b>Penguji II</b>	<b>Penguji III</b>
 <b><u>Agus Mujianto, S.T., M.T</u></b> NIDN 1124088603	 <b><u>Khanif Setiyawan, S.T., M.T</u></b> NIDN 1123057301	 <b><u>Andi Nugroho, S.T., M.T</u></b> NIDN 1129089001



**Mengetahui  
Ketua  
Program Studi Teknik Mesin**

**Ir. Anis Siti Nurroh kayati, S. T., M. T**  
NIDN 1114019202

## PENYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bangkit Samudra Wiwoho  
NIM : 20111022442083  
Program Studi : SI Teknik Mesin  
Judul Penelitian : Pengaruh Pendinginan Air Dengan Penambahan  
*Waterpump* pada *Engine Diesel* 1 Silinder Terhadap  
Unjuk Kerja

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar hasil karya saya sendiri, dan bukan merupakan hasil plagiasi/falsifikasi/fabrikasi baik sebagai atau seluruhnya.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Samarinda, 14 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Bangkit Samudra Wiwoho

NIM 2011102442083

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sirkulasi air pendingin terhadap unjuk kerja Torsi, Daya dan Sfc dari variasi jumlah air pada *reservoir* sebanyak 10 liter, 15 liter dan 20 liter dibandingkan dengan pendinginan standar menggunakan *system hopper*. Unjuk kerja motor diesel akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu mensirkulasikan air pendingin pada pendingin *hopper* dan ditambahkan dengan air pada tangki *reservoir*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan panel beban lampu dengan memvariasikan mulai dari 200 sampai 3400 watt pada motor diesel putaran konstan sebesar 1500 rpm atau 50 Hz dengan bahan bakar dexlite. Dari hasil pengujian secara ekperimental dengan variasi volume air pada tangki *reservoir*, daya terbaik dengan volume air pada *reservoir* (20 liter) menunjukkan daya sebesar 2407 Watt pada pembebanan 2900, hasil ini menunjukkan kenaikan daya sebesar 0.173% dari pendinginan standarnya. Sedangkan torsi terbaik di dapat dengan volume air pada *reservoir* (20 liter) sebesar 15.331 Nm pada pembebanan 2900 Watt, meningkat sebesar 0.173%, Serta konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) terendah dengan volume air pada *reservoir* (20 liter) yaitu 0.615 kg/kw.h pada pembebanan 2000 Watt, didapatkan Sfc menurun sebesar -0.226%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak volume air pada *reservoir* yang disirkulasikan, pendinginan dan unjuk kerja motor menjadi lebih optimal.

Kata kunci : Motor diesel, Sirkulasi air pendingin, Unjuk kerja.

## **ABSTRACT**

*This study aims to determine how much influence the cooling water circulation has on the performance of Torque, Power and Sfc from variations in the amount of water in the reservoir as much as 10 liters, 15 liters and 20 liters compared to standard cooling using a hopper system. The performance of a diesel engine will be influenced by several factors, one of which is circulating cooling water in the cooling hopper and adding water to the reservoir tank. This test was carried out using a lamp load panel varying from 200 to 3400 watts on a constant rotation diesel motor of 1500 rpm or 50 Hz with dextrite fuel. From the results of experimental testing with variations in the volume of water in the reservoir tank, the best power with the volume of water in the reservoir (20 liters) shows a power of 2407 Watt at a load of 2900, these results show a power increase of 0.173% from the standard cooling. While the best torque is obtained with the volume of water in the reservoir (20 liters) of 15,331 Nm at a loading of 2900 Watts, an increase of 0.173%, as well as the lowest specific fuel consumption (Sfc) with the volume of water in the reservoir (20 liters), namely 0.615 kg/kw .h at a loading of 2000 Watts, it was found that Sfc decreased by -0.226%. This shows that the more volume of water in the reservoir that is circulated, the cooling and performance of the motor becomes more optimal.*

*Keywords : Diesel engine, Cooling water circulation, Performance.*

## PRAKATA

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji dan juga syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala telah memberikan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Pendinginan Air Dengan Penambahan *Waterpump* Pada *Engine Diesel* 1 Silinder Terhadap Unjuk Kerja” guna memenuhi salah satu syarat agar dapat mencapai Starta Satu (S1) di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Dalam proses pengerjaan hingga penyusunan laporan Skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terkait yang telah membantu penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, kepada :

1. Prof. Ir. Sarjito, M.T., Ph.D., IPM. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
2. Ibu Ir. Anis Siti Nurrohkeyati, S.T., M.T Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
3. Bapak Khanif Setiyawan S.T, M.T. Selaku Sekretaris Prodi & Dosen PA yang selalu membantu segala hal terkait akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Agus Mujianto, S.T., M.T dan Bapak Andi Nugroho, S.T, M.T Selaku Dosen Penguji.
5. Seluruh Staf Teknis dan Administrasi Program Studi Teknik Mesin
6. Keluarga saya tercinta yang menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
7. Rekan-rekan perjuangan mahasiswa alih jenjang di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat serta dukungannya.
8. Rekan-rekan kerja di SMK Bhakti Loa Janan yang turut membantu dalam terselesainya Skripsi Ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan hingga penulisan laporan ini jauh dari kata sempurna, hal itu di karenakan keterbatasan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan juga kritik dalam pengerjaan serta penulisan laporan Skripsi ini.

Samarinda, 14 Januari 2023

**Bangkit Samudra Wiwoho**

NIM. 2011102442083

# DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	ii
Halaman Persetujuan .....	iii
Halaman Pengesahan .....	iv
Pernyataan Keaslian Penelitian .....	v
Abstrak .....	vi
<i>Abstrack</i> .....	vii
Prakata .....	viii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xii
Daftar Lampiran .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>3</b>
2.1 Kajian Pustaka.....	3
2.2 Kajian Teori.....	4
2.2.1 Motor Diesel .....	4
2.2.2 Motor diesel 4 langkah .....	4
2.2.3 Sistem Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner .....	9
2.2.4 Pendinginan Motor Diesel .....	10
2.2.5 Sistem Pendingin Radiator .....	12
2.2.6 Sistem Sirkulasi Gravitasi .....	14
2.2.7 Sistem Sirkulasi Tekan .....	14
2.2.8 Unjuk Kerja Motor .....	15
2.2.9 Perpindahan Panas .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Desain Penelitian .....	18
3.2 Variabel Penelitian .....	18
3.3 Tempat, Alat dan Bahan.....	18
3.4 Teknik Pengumpulan Data .....	21
3.5 Prosedur Penelitian .....	23
3.6 Teknik Analisa Data .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	26
4.1.1 Data Hasil Penelitian .....	26

4.1.2	Analisa Hasil Penelitian.....	36
4.2	Pembahasan.....	38
4.2.1	Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Torsi Motor.....	38
4.2.2	Hubungan antara pembebanan lampu dan Sfc motor.....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>43</b>
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA .....		44
LAMPIRAN .....		45
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....		53

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
3.1 Pengumpulan Data Daya .....	21
3.2 Pengumpulan Data Torsi .....	22
3.3 Pengumpulan Data Sfc.....	22
4.1 Data Pengujian Dengan Pendingin <i>Hopper</i> (Standar) .....	26
4.2 Hasil Pengolahan Data Dengan Pendingin <i>Hopper</i> (standar).....	28
4.3 Data Pengujian Kedua Dengan Volume Air Sebanyak 10 Liter Pada Reservoir.....	29
4.4 Hasil Pengolahan Data Dengan Volume Reservoir 10 Liter .....	31
4.5 Data Pengujian Dengan 15 Liter Pada <i>Reservoir</i> .....	31
4.6 Hasil Pengolahan Data Dengan 15 Liter Air Dalam Reservoir .....	33
4.7 Data Pengujian Dengan 20 Liter Pada Reservoir .....	34
4.8 Hasil Pengolahan Data Dengan 20 Liter Air Pada Reservoir.....	36
4.9 Hubungan Antara Pembebanan Lampu & Daya Motor.....	36
4.10 Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Torsi Motor .....	38
4.11 Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan SFC Motor .....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman
2.1 Langkah Hisap .....	5
2.2 Langkah Kompresi .....	5
2.3 Langkah Usaha .....	6
2.4 Langkah Buang .....	6
2.5 Konstruksi Motor Diesel .....	7
2.6 Proses Pembakaran Motor Diesel .....	8
2.7 Skema Bahan Bakar Motor Diesel .....	10
2.8 Pendingin Tipe Hopper .....	11
2.9 Pendingin Tipe Radiator .....	11
2.10 Pendingin Tipe Kondensor .....	12
2.11 Konstruksi Sistem Pendingin .....	12
2.12 <i>Water Pump</i> .....	13
2.13 Pompa Sentrifugal .....	14
2.14 Grafik Karakteristik Pengujian Daya .....	15
2.15 Grafik Karakteristik Pengujian Torsi .....	16
3.1 Panel Pembebanan Lamp .....	19
3.2 Burret.....	19
3.3 <i>Power Analyzer</i> .....	19
3.4 <i>Stopwath</i> .....	20
3.5 <i>Tool Kit</i> .....	20
3.6 Motor Diesel Generator.....	20
3.7 Pompa Sirkulasi Air .....	21
3.8 <i>Flowchart</i> .....	25
4.1 Grafik Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Daya Motor .....	37
4.2 Grafik Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Torsi Motor .....	39
4.3 Grafik Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan SFC Motor .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran :</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1 Proses Pengambilan Data .....	45
Lampiran 2 Catatan Bimbingan Tugas Akhir/Skripsi .....	48
Lampiran 3 Surat Pengantar Skripsi/Tugas Akhir .....	51
Lampiran 4 Surat Izin Penelitian .....	52
Lampiran 5 Hasil Uji Plagiasi Skripsi/Tugas Akhir .....	53
Lampiran 6 Daftar Riwayat Hidup .....	54

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi otomotif khususnya motor diesel mengalami perkembangan yang begitu pesat karena didukung tingkat kemajuan teknologi dan kualitas sumber daya manusia yang semakin meningkat. Motor bakar merupakan penggerak yang memanfaatkan proses pembakaran untuk penghasil tenaga utama. Adapun proses pembakaran yang ada yaitu proses pembakaran dalam dan proses pembakaran luar.

Ada dua tipe pembakaran dalam yaitu motor bakar bensin dan motor bakar diesel. Penggunaan motor diesel pada saat ini juga semakin meluas karena pada kapasitas yang sama, penggunaan bahan bakar pada motor diesel lebih efisien dibandingkan dengan motor bensin. Motor diesel merupakan salah satu tipe penggerak yang paling banyak digunakan pada sektor industri dan transportasi, terutama digunakan pada alat atau permesinan yang membutuhkan penggerak dengan daya yang besar.

Motor diesel dipilih karena memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan motor bensin. Motor diesel adalah jenis pembakaran dalam, sebuah motor dengan pemicu kompresi, di mana udara murni dikompresikan oleh torak kemudian bahan bakar diinjeksikan ke ruang bakar. Karena tekanan yang sangat tinggi dan udara murni dengan temperatur yang tinggi, bahan bakar akan terbakar di dalam ruang silinder. Dalam proses pembakaran dalam ruang bakar tidak dibantu oleh percikan bunga api seperti halnya pada motor bensin..

Motor diesel tekanan konstan banyak digunakan dalam industri rumah tangga dan berbagai macam penggunaan lainnya yang dimanfaatkan oleh kalangan menengah ke bawah, terutama mereka yang awam terhadap perawatan dan performa motor diesel tersebut. Untuk membantu masyarakat yang kurang familiar dengan sistem motor bakar khususnya motor diesel, telah dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan unjuk kerja motor diesel tekanan konstan.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan performa motor diesel tekanan konstan adalah dengan memperbaiki sistem di dalam motor bakar itu sendiri, termasuk penambahan komponen di luar motor. Berdasarkan penelitian sebelumnya, beberapa langkah telah diidentifikasi untuk meningkatkan unjuk kerja motor diesel putaran konstan. Langkah-langkah ini mencakup perbaikan pada sistem pengisian dan perubahan pada asupan bahan bakar untuk konsumsi motor. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah sistem pendinginan dalam motor diesel. Saat ini, banyak motor diesel putaran konstan yang masih menggunakan sistem pendinginan hopper, di mana tidak ada perpindahan panas dari air dalam sistem pendingin terhadap udara luar. Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa sistem pendinginan dalam motor diesel belum optimal. Dalam rangka meningkatkan performa motor diesel tekanan konstan dan mengatasi masalah sistem pendinginan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan penerapan solusi yang lebih efisien, seperti sistem pendinginan yang lebih modern dan efektif. Dengan demikian, diharapkan motor diesel tekanan konstan dapat menjadi pilihan yang lebih baik dan lebih ramah pengguna bagi masyarakat yang awam terhadap sistem motor bakar.

Kerugian penggunaan sistem pendingin hopper pada motor diesel antara lain adalah ketiadaan pelepasan panas pada air dalam sistem pendingin. Seiring berjalannya waktu dan semakin lama motor diesel bekerja, temperatur air pendingin akan meningkat dan mengakibatkan penurunan kinerja motor diesel itu sendiri. Di sisi lain, keuntungan dari sistem hopper adalah dari segi ekonomis, karena tidak memerlukan banyak biaya dalam proses pembuatan motor diesel. Namun, tidak ada salahnya untuk mengoptimalkan proses pendinginan motor diesel dengan menambahkan sedikit sistem pelepasan panas pada air pendingin, dengan tetap mempertimbangkan aspek nilai ekonomis yang telah menjadi pertimbangan utama dalam sistem pendingin tersebut. Dalam artian, melakukan penambahan sirkulasi air pendingin pada sistem pendingin motor diesel merupakan langkah yang baik untuk meningkatkan performa motor tanpa harus mengorbankan efisiensi ekonomis yang telah diupayakan sebelumnya. Dengan sedikit tambahan biaya, diharapkan kinerja motor diesel dapat ditingkatkan secara signifikan.

Dengan demikian, mempertimbangkan sistem pelepasan panas pada air pendingin dalam motor diesel merupakan langkah yang bijaksana untuk mengoptimalkan sistem pendinginan tanpa mengabaikan nilai ekonomis yang telah menjadi faktor penting dalam proses perancangan motor diesel. Dalam hal ini, penambahan sirkulasi air pendingin pada sistem pendingin motor diesel menjadi solusi yang baik untuk mencapai kinerja motor yang lebih baik dan efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh volume air pendingin yang disirkulasikan pada sistem pendinginan terhadap torsi ?
2. Bagaimana pengaruh volume air pendingin yang disirkulasikan pada sistem pendinginan terhadap daya ?
3. Bagaimana pengaruh volume air pendingin yang disirkulasikan pada sistem pendinginan terhadap konsumsi bahan bakar spesifik ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisa seberapa besar pengaruh volume air pendingin yang disirkulasikan pada sistem pendinginan terhadap daya.
2. Menganalisa seberapa besar pengaruh volume air pendingin yang disirkulasikan pada sistem pendinginan terhadap torsi.
3. Menganalisa seberapa besar pengaruh volume air pendingin yang disirkulasikan pada sistem pendinginan terhadap konsumsi bahan bakar spesifik.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memperkenalkan alternatif sirkulasi air pendingin pada sistem pendingin pada motor diesel putaran konstan.
2. Jika hasilnya baik atau berdampak positif, maka penelitian diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat dan aman terhadap mesin kendaraan maupun lingkungan.
3. Sebagai informasi yang penting bagi kalangan akademis, teknisi dan pihak yang terkait dalam rangka upaya usaha peningkatan teknologi khususnya dibidang otomotif.
4. Sebagai alternatif bagi pemilik motor diesel putaran konstan dengan menambahkan sirkulasi air pendingin pada sistem pendingin untuk menambah kinerja motor diesel.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Menurut Gatot Soebiyako dari Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang, pada tahun 2012 telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan water coolant terhadap performance motor diesel. Metodologi penelitian menggunakan motor diesel Chevrolet LUV KB 20 dengan penggunaan water coolant. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari pemakaian water coolant terhadap daya motor diesel dengan menggunakan metode deskriptif. Pengujian dilakukan pada motor diesel Chevrolet LUV KB 20 dengan kondisi beban penuh dan putaran motor yang konstan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada kenaikan torsi terhadap campuran water coolant, baik tanpa campuran maupun dengan campuran water coolant sebanyak 2,5 Liter. Daya indikasi yang didapat adalah sebesar 6,75 HP dengan daya efektifnya sebesar 5,4 HP dengan penggunaan water coolant. Sedangkan tanpa campuran water coolant, daya indikasi sebesar 7,56 HP dan daya efektif sebesar 6,05 HP. Tekanan efektif rata-rata dengan water coolant sebesar 1,863 kg/cm<sup>2</sup> dan tekanan efektif sebesar 1,49 kg/cm<sup>2</sup>, sementara tanpa campuran water coolant, tekanan indikator sebesar 1,8925 kg/cm<sup>2</sup> dan tekanan efektif sebesar 1,514 kg/cm<sup>2</sup>. Efisiensi termal dengan water coolant sebesar 6,61% dan efisiensi termal efektif sebesar 5,29%, sedangkan efisiensi termal terendah sebesar 5,9% dan efisiensi termal efektif sebesar 4,72%. Kesimpulannya, penambahan campuran water coolant tidak berpengaruh terhadap kinerja motor diesel.

Menurut Abdul Latief Had dan Eko Haryono dari Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar, pada tahun 2012 telah dilakukan penelitian tentang kinerja motor diesel akibat pemasangan thermostat pada Nanchang Type 2105A-3. Metodologi penelitian menggunakan motor diesel Nanchang 2105 A-3 dengan pemasangan thermostat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh thermostat pada motor diesel Nanchang 2105 A-3 terhadap prestasi mesin diesel dalam hal konsumsi bahan bakar, daya mesin, dan efisiensi termal dengan menggunakan metode deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada putaran 1022 rpm, mesin dengan pemasangan thermostat memiliki konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,0624 kg/Hp.jam, menghasilkan daya mesin sebesar 20,511 Hp, dan efisiensi termal sebesar 0,257. Sedangkan pada mesin tanpa thermostat, pada putaran yang sama, memiliki konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,063 kg/Hp.jam, daya mesin sebesar 20,379 Hp, dan efisiensi termal sebesar 0,254. Perbedaan persentase antara keduanya adalah konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,97%, daya mesin sebesar 0,64%, dan efisiensi termal sebesar 0,64%. Dengan demikian, pemasangan thermostat pada motor diesel Nanchang Type 2105A-3 memberikan perbaikan pada efisiensi mesin dan emisi gas buangnya menjadi lebih minimum.

Menurut Atmaja Kurniadi, mahasiswa PTM Otomotif IKIP Veteran Semarang, pada tahun 2014 telah dilakukan penelitian tentang efisiensi suhu kerja motor antara pemakaian water pump dan tanpa water pump pada motor diesel satu silinder merk Dongfeng S195. Metodologi penelitian ini menggunakan motor diesel Dongfeng S195 dengan dua buah mesin yang karakteristiknya sama, satu dengan pemakaian water pump dan satu tanpa pemakaian water pump, dengan menggunakan metode statistik ANOVA. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari pemakaian water pump dan tanpa water pump pada motor diesel

serta mengetahui ada tidaknya perbedaan suhu kerja mesin pada sirkulasi air pendingin mesin diesel satu silinder merk Dongfeng S195. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan pemakaian water pump dan volume air pendingin 200 liter dalam waktu 360 menit, suhu kerja mesin didapatkan sebesar 84,2 °C. Sedangkan pada pengujian tanpa pemakaian water pump dengan volume air pendingin yang sama dalam waktu yang sama, suhu kerja mesin mencapai 97,2 °C. Hal ini menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap suhu kerja mesin antara pemakaian water pump dan tanpa pemakaian water pump pada motor diesel satu silinder merk Dongfeng S195. Dengan tingkat signifikansi 5%, penelitian ini menghasilkan nilai 11,59, sehingga efisiensi kerja selama 365 menit terpapar.

## **2.2 Kajian Teori**

### **2.2.1 Motor Diesel**

Motor diesel adalah jenis motor pembakaran dalam yang lebih spesifiknya adalah motor pemicu kompresi. Pada jenis motor ini, bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi udara yang telah dikompresi, bukan melalui penggunaan alat berenergi seperti busi. Penemuan motor diesel dilakukan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1892, dan ia menerima paten untuk penemuannya pada tanggal 23 Februari 1893. Diesel berkeinginan untuk menciptakan sebuah motor yang dapat menggunakan berbagai macam bahan bakar, termasuk debu batu bara. Ia memperlihatkan penemuannya pada Exposition Universelle (Pameran Dunia) tahun 1900 dengan menggunakan minyak kacang (yang dikenal sebagai biodiesel). Motor diesel kemudian mengalami perbaikan dan penyempurnaan lebih lanjut oleh Charles F. Kettering.

### **2.2.2 Motor diesel 4 langkah**

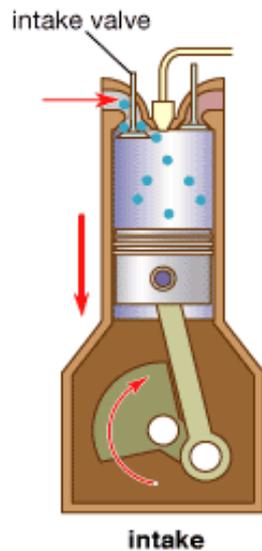
Motor diesel 4 langkah adalah jenis motor diesel di mana setiap siklusnya diselesaikan dalam 4 kali langkah torak atau 2 kali putaran poros engkol. Setiap siklusnya terdiri dari 5 proses, yaitu penghisapan, kompresi, pembakaran, ekspansi, dan pembuangan.

Prinsip kerja motor diesel adalah dengan menghisap udara murni ke dalam silinder, kemudian udara tersebut dikompresi oleh gerakan torak menuju Titik Mati Atas (TMA). Pada akhir langkah kompresi, bahan bakar (solar) diinjeksikan atau diabutkan ke dalam ruang pembakaran, sehingga bahan bakar tersebut terbakar dengan sendirinya ketika bersentuhan dengan udara yang bersuhu tinggi. Hasil dari pembakaran bahan bakar tersebut menghasilkan energi potensial dalam bentuk kalor, suhu, dan tekanan yang tinggi. Selanjutnya, torak didorong oleh tekanan yang tinggi menuju Titik Mati Bawah (TMB), sehingga menghasilkan kerja mekanik. Untuk membantu pemahaman tentang cara kerja motor diesel 4 langkah bisa dipahami dibawah ini sebagai berikut.

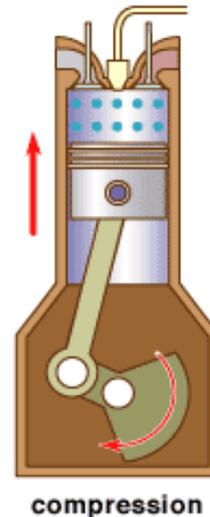
#### **2.2.2.1 Cara kerja motor diesel 4 langkah**

##### **1. Langkah hisap**

Pada tahap ini, piston akan bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Setelah itu, katup hisap akan dibuka sebelum mencapai TMA, sementara katup buang tetap tertutup. Akibatnya, terjadi kevakuman di dalam silinder yang menyebabkan udara murni masuk ke dalam silinder karena perbedaan tekanan antara ruang bakar dan udara luar yang memasuki ruang bakar, seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Langkah hisap



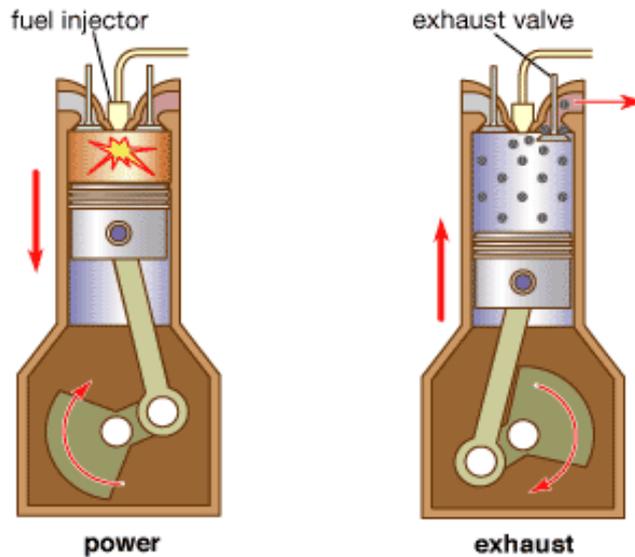
Gambar 2.2 Langkah kompresi

2. Langkah kompresi

Poros engkol berputar, kedua katup tertutup rapat, piston (torak) bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas). Udara murni yang terhisap ke dalam silinder saat langkah hisap, dikompresi hingga tekanan dan suhunya naik mencapai 35 atm dengan temperatur 500-8000°C (pada perbandingan 20 : 1) seperti pada Gambar 2.2.

3. Langkah usaha

Poros engkol terus berputar, beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA (Titik Mati Atas), injector (penyemprot bahan bakar) menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar di atas torak. Bahan bakar yang diinjeksikan dengan tekanan tinggi (150-300 atm) akan membentuk partikel-partikel kecil (kabut) yang akan menguap dan terbakar dengan cepat karena suhu ruang bakar yang tinggi (500-8000°C). Namun, pembakaran maksimal tidak terjadi langsung saat bahan bakar diinjeksikan, tetapi mengalami keterlambatan pembakaran (ignition delay). Keterlambatan pembakaran ini menyebabkan tekanan pembakaran mencapai maksimum beberapa saat setelah bahan bakar diinjeksikan, meskipun injeksi terjadi sebelum TMA. Setelah pembakaran mencapai titik puncaknya, proses pembakaran ini akan menghasilkan tekanan balik kepada piston (torak) sehingga piston akan terdorong ke bawah beberapa saat setelah mencapai TMA, dan bergerak dari TMA ke TMB (Titik Mati Bawah). Gaya yang dihasilkan dari tekanan pembakaran ini mendorong piston ke bawah, dan gaya ini diteruskan oleh batang piston (torak) untuk memutar poros engkol. Poros engkol berfungsi sebagai pengubah gerak naik-turun torak menjadi gerak putar, yang menghasilkan tenaga putar pada motor diesel. Proses ini berlangsung berulang kali dalam siklus empat langkah pada mesin diesel, yaitu langkah hisap (udara dihisap ke dalam silinder), langkah kompresi (udara dikompresi), langkah pembakaran (bahan bakar terbakar dan tekanan tinggi mendorong piston ke bawah), dan langkah buang (produk sisa pembakaran dikeluarkan dari silinder). Itulah cara mesin diesel mengubah energi panas dari pembakaran menjadi gerakan mekanis yang menggerakkan poros engkol dan akhirnya menghasilkan daya untuk menggerakkan kendaraan atau peralatan lainnya, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Langkah usaha    Gambar 2.4 Langkah buang

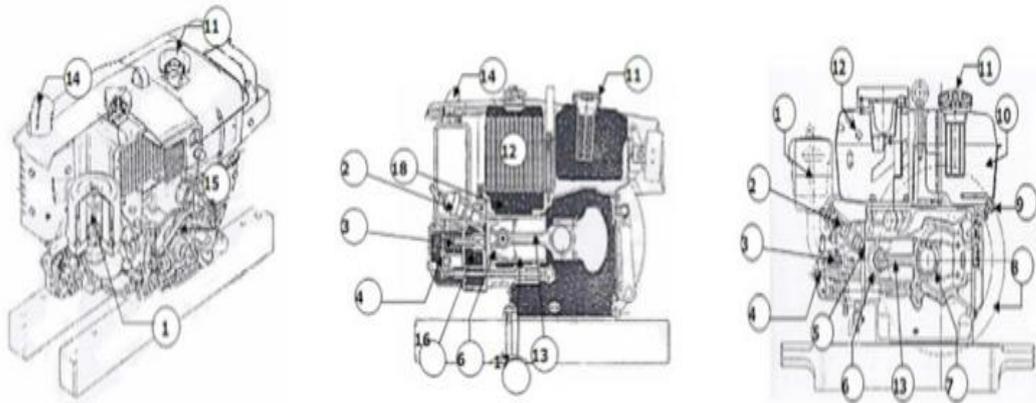
#### 4. Langkah buang

Ketika katup buang terbuka dan piston bergerak dari TMB ke TMA, roda gaya (flywheel) yang seporos dengan poros engkol menyimpan gaya kelembaban. Setelah langkah kerja berakhir, poros engkol tetap berputar, menyebabkan torak bergerak dari TMB ke TMA. Pada saat katup buang terbuka, gas sisa hasil pembakaran didorong keluar oleh gerakan torak dari TMB ke TMA. Setelah langkah ini selesai, motor diesel 4 langkah (4 tak) akan kembali ke langkah hisap. Proses berulang ini dikenal sebagai siklus diesel, seperti pada Gambar 2.4.

##### 2.2.2.2 Konstruksi motor diesel.

Secara garis besar konstruksi sebuah motor diesel terdiri atas bagian utama dan kelengkapannya, lihat gambar 2.5.

1. Bagian-bagian utama motor diesel yang tidak bergerak (statis)
2. Bagian-bagian utama motor diesel yang bergerak (dinamis)
3. Komponen sistem bahan bakar : tangki bahan bakar, keran bahan bakar saringan bahan bakar, pompa injeksi, mekanisme governor, pipa tekanan tinggi, injektor (nozzle) dan saluran pengembalian bahan bakar.
4. Komponen sistem pelumasan motor diesel adalah sebagai berikut: panci oli (carter), saringan kasar (oil screen), saringan halus (oil filter), dan saluran penyalur oli pelumas.
5. Komponen sistem pendinginan : tangki air pendingin, mantel pendingin blok selinder (water jacket) dan komponen lain sesuai tipe pendinginan yang digunakan
6. Komponen sistem mekanisme katup yang bekerja untuk mengaktifkan atau mematikan fungsi dari katup dalam sistem langkah piston atau suatu siklus pembakaran, adapun komponen – komponennya adalah : poros bubungan (fuel camshaft), pengungkit (tappet), batang pendorong (push rod), tuas penekan katup (rocker arm), katup dan pegas katup.



Gambar 2.5 Konstruksi Motor Diesel

Keterangan

1. Saringan udara ( air cleaner)
2. Penyemprot bahan bakar ( injector nozzle )
3. Katup dan pegas katup
4. Tuas penekan katup ( rocker arm )
5. Ruang pembakaran
6. Torak
7. Poros engkol ( camshaft )
8. Roda gila ( flywheel)
9. Saluran pengeluaran bahan bakar
10. Tangki bahan bakar
11. Tutup tangki bahan bakar
12. Tangki air pendingin
13. Batang torak ( connecting rod )
14. Knalpot
15. Pompa injeksi dan pompa governor
16. Kepala silinder
17. Blok silinder
18. Mantel pendingin ( water jacket )

2.2.2.3 Proses pembakaran motor diesel

Proses pembakaran motor diesel empat langkah satu silinder putaran konstan dibagi menjadi 4 periode:

1. Periode 1: Waktu pembakaran tertunda (*ignition delay*) (A-B)
 

Pada periode ini disebut fase persiapan pembakaran, karena partikel partikel bahan bakar yang diinjeksikan bercampur dengan udara di dalam silinder .
2. Periode 2: Perambatan api (B-C)
 

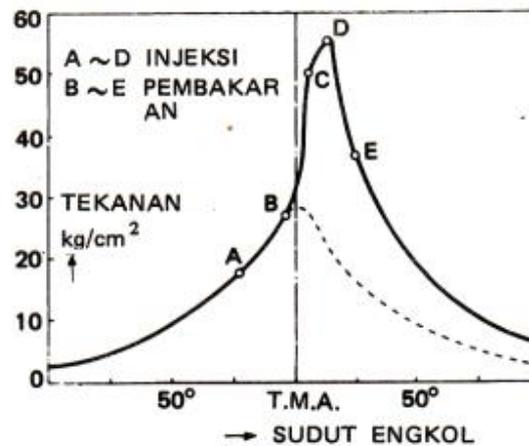
Pada periode 2 ini campuran bahan bakar dan udara tersebut akan terbakar di beberapa tempat. Nyala api akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran terbakar sekaligus, sehingga menyebabkan tekanan dalam silinder naik. Periode ini sering disebut periode ini sering disebut pembakaran letup.

3. Periode 3: Pembakaran langsung (C-D)

Akibat nyala api dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar. Pembakaran langsung ini dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga periode ini sering disebut periode pembakaran dikontrol.

4. Periode 4: Pembakaran lanjut (D-E)

Injeksi berakhir di titik D, tetapi bahan bakar belum terbakar semua. Jadi walaupun injeksi telah berakhir, pembakaran masih tetap berlangsung. Bila pembakaran lanjut terlalu lama, temperatur gas buang akan tinggi menyebabkan efisiensi panas turun seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses Pembakaran Motor Diesel

2.2.2.4 Bahan bakar motor diesel

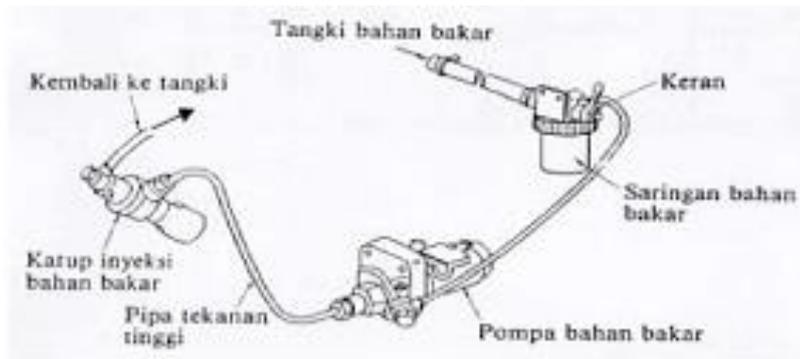
1. Sifat utama bahan bakar diesel, Bahan bakar diesel, juga dikenal sebagai light oil atau solar, merupakan campuran dari hydrocarbon yang dihasilkan setelah distilasi bensin dan minyak tanah dari minyak mentah pada suhu 200 hingga 340 derajat Celsius. Sebagian besar digunakan untuk menggerakkan motor diesel. Bahan bakar diesel memiliki beberapa sifat, di antaranya tidak berwarna atau memiliki sedikit warna kekuning-kuningan dan berbau. Bahan bakar ini encer dan tidak menguap pada suhu normal. Memiliki titik nyala tinggi, yaitu antara 40 hingga 100 derajat Celsius. Bahan bakar diesel terbakar spontan pada suhu sekitar 350 derajat Celsius, yang sedikit lebih rendah daripada suhu bensin yang terbakar sendiri, yakni sekitar 500 derajat Celsius. Selain itu, memiliki berat jenis antara 0,82 hingga 0,86 dan menghasilkan panas yang besar, yakni sekitar 10.500 kcal/kg. Bahan bakar diesel juga memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin.
2. Syarat kualitas bahan bakar diesel yang diperlukan meliputi kemampuan mudah terbakar dengan pembakaran yang cepat sehingga mesin mudah dihidupkan. Selain itu, bahan bakar diesel harus memungkinkan mesin bekerja lembut dengan sedikit knocking. Bahan bakar harus tetap cair pada suhu dingin agar mesin mudah dihidupkan dan berputar dengan lembut. Selain sebagai sumber energi, bahan bakar diesel juga berfungsi sebagai pelumas untuk pompa injeksi dan nosel, sehingga harus memiliki sifat daya pelumas yang baik. Kekentalan bahan bakar diesel juga harus memadai agar dapat disemprotkan oleh injektor. Kandungan sulfur dalam bahan bakar diesel harus sekecil mungkin karena sulfur dapat merusak komponen mesin. Stabilitas bahan bakar diesel juga penting sehingga tidak mengalami perubahan kualitas dan tetap larut selama disimpan.

3. Nomor cetane adalah cara untuk mengukur kemampuan bahan bakar diesel untuk mencegah knocking. Semakin tinggi nilai cetane, semakin baik kemampuan bahan bakar diesel dalam mencegah knocking. Terdapat dua skala indeks untuk mengontrol kemampuan bahan bakar diesel dalam mencegah knocking dan mudah terbakar, yaitu cetane index dan diesel index. Minimal tingkatan cetane yang dapat diterima untuk bahan bakar diesel yang digunakan pada mesin diesel kecepatan tinggi umumnya adalah antara 40 hingga 45. Oleh karena itu, motor diesel memiliki perbandingan kompresi yang lebih tinggi (15:1-22:1) daripada motor bensin (6:1-12:1) dan konstruksinya dibuat lebih kuat daripada motor bensin.

### 2.2.3 Sistem Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner

Dengan cara yang sederhana, sistem bahan bakar pada motor diesel bertugas untuk menyampaikan bahan bakar ke ruang bakar dengan jumlah yang tepat sesuai dengan kebutuhan kerja motor diesel tersebut. Komponen utama dari sistem bahan bakar motor diesel 4 tak dengan satu silinder tunggal yang berorientasi horizontal terdiri dari tangki bahan bakar, keran, saringan bahan bakar, pompa injeksi bahan bakar, pipa penyalur, pipa tekanan tinggi, dan injektor (katup injeksi bahan bakar). Adapun fungsi dari masing-masing komponen sistem bahan bakar tersebut meliputi:

1. Tangki bahan bakar berfungsi sebagai tempat penampungan bahan bakar motor diesel.
2. Keran berfungsi untuk membuka dan menutup aliran bahan bakar dari tangki ke saringan bahan bakar.
3. Pipa bahan bakar berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar sampai ke injektor.
4. Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel-partikel kecil yang mengalir bersama bahan bakar, agar bahan bakar yang dialirkan ke pompa injeksi bahan bakar benar-benar bersih.
5. Mekanisme governor berfungsi untuk mengatur jumlah suplai bahan bakar ke injector sesuai dengan beban kerja motor (putaran motor).
6. Pompa injeksi  
Pompa injeksi atau pompa bahan bakar berfungsi untuk menaikkan tekanan sehingga bahan bakar mampu membuka katup injeksi (melawan pegas penekan katup). Sehingga proses penyemprotan bahan bakar dalam selinder berlangsung sempurna (bahan bakar berbentuk kabut partikel kecil).
7. Injektor  
Injektor (katup injeksi bahan bakar) berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar bertekanan tinggi ke dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran (langkah usaha) dapat berlangsung dengan baik seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema Bahan Bakar Motor Diesel

#### 2.2.4 Pendinginan Motor Diesel

Pendinginan adalah proses untuk menurunkan suhu suatu benda atau lingkungan dengan cara memindahkan kalor dari objek yang akan didinginkan ke lingkungan sekitarnya. Proses pendinginan memerlukan penggunaan media untuk mentransfer panas tersebut. Beberapa kali, satu jenis fluida saja digunakan untuk pendinginan, tetapi terkadang lebih dari satu fluida kerja digunakan. Tujuan sistem pendinginan pada motor adalah untuk menjaga agar motor bekerja pada suhu normal setelah dihidupkan dan memastikan bahwa motor tetap bekerja pada suhu kerja yang sesuai.

Sistem pendinginan motor menggunakan prinsip pemindahan panas melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Panas diserap melalui konduksi dari logam di sekitar silinder, katup, dan kepala silinder, lalu disalurkan ke cairan pendingin. Selanjutnya, terjadi perpindahan panas melalui konveksi dari permukaan logam ke dalam cairan pendingin, menyebabkan air dalam kantong-kantong air pendingin yang berada di dalam blok silinder menjadi panas. Hampir sepertiga panas yang dihasilkan dari proses pembakaran motor diserap oleh sistem pendinginan, karena gesekan antara komponen motor. Karena itu, komponen sistem pendinginan harus memiliki kapasitas yang memadai dan berfungsi dengan baik.

Temperatur di ruang pembakaran motor mencapai tinggi hingga  $1.927^{\circ}\text{C}$  atau  $3.526^{\circ}\text{F}$  selama proses pembakaran bahan bakar. Demikian pula, komponen motor yang bersentuhan langsung dengan gas pembakaran juga mengalami suhu yang tinggi. Saluran-saluran dalam sistem pembuangan motor juga tidak kalah penting. Semua komponen ini harus dipelihara agar berfungsi dengan baik dan sesuai fungsinya. Untuk mencegah overheating, yaitu motor beroperasi pada suhu melebihi suhu kerjanya yang berbahaya bagi komponen motor, diperlukan sistem pendinginan yang dapat mengambil panas dari sekitar maupun dari dalam komponen tersebut.

Rata-rata suhu komponen motor relatif tinggi dibandingkan dengan suhu air mendidih. Piston memiliki suhu sekitar  $260^{\circ}\text{C}$  ( $500^{\circ}\text{F}$ ), sementara klep buang memiliki suhu  $649^{\circ}\text{C}$  ( $1200^{\circ}\text{F}$ ). Suhu ini sangat tinggi untuk membuat air mendidih. Oleh karena itu, air digunakan sebagai cairan pendingin dalam sistem pendinginan. (Nuruzaman, 2003).

Tujuan utama dari pendinginan pada motor diesel adalah sebagai berikut :

1. Mencegah terbakarnya lapisan pelumas pada dinding silinder.
2. Mereduksi tegangan-tegangan thermis pada bagian-bagian silinder, torak, cincin torak dan katup-katup.

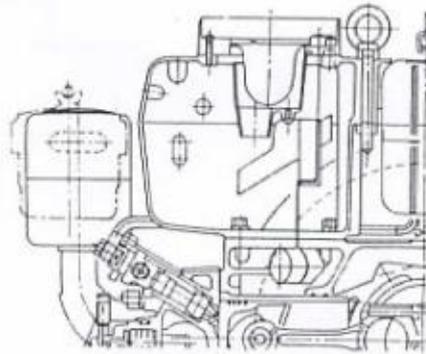
3. Menaikkan efisiensi thermal dan pendinginan itu memungkinkan sebagai pelumasan motor.

#### 2.2.4.1 Tipe-Tipe Sistem Pendinginan Air

Secara garis besarnya sistem pendinginan air di atas dapat dibagi dalam 3 tipe atau konstruksi, meliputi: tipe hopper, tipe radiator dan tipe kondensor.

##### 1. Tipe hopper

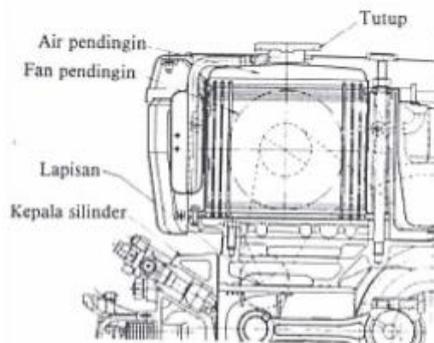
Motor diesel dengan sistem pendinginan tipe hopper menghasilkan efek pendinginan dengan mentransfer panas dari blok silinder ke air pendingin, menyebabkan air tersebut menguap ke permukaan. Dalam jangka waktu operasi tertentu (sekitar 40 menit hingga 1 jam), air pendingin dalam tangki harus diisi kembali. Indikator jumlah air pendingin dalam sistem tipe hopper ini biasanya menggunakan bola apung. Ketika bola apung tidak lagi terlihat, menandakan bahwa jumlah air pendingin telah berkurang dan perlu ditambahkan, seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pendingin Tipe Hopper

##### 2. Tipe radiator

Motor diesel dengan sistem pendinginan tipe radiator sering dilengkapi dengan kipas pendingin dan tutup radiator. Saat mesin berjalan, air di sekitar blok silinder dipanaskan dan naik ke tangki bagian atas melalui sirip-sirip radiator. Efek pendinginan terjadi ketika aliran udara dari kipas pendingin melewati sirip-sirip radiator.

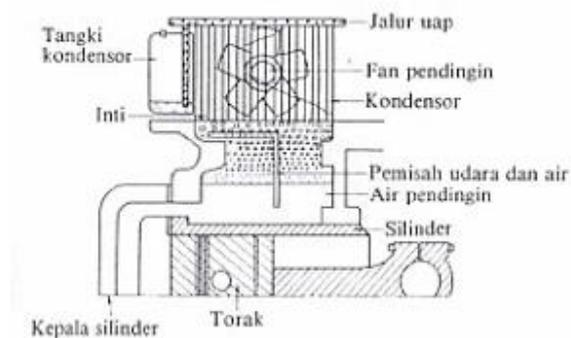


Gambar 2.9 Pendingin Tipe Radiator

Fungsi tutup radiator adalah meningkatkan tekanan udara di dalam tangki, sehingga menyebabkan titik didih air pendingin lebih tinggi dari 100°C, dan dengan demikian memperlambat proses penguapan. Kelebihannya dibandingkan dengan tipe hopper adalah frekuensi penambahan air pendingin ke dalam tangki lebih rendah, seperti Gambar 2.9.

### 3. Tipe kondensor

Motor diesel dengan sistem pendinginan tipe kondensor juga dilengkapi dengan kipas pendingin, namun bagian atasnya tidak memiliki tutup radiator. Efek pendinginannya menggunakan prinsip kondensasi, di mana uap air pendingin dialirkan melalui pipa-pipa kecil yang dihembuskan udara dari kipas pendingin sehingga mengembun dan berubah menjadi air kembali. Air tersebut ditampung dalam tangki kondensor. Ketika jumlah air pendingin dalam tangki bagian bawah (di atas blok silinder) berkurang, tekanan udaranya akan turun, menyebabkan air dalam tangki kondensor terhisap ke dalam tangki bagian bawah (di atas blok), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Keuntungan dari sistem pendinginan tipe radiator dan tipe kondensor dibandingkan dengan tipe hopper adalah mesin dapat dioperasikan selama kurang lebih 10 jam secara terus-menerus tanpa perlu menambahkan air pendingin ke dalam tangki.



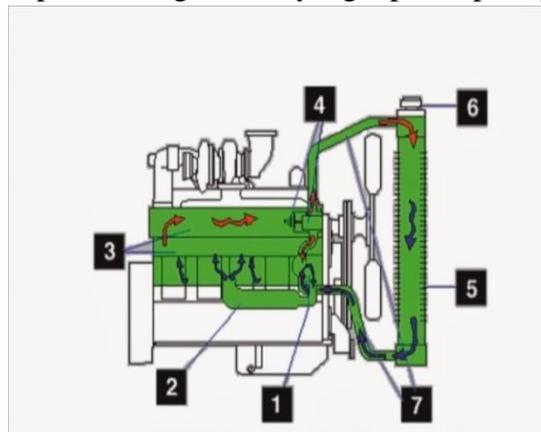
Gambar 2.10 Pendingin Tipe Kondensor

#### 2.2.5 Sistem Pendingin Radiator

Tujuan dari sistem pendinginan mesin adalah untuk mempertahankan suhu mesin agar tetap berada dalam kisaran suhu operasional yang sesuai. Sistem pendinginan ini mengalirkan cairan pendingin ke seluruh mesin untuk menghilangkan panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran dan gesekan.

##### 2.2.5.1 Bagian-bagian sistem pendingin radiator

Bagian-bagian dari sistem radiator pada motor diesel memiliki peran yang sangat vital, karena fungsinya adalah untuk mendinginkan seluruh komponen motor. Hal ini memungkinkan motor bekerja dalam kondisi optimal dengan suhu yang tepat. seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Konstruksi Sistem Pendingin

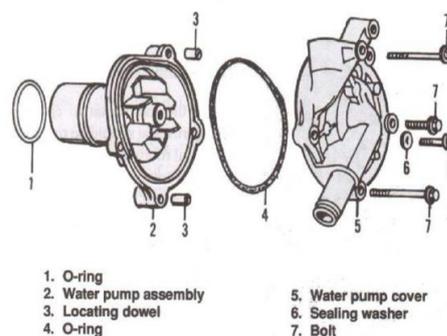
Fungsi masing-masing komponen dasar sistem pendingin adalah

1. Water pump: Berfungsi untuk mengalirkan air pendingin dengan menciptakan perbedaan tekanan antara saluran isap dan saluran tekan pada pompa.
2. Oil cooler (pendingin oli): Memindahkan panas dari oli pelumas untuk menjaga sifat-sifat dan konsentrasi oli tetap stabil.
3. Pengatur suhu/temperatur regulator: Bertugas untuk menjaga suhu kerja mesin tetap optimal.
4. Radiator: Menggunakan sirip-sirip pendingin untuk mendinginkan air dan membuang panasnya ke udara.
5. Tutup radiator: Berperan dalam meningkatkan titik didih air pendingin dengan menahan ekspansi air saat suhu meningkat, sehingga tekanan air lebih tinggi daripada tekanan udara luar.
6. Katup termostat: Berfungsi untuk mengatur aliran air pendingin, menahan sirkulasi saat suhu mesin rendah, dan membuka saluran dari mesin ke radiator saat suhu mencapai tingkat idealnya.
7. Fan (kipas): Digunakan untuk mengalirkan udara pada inti radiator agar panas dari radiator dapat dipancarkan ke udara dengan lebih efisien.

#### 2.2.5.2 Komponen Sistem Pendinginan

##### 1. Pompa air

Fungsi dari pompa air adalah untuk menarik air dan mendorongnya ke dalam sistem dengan tujuan untuk melakukan pendinginan. Umumnya, pompa air yang digunakan adalah jenis sentrifugal yang dioperasikan menggunakan perantara puli (belt), sehingga poros pompa berputar ke arah yang sama. Pompa ini biasanya digunakan dengan motor jenis pompa torak, dan letaknya harus tidak lebih tinggi dari tangki persediaan air, namun lebih rendah dari permukaan air di dalam tangki, sehingga air laut dapat masuk ke ujung pipa hisap. Ada dua jenis pompa yang dapat digunakan untuk sirkulasi air pendingin, yaitu pompa torak atau plunyer, dan pompa sentrifugal, seperti Gambar 2.12.



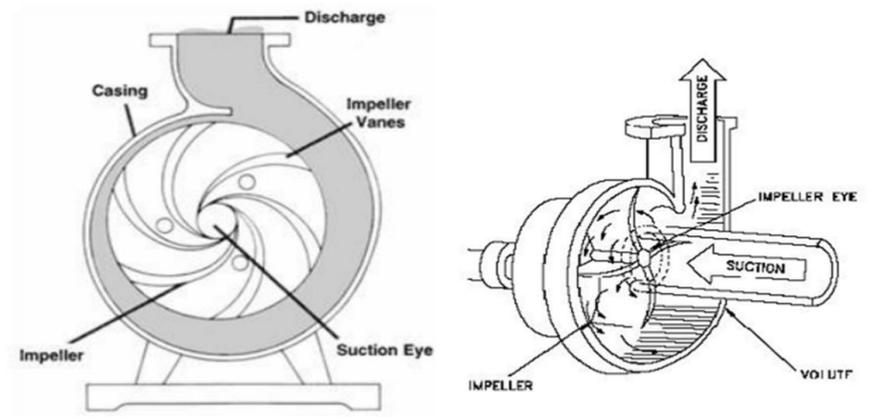
Gambar 2.12 *Water Pump*

##### 2. Pompa Torak (Plunyer)

Pompa jenis plunyer dan pompa torak umumnya digunakan untuk memompa air. Plunyer memiliki batang yang terhubung dengan tuas atau engkol, yang digerakkan langsung oleh mesin penggerak. Di antara plunyer dan silinder, pemasangan paking bus diperlukan untuk memastikan kedap rapat. Penggunaan ketel bertujuan untuk menciptakan aliran air yang tenang dan teratur saat keluar dari saluran.

### 3. Pompa Sentrifugal

Pompa ini beroperasi berdasarkan prinsip gaya sentrifugal, yang menyatakan bahwa objek yang bergerak melingkar akan mengalami gaya yang menjauhi dari pusat lintasannya. Besarnya gaya sentrifugal yang terjadi ditentukan oleh massa benda, kecepatan gerak benda, dan jari-jari lintasan melingkarnya. Pompa sentrifugal, seperti yang terlihat pada Gambar, terdiri dari sebuah kipas atau impeller (a) yang berputar di sekitar poros (c) dan sebuah pompa (b), seperti Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Pompa Sentrifugal

Impeller adalah bagian berbentuk piringan berongga dengan sudut melengkung di dalamnya. Komponen ini dipasang pada poros dan dioperasikan menggunakan motor listrik, mesin uap, turbin uap, atau sumber tenaga lainnya. Di samping impeller, terdapat saluran dekat poros (d) yang terhubung dengan saluran hisap (f). Cairan seperti air atau minyak masuk ke impeller yang berputar melalui saluran tersebut. Akibat gerakan berputar impeller, cairan juga mengikuti arah putaran dan karena adanya gaya sentrifugal, cairan dipaksa keluar menjauhi pusat dan masuk ke dalam ruang di antara keliling bagian luar impeller dan rumah pompa (e). Selanjutnya, cairan dialirkan menuju saluran keluar (g). Bagian yang sempit (h) disebut lidah-lidah, yang berfungsi untuk menentukan tekanan cairan di ruang keluar (g). Jika lidah-lidah ini mengalami keausan, antara tepi luar impeller dan rumah pompa akan membesar, sehingga cairan yang sudah bertekanan akan kembali masuk ke saluran hisap melalui ruang yang telah aus. Oleh karena pompa ini bekerja berdasarkan kecepatan, ia tidak dapat menghisap sendiri, sehingga harus ditempatkan di bawah permukaan air yang ingin dipompa.

#### 2.2.6 Sistem Sirkulasi Gravitasi

Sistem ini dikenal sebagai sirkulasi thermosiphon, dirancang tanpa memerlukan pompa, dimana ruang pendingin diisi penuh dengan air, sehingga permukaan air berada di atas mulut air yang berada di bagian atas. Prinsipnya berdasarkan perbedaan massa jenis air, di mana massa jenis air panas lebih rendah daripada massa jenis air dingin. Oleh karena itu, dalam sistem gravitasi ini, partikel air yang panas cenderung naik, sementara partikel air yang dingin cenderung tenggelam. Akibatnya, sirkulasi air terjadi secara alami ketika ada pemanasan air di satu titik dan pendinginan di titik lain. Meskipun sistem ini berfungsi, namun efektivitasnya terbatas karena sirkulasi air terjadi dengan lambat sehingga kecepatan aliran tidak sesuai dengan kecepatan putaran motor.

#### 2.2.7 Sistem Sirkulasi Tekan

Sistem ini memanfaatkan sebuah pompa yang berperan dalam mengalirkan air pendingin. Pompa tersebut berfungsi untuk mendorong air melalui pipa silinder dan

mengalirkannya ke tempat penampung air. Dengan demikian, proses sirkulasi air menjadi lebih cepat daripada sistem sirkulasi thermosiphon. Dampaknya, proses pendinginan berlangsung dengan lebih efisien dan cepat.

### 2.2.7.1 Bagian-Bagian yang Didinginkan

Sistem pendinginan pada mesin bakar bertanggung jawab untuk mentransfer panas melalui air pendingin, dan ini memiliki pengaruh besar terhadap panas yang diperlukan untuk proses pembakaran di dalam silinder. Sebagian besar panas pada mesin utama dihasilkan dari proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder. Pembakaran ini terjadi di ruang bakar, sehingga menyebabkan bagian silinder menjadi sangat panas. Namun, untuk bagian bawah silinder, perpindahan panas ke media pendingin tidak terjadi secara langsung, melainkan melalui torak dan cincin torak. Berdasarkan penjelasan di atas, bagian-bagian yang perlu didinginkan dalam mesin ini adalah sebagai berikut:

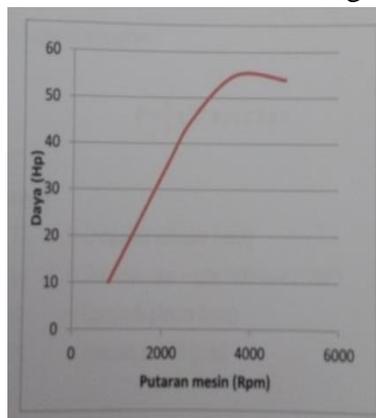
1. Silinder
2. Kepala silinder
3. Katup
4. Bantalan–bantalan
5. Tempat- tempat yang timbul panas karena gesekan adalah kepala silinder dan dinding silindernya.

### 2.2.8 Unjuk Kerja Motor

1. Menghitung daya motor

Proses pembakaran di dalam silinder akan menimbulkan tekanan pembakaran yang diteruskan untuk menekan torak akibat tekanan ini torak akan merubah tekanan tersebut menjadi gaya-gaya tersebut kemudian diteruskan ke batang torak yang nantinya akan menyebabkan perputaran poros engkol. Perputaran poros engkol ini akan menyebabkan timbulnya tenaga putar dan tenaga putar di sebut torsi

Karena perhitungan menggunakan watt maka untuk menghitung daya di gunakan rumus:



Gambar 2.14 Grafik Karakteristik Pengujian Daya

$$P \text{ (Kw)} = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{6000} \dots\dots\dots \text{Pers 1}$$

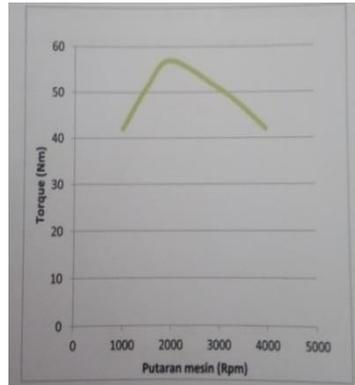
Dimana :

$P = \text{daya (kw)}$

$N = \text{putaran mesin (rpm)}$

$T = \text{Torsi (N.m)}$ .

2. Menghitung torsi



Gambar 2.15 Grafik Karakteristik Pengujian Torsi

$$T = \frac{P(kw).60000}{2\pi.N} \dots\dots\dots \text{Pers 2}$$

Dimana :

$P = \text{daya (kw)}$

$N = \text{putaran mesin (rpm)}$

$T = \text{Torsi (N.m)}$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik(Sfc)

Sfc adalah kemampuan mesin dalam menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan kerja.

$$Sfc = \frac{mf}{P} ; Mf = \frac{b.3600}{2.\pi.n} \dots\dots\dots \text{Pers 3}$$

Keterangan :

$mf = \text{laju aliran bahan bakar (kg/h)}$

$P = \text{daya (watt)}$

2.2.9 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan bidang dalam ilmu teknik termal yang mempelajari berbagai cara untuk menghasilkan, menggunakan, mengubah, dan memindahkan panas di antara sistem fisik. Perpindahan panas dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, termasuk konduksi termal, konveksi termal, radiasi termal, dan perpindahan panas melalui perubahan fasa.

Konduksi termal terjadi ketika energi kinetik partikel-partikel mikroskopis ditransfer langsung melalui batas antara dua sistem. Jika suatu objek memiliki temperatur yang berbeda dengan benda atau lingkungan sekitarnya, maka panas akan mengalir sehingga keduanya mencapai kesetimbangan termal dengan temperatur yang sama. Perpindahan panas secara alami terjadi dari tempat yang memiliki temperatur tinggi ke tempat yang memiliki temperatur rendah, sesuai dengan hukum kedua termodinamika.

Konveksi terjadi ketika aliran fluida (berupa gas atau cairan) membawa panas bersamaan dengan aliran materi. Aliran fluida dapat terjadi karena proses eksternal, seperti gravitasi atau gaya apung akibat energi panas yang menyebabkan volume fluida mengembang. Konveksi paksa terjadi ketika fluida dipaksa untuk mengalir menggunakan pompa, kipas, atau metode mekanis lainnya. Radiasi termal terjadi melalui ruang hampa atau medium transparan. Energi ditransfer melalui foton dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

## 1. Konduksi

Pada skala mikroskopik, konduksi panas terjadi sebagai perpindahan energi panas dari atom yang bergetar atau berpindah dengan cepat ke atom dan molekul di sekitarnya. Ini terjadi ketika atom-atom yang berdekatan saling bergetar dan berinteraksi, atau ketika elektron berpindah antara atom. Dengan kata lain, konduksi panas terjadi ketika energi panas dipindahkan dari partikel satu ke partikel lainnya. Konduksi adalah cara paling umum perpindahan panas pada benda padat ketika berada dalam kontak termal. Fluida, terutama gas, kurang konduktif dalam perpindahan panas. Studi tentang konduktansi kontak termal membahas perpindahan panas antara dua benda padat yang bersentuhan. Ada dua bentuk utama konduksi panas:

- a. Konduksi steady state: Terjadi ketika ada perbedaan temperatur yang menyebabkan perpindahan panas secara spontan. Setelah mencapai kesetimbangan, distribusi temperatur pada benda terkonduksi tidak berubah lagi. Pada kondisi steady state, jumlah panas yang masuk ke suatu bagian sama dengan jumlah panas yang keluar dari bagian tersebut.
- b. Konduksi transient: Terjadi ketika temperatur objek berubah seiring waktu. Analisis pada kondisi transient lebih kompleks dan sering menggunakan analisis numerik komputer untuk berbagai aplikasi.

## 2. Konveksi

Konveksi, juga dikenal sebagai perpindahan panas konvektif, adalah perpindahan panas dari satu tempat ke tempat lain yang terjadi karena adanya pergerakan fluida. Proses ini melibatkan perpindahan massa bersamaan dengan perpindahan panas. Gerakan simultan dari fluida ini menyebabkan peningkatan perpindahan panas dalam berbagai situasi, seperti antara permukaan padat dan permukaan fluida. Konveksi adalah metode umum perpindahan panas yang terjadi pada cairan dan gas. Konveksi bebas terjadi ketika gerakan fluida disebabkan oleh gaya apung yang timbul karena perbedaan massa jenis akibat perbedaan temperatur di dalam fluida.

## 3. Radiasi

Radiasi termal merupakan energi yang dilepaskan oleh benda dalam bentuk gelombang elektromagnetik karena adanya energi termal di dalam semua benda yang memiliki suhu di atas nol mutlak. Radiasi termal terjadi sebagai hasil dari perpindahan acak dari atom dan molekul dalam benda. Karena atom dan molekul ini mengandung partikel bermuatan seperti proton dan elektron, gerakan mereka menghasilkan pelepasan radiasi elektromagnetik yang membawa energi. Radiasi dari matahari dapat dimanfaatkan untuk tujuan pemanasan dan pembangkitan tenaga listrik. Tidak seperti konduksi dan konveksi, radiasi termal bisa dikumpulkan pada satu titik menggunakan kaca pemantul, dan selanjutnya, energi ini dapat digunakan untuk pembangkitan listrik tenaga surya.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Metodologi merupakan pendekatan yang digunakan dalam suatu penelitian untuk memastikan bahwa pelaksanaan dan hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara akademik dan ilmiah. Penelitian ini bertujuan untuk memahami performa motor diesel. Agar penelitian ini dapat berjalan lebih terarah, penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan kerja yang dijelaskan melalui langkah-langkah eksperimen, pelaksanaan eksperimen, diagram alir penelitian, dan lembar pengamatan.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental untuk mengidentifikasi pengaruh sirkulasi air pendingin pada sistem pendingin motor diesel dengan putaran konstan terhadap daya, torsi, dan *sfc* (spesifik konsumsi bahan bakar).

#### **3.2 Variabel Penelitian**

##### **3.2.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas adalah kondisi yang mempengaruhi munculnya suatu kondisi atau gejala. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa variabel bebas merupakan variabel yang sengaja pengaruhnya terhadap variabel tetap. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah air pada penampungan yang akan di sirkulasi yaitu 10 Liter, 15 Liter dan 20 Liter.

##### **3.2.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter yang akan diuji antara lain seperti Daya, Torsi, dan *Sfc*.

##### **3.2.3 Variable Kontrol**

Variabel kontrol adalah suatu perbandingan antara variabel bebas dan variabel tetap. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah pembebanan pada motor diesel yang menggunakan panel pembebanan lampu dengan variasi pembebanan sebesar 200 Watt, 400 Watt, 600 Watt, sampai 3000 Watt dengan interval 200 Watt kenaikan dan 100 Watt kenaikannya setelah 2500 Watt.

#### **3.3 Tempat, Alat dan Bahan**

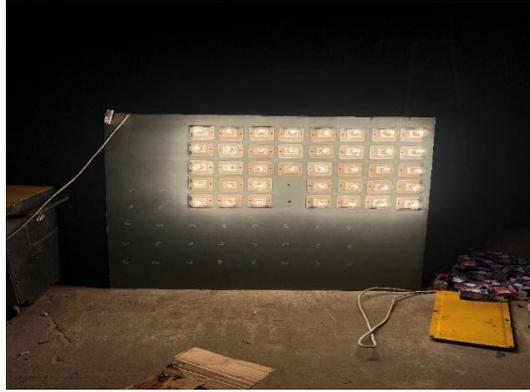
##### **3.3.1 Tempat Penelitian**

Tempat yang digunakan dalam pengujian untuk mencari data penelitian adalah di Lab. Teknik Mesin UMKT 2 Jl.Cipto Mangunkusumo Harapan baru Kec. Loa Janan Ilir Kota Samarinda Kalimantan Timur.

##### **3.3.2 Alat**

###### **1. Panel pembebanan lampu**

Digunakan sebagai pembebanan pada motor diesel yaitu daya yang keluar dari motor diesel di konversikan oleh generator menjadi listrik menuju ke panel pembebanan lampu dimana setiap lampu mempunyai beban sebesar 100 watt dan disusun sebanyak 40 buah lampu dalam panel dengan 4 saklar dan disusun seri. Yang digunakan untuk mengukur pembebanan saat pengujian.



Gambar 3.1 Panel Pembebanan Lamp

2. Burret

Berfungsi untuk mengetahui jumlah volume bahan bakar yang akan dipakai dalam penelitian/percobaan pada bahan bakar dengan satuan ukuran (ml).

Gambar 3.2 Burret



3. *Power Analyzer*

Berfungsi untuk mengukur besarnya daya listrik, tegangan, arus listrik, frekuensi dan power factor (faktor kerja).



Gambar 3.3 *Power Analyzer*

#### 4. *Stopwatch*

Berfungsi untuk mengukur waktu lamanya pengosongan burret diukur dari 10 ml hingga 0 ml yang telah diisi bahan bakar.



Gambar 3.4 *Stopwacth*

#### 5. Toolkit

Terdiri dari satu set kunci ring dan kunci pas, obeng, tang, dan kunci inggris. Alat tersebut digunakan untuk memperbaiki dan *tune-up* motor diesel tersebut jika terjadi *trouble* pada mesin tersebut.



Gambar 3.5 *Tool Kit*

#### 3.3.3 Bahan Penelitian

1. Motor Diesel stasioner yang akan digunakan untuk penelitian dengan spesifikasi sebagai berikut; Model R180 ; Type 1 silinder berpendingin air 4 Langkah ; Diameter silinder 80mm ; Piston Stroke 80mm ; Perbandingan Kompresi 21:1, dengan daya maksimal 8 hp pada putaran 2600.



Gambar 3.6 Motor Diesel Generator

## 2. Pompa sirkulasi air



Gambar 3.7 Pompa Sirkulasi Air

3. Generator set dengan spesifikasi; Merk HuaFa ; Power 3 KW ; Voltase 230 V ; Arus 13 A ; Frekuensi 50 Hz ; Putaran 1500 rpm.
4. Selang air sebagai media atau lintasan sirkulasi air pendingin.
5. Bahan bakar minyak (BBM), yang digunakan adalah dexlite
6. Air tawar untuk reservoir yang akan di sirkulasi

### 3.3.4 Prinsip Kerja Sirkulasi Air Pendingin

Prinsip kerja dari sirkulasi air pendingin ini adalah mengeluarkan air yang telah mendinginkan ruang bakar pada *water jacket* dan menampung air pada tangki reservoir yang di variabelkan 10 liter, 15 liter dan 20 liter sesuai pengujian, kemudian di alirkan kembali ke tangki hopper motor diesel.

## 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik pengumpulan data ini dibagi menjadi 3 bagian, diantaranya adalah sebagai berikut:

### 1. *Study literature*

Dilakukan dengan cara mempelajari referensi, buku-buku, media-media yang berkaitan dengan penelitian yang akan di kaji.

### 2. Eksperimen

Percobaan atau memodifikasi sesuatu yang sudah jadi menjadi lebih optimal yang biasanya dilakukan di Laboratorium.

### 3. Pengamatan (Observasi)

Pengumpulan data yang dipakai untuk mengetahui hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

### 4. Pengumpulan data penelitian

Pengumpulan data dipakai untuk mengetahui hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan yang kemudian akan dilakukan perhitungan, kemudian hasil perhitungan tersebut dikelompokkan kedalam tabel sebagai berikut :

Tabel 3.1 Pengumpulan Data Daya

Beban (watt)	Daya (kW)			
	Standart (tanpa sirkulasi air pendingin)	Dengan volume air pada reservoir yang disirkulasikan		
		10 liter	15 liter	20 liter

200				
400				
↓				
3400				

Tabel 3.2 Pengumpulan Data Torsi

Beban (watt)	Torsi (N.m)			
	Standart (tanpa sirkulasi air pendingin)	Dengan volume air pada reservoir yang disirkulasikan		
		10 liter	15 liter	20 liter
200				
400				
↓				
3400				

Tabel 3.3 Pengumpulan Data Sfc

Beban (watt)	Sfc (Kg/kWh)			
	Standart (tanpa sirkulasi air pendingin)	Dengan volume air pada reservoir yang disirkulasikan		
		10 liter	15 liter	20 liter
200				
400				
↓				
3400				

### 3.5 Prosedur Penelitian

Didalam mencari data pada penelitian untuk mendapatkan hasil yang maksimal, termasuk didalamnya pemeriksaan awal dan *setting* terlebih dahulu kendaraan dan persiapan segala sesuatu yang diperlukan pada saat pengujian. Adapun tahapan-tahapan yang akan dilakukan selama pengujian berlangsung yaitu:

#### 1. Tahap Pertama

Persiapkan peralatan yang akan digunakan untuk penelitian, mempersiapkan motor diesel dan setting atau *Tune-Up* agar kondisi motor dalam keadaan prima saat digunakan.

#### 2. Tahap Kedua

Hidupkan motor diesel selama  $\pm 5$  menit tanpa pembebanan lampu.

#### 3. Tahap Ketiga

Tahap pengambilan data dapat dilaksanakan setelah seluruh tahap persiapan selesai.

Adapun tahap pengambilan data pengujian motor diesel putaran konstan satu silinder adalah sebagai berikut.

##### 3.5.1 Pada pengujian pertama (sebagai pembanding)

1. Pada pengujian pertama menggunakan pendinginan (hopper) atau dalam kondisi standar tanpa mensirkulasikan air pendingin.
2. Mengatur putaran (rpm) motor diesel dengan melihat *power analyzer* sampai pada  $\pm 50$  Hz / 1500 rpm.
3. Catat waktu konsumsi bahan bakar setiap 20 ml yang telah digunakan.
4. Catat daya yang keluar pada *power analyzer*.
5. Ulangi langkah tersebut dengan menggunakan beban lampu mulai dari 200 Watt sampai 3000 Watt dengan interval kenaikan beban sebesar 200 Watt.

##### 3.5.2 Pada pengujian kedua

1. Pada pengujian kedua menggunakan sistem sirkulasi pendingin dengan volume air pada reservoir sebanyak 10 liter
2. Mengatur putaran (rpm) motor diesel dengan melihat *power analyzer* sampai pada angka  $\pm 50$  Hz / 1500 rpm.
3. Catat waktu konsumsi bahan bakar setiap 10 ml yang telah digunakan dan terukur pada buret.
4. Catat daya yang keluar pada *power analyzer*.
5. Ulangi langkah tersebut dengan menggunakan beban lampu mulai dari 200 Watt sampai 3000 Watt dengan interval kenaikan beban sebesar 200 Watt.

##### 3.5.3 Pada pengujian ketiga

1. Pada pengujian ketiga menggunakan system sirkulasi pendingin dengan volume air pada reservoir sebanyak 15 Liter.
2. Mengatur putaran (rpm) motor diesel dengan melihat *power analyzer* sampai pada angka  $\pm 50$  Hz / 1500 rpm.
3. Catat waktu konsumsi bahan bakar setiap 10 ml yang telah digunakan dan terukur pada buret.
4. Catat daya yang keluar pada *power analyzer*.
5. Ulangi langkah tersebut dengan menggunakan beban lampu mulai dari 200 Watt sampai 3000 Watt dengan interval kenaikan beban sebesar 200 Watt.

#### 3.5.4 Pada pengujian keempat

1. Pada pengujian keempat menggunakan sistem sirkulasi pendingin dengan volume air pada reservoir sebanyak 20 Liter.
2. Mengatur putaran (rpm) motor diesel dengan melihat *power analyzer* sampai pada angka  $\pm 50$  Hz / 1500 rpm.
3. Catat waktu konsumsi bahan bakar setiap 10 ml yang telah digunakan dan terukur pada buret.
4. Catat daya yang keluar pada *power analyzer*.
5. Ulangi langkah tersebut dengan menggunakan beban lampu mulai dari 200 Watt sampai 3000 Watt dengan interval kenaikan beban sebesar 200 Watt.

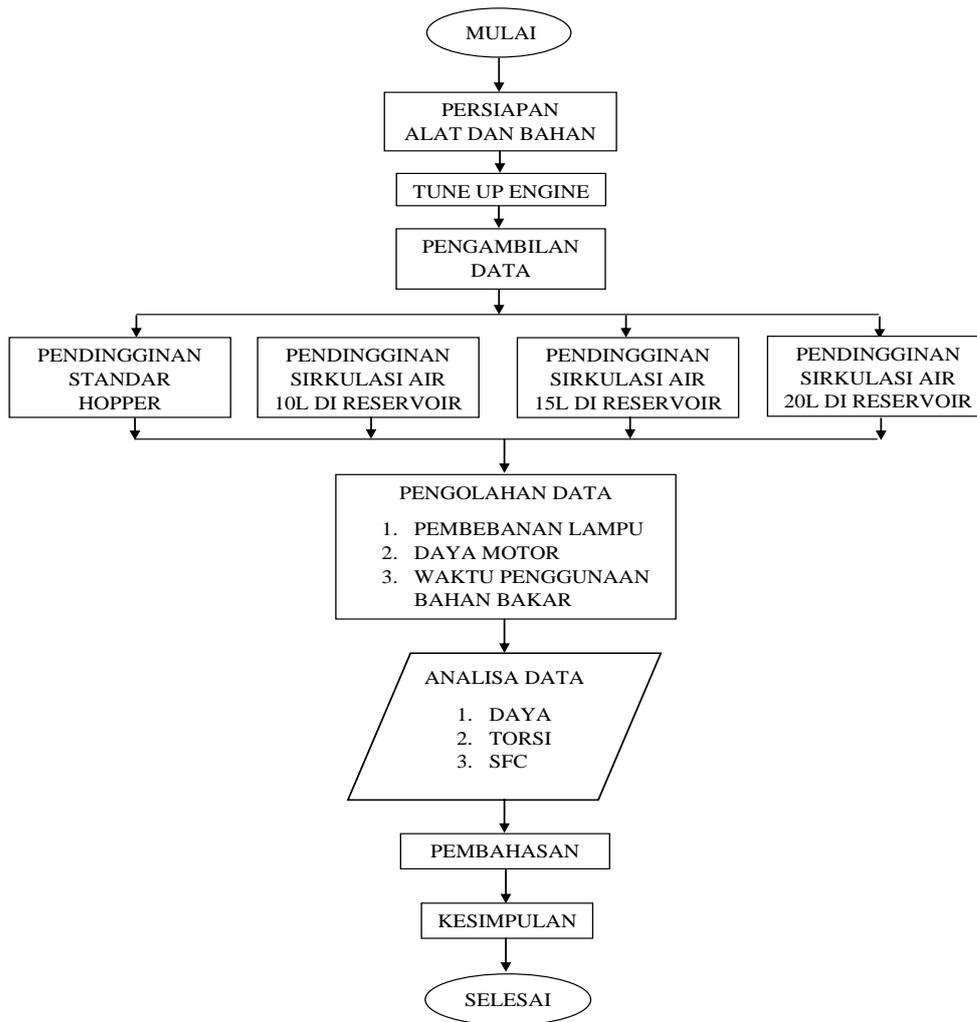
### 3.6 Teknik Analisa Data

Penarikan kesimpulan data yang dihasilkan menggunakan statistik memiliki kadar *komunikabilitas* yang tinggi, analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Statistik Deskriptif*.

*Statistik Deskriptif* adalah bagian dari statistika yang mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data sehingga mudah dipahami. *Statistika Deskriptif* hanya berhubungan dengan hal menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau keadaan. Dengan kata *Statistika Deskriptif* berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan. Penarikan kesimpulan data pada *Statistika Deskriptif* (jika ada) hanya ditujukan pada kumpulan data yang ada.

Menurut Sugiyono (2004:169) *Analisis Deskriptif* adalah *statistik* yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau *generalisasi*.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8 *Flowchart*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Data merupakan hasil dari penelitian yang berupa angka-angka yang mencerminkan harga atau nilai dari masing-masing perlakuan, termasuk daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Untuk pengambilan data pengujian unjuk kerja, dilakukan tiga perulangan sirkulasi sistem pendingin dengan menggunakan volume air pada reservoir sebanyak 10 Liter, 15 Liter, dan 20 Liter. Selain itu, pembebanan lampu dilakukan dengan volume bahan bakar 20 cc pada setiap pembebanan, yaitu 200 Watt, 400 Watt, 600 Watt, 800 Watt, 1000 Watt, 1200 Watt, 1400 Watt, 1600 Watt, 1800 Watt, 2000 Watt, 2200 Watt, 2400 Watt, 2500 Watt, 2600 Watt, 2700 Watt, 2800 Watt, 2900 Watt, 3000 Watt, 3100 Watt, dengan putaran konstan 1500 rpm. Pengambilan data dilakukan pada motor diesel satu silinder dengan putaran konstan yang dilengkapi dengan generator yang sama.

Pada proses pengambilan data penulis melakukan penelitian dan pengambilan data di laboratorium Teknik Mesin UMKT 2. Dengan menggunakan alat uji berupa motor diesel satu silinder putaran konstan yang dilengkapi dengan generator dan alat pendukung lainnya. Sehingga data-data yang diperlukan dapat diperoleh dengan akurat untuk melakukan proses analisis hasil penelitian.

#### 4.1.1 Data Hasil Penelitian

Setelah melakukan pengujian dan perhitungan didapat data-data dari pengujian yang dilakukan, telah diperoleh data mengenai daya, torsi serta sfc yang dihasilkan oleh motor diesel dengan kondisi standar yang kemudian ditambah dengan air sebanyak 10 Liter, 15 Liter, 20 Liter yang disirkulasikan pada sistem pendingin.

##### 4.2.1.1 Pengujian dengan pendinginan standar (system hopper)

Hasil pengujian menghasilkan sejumlah data yang akan diproses dan dianalisis, termasuk daya lampu yang dibebankan pada motor diesel, daya yang dihasilkan oleh motor, dan waktu yang dibutuhkan motor untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu. Berikut adalah data yang berhasil dikumpulkan dari tahap pengujian awal.

Tabel 4.1 Data Pengujian Dengan Pendingin *Hopper* (Standar)

NO	BEBAN (W)	DAYA (W)	t (s)	T0 (°C)
1	200	198	108	46
2	400	303	96	48
3	600	524	86	57
4	800	754	77	60
5	1000	859	69	64
6	1200	1124	62	67
7	1400	1335	58	70
8	1600	1514	53	72
9	1800	1645	50	73

10	2000	1799	48	75
11	2200	1857	45	74
12	2400	2001	42	76
13	2500	2089	42	78
14	2600	2115	41	80
15	2700	2027	40	84
16	2800	2078	40	82
17	2900	2156	40	79
18	3000	2115	39	84
19	3100	2098	39	85
20	3200	2054	36	77
21	3300	2049	34	83
22	3400	1927	32	84

Setelah mengumpulkan data di atas, dilakukan proses pengolahan data untuk mendapatkan Daya, Torsi, dan Sfc (Specific Fuel Consumption). Namun, untuk parameter T0 (temperature) hanya diukur dari tangki hopper sebagai pembanding atau untuk mengetahui keadaan aktual pada air di dalam tangki tersebut. Perhitungan data temperatur tidak dilakukan karena tujuan utamanya bukan untuk menghitung nilai tersebut. Berikut adalah pengolahan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Diketahui; putaran motor = 1500  
 $\rho_{bb}$  = 0.86 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 pembebanan = 200 (W)  
 b = 20 (ml)  
 P = 0,198 (kW)  
 t = 108 (s)

Dari hasil yang didapat dari penelitian tahap pertama dapat dianalisa data sebagai berikut ;

1. Daya

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P(w)}{1000} \\
 &= \frac{198}{1000} \\
 &= 0,198 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2. Torsi.

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P \cdot 60000}{2 \cdot \pi \cdot N} \\
 &= \frac{0,198 \cdot 60000}{2 \cdot 3,14 \cdot 1500} \\
 &= 1,261 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

3. Laju konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menentukan nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik.

$$\begin{aligned}
 mf &= \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \\
 &= \frac{20}{108} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,86 \\
 &= 0,573 \text{ Kg/h}
 \end{aligned}$$

4. Konsumsi bahan bakar spesifik

$$\begin{aligned}
 Sfc &= \frac{mf}{P} \\
 &= \frac{0,573}{0,198} \\
 &= 2,896 \text{ Kg/kWh}
 \end{aligned}$$

Untuk melihat data secara keseluruhan, pembaca diajak untuk mengacu pada tabel sebagai hasil dari proses pengolahan data. Data yang telah dikumpulkan di atas kemudian dimasukkan ke dalam rumus yang telah ditentukan. Dari rumus tersebut, diperoleh hasil perhitungan berupa daya motor diesel satu silinder dengan putaran konstan yang dilengkapi dengan supercharge, torsi motor satu silinder dengan putaran konstan yang dilengkapi dengan supercharge, dan konsumsi bahan bakar spesifik motor diesel satu silinder dengan putaran konstan yang dilengkapi supercharge. Pada perhitungan ini, suhu (temperature) yang dihitung adalah 0 karena tidak ada pelepasan panas yang disirkulasikan menggunakan pompa dan reservoir tambahan. Hasil dari pengujian tahap pertama pada motor diesel satu silinder dengan putaran konstan tanpa sirkulasi air sistem pendingin (hopper), atau sebagai data pembanding, menunjukkan bahwa daya tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 2115 Watt pada pembebanan lampu sebesar 2600 Watt, torsi tertinggi adalah 13.471 Nm pada pembebanan lampu sebesar 2900 Watt, dan sfc terendah adalah 0.706 kg/kW.h pada pembebanan lampu sebesar 2500 Watt. Semua data hasil pengolahan ini dapat ditemukan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Dengan Pendingin *Hopper* (standar)

NO	BEBAN (W)	DAYA (kW)	TORSI (N.m)	MF (kg/h)	Sfc (Kg/kWh)
1	200	0.198	1.261	0.573	2.896
2	400	0.303	1.930	0.645	2.129
3	600	0.524	3.338	0.720	1.374
4	800	0.754	4.803	0.804	1.067
5	1000	0.859	5.471	0.897	1.045
6	1200	1.124	7.159	0.999	0.889
7	1400	1.335	8.503	1.068	0.800
8	1600	1.514	9.643	1.168	0.772
9	1800	1.645	10.478	1.238	0.753
10	2000	1.799	11.459	1.290	0.717
11	2200	1.857	11.828	1.376	0.741
12	2400	2.001	12.745	1.474	0.737
13	2500	2.089	13.306	1.474	0.706
14	2600	2.115	13.471	1.510	0.714
15	2700	2.027	12.911	1.548	0.764
16	2800	2.078	13.236	1.548	0.745
17	2900	2.1	13.376	1.548	0.737
18	3000	2.101	13.382	1.588	0.756
19	3100	2.098	13.363	1.588	0.757
20	3200	2.054	13.083	1.720	0.837

21	3300	2.049	13.051	1.821	0.889
22	3400	1.927	12.274	1.935	1.004

#### 4.2.1.2 Pengujian dengan 10 liter air pada tangki *reservoir*.

Dari hasil pengujian didapatkan beberapa data yang akan diolah dan dianalisa antara lain adalah daya dari lampu yang dibebankan pada motor diesel ini, daya yang dihasilkan oleh motor dan lama waktu yang dibutuhkan motor untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume yang sudah ditentukan. Berikut adalah data yang didapatkan dari pengujian dengan volume air pada reservoir sebanyak 10 Liter.

Tabel 4.3 Data Pengujian Kedua Dengan Volume Air Sebanyak 10 Liter Pada Reservoir

NO	BEBAN (W)	DAYA (W)	t (s)	T1 (°C)	T2 (°C)
1	200	201	110	48	30
2	400	351	98	50	31
3	600	616	87	50	32
4	800	878	77	53	32
5	1000	1098	70	53	32
6	1200	1320	63	50	39
7	1400	1518	59	47	35
8	1600	1697	53	52	34
9	1800	1863	51	50	39
10	2000	1991	48	49	33
11	2200	2198	46	49	32
12	2400	2231	43	50	39
13	2500	2266	42	50	32
14	2600	2287	42	50	33
15	2700	2333	41	48	35
16	2800	2330	40	48	35
17	2900	2300	40	50	39
18	3000	2317	39	51	41
19	3100	2320	37	51	42
20	3200	2318	35	49	40
21	3300	2280	33	52	43
22	3400	2262	32	53	41

Dari hasil yang didapat dari penelitian tahap kedua dapat dianalisa data menghitung Daya motor diesel satu silinder putaran konstan, Torsi motor diesel satu silinder putaran konstan dengan, Sfc motor diesel satu silinder putaran konstan adalah untuk menghitung penurunan temperatur diluar system hopper , maka dituliskan contoh perhitungan sebagai berikut ;

Diketahui; putaran motor = 1500  
 $\rho_{bb}$  = 0.86 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 pembebanan = 200 (W)  
 b = 20 (ml)  
 P = 0.201 (kW)  
 t = 110 (s)

$$T1 = 40 (^{\circ}\text{C})$$

$$T2 = 38 (^{\circ}\text{C})$$

Berikut adalah salah satu contoh pengolahan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

1. Daya

$$\begin{aligned} P &= \frac{P(w)}{1000} \\ &= \frac{201}{1000} \\ &= 0,201 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Torsi.

$$\begin{aligned} T &= \frac{P \cdot 60000}{2 \cdot \pi \cdot N} \\ &= \frac{0,201 \cdot 60000}{2 \cdot 3,14 \cdot 1500} \\ &= 1,280 \text{ N.m} \end{aligned}$$

3. Laju konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menentukan nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik.

$$\begin{aligned} mf &= \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \\ &= \frac{20}{110} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,86 \\ &= 0,563 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

4. Konsumsi bahan bakar spesifik

$$\begin{aligned} Sfc &= \frac{mf}{P} \\ &= \frac{0,563}{0,201} \\ &= 2,801 \text{ Kg/kWh} \end{aligned}$$

Untuk data keseluruhan yang sudah di analisa hasil perhitungannya, penulis merangkum menjadi satu table, diharapkan supaya pembaca lebih mudah untuk melihat hasil dari perhitungan yang sudah dilakukan penulis. Data yang diambil diatas kemudian diolah menggunakan atau memasukan data kedalam rumus yang sudah ditentukan, dari rumus tersebut maka didapatkan data perhitungan berupa daya motor diesel satu silinder putaran konstan. Dan pelepasan panas yang dihitung dari keluaran dan masuknya air yang disirkulasikan.

Setelah pengujian motor diesel satu silinder putaran konstan tahap kedua dengan mensirkulasikan air pada sistem pendingin sebesar 10 Liter pada tangki reservoir , didapatkan hasil daya tertinggi sebesar 2333 Watt pada pembebanan lampu 2700 Watt, torsi tertinggi diperoleh data sebesar 14.860 Nm pada pembebanan lampu 2700 Watt, dan sfc terendah yaitu 0.612 kg/kW.h saat pembebanan lampu sebesar 2200 Watt. Dapat dilihat pada table 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Data Dengan Volume Reservoir 10 Liter

NO	BEBAN (W)	DAYA (kW)	TORSI (N.m)	Sfc (Kg/kWh)
1	200	0.201	1.280	2.801
2	400	0.351	2.236	1.800
3	600	0.616	3.924	1.155
4	800	0.878	5.592	0.916
5	1000	1.098	6.994	0.806
6	1200	1.32	8.408	0.745
7	1400	1.518	9.669	0.691
8	1600	1.697	10.809	0.688
9	1800	1.863	11.866	0.652
10	2000	1.991	12.682	0.648
11	2200	2.198	14	0.612
12	2400	2.231	14.210	0.645
13	2500	2.266	14.433	0.651
14	2600	2.287	14.567	0.645
15	2700	2.333	14.860	0.647
16	2800	2.33	14.841	0.664
17	2900	2.3	14.650	0.673
18	3000	2.317	14.758	0.685
19	3100	2.32	14.777	0.721
20	3200	2.318	14.764	0.763
21	3300	2.28	14.522	0.823
22	3400	2.262	14.408	0.855

#### 4.2.1.3 Pengujian dengan 15 Liter air pada tangki reservoir.

Dari hasil pengujian didapatkan beberapa data yang akan diolah dan dianalisa antara lain adalah daya dari lampu yang dibebankan pada motor diesel ini, daya yang dihasilkan oleh motor dan lama waktu yang dibutuhkan motor untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume yang sudah ditentukan. Berikut adalah data yang didapatkan dari pengujian dengan volume air pada reservoir sebanyak 15 Liter. Data tersebut bisa dilihat pada table 4.5

Tabel 4.5 Data Pengujian Dengan 15 Liter Pada *Reservoir*.

NO	BEBAN (W)	DAYA (W)	t (s)	T1 (°C)	T2 (°C)
1	200	209	111	34	29
2	400	533	100	33	29
3	600	893	87	40	33
4	800	1055	78	35	30
5	1000	1292	68	35	28
6	1200	1409	63	36	29

7	1400	1598	58	42	30
8	1600	1703	54	41	28
9	1800	1907	51	37	29
10	2000	2049	48	41	30
11	2200	2156	46	37	29
12	2400	2238	44	40	30
13	2500	2257	42	45	29
14	2600	2288	42	50	31
15	2700	2300	41	47	32
16	2800	2336	41	46	28
17	2900	2321	40	36	33
18	3000	2311	40	36	33
19	3100	2260	39	36	33
20	3200	2290	37	37	32
21	3300	2254	38	40	32
22	3400	2226	37	42	34

Dari hasil yang didapat dari penelitian tahap ketiga dapat dianalisa data menghitung Daya motor diesel satu silinder putaran konstan, Torsi motor diesel satu silinder putaran konstan, Sfc motor diesel satu silinder putaran konstan, sedangkan untuk temperatur yang didapatkan adalah untuk menghitung penurunan temperatur diluar system hopper , maka dituliskan contoh perhitungan sebagai berikut ;

Diketahui; putaran motor = 1500  
 $\rho_{bb}$  = 0.86 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 pembebanan = 200 (W)  
 b = 20 (ml)  
 P = 0.209 (kW)  
 t = 111 (s)  
 T1 = 34 (°C)  
 T2 = 29 (°C)

Dari hasil yang didapat dari penelitian tahap ketiga dapat dianalisa data sebagai berikut ;

1. Daya

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P(w)}{1000} \\
 &= \frac{201}{1000} \\
 &= 0,201 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2. Torsi.

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P \cdot 60000}{2 \cdot \pi \cdot N} \\
 &= \frac{0,209 \cdot 60000}{2 \cdot 3,14 \cdot 1500} \\
 &= 1,331 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

3. Laju konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menentukan nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik.

$$\begin{aligned}
 mf &= \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \\
 &= \frac{20}{111} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,86
 \end{aligned}$$

$$= 0,558 \text{ Kg/h}$$

4. Konsumsi bahan bakar spesifik

$$\begin{aligned} Sfc &= \frac{mf}{P} \\ &= \frac{0,558}{0,209} \\ &= 2,669 \text{ Kg/kWh} \end{aligned}$$

Untuk data keseluruhan yang sudah di analisa hasil perhitungannya, penulis merangkum menjadi satu table, diharapkan supaya pembaca lebih mudah untuk melihat hasil dari perhitungan yang sudah dilakukan penulis. Sedangkan data yang diolah meliputi daya motor diesel satu silinder putaran konstan dengan torsi motor diesel satu silinder putaran konstan dengan Sfc motor diesel satu silinder putaran konstan.

Setelah pengujian motor diesel satu silinder putaran konstan tahap ketiga dengan mensirkulasikan air pada system pendingin sebesar 15 Liter pada tangki reservoir , didapatkan hasil daya tertinggi sebesar 2336 Watt pada pembebanan lampu 2800 Watt, torsi tertinggi diperoleh data sebesar 14.879 Nm pada pembebanan lampu 2800 Watt, dan sfc terendah yaitu 0.624 kg/kW.h saat pembebanan lampu sebesar 2200 Watt. Dan pelepasan panas yang dihitung dari keluaran *water jacket* dan masukan ke dalam tangki, data tersebut bisa dilihat pada table 4.6

Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Data Dengan 15 Liter Air Dalam Reservoir

NO	BEBAN (W)	DAYA (kW)	TORSI (N.m)	Sfc (Kg/kWh)
1	200	0.209	1.331	2.669
2	400	0.533	3.395	1.162
3	600	0.893	5.688	0.797
4	800	1.055	6.720	0.752
5	1000	1.292	8.229	0.705
6	1200	1.409	8.975	0.698
7	1400	1.598	10.178	0.668
8	1600	1.703	10.847	0.673
9	1800	1.907	12.146	0.637
10	2000	2.049	13.051	0.630
11	2200	2.156	13.732	0.624
12	2400	2.238	14.255	0.629
13	2500	2.257	14.376	0.653
14	2600	2.288	14.573	0.644
15	2700	2.3	14.650	0.657
16	2800	2.336	14.879	0.647
17	2900	2.321	14.783	0.667
18	3000	2.311	14.720	0.670
19	3100	2.26	14.395	0.703
20	3200	2.29	14.586	0.731
21	3300	2.254	14.357	0.723

22	3400	2.226	14.178	0.752
----	------	-------	--------	-------

#### 4.2.1.4 Pengujian dengan 20 Liter air pada tangki *reservoir*.

Dari hasil pengujian didapatkan beberapa data yang akan diolah dan dianalisa antara lain adalah daya dari lampu yang dibebankan pada motor diesel ini, daya yang dihasilkan oleh motor dan lama waktu yang dibutuhkan motor untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume yang sudah ditentukan. Berikut adalah data yang didapatkan dan dituliskan pada table 4.7.

Tabel 4.7 Data Pengujian Dengan 20 Liter Pada Reservoir

NO	BEBAN (W)	DAYA (W)	t (s)	T1 (°C)	T2 (°C)
1	200	266	108	30	20
2	400	578	96	33	27
3	600	901	86	34	28
4	800	1067	77	35	29
5	1000	1299	69	37	30
6	1200	1432	62	38	31
7	1400	1600	58	39	31
8	1600	1743	53	40	33
9	1800	1932	50	43	32
10	2000	2098	48	45	33
11	2200	2178	45	44	34
12	2400	2213	42	43	30
13	2500	2244	42	40	33
14	2600	2287	41	40	31
15	2700	2301	40	42	33
16	2800	2343	40	43	32
17	2900	2407	40	41	30
18	3000	2387	39	42	32
19	3100	2365	39	45	35
20	3200	2325	38	47	36
21	3300	2300	38	48	39
22	3400	2568	36	50	41

Dari hasil yang didapat dari penelitian tahap keempat dapat dianalisa data menghitung Daya, Torsi, Sfc, sedangkan untuk temperatur yang didapatkan adalah untuk menghitung penurunan temperatur diluar sistem hopper , maka dituliskan contoh perhitungan sebagai berikut ;

Diketahui; putaran motor = 1500  
 $\rho_{bb}$  = 0.86 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 pembebanan = 200 (W)  
 b = 20 (ml)  
 P = 0.266 (kW)  
 t = 108 (s)  
 T1 = 30 (°C)  
 T2 = 20 (°C)

Dari hasil yang didapat dari penelitian tahap keempat diatas dapat dianalisa data dan perhitungan daya, torsi dan sfc , sedangkan untuk perpindahan panasnya hanya sebagai pengukuran yang terjadi pada air pendingin, perhitunganya adalah sebagai berikut ;

1. Daya.

$$\begin{aligned} P &= \frac{P(w)}{1000} \\ &= \frac{201}{1000} \\ &= 0,201 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Torsi.

$$\begin{aligned} T &= \frac{P \cdot 60000}{2 \cdot \pi \cdot N} \\ &= \frac{0,266 \cdot 60000}{2 \cdot 3,14 \cdot 1500} \\ &= 1,694 \text{ N.m} \end{aligned}$$

3. Laju konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menentukan nilai dari konsumsi bahan bakar specsifik.

$$\begin{aligned} mf &= \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \\ &= \frac{20}{108} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,86 \\ &= 0,573 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

4. Konsumsi bahan bakar spesifik

$$\begin{aligned} Sfc &= \frac{mf}{P} \\ &= \frac{0,573}{0,266} \\ &= 2,155 \text{ Kg/kWh} \end{aligned}$$

Untuk data keseluruhan yang sudah di analisa hasil perhitungannya, penulis merangkum menjadi satu table, diharapkan supaya pembaca lebih mudah untuk melihat hasil dari perhitungan yang sudah dilakukan penulis. Data yang diambil adalah daya, torsi, dan Sfc motor diesel satu silinder putaran konstan.

Setelah pengujian motor diesel satu silinder putaran konstan tahap keempat dengan mensirkulasikan air pada system pendingin sebesar 20 Liter pada tangki reservoir , didapatkan hasil daya tertinggi sebesar 2407 Watt pada pembebanan lampu 2900 Watt, torsi tertinggi diperoleh data sebesar 15.331 Nm pada pembebanan lampu 2900 Watt, dan sfc terendah yaitu 0.615 kg/kW.h saat pembebanan lampu sebesar 2000 Watt. data tersebut bisa dilihat pada table 4.8 di bawah.

Tabel 4.8 Hasil Pengolahan Data Dengan 20 Liter Air Pada Reservoir

NO	BEBAN (W)	DAYA (kW)	TORSI (N.m)	Sfc (Kg/kWh)
1	200	0.266	1.694	2.155
2	400	0.578	3.682	1.116
3	600	0.901	5.739	0.799
4	800	1.067	6.796	0.754
5	1000	1.299	8.274	0.691
6	1200	1.432	9.121	0.697
7	1400	1.6	10.191	0.667
8	1600	1.743	11.102	0.670
9	1800	1.932	12.306	0.641
10	2000	2.098	13.363	0.615
11	2200	2.178	13.873	0.632
12	2400	2.213	14.096	0.666
13	2500	2.244	14.293	0.657
14	2600	2.287	14.567	0.660
15	2700	2.301	14.656	0.673
16	2800	2.343	14.924	0.661
17	2900	2.407	15.331	0.643
18	3000	2.387	15.204	0.665
19	3100	2.365	15.064	0.671
20	3200	2.325	14.809	0.701
21	3300	2.3	14.650	0.708
22	3400	2.268	14.446	0.758

#### 4.1.2 Analisa Hasil Penelitian

##### 4.1.2.1 Hubungan antara Pembebanan lampu & Daya motor

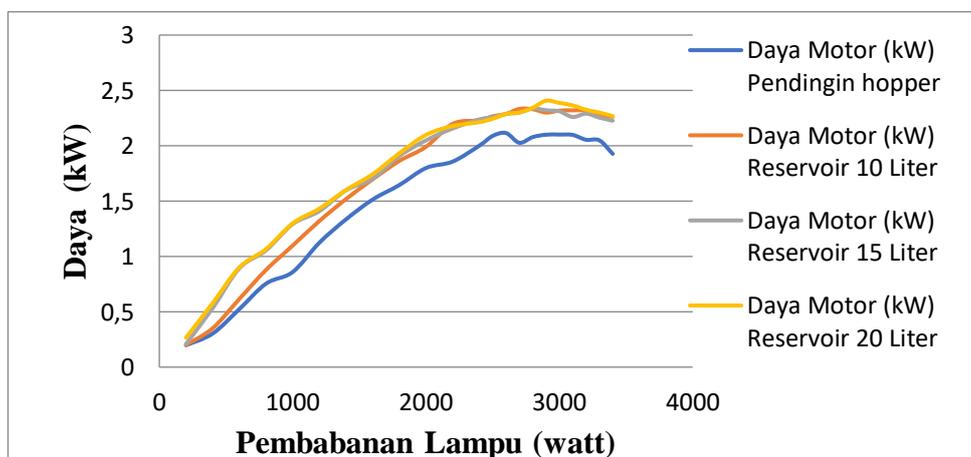
###### 1. Hasil data

Dari pengujian yang dilakukan, telah diperoleh data mengenai daya yang dihasilkan oleh motor diesel dengan kondisi pendinginan standar dengan system hopper dan dengan pendinginan yang disirkulasikan, ada tiga perlakuan untuk volume air pada reservoir yaitu 10 Liter, 15 Liter, 20 Liter. Seperti table 4.9.

Tabel 4.9 Hubungan Antara Pembebanan Lampu & Daya Motor

No	Beban Motor (KW)	Daya Motor (kW)			
		Pendingin hopper	Reservoir 10 Liter	Reservoir 15 Liter	Reservoir 20 Liter
1	200	0.198	0.201	0.209	0.266
2	400	0.303	0.351	0.533	0.578
3	600	0.524	0.616	0.893	0.901

4	800	0.754	0.878	1.055	1.067
5	1000	0.859	1.098	1.292	1.299
6	1200	1.124	1.32	1.409	1.432
7	1400	1.335	1.518	1.598	1.6
8	1600	1.514	1.697	1.703	1.743
9	1800	1.645	1.863	1.907	1.932
10	2000	1.799	1.991	2.049	2.098
11	2200	1.857	2.198	2.156	2.178
12	2400	2.001	2.231	2.238	2.213
13	2500	2.089	2.266	2.257	2.244
14	2600	2.115	2.287	2.288	2.287
15	2700	2.027	2.333	2.3	2.301
16	2800	2.078	2.33	2.336	2.343
17	2900	2.1	2.3	2.321	2.407
18	3000	2.101	2.317	2.311	2.387
19	3100	2.098	2.32	2.26	2.365
20	3200	2.054	2.318	2.29	2.325
21	3300	2.049	2.28	2.254	2.3
22	3400	1.927	2.262	2.226	2.268
Total		34.551	38.975	39.885	40.534
Daya max		1.115	2.333	2.336	2.407
Kenaikan dan penurunan (%)			0.128	0.154	0.173



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Pembabanan Lampu Dan Daya Motor

Grafik diatas adalah ntuk memudahkan penulis dalam menganalisa serta membahas data hasil pengujian dan untuk mempermudah pembaca dalam mengamati hasil dari penelitian pertama, kedua, ketiga dan keempat sebelum melihat table, sedangkan untuk angka spesifiknya terdapat pada table.

## 4.2 Pembahasan

Pada hasil penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap motor diesel satu silinder dengan putaran konstan dalam empat tahap berbeda. Tahap pertama adalah pengujian tanpa mensirkulasikan air pada sistem pendingin (hopper) untuk mendapatkan data pembanding. Hasilnya menunjukkan daya tertinggi sebesar 2115 Watt pada pembebanan lampu 2600 Watt. Selanjutnya, pada tahap kedua, dilakukan pengujian dengan mensirkulasikan 10 Liter air pada tangki reservoir sistem pendingin. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan daya menjadi 2333 Watt pada pembebanan lampu 2700 Watt. Pada tahap ketiga, pengujian dilakukan dengan mensirkulasikan 15 Liter air pada tangki reservoir sistem pendingin. Hasilnya menunjukkan kenaikan daya menjadi 2336 Watt pada pembebanan lampu 2800 Watt. Terakhir, pada tahap keempat, pengujian dilakukan dengan mensirkulasikan 20 Liter air pada tangki reservoir sistem pendingin. Hasilnya menunjukkan kenaikan daya menjadi 2407 Watt pada pembebanan lampu 2900 Watt. Berdasarkan data dan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan daya seiring dengan peningkatan sistem pendinginan. Peningkatan daya ini berkisar antara 0,128% hingga 0,173% dari kondisi tanpa sirkulasi air pada sistem pendingin. Puncak daya tertinggi dicapai pada pembebanan lampu yang lebih tinggi, yakni pada 2700 Watt, 2800 Watt, dan 2900 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik sistem pendinginan yang diterapkan, maka semakin baik pula daya yang dihasilkan, terutama pada pembebanan yang lebih besar.

### 4.2.1 Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Torsi Motor

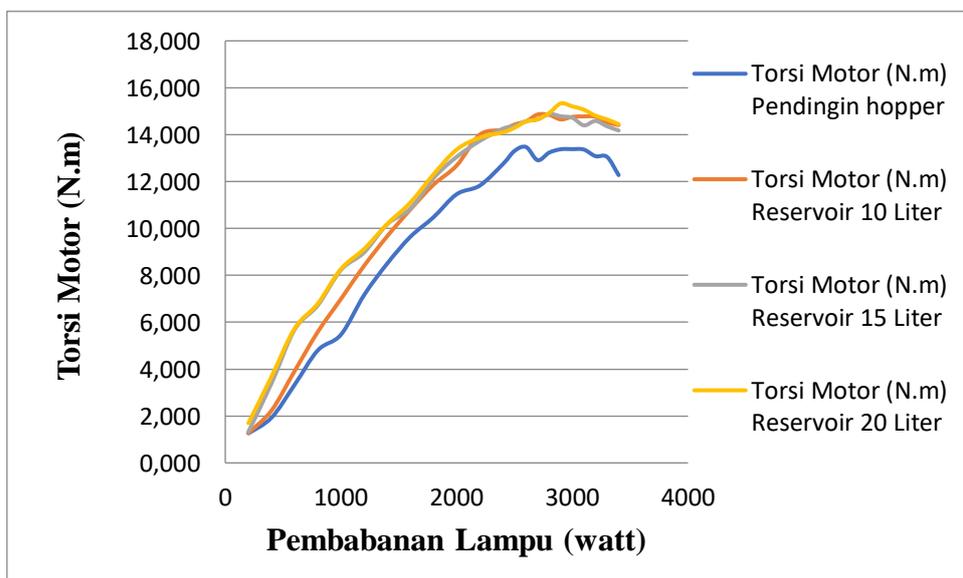
Dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan, didapatkan data mengenai torsi yang dihasilkan oleh motor diesel dalam kondisi pendinginan standar menggunakan sistem hopper, serta dengan sistem pendinginan yang menggunakan sirkulasi air. Terdapat tiga variasi perlakuan pada volume air yang digunakan pada tangki reservoir yaitu 10 Liter, 15 Liter, dan 20 Liter. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pembebanan lampu seperti yang tercatat pada tabel. Data ini secara rinci ditampilkan pada Tabel 4.10, yang berisi perhitungan lengkap dari data awal. Selanjutnya, data tersebut juga digambarkan dalam grafik untuk mempermudah visualisasi kenaikan yang terjadi pada pembebanan dan daya yang diperoleh.

Tabel 4.10 Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Torsi Motor

No	Beban Motor (KW)	Torsi Motor (N.m)			
		Pendingin hopper	Reservoir 10 Liter	Reservoir 15 Liter	Reservoir 20 Liter
1	200	1.261	1.280	1.331	1.694
2	400	1.930	2.236	3.395	3.682
3	600	3.338	3.924	5.688	5.739
4	800	4.803	5.592	6.720	6.796
5	1000	5.471	6.994	8.229	8.274
6	1200	7.159	8.408	8.975	9.121
7	1400	8.503	9.669	10.178	10.191
8	1600	9.643	10.809	10.847	11.102
9	1800	10.478	11.866	12.146	12.306
10	2000	11.459	12.682	13.051	13.363
11	2200	11.828	14.000	13.732	13.873

12	2400	12.745	14.210	14.255	14.096
13	2500	13.306	14.433	14.376	14.293
14	2600	13.471	14.567	14.573	14.567
15	2700	12.911	14.860	14.650	14.656
16	2800	13.236	14.841	14.879	14.924
17	2900	13.376	14.650	14.783	15.331
18	3000	13.382	14.758	14.720	15.204
19	3100	13.363	14.777	14.395	15.064
20	3200	13.083	14.764	14.586	14.809
21	3300	13.051	14.522	14.357	14.650
22	3400	12.274	14.408	14.178	14.446
Total		220.070	248.248	254.045	258.178
Daya max		13.431	14.86	14.879	15.331
Kenaikan dan penurunan (%)			0.128	0.154	0.173

Grafik dibawah ini adalah untuk memudahkan penulis dalam menganalisa serta membahas data hasil pengujian dan untuk mempermudah pembaca dalam mengamati hasil dari penelitian yang dilakukan dari pengujian pertama, kedua, ketiga dan keempat sebelum melihat table.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan Torsi Motor

Setelah menguji motor diesel satu silinder dengan putaran konstan dalam beberapa tahap, berikut adalah kesimpulan dan ringkasan hasilnya sebagai berikut yaitu pada tahap pertama, pengujian dilakukan tanpa mensirkulasikan air pada sistem pendingin (hopper) sebagai data pembanding. Hasilnya menunjukkan torsi tertinggi sebesar 13.471 Nm pada pembebanan lampu 2600 Watt. Pada tahap kedua, dengan mensirkulasikan 10 liter air pada tangki reservoir untuk sistem pendingin, terjadi kenaikan torsi sebesar 0,128%. Torsi tertinggi yang dicapai adalah 14.860 Nm pada pembebanan lampu 2700 Watt. Pada tahap ketiga, dengan

mensirkulasikan 15 liter air pada tangki reservoir, terjadi kenaikan torsi sebesar 0,154%. Torsi tertinggi yang dicapai adalah 14.879 Nm pada pembebanan lampu 2800 Watt. Pada tahap keempat, dengan mensirkulasikan 20 liter air pada tangki reservoir, terjadi kenaikan torsi sebesar 0,173%. Torsi tertinggi yang dicapai adalah 15.331 Nm pada pembebanan lampu 2900 Watt. Dari semua pengujian torsi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin baik sistem pendinginan yang dihasilkan, maka semakin baik pula daya yang dihasilkan. Pencapaian torsi tertinggi terjadi pada pembebanan lampu yang tinggi atau besar.

Hasil kesimpulan bahwa hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan pendinginan sistem sirkulasi air pada reservoir, torsi meningkat secara proporsional dengan pembebanan lampu yang diterapkan.

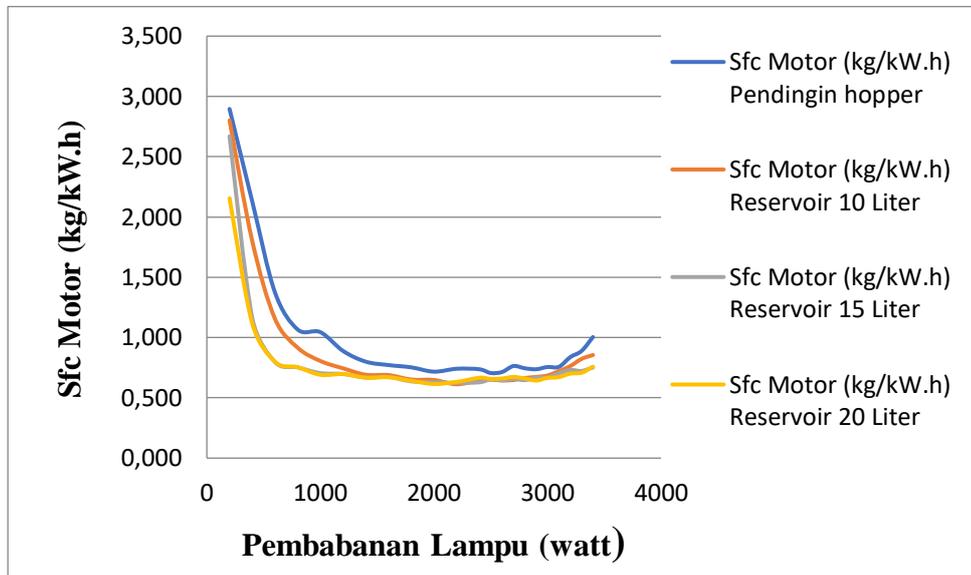
#### 4.2.2 Hubungan antara pembebanan lampu dan Sfc motor

Dari pengujian yang dilakukan, telah diperoleh data mengenai Sfc yang dihasilkan oleh motor diesel dengan kondisi pendinginan standar dengan sistem hopper dan dengan pendinginan yang disirkulasikan, ada tiga perlakuan untuk volume air pada reservoir yaitu 10 Liter, 15 Liter, 20 Liter. Dengan pembebanan lampu sebagai mana tertera pada table. Untuk lebih jelasnya data tersebut ditampilkan pada Tabel dibawah ini, seperti pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Hubungan Antara Pembebanan Lampu Dan SFC Motor

No	Beban Motor (KW)	Sfc Motor (kg/kW.h)			
		Pendingin hopper	Reservoir 10 Liter	Reservoir 15 Liter	Reservoir 20 Liter
1	200	2.896	2.801	2.669	2.155
2	400	2.129	1.800	1.162	1.116
3	600	1.374	1.155	0.797	0.799
4	800	1.067	0.916	0.752	0.754
5	1000	1.045	0.806	0.705	0.691
6	1200	0.889	0.745	0.698	0.697
7	1400	0.800	0.691	0.668	0.667
8	1600	0.772	0.688	0.673	0.670
9	1800	0.753	0.652	0.637	0.641
10	2000	0.717	0.648	0.630	0.615
11	2200	0.741	0.612	0.624	0.632
12	2400	0.737	0.645	0.629	0.666
13	2500	0.706	0.651	0.653	0.657
14	2600	0.714	0.645	0.644	0.660
15	2700	0.764	0.647	0.657	0.673
16	2800	0.745	0.664	0.647	0.661
17	2900	0.737	0.673	0.667	0.643
18	3000	0.756	0.685	0.670	0.665
19	3100	0.757	0.721	0.703	0.671
20	3200	0.837	0.763	0.731	0.701
21	3300	0.889	0.823	0.723	0.708

22	3400	1.004	0.855	0.752	0.758
Total		21.826	19.288	17.489	16.902
Sfc max		0.717	0.612	0.624	0.615
Kenaikan dan penurunan (%)			-0.116	-0.199	-0.226



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Pembabanan Lampu Dan SFC Motor

Grafik diatas adalah ntuk memudahkan penulis dalam menganalisa serta membahas data hasil pengujian dan untuk mempermudah pembaca dalam mengamati hasil dari penelitian sebelum melihat table.

Setelah melakukan pengujian pada motor diesel satu silinder dengan putaran konstan dalam beberapa tahap, berikut adalah hasilnya Pada tahap pertama, pengujian dilakukan tanpa mensirkulasikan air pada sistem pendingin (hopper) sebagai data pembanding. Hasilnya menunjukkan Sfc (Spesific Fuel Consumption) terendah sebesar 0.717 (kg/kW.h) pada pembebanan lampu 2000 Watt. Pada tahap kedua, dengan mensirkulasikan 10 liter air pada tangki reservoir untuk sistem pendingin, didapatkan Sfc tertinggi sebesar 0.612 (kg/kW.h) pada pembebanan lampu 2200 Watt. Pada tahap ketiga, dengan mensirkulasikan 15 liter air pada tangki reservoir, juga didapatkan Sfc tertinggi sebesar 0.624 (kg/kW.h) pada pembebanan lampu 2200 Watt. Pada tahap keempat, dengan mensirkulasikan 20 liter air pada tangki reservoir, kembali didapatkan Sfc tertinggi sebesar 0.624 (kg/kW.h) pada pembebanan lampu 2000 Watt.

Dari analisis data di atas, dapat disimpulkan terjadi kenaikan Sfc sebesar -0.116% dari pendinginan standar (tanpa sirkulasi air pada reservoir) ke pendinginan dengan mensirkulasikan 10 Liter air pada reservoir, dan mencapai Sfc maksimal pada pembebanan 2000 Watt, sedangkan Sfc maksimal tanpa sirkulasi air pada pembebanan 2200 Watt. Selanjutnya, terjadi kenaikan Sfc sebesar -0.199% dari pendinginan standar ke pendinginan dengan mensirkulasikan 15 Liter air pada reservoir, dan mencapai Sfc maksimal pada pembebanan 2200 Watt. Sementara itu, dengan melakukan pengujian keempat, terjadi kenaikan Sfc sebesar

-0.226% dari pendinginan standar ke pendinginan dengan mensirkulasikan 20 Liter air pada reservoir, dan mencapai Sfc maksimal pada pembebanan 2000 Watt.

Kesimpulannya, dari semua pengujian yang dilakukan, semakin baik sistem pendinginan yang dihasilkan, maka semakin baik pula efisiensi bahan bakar yang dicapai (ditunjukkan dengan nilai Sfc). Pencapaian efisiensi bahan bakar maksimal terjadi pada pembebanan lampu yang tinggi atau besar..

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil pengujian unjuk kerja motor diesel dengan putaran konstan, yang dilengkapi dengan sirkulasi air pada sistem pendingin hopper, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hal Daya, Torsi, dan Sfc dibandingkan dengan pendinginan standar menggunakan hopper saja. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa semakin besar volume air yang disirkulasikan dalam sistem pendingin hopper, maka semakin efektif pendinginan yang terjadi, dan hasilnya, Daya, Torsi, dan Sfc juga semakin meningkat secara positif.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal yang bisa menjadi sebuah masukan untuk pengembangan riset lebih lanjut sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui unjuk kerja motor diesel yang lainnya seperti: Bmep, efisiensi thermal, maupun terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.
2. Perlu dikaji ulang untuk kestabilan sirkulasi air pendingin supaya tetap konstan jumlah air yang disirkulasikan dari motor sampai kembali ke tangki utama motor diesel itu sendiri.
3. Untuk Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur agar lebih melengkapi fasilitas-fasilitas untuk keperluan penelitian bagi kepentingan bersama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Lukman, Japri, and Aris Fiatno. ( 2019 ) . *Modifikasi Sistem Pendingin Pada Mesin Diesel Dari Type Hopper Ke Type Radiator Untuk Meningkatkan Kinerja Pendinginan. Jurnal Teknik industry terintegrasi*. 2(1), 9-14
- Sakati, A. W (2022). *Analisis Kinerja Sistem Pendingin Air Tawar Untuk Mempertahankan Temperatur Pendingin Mesin Induk Di MT Asian Gas* .
- Lesmana, H. (2015). *Kinerja Mesin Diesel Akibat Pemasangan Thermostats Pada Nanchang Type 2105A 3*. <https://adoc.pub/kinerja-mesin-diesel-akibat-pemasangan-thermostat-pada-nanch.htm>
- Arso, Wilarso, Bayu Idiyanto, and Firmansyah Azharul.( 2022). *Peningkatan Kualitas Water Pump Engine Type SAA6D170E-5 Dengan Perbaikan Proses Assembly Water Pump*. 6.1 , 56-69.
- Fikry, M. R., Subiyakto, G., & Endayani, I. D. (2016). *Pengaruh Penggunaan Water Coolant Terhadap Performance Mesin Diesel*. 4(2).
- Sambodo, P. (2021). *Menghitung Neraca Massa Dan Neraca Panas Grate Cooler Plant 7-8 Citeureup PT Indocement Tunggal Prakasa Tbk*. Yogyakarta
- Lesmana, H. (2015). *Kinerja Mesin Diesel Akibat Pemasangan Thermostar Pada Nanchang Type 2105A -3*.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

### Proses pengukuran RPM



### Proses Pembeban Menggunakan 8 Lampu



### Proses Pembeban Menggunakan 16 Lampu



### Proses Pembeban Menggunakan 31 Lampu



**Proses Pembeban Menggunakan 38 Lampu**



**Proses Pengukuran RPM**



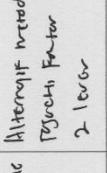
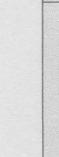
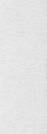
**Proses sirkulasi Air Pendinginan**



**Proses Pengukuran konsumsi Bahan Bakar**



CATATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR/ SKRIPSI

No	Waktu	Uraian Singkat Kegiatan	Masalah yang Dihadapi	Langkah Penyelesaian Masalah	Paraf Dosen Pembimbing 1	Paraf Dosen Pembimbing 2
1	Minggu / 14 November 2021	Proposal TA - Bimbingan online via zoom	Konsultasi judul, uraian dan metode penelitian	Alternatif metode yg sudah pernah faktor minus 2 literatur		
2	Rabu / 17 November 2021	Proposal TA - Bimbingan online via whatsapp	Penyelesaian judul dan penentuan materi ortognasi	Panggilan ortognasi citry L1		
3	Minggu / 21 November 2021	Proposal TA - Bimbingan online via whatsapp	Penentuan bagian standar data	Amni referensi dan jurnal setiap kombinasi di dalam sebanyak 4x pasal		
4	Jumat / 26 November 2021	Proposal TA - Bimbingan langsung dihangg	Penyelesaian judul	Judul disetujui kembali		
5	Minggu / 6 Desember 2021	Bimbingan proposal TA online via whatsapp	Koreksi Bab I, II, III	beberapa perbaikan di susunatama penulisan tabel, dan penentuan subbab di setiap bab		

No	Waktu	Uraian Singkat Kegiatan	Masalah yang Dihadapi	Langkah Penyelesaian Masalah	Paraf Dosen Pembimbing 1	Paraf Dosen Pembimbing 2
6	Rabu / 8 Desember 2021	Proses TA - bimbingan online via whatsapp	Korosi bab II, II	Meminta Jurnal untuk literasi terkait obyek metode		
7	Kamis / 6 Januari 2022	Proses TA - bimbingan online via whatsapp	Finalisasi proposal TA bab I, II, III	Print out proposal TA dan dibarengi slide presentasinya		
8	Minggu / 13 Maret 2022	Laporan TA - bimbingan online via whatsapp	Masalah penelitian terdahulu	Meminta tabel penelitian terdahulu		
9	Selasa / 9 Agustus 2022	Laporan TA - bimbingan langsung ke Kangas	Pengambilan data hasil percobaan	Mengambil data hasil percobaan dan verifikasi kembali		
10	Dunk / 9 September 2022	Laporan TA bimbingan langsung ke Kangas	Koreksi bab IV, V	Mengambil catatan hasil percobaan data		
11	Selasa / 3 Januari 2023	Laporan TA bimbingan langsung ke Kangas	Korosi laporan TA dan presentasi	Korosi data bab III dan hasil uji		

No	Waktu	Uraian Singkat Kegiatan	Masalah yang Dihadapi	Langkah Penyelesaian Masalah	Paraf Dosen Pembimbing 1	Paraf Dosen Pembimbing 2
12	Senin 9 Januari 2023	Finalisasi Laporan TA	Koreksi Final Laporan TA Persepsi Sisy	Melengkapi Laporan TA dengan slide presentasi		
13						
14						
15						
16						

 <p>UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR Berakhlak   Berwawasan   Berkemajuan</p>	<h1>UMKT</h1> <p>Program Studi <b>Teknik Mesin</b></p> <p>Fakultas Sains dan Teknologi</p>	Telp. 0541-748511 Fax.0541-766832	
		Website <a href="http://mesin.umkt.ac.id">http://mesin.umkt.ac.id</a>	
		email: <a href="mailto:mesin@umkt.ac.id">mesin@umkt.ac.id</a>	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nomor : 457/FST.2/A.2/B/2022  
Lampiran : -  
Perihal : Surat Pengantar Skripsi/Tugas Akhir

**Kepada Yth.**  
**Bapak Isnaini Zulkarnain, S. T., M. T**  
**Koordinator Laboratorium FST**  
Di –  
Tempat

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Sebagai bagian dari upaya penyusunan Skripsi pada Prodi S1 Teknik Mesin, maka dirasa perlu untuk melakukan penelitian diberbagai Perusahaan, Instansi dan Laboratorium di wilayah Provinsi Kalimantan Timur

Berkaitan dengan hal tersebut maka bersama ini kami mohon kiranya dapat menerima mahasiswa dari Prodi S1 Teknik Mesin UMKT untuk melakukan penelitian di Laboratorium Prodi S1 Teknik Mesin UMKT.

Adapun mahasiswa yang akan melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

Nama : Bangkit Samudra Wiwoho  
NIM : 2011102442083  
Program Studi : S1 Teknik Mesin Program Alih Jenjang  
Jenjang Studi : Strata Satu

Adapun waktu kegiatan penelitian dapat ditentukan oleh Koordinator Lab FST.  
Demikian permohonan kami, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Samarinda, 14 Januari 2022  
Program Studi S1 Teknik Mesin,

  
**Nurrohkayati Nurrohkayati, S. T., M. T.**  
IDN. 1114019202



Tembusan:  
1. Laboratorium Teknik Mesin  
2. Arsip



**UMKT**  
Fakultas  
Sains dan Teknologi

Telp. 0541-748511 Fax. 0541-766832

Website <http://fst.umkt.ac.id>

email: [fst@umkt.ac.id](mailto:fst@umkt.ac.id)



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN**  
Nomor: 066-14/KET/FST/A.5/C/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Isnaini Zulkarnain, S.T., M.T  
NIDN : 1103128104  
Jabatan : Kepala Bidang Pembelajaran Praktik

Menerangkan bahwa mahasiswa atas nama:

Nama : Bangkit Samudra Wiwoho  
NIM : 2011102442083  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Judul Penelitian : Pengaruh Pendinginan Air Dengan Penambahan Waterpump Pada Engine Diesel 1 Silinder Terhadap Unjuk Kerja

Untuk melaksanakan Penelitian di Laboratorium Manufaktur dan Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Kegiatan tersebut dilaksanakan pada 28 Desember 2022 (Jadwal terlampir).

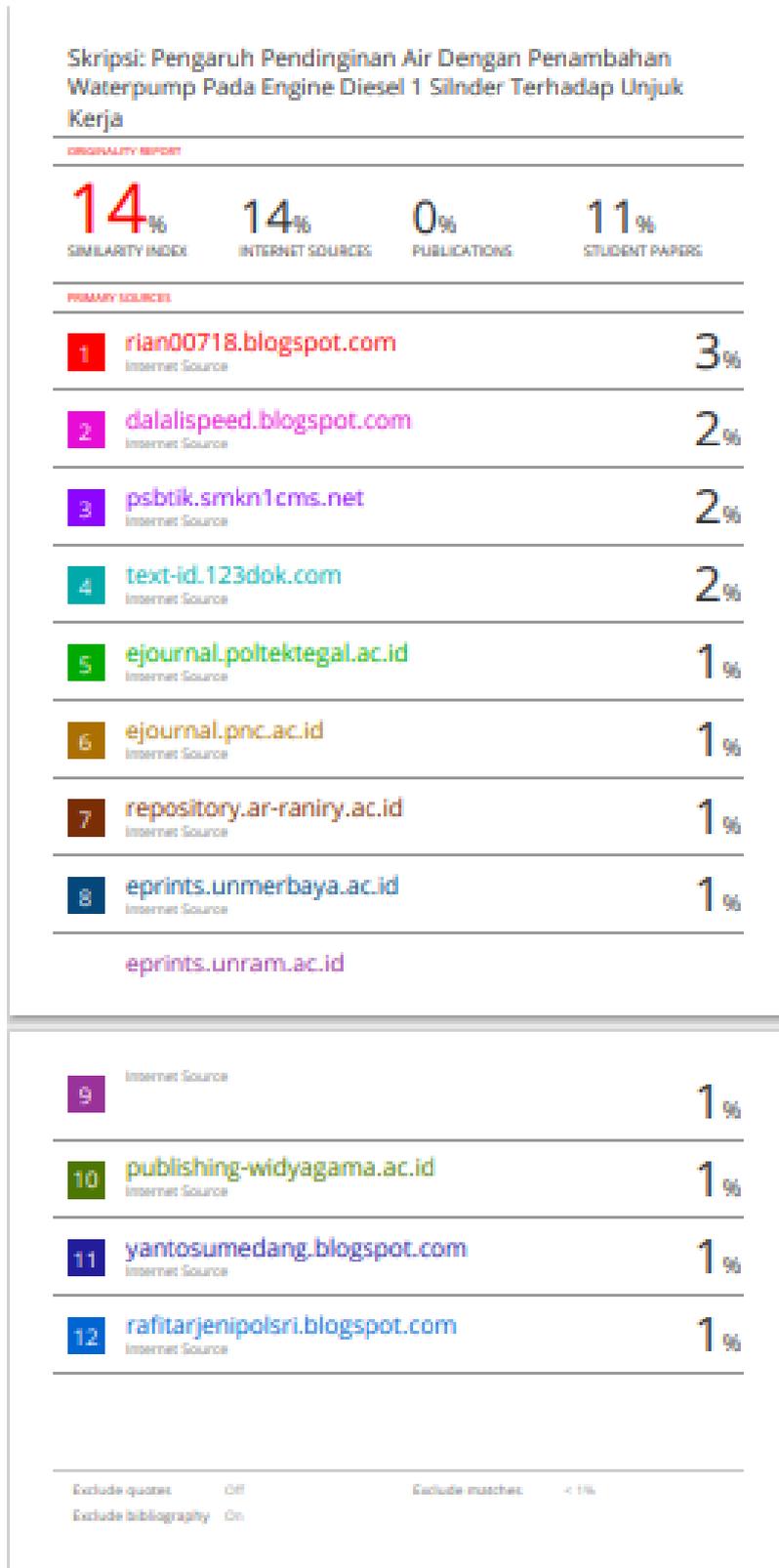
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Samarinda, 07 Juli 2023

Kepala Bidang Pembelajaran Praktik  
Fakultas Sains dan Teknologi,



Isnaini Zulkarnain, S.T., M.T  
NIDN.1103128104



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Bangkit Samudra Wiwoho** Adalah nama penulis Tugas Akhir ini. Penulis lahir dari orang tua Haryanto dan Titi Wahyuni sebagai anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis dilahirkan Loa Janan Ilir, Kecamatan Loa Janan Ilir Kelurahan Simpang Tiga Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur pada tanggal 20 Mei 1988. Penulis menempuh Pendidikan dimulai dari SDN 026 Loa Janan ( lulus tahun 2000 ), melanjutkan ke SMPN 3 Kertek Wonosobo ( lulus tahun 2003 ), SMK Muhammadiyah Salatiga ( lulus tahun 2006 ), Politeknik Negeri Samarinda ( lulus tahun 2009 ), hingga akhirnya bisa menempuh kuliah alih jenjang S1 Teknik Mesin di Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pekerjaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia Pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul “ **Pengaruh Pendinginan Air Dengan Penambahan *Water Pump* Pada *Engine Diesel* 1 Silinder Terhadap Unjuk Kerja** “.