

**PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN  
DAN EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN 4-LANGKAH  
TECQUIPMENT TD 201 SMALL ENGINE TEST**

**SKRIPSI**

Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana



**Fachri Muhammad**

**1715021035**

**TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2024**

**ABSTRACT****THE EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON ENGINE PERFORMANCE  
AND EXHAUST EMISSIONS OF A 4-STROKE GASOLINE ENGINE  
TECQUIPMENT TD 201 SMALL ENGINE TEST****By****Fachri Muhammad**

Combustion occurs due to the mixture of fuel and air in the combustion chamber, thus the temperature of the incoming air affects the combustion process. The high and low temperature that can enter the combustion chamber can affect the engine's performance and the fuel consumption used in the engine. Studies have shown the influence of incoming air temperature on the performance of passenger car engines. The results show that the difference in incoming air temperature affects fuel consumption and vehicle engine performance. This research was conducted to determine the effect of air temperature on torque, crankshaft power, bsfc, and exhaust emissions produced by a 4-stroke gasoline engine. The research was conducted using a TecQuipment TD 201 Small Engine Test Set 4-stroke gasoline engine with air temperature variations of 20°C, 25°C, 30°C, and 35°C, and rpm variations of 1000, 1500, 2000, and 2500 rpm. This research also used a heat coil as a medium to increase air temperature and a vacuum room made from 3mm acrylic material. Based on the tests conducted, it was concluded that the higher the temperature, rpm, and load, the more it will affect the performance of the gasoline engine in terms of torque and crankshaft power (bP). Unlike torque and crankshaft power parameters, the specific fuel consumption (bsfc) will improve as the resulting value decreases. Meanwhile, the effect of air temperature variations on gasoline engine exhaust emissions with parameters CO<sub>2</sub> (%), O<sub>2</sub> (%), CO (%), and HC (PPM) yielded different results for each parameter depending on the rpm and temperature used during the test.

**Keywords:** *Bsfc, Crankshaft Power, Emissions, Engine Speed, Torque.*

**ABSTRAK****PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN  
DAN EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN 4-LANGKAH  
TECQUIPMENT TD 201 SMALL ENGINE TEST****Oleh****Fachri Muhammad**

Pembakaran dapat terjadi dikarenakan adanya campuran bahan bakar dengan udara di dalam ruang bakar, sehingga temperatur udara yang masuk mempengaruhi terjadinya proses pembakaran. Tinggi dan rendahnya temperatur yang dapat masuk ke dalam ruang bakar dapat mempengaruhi kinerja mesin serta pemakaian bahan bakar yang digunakan pada mesin. Proses Studi menunjukkan pengaruh temperatur udara masuk terhadap prestasi mesin mobil penumpang. Hasilnya menunjukkan bahwa perbedaan temperatur udara yang masuk mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan prestasi mesin kendaraan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur udara terhadap torsi, daya engkol, bsfc, dan emisi gas buang yang dihasilkan motor bakar bensin 4 langkah. Penelitian dilakukan menggunakan motor bakar bensin 4 langkah *Tecquipment TD 201 Small Engine Test* dengan variasi temperatur udara sebesar 20°C, 25°C, 30°C, dan 35°C, variasi rpm sebesar 1000, 1500, 2000, dan 2500 rpm. Penelitian ini juga dilakukan dengan menggunakan *heat coil* sebagai media yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara dan *vacuum room* yang dibuat menggunakan bahan akrilik 3mm. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur, rpm, dan beban maka akan mempengaruhi prestasi kinerja mesin bensin pada parameter torsi dan daya engkol (bP). Berbeda dengan parameter torsi dan daya engkol, konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc) akan semakin bagus jika semakin kecil angka yang dihasilkan. Sementara untuk pengaruh variasi temperatur udara terhadap emisi gas buang mesin bensin dengan parameter CO<sub>2</sub> (%), O<sub>2</sub> (%), CO (%), dan HC (PPM) hasil yang didapat di setiap parameter berbeda beda tergantung pada rpm dan temperatur yang digunakan pada saat pengujian.

Kata kunci: *Bsfc, Daya engkol, Emisi, Putaran Mesin, Torsi.*

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN 4 LANGKAH TECQUIPMENT TD 201 SMALL ENGINE TEST**

Nama Mahasiswa : **Fachri Muhammad**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1715021035**

Program Studi : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**



**Komisi Pembimbing 1**

**Komisi Pembimbing 2**

**Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc.**

NIP. 197908212003121003

**Ir. Herry Wardono., S.T.,  
M.Sc., IPM., ASEAN Eng.**  
NIP 196608221995121001

**Ketua Jurusan  
Teknik Mesin**

**Ketua Program Studi S1  
Teknik Mesin**

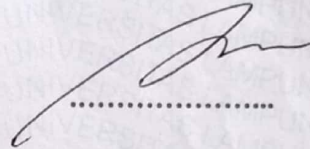
**Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.**  
NIP 197108171998021003

**Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc.**  
NIP 197908212003121003

MENGESAHKAN

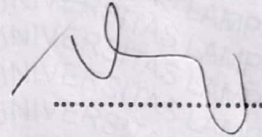
1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc.**



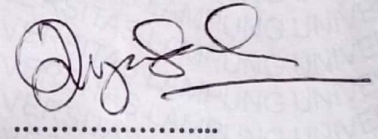
.....

Sekretaris : **Ir. Herry Wardono., S.T., M.Sc., IPM.,  
ASEAN Eng.**

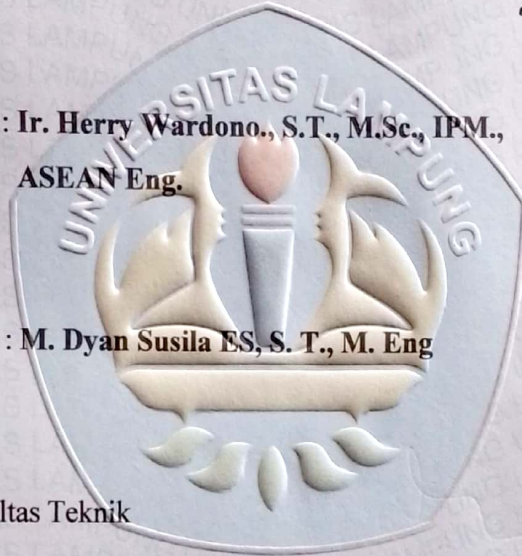


.....

Penguji : **M. Dyan Susila ES, S. T., M. Eng**




.....



2. Dekan Fakultas Teknik



  
**Dr. Eng. Ir. Helmy Eltriawan, S.T., M.Sc. †**  
**NIP 19750928 200112 1 002**

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Juni 2024**

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN 4-LANGKAH TECQUIPMENT TD 201 SMALL ENGINE TEST”** merupakan hasil dari karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Fachri Muhammad

1715021035

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tangerang, pada tanggal 25 Oktober 1999, anak ke-2 dari 4 bersaudara, pasangan dari bapak Saeri dan Ibu Sri Juwita.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDIT An-Najah pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP N 3 Cisauk pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA N 28 Kabupaten Tangerang pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Divisi Kaderisasi pada periode 2018. Dan juga tergabung dalam organisasi eksternal Frame Lampung tergabung dari tahun 2018 sampai dengan sekarang. Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang sekarang dileburkan bersama lembaga-lembaga dan unit pemerintahan lainnya menjadi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2021 di Kelurahan Gebang Raya, Kecamatan Periuk, Kota Tangerang. Penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Prestasi Mesin dan Motor Bakar di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi pada tahun 2023. Pada tahun 2024 penulis menyelesaikan studi S1 Teknik Mesin dengan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah *Tecquipment* TD 201 *Small Engine Test*”.

# PERSEMBAHAN



*Saya ucapkan puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wa sallam yang telah menjadi pedoman hidupku. Saya persembahkan karya ini dengan penuh rasa hormat, cinta dan kasih sayang.*

*Kepada:  
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

*Bapak Saeri dan Ibu Sri Juwita*

*sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan terimakasih atas segala yang telah diberikan.*

*Nabila Ayuningtyas  
Rais Habiburrahman  
Salman Majid*

*sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan terimakasih atas segala yang telah diberikan.*

*Dosen Pembimbing, lembaga yang telah mendidik, mendewasakan, dan mencerdaskanku, dalam berpikir dan bertindak.*

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Lampung*



## Motto

*"Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan."*

*(HR. Tirmidzi)*

*"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri."*

*(Q.S Ar-Ra'd: 11)*

*"Dan tiadalah kehidupan dunia ini, selain dari main-main dan senda gurau belaka. Dan sungguh kampung akhirat itu lebih baik bagi orang-orang yang bertakwa. Maka tidakkah kamu memahaminya?"*

*(Q.S Al-An'am: 32)*

*"Berkat rintangan, kita tumbuh dan berkembang.."*

*(Fachri Muhammad)*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat dan Rahmat serta karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4 Langkah Tecquipment TD 201 Small Engine Test”. Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar S1 dan untuk melatih mahasiswa dalam berfikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah. Penulis menyadari masih adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis meminta kritik dan saran yang dapat membangun dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis

Fachri Muhammad

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah Tecquipment Td 201 Small Engine Test” yang merupakan salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung dan selaku dosen Pembimbing Utama skripsi yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi dalam perkuliahan dan penyusunan laporan skripsi.
5. Bapak Ir. Herry Wardono., S.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi dalam perkuliahan dan penyusunan laporan skripsi.
6. Bapak M. Dyan Susila ES, S. T., M. Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, arahan, masukan, motivasi dalam penyusunan laporan skripsi.

7. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah sabar untuk membimbing mahasiswa nya dan memberikan motivasi dalam perkuliahan.
8. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini.
9. Kepada Bapak Saeri dan Ibu Sri Juwita selaku Orang Tua yang selalu ada dalam susah senangku, keluh kesahku, yang tiada henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat dan nasihat selama menempuh perkuliahan ini.
10. Teknik Mesin Angkatan 2017 Universitas Lampung selaku teman yang memberikan semangat, bantuan dan motivasi serta canda tawa selama masa kuliah ini.
11. Teman teman seperjuangan Muhammad Farhan Mudrick, Daud Yosua Aruan, Wahyu Triandy Yogo Sunyoto, Muhammad Toby Al-ghazaly, dan Nouval Ferdouza atas bantuan, doa dan motivasi serta kebersamaannya selama ini.
12. Teman-teman MK (Kantin Emak) atas bantuan, doa dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, Juni 2024

Fachri Muhammad  
NPM.1715021035

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Sistematika Penulisan .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Motor Bakar .....	6
2.2. Jenis-Jenis Motor Bakar.....	6
2.2.1. Motor Pembakaran Dalam ( <i>Internal Combustion Engine</i> ) .....	6
2.2.2. Motor Pembakaran Luar ( <i>External Combustion Engine</i> ) .....	7
2.2.3. Motor Bensin ( <i>Spark Ignition</i> ) .....	7
2.2.4. Motor Diesel .....	7

2.3. Motor Bensin.....	7
2.3.1. Motor Bensin 2 Langkah.....	8
2.3.2. Motor Bensin 4 Langkah.....	8
2.4. Proses Pembakaran.....	10
2.5. Parameter Prestasi Mesin .....	11
2.6. Pengkondisian Udara .....	12
2.6.1. Pemanasan dan Pendinginan .....	12
2.6.2. Pemanasan dengan Humidifikasi .....	13
2.6.3. Pendinginan dengan Dehumidifikasi .....	14
2.7. Emisi Gas Buang.....	15
2.8. Bahan Bakar .....	17
2.8.1. Premium .....	18
2.8.2. Pertalite .....	19
2.8.3. Pertamina.....	20
2.9. Pengaruh Temperatur Pada Bahan Bakar .....	20
2.10. Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Kualitas Pembakaran .....	21
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1. Alat Penelitian.....	22
3.2. Prosedur Pengujian .....	28
3.2.1. Prosedur Pengujian Prestasi Mesin .....	28
3.2.2. Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang .....	31
3.3. Diagram Alir .....	32
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1. Hasil Penelitian .....	33
4.2. Pembahasan.....	37
4.2.1. Pengaruh temperatur udara terhadap torsi pada pengujian prestasi mesin .....	38
4.2.2. Pengaruh temperatur udara terhadap daya engkol (bP) pada pengujian prestasi mesin .....	43
4.2.3. Pengaruh temperatur udara terhadap Konsumsi Bahan Bakar (bsfc) pada pengujian prestasi mesin.....	49
4.2.4. Pengaruh temperatur udara terhadap emisi gas buang pada pengujian prestasi mesin .....	55
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>61</b>
5.1. Simpulan .....	61

5.2. Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar:	Halaman
Gambar 1. Cara Kerja Motor Bensin 4 Langkah (Wiratmaja, 2010).....	10
Gambar 2. Heating Coils (Cengel, 2019).....	12
Gambar 3. Proses Pendinginan (Cengel, 2019). ....	13
Gambar 4. Pemanasan dengan Humidifikasi (Cengel, 2019). ....	14
Gambar 5. Bagan Skema dan Diagram Psychometric Pendinginan (Cengel, 2019). .....	14
Gambar 6. Komposisi Gas Buang Motor Bensin (Winarno, 2014). ....	16
Gambar 7. Mesin Bensin Kohler.....	23
Gambar 8. Alat Pengkondisian Temperatur dan Kelembaban. ....	23
Gambar 9. Rata-Rata Temperatur Udara Maksimum di Provinsi Lampung (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung). ....	24
Gambar 10. Rata-Rata Temperatur Udara Minimum di Provinsi Lampung (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung). ....	24
Gambar 11. Unit Instrumen VDAS.....	25
Gambar 12. Software Tecquipment VDAS. ....	25
Gambar 13. Exhaust Gas Analyzer Stargas 898. ....	26
Gambar 14. Thermocouple Type-K with Probe Sensor.....	26
Gambar 15. Heater Pengering Rambut. ....	27
Gambar 16. Kipas Pendingin Peltier.....	27
Gambar 17. Termometer Digital. ....	28
Gambar 18. Diagram Alir Penelitian. ....	32



Gambar 19. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Torsi Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 0 Putaran.....	39
Gambar 20. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Torsi Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 0,5 Putaran. ....	40
Gambar 21. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Torsi Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran. ....	41
Gambar 22. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Torsi Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1,5 Putaran. ....	42
Gambar 23. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Daya Engkol Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 0 Putaran. ....	44
Gambar 24. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Daya Engkol Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 0,5 Putaran. ....	45
Gambar 25. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Daya Engkol Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran. ....	46
Gambar 26. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Daya Engkol Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1,5 Putaran. ....	48
Gambar 27. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 0 Putaran. ....	49
Gambar 28. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 0,5 Putaran. ....	51
Gambar 29. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran. ....	52
Gambar 30. Pengaruh Variasi Temperatur Udara dan Variasi rpm Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1,5 Putaran. ....	54
Gambar 31. Pengaruh Variasi Temperatur Udara Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kandungan O <sub>2</sub> (%) Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran.....	55
Gambar 32. Pengaruh Variasi Temperatur Udara Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kandungan CO <sub>2</sub> (%) Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran. ...	57

Gambar 33. Pengaruh Variasi Temperatur Udara Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kandungan CO (%) Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran. ... 58

Gambar 34. Pengaruh Variasi Temperatur Udara Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kandungan HC (PPM) Dengan Beban Buka-an Katup Laju Aliran Air 1 Putaran. .... 59

**DAFTAR TABEL**

Tabel:	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi Pertalite.....	19
Tabel 2. Spesifikasi Mesin.....	22
Tabel 3. Data hasil pengujian pengaruh temperatur terhadap torsi.....	34
Tabel 4. Data hasil pengujian pengaruh temperatur terhadap daya engkol (bP). .	35
Tabel 5. Data hasil pengujian pengaruh temperatur terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc). .....	35
Tabel 6. Data hasil pengujian pengaruh temperatur terhadap emisi gas buang mesin bensin 4 langkah.....	37

## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
bP	Daya Engkol	kW
<i>bsfc</i>	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	kg/kWh
M	Massa Beban	kg
P	kerapatan massa	gr/cm <sup>3</sup>
$m_{act}$	Laju Pemakaian Udara Aktual	kg/h
$m_{a, th}$	Laju Pemakaian Udara Teoritis	kg/h
$m_f$	Laju Pemakaian Bahan Bakar	kg/h
N	Putaran Mesin	rpm
P	Beban yang diterapkan	kg
<i>sgf</i>	<i>Specific gravity</i> / massa jenis	kg/m <sup>3</sup>
T	Waktu Pemakaian Bahan Bakar	detik
T <sub>a</sub>	Temperatur Udara Masuk	°C
T <sub>AP</sub>	Torsi Aktual	Nm
T <sub>RD</sub>	Torsi Hasil Pembacaan	Nm

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Motor bensin empat langkah adalah termasuk dalam jenis motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine*. Pada motor bensin, bahan bakar bensin dibakar untuk memperoleh panas, kemudian panas ini diubah menjadi energi gerak oleh suatu mekanisme tertentu yang dapat menggerakkan kendaraan. Pada motor bensin empat langkah, torak bergerak bolak balik di dalam silinder. Titik terjauh yang dapat dicapai oleh piston atau torak tersebut dinamakan titik mati atas atau TMA, sedangkan titik terdekat disebut titik mati bawah atau TMB. Motor bensin empat langkah melakukan 4 gerakan atau langkah torak dalam satu siklus kerja. Langkah kerja dalam satu siklus kerja tersebut terdiri dari langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang.

Proses pembakaran dapat terjadi dikarenakan adanya campuran bahan bakar dengan udara di dalam ruang bakar yang kemudian dipercikkan oleh api yang dihasilkan dari busi sebelum torak mencapai titik mati atas. Temperatur udara yang masuk juga mempengaruhi terjadinya proses pembakaran karena semakin tinggi temperatur yang masuk maka semakin mudah untuk menyalakan percikkan api dan juga bahan bakar yang ada, sehingga temperatur sangat mempengaruhi terhadap proses pembakaran. Temperatur udara yang masuk ke dalam ruang bakar juga dapat mempengaruhi kinerja mesin serta pemakaian bahan bakar yang digunakan pada mesin sesuai dengan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian yang akan dilakukan yaitu pengaruh temperatur udara yang masuk dengan cara

mengkondisikan temperatur udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Untuk memasukkan udara dingin akan diturunkan temperatur udara dengan menggunakan kipas pendingin peltier; sedangkan untuk memasukkan udara panas akan dinaikkan temperatur menggunakan *heater* yang diambil dari alat pengering rambut.

Wang Pan, dkk., (2015) melakukan studi eksperimen tentang dampak temperatur udara masuk pada kinerja dan emisi gas buang dari mesin bahan bakar ganda metanol diesel dengan hasil eksperimen menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara temperatur udara masuk dan fraksi methanol terhadap kinerja dan emisi mesin. Pada mode operasi bahan bakar ganda, penurunan temperatur udara masuk mengurangi efisiensi termal yang ditunjukkan serta nilai temperatur gas buang sehingga trennya lebih jelas ketika fraksi energi metanol meningkat. Penurunan temperatur udara masuk juga memperlambat pengapian yang menyebabkan fase pembakaran yang lebih lambat dan tekanan silinder puncak yang lebih kecil. Dengan induksi metanol,  $\text{NO}_x$ , NO dan emisi asap menurun tajam, sedangkan  $\text{NO}_2$ , CO, total hidrokarbon (THC), formaldehida dan emisi metanol meningkat. Pengaruh temperatur udara masuk dan fraksi metanol pada emisi lebih nyata pada fraksi metanol yang lebih besar (30% atau lebih) dan temperatur udara masuk yang lebih tinggi seperti  $60^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}$ .

Philip Kristanto dan Rahardjo Tirtoatmodjo, (2000) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur dan tekanan udara masuk terhadap kinerja motor diesel tipe 4 JA 1. Penelitian ini dilakukan dengan motor diesel Isuzu tipe 4 JA 1, pendingin udara masuk dan pemanas udara masuk. Penelitian yang dilakukan menghasilkan sebuah data kinerja motor diesel secara keseluruhan dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan udara yang cukup signifikan. Temperatur dan tekanan udara yang ideal untuk digunakan sebagai proses modifikasi adalah  $50^\circ\text{C}$  dengan tekanan 3 bar, dimana rata-rata pada berbagai tingkat kecepatan serta beban terjadi peningkatan daya sebesar 10,4 %; peningkatan torsi sebesar 6,3 %; penurunan laju konsumsi bahan bakar

spesifik sebesar 24,4 % serta peningkatan efisiensi termal sebesar 17,4 %.

Parthasarathy, dkk., (2020) melakukan penelitian tentang analisis performa mesin HCCI bertenaga *tamanu methyl ester* dengan berbagai rasio resirkulasi temperatur udara masuk dan gas buang. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan mesin CI konvensional dan mode operasi HCCI berbahan bakar *tamanu methyl ester* (TME). Mesin HCCI dijalankan pada berbagai temperatur udara masuk (IAT) (80°C, 90°C, dan 100°C) karena *tamanu methyl ester* tidak dapat diuapkan pada temperatur kamar. Mesin HCCI dengan peningkatan IAT menunjukkan emisi NO<sub>x</sub> dan asap yang lebih rendah dari pada mesin konvensional. Dari hasil tersebut didapatkan IAT optimum sebesar 90°C.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Muhammad Nazmi Naufal Khaifullizan, dkk, (2021) tentang pengaruh temperatur udara masuk terhadap prestasi mesin mobil penumpang. Hasilnya menunjukkan bahwa perbedaan temperatur udara yang masuk mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan prestasi mesin kendaraan. Pengujiannya dilakukan dengan dua jenis percobaan dengan memasukkan temperatur udara yang berbeda yaitu 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C dan 70°C untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur terhadap konsumsi bahan bakar dan prestasi mesin yang dihasilkan. Secara umum, konsumsi bahan bakar menurun ketika temperatur udara masuk meningkat baik pada kondisi *idle* maupun *running*. Hal ini disebabkan karena ketersediaan oksigen di udara panas lebih rendah dibandingkan udara dingin sehingga diperlukan sedikit bahan bakar untuk pembakarannya. Hal ini mengakibatkan lebih rendahnya jumlah torsi dan tenaga yang dihasilkan mesin ketika temperatur pemasukan udara meningkat. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa kinerja mesin lebih baik pada temperatur pemasukan udara rendah dibandingkan temperatur pemasukan udara tinggi.

Berdasarkan literatur di atas telah menjelaskan studi eksperimental dan numerik tentang pengaruh bahan bakar pada mesin diesel, perbedaan temperatur yang masuk ke dalam *intake manifold* terhadap emisi gas buang

mesin diesel. Namun belum ada penelitian tentang analisis eksperimen pengaruh temperatur udara masuk terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang motor bensin 4-langkah. Oleh karena itu, pada penelitian ini secara eksperimen akan melakukan pengujian pengaruh temperatur udara masuk terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada motor bensin 4-langkah *Tecquipment* TD 201.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur udara masuk terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang dengan variasi:

1. Mengetahui pengaruh variasi temperatur udara terhadap torsi.
2. Mengetahui pengaruh variasi temperatur udara terhadap daya engkol.
3. Mengetahui pengaruh variasi temperatur udara terhadap bsfc.
4. Mengetahui pengaruh variasi temperatur udara terhadap emisi gas buang.

## 1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya difokuskan pada bahan uji, pengkondisian udara, dan peralatan uji:

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah motor bensin 4-langkah *Tecquipment* TD 201 *Small Engine Test* yang terdapat di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Pengkondisian temperatur udara yang masuk ke dalam *intake manifold* dengan temperatur 20°C, 25°C, 30°C, dan 35°C.
3. Pemeriksaan hasil gas buang pada mesin bensin.
4. Prestasi mesin yang diamati adalah daya engkol, konsumsi bahan bakar dan torsi.
5. Untuk menaikkan temperatur udara dilakukan dengan menggunakan *heating coil*.
6. Ruang kedap udara atau *vacuum room* yang dibuat menggunakan bahan akrilik 3mm.



## 1.4. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### I. Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### II. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka membahas mengenai motor bakar, motor bensin 4 tak, motor bensin 2 tak, motor diesel, *air fuel ratio*, pengkondisian udara masuk ke *intake manifold*, pemanas dan pendinginan udara masuk ke *intake manifold*, pemanas dengan humidifikasi untuk udara masuk ke *intake manifold*, pendinginan dengan dehumidifikasi untuk udara masuk ke *intake manifold*, dan analisa emisi gas buang.

### III. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian berisi tempat penelitian, waktu penelitian, persiapan alat dan bahan penelitian, prosedur penelitian, dan diagram alur penelitian.

### IV. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan berisi data, hasil penelitian dan pembahasan.

### V. Simpulan dan Saran

Penutup berisi hasil akhir berupa kesimpulan serta saran.

### Daftar Pustaka

Berisikan mengenai literatur–literatur atau jurnal internasional yang didapat penulis demi mendukung dalam penyusunan penelitian ini.

### Lampiran

Berisikan hal-hal yang mendukung pada penelitian ini.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Motor Bakar

Motor bakar merupakan mesin kalor yang merubah energi termal menjadi energi mekanik atau merubah energi panas menjadi energi mekanik. Pada proses pembakaran menyebabkan terjadinya energi panas yang disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar dengan udara yang ada di dalam ruang bakar. Pada proses pembakaran terjadi siklus kerja mesin untuk usaha dan dorongan hasil ledakan di ruang bakar, kemudian diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik (Wardono, 2004).

### 2.2. Jenis-Jenis Motor Bakar

Motor bakar secara umum terbagi menjadi beberapa jenis. Motor bakar terbagi sesuai dengan jenis pembakarannya dan juga sesuai dengan jenis sistem penyalaan. Jenis motor bakar berdasarkan pembakarannya yaitu:

#### 2.2.1. Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Motor pembakaran dalam adalah proses pembakaran energi termal menjadi energi gerak atau energi mekanik yang dilakukan di dalam ruang bakar. Proses ini terjadi di dalam silinder motor yang digerakkan menggunakan torak akibat adanya ledakan bahan bakar di dalam ruang bakar. Contoh motor pembakaran dalam yaitu motor bensin dan motor diesel

### **2.2.2. Motor Pembakaran Luar (*External Combustion Engine*)**

Motor pembakaran luar adalah proses pembakaran dimana terjadi di luar mesin itu sendiri. Panas dari bahan bakar tidak langsung diubah menjadi energi mekanik melainkan lebih dahulu melalui media perantara baru kemudian diubah menjadi energi mekanik (Aprizal, 2013). Salah satu contoh motor pembakaran luar yaitu mesin uap, dimana energi panas yang diberikan dapat merubah air menjadi uap, kemudian uap dari ketel disalurkan ke dalam silinder, di dalam silinder inilah uap menggerakkan piston sehingga menghasilkan energi gerak.

### **2.2.3. Motor Bensin (*Spark Ignition*)**

Motor bensin menggunakan bantuan bunga api untuk menyalakan atau membakar campuran bahan bakar-udara. Bunga api yang digunakan berasal dari busi. Busi akan menyala saat campuran bahan bakar-udara mencapai rasio kompresi, temperatur, dan tekanan tertentu sehingga akan terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong torak bergerak bolak-balik. Siklus langkah kerja yang terjadi pada mesin jenis ini dinamakan siklus Otto dengan mempergunakan bahan bakar bensin (Rosid, 2016).

### **2.2.4. Motor Diesel**

Motor bakar diesel adalah jenis khusus dari mesin pembakaran dalam. Karakteristik utama pada mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain, terletak pada metode pembakaran bahan bakarnya. Dimana dalam mesin diesel bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder yang berisi udara bertekanan tinggi (Safina, 2021).

## **2.3. Motor Bensin**

Motor bensin (*Spark Ignition*) adalah suatu tipe mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang dapat mengubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol. Energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan udara yang terjadi

pada ruang bakar (*Combustion Chamber*) dengan bantuan bunga api yang berasal dari percikan busi untuk menghasilkan gas pembakaran (Wiratmaja, 2010). Berdasarkan siklus kerjanya motor bensin dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

### **2.3.1. Motor Bensin 2 Langkah**

Motor bensin 2 langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol atau dua kali gerakan piston. Prinsip kerja motor 2 langkah sebagai berikut:

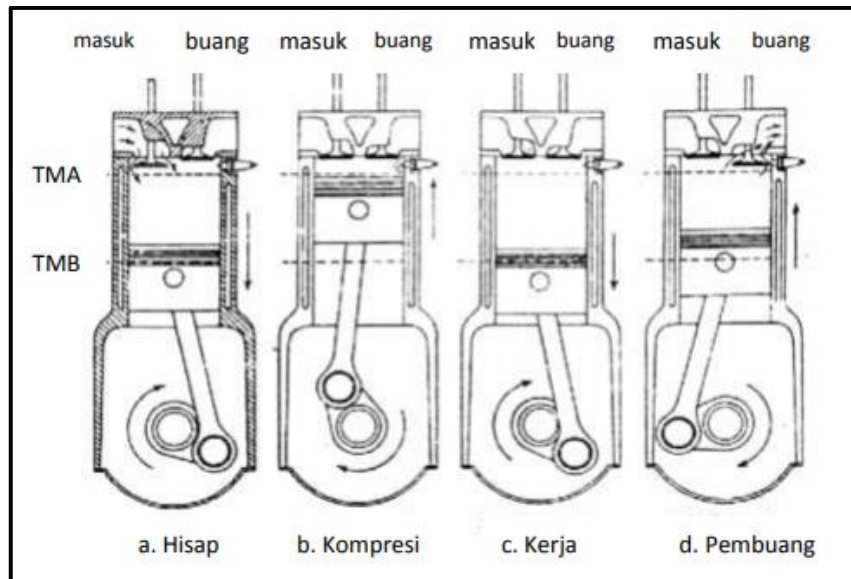
- a. Langkah Hisap dan Kompresi Piston bergerak ke atas. Ruang di bawah piston menjadi vakum/hampa udara, akibatnya udara dan campuran bahan bakar terhisap masuk ke dalam ruang dibawah piston. Sementara di bagian ruang atas piston terjadi langkah kompresi, sehingga udara dan campuran bahan bakar yang sudah berada di ruang atas piston temperatur dan tekanannya menjadi naik. Pada saat 10-15 derajat sebelum TMA, busi memercikan bunga api, sehingga campuran udara dan bahan bakar yang telah naik temperatur dan tekanannya menjadi terbakar dan meledak.
- b. Langkah Usaha dan Buang Hasil dari pembakaran tadi membuat piston bergerak ke bawah. Pada saat piston terdorong ke bawah/bergerak ke bawah, ruang di bawah piston menjadi dimampatkan/dikompresikan. Sehingga campuran udara dan bahan bakar yang berada di bawah piston menjadi terdesak keluar dan naik ke ruang diatas melalui saluran bilas. Sementara sisa hasil pembakaran tadi akan terdorong ke luar dan keluar menuju saluran buang, kemudian menuju knalpot. Langkah kerja ini terjadi berulang-ulang selama mesin hidup.

### **2.3.2. Motor Bensin 4 Langkah**

Motor bensin 4 langkah adalah motor yang pada setiap 4 langkah piston (dua putaran *crankshaft*) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja). Jadi pada motor bensin 4 langkah, piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas) atau sebaliknya

sebanyak 4 kali. Busi (*sparkplug*) memercikkan bunga api sebanyak satu kali setiap piston bergerak sebanyak 4 langkah. Sedangkan pada mesin 2 langkah, sparkplug memercikkan bunga api sekali tiap 2 langkah piston (Wahyu, 2019). Siklus kerja motor bensin 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Langkah Hisap (*Intake Stroke*) yaitu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) sehingga terjadi kevakuman di dalam ruang silinder yang menyebabkan campuran udara dan bahan bakar dihisap ke dalam silinder. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Poros engkol (*crankshaft*) berputar sebesar  $180^\circ$ .
- b. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*) katup hisap dan katup buang menutup dan torak bergerak dari TMB ke TMA. Campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang silinder terdesak karena terjadi penyempitan volume ruang bakar mengakibatkan peningkatan temperatur campuran bahan bakar dan udara.
- c. Langkah Usaha Langkah ini yaitu proses pembakaran, posisi torak pada TMA dan mengkompresi campuran bahan bakar dan udara. Busi memercikkan bunga api  $8-10^\circ$  sebelum TMA dan membakar campuran bahan bakar dengan udara kemudian menyebar ke segala arah ruang bakar sehingga mendorong torak dalam TMA ke TMB. Gerakan translasi torak diubah oleh poros engkol menjadi gerak rotasi yang menghasilkan tenaga motor. Poros engkol berputar  $180^\circ$  dari TMA menuju TMB.
- d. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*), langkah dimana katup hisap menutup dan katup buang membuka. Torak bergerak dari TMB menuju TMA karena gaya inersia roda gila (*flywheel*) mendorong torak bergerak ke atas membuang gas hasil pembakaran. Torak mencapai TMA maka satu kali proses kerja telah dilakukan dan torak akan melakukan proses kerja berikutnya sesuai urutan sebelumnya.



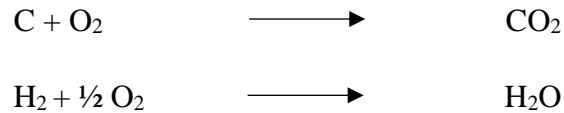
Gambar 1. Cara Kerja Motor Bensin 4 Langkah

(Wiratmaja, 2010).

#### 2.4. Proses Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia dari unsur-unsur bahan bakar dengan bercampurnya oksigen yang kemudian menghasilkan panas yang disebut *heat energy*. Oleh karena itu pada setiap pembakaran diperlukan bahan bakar, oksigen dan temperatur udara untuk awal mulanya pembakaran (Suharso, 2018). Pembakaran pada motor bensin dapat terjadi apabila campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar menyala oleh percikan bunga api listrik dari busi yang terjadi sebelum torak mencapai titik mati atas, kemudian membakar campuran bahan bakar dan udara yang sudah dikompresikan oleh torak dari titik mati bawah menuju titik mati atas.

Dalam proses pembakaran, energi kimia diubah menjadi energi panas yang dapat menghasilkan energi gerak, dalam setiap proses pembakaran juga menghasilkan gas sisa hasil proses pembakaran. Gas sisa hasil proses pembakaran meliputi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  dan  $\text{CO}$ . Contoh pembakaran secara kimia antara karbon (C), hidrogen (H) dengan oksigen ( $\text{O}_2$ ) dapat dilihat pada reaksi seperti di bawah ini:



## 2.5. Parameter Prestasi Mesin

Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi suatu kendaraan, besar kecilnya harga parameter operasi kendaraan akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan. Untuk mengukur prestasi kendaraan motor bakar 4-langkah dalam aplikasinya dapat menggunakan persamaan berikut (Wardono, 2004). Untuk mengukur suatu prestasi motor bakar, maka dapat menggunakan parameter berikut:

### 1. Daya Engkol

Daya engkol dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$bP = \frac{2\pi \cdot N \cdot T_{ap}}{60000} \text{ (Kw)} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_{ap} = 1,001 \cdot T_{rd} \text{ (Nm)} \dots \dots \dots (2)$$

### 2. Laju Pemakaian Udara, $m_a$

Laju pemakaian udara teoritis,  $m_{a,th}$  pada tekanan 1,013 bar dan temperatur 20°C ditentukan melalui persamaan berikut:

$$m_{a,th} = 1,0135 m_{an} + 1,211 \text{ (kg/jam)} \dots \dots \dots (3)$$

Untuk kondisi tekanan dan temperatur yang berbeda, kalikan  $m_{a,th}$  tersebut dengan koreksi  $f_c$  berikut:

$$f_c = 3564,22 \times 10^{-5} \text{ Pa} (T_a + 114) / (T_a)^{2,5} \dots \dots \dots (4)$$

Maka laju pemakaian actual,  $m_{act}$  adalah:

$$m_{act} = f_c \cdot m_{a,th} \text{ (kg/jam)} \dots \dots \dots (5)$$

### 3. Laju Pemakaian Bahan Bakar, $m_f$

Laju pemakaian bahan bakar misalnya per 8 ml bahan bakar,  $m_f$  dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m_f = \frac{sgf \times 3600 \times 8 \cdot 10^{-5}}{t}, \text{ (kg/h)} \dots \dots \dots (6)$$

### 4. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Engkol, $b_{sfc}$

bsfc dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$bsfc = \frac{m_f}{bP}, \text{ (kg/kWh)} \dots \dots \dots (7)$$

5. Efisiensi Termal Engkol,  $\eta_{bth}$

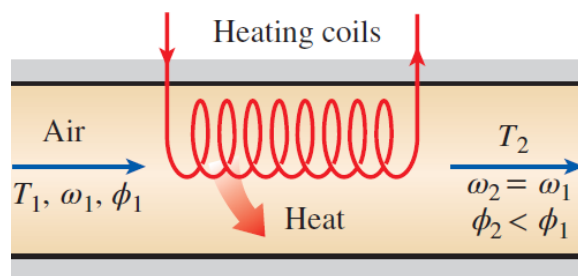
$\eta_{bth}$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{bth} = \frac{3600 \times bP}{m_f \times CV} \dots \dots \dots (8)$$

**2.6. Pengkondisian Udara**

**2.6.1. Pemanasan dan Pendinginan**

Mensirkulasi udara melalui saluran yang mengandung tabung gas panas atau kabel hambatan listrik membuat udara dalam sistem ini menjadi panas. Karena tidak ada uap air yang ditambahkan atau dihilangkan dari udara selama proses ini, kelembaban spesifik udara ( $\omega = \text{konstan}$ ) tetap konstan selama proses pemanasan (atau pendinginan) tanpa melembabkan atau mengeringkan. Temperatur bola kering meningkat seiring dengan garis kelembaban konstan pada grafik *psychometric*, yang digambarkan sebagai garis horizontal pada Gambar 2. Perhatikan bahwa kelembaban relatif udara berkurang selama proses pemanasan, meskipun kelembaban spesifik tetap konstan. Ini karena kelembaban adalah rasio kadar air ke kapasitas kelembaban udara pada temperatur yang sama, dan kapasitas kelembaban meningkat dengan temperatur.



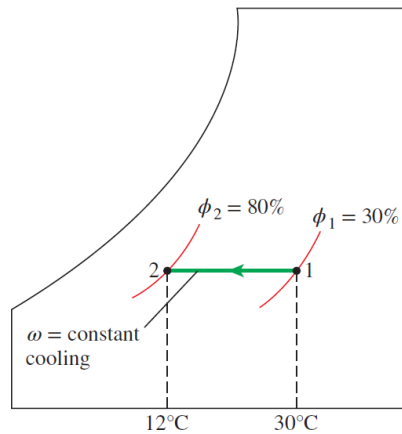
Gambar 2. Heating Coils

(Cengel, 2019).

Proses pendinginan pada kelembaban spesifik konstan mirip dengan pemanasan proses yang dibahas di atas, kecuali temperatur bola kering



menurun dan kelembaban relatif meningkat selama proses tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pendinginan dapat dicapai dengan melewati udara melalui beberapa kumparan dimana refrigeran atau air dingin mengalir.



Gambar 3. Proses Pendinginan

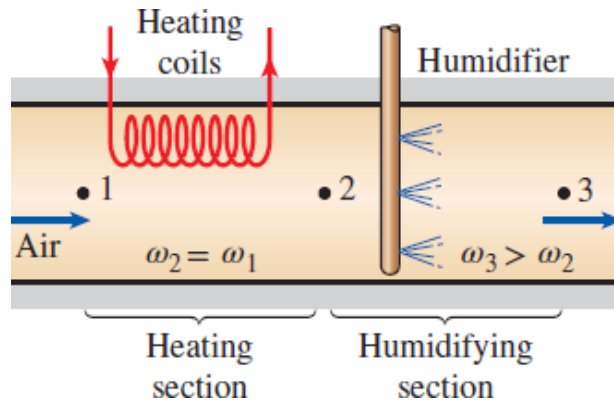
(Cengel, 2019).

Untuk proses pemanasan dan pendinginan yang tidak melibatkan  $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$  humidifikasi atau dehumidifikasi, kekekalan persamaan massa untuk udara kering dikurangi menjadi  $\omega_1 = \omega_2$  dan untuk air. Persamaan kekekalan energi dalam kasus ini dapat direduksi menjadi

$$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) \text{ atau } q = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (9)$$

### 2.6.2. Pemanasan dengan Humidifikasi

Pemanasan dengan humidifikasi melembabkan udara yang dipanaskan. Ini dicapai dengan melewati udara melalui bagian pemanas (proses 1-2) dan kemudian melalui bagian pelembab (proses 2-3), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Lokasi titik bagian ketiga bergantung pada pelembaban yang dilakukan. Jika ada uap di bagian pelembaban ini akan menghasilkan humidifikasi dan pemanasan tambahan ( $T_3 > T_2$ ).



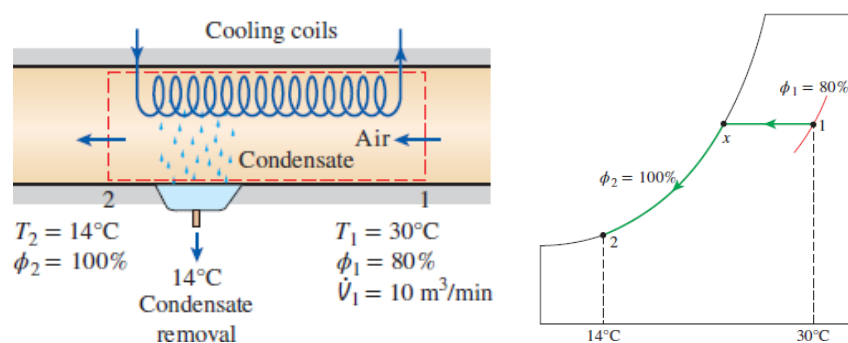
Gambar 4. Pemanasan dengan Humidifikasi

(Cengel, 2019).

Jika pelembaban dilakukan dengan menyemprotkan air ke aliran udara sebagai gantinya, bagian dari laten panas penguapan berasal dari udara, yang mengakibatkan pendinginan aliran udara panas ( $T_3 < T_2$ ). Udara harus dipanaskan ke temperatur yang lebih tinggi di bagian pemanasan, dalam hal ini untuk menembus efek pendinginan selama proses pelembaban.

### 2.6.3. Pendinginan dengan Dehumidifikasi

Selama proses pendinginan sederhana, kelembaban spesifik udara tetap konstan tetapi kelembaban relatif meningkat. Jika kelembaban relatif meningkat ke tingkat yang tidak diinginkan, mungkin perlu untuk menghilangkan kelembaban dari udara. Temperatur udara harus didinginkan di bawah titik embunnya.

Gambar 5. Bagan Skema dan Diagram *Psychrometric* Pendinginan (Cengel, 2019).

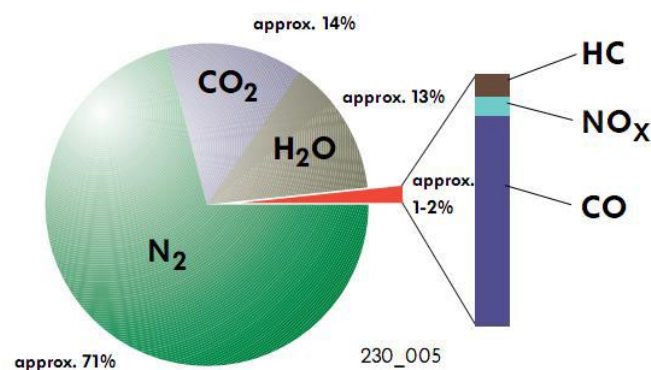
Pada Gambar 5, diagram *psychometric* dan skematis menunjukkan proses pendinginan melalui dehumidifier. Pada keadaan 1, udara panas dan lembab masuk ke bagian pendingin. Temperatur turun dan kelembaban relatif meningkat pada kelembaban spesifik konstan. Udara mencapai titik embunnya (keadaan x, udara jenuh) jika bagian pendingin cukup panjang. kondensasi sebagian uap air di udara untuk mendinginkan hasil udara lebih lanjut. Selama seluruh proses kondensasi, udara tetap jenuh. Ini terus mengikuti garis 100 persen kelembaban relatif sampai keadaan akhir (keadaan 2) tercapai. Selama proses ini, uap air yang mengembun dari udara dikeluarkan dari ruang pendinginan melalui saluran yang berbeda. Biasanya, kondensat diasumsikan keluar dari bagian pendingin di T2.

Dalam kebanyakan kasus, udara dingin dan jenuh pada kondisi 2 dibawa langsung ke dalam ruangan, di mana mereka bercampur dengan udara ruangan. Namun dalam situasi tertentu, udara pada kondisi 2 mungkin pada kelembaban tertentu tetapi pada temperatur yang sangat rendah; dalam hal ini udara dilewatkan melalui bagian pemanas, dimana temperaturnya dinaikkan menjadi tingkat yang lebih nyaman sebelum dibawa kembali ke dalam ruangan.

## **2.7. Emisi Gas Buang**

Motor bakar yang sudah melakukan proses pembakaran akan menghasilkan polutan yang dikeluarkan melalui saluran pembuangan yang biasa disebut dengan emisi gas buang. Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), Uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan Nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan

sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti Karbonmonoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NO<sub>x</sub>) dan Partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfurdioksida (SO<sub>2</sub>) dan logam berat (Pb) (Winarno, 2014).



Gambar 6. Komposisi Gas Buang Motor Bensin

(Winarno, 2014).

Berikut ini merupakan jenis zat dari emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran motor bakar adalah sebagai berikut:

1. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

Gas CO<sub>2</sub> merupakan gas yang dihasilkan dalam proses pembakaran bahan bakar dan udara yang terbakar semuanya. Semakin tinggi konsentrasi CO<sub>2</sub> maka proses pembakaran semakin baik.

2. Uap air (H<sub>2</sub>O)

H<sub>2</sub>O adalah hasil pembakaran sempurna dari bensin atau hidro karbon (HC) yang bereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>). Tidak terbuangnya H<sub>2</sub>O pada gas hasil pembakaran dapat menyebabkan mesin tidak dapat menyala.

3. Nitrogen (N<sub>2</sub>)

Gas N<sub>2</sub> adalah gas yang ada di udara lingkungan dan pada proses pembakaran gas ini diharapkan tidak bereaksi dengan gas lain di dalam

ruang bakar, jika gas ini bereaksi akan menurunkan prestasi mesin dan dapat membuat senyawa yang berbahaya seperti nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>).

#### 4. Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas yang dihasilkan oleh suatu kendaraan apabila udara yang diinjeksikan pada proses pembakarannya kurang. Banyaknya kadar CO dari gas buang itu tergantung dari perbandingan bahan bakar dan udara yang digunakan pada proses pembakaran. Pembakaran yang sempurna dari bahan bakar dan udara menyebabkan nilai CO bisa tidak akan terbentuk.

#### 5. Hidro karbon (HC)

Hidro karbon merupakan bahan bakar mentah yang tidak terbakar sempurna selama proses pembakaran yang berlangsung di dalam ruang bakar. Gas ini berasal dari bahan bakar mentah yang tersisa dekat dengan dinding silinder setelah terjadinya pembakaran dan dikeluarkan saat proses langkah buang. Penyebab adanya HC adalah AFR (*Air Fuel Ratio*) yaitu rasio perbandingan antara udara dan bahan bakar yang tidak tepat sehingga dapat menyebabkan bahan bakar tidak terbakar sempurna di ruang bakar.

#### 6. Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah suatu ikatan senyawa kimia antara nitrogen dan oksigen. Senyawa ini dihasilkan karena terlalu tingginya temperatur pada ruang bakar. Nitrogen adalah gas yang sangat stabil akan tetapi dalam kondisi temperatur yang terlalu tinggi dan tekanan yang tinggi di dalam ruang bakar dapat memutuskan ikatan nitrogen dan akan bereaksi dengan oksigen. Emisi gas NO<sub>x</sub> ini sangat tidak stabil dan jika terlepas ke udara bebas akan berikatan dengan oksigen dan membentuk NO<sub>2</sub> yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia karena beracun (Zakiah, 2010).

## 2.8. Bahan Bakar

Bahan bakar adalah bahan/material apapun yang bisa diubah menjadi energi. Bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan

dimanipulasi jika dioksidasi atau dibakar dengan kata lain setelah direaksikan dengan udara. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara (Maridjo, 2019). Bensin sebagai bahan bakar utama untuk kendaraan bermotor saat ini harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu sebagai berikut:

1. Mudah tercampur dengan udara dan terdistribusi merata di dalam *intake manifold*.
2. Tidak mudah terbakar sendiri sebelum waktu yang di tentukan (*pre-ignition*) dan tahan terhadap detonasi atau *knocking*.
3. Tidak memiliki kecenderungan menurunkan efisiensi volumetrisasi dari mesin.
4. Mudah ditangani apabila dalam keadaan genting.
5. Murah harganya dan mudah didapat.
6. Menghasilkan pembakaran yang bersih, tanpa menyisakan korosi pada komponen peralatan mesin.
7. Memiliki nilai kalor yang cukup tinggi.
8. Tidak membentuk *gum* dan *varnish* yang dapat merusak komponen mesin.

Bahan bakar bensin adalah hasil dari pemurnian nephta, yang komposisinya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk motor bakar. Yang dimaksud nephta adalah semua jenis minyak ringan (*light oil*) yang memiliki sifat antara bensin (*gasoline*) dan *kerosin*. Bensin sangat mudah menguap pada 40°C sebanyak 30-60%, dan pada 100°C sebanyak 80-90%. Masa jenis bensin berkisar antara 715-780 kg/m<sup>3</sup> (Rosid, 2015).

Bahan bakar bensin yang beredar di Indonesia ada beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

### **2.8.1. Premium**

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Premium memiliki nilai oktan atau *Research Octane Number* (RON) yaitu 88.

### 2.8.2. Peralite

Bahan bakar peralite adalah bahan bakar minyak dengan RON 90. Bahan bakar ini direkomendasikan untuk kendaraan yang telah menggunakan sistem injeksi dan *catalytic converter*. Bahan bakar peralite diluncurkan untuk memenuhi syarat Keputusan Dirjen Migas No. 0486.K/10/DJM.S/2017 tentang spesifikasi BBM dengan RON 90. Keunggulan dari bahan bakar peralite adalah sebagai berikut: (Purponegoro, 2015 dalam Pigome, 2019)

1. *Durability*, bahan bakar ini tidak akan menimbulkan gangguan serta kerusakan mesin.
2. *Fuel economy*, perbandingan air fuel ratio (AFR) yang lebih tinggi dengan konsumsi bahan bakar menjadikan kinerja mesin lebih optimal dan efisien untuk menempuh jarak yang lebih jauh.
3. *Perfomance*, dengan oktan yang lebih tinggi daripada premium maka akan di hasilkan torsi mesin lebih tinggi dan kecepatan meningkat.

Komposisi dari bahan bakar peralite meliputi kandungan sulfur maksimal adalah 0.05% m/m (setara dengan 500ppm), tidak memiliki kandungan timbal dan kandungan logam, memiliki residu maksimal 2,0%, berat jenis maksimal  $770 \text{ kg/m}^3$ , minimal  $715 \text{ kg/m}^3$  (pada  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ), warna hijau dengan penampilan visual jernih dan terang.

Tabel 1. Spesifikasi Peralite.

No.	Parameter	Nilai
1	Angka Oktan	90
2	Titik Didih ( $^\circ\text{C}$ )	215
3	Berat Jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	770
4	Kandungan Oksigen (% m/m)	2,7

(Sumber: SK Dirjen Migas No. 0486.K/10/DJM.S/2017).

### 2.8.3. Pertamax

Pertamax dihasilkan dengan menambahkan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Pertamax direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1, terutama yang menggunakan teknologi setara dengan *Electronic Fuel Injection* (EFI) dan *catalytic converters* (pengubah katalitik). Pertamax memiliki nilai oktan atau RON  $\geq 92$ .

## 2.9. Pengaruh Temperatur Pada Bahan Bakar

Apabila bahan bakar dipanaskan maka akan terjadi pemuaian atau perubahan volume pada bahan bakar, selain itu viskositas dari bahan bakar tersebut akan menurun. Peristiwa tersebut dapat dijelaskan dengan teori Termodinamika yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur suatu fluida maka molekul fluida akan bergerak cepat. Pergerakan tersebut menyebabkan volume tetap secara makro akan meningkatkan tekanan. Batas pada materi memengaruhi kondisi materi yang akan mengembang dan memperlebar jarak antar molekulnya. Jarak antar molekul yang lebar akan mengakibatkan kerapatan (densitas) dan viskositas semakin menurun begitu juga sebaliknya jika bahan bakar didinginkan maka volume akan menurun dan viskositasnya akan meningkat (Sanata, 2012).

Bahan bakar dengan viskositas rendah akan teratomisasi lebih baik sehingga menghasilkan butiran bahan bakar yang lebih kecil. Kondisi tersebut membuat proses pencampuran bahan bakar dengan udara lebih homogen sehingga lebih banyak bahan bakar yang terbakar. Pembakaran tersebut menyebabkan energi yang dilepaskan meningkat sehingga tekanan akhir pembakaran meningkat. Volume bahan bakar dengan jumlah sama yang masuk ke dalam ruang bakar, dapat menghasilkan daya yang berbeda.



### **2.10. Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Kualitas Pembakaran**

Banyak faktor yang mempengaruhi kinerja mesin dan kemampuan membakar campuran seperti temperatur udara sekitar. Efisiensi volumetrik menurun dengan meningkatnya temperatur udara yang dihisap karena kepadatan udara masuk berkurang dan akibatnya jumlah udara yang terperangkap oleh silinder selama induksi berkurang dibandingkan dengan volume sapuan silinder yang konstan. Konsumsi bahan bakar spesifik meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur udara masuk karena temperatur udara sekitar yang lebih tinggi meningkatkan konversi energi kimia menjadi energi panas dan membuat campuran udara bahan bakar mendorong pembakaran yang lebih baik. Secara umum peningkatan temperatur udara muatan menyebabkan peningkatan temperatur pembakaran dan akibatnya meningkatkan temperatur gas buang (Dr. Ramzi R, 2019).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Alat Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Motor Bensin 4 Langkah 1 Silinder

Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan yaitu mesin bensin 4 langkah 1 silinder yang terhubung dengan instrument VDAS. Motor bensin ini terdapat di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Teknik Mesin Universitas Lampung dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Mesin.

Merk	: Kohler
Dimensi	: Lebar 500 mm Tinggi 430 mm Kedalaman 400 mm.
Tipe Bahan Bakar	: Bensin tanpa timbal ( <i>Gasoline</i> )
Sistem Pengapian	: Elektrik
Daya	: 4,5 kW pada 3600 rev/min 2,2 kW pada 1800 rev/min
Diameter Silinder	: 70 mm
Langkah Piston	: 54 mm
Panjang Batang Piston	: 84 mm
Kapasitas Mesin	: 208 cm <sup>3</sup> (0,208 L) 208 cc
Rasio Kompresi	: 8,5 : 1



Gambar 7. Mesin Bensin Kohler.

## 2. Alat Pengkondisian Temperatur dan Kelembaban

Alat yang dibuat ini merupakan alat yang digunakan untuk mengkondisikan temperatur udara yang masuk ke dalam *intake manifold* pada mesin bensin kohler. Temperatur yang dapat disesuaikan dengan alat ini yaitu dapat mengatur temperatur dingin, temperatur panas seerta kelembaban yang akan masuk ke dalam *intake manifold*.



Gambar 8. Alat Pengkondisian Temperatur dan Kelembaban.

## 3. Temperatur Udara Lingkungan

Temperatur udara lingkungan yaitu rata-rata temperatur udara maksimum dan rata-rata temperatur udara minimum yang terdapat di Provinsi Lampung yang diambil untuk menjadi acuan variasi temperatur yang digunakan pada penelitian ini.

Bulan	Rata-rata Suhu Udara Maksimum (Celcius)		
	2020	2021	2022
Januari	34,20	33,40	27,00
Februari	33,70	32,80	27,10
Maret	34,80	34,00	27,70
April	34,00	34,40	28,30
Mei	34,40	34,00	27,50
Juni	33,20	34,00	26,10
Juli	33,20	34,00	26,70
Agustus	33,60	34,40	26,50
September	34,50	34,20	26,70
Oktober	34,40	34,80	26,90
November	35,00	34,60	27,10
Desember	34,40	34,60	26,60

Sumber: Stasiun Meteorologi Raden Intan II Bandar Lampung

Gambar 9. Rata-Rata Temperatur Udara Maksimum di Provinsi Lampung (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung).

Bulan	Rata-rata Suhu Udara Minimum (Celcius)		
	2020	2021	2022
Januari	23,50	22,20	22,40
Februari	23,00	22,30	22,00
Maret	22,90	22,40	23,40
April	23,30	21,80	23,00
Mei	23,50	22,80	22,80
Juni	22,20	22,00	22,00
Juli	21,40	19,60	21,20
Agustus	20,60	20,00	21,90
September	20,40	21,10	22,20
Oktober	22,00	22,00	22,00
November	22,40	23,00	21,20
Desember	22,90	22,40	22,40

Sumber: Stasiun Meteorologi Raden Intan II Bandar Lampung

Gambar 10. Rata-Rata Temperatur Udara Minimum di Provinsi Lampung (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung).

#### 4. Unit Instrumen VDAS

Unit instrumen VDAS (*Versatile Data Acquisition System*) merupakan panel hasil pengukuran dari torsi, daya, putaran mesin, temperatur udara lingkungan, temperatur gas buang, tekanan *differential* pada *airbox* dan tekanan udara lingkungan.



Gambar 11. Unit Instrumen VDAS.

## 5. Software Tecquipment VDAS

*Software Tecquipment VDAS* berguna untuk menampilkan hasil dari perhitungan parameter pengujian prestasi mesin seperti putaran mesin, torsi, daya engkol, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal, efisiensi volumetrik, panas pembakaran dan rasio udara bahan bakar.



Gambar 12. Software Tecquipment VDAS.

## 6. Exhaust Gas Analyzer Stargas 898

*Exhaust gas analyzer stargas 898* digunakan untuk mengukur kandungan emisi gas buang yang dihasilkan dari sisa pembuangan.



Gambar 13. *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898.*

#### 7. Thermocouple Type-K with Probe Sensor

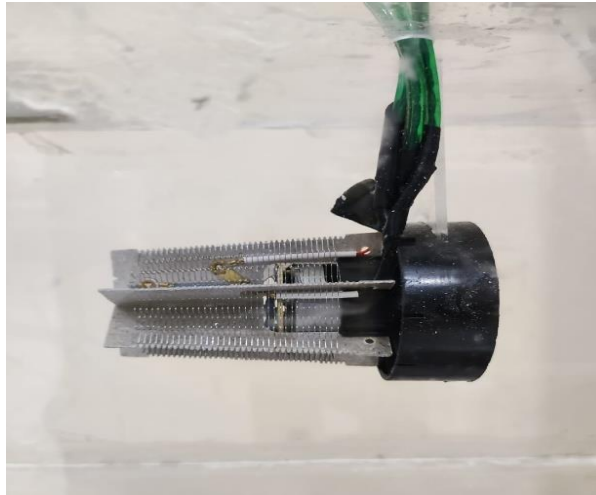
*Thermocouple* adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur temperatur, *thermocouple* terdiri dari dua kabel yang terbuat dari logam yang berlainan jenis. Kedua kabel tersebut kemudian disatukan di salah satu ujungnya membentuk sebuah simpul (*junction*). Ketika simpul tersebut mengalami perbedaan temperatur, sebuah energi voltase akan terbentuk.



Gambar 14. *Thermocouple Type-K with Probe Sensor.*

#### 8. Heater Pengering Rambut

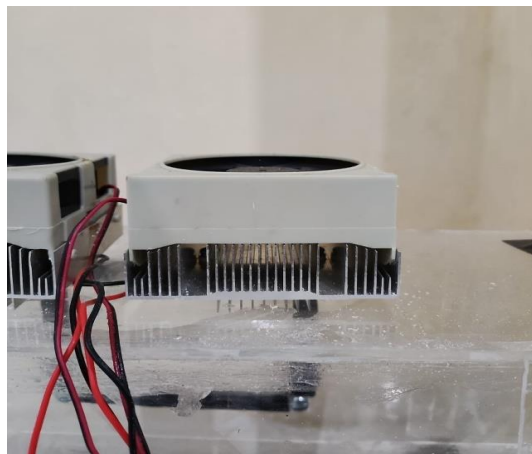
*Heater* pengering rambut adalah sebuah alat yang mengeluarkan udara panas yang berfungsi untuk mengeringkan rambut dengan menggunakan temperatur panas yang dialirkan ke arah rambut supaya lebih cepat untuk kering.



Gambar 15. *Heater* Pengering Rambut.

#### 9. Kipas Pendingin Peltier

Kipas pendingin adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengalirkan udara dingin yang dapat dikeluarkan dari kipas tersebut.



Gambar 16. Kipas Pendingin Peltier.

#### 10. Termometer *Digital*

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur, seperti yang dapat dilihat pada gambar 17 di bawah. Penggunaan termometer *digital* karena untuk mempermudah mengetahui perubahan temperatur yang tidak terlalu signifikan di dalam alat yang digunakan.



Gambar 17. Termometer *Digital*.

### 3.2. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1. Prosedur Pengujian Prestasi Mesin

Adapun prosedur pengujian prestasi mesin pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat uji mesin bensin 4-Langkah *Tecquipment* TD 201 dan instrumen VDAS.
- b. Memasang selang bahan bakar ke unit pengukur laju aliran bahan bakar sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini digunakan pengukuran aliran bahan bakar otomatis, lalu menggeser tungkai/tuas pada panel instrumen VDAS untuk volume bahan bakar 8 ml.
- c. Menghubungkan unit komputer dan instrumen VDAS ke arus listrik.
- d. Mengisi tangki bahan bakar dengan bahan bakar yang akan digunakan yaitu pertalite.
- e. Memperhatikan dan memastikan tidak ada udara yang terjebak di dalam saluran selang bahan bakar.
- f. Mengeluarkan udara dari saluran selang bahan bakar jika terdapat udara yang terjebak, karena dapat menyebabkan pengambilan data dan waktu pemakaian bahan bakar tidak akurat.



- g. Menghidupkan pompa air dan memastikan laju aliran air pada tekanan 1 bar.
- h. Membuka katup air yang menuju ke dinamometer sebesar  $\frac{1}{2}$  (setengah putaran).
- i. Menghidupkan komputer dan instrumen VDAS serta menghubungkan instrumen VDAS ke komputer dengan cara menghubungkan kabel USB ke port USB pada komputer.
- j. Membuka aplikasi *Tecquipment* VDAS pada komputer.
- k. Mengkalibrasi torsi dan tekanan kotak udara dengan cara menekan dan menahan tombol pada *zero* torsi dan *air box pressure* sampai angka indikator berubah menjadi 0 (nol) pada panel instrumen VDAS.
- l. Menyetel penggunaan bahan bakar pada aplikasi *Tecquipment* VDAS pada menu *fuel flow – rate data source* pilih otomatis ADA (DVF1).
- m. Mengisi data *fuel density* pada menu aplikasi *Tecquipment* VDAS. Untuk bahan bakar pertalite sebesar  $742 \text{ kg/m}^3$ .
- n. Mengisi data *fuel calorific value* pada menu aplikasi *Tecquipment* VDAS. Untuk bahan bakar pertalite sebesar  $44,3 \text{ MJ/kg}$ .
- o. Mengisi data pada menu aplikasi *Tecquipment* VDAS. Untuk *engine capacity* yaitu 208 cc, *number of cycle* yaitu 4, dan *orifice diameter* yaitu 18,5 mm sesuai dengan spesifikasi mesin yang digunakan.
- p. Menghidupkan mesin dan memanaskan mesin. Tujuan memanaskan mesin yaitu untuk menyiapkan mesin dalam kondisi kerja.
- q. Proses pengambilan data prestasi mesin.
  - 1) Melakukan langkah a sampai q.
  - 2) Mengkondisikan putaran mesin pada  $1500 \text{ rpm} \pm 50 \text{ rpm}$  dengan bukaan katup beban dinamometer  $\frac{1}{2}$  putaran.
  - 3) Menunggu torsi sampai dengan stabil dan hasil dari *calculated parameters* muncul pada menu aplikasi.
  - 4) Merekam data sebanyak 5 kali dengan cara membuka menu pada aplikasi *Tecquipment* VDAS yaitu menu *start timed data acquisition*.

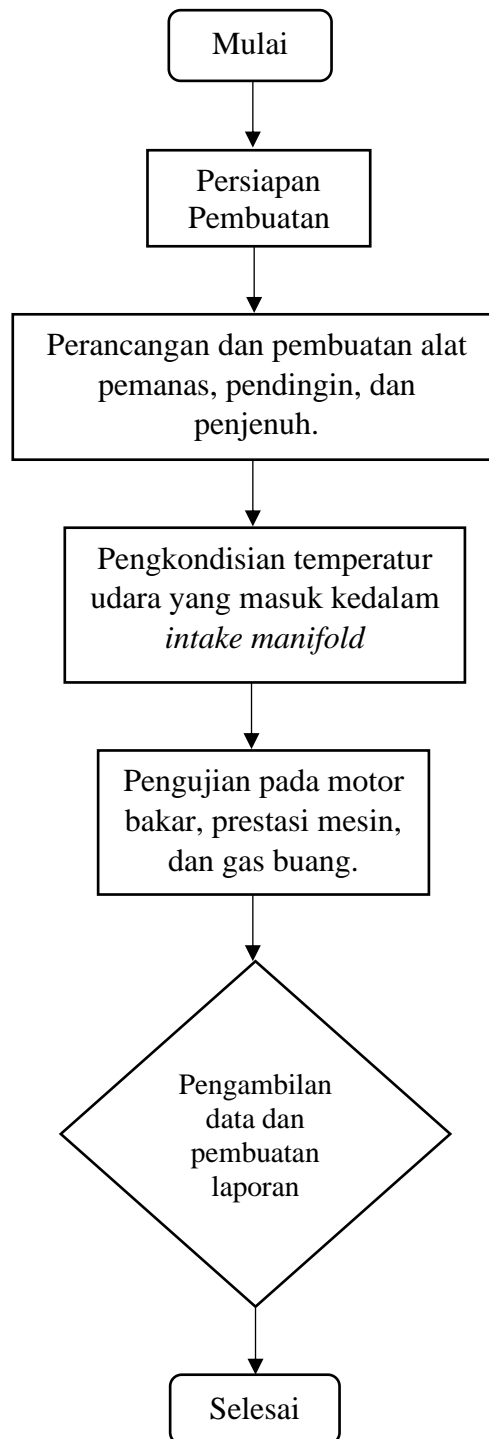
- 5) Mengisi pada menu *timed data capture* berupa interval 1 detik dan berhenti pada 4 detik, lalu klik OK, maka perekaman data dimulai.
- 6) Membuka katup beban dinamometer 1 putaran, mengakibatkan beban dinamometer semakin bertambah sehingga torsi meningkat dan putaran mesin turun.
- 7) Menunggu torsi sampai dengan stabil dan hasil dari *calculated parameters* muncul pada menu aplikasi.
- 8) Merekam data sebanyak 5 kali dengan cara membuka menu pada aplikasi *Tecquipment VDAS* yaitu menu *start timed data acquisition*.
- 9) Mengisi pada menu *timed data capture* berupa interval 1 detik dan berhenti pada 4 detik, lalu klik OK, maka perekaman data dimulai.
- 10) Menambah bukaan katup beban pada dinamometer sebesar  $\frac{1}{2}$  putaran dan merekam data pada tiap-tiap bukaan katup beban.
- 11) Mengulangi langkah 1 sampai dengan 10 dengan mengubah variasi temperatur 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C dengan variasi putaran mesin 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm serta dengan variasi bukaan katup tanpa beban, 0,5; 1 dan 1,5 putaran.
- 12) Untuk menurunkan temperatur diperlukan tambahan es batu yang dimasukkan pada alat yang ada supaya membantu menurunkan temperatur lebih cepat. Sedangkan untuk menaikkan temperatur heating coil yang ada pada alat dinyalakan untuk mempercepat kenaikan temperatur yang ada.

### 3.2.2. Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang

Adapun prosedur pengujian emisi gas buang pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memanaskan mesin kurang lebih selama 5 menit agar mesin dalam kondisi siap kerja.
- b. Menghubungkan *exhaust gas analyzer stargas 898* ke arus listrik.
- c. Menghidupkan tombol *switch exhaust gas analyzer stargas 898* yang berada di belakang alat.
- d. Memilih menu *gas analysis* pada menu *exhaust gas analyzer stargas 898*.
- e. Memilih menu *measurement* pada menu *exhaust gas analyzer stargas 898*.
- f. Memilih menu *standart test* pada menu *exhaust gas analyzer stargas 898*. Selanjutnya unit *stargas 898* akan secara otomatis melakukan *warming up* kurang lebih selama 60 detik, kemudian melakukan *auto zero* secara otomatis yang berfungsi untuk mereset data dari awal.
- g. Menghidupkan mesin dan mengatur putaran mesin pada 1000 rpm dengan beban dinamometer pada bukaan katup 0,5.
- h. Memasukkan *probe sensor* ke dalam knalpot.
- i. Menunggu sampai angka pada layar *exhaust gas analyzer stargas 898* sampai stabil.
- j. Mencetak hasil pengujian pada *exhaust gas analyzer stargas 898*.
- k. Melakukan pengujian pada variasi temperatur 20°C, 25°C, 30°C dan 35°C dengan variasi putaran mesin 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm serta dengan variasi bukaan katup tanpa beban, 0,5; 1 dan 1,5 putaran.
- l. Untuk menurunkan temperatur diperlukan tambahan es batu yang dimasukkan pada alat yang ada supaya membantu menurunkan temperatur lebih cepat. Sedangkan untuk menaikkan temperatur heating coil yang ada pada alat dinyalakan untuk mempercepat kenaikan temperatur yang ada.

### 3.3. Diagram Alir



Gambar 18. Diagram Alir Penelitian.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Adapun simpulan yang didapatkan dari hasil pengujian pengaruh variasi temperatur udara terhadap prestasi dan emisi gas buang mesin bensin 4 langkah ini adalah sebagai berikut:

1. Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur 20°C, 25°C, 30°C, dan 35°C dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur, rpm, dan beban maka akan mempengaruhi prestasi kinerja mesin bensin pada parameter torsi dan daya engkol (bP).
2. Pada parameter torsi dapat dibuktikan dengan data hasil yang didapatkan menggunakan temperatur 35°C pada putaran mesin 2500 rpm dengan beban bukaan katup laju aliran air 1,5 putaran mendapatkan torsi tertinggi sebesar 12,66 Nm. Pada temperatur rendah 20°C dengan putaran mesin 1000 rpm dan beban bukaan katup laju aliran air 0 putaran atau tanpa beban didapatkan hasil terendah sebesar 0,20 Nm.
3. Parameter prestasi mesin selanjutnya yaitu daya engkol juga dapat dipengaruhi oleh semakin tingginya temperatur, rpm, dan beban maka akan semakin tinggi juga daya engkol yang didapatkan. Hal ini dapat dibuktikan dengan data hasil pengujian yang dilakukan menggunakan temperatur 35°C pada putaran mesin 2500 rpm dan beban bukaan katup laju aliran air 1,5 putaran mendapatkan daya engkol tertinggi sebesar 3,30 kW. Pada temperatur rendah 20°C dengan putaran mesin 1000 rpm

dan beban bukaan katup laju aliran air 0 putaran atau tanpa beban didapatkan hasil terendah sebesar 0,03 kW.

4. Konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc) berbeda dengan parameter torsi dan daya engkol karena jika semakin kecil angka yang dihasilkan pada bsfc maka akan semakin bagus hasil dari data tersebut. Pada parameter bsfc ini data hasil pengujian yang dilakukan menggunakan temperatur rendah 20°C pada putaran mesin 1000 rpm dengan beban bukaan katup laju aliran air 1 putaran mendapatkan nilai bsfc terendah sebesar 0,15 kg/kWh. Pada temperatur tinggi tinggi 35°C dengan putaran mesin 2500 rpm dan beban bukaan katup laju aliran air 1,5 putaran mendapatkan nilai bsfc tertinggi sebesar 0,97 kg/kWh.
5. Pengaruh variasi temperatur udara terhadap emisi gas buang mesin bensin dengan parameter CO<sub>2</sub> (%), O<sub>2</sub> (%), CO (%), dan HC (PPM) mendapatkan hasil sebagai berikut: pada parameter CO<sub>2</sub> (%) dengan temperatur 25°C dan putaran mesin 2500 rpm mendapatkan hasil tertinggi sebesar 5,81%, sedangkan pada temperatur 30°C dengan putaran mesin 1500 rpm mendapatkan hasil terendah sebesar 2,45%. Untuk parameter O<sub>2</sub> (%) dengan temperatur 30°C dan putaran mesin 1000 rpm mendapatkan hasil tertinggi sebesar 16,32%, sedangkan pada temperatur 25°C dengan putaran mesin 2500 rpm mendapatkan hasil terendah sebesar 5,17%. Pada parameter CO (%) dengan temperatur 25°C dan putaran mesin 2500 rpm mendapatkan hasil tertinggi sebesar 7,73%, sedangkan pada temperatur 30°C dengan putaran mesin 1000 rpm mendapatkan hasil terendah sebesar 0,66%. Pada parameter HC (PPM) dengan temperatur 25°C dan putaran mesin 1500 rpm mendapatkan hasil tertinggi sebesar 268 PPM, sedangkan pada temperatur 30°C dengan putaran mesin 1500 rpm mendapatkan hasil terendah sebesar 90 PPM.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan dalam penelitian ini untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Melakukan pengujian variasi temperatur udara melebihi dari 35°C untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi temperatur *extreme* terhadap kinerja prestasi mesin dan emisi gas buang mesin.
2. Melakukan pengujian variasi temperatur udara pada putaran mesin tinggi melebihi dari 2500 rpm untuk mengetahui pengaruh pemberian putaran mesin tinggi terhadap kinerja prestasi mesin dan emisi gas buang mesin.
3. Melakukan pengujian variasi temperatur udara pada beban bukaan katup laju aliran air melebihi 2,5 putaran untuk mengetahui pengaruh pemberian beban tinggi terhadap kinerja prestasi mesin dan emisi gas buang mesin.
4. Untuk pengujian selanjutnya mengenai variasi temperatur udara dapat menggunakan alat instrumen VDAS dan mesin diesel yang terdapat di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur udara terhadap kinerja prestasi mesin diesel dan emisi gas buuang mesin diesel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprizal. 2013. Uji Prestasi Motor Bakar Bensin Merek Honda Astrea 100 cc. *Skripsi*. Universitas Pasir Pengaraian. Riau.
- Cengel, Y.A., Boles, M.A., and Kanoglu, M. 2019. *Thermodynamics an Engineering Approach*. McGraw Hill LLC. New York.
- Didik, D.S. dan Wibisono, Y. 2018. Pengujian Performansi Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar Dan Minyak Kelapa (*Virgin Coconut Oil*). *Skripsi*. Politeknik Pelayaran Surabaya. Surabaya.
- Elsa, D.S. 2021. Alat Uji Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Yang Berbeda. *Skripsi*. Politeknik Negri Medan. Medan.
- Ibrahim, Dr. Ramzi R. dan Abdullah Kawa A. 2019. Pengaruh Suhu Udara Ambien Terhadap Performa Mesin Bensin. *Jurnal Ilmu Teknik* Vol. 12(1): 7-11.
- Khaifullizan, M.N.N., Jaat, N., Abidin, S.F.Z., Darlis, N., and Zahari, I. 2021. *Effect of Intake Air Temperature on Engine Performance and Fuel Consumption of Passenger Car*. *Fuel*. 3(2): 1–7.
- Maridjo, dkk. 2019. Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Premium, Pertalite dan Pertamax Terhadap Kinerja Motor 4 Tak. *Jurnal Teknik Energi* Vol. 9(1)



- Murugesan, P., Shanmugam, R., Jj, S., and Lalvani, I.J. 2020. *Performance analysis of HCCI engine powered by tamanu methyl ester with various inlet air temperature and exhaust gas recirculation ratios. Fuel.* 282(118833).
- Pan, W., Yao, C., Han, G., Wei, H., and Wang, Q. 2015. *The impact of intake air temperature on performance and exhaust emissions of a diesel methanol dual fuel engine. Fuel.* 162(2015): 101–110.
- Philip, K dan Tirtoatmodjo, R. 2000. Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Kinerja Motor Diesel Tipe 4 JA 1. *Skripsi.* Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Pigome, D., Pesiwarissa, E.L., dan Ansanai, L.K.W. 2019. Pengaruh Harga Peralite Terhadap Daya Beli Konsumen Pada Spbu Karang Tumaritis Pt. Tri Tunggal Sakti Cemerlang Di Kabupaten Nabire. *Skripsi.* Universitas Satya Wiyata Mandala. Papua.
- Rosid. 2015. Analisis Proses Pembakaran Sistem *Injection* Pada Sepeda Motor Dengan Menggunakan Bahan Bakar Premium Dan Pertamina. *Jurnal Teknologi Vol 7(2):* 1-7.
- Rosid. 2016. Analisa Proses Pembakaran Pada Motor Bensin 113.5 Cc Dengan Simulasi *Ansys.* *Jurnal Teknologi Vol 8(2):* 1-10.
- Sanata, A. 2012. Optimalisasi Prestasi Mesin Bensin Dengan Variasi Temperatur Campuran Bahan Bakar Premium Dan Etanol. *Jurnal ROTOR.* 5(2): 1–7.
- Untung, S.D. dan Wahyudi, T.H. 2015. Pengaruh Volume Ruang Bakar Sepeda Motor Terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4-Langkah. *Skripsi.* Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung.

- Wahyu Dian. 2019. Uji Kinerja Mesin Fiat 4-Tak dengan Kapasitas 1.100 CC Menggunakan *Automotive Engine Test Bed T101D*. *Skripsi*. Politeknik Negri Padang. Padang.
- Wardono. 2004. Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah. Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Winarno, J. 2014. Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. *Skripsi*. Universitas Janabadra. Yogyakarta.
- Wiratmaja, I.G. 2010. Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian *Biogasoline*. *Skripsi*. Universitas Udayana. Bali.