

**PENGGUNAAN BENTONIT YANG DIAKTIVASI SECARA FISIK  
MENGUNAKAN *MICROWAVE* ATAU OVEN UNTUK  
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SERTA MEREDUKSI EMISI GAS  
BUANG MESIN BENSIN 4 LANGKAH *TECQUIPMENT* TD201**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**DAUD YOSUA ARUAN**

**(1755021008)**



**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**BANDAR LAMPUNG**

**2024**

**PENGGUNAAN BENTONIT YANG DIAKTIVASI SECARA FISIK  
MENGUNAKAN *MICROWAVE* ATAU OVEN UNTUK  
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SERTA MEREDUKSI EMISI GAS  
BUANG MESIN BENSIN 4 LANGKAH *TECQUIPMENT* TD201**

**Oleh**

**DAUD YOSUA ARUAN**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2024**

**ABSTRAK****PENGGUNAAN BENTONIT YANG DIAKTIVASI SECARA FISIK  
MENGUNAKAN *MICROWAVE* ATAU OVEN UNTUK  
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SERTA MEREDUKSI EMISI GAS  
BUANG MESIN BENSIN 4 LANGKAH *TECQUIPMENT* TD201****Oleh****Daud Yosua Aruan**

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021 penambahan kendaraan bermotor sebanyak 120.042.298 unit meningkat sebesar 4,1 persen dari tahun sebelumnya. Menanggapi permasalahan tersebut, salah satu cara penghematan bahan bakar dapat dicapai dengan meningkatkan prestasi mesin menggunakan *filter* udara yang terbuat dari bentonit. *Filter* udara yang terbuat dari bentonit memiliki kemampuan menyerap uap air (H<sub>2</sub>O) dan nitrogen (N<sub>2</sub>) yang terkandung dalam udara pembakaran. Penggunaan filter bentonit dapat memberikan udara yang kaya oksigen yang masuk ke ruang bakar untuk meningkatkan kualitas dari proses pembakaran. Dalam penelitian ini, *filter* dibuat dari bentonit konsentrasi 70% dan air 30%, yang diaktivasi fisik pemanasan menggunakan microwave, dan pada berbagai massa 25 gram, 50 gram, dan 100 gram. Pengujian dilakukan menggunakan mesin bensin 4-langkah Tequipment TD201 yang berlokasi di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Berdasarkan pengujian, diperoleh bahwa *filter* udara bentonit yang diaktivasi microwave dapat meningkatkan prestasi mesin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan daya engkol terbaik terjadi pada penggunaan massa 100 gram dengan temperatur aktivasi 65°C, diperoleh sebesar 9,80%, diikuti terbaik kedua terjadi pada massa 100 gram temperatur aktivasi 77°C sebesar 9,29%, dan terbaik ketiga terjadi pada massa 25 gram temperatur aktivasi 77°C sebesar 4,73%. Sementara itu, emisi gas buang mengalami penurunan terbaik terjadi pada putaran mesin 1500 rpm, massa 100 gram temperatur aktivasi 65°C, mampu menurunkan kadar CO sebesar 8% (mereduksi sebesar 54,55%), dapat menurunkan kadar HC sebesar 10 ppm (mereduksi sebesar 33,33%), dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 18% (mereduksi sebesar 40,00%).

Kata kunci : *filter* udara, adsorben bentonit, prestasi mesin, emisi.

**ABSTRACT*****THE EFFECT OF PHYSICAL ACTIVATED BENTONITE USING A MICROWAVE OR OVEN TO INCREASE ENGINE PERFORMANCE AND REDUCE EXHAUST GAS EMISSIONS OF 4-STEPS GASOLINE ENGINE TECQUIPMENT TD201*****By****Daud Yosua Aruan**

*According to the Central Statistics Agency (BPS), in 2021 the addition of motorized vehicles was 120,042,298 units, an increase of 4.1 percent from the previous year. In response to this problem, one way to save fuel can be achieved by improving engine performance using an air filter made from bentonite. Air filters made from bentonite have the ability to absorb water vapor (H<sub>2</sub>O) and nitrogen (N<sub>2</sub>) contained in combustion air. The use of a bentonite filter can provide oxygen-rich air into the combustion chamber to improve the quality of the combustion process. In this research, filters were made from 70% bentonite and 30% water, which were activated by physical heating using a microwave, and at various masses of 25 grams, 50 grams and 100 grams. Tests were carried out using a Tequipment TD201 4-stroke petrol engine located at the Combustion Motor and Propulsion Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of Lampung. Based on testing, it was found that microwave-activated bentonite air filters can improve engine performance. The test results showed that the best increase in cranking power occurred when using a mass of 100 grams with an activation temperature of 65°C, which was obtained at 9.80%, followed by the second best occurring at a mass of 100 grams with an activation temperature of 77°C at 9.29%, and the third best occurring at mass of 25 grams, activation temperature of 77°C is 4.73%. Meanwhile, the best reduction in exhaust emissions occurred at an engine speed of 1500 rpm, a mass of 100 grams, an activation temperature of 65°C, capable of reducing CO levels by 8% (reducing by 54.55%), able to reduce HC levels by 10 ppm (reducing by 33.33%), can reduce CO<sub>2</sub> levels by 18% (reducing by 40.00%).*

*Keywords: air filter, bentonite adsorbent, engine performance, emissions.*

**LEMBAR PENGESAHAN**

Judul Skripsi : **PENGUNAAN BENTONIT YANG DI  
AKTIVASI SECARA FISIK MENGGUNAKAN  
MICROWAVE ATAU OVEN UNTUK  
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SERTA  
MEREDUKSI EMISI GAS BUANG MESIN  
BENSIN 4 LANGKAH TEQUIPMENT TD 201**

Nama Mahasiswa : **Daud Yosua Aruan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1755021008**

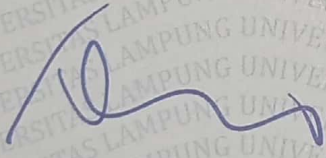
Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**

**MENYETUJUI**

Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2

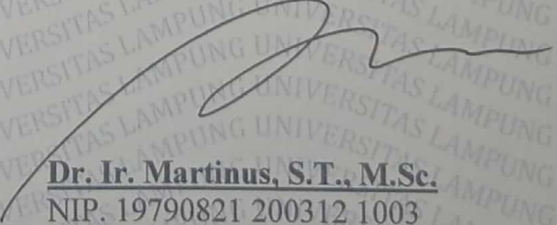
  
**Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN. Eng.**  
NIP. 196606822 199512 1001

  
**M. Dyan Susila Eka Sakti, S.T., M.Eng.**  
NIP. 19801001 200812 1001

Ketua Jurusan  
Teknik Mesin

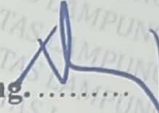
Ketua Program Studi  
S1 Teknik Mesin

  
**Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP. 19710817 199802 1003

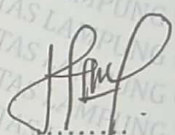
  
**Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19790821 200312 1003

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua Penguji : Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN. Eng.** 

**Anggota Penguji : M. Dyan Susila Eka Sakti, S.T., M.Eng.** 

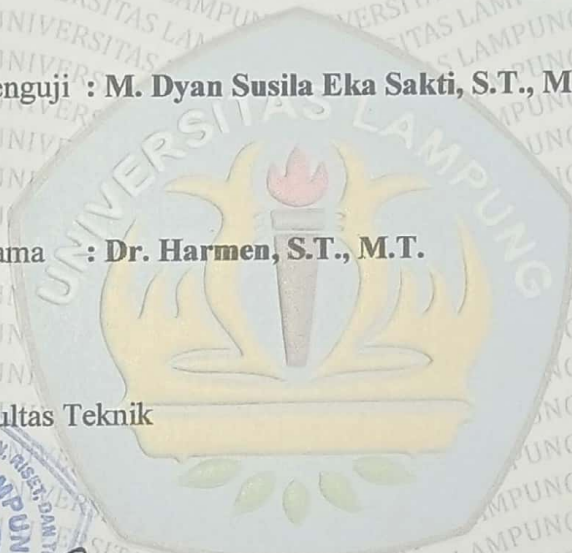
**Penguji Utama : Dr. Harmen, S.T., M.T.** 

**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.** 

**NIP. 19750928 200112 1002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 6 Februari 2024**



## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Maret 2024



Daud Yosua Aruan

NPM. 1755021008

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Daud Yosua Aruan, lahir pada tanggal 03 April 1999 di Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Penulis merupakan anak ke tiga dari empat bersaudara dari pasangan Pungu Aruan dan Sarmauli Marpaung. Penulis bersekolah di SMK YADIKA NATAR Lampung Selatan dengan Jurusan Teknik Kendaraan Ringan lulus pada tahun 2017 silam. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui penerimaan jalur SMMPTN Barat pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) di bidang Kreativitas. Pada bulan September tahun 2021 penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Bukit Asam. Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan dengan judul “Perhitungan Efisiensi *Crusher Gundlach QC5A* Unit RCD III di PT. Bukit Asam. Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan”, yang berlokasi di Jl. Soekarno Hatta KM. 15, Tarahan, Srengsem, Panjang, Kota Bandar Lampung Provinsi Lampung. Penulis Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2021 di Desa Candimas, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. Penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Prestasi Mesin dan Motor Bakar di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi pada tahun 2022. Pada tahun 2024 penulis menyelesaikan studi S1 Teknik Mesin dengan Skripsi yang berjudul “Penggunaan Bentonit Yang Diaktivasi Secara Fisik Menggunakan Microwave atau Oven Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Serta Mereduksi Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah *Tecquipment TD201*”.



## MOTTO

Filipi 4:6

“Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan Syukur”

Mazmur 94:14

“Sebab TUHAN tidak akan membuang umat-Nya, dan milik-Nya sendiri tidak akan ditinggalkan-Nya”

Amsal 17:22

“Hati yang gembira adalah obat yang manjur, tetapi semangat yang patah mengeringkan tulang”

*“Ora et labora”*

*“De gustibus non est disputandum”*

*“Homo proponit, sed Deus disponit”*

“Catat apa yang kamu Kerjakan, Kerjakan apa yang kamu Catat” -*Daud Yosua Aruan*

“Keunggulan bukanlah suatu Tindakan, tetapi kebiasaan” -*Aristoteles*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ku ucapkan atas kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena berkat dan kasih karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penggunaan Bentonit Yang Diaktivasi Secara Fisik Menggunakan Microwave atau Oven Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Serta Mereduksi Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah *Tecquipment* TD201”. 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

Daud Yosua Aruan

## SANWACANA

Salam Sejahtera

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan karunia yang telah dilimpahkanNya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi dengan mempersembahkan judul “Penggunaan Bentonit Yang Diaktivasi Secara Fisik Menggunakan Microwave atau Oven Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Serta Mereduksi Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah *Tecquipment* TD201” dengan sebaik-baiknya, sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas semua bimbingan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak, untuk itu dengan segala ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih antara lain kepada:

1. Kedua orangtua ku tercinta Bapakku Pungu Aruan dan Mamaku Sarmauli Marpaung atas segala nasehat dan semangat yang telah diberikan, atas semua kasih sayang yang tulus, atas segala pengorbanan dan perjuangan untuk memberikan pendidikan yang terbaik untuk anaknya, serta do'a yang tulus yang terus menerus mengalir untuk mendo'akan anaknya.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.

5. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM, ASEAN. Eng. selaku dosen pembimbing utama Skripsi ini, yang banyak memberikan waktu, arahan, semangat, serta motivasi bagi penulis.
6. Bapak M. Dyan Susila Eka Sakti, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua Skripsi yang telah memberikan ide, arahan dan juga waktu bagi penulis.
7. Bapak Dr. Harmen, S.T., M.T. sebagai pembahas Skripsi yang memberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani masa studi diperkuliahan.
9. Staf akademik serta Asisten Laboratorium yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
10. Saudara-saudariku Indriani Risda Aruan., Mastiur Debora Aruan., dan Sari Amelia Putri Aruan yang telah memberi semangat, memberi nasehat-nasehat dan masukan-masukan serta memberi dukungan moril maupun materil selama penulisan skripsi.
11. Teman-temanku SNL Team yang sudah memberikan motivasi serta berbagi ilmu dalam penyelesaian skripsi ini menuju gelar yang diinginkan yaitu S.T.
12. Teman-temanku seluruh Teknik Mesin 2017 yang sudah banyak sekali membantu. Semoga kebersamaan yang pernah dilalui baik suka maupun duka akan selalu menjadi kenangan yang tidak akan terlupa.
13. Teman-temanku anak-anak kantin MK yang sudah membantu dan memberikan semangat.
14. Teknisi laboratorium dan rekan penelitian Yohanes Yonathan Tebu yang telah memberikan dukungan, membantu dalam proses penelitian dan memberikan do'a dalam penyelesaian skripsi ini.

Kritik dan saran sangatlah penulis harapkan agar penulis semakin belajar dalam segala hal, dan guna kesempurnaan dalam skripsi ini. Semoga dengan kebaikan, dukungan dan yang telah diberikan pada penulis mendapatkan kasih dan karunia dari Tuhan Yesus Kristus. Penulis menyadari dalam penyajian

kripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk teman-teman yang sedang berjuang untuk menyelesaikan kuliahnya.

Bandar Lampung, Maret 2024

Penulis,

Daud Yosua Aruan

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>NOMENKLATUR .....</b>	<b>xxi</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Sistematika Penulisan.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Motor Bakar.....	8
2.2 Jenis Motor Bakar .....	8
2.3 Motor Bensin .....	11
2.4 Proses Pembakaran .....	13
2.5 Parameter Prestasi Mesin Bensin 4-Langkah .....	15
2.6 Emisi Gas Buang .....	16
2.7 <i>Filter</i> Udara .....	18
2.8 Bentonit .....	22
2.9 Aktivasi Bentonit .....	25
<b>III. METOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Alat Penelitian .....	28

3.2 Bahan Penelitian .....	34
3.3 Persiapan Penelitian .....	35
3.4 Persiapan pengujian .....	39
3.5 Prosedur Pengujian .....	39
3.6 Tahapan dan Lokasi Penelitian .....	44
3.7 Analisis Data .....	45
3.8 Diagram Alir Pengujian .....	46
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	48
4.2 Pembahasan .....	51
4.2.1 Pengaruh Penggunaan <i>Filter</i> Udara Bentonit Teraktivasi Fisik Dengan Variasi Temperatur dan Daya Terhadap Daya Engkol....	51
4.2.2 Pengaruh Penggunaan <i>Filter</i> Udara Bentonit Teraktivasi Fisik Dengan Variasi Temperatur Aktivasi dan Daya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Engkol .....	56
4.2.3 Persentase Rata-rata Terbaik Kenaikan Daya Engkol dan Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Engkol Dengan Tanpa <i>Filter</i> .....	59
4.2.4 Rata-rata Terbaik Kenaikan Torsi dan Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Engkol .....	60
4.2.5 <i>Filter</i> Bentonit Terbaik Berdasarkan Persentase Kenaikan Daya Engkol, Torsi, dan Penurunan Bsfcr Rata-rata .....	61
4.2.6 Pengaruh Penggunaan Pelet <i>Filter</i> Bentonit Teraktivasi Fisik Berdasarkan Massa Rata-rata Terbaik Daya Engkol dan Bsfcr Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah .....	62
4.2.6.1 Pengaruh <i>Filter</i> Bentonit Terhadap Kadar CO .....	63
4.2.6.2 Pengaruh <i>Filter</i> Bentonit Terhadap Kadar HC .....	65
4.2.6.3 Pengaruh <i>Filter</i> Bentonit Terhadap Kadar CO <sub>2</sub> .....	68
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>

5.1 Simpulan .....	71
5.2 Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>78</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Mesin Pembakaran Dalam .....	9
Gambar 2. Siklus Motor Bensin 2-Langkah .....	12
Gambar 3. Siklus Motor Bensin 4-Langkah .....	12
Gambar 4. Diagram P-V Ideal Motor Bakar Bensin 4-Langkah .....	13
Gambar 5. Filter Udara Kertas .....	20
Gambar 6. Filter Udara .....	21
Gambar 7. Filter Udara Busa .....	23
Gambar 8. Bentonit .....	23
Gambar 9. Mesin bensin 4-langkah Kohler .....	28
Gambar 10. Unit Instrument V-DAS .....	29
Gambar 11. Software <i>TecQuipment</i> VDAS .....	30
Gambar 12. Ayakan <i>Mesh</i> 100.....	30
Gambar 13. Gelas Ukur.....	31
Gambar 14. Tumbukan.....	31
Gambar 15. Oven Listrik.....	32
Gambar 16. Timbangan Digital .....	32
Gambar 17. Microwave Aqua SANYO AEMS 1812S.....	33
Gambar 18. Roller Ampia.....	33
Gambar 19. Cetakan Pelet.....	34
Gambar 20. Bubuk Bentonit .....	34
Gambar 21. Air Aquadest .....	35
Gambar 22. Mengayak Bentonit Dengan Ayakan 100 <i>Mesh</i> .....	35
Gambar 23. Proses pembuatan pelet .....	36
Gambar 24. Pencetakan pelet .....	36
Gambar 25. Aktivasi Pelet Bentonit .....	37
Gambar 26. Variasi massa pelet.....	38
Gambar 27. Saringan udara filter bentonit .....	38
Gambar 28. Bukaan Katup Laju Aliran Beban Dinamometer .....	41
Gambar 29. Mengkalibrasi Torsi dan Tekanan.....	41
Gambar 30. Selang <i>Probe</i> .....	43
Gambar 31. <i>Exhaust Gas Analyzer</i> Stargas 898.....	44
Gambar 32. Diagram Alir Pengujian Prestasi Mesin.....	46

Gambar 33. Diagram Alir Pengujian Emisi Gas Buang .....	47
Gambar 34. Pengaruh penggunaan filter udara bentonit teraktivasi fisik dengan komposisi 70% dan variasi temperatur aktivasi terhadap daya engkol .....	52
Gambar 35. Kenaikan daya engkol pada penggunaan pelet bentonit aktivasi fisik untuk variasi temperatur.....	56
Gambar 36. Pengaruh aktivasi fisik filter bentonit dan tanpa filter terhadap penurunan bsfc berdasarkan putaran mesin .....	57
Gambar 37. Grafik penurunan bsfc pada penggunaan filter bentonit untuk variasi temperatur aktivasi .....	58
Gambar 38. Persentase rata-rata kenaikan daya engkol dan penurunan bsfc .....	59
Gambar 39. Persentase rata-rata kenaikan torsi dan penurunan bsfc.....	60
Gambar 40. Pengaruh penggunaan pelet <i>filter</i> bentonit terhadap kadar emisi CO.....	64
Gambar 41. Pengaruh penggunaan pelet filter bentonit terhadap kadar emisi HC.....	66
Gambar 42. Pengaruh penggunaan pelet filter bentonit terhadap kadar emisi CO <sub>2</sub> .....	69

**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
Tabel 1. Komposisi Bentonit .....	25
Tabel 2. Sifat fisik bentonit.....	27
Tabel 3. Konsentrasi Campuran Bentonit dan Air aquades .....	37
Tabel 4. Variasi Massa Pelet Bentonit .....	38
Tabel 5. Data hasil pengujian konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc) pada beban dinamometer 1 putaran .....	49
Tabel 6. Data hasil pengujian Torsi (Nm) pada beban dinamometer 1 putaran.....	50
Tabel 7. Data hasil pengujian daya engkol bP (kW) pada beban dinamometer 1 putaran.....	50
Tabel 8. Persentase filter bentonit terbaik kenaikan daya engkol .....	61
Tabel 9. Persentase filter bentonit terbaik kenaikan torsi .....	62
Tabel 10. Persentase filter terbaik penurunan bsfc .....	62
Tabel 11. Data hasil pengujian emisi gas buang mesin bensin 4 langkah .....	63

## NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
bP	Daya Engkol	Kw
$bsfc$	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	kg/kWh
$fc$	Faktor koreksi laju pemakaian udara	-
Man	Pembacaan mmH <sub>2</sub> O pada manometer	mmH <sub>2</sub> O
$\dot{m}_{a,ct}$	Laju Pemakaian Udara Aktual	kg/h
$\dot{m}_{a,th}$	Laju Pemakaian Udara Teoritis	kg/h
$m_f$	Laju Pemakaian Bahan Bakar	kg/h
N	Putaran Mesin	Rpm
Pa	Tekanan udara masuk/ ruangan	Pascal
$Sgf$	<i>Specific gravity</i>	-
t	Waktu Pemakaian Bahan Bakar	Detik
Ta	Temperatur Udara Masuk	°C
$\tau_{AP}$	Torsi Aktual	Nm
$\tau_{RD}$	Torsi Hasil Pembacaan	Nm
A/F	Perbandingan Udara-Bahan Bakar	-

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan sektor transportasi di Indonesia khususnya pada kendaraan bermotor semakin hari terus meningkat, berdampak pada peningkatan konsumsi bahan bakar serta peningkatan polusi udara. Hal ini dapat dilihat pada Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 penambahan kendaraan sebanyak 112.771.136 unit, ditahun 2020 naik 1,9 persen dari catatan hasil 2019 sebanyak 115.023.039 unit dan pada tahun 2021 penambahan kendaraan 120.042.298 unit meningkat 4,1 persen (BPS, 2023).

Pencemaran udara atau polusi adalah kualitas udara yang mengalami penurunan akibat pengaruh zat atau partikel pencemar. Dalam mengurangi polusi udara oleh kendaraan, salah satu upaya yaitu dengan cara meningkatkan prestasi mesin oleh kendaraan. Hubungan antara prestasi mesin dan polusi udara adalah tidak sempurnanya proses pembakaran, yang dimana lebih kayanya bahan bakar dibandingkan udara pada perbandingan campuran udara dan bahan bakar. Bahan bakar yang terlalu kaya mengakibatkan emisi gas buang yang cukup tinggi, meningkatnya emisi gas buang dapat menurunkan prestasi mesin tersebut. Syarat untuk terjadinya pembakaran sempurna pada ruang bakar yaitu suplai oksigen, bahan bakar dan panas pembakaran yang cukup. Didalam ruang

bakar tidak terjadi pembakaran yang sepenuhnya sempurna dimana ada rugi-rugi yaitu panas dan bahan bakar pada proses penyalaan atau langkah awal menghidupkan mesin. Kandungan udara terdiri dari 20,95% O<sub>2</sub>, 78,08% N<sub>2</sub>, 0,034% CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O. Adanya kandungan N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dapat membuat suatu proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Jika udara yang masuk dalam proses pembakaran pada mesin motor bakar terdapat N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O maka gas-gas tersebut dapat menyerap panas pembakaran di dalam ruang bakar. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat berkurang dan menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna (Wardono, 2004).

Campuran udara dan bahan bakar yang tidak seimbang ( bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan udara ) akan mengakibatkan pembakaran tidak sempurna dan menurunnya kinerja mesin. Pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan gas hasil pembakaran yang tidak sempurna juga, seperti gas CO dan HC. Apabila pencampuran bahan bakar dan udara berlangsung dengan baik, maka proses pembakaran pada ruang bakar akan menjadi baik dan mengakibatkan kinerja mesin tersebut meningkat. Cara untuk meminimalisir kadar emisi gas buang N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O yaitu dengan menyempurnakan proses pembakaran, untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna maka diperlukan suatu udara yang kaya oksigen (Fatkhuniam, 2018).

Dalam mengalirkan udara pada ruang bakar, filter memiliki peranan yang sangat penting. Selain untuk meredam suara kebisingan yang dihasilkan dari udara yang masuk, filter udara juga mampu meningkatkan prestasi mesin. Apabila tanpa menggunakan filter, udara yang masuk tidak akan tersaring dan

juga debu akan ikut masuk. Partikel debu yang ikut masuk dapat menumpuk (kerak), yang membuat suara mesin terdengar kasar dan juga meningkatnya kadar emisi gas buang pada kendaraan seperti asap knalpot yang cukup tebal. Penggunaan filter udara pada umumnya berbahan kertas, busa, dan *stainless*, namun terdapat bahan filter udara lain yang dapat digunakan yaitu memanfaatkan bahan zeolit alam, *fly ash* batubara, dan bentonit digunakan untuk menyaring udara yang masuk ke ruang bakar pada proses pembakaran, karena bahan tersebut memiliki kemampuan sebagai adsorben. Selain bentonit, campuran zeolit alam dan *fly ash* batubara juga dapat menangkap nitrogen dan uap air. Berdasarkan penelitian Rilham (2012), bahan-bahan ini dapat menyerap kandungan uap air dan nitrogen di udara yang akan memasuki ruang bakar sehingga kadar oksigen yang masuk menuju ruang bakar dalam proses pembakaran sangat cukup.

Bentonit adalah istilah untuk lempung (*clay*) yang mengandung monmorilonit. Monmorilonit yaitu mineral yang ada di permukaan tanah yang tersusun dari mineral alumina silikat yang mempunyai struktur kristal berlapis dan berpori yang dimanfaatkan sebagai adsorben. Bentonite termasuk mineral lempung *clay* yang mengandung sekitar 80% monmorilonit dan sisanya antara lain kaolit, illit, feldspar, gypsum, abu vulkanik, kalsium karbonat, pasir kuarsa dan mineral lainnya. Bentonite adalah adsorben alluminio phyllosilicate yang terdapat pada clay yang mengandung 80% montmorillonite yang terdiri atas  $(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$  (Atikah, 2017).

Menurut (Bapeda Lampung, 2019). Potensi bahan tambang bentonit di Provinsi Lampung tersebar di beberapa wilayah antara lain di Kabupaten Tanggamus dengan deposit sebesar 88,7 juta m<sup>3</sup> dan di Kabupaten Waykanan sebesar 60 juta m<sup>3</sup>. Bentonit digunakan dalam berbagai aplikasi industri sebagai bahan perekat, filter udara, keramik, adsorben pemurnian bioetanol, peningkatan kandungan senyawa isopulegol pada minyak sereh dan berbagai industri farmasi. Pada umumnya endapan bentonit di Indonesia termasuk Ca-Bentonit (kalsium betonit). Penggunaan bentonit didasarkan potensi jumlah cadangan sebesar 380 juta ton yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan Tengah, dan Sulawesi. Namun pengusahaan ataupun pemanfaatannya masih belum optimal. Melihat potensi yang ada dengan jumlah cadangan yang cukup besar, maka bentonit mempunyai peluang yang cukup besar untuk dikembangkan.

Bentonit memiliki bentuk senyawa yang tidak jauh berbeda dengan zeolit, dan kesamaan sifat dengan zeolit yaitu dapat mengadsorbsi uap air dan nitrogen. Dalam istilah orang awam, bentonit memiliki bentuk seperti setumpuk kartu yang dijepit bersamaan. Ketika terkena air, kartu atau tanah liat ini bergeseran terpisah berkeping-keping. Kemudian menarik air ke daerah negatif, bentonit memegang air pada tempatnya yang serupa dengan besi kepada sebuah magnet (Wardono, 2011).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmatulloh (2021), menunjukkan bahwa penggunaan filter berbahan bentonite dapat menghemat konsumsi bahan bakar pada motor bensin 4-langkah Tecumseh TD110. Kenaikan daya engkol rata-rata terbaik yaitu terjadi pada konsentrasi 70% dengan temperatur aktivasi 150°C



dan massa 25 gram yaitu rata-rata sebesar 31,13%. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata terbaik terjadi pada konsentrasi 70% dengan temperatur aktivasi 150°C dan massa 25 gram yaitu rata-rata sebesar 66,86%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diatas akan dikemukakan hasil penelitian pembuatan dari pelet bentonit dengan cara sederhana, dan digunakan untuk mengetahui prestasi mesin dari mesin bensin 4-langkah Tequipment TD 201, dan mereduksi emisi gas buang motor bensin yang ada di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pemanfaatan bentonit teraktivasi fisik terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah, dan mereduksi emisi gas buang:

1. Memanfaatkan bentonit kalsium sebagai adsorben yang mampu meningkatkan prestasi mesin pada motor bensin 4-langkah TD201 *Small Engine Test Set* .
2. Meningkatkan pereduksian emisi gas buang pada motor bensin 4-langkah TD201 *Small Engine Test Set*.
3. Mengetahui pengaruh variasi temperatur aktivasi fisik oven sebesar 150°C dan 175°C.
4. Mengetahui pengaruh variasi microwave dengan power yang digunakan 60%, dan 80%.
5. Mengetahui pengaruh variasi untuk massa pelet 25, 50, dan 100 gram.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini penulis membatasi masalah penelitian yaitu:

1. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin bensin 4-langkah TD201 *Small Engine Test Set*.
2. Aktivasi fisik menggunakan oven listrik durasi 60 menit.
3. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali untuk mencari rata-rata hasil.
4. Alat yang digunakan dalam pembuatan pelet bentonit menggunakan cetakan sederhana, oleh karena itu tekanan pada saat pembuatan diabaikan.
5. Diameter bentonit yang diuji berdiameter 10 mm dengan ketebalan 3 mm.
6. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertalite.

### 1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

#### **I : PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

#### **II : TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan teori tentang motor bakar, Klasifikasi motor bakar, Motor bensin, Proses pembakaran, Parameter prestasi mesin bensin 4-langkah, Emisi gas buang, Filter udara, Bentonit, Cara membuat filter udara dari bentonit.

#### **III : METODOLOGI PENELITIAN**

Terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan

penelitian, diantaranya tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur pengujian dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

#### **IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisikan hasil penelitian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh pada pengujian mesin bensin 4-langkah tecumesh TD201 setelah pengujian.

#### **V : SIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan mengenai dari hasil penelitian yang diperoleh dari analisis data dan pembahasan hasil penelitian. Selain itu, memuat keterbatasan penelitian serta saran yang baik dan bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Memuat referensi yang dipergunakan penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

#### **LAMPIRAN**

Berisikan pelengkap data-data laporan penelitian tugas akhir.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Motor Bakar**

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang fungsinya untuk mengkonversi energi thermal dari hasil pembakaran menjadi suatu energi mekanis atau gerak. Terjadinya energi termal disebabkan adanya suatu proses pembakaran bahan bakar yang tercampur dengan udara dalam sistem pembakaran. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak (Wardono, 2004). Motor bakar dibagi menjadi beberapa jenis yaitu motor bakar bensin dan motor diesel.

### **2.2 Jenis Motor Bakar**

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) macam. Adapun pengklasifikasi pada motor bakar adalah sebagai berikut:

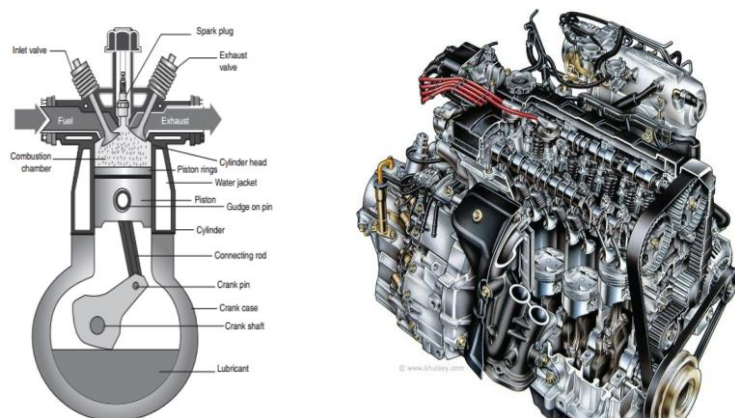
#### **2.2.1 Berdasarkan Pembakarannya:**

1. Mesin pembakaran dalam

Mesin pembakaran dalam yang disebut juga sebagai Internal Combustion Engine (ICE), yaitu dimana proses pembakaran berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri, Sehingga gas pembakaran yang terjadi berfungsi sebagai fluida kerja. Contohnya motor bensin, dan motor diesel. Pada umumnya mesin pembakaran dalam yaitu motor bakar torak misalnya motor 2 tak, dan motor 4 tak. Motor pembakaran dalam dapat dilihat pada Gambar 1.

Hal-hal yang dimiliki dalam mesin pembakaran dalam yaitu:

1. Berat tiap satuan tenaga mekanis lebih irit.
2. Pemakaian bahan bakar irit.
3. Kontruksi lebih sederhana, karena tidak memerlukan ketel uap, kondensor, dan lain sebagainya.



Gambar 1. Mesin Pembakaran Dalam  
( Rokhman, 2020 ).

## 2. Mesin pembakaran luar

Mesin pembakaran luar yang disebut juga sebagai Eksternal Combustion Engine (ECE), yaitu dimana proses pembakaran yang terjadi diluar mesin. Pada mesin pembakaran luar proses pembakaran

terjadi di luar mesin utama yaitu melalui dinding pemisah, contohnya pada mesin uap (Suriansyah, 2010).

### 2.2.2 Berdasarkan sistem penyalaan

Adapun sistem penyalaan pada motor bakar sebagai berikut :

#### 1. Motor bensin

Motor bensin dapat juga sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan bunga api listik yang membakar campuran bahan bakar dan udara karena motor ini cenderung disebut spark ignition engine. Pembakaran bahan bakar dengan udara ini menghasilkan daya. Dalam siklus otto (siklus ideal) pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasukan panas pada volume konstan.

#### 2. Motor diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin. Proses penyalaan bukan menggunakan loncatan bunga api listik akan tetapi menggunakan busi pemanas (*glowplug*) untuk memanaskan ruang bakar sebelum proses pembakaran. Pada waktu torak hampir mencapai titik TMA bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar, Terjadilah pembakaran pada ruang bakar pada saat udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi.

## 2.3 Motor Bensin

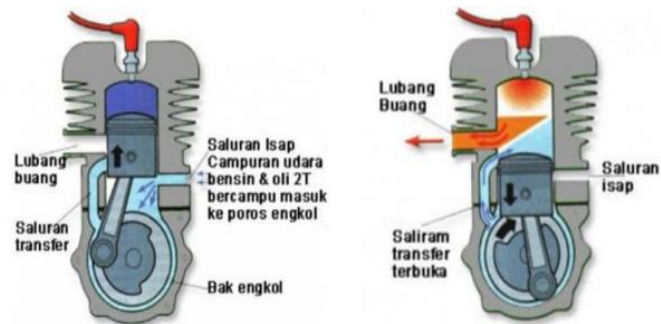
Motor bensin adalah teknologi sistem *port injection*, yang proses pembakarannya menggunakan nyala busi dimana bahan bakar di semprotkan kedalam intake manifold. Melalui inovasi yang mampu memberikan injection bahan bakar dan campuran udara. Karakter ini memiliki potensi yang besar untuk mengoptimalkan pemasukan bahan bakar, dalam menghasilkan pembakaran yang lebih baik pada pemakaian bahan bakar yang lebih hemat.

Pengembangan teknologi sangat cepat melalui penemuan metode untuk memasukkan bahan bakar secara efektif dilakukan melalui injeksi atau penyuntikan, yang mampu mereduksi kekurangan-kekurangan pada kinerja mesin (Rosid, 2016). Dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap terbakar dan busi meloncatkan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat sehingga campuran tersebut terbakar habis seketika dan menimbulkan kenaikan suhu dalam ruang bakar. Motor bensin dibedakan menjadi 2 yaitu motor bensin 2-langkah dan motor bensin 4-langkah.

### 2.3.1 Motor bensin 2-langkah

Motor bensin 2-langkah adalah mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan campuran udara dan bensin. Untuk menyelesaikan empat siklus kerja pada mesin 2-langkah membutuhkan satu kali putaran poros, maka dari itu motor bensin 2-langkah tergolong motor bensin dengan keunggulannya yang lebih

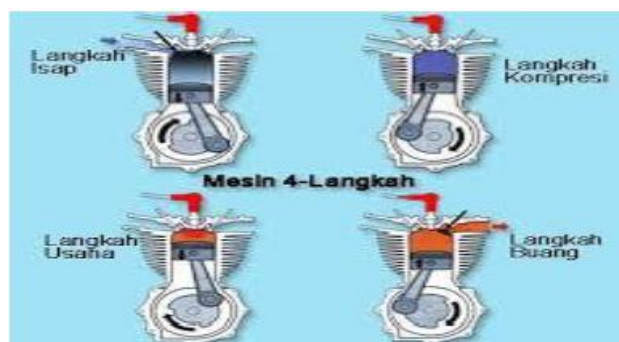
responsif saat akselerasi dan perawatannya yang mudah dengan konsekuensi bahan bakar yang lebih boros (Susilo, 2015).



Gambar 2. Siklus motor bensin 2-langkah  
(Susilo, 2015).

### 2.3.2 Motor bensin 4-langkah

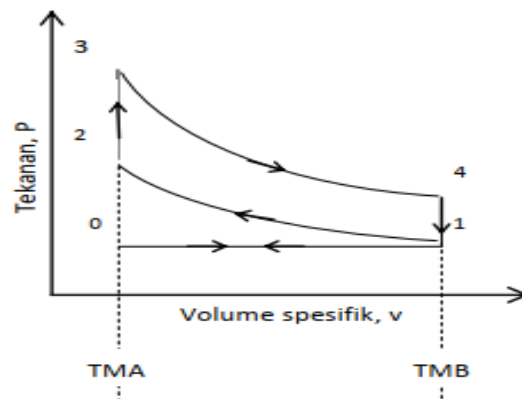
Motor bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan campuran udara dan bensin. Untuk menyelesaikan empat siklus kerja pada mesin 4-langkah membutuhkan dua kali putaran poros (Wardono, 2004). Dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus motor bensin 4-langkah  
(Aprizal, 2013).



Pada motor bensin 4-langkah, torak bergerak bolak-balik didalam silinder. Titik terjauh (atas) yang dapat dicapai oleh piston (torak) tersebut dinamakan Titik Mati Atas (TMA), sedangkan titik terdekat disebut (bawah) Titik Mati Bawah (TMB). Dalam proses siklus motor empat langkah dilakukan oleh gerak piston dalam silinder tertutup yang bersesuaian dengan pengaturan gerak kerja. Untuk ,mengetahui lebih jelas mengenai proses yang pada motor bakar bensin 4-langkah dapat dijelaskan melalui Diagram P-V Siklus Ideal Motor Bensin 4-Langkah pada Gambar 4.

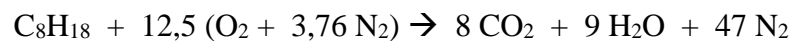


Gambar 4. Diagram P-V dari Siklus Ideal Motor Bakar Bensin 4-Langkah (Wardono, 2004).

## 2.4 Proses Pembakaran

Pembakaran adalah proses transfer energi panas yang terjadi pada ruang bakar antara oksigen ( $O_2$ ) dengan komponen bahan bakar (C dan H) pada temperatur dan tekanan tertentu. Unsur-unsur yang penting di dalam bahan bakar yaitu, karbon, hidrogen dan sulfur. Komponen utama dalam pembakaran adalah

udara, panas dan bahan bakar. Prinsip pembakaran pada motor bensin adalah membakar bahan bakar untuk memperoleh energi thermal. Energi ini selanjutnya digunakan untuk melakukan gerakan mekanik. Dengan demikian, proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang butuh panas awal yang cukup, dan mampu menaikkan temperatur dan tekanan gas pembakaran untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar. Berikut reaksi pembakaran sempurna bahan bakar premium ( $C_8H_{18}$ ), Wardono, 2004:



Prinsip kerja motor bensin, secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut, campuran udara dan bensin dari karburator diisap masuk ke dalam silinder, kemudian dimampatkan oleh gerak naik torak, dibakar untuk memperoleh tenaga panas, dengan terbakarnya gas-gas akan meningkatkan temperatur dan tekanan. Ketika torak bergerak naik turun di dalam silinder dan menerima tekanan tinggi akibat pembakaran, maka suatu tenaga kerja pada torak memungkinkan torak terdorong ke bawah. Sementara gas yang dibutuhkan pada proses pembakaran adalah oksigen untuk membakar bahan bakar yang mengandung molekul karbon dan hidrogen. Udara lingkungan yang dihisap masuk untuk proses pembakaran terdiri atas bermacam-macam gas, seperti nitrogen, oksigen, uap air, karbon monoksida, karbon dioksida, dan gas-gas lain (Sembiring, 2020).

## 2.5 Parameter Prestasi Mesin Bensin 4-Langkah

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan efisiensi *thermal*,  $\eta_{th}$ . Karena pada motor bakar 4 langkah selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi panas / kalor, maka efisiensi yang dikaji adalah efisiensi *thermal*. Efisiensi *thermal* adalah perbandingan energi (kerja / daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Prestasi mesin dapat juga dinyatakan dengan daya *output* dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang dihasilkan mesin. Daya *output* engkol menunjukkan daya *output* yang berguna untuk menggerakkan sesuatu atau beban. Sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik engkol menunjukkan seberapa efisien suatu mesin menggunakan bahan bakar yang disuplai untuk menghasilkan kerja. 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):

### 1. Daya engkol

Daya engkol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$bP = \frac{2\pi \cdot N \cdot \tau_{RD}}{60000} \dots\dots\dots(1)$$

$$\tau_{ap} = 1,001 \cdot \tau_{RD}, \dots\dots\dots(2)$$

### 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:

$$\dot{m}_{a,th} = 1,0135 \dot{m}_{an} + 1,211 \dots\dots\dots(3)$$

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

$$F_c = 3564,22 \times 10^{-5} Pa (T_a + 144) / (T_a)^{2,5} \dots\dots(4)$$

Maka laju pemakaian udara aktual,  $\dot{m}_{act}$  adalah:

$$\dot{m}_{act} = f_c \cdot \dot{m}_{ath}, \dots\dots\dots(5)$$

### 3. Laju pemakaian bahan bakar, $\dot{m}_f$

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

$$\dot{m}_f = \frac{sgf \times 3600 \times 8,10^{-8}}{t} \dots\dots\dots(6)$$

### 4. Pemakaian bahan bakar spesifik engkol, $bsfc$

$bsfc$  dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{bP} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

$sfc$  = *Specific fuel consumption* (kg/Hp.jam)

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

### 5. Perbandingan udara bahan bakar, A/F

Perbandingan udara bahan bakar aktual dapat dihitung dari persamaan berikut:

$$(A/F)_{act} = \frac{\dot{m}_{act}}{\dot{m}_f} \dots\dots\dots(8)$$

## 2.6 Emisi Gas Buang

Motor bakar dalam melakukan proses pembakaran bahan bakar dan udara akan mengeluarkan polutan yang saluran pembuangan mesin biasa disebut dengan emisi gas buang. Pembakaran yang sempurna sisa hasil pembakarannya berupa gas buang mengandung karbondioksida ( $CO_2$ ), uap air ( $H_2O$ ), dan

nitrogen ( $N_2$ ), tetapi saat setiap proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), karbondioksida ( $CO_2$ ), nitrogen oksida ( $NO_x$ ), dan timah hitam (Pb) (Ferdinan, 2016).

Berikut merupakan berbagai jenis polutan dari emisi gas buang yang dihasilkan oleh motor bakar bensin adalah sebagai berikut:

1. Karbon dioksida ( $CO_2$ )

Gas  $CO_2$  merupakan gas yang dihasilkan dalam proses pembakaran, bahan bakar dan udara yang terbakar semuanya. Semakin tinggi konsentrasi  $CO_2$  maka proses pembakaran semakin baik.

2. Uap air ( $H_2O$ )

$H_2O$  adalah hasil pembakaran sempurna dari bensin atau hidro karbon (HC) yang bereaksi dengan oksigen ( $O_2$ ). Tidak terbuangnya  $H_2O$  pada gas hasil pembakaran dapat menyebabkan mesin tidak dapat menyala.

3. Nitrogen ( $N_2$ )

Gas  $N_2$  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 ( $NO_x$ ).

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 suhu pada ruang bakar. Nitrogen adalah gas yang sangat stabil akan tetapi dalam kondisi suhu 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).

### **2.7 Filter Udara**

*Filter* udara memiliki fungsi untuk menyaring udara sebelum memasuki ruang bakar atau sebelum memasuki karburator (pada motor bensin). Kegunaan filter

udara sangat penting terlebih lagi dalam kondisi udara yang banyak mengandung kotoran seperti debu dan pasir, seperti di jalan raya yang padat lalu lintas. Udara perlu disaring agar bebas dari debu, kotoran, atau uap air yang berlebihan. Jika udara yang masuk ruang bakar masih kotor maka akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna dan akibatnya suara mesin terdengar kasar, knalpot akan mengeluarkan asap tebal, dan tenaga kendaraan menjadi kurang maksimal. Partikel debu yang ikut masuk ke dalam karburator atau injektor dapat menumpuk dan menyumbat aliran bahan bakar, yang mengakibatkan bahan bakar yang akan disuplai terhambat dan jumlahnya akan sedikit sehingga membuat campuran udara dan bahan bakar menjadi tidak seimbang (Wardono, 2004). Menurut (Sembiring, 2020) udara merupakan campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Di atmosfer, udara mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen dan 1% adalah uap air, karbon dioksida dan gas-gas lainnya. Hal ini jelas mengganggu proses pembakaran karena nitrogen dan uap air akan mengambil panas di ruang bakar, yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Agar mendapatkan pembakaran sempurna maka diperlukan filter yang dapat menyaring debu atau kotoran-kotoran dan berfungsi sebagai penyaring gas-gas yang tidak diperlukan dalam proses pembakaran.

Peranan dari filter udara pada kendaraan bermotor cukup penting tidak hanya untuk menyaring kotoran agar tidak masuk dan menyumbat ke area karburator atau injektor pada kendaraan yang dapat mengganggu performa dari kendaraan tersebut. Filter udara pada kendaraan bermotor harus sering dilakukan pengecekan agar dapat mengetahui kondisinya, jika kotor maka dapat dilakukan pembersihan dengan cara disemprot menggunakan angin bertekanan cukup

tinggi seperti dari kompresor, dan apabila keadaan filter udara sudah terlalu parah maka diperlukan penggantian. Peranan dari filter udara pada kendaraan bermotor cukup penting tidak hanya untuk menyaring kotoran agar tidak masuk dan menyumbat ke area karburator atau injektor pada kendaraan yang dapat mengganggu performa dari kendaraan. Filter udara pada kendaraan bermotor terbuat dari berbagai macam bahan seperti kertas, busa, dan kain dimana setiap bahan memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing.

#### 2.5.1 Filter Udara Kertas

Filter udara ini terbuat dari kertas (*dry paper base filter*) yang memiliki daya saring debu dan kotoran cukup baik membuat partikel dengan ukuran amat kecil bisa tersaring oleh filter berbahan kertas. Adapun kekurangan dari filter udara dari bahan kertas ini yaitu tidak bisa dibersihkan dengan air dan tidak boleh disikat karena dapat merobek bagian kertas pada filter. Untuk membersihkannya cukup dengan disemprotkan menggunakan angin kompresor. Berikut filter udara berbahan kertas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Filter Udara Kertas  
(Mughtar, 2017).



### 2.5.2 Filter Udara Kain

Filter udara ini terbuat dari bahan kain. Bahan dari kain dipilih karena dapat menyaring kotoran dan debu dengan cukup baik, selain itu untuk usia pakainya tergolong lama dan mudah untuk dibersihkan. Adapun kekurangan dari filter udara berbahan kain ini yaitu tidak boleh dibersihkan menggunakan udara bertekanan tinggi seperti dari kompresor karena akan membuat rongga antar anyaman benang pada kain filter. Berikut merupakan filter udara berbahan kain dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Filter Udara Kain

### 2.5.3 Filter Udara busa

Filter udara ini terbuat dari bahan busa atau foam (*wet foam filter*). Pada lapisan filter udara berbahan busa biasanya diberi oli sebagai pembantu penghambat debu atau kotoran agar tidak masuk ke ruang bakar dikarenakan pori-pori dari busa ini cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan kertas. Kekurangan dari filter berbahan busa yaitu tidak dapat dibersihkan dikarenakan lapisan yang diberi oli ketika sudah penuh dengan kotoran akan lengket sehingga hanya sekali pakai saja. Adapun filter udara berbahan busa dapat dilihat pada Gambar 7.



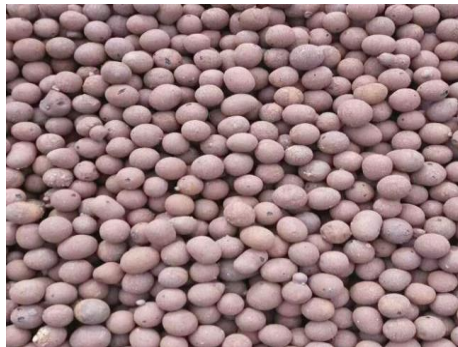
Gambar 7. Filter Udara Busa

## 2.8 Bentonit

Bentonite adalah istilah untuk lempung (*clay*) yang mengandung monmorilonit didalam dunia perdagangan dan termasuk kelompok dioktahedral. Bentonite termasuk mineral lempung *clay* golongan smektit dioktahedral yang mengandung sekitar 80% monmorilonit dan sisanya antara lain kaolit, illit, feldspar, gypsum, abu vulkanik, kalsium karbonat, pasir kuarsa dan mineral lainnya. Bentonite adalah adsorben alluminio phyllosilicate yang terdapat pada clay yang mengandung 80% montmorillonite yang terdiri atas  $(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$ . Bahan mineral ini bersifat lunak dengan tingkat kekerasan satu pada skala Mohs, berat jenisnya berkisar antara 1,7 sampai 2,7, mudah pecah, terasa berlemak bila dipegang, mempunyai sifat mengembang bila kena air (Atikah, 2017). Dapat dilihat pada Gambar 8.

Bentonit banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri sebagai bahan perekat, filler, lumpur bor, adsorben pestisida, adsorben kotoran binatang bahan pemucat (bleaching earth) dalam industri minyak sawit dan berbagai industri farmasi. Bentonit banyak digunakan karena ketersediaan yang ada di alam

melimpah. Di alam, bentonit terdiri atas dua jenis, yaitu Natrium Bentonit dan Kalsium Bentonit. Potensi jumlah cadangan sebesar 380 juta ton yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan Tengah, dan Sulawesi. Namun pemanfaatannya masih belum optimal. Potensi bahan tambang bentonit di Provinsi Lampung tersebar di beberapa wilayah antara lain di Kabupaten Pringsewu dengan deposit sebesar 6,2 juta m<sup>3</sup> di pekan Lugusari dan 8,25 juta m<sup>3</sup> di pekan Lohjinawi serta di Kabupaten Waykanan sebesar 60 juta m<sup>3</sup> (Herry Wardono, 2011). Bentonit memiliki bentuk senyawa yang tidak jauh berbeda dengan zeolit, dan kesamaan sifat dengan zeolit yaitu dapat mengadsorpsi uap air dan nitrogen.



Gambar 8. Bentonit  
(Atikah, 2017).

Bentonit memiliki bentuk seperti setumpuk kartu yang dijepit bersamaan ketika terkena air. Dari sifat bentonit yang ada, diperkirakan bentonit juga akan mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebagaimana halnya zeolit alam. Bentuk fisik dari bentonit adalah seperti tepung. komposisi bentonit (monmorilonit) terdiri dari 80,35% Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,65% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,69% CaO, dan 0,5% MgO. Sistem kerangka bentonit terbentuk dari polimer anorganik yang tersusun dari Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Berdasarkan tipenya, bentonit dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Tipe *Wyoming* (Na-bentonit – *Swelling bentonite*).

Na bentonit memiliki daya mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan ke dalam air dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Dalam keadaan kering berwarna putih atau cream, pada keadaan basah dan terkena sinar matahari akan berwarna mengkilap. Perbandingan soda dan kapur tinggi, suspensi koloidal mempunyai pH 8,5-9,8, tidak dapat diaktifkan, posisi pertukaran diduduki oleh ion-ion sodium (Na<sup>+</sup>). Mineral ini sering dipergunakan untuk Lumpur pemboran, penyumbat kebocoran bendungan, bahan pencampur pembuatan cat, bahan baku farmasi, dan perekat pasir cetak pada industri pengecoran logam .

2. Mg, (Ca-bentonit-*nonswelling bentonite*)

Tipe bentonit ini kurang mengembang apabila dicelupkan ke dalam air dan tetap terdispersi di dalam air, tetapi secara alami atau setelah diaktifkan mempunyai sifat menghisap yang baik. Perbandingan kandungan Na dan Ca rendah, suspensi koloidal memiliki pH 4-7. Posisi pertukaran ion lebih banyak diduduki oleh ion-ion kalsium dan magnesium. Dalam keadaan kering bersifat rapid slaking, berwarna abu-abu, biru, kuning, merah dan coklat. Penggunaan bentonit dalam proses pemurnian minyak goreng perlu aktivasi terlebih dahulu.

Bentonit yang telah mengalami aktivasi akan meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi karena memiliki kapasitas penukaran ion yang tinggi. Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat

adsorben. Adanya gaya elektostatis yang mengikat kristal pada jarak 4,5 Å dari permukaan cukup kuat untuk mempertahankan unit-unitnya, akan tetap terjaga unit itu untuk tidak saling merapat. Pada pencampuran dengan air, adanya pengembangan membuat jarak antara setiap unit makin melebar dan lapisannya menjadi bentuk serpihan, serta mempunyai permukaan luas jika dalam zat peng suspensi (Nurhayati, 2010). Komposisi bentonit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Bentonit

Komposisi Kimia	Na-Bentonit (%)	Ca-Bentonite
SiO <sub>2</sub>	61,3-41,4	62,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,8	17,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,9	5,30
CaO	0,6	3,68
MgO	1,3	3,30
Na <sub>2</sub> O	2,2	0,50
K <sub>2</sub> O	0,4	0,55
H <sub>2</sub> O	7,2	7,22

## 2.9 Aktivasi Bentonit

Aktivasi bentonit digunakan untuk menaikkan kapasitas adsorpsi dan mendapatkan sifat bentonit yang diinginkan. Bentonit memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah tetapi dengan adanya aktivasi (penambahan asam dan rasio), maka daya adsorpsinya akan meningkat dan lebih baik. Monmorillonit mempunyai struktur bertingkat dan berkenaan dengan pertukaran ion yang aktif di bagian dasar. Strukturnya dapat diganti seperti struktur bagian dasar

dengan cara penambahan asam. Asam tersebut akan menyebabkan penggantian ion-ion  $K^+$ ,  $Na^+$ , dan  $Ca^{2+}$  dengan  $H^+$  dalam ruang interlamelar, serta akan melepaskan ion-ion  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  dan  $Mg^{2+}$  dari kisi strukturnya sehingga menjadikan lempung lebih aktif. Aktivasi bentonit, pengendapan asam, biasanya dipakai asam sulfat selain itu, perlu diperhatikan sifat dasar, distribusi ukuran pori, keasaman, dan nilai  $SiO_2$  atau  $Al_2O_3$  (Firmansyah, 2010). Beberapa jenis aktivasi dapat diterangkan seperti di bawah ini:

#### 1. Fisik

Aktivasi secara fisik dilakukan dengan mengatur temperatur pemanasan. Pemanasan itu sendiri digunakan untuk menguapkan kandungan air yang berada didalam bentonit. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Demora (2010), apabila bentonit dipanaskan pada temperatur lebih dari  $200^\circ C$  maka akan mengalami kerusakan (*collapse*) pada struktur oktahedral sehingga berakibat pada pengurangan kemampuan katalitik. Proses adsorpsi ini berlangsung pada temperatur  $80^\circ C$ . Bentonit mempunyai sifat apabila dipanaskan daya serapnya akan bertambah. Proses adsorpsi bioetanol dengan adsorben bentonit secara *batch* merupakan peristiwa pengikatan air secara fisika sehingga semakin lama waktu yang digunakan untuk proses adsorpsi, kesempatan terikatnya air oleh bentonit juga akan semakin besar karena terjadi kontak penyerapan secara langsung antara adsorben dengan air yang terdapat didalam bioetanol yang masuk ke dalam rongga pori-pori bentonit. (Atikah, 2017)

Sifat fisik dari bentonit dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Sifat fisik bentonit

BJ (g/ml)	2,10
Volume pori (ml/g)	1,74
<i>Swelling index</i> (%)	372,73
Luas permukaan( $m^2/g$ )	727,76
pH	8.5 to 10.5
<i>Nominal color</i>	<i>Light cream</i>

Sumber : Buchari,1996

## 2. Kimia

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan penambahan asam. Pada konsentrasi asam sebesar 5% dapat melarutkan sebagian besar impuritas pada permukaan pertikel yang menyumbat pori-pori bentonit, seperti ion logam  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ , dan  $Mg^{2+}$ . Selain itu juga terjadi pertukaran ion  $H^+$  dari larutan asam dengan ion-ion logam pada permukaan dan pori-pori bentonit. Aktivasi kimia juga dapat dilakukan dengan penambahan basa dengan konsentrasi 1,5% dan 2,5% (Debora dan Siska, 2006). Kondisi terbaik yang didapatkan adalah konsentrasi 1,5%, karena kejadian reaksi antara asam lemak bebas dengan basa (NaOH) yang membantu kotoran pada permukaan dan pori-pori bentonit. Akibatnya pori-pori akan terbuka dan memperluas permukaan bentonit. Sifat kimia dari bentonit sebagai berikut:

*Commercial grade* :  $SiO_2 = 61,3\%$  ,  $Al_2O_3 = 19,8\%$

*Food Grade* :  $SiO_2 = 58\% - 61\%$  ,  $CaO = 2,0\% - 2,5\%$  ,

$Al_2O_3 = 21\% - 22\%$  ,  $MgO = 3\% - 4\%$

$Na_2O = 3,7\% - 4,2\%$  , As = 5 ppm max

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Motor bensin 4-Langkah

Mesin yang akan dipakai dalam pengujian ini adalah motor bensin 4-langkah 1 silinder yang ada di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung seperti pada Gambar 9 dengan spesifikasi mesin sebagai berikut :



Gambar 9. Mesin Bensin 4-Langkah Kohler

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| a. Merk/Type          | : Kohler                               |
| b. Jenis              | : Motor Bensin 4 Langkah 1 silinder    |
| c. Kapasitas silinder | : $208 \text{ cm}^3$ (0,208 L), 208 cc |
| d. Rasio kompresi     | : 8,5:1                                |
| e. Langkah piston     | : 54 mm                                |



- f. Diameter silinder : 70 mm
- g. Daya : 4,5 kW pada 3600 rev/menit dan  
2,2 kW pada 1800 rev/menit
- h. Putaran maksimum : 3200 rpm
- i. Panjang torak : 84 mm
- j. Sistem pengapian : Busi

## 2. Unit Instrumentasi V-DAS

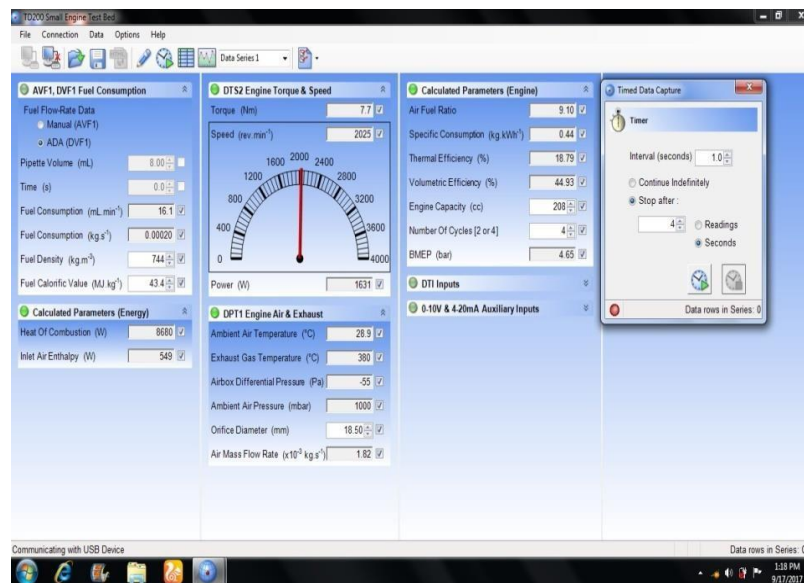
Unit Instrumen VDAS (*Versatile Data Acquisition System*) adalah sistem panel pelengkap yang digunakan pada mesin bensin kohler untuk mendapatkan hasil dari pengukuran prestasi mesin seperti menentukan nilai torsi, daya engkol, konsumsi bahan bakar spesifik engkol, temperatur udara lingkungan, temperatur gas buang, tekanan diferensial pada airbox dan tekanan udara lingkungan. Unit Instrumen VDAS dihubungkan dengan mesin bensin kholer, selanjutnya data hasil dari pengujian bahan bakar tersebut akan secara otomatis ditampilkan pada layar yang terdapat pada panel tersebut. Unit instrument V-DAS dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Unit Instrumen V-DAS.

### 3. Software Tecquipment V-DAS

Software Tecquipment VDAS (*Versatile Data Acquisition System*) adalah software khusus yang dihubungkan ke unit instrumen VDAS, dimana fungsi dari Software tersebut yaitu untuk menjalankan perintah program, kemudian menampilkan data hasil perhitungan parameter pada layer yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Software Tecquipment V-DAS.

### 4. Ayakan

Ayakan yang akan dipakai dalam penelitian ini memiliki fungsi untuk menyamakan bentonit setelah dilakukan penumbukan agar ukuran bentonit menjadi sama yaitu mesh 100 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Ayakan

5. Gelas ukur

Gelas ukur akan yang dipakai pada pengujian ini mempunyai ketelitian 0,5 ml, digunakan untuk mengukur air akuades dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Gelas Ukur

6. Tumbukan

Pada penelitian menggunakan tumbukan yang berfungsi untuk menghaluskan bentonit kasar menjadi halus dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Tumbukan

### 7. Oven

Pada penelitian ini akan menggunakan oven dengan temperature maksimalnya 250°C yang fungsinya yaitu untuk mengaktivasi secara fisik pelet bentonit yang nantinya akan digunakan untuk dijadikan filter motor dengan temperatur 150°C dan 175°C selama 1 jam, oven dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Oven Listrik

### 8. Timbangan digital

Pada penelitian ini menggunakan timbangan digital untuk mengukur massa dari bentonit, dan juga air yang akan digunakan sebagai variasi komposisi campuran pembuatan pelet dalam penelitian. Dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Timbangan Digital

## 9. Microwave

Pada penelitian ini microwave digunakan untuk mengaktivasi fisik bentonit dijadikan filter motor bensin 4-langkah Tecumseh TD201 pada microwave dengan daya maksimum sebesar 400 watt, jumlah yang ada pengatur powernya yaitu 100% (400 watt), 80% (320 watt), 60% (240 watt), 40% (160 watt), dan 20% (80 watt). Meratakan dan mentransfer panas dari sumber panas dapat dari gelombang mikro yang bergerak dan saling bertabrakan, dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Microwave Aqua SANYO AEMS 1812S

## 10. Roller ampia

Pada penelitian ini akan menggunakan roller yang fungsinya untuk memadatkan dan memipihkan adonan bentonite dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Roller Ampia

### 11. Cetakan pelet

Pada penelitian ini akan menggunakan cetakan pelet yang berfungsi untuk membuat pelet adonan bentonit yang akan dijadikan filter dengan menggunakan variasi ukuran yang berbeda beda dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Cetakan pelet

### 3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

#### 1. Bentonit

Pada penelitian ini menggunakan jenis Ca-Bentonit (kalsium betonit),



Gambar 20. Bubuk Bentonit

## 2. Air aquades

Pada penelitian ini menggunakan air aquades sebagai campuran adonan bentonite.



Gambar 21. Air aquades

### 3.3 Persiapan Penelitian

Adapun proses dan tahapan persiapan alat dan bahan penelitian yang akan dipergunakan yaitu sebagai berikut :

#### 1. Menghaluskan bentonit

Menghaluskan bentonit dalam penelitian ini dilakukan dengan cara memasukan bentonit kedalam penumbuk, lalu tumbuk sampai halus hingga dapat diayak dengan ayakan yang berukuran 100 mesh.



Gambar 22. Mengayak bentonit dengan ayakan 100 *mesh*

## 2. Membuat adonan

Pembuatan adonan pelet bentonit dilakukan dengan mencampurkan bentonit dengan air akuades dengan menggunakan variasi konsentrasi sebesar 70% ( 70 gram bentonit + 30 ml air ). Proses pembuatan dilakukan dengan menggunakan mixer agar campurannya merata sempurna hingga menjadi adonan. Setelah itu pipihkan adonan menggunakan roller dengan ketebalan sebesar 3 mm.



Gambar 23. Proses pembuatan pelet.

## 3. Mencetak pelet

Selanjutnya yaitu pencetakan pelet, setelah adonan telah dipipihkan dengan ketebalan 3 mm langkah selanjutnya yaitu mencetaknya menjadi pelet dengan ukuran berdiameter 10 mm. Massa total yang di uji sebesar 25 gram, 50 gram, dan 100 gram. Adapun adonan yang baru dicetak dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Pencetakan pelet.



Tabel 3. Konsentrasi Campuran Bentonit dan Air aquades.

Konsentrasi	Air aquades	Bentonit
70%	30 ml	70 gram

#### 4. Mengaktivasi fisik dan pengemasan pelet bentonit

Setelah dicetak menjadi pelet, langkah selanjutnya yaitu pengaktivasian fisik pelet bentonit menggunakan oven dan microwave dengan temperatur oven 150°C, 175°C durasi 1 jam dan temperature microwave 65°C, 77°C durasi 3,5,7 menit. Langkah selanjutnya yaitu mengemas pelet bentonit menggunakan kawat filter sesuai dengan dengan massa yang sudah ditentukan, yaitu 25, 50 dan 100 gram. Setelah pelet teraktivasi dan dikeluarkan dari oven dan juga microwave terdapat beberapa pelet bentonit yang mengalami kerapuhan yang disebabkan oleh kurang padatnya adonan pelet saat pencetakan. Adapun sampel pelet filter bentonit yang mengalami kerapuhan dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 25. Aktivasi pelet bentonite

Variasi massa pelet filter bentonit yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Variasi Massa Pelet Bentonit

Konsentrasi (%)	Massa (gram)	Diameter (mm)
70	25	10
	50	10
	100	10

Variasi massa pelet yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 26. Variasi massa pelet

Setelah kemasan bentonit dibuat menjadi saringan, lalu saringan bentonit ini dipasang pada saluran udara masuk mesin bensin 4-langkah lalu meletakkan wadah pada saluran masuk mesin bensin 4-langkah dan mengambil data. Adapun bentuk saringan udara filter bentonit yang akan digunakan untuk pengujian pada mesin bensin 4-langkah dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 27. Saringan udara filter bentonit

### **3.4 Persiapan Pengujian**

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan filter bentonit yang telah dimodifikasi sesuai dengan bentuk filter yang berbentuk lingkaran. Penelitian ini menggunakan aktivasi fisik dengan 3 variasi konsentrasi pelet, 3 variasi temperatur aktivasi pelet, dan 3 variasi massa filter. Adapun persiapan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengukur dimensi filter menggunakan kawat strimin yang berisikan pelet bentonit sesuai dengan dimensi dan berat pelet yang sudah ditimbang.
2. Memotong kawat strimin sesuai ukuran yang dibutuhkan. Fungsi dari kawat strimin adalah sebagai rangka atau frame untuk wadah pelet bentonit. Filter diletakan pada saringan udara motor bensin 4-langkah TD210.
3. Menata pelet bentonit pada rangka kawat strimin yang berbentuk persegi secara teratur dan tidak menumpuk agar pelet filter bentonit lebih tersusun dan dapat berfungsi dengan baik.
4. Memeriksa filter agar pelet di dalam kawat strimin tidak berantakan dengan cara merekatkan kawat strimin dengan rapih.

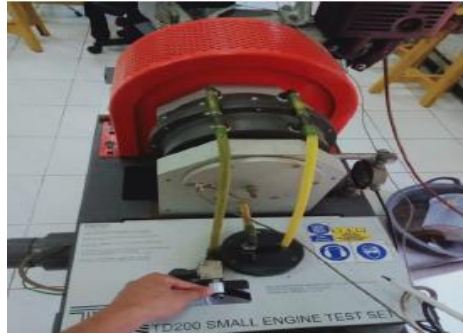
### **3.5 Prosedur Pengujian**

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **3.5.1 Prosedur Pengujian Prestasi Mesin**

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

1. Menyiapkan peralatan mesin uji yaitu Tecquipment TD 201 dan unit instrument VDAS
2. Membuka tangki bahan bakar dari panel VDAS untuk dibersihkan, lalu mengosongkan tangki bahan bakar tersebut hingga tidak terdapat sisa bahan bakar sebelumnya didalam tangki, setelah itu memasang kembali tangki tersebut ke panel VDAS.
3. Menggeser tungkai/tuas yang terdapat pada panel VDAS untuk volume bahan bakar 8 ml ke posisi on sehingga pengisian bahan bakar terisi secara otomatis ke panel VDAS.
4. Menghubungkan unit komputer dan VDAS ke arus listrik yang telah terhubung dengan stabilizer.
5. Menghidupkan komputer dan instrumen VDAS serta menghubungkan instrumen VDAS ke komputer dengan cara menyambungkan kabel USB ke port USB pada komputer. Setelah itu membuka aplikasi tecquipment VDAS pada komputer.
6. Memastikan tidak terdapat gelembung udara didalam selang bahan bakar tersebut. Jika terdapat gelembung udara pada selang, maka terlebih dahulu mengeluarkan gelembung udara tersebut dengan cara mencopot selang bahan bakar dari mesin lalu mengeluarkan bahan bakar sedikit demi sedikit sampai tidak ada lagi gelembung udara didalam selang lalu memasang selang kembali.
7. Menghubungkan pompa air ke arus listrik lalu, menghidupkan pompa air dan memastikan laju aliran air pada tekanan 1 bar.
8. Membuka keran air yang menuju ke dinamometer sebesar setengah putaran ( $180^\circ$ ).



Gambar 28. Buka Katup Laju Aliran Beban Dinamometer

9. Mengkalibrasi torsi dan tekanan kotak udara dengan cara menekan dan menahan tombol pada zero torsi dan *air box pressure* sampai angka pada indikator menunjukkan angka 0 (nol) yang terdapat pada panel instrumen VDAS.



Gambar 29. Mengkalibrasi Torsi dan Tekanan

10. Memilih pada aplikasi *tecquipment* VDAS penggunaan bahan bakar dalam menu aplikasi *tecquipment* VDAS *Fuel Flow-Rate Data Source* kemudian memilih otomatis ADA (DVF1).
11. Mengisi data pada menu aplikasi *tecquipment* VDAS yaitu pada menu *Fuel Density* dengan data berikut: jika densitas bahan bakar Peralite Murni sebesar  $742 \text{ kg/m}^3$ .
12. Mengisi data pada menu aplikasi *tecquipment* VDAS yaitu pada menu *Engine Capacity* sebesar 208 cc, *Number of Cycle* yaitu 4 dan

Orifice Diameter sebesar 18,5 mm sesuai dengan spesifikasi mesin bensin 4 langkah yang digunakan.

13. Menghidupkan mesin serta memanaskan mesin terlebih dahulu hingga mesin sampai pada kondisi kerja.

### 3.5.2 Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang

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

1. Menghidupkan mesin kemudian memanaskan mesin hingga dalam kondisi siap kerja.
2. Menghubungkan StarGas 898 ke arus listrik dan menghidupkan switch StarGas 898, maka pada layar akan tampil perintah *PRESS ANY KEY TO CONTINUE* lalu menekan tombol “ANY KEY” pada panel StarGas 898 dan akan tampil pilihan pengujian *GAS ANALYSIS, SMOKE ANALYSIS, SCOPE/OSCILOSCOP, GAS ANALYSIS*.
3. Memilih *GAS ANALYSIS* untuk pengujian motor bensin dan akan tampil *MEASURMENT, CURVES, HISTOGRAM*. *MEASURMENT* adalah penyajian \hasil data pengujian dalam bentuk angka, *CURVES* dalam bentuk kurva, *HISTOGRAM* dalam bentuk batang.
4. Memilih *MEASURMENT* dan akan tampil pilihan *OFFICIAL TEST, STANDART TEST, PROBE TEST*. Lalu memilih *STANDART TEST*.
5. Alat uji StarGas 898 akan melakukan *WARMING UP* kurang lebih 60 detik dan selanjutnya StarGas 898 akan melakukan *AUTOZERO*

secara otomatis yang berfungsi untuk mereset dari awal lagi, lalu menunggu sampai proses *autozero* selesai.

6. Setelah *autozero* selesai data pengujian akan ditampilkan dilayar seperti RPM, CO, CO<sub>2</sub>, TEMPERATUR, HC, O<sub>2</sub>.



Gambar 30. Selang *Probe*

7. Menunggu sampai angka stabil dan tidak berubah jauh lalu menekan tombol menu jika telah stabil untuk mengunci data dan melakukan pencetakan/printing dengan menekan tombol F1 kemudian F1 lagi. Melakukan pengisian data-data kendaraan sampai selesai selanjutnya tekan F5 atau enter, maka data akan dicetak oleh StarGas 898.

Pertama data yang diambil adalah data tanpa menggunakan *filter* bentonit putaran 1500 rpm mengecek putaran mesin jika telah stabil melihat pada panel layar uji Star Gas 898 untuk pembacaan data apabila data kadar CO, CO<sub>2</sub>, HC dan O<sub>2</sub> telah stabil tidak naik turun terlalu drastis maka dilakukan penguncian data pada alat uji dan dilakukan pencetakan hasil uji emisi, setelah itu dilanjutkan menggunakan filter dengan komposisi. Variasi putaran mesin yang digunakan yaitu 1500 rpm, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Bentonit teraktivasi fisik yang digunakan dalam pengujian ini adalah aktivasi fisik dengan temperatur sebesar 150°C, 175°C. Konsentrasi pelet bentonit yang digunakan yaitu sebesar

70% (70 gram bentonit + 30 ml air), diameter pelet yang digunakan sebesar 10 mm dan variasi massa filter bentonit sebesar 25 gram, 50 gram dan 100 gram. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali dalam putaran yang sama. Data hasil pengujian emisi nantinya akan dibandingkan antara tanpa penggunaan filter dengan penggunaan filter bentonit.



Gambar 31. *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*

### **3.6 Tahapan dan Lokasi Penelitian**

Penelitian filter arang sebuk kayu gergaji dengan variasi massa, variasi rpm, variasi konsentrasi, variasi filter yang telah ditentukan. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui prestasi mesin dengan mesin bensin 4-langkah *Tecquipment* TD 201, Unit instrument VDAS, dan emisi gas buang Star Gas 898. Lokasi penelitian yang dilakukan di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Teknik Mesin Universitas Lampung pada Oktober 2022 sampai November 2023.

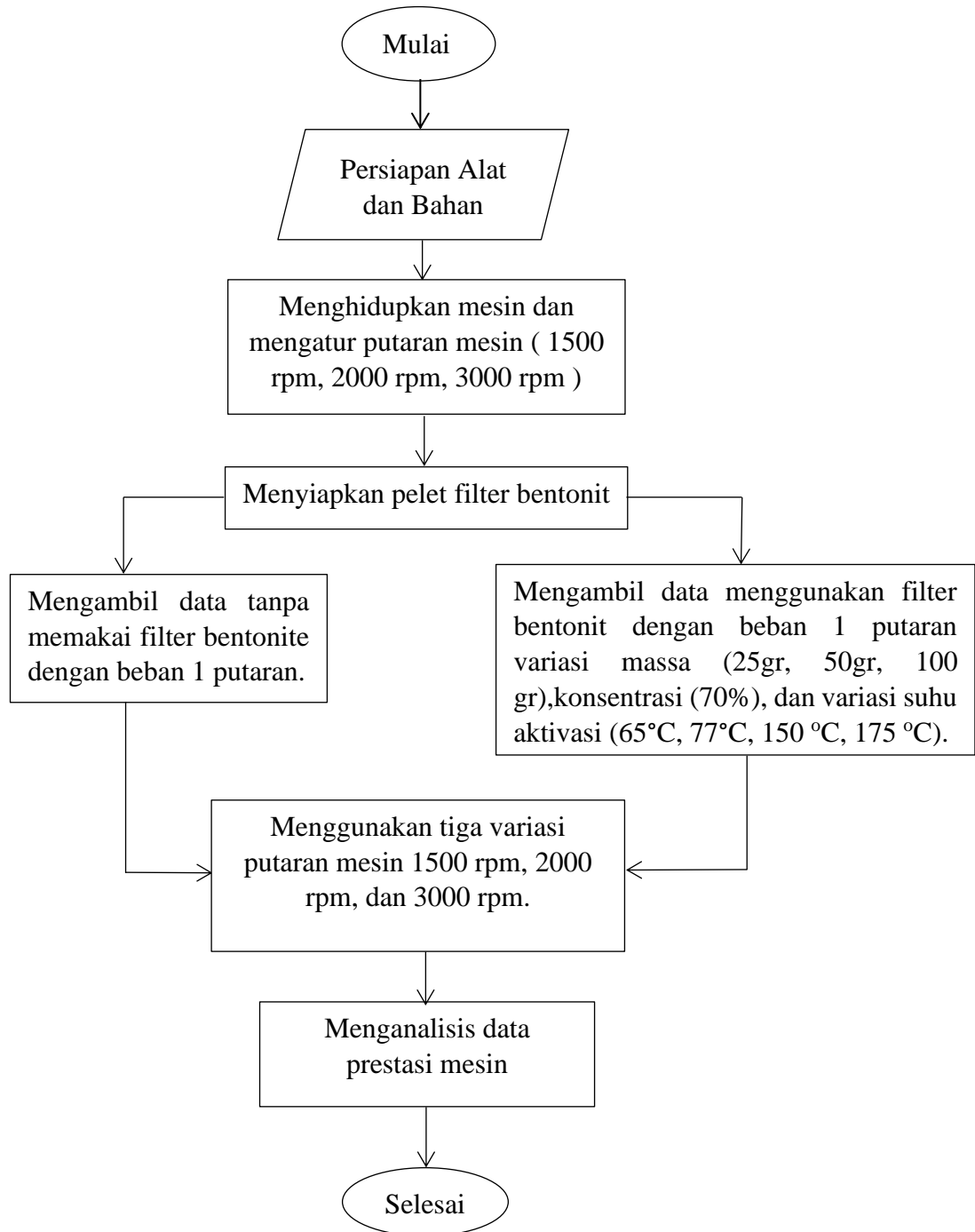


### **3.7 Analisis Data**

Jika data untuk pengujian telah didapat, maka data akan dianalisis menggunakan rumus yang terdapat di bab 2 yang bertujuan untuk mendapatkan nilai daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, data-data hasil pengujian dicatat dalam tabel hasil pengujian.

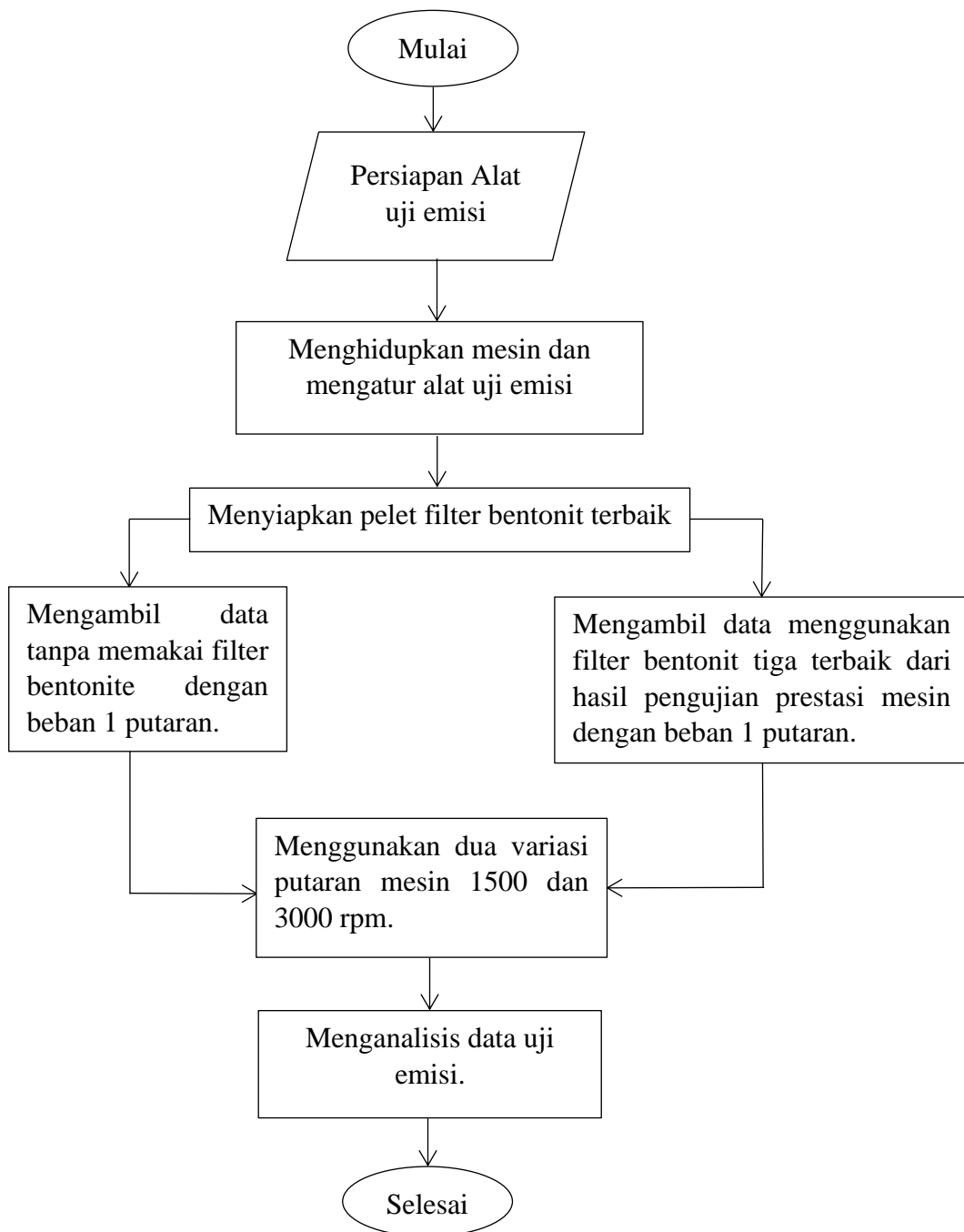
### 3.8 Diagram Alir Pengujian Prestasi Mesin

Adapun pengujian prestasi mesin pada penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 32 berikut.



Gambar 32. Diagram Alir Pengujian Prestasi Mesin

Dibawah ini adalah diagram alir penelitian dalam pengambilan data dari pengujian emisi gas buang dengan filter bentonit tanpa filter, menggunakan filter aktivasi fisik microwave dan oven listrik. Dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 33.



Gambar 33. Diagram Alir Pengujian Emisi Gas Buang

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Adapun simpulan dari hasil pengujian, pengambilan data serta perhitungan sesuai sesuai dengan metodologi penelitian filter bentonit yang sudah dilakukan maka diperoleh kesimpulan yaitu:

1. *Filter* berbahan bentonit mampu menaikkan daya engkol dan menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik engkol apabila dibandingkan dengan tanpa menggunakan *filter* bentonit.
2. Kenaikan daya engkol dan penurunan bsfc **terbaik** diperoleh pada massa 100 gram temperatur aktivasi *microwave* 65°C sebesar 9,80% dengan penurunan bsfc sebesar 24,14% diikuti terbaik kedua pada massa 100 gram temperatur aktivasi *microwave* 77°C sebesar 9,29% dengan penurunan bsfc sebesar 22,03% dan diikuti terbaik ketiga pada massa 25 gram temperatur aktivasi *microwave* 77°C sebesar 4,73% dengan penurunan bsfc sebesar 21,01%.
3. Kenaikan torsi dan penurunan konsumsi bahan bakar diperoleh pada massa 100 gram temperatur aktivasi *microwave* 65°C sebesar 11,03% dengan penurunan bsfc sebesar 24,14% diikuti terbaik kedua pada massa 100 gram temperatur aktivasi *microwave* 77°C sebesar 9,79% dengan penurunan bsfc sebesar 22,03% dan diikuti terbaik ketiga pada massa 25 gram

temperatur aktivasi *microwave* 77°C sebesar 7,16% dengan penurunan bsfc sebesar 21,01%.

4. *Filter* berbahan bentonit mampu mereduksi kadar CO, HC, dan CO<sub>2</sub> apabila dibandingkan dengan tanpa menggunakan *filter* bentonite, pada filter massa 100 gram dengan temperatur aktivasi *microwave* 65°C dapat menurunkan kadar CO pada 1500 rpm sebesar 8% dapat mereduksi sebesar 54,55%, dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 18% dan mereduksi kadar CO<sub>2</sub> sebesar 40,00%, dapat menurunkan kadar HC sebesar 10 ppm dan dapat mereduksi sebesar 3 ppm. Filter terbaik kedua massa 100 gram dengan temperatur aktivasi *microwave* 77°C dapat menurunkan kadar CO pada 1500 rpm sebesar 9% dapat mereduksi sebesar 50,00%, dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 27% dan mereduksi kadar CO<sub>2</sub> sebesar 10,00%, dapat menurunkan kadar HC sebesar 7 ppm dan dapat mereduksi sebesar 6 ppm. Filter terbaik ketiga massa 25 gram dengan temperatur aktivasi *microwave* 77°C dapat menurunkan kadar CO pada 1500 rpm sebesar 11% dapat mereduksi sebesar 38,88%, dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 33% dan mereduksi kadar CO<sub>2</sub> sebesar -10,00%, dapat menurunkan kadar HC sebesar 6 ppm dan dapat mereduksi sebesar 7 ppm.
5. Variasi terbaik diperoleh massa 100 gram dengan temperatur aktivasi *microwave* 65°C dengan kenaikan daya engkol sebesar 9,80% dan penurunan bsfc sebesar 24,14%, kenaikan torsi sebesar 11,03% dengan penurunan bsfc sebesar 24,14%. Pada putaran mesin 1500 rpm dapat menurunkan kadar CO sebesar 8% dan mereduksi sebesar 54,55%, dapat menurunkan kadar HC sebesar 10 ppm dan mereduksi sebesar 3 ppm, dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 18% dan mereduksi sebesar 40,00%.

Diikuti terbaik kedua diperoleh massa 100 gram dengan temperatur aktivasi *microwave* 77°C kenaikan daya engkol sebesar 9,29% dan penurunan bsfc sebesar 22,03%, kenaikan torsi sebesar 9,79%. Pada putaran mesin 1500 rpm dapat menurunkan kadar CO sebesar 9% dan mereduksi sebesar 50,00%, dapat menurunkan kadar HC sebesar 7 ppm dan mereduksi sebesar 6 ppm, dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 27% dan mereduksi sebesar 10,00%. Diikuti terbaik ketiga diperoleh massa 25 gram dengan temperatur aktivasi *microwave* 77°C kenaikan daya engkol sebesar 4,73% dan penurunan bsfc sebesar 21,01%, kenaikan torsi sebesar 7,16%. Pada putaran mesin 1500 rpm dapat menurunkan kadar CO sebesar 11% dan mereduksi sebesar 38,88%, dapat menurunkan kadar HC sebesar 6 ppm dan mereduksi sebesar 7 ppm, dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 33% dan mereduksi sebesar -10,00%.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang penulis sampaikan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian dengan posisi *filter* vertikal.
2. Untuk pengujian selanjutnya terhadap *filter* bentonit , dapat menggunakan alat instrumen VDAS dan mesin diesel yang ada di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung agar mengetahui pengaruh filter bentonit terhadap prestasi mesin diesel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprizal., 2018. Uji Prestasi Motor Bakar Bensin Merek Honda Astrea 100 CC. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian. Diakses Pada 6 September 2022
- Atikah. 2017. Efektifitas Bentonite Sebagai Adsorber Pada Proses Peningkatan Kadar Bioetanol. Jurnal Distilasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang. Palembang. Diakses Pada 7 September 2022.
- Buchari, B., Harsini, M., 1996. Karakterisasi Bentonit Pacitan. Jurnal Kimia Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung (Vol 6, Issue 1-2). Diakses Pada 8 September 2022.
- Badan Pusat Statistik, 2023. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis. <https://www.bps.go.id/id/statisticstable/2/NTcjMg==/perkembangan-jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis--unit-.html>. Diakses pada 27 Desember 2023.
- Demora, I.K.D., 2010. Kemampuan Bentonit Pelet Tekan Untuk Meningkatkan Prestasi Motor Diesel 4-Langkah. Skripsi Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.



- Fatkhuniam, A., Burhan, M., Wijaya, R., & Septiyanto, A., 2018. Perbandingan Penggunaan Filter Udara Standar Dan Racing Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor Empat Langkah. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin* (Vol. 3, Issue 2). Diakses Pada 17 September 2022.
- Ferdinan, M., (2016). Analisis Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Di Kota Balikpapan (Kal-Tim): Vol 12 Issue 15. Diakses Pada 26 September 2022.
- Nurhayati, A., 2010. Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu. Skripsi Program Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Diakses Pada 19 September 2022.
- Rilham, P, D., 2012. Pengaruh Aplikasi Fly Ash Bentuk Pelet Perekat yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung. Diakses Pada 5 September 2022.
- Rokhman, Taufiqur., 2020. Internal Combustion Engine. Diakses Pada 4 Februari 2023.
- Rosid., 2015. Analisis Proses Pembakaran Sistem Injection Pada Sepeda Motor Dengan Menggunakan Bahan Bakar Premium Dan Pertamina. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang. *Jurnal Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta* (Vol 7, Issue 2). Diakses Pada 9 September 2022.
- Saputra, W. E., Burhanuddin, H., Dyan, M., & Es, S., 2013. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Alami Pada Bensin Terhadap Prestasi Sepeda Motor 4-Langkah. *Jurnal Fema* (Vol. 1, Issue 1). Diakses Pada 12 September 2022.

- Sembiring, J.A.P., Wardono, H., dan Risano, A.Y.E., 2020. Pemanfaatan Campuran Zeolit Dan Arang Sekam Teraktifasi Fisik Sebagai Filter Udara Untuk Meningkatkan Akselerasi Mesin Sepeda Motor Bensin 4-Langkah. *Jurnal Fema* (Vol. 8, Issue 1). Diakses Pada 6 September 2022.
- Suriansyah., 2010. Pengaruh Kombinasi Bahan Bakar Biopremium Dan Oli Samping Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 2 Tak Jenis Vespa 81 (Vol 1, Issue 1). Diakses Pada 12 Oktober 2023.
- Susilo, Juis., 2015. Modifikasi Cylinder Head Terhadap Unjuk Kerja Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung* (Vol 3, Issue 1). Diakses Pada 27 November 2022.
- Triwibowo, Bayu., 2013. Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse Dari Industri Alkohol Berbasis Cfd. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.* (Vol 2, Issue 2). Diakses Pada Desember 2023.
- Wardono, Herry., 2004. Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah. Jurusan Teknik - Mesin Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Wardono, Herry., 2011. Kemampuan Bentonit Pelet Tekan Teraktifasi Fisik Sebagai Pengganti Zeolit Dalam Menghemat Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel 4-Langkah. *Jurnal Mechanical Teknik Mesin Universitas Lampung.* Bandar Lampung. Diakses pada April 2022.
- Wardono, Herry., 2019. Pengaruh Filter Udara Berbahan Zeolit dan Fly ash Teraktifasi HCl-Fisik terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4 Langkah. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.* (Vol 8, Issue 1). Diakses pada April 2022.