

**PENGARUH PENGGUNAAN FILTER PELET BENTONIT
TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *MICROWAVE* UNTUK
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN DAN MEREDUKSI EMISI GAS
BUANG MOTOR BENSIN 4-LANGKAH *TECQUIPMENT TD200 SMALL
ENGINE TEST***

(Skripsi)

Oleh

YOHANES YONATHAN TEBU

1815021052



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

**PENGARUH PENGGUNAAN FILTER PELET BENTONIT
TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *MICROWAVE* UNTUK
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN DAN MEREDUKSI EMISI GAS
BUANG MOTOR BENSIN 4-LANGKAH *TECQUIPMENT TD200 SMALL
ENGINE TEST***

Oleh

Yohanes Yonathan Tebu

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

2024

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN FILTER PELET BENTONIT TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *MICROWAVE* UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI MESIN DAN MEREDUKSI EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN 4-LANGKAH *TECQUIPMENT TD200 SMALL ENGINE TEST*

Oleh

Yohanes Yonathan Tebu

Dalam mengurangi konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan salah satu upaya yaitu meningkatkan kinerja mesin, dimana efisiensi pembakaran dalam mesin dapat ditingkatkan dengan menggunakan filter udara yang berfungsi sebagai penyaring udara ke dalam ruang bakar dan kotoran atau senyawa yang tidak diperlukan dalam proses pembakaran, seperti nitrogen (N_2), uap air (H_2O) dan juga karbon dioksida (CO_2). Penggunaan filter udara berbahan bentonit dapat membuat udara kaya oksigen (O_2) yang masuk ke dalam ruang bakar untuk meningkatkan kualitas pada proses pembakaran. Dalam penelitian ini, filter dibuat dari bentonit teraktivasi fisik melalui proses pemanasan dengan menggunakan *microwave* variasi daya 60% dan 80% selama waktu aktivasi 3 menit, 5 menit, dan 7 menit dengan variasi massa 25 gram, 50 gram, dan 100 gram. Komposisi bentonit yang digunakan sebesar 70%. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin bensin 4-langkah *Tecquipment TD200 Small Engine Test*. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa menggunakan filter berbahan bentonit didapatkan hasil terbaik terjadi pada penggunaan filter massa 100 gram dengan daya aktivasi sebesar 60% dan waktu aktivasi 3 menit yaitu kenaikan torsi sebesar 4,3 Nm (meningkat 0,4%), kenaikan daya engkol rata-rata sebesar 0,957 kW (meningkat 0,8%), dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata sebesar 0,44 kg/kWh (hemat 16,8%). Sedangkan penghematan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata terbaik sebesar 30,15% dengan peningkatan torsi sebesar 0,44% dan peningkatan daya engkol sebesar 0,81%. Selain itu, pada pengujian emisi gas buang didapatkan hasil pengujian filter terbaik terjadi pada filter dengan massa 100 gram pada putaran mesin rendah (1500 rpm) dengan daya aktivasi 60% dan waktu aktivasi 5 menit yang mampu mengurangi kadar CO sebesar 0,14% (a reduction of 20,4%) dan mengurangi kadar HC sebesar 10 ppm (a reduction of 16,7%).

Kata Kunci: Bentonit, Filter Udara, Prestasi Mesin, Torsi, Emisi.

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING PHYSICAL ACTIVATED BENTONITE PELLET FILTERS USING A MICROWAVE TO INCREASE ENGINE PERFORMANCE AND REDUCE EXHAUST EMISSIONS OF A 4-STROKE GASOLINE ENGINE - SMALL ENGINE TEST OF TECQUIPMENT TD200

By

Yohanes Yonathan Tebu

One way to reduce fuel consumption in vehicles is to improve engine performance, where combustion efficiency in the engine can be increased by using an air filter which functions as a filter for air entering the combustion chamber and dirt or compounds that are not needed in the combustion process, such as nitrogen (N₂), water vapor (H₂O) and also carbon dioxide (CO₂). Using an air filter made from bentonite can produce oxygen rich air (O₂) entering the combustion chamber to improve the quality of the combustion process. In this research, filters were made from physically activated bentonite through a heating process using microwave power variations of 60% and 80% for activation times of 3 minutes, 5 minutes and 7 minutes with mass variations of 25 grams, 50 grams and 100 grams. The bentonite composition used is 70%. Testing was carried out using a 4-stroke petrol engine-Small Engine Test of Tecquipment TD200. Based on testing, it was found that using a filter made from bentonite, the best results were obtained when using a filter with a mass of 100 grams with an activation power of 60% and an activation time of 3 minutes, namely an increase in torque of 4.3 Nm (an increase of 0.4%), an average increase in brake power of 0.957 kW (an increase of 0.8%), and an average reduction in brake specific fuel consumption of 0.44 kg/kWh (a saving of 16.8%). Meanwhile, the best average savings in brake specific fuel consumption is 30.15% with an increase in torque of 0.44% and an increase in brake power of 0.81%. Apart from that, in exhaust gas emission testing, it was found that the best filter test results occurred on a filter with a mass of 100 grams at low engine speed (1500 rpm) with an activation power of 60% and an activation time of 5 minutes which was able to reduce CO levels by 0.14% (a reduction of 20.4%) and reduced HC levels by 10 ppm (a reduction of 16.7%).

Keywords: *Bentonite, Air Filter, Engine Performance, Torque, Emissions.*

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **PENGARUH PENGGUNAAN FILTER PELET BENTONIT TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *MICROWAVE* UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI MESIN DAN MEREDUKSI EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN 4-LANGKAH *TECQUIPMENT TD200 SMALL ENGINE TEST***

Nama Mahasiswa : **Yohanes Yonathan Jebu**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815021052**

Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**



MENYETUJUI

Komisi Pembimbing 1

Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN. Eng.
NIP. 1966068221995121001

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197108171998021003

Komisi Pembimbing 2

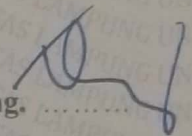
Ir. A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng., IPM.
NIP. 197607152008121002

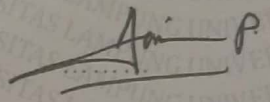
Ketua Program
Teknik Mesin

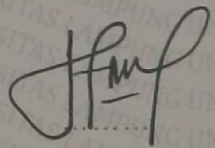
Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.
NIP. 197908212003121003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Anggota Penguji : Ir. A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng., IPM. 

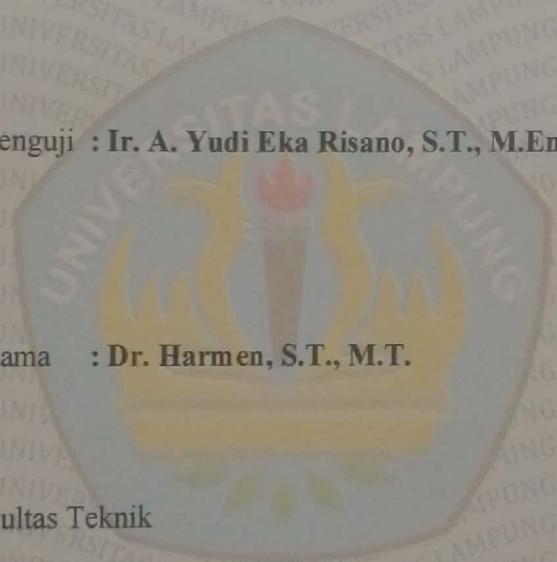
Penguji Utama : Dr. Harmen, S.T., M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Eng. Ir. Henny Fitriawan, S.T., M.Sc. 

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 8 Maret 2024



PERNYATAAN

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, 5 April 2024



Yohanes Yonathan Tebu

1815021052

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 6 Mei 2000, yang merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Stefanus Geru dan Ibu Margaretha Endang Kusmiati. Penulis memulai pendidikan pertama kali di Taman Kanak-kanak (TK) di TK Santa Maria Monica Kota Bekasi pada Tahun 2004-2005, lalu melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Santa Maria Monica Kota Bekasi dan menyelesaikannya pada tahun 2012, lalu melanjutkan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Santa Maria Monica Kota Bekasi dan menyelesaikannya pada tahun 2015. Kemudian Penulis melanjutkan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMK Karya Guna Bhakti 1 Bekasi dan menyelesaikannya pada tahun 2018.

Selanjutnya pada tahun 2018 Penulis tercatat sebagai Mahasiswa Universitas Lampung pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang diterima melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negara (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Bidang Kerohanian pada tahun 2019. Penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Bidang Otomotif pada tahun 2020. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Katolik Universitas Lampung. Pada tahun 2022 Penulis melakukan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Bekrie dengan judul “Analisis *Performance* Pada Mesin *Thresher* (Alat Penebah) Di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Bekrie”. Kemudian penulis melakukan penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik dengan judul “Pengaruh Penggunaan Filter Pelet Bentonit Teraktivasi Fisik Menggunakan *Microwave* Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Dan Mereduksi Emisi Gas Buang Motor Bensin 4-Langkah *Tecquipment TD200 Small Engine Test*”.

MOTTO

“Lakukanlah segala pekerjaanmu dalam Kasih” (1 Korintus 16:14)

“Kita tahu sekarang, bahwa Allah turut bekerja dalam segala sesuatu untuk mendatangkan kebaikan bagi mereka yang mengasihi Dia, yaitu bagi mereka yang terpanggil sesuai dengan rencana Allah.” (Roma 8:28)

**“JIKA AKU SUDAH MEMULAI DENGAN ‘DALAM NAMA TUHAN YESUS’,
MAKA AKU TIDAK BOLEH MENYERAH SAMPAI AKU BISA MENGATAKAN
‘PUJI TUHAN’.”**

*“Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apa pun juga,
tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada
Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur.”*
(Filipi 4:6)

*“Serahkanlah segala kekuatiranmu kepada-Nya, sebab Ia yang
memelihara kamu”* (1 Petrus 5:7)

**“If I have seen further than others, it is by standing upon the
shoulders of giants”** (Issac Newton)

“Tak ada batasan dalam hidup, kecuali yang kau buat sendiri.”

**“Saya hanya harus melwatinya. Anda pun demikian, dan setiap
orang juga.”** (Prince Phillip)

“Doa tanpa usaha itu bohong. Usaha tanpa doa itu sombong”
(Jonathan Tebu)

PERSEMBAHAN

Puji Tuhan, dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yesus Kristus,

Karya ini

Dipersembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku

Bapak Stefanus Geru

Dan

Ibu Margaretha Endang Kusmiati

Terimakasih untuk segala do'a dan usaha yang selalu diberikan demi kesuksesan puteranya sehingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana Teknik Mesin

Terimakasih atas segala dukungan motivasi serta masukan dan saran yang telah diberikan sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini

Seluruh Teman-Temanku

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan.

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

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 “Pengaruh Penggunaan Filter Pelet Bentonit Teraktivasi Fisik Menggunakan *Microwave* Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Dan Mereduksi Emisi Gas Buang Motor Bensin 4-Langkah *Tecquipment TD200 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

Yohanes Yonathan Tebu

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 “Pengaruh Penggunaan Filter Pelet Bentonit Teraktivasi Fisik Menggunakan *Microwave* Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Dan Mereduksi Emisi Gas Buang Motor Bensin 4-Langkah *Tecquipment* TD200 *Small Engine Test*” 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. Mamaku tercinta Margaretha Endang Kusmiati dan Bapakku Stefanus Geru atas segala nasehat yang telah diberikan, atas semua kasih sayang yang tulus, atas segala pengorbanan dan perjuangan untuk memberikan pendidikan yang terbaik untuk anaknya, serta air mata 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 Pembimbing Akademik dan Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung periode sebelumnya.
6. 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.

7. Bapak Ir. A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng., IPM. selaku dosen pembimbing kedua Skripsi yang telah memberikan ide, arahan dan juga waktu bagi penulis.
8. Bapak Dr. Harmen, S.T., M.T. sebagai pembahas Skripsi yang memberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
9. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani masa studi diperkuliahan.
10. Staf akademik serta Asisten Laboratorium yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
11. Keluarga besar anak cucu Opa Yoseph Tebu (†) dan Oma Rosa Rey Geru yang selalu memberikan semangat, selalu mengingatkan dan memberikan nasehat-nasehat, serta mendoakan agar dapat menyelesaikan Skripsi ini.
12. Saudara-saudariku Maria Fransiska Stefani M., Yuliana Agustina P.R., Venensia Carolina B. dan Antonia Yuni yang telah memberi semangat, memberi nasehat-nasehat dan masukan-masukan serta memberi dukungan moril maupun materil selama penulisan skripsi.
13. Sahabatku David Tarade Saragih, Sahid Ar Rafi, Rizky Ramadhan, Gilang Farhandika Utama, Made Gita Arya Candra, Rizqy Nurully Wijaya dan Reza Annisa Ainnayah yang telah memberikan dukungan, dan berbagi ilmu dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Teman-temanku Laksamana Bima Santiago, Robertus Zidane, Aprio Sitanggung, Josua Nainggolan, Thomas Aquinas, Morasio Palentino, Glybert Binsar, Yohanes Narendra, Yohan Yudha Sanjaya, Maria Fransisca Vabyлита dan Yoleta Tri Putri yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
15. Agustina Ansadanti Premisari yang sudah mau mendengarkan keluh kesah, memberikan dukungan penulis selama mengerjakan skripsi, menemani dalam proses pengerjaan skripsi dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
16. Rekan-rekan penelitian Daud Yosua Aruan dan Fachri Muhammad yang telah memberikan dukungan, membantu dalam proses penelitian dan berbagi ilmu dalam penyelesaian skripsi ini.

17. Rekan-rekan Lab. Motor Bakar yang telah membantu dan berbagi ilmu dalam penyelesaian Skripsi.
18. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (Himatem).
19. Keluarga Mahasiswa Katolik Fakultas Teknik selaku teman yang selalu memberi semangat penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
20. Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2018 Universitas Lampung.
21. Sahabatku Frater Yohanes Leonardo, Johannes Heppy, Daniel Andhimas., Daniel Primaditya, Yosia Lasido, John Very Nael (†), Yohanes Bagus, Sandy Lorent dan Vincentia Niken, yang selalu mengingatkan dan mendukung penulis untuk menyelesaikan Skripsi.
22. Dan untuk seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
23. Penulis yang telah banyak memberikan waktu sehingga selesainya penulisan laporan ini.

Penulis menyadari dalam penyajian Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat diharapkan guna perbaikan kedepannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 5 April 2024

Penulis,

Yohanes Yonathan Tebu

NPM. 1815021052

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-------------------------------------|-------------|
| DAFTAR ISI..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| DAFTAR SIMBOL | xx |
| | |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Sistematika Penulisan..... | 5 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Motor Bakar | 6 |
| 2.2 Mesin Bensin (Otto)..... | 8 |
| 2.3 Motor Diesel..... | 12 |
| 2.4 Proses Pembakaran..... | 13 |
| 2.5 Parameter Prestasi Mesin | 14 |
| 2.7 Filter Udara | 17 |
| 2.8 Bentonit | 18 |
| | |
| III. METODE PENELITIAN | 22 |
| 3.1 Alat Penelitian | 22 |
| 3.2 Bahan Penelitian..... | 29 |
| 3.3 Persiapan Alat dan Bahan | 30 |
| 3.4 Persiapan Pengujian | 33 |
| 3.5 Prosedur Pengujian..... | 35 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.6 | Diagram Alir Penelitian Pengujian Prestasi Mesin | 38 |
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 39 |
| 4.1 | Hasil Penelitian | 39 |
| 4.2. | Pembahasan | 42 |
| 4.2.1. | Pengaruh penggunaan filter bentonit teraktivasi fisik dengan variasi daya dan variasi waktu aktivasi terhadap daya engkol (bP)..... | 42 |
| 4.2.2. | Pengaruh penggunaan filter bentonit teraktivasi fisik dengan variasi daya dan variasi waktu aktivasi terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol..... | 47 |
| 4.2.3. | Pengaruh penggunaan pelet filter bentonit teraktivasi fisik berdasarkan komposisi massa terbaik daya engkol dan <i>bsfc</i> terhadap emisi gas buang mesin bensin 4-langkah. | 51 |
| 4.2.3.1. | Pengaruh Filter Bentonit Terhadap Kadar CO..... | 52 |
| 4.2.3.2. | Pengaruh Filter Bentonit Terhadap Kadar HC..... | 54 |
| 4.2.3.3. | Pengaruh Filter Bentonit Terhadap Kadar CO ₂ | 55 |
| V. | PENUTUP..... | 58 |
| 5.1. | Simpulan..... | 58 |
| 5.2. | Saran..... | 59 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 60 |
| | LAMPIRAN..... | 63 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 2.1. Motor Pembakaran Luar (bintannews, 2020)..... | 7 |
| 2.2. Motor Pembakaran Dalam (Mari-belajar, 2016)..... | 8 |
| 2.3. Diagram P-V siklus otto..... | 9 |
| 2.4. Motor bensin 2-langkah (Priyanto, 2016)..... | 10 |
| 2.5. Proses motor bensin 4 langkah (Priyanto, 2016)..... | 10 |
| 2.6. Filter Udara (Astra-Honda, 2021)..... | 18 |
| 2.7. Bentonit..... | 20 |
| 3.1. Mesin bensin 4-langkah..... | 23 |
| 3.2. Instrument VDAS..... | 23 |
| 3.3. Software TecQuipment VDAS..... | 24 |
| 3.4. Exhaust Gas Analyzer Stargas 898..... | 24 |
| 3.5. Tumbukan..... | 25 |
| 3.6. Ayakan Mesh 100..... | 25 |
| 3.7. Timbangan Digital..... | 26 |
| 3.8. Roller Ampia..... | 26 |
| 3.9. Gelas Ukur..... | 27 |
| 3.10. Microwave..... | 28 |
| 3.11. Kawat Strimin..... | 28 |
| 3.12. Cetakan Pelet..... | 29 |
| 3.13. Bentonit..... | 29 |
| 3.14. Aquadest..... | 30 |
| 3.15. Pencetakan pelet..... | 31 |
| 3.16. Proses pengaktifasian fisik..... | 32 |

| | |
|--|----|
| 3.17. Filter udara bentonit yang siap digunakan | 33 |
| 3.18. Filter udara yang siap diuji..... | 34 |
| 3.19. Filter bentonit yang terpasang pada mesin uji..... | 34 |
| 3.20. Diagram Alir Penelitian | 38 |
| 4.1. Pengaruh aktivasi fisik bentonit dengan variasi berat massa terhadap daya engkol berdasarkan putaran mesin..... | 43 |
| 4.2. Pengaruh aktivasi fisik bentonit dengan variasi berat massa terhadap konsumsi bahan bakar spesifik engkol berdasarkan putaran mesin. | 48 |
| 4.3. Pengaruh penggunaan pelet filter bentonit terhadap kadar CO pada emisi gas buang..... | 53 |
| 4.4. Pengaruh penggunaan pelet filter bentonit terhadap kadar HC pada emisi gas buang..... | 54 |
| 4.5. Pengaruh penggunaan pelet filter bentonit terhadap kadar CO ₂ pada emisi gas buang. | 56 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 2.1. Perbedaan Komposisi Na-Bentonit dan Ca-Bentonit..... | 21 |
| 3.1. Spesifikasi motor bensin 4-langkah | 22 |
| 3.2. Spesifikasi suhu pada daya microwave..... | 27 |
| 3.3. Tabel konsentrasi pembuatan pelet bentonit..... | 31 |
| 3.4. Variasi massa palet filter bentonit..... | 32 |
| 4.1. Data rata-rata hasil torsi pada pengujian prestasi mesin bensin 4-langkah pada beban dinamometer 0,5 putaran. | 40 |
| 4.2. Data rata-rata hasil daya engkol pada pengujian prestasi mesin bensin 4-langkah pada beban dinamometer 0,5 putaran..... | 41 |
| 4.3. Data rata-rata hasil konsumsi bahan bakar spesifik engkol pada pengujian prestasi mesin bensin 4-langkah pada beban dinamometer 0,5 putaran. | 41 |
| 4.4. Data hasil pengujian emisi gas buang mesin bensin 4- langkah..... | 52 |

DAFTAR SIMBOL

| Simbol | Keterangan | Satuan |
|------------------|---|--------------------|
| bP | Daya Engkol | Kw |
| $bsfc$ | Konsumsi Bahan Bakar Spesifik | kg/kWh |
| fc | Faktor koreksi laju pemakaian udara | - |
| Man | Pembacaan mmH ₂ O pada manometer | mmH ₂ 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 |
| τ_{AP} | Torsi Aktual | Nm |
| τ_{RD} | Torsi Hasil Pembacaan | Nm |
| A/F | Perbandingan Udara-Bahan Bakar | - |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya alat transportasi yang kian meningkat setiap tahunnya, membuat tingginya penggunaan bahan bakar minyak yang mengakibatkan tingginya tingkat polusi udara. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan penggunaan kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 136.137.451 unit. Bila dibandingkan dengan tahun 2019 dengan pengguna kendaraan bermotor sebanyak 133.617.012 unit, dengan kenaikan presentase penggunaan kendaraan bermotor dengan 1,85% pada tahun 2020.

Dalam mengurangi konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan salah satu upaya yaitu meningkatkan kinerja mesin, dimana efisiensi pembakaran dalam mesin dapat ditingkatkan dengan menggunakan filter udara yang berfungsi sebagai penyaring udara ke dalam ruang bakar dan kotoran atau senyawa yang tidak diperlukan seperti nitrogen (N_2), uap air (H_2O) dan juga karbon dioksida (CO_2). Sebagai mana diketahui udara kering terdiri dari 78% nitrogen, 20% oksigen, dan 2% uap air beserta gas-gas lainnya, sedangkan gas yang dibutuhkan dalam proses pembakaran adalah oksigen untuk membakar bahan bakar yang mengandung molekul karbon dan hidrogen (Ana, 2010).

Filter udara biasanya terbuat dari busa, kain, dan kertas, namun ada bahan lain yang dapat digunakan untuk menyaring udara, seperti: zeolit alam, abu terbang batubara, arang tempurung, arang tempurung kelapa, arang sekam

padi dan bentonit masuk ke dalam pembakaran ruang bakar selama proses pembakaran karena bahannya bersifat adsorptif. Bahan-bahan tersebut dapat menyerap uap air (H_2O) dan nitrogen (N_2) dari udara yang masuk ke ruang bakar untuk memaksimalkan oksigen (O_2) yang masuk ke ruang bakar untuk proses pembakaran.

Dalam proses pembakaran, udara yang tersaring dalam filter udara memiliki peranan penting untuk terjadinya pembakaran dengan bahan bakar. Syarat agar terjadinya pembakaran sempurna pada ruang bakar yaitu suplai oksigen, bahan bakar dan panas awal pembakaran yang cukup. Jika didalam proses pembakaran pada motor bakar terdapat nitrogen dan uap air maka gas-gas tersebut dapat mengambil panas pembakaran yang seharusnya diterima oleh oksigen dan bahan bakar didalam ruang bakar. Sehingga panas pembakaran berkurang dan menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna (Wardono, 2004).

Bentonit memiliki bentuk senyawa yang tidak beda jauh dengan zeolit, dan kesamaan sifat dengan zeolit yaitu dapat mengadsorbsi uap air dan nitrogen. Karakteristik dari bentonit ini mampu menyerap 7-10 kali beratnya sendiri didalam air, dan mampu mengembang 18 kali dari volume kering. Dari sifatnya tersebut, diperkirakan bentonit juga dapat menghemat konsumsi bahan bakar seperti zeolit alam (Wardono, 2011).

Menurut (Sekretariat Badan Perwakilan Lampung, Pemerintah Provinsi Lampung, 2010) bentonit digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti perekat, filter, lumpur bor, adsorben pestisida, adsorben kotoran hewan, *bleaching earth* pada industri kelapa sawit dan berbagai industri farmasi. Penggunaan ini didasarkan pada ketersediaan bentonit di alam. Di alam, bentonit terdiri dari dua jenis yaitu Natrium bentonit (Na-Bentonit) dan Kalsium bentonit (Ca-Bentonit). Jumlah cadangan potensial sebesar 380 juta ton untuk pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan Tengah dan Sulawesi. Potensi bahan tambang bentonit di Provinsi Lampung tersebar di beberapa wilayah

antara lain Kabupaten Pringsewu, dimana 6,2 juta m³ terdapat di Desa Lugusari, 8,25 juta m³ di Desa Lohjinaw dan 60 juta m³ di Kabupaten Waykanan (Wardono, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Firmansyah (2010), Demora (2010), dan Wardono (2011), diketahui bahwa penggunaan filter berbahan bentonit dapat menghemat konsumsi bahan bakar motor diesel 4-langkah rata-rata sebesar 2,8% - 5,4%. Bentonit memiliki sifat yang dapat mengikat nitrogen dan uap air, maka udara yang masuk ke ruang bakar lebih banyak O₂ membuat campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar dengan sempurna didalam ruang bakar dan membuat konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmatulloh (2021), dengan menggunakan filter berbahan bentonit 60%, 70%, dan 80% menyatakan bahwa penggunaan filter udara bentonit yang diaktivasi secara fisik dapat meningkatkan performa mesin. Dengan menghasilkan nilai rata-rata peningkatan daya engkol terbaik pada konsentrasi 70% dengan suhu aktivasi 150°C dan massa 25 gram, dengan peningkatan daya engkol rata-rata 31,13%. Penurunan konsumsi spesifik rata-rata terbaik juga terjadi pada konsentrasi 70% ketika suhu aktivasi 150°C dan massa 25 gram, yaitu rata-rata konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan sebesar 66,86%. Sedangkan hasil uji emisi gas buang mengalami penurunan yang disebabkan oleh berkurangnya *bsfc*, dimana uji emisi gas buang terbaik dihasilkan pada konsentrasi filter bentonit 60% dan hasil uji pada putaran mesin rendah 1500 rpm dapat menurunkan kadar CO sebesar 0,15% atau 41,04%, sedangkan penurunan pada HC sebesar 26,5% ppm atau dikurangi 39%. Sedangkan pada kecepatan tinggi 3500 rpm dapat menurunkan kandungan CO sebesar 0,039% atau berkurang sebesar 8,94% dan kandungan untuk HC sebesar 12 ppm atau 24,7%. Mengacu pada penelitian sebelumnya pada mesin bensin 4-langkah dengan konsentrasi 60% sampai 80%. Berdasarkan beberapa referensi yang didapatkan, variasi susunan pelet bentonit teraktivasi fisik dapat meningkatkan prestasi mesin

sehingga penulis melakukan penelitian terhadap filter udara berbahan bentonit dengan menggunakan *microwave* untuk meningkatkan prestasi mesin dan mereduksi emisi gas buang motor bensin 4-langkah *TecQuipment TD200 Small Engine Test* dengan konsentrasi 70%.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan filter udara berbahan bentonit teraktivasi fisik terhadap prestasi mesin 4-langkah dan emisi gas buang berdasarkan:

1. Mengetahui konsumsi bahan bakar spesifikasi motor bensin 4-langkah dengan menggunakan filter bentonit.
2. Mengetahui pengaruh variasi aktivasi daya dan waktu terbaik pada sampel uji terhadap peningkatan prestasi mesin.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan filter berbahan bentonit dalam mereduksi emisi gas buang.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah motor bensin 4-langkah *TecQuipment TD200 Small Engine Test* yang terdapat di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Komposisi konsentrasi sebesar 70% (bentonit 70 gram + 30 ml air *aquadest*).
3. Variasi dari *power microwave* yang digunakan yaitu 60% (240 Watt) dan 80% (320 Watt) dengan waktu aktivasi 3 menit, 5 menit, dan 7 menit.
4. Variasi massa pelet filter udara bentonit yang digunakan 25 gram, 50 gram, dan 100 gram.

5. Menggunakan variasi putaran mesin motor bensin 4-langkah sebesar 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2500 rpm, dikarenakan maksimal putaran rpm pada mesin bensin 4-langkah yaitu 3200 rpm.

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisi uraian latar belakang, tujuan, batasan masalah dalam penulisan laporan penelitian serta sistematika yang digunakan penulis dalam menyusun laporan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan penelitian ini berisikan teori-teori dasar mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini.

III. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini berisikan alat dan bahan penelitian, persiapan penelitian, prosedur pengujian, serta diagram alir dari penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang data yang didapatkan dari pengamatan, dan pembahasan dari data-data yang diperoleh setelah proses pengujian.

V. PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil dan pembahasan penelitian serta saran yang dapat diberikan penulis setelah melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi sumber dan referensi yang digunakan oleh penulis dalam menyusun laporan penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bakar

Motor bakar merupakan jenis mesin kalor yang merubah energi kimia atau bahan bakar menjadi energi termal yang selanjutnya menjadi tenaga mekanis. Energi kimia atau bahan bakar tersebut dirubah terlebih dahulu menjadi tenaga termal melalui proses pembakaran. Terjadinya energi termal karena adanya proses pembakaran bahan bakar dengan udara dalam sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin akan 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 yang menghasilkan langkah usaha (Wardono, 2004)

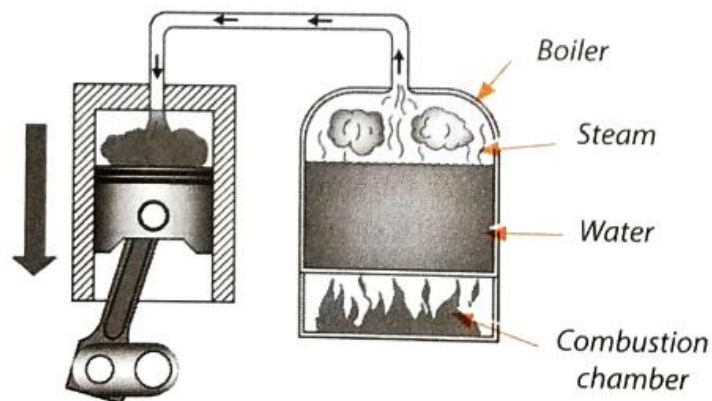
Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama ialah motor bensin dan motor diesel. Perbedaan yang utama dari kedua jenis motor bakar torak tersebut ialah pada sistem penyalanya. Pada motor bensin, bahan bakar dinyalakan dengan loncatan bunga api listrik. Proses pembakaran yang terjadi pada motor bensin sedikit berbeda dengan pada motor diesel. Karena penyalanya terjadi dengan cara diberikannya percik api kepada campuran bahan bakar dan udara yang bertekanan dan suhu tinggi, proses pembakaran terjadi sangat cepat. Sebaliknya, pada mesin diesel, proses penyalan bahan bakar terjadi dengan menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang silinder yang berisi udara panas dengan suhu melebihi titik nyala bahan bakar. Jadi saat bahan bakar diinjeksikan, bahan bakar bercampur dengan udara panas dan penyalan terjadi seketika. Namun, pembakaran semua bahan bakar tidak

bisa seketika karena proses injeksi bahan bakar membutuhkan waktu yang relatif lama. Selama injeksi bahan bakar, piston menjauh dari titik mati atas (TMA) (Tasliman, 2001).

Berdasarkan sistem pembakaran dapat diklasifikasikan menjadi 2 sistem yaitu sebagai berikut:

1. Motor bakar pembakaran luar (*External Combustion Engine*)

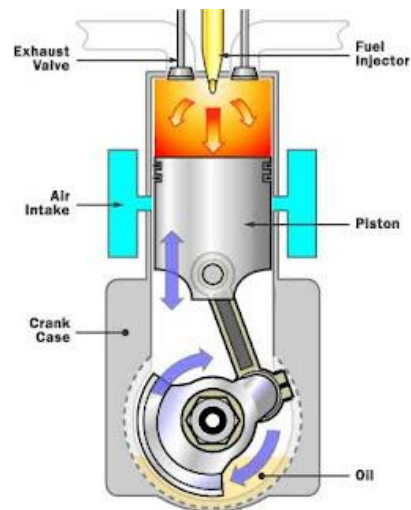
Motor bakar pembakaran luar merupakan jenis motor bakar yang dimana proses pembakaran terjadi di luar dari konstruksi mesin, sehingga untuk terjadinya proses pembakaran diperlukan adanya mesin yang berbeda. Contohnya adalah pada proses pembakaran yang terjadi pada ketel uap, turbin gas dll. Motor pembakaran luar dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Motor Pembakaran Luar
(bintannews, 2020)

2. Motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*)

Motor bakar pembakaran dalam merupakan jenis motor bakar yang proses pembakarannya dilakukan di dalam motor itu sendiri tepatnya terjadi pada ruang bakar. Contohnya motor diesel dan motor bensin. Motor pembakaran dalam dapat dilihat pada gambar 2.2.



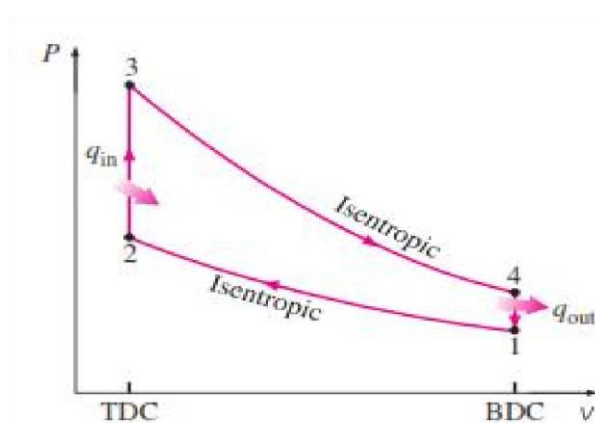
Gambar 2.2. Motor Pembakaran Dalam
(Mari-belajar, 2016)

2.2 Mesin Bensin (Otto)

Motor bensin atau mesin otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dengan jenis pembakaran dalam dimana dalam pembakarannya selalu menggunakan busi sebagai pemercik bunga api awal dan juga dirancang untuk menggunakan bahan bakar berjenis bensin atau yang sejenisnya. Motor bensin sering disebut sebagai *spark ignition engine* yang berarti bahwa untuk mengawali pembakaran di ruang silinder maka dibutuhkan percikan bunga api sebagai panas awal. Bunga api dipercikan ke dalam ruang bakar ketika piston beberapa derajat sebelum mencapai titik mati atas (TMA) sehingga energi kalor mengalami kenaikan. Dalam ruang bakar energi diubah menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk menggerakkan poros engkol. Unjuk kerja dari motor bensin dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti besarnya perbandingan kompresi dan tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara yang ada. Bilangan oktana atau angka oktan dari bahan bakar bensin dan tekanan udara masuk ruang bakar juga mempengaruhi unjuk kerja dari motor bensin.

Semakin besar perbandingan bahan bakar dengan udara yang digunakan maka mesin akan semakin efisien akan tetapi semakin besar perbandingan dari kompresi tentu akan menimbulkan *knocking* pada mesin yang menyebabkan bunyi berisik sehingga untuk memperbaiki kualitas dari campuran bahan bakar dengan udara maka alirannya harus dibuat turbulen agar tingkat homogenitas campuran akan lebih baik (Basyirun, 2008).

Motor bensin tentu berbeda dengan motor diesel. Perbedaan dari keduanya terdapat pada metode pencampuran antara bahan bakar dengan udara. Perbedaan yang signifikan dari motor diesel dan motor bensin adalah pada saat langkah hisap. Ketika langkah hisap terjadi pada motor diesel, hanya udara saja yang dihisap ke dalam ruang bakar untuk kemudian udara tersebut dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan yang cukup tinggi dan kemudian akan disemprotkan bahan bakar (solar) ke dalam ruang bakar ketika piston hampir akan mencapai TMA, sedangkan ketika langkah hisap pada motor bensin, udara dan bahan bakar telah dicampur sebelum masuk ke ruang bakar (Basyirun, 2008).



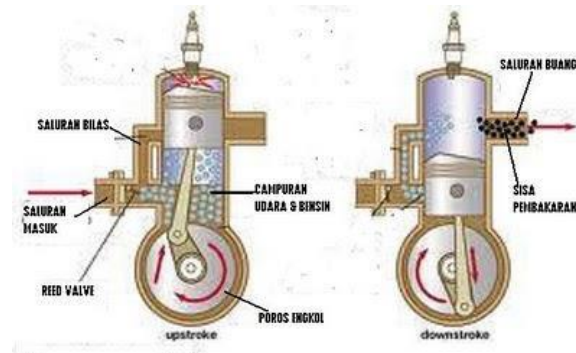
Gambar 2.3. Diagram P-V siklus otto

Adapun prinsip kerja dari motor bensin dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Motor bensin 2-langkah

Proses motor bensin dua langkah adalah proses mesin pembakaran dalam

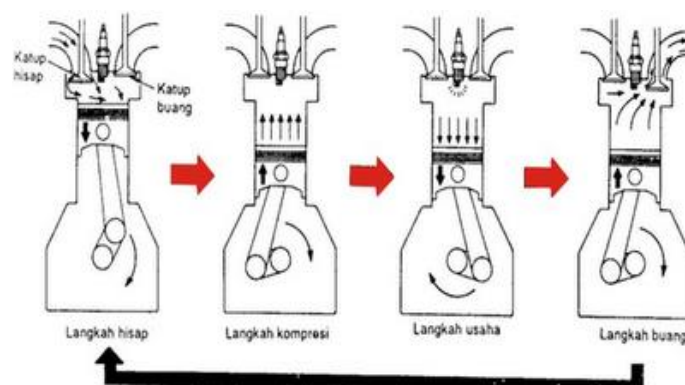
yang satu siklus pembakaran akan mengalami dua langkah piston, yang artinya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol, terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Motor bensin 2-langkah (Priyanto, 2016)

2. Motor bensin 4-langkah

Motor bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine), dimana dalam satu kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah piston yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin sebagai bahan bakarnya untuk memperoleh tenaga. 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)



Gambar 2.5. Proses motor bensin 4 langkah (Priyanto, 2016)

Adapun langkah-langkah mengenai proses-proses pada siklus udara volume konstan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Wardono, 2004):

1. Langkah hisap (0-1)

Langkah hisap merupakan langkah awal dimana torak akan bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB). Udara dan bahan bakar yang dihisap akan masuk melalui katup hisap, sehingga katup hisap dalam kondisi awal terbuka dan katup buang dalam kondisi tertutup. Tekanan dalam silinder turun akibat gerakan piston dan akan menyebabkan adanya perbedaan tekanan di luar silinder dengan tekanan di dalam silinder sehingga campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder. Katup hisap akan tertutup secara otomatis pada akhir dari langkah hisap

2. Langkah kompresi (1-2)

Pada langkah kompresi, kondisi kedua katup (katup hisap dan katup buang) adalah tertutup. Pada langkah ini piston bergerak dari TMB menuju TMA sehingga udara dan bahan bakar yang dihisap pada langkah sebelumnya dikompresikan atau dimampatkan sehingga menjadi campuran yang sangat mudah terbakar bersamaan dengan bergeraknya piston menuju TMA sehingga temperatur dan tekanan meningkat.

3. Langkah pembakaran volume konstan (2-3)

Pada langkah pembakaran, kondisi kedua katup masih sama seperti pada saat langkah kompresi, yaitu kondisi kedua katup dalam keadaan tertutup. Pada saat piston beberapa derajat hampir mencapai TMA seperti yang dijelaskan pada langkah kompresi di atas, busi akan memercikan bunga api awal sehingga bahan bakar dan udara terbakar yang mengakibatkan terjadinya kenaikan temperatur dan juga tekanan yang drastis

4. Langkah usaha atau ekspansi (3-4)

Pada langkah usaha, kedua katup (katup hisap dan katup buang) masih dalam kondisi tertutup. Akibat dari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar pada langkah pembakaran, piston akan bergerak dari titik TMA menuju titik TMB akibat adanya gaya dorongan dari hasil ledakan pembakaran antara udara dan bahan bakar dengan menggunakan api awal

yang dipercikan oleh busi. Volume gas pembakaran di dalam silinder akan semakin bertambah sehingga temperatur dan tekanannya menurun seiring dengan bergerakinya piston menuju TMB.

5. Langkah buang volume konstan (4-1)

Ketika piston telah mencapai TMB pada langkah buang volume konstan, kondisi katup hisap tertutup sedangkan katup buang mulai terbuka sehingga gas-gas sisa hasil pembakaran yang terjadi pada volume konstan akan terbuang dan mengalir melalui katup buang

6. Langkah buang tekanan konstan (1-0)

Pada langkah buang tekanan konstan ini kondisi katup sama seperti sebelumnya yaitu katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Kemudian piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan turut mendorong gas sisa pembakaran keluar hingga ruang bakar bersih dari gas sisa pembakaran yang ada

2.3 Motor Diesel

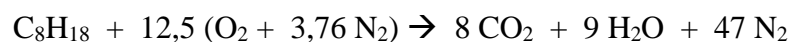
Motor diesel merupakan jenis khusus dari mesin pembakaran dalam atau yang biasa disebut sebagai *Internal Combustion Engine*. Motor pembakaran dalam merupakan motor pembakaran dimana proses kerjanya dilakukan di dalam mesin dan sebaliknya kalau motor pembakaran luar adalah motor pembakaran dimana proses kerjanya dilakukan diluar mesin seperti motor diesel, kereta bertenaga uap. Prinsip kerja dari motor diesel tentu berbeda dengan motor bensin seperti dalam penyalaan bahan bakar motor diesel (solar) menggunakan suhu kompresi udara pada ruang bakar sedangkan pada motor bensin pembakaran dilakukan menggunakan percikan api (bunga api) dari busi yang digunakan sebagai pemercik api awal pada proses pembakaran bahan bakar pada motor bensin. Dalam mesin diesel bahan bakar (solar) diinjeksikan ke dalam silinder yang sudah terisi oleh udara dengan tekanan yang cukup tinggi. Selama langkah kompresi pada motor diesel berlangsung maka suhu udara akan meningkat sehingga saat bahan bakar dalam bentuk halus akan menyala ketika bersinggungan dengan udara panas tanpa

membutuhkan alat penyala dari luar kembali. Oleh karena itu motor diesel juga sering disebut sebagai mesin penyalan kompresi (Rabiman,2011).

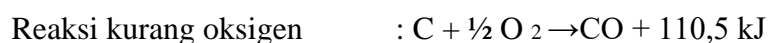
Perbedaan mencolok pada motor diesel dan motor bensin dan motor diesel adalah pada saat langkah hisap tepatnya. Pada motor diesel ketika langkah hisap hanya udara saja yang dihisap ke dalam ruang bakar untuk kemudian udara tersebut dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan yang cukup tinggi dan akan disemprotkan bahan bakar (solar) ke dalam ruang bakar ketika piston hampir akan mencapai TMA, sedangkan pada motor bensin pada langkah hisap ada campuran antara udara dan bahan bakar yang dihisap untuk kemudian akan masuk ke dalam ruang bakar (Wardono,2004)

2.4 Proses Pembakaran

Proses pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen yang berlangsung cepat dengan panas yang cukup akan menaikkan temperatur dan tekanan gas pembakaran yang menghasilkan panas yang jauh lebih besar. Pada proses pembakaran ada 2 elemen utama yaitu karbon dan oksigen. Jumlah oksigen di udara yaitu 20,9% dari udara, dan hampir 79% udara adalah nitrogen, kemudian sisanya yaitu elemen lainnya (Tans, 2018). Berikut reaksi pembakaran sempurna bahan bakar premium (C_8H_{18}), Wardono, 2004:



Pembakaran secara umum dapat didefinisikan sebagai reaksi atau proses oksidasi antara komponen-komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dan komponen udara (oksigen) atau oksidator yang membutuhkan panas awal pembakaran prosesnya berlangsung dengan sangat cepat untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar dari sebelumnya sehingga akan menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran



Berdasarkan reaksi di atas dijelaskan bahwa proses pembakaran merupakan proses oksidasi antara molekul oksigen dengan partikel bahan bakar, karbon dan hidrogen kemudian akan membentuk karbon dioksida dan uap air pada keadaan pembakaran sempurna. Karbon dioksida dan uap air terbentuk karena adanya panas kompresi dan percikan api dari busi yang mampu memutus ikatan oksigen ($O=O$) menjadi (O) dan (O). Selain itu juga mampu memutus ikatan antar partikel bahan bakar ($C-H$) dan ($C-C$) menjadi (C dan H) yang berdiri sendiri. Kemudian partikel (O) beroksidasi dengan partikel (C dan H) untuk membentuk air yaitu berupa uap air dan karbon dioksida. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran udara dan bahan bakar tidak pernah terwujud apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

2.5 Parameter Prestasi Mesin

Parameter operasi dari suatu mesin sangat erat hubungannya dengan prestasi mesin. Besar kecilnya harga dari masing-masing parameter operasi dari mesin akan mempengaruhi tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan. Parameter operasi pada mesin yang pada umumnya dipergunakan dalam menganalisis suatu prestasi mesin adalah daya engkol atau biasa disebut *break power*, laju pemakaian bahan bakar, laju pemakaian bahan bakar spesifik engkol, laju pemakaian udara, perbandingan udara-bahan bakar, tekanan efektif rata-rata engkol, efisiensi termal engkol, efisiensi volumetrik, hilang panas pada gas buang, dan koefisien udara lebih (Wardono, 2004).

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan nilai dari efisiensi *thermal* (η_{th}) yang terjadi karena biasanya pada motor bakar 4 langkah selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi kalor ataupun energi panas, dimana efisiensi *thermal* sendiri merupakan perbandingan energi (kerja atau daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Parameter dari prestasi mesin yang cukup berperan atau berpengaruh yaitu daya engkol sebagai hasil kerja yang dihasilkan dari motor

bakar. Untuk mendapatkan daya engkol pada uji sepeda motor dapat dicari dengan menentukan nilai akselerasi terlebih dahulu. Untuk mengukur prestasi kendaraan motor bakar 4-langkah dalam aplikasinya dapat menggunakan persamaan berikut :

1. Daya Engkol, bP

Daya engkol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$bP = \frac{2\pi N \cdot \tau_{AP}}{60.000}, \text{ (kW)} \dots\dots\dots(1)$$

$$\tau_{AP} = 1,001 \tau_{RD}, \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(2)$$

2. Laju Pemakaian Udara, \dot{m}_a

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

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

Untuk kondisi tekanan dan temperatur ruang yang berbeda, kalikan $\dot{m}_{a,th}$ tersebut dengan faktor koreks, fc , berikut :

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

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

$$\dot{m}_{a,ct} = fc \cdot \dot{m}_{a, th}, \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots(5)$$

3. Laju Pemakaian Bahan Bakar, \dot{m}_f

Laju pemakaian 8 ml bahan bakar, \dot{m}_f dapat dohitung dengan persamaan berikut :

$$\dot{m}_f = \frac{sgf \times 8 \times 10^{-3}}{t}, \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots(6)$$

4. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Engkol, $bsfc$

$bsfc$ dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

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

2.6 Emisi Gas Buang

Motor bakar yang melakukan proses pembakaran bahan bakar dan udara akan mengeluarkan polutan yang dikeluarkan melalui saluran pembuangan mesin biasa disebut dengan emisi gas buang. Dalam reaksi pembakaran sempurna

sisanya hasil pembakaran yang 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 karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x). Emisi gas buang pada kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, umur kendaraan, dan ambang temperatur. Kendaraan dengan usia dan jenis bahan bakar yang berbeda akan menghasilkan kadar emisi yang berbeda (Yuliasuti, 2008)

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

1. Karbondioksida (CO_2)

Gas CO_2 merupakan gas yang mudah larut dalam air dingin, tidak berbau, dan tidak berwarna yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran bahan bakar dan udara yang terbakar semuanya. Semakin tinggi konsentrasi CO_2 maka proses pembakaran semakin baik, hal ini menunjukkan secara langsung kondisi proses pembakaran di ruang bakar.

2. Uap air (H_2O)

H_2O merupakan 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 atau yang sering disebut dengan mesin banjir.

3. Nitrogen (N_2)

Gas N_2 merupakan gas yang terkandung di dalam 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 halnya nitrogen oksida (NO_x).

4. Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan 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. Hanya pada saat pembakaran yang sempurna dari bahan bakar dan udara maka nilai CO bisa tidak akan terbentuk.

5. Hidro karbon (HC)

Hidro karbon merupakan bahan bakar mentah yang tidak terbakar sempurna selama proses pembakaran yang terjadi 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. Karena HC merupakan sebagian bahan bakar yang tidak terbakar maka semakin tinggi kadar emisi HC mengakibatkan tenaga mesin semakin berkurang dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat.

6. Nitrogen oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x) adalah suatu ikatan senyawa kimia antara nitrogen dan oksigen. Senyawa ini dihasilkan karena terlalu tingginya suhu pada ruang bakar. Emisi gas NO_x ini sangat tidak stabil dan jika terlepas ke udara bebas akan berikatan dengan oksigen dan membentuk NO₂ yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia karena beracun (Zakiah, 2010).

2.7 Filter Udara

Saringan udara (*air filter*) adalah alat yang berfungsi untuk menyaring debu atau kotoran yang terbawa udara yang masuk ke karburator, yang selanjutnya akan masuk ke dalam ruang bakar. Filter udara sangat memegang peranan penting dalam menyaring udara yang masuk ke karburator sebelum masuk ke proses pembakaran dalam ruang bakar agar udara tersebut bersih dan bebas

dari kotoran atau debu yang dapat mengganggu proses pembakaran dalam ruang bakar, contoh filter udara pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Filter Udara (Astra-Honda, 2021)

Apabila udara yang masuk ke ruang bakar mengandung debu, kotoran dan uap air yang berebih maka dapat menghambat proses pembakaran yang menyebabkan pembakaran yang tak sempurna. Dampak yang dihasilkan adalah terdengar suara kasar, knalpot akan mengeluarkan asap tebal dan tenaga yang dihasilkan menjadi kurang maksimal. Selain itu, aliran udara yang memasuki ruang bakar akan mempengaruhi pencampuran udara dan bahan bakar didalam ruang bakar yang akan mempengaruhi kinerja pembakaran (Hartono, 2008).

2.8 Bentonit

Bentonit adalah istilah untuk lempung (*clay*) yang mengandung *monmorilonit* di dalam dunia perdagangan dan termasuk kelompok *dioktahedral*. Bentonit 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. *Montmorillonit* merupakan kelompok mineral *filosilikat* yang paling banyak menarik perhatian karena memiliki kemampuan untuk mengembang serta memiliki kapasitas penukar kation yang tinggi sehingga ruang antar lapis *montmorillonit* mampu mengakomodasi kation dalam jumlah besar.

Montmorillonit memiliki struktur berlapis dan mengembang bila didispersikan ke dalam air, sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben. Bentonit adalah adsorben *aluminio phyllosilicate* yang terdapat pada *clay* yang mengandung 80% *montmorillonite* dengan formula $(\text{Na,Ca})_{0,33}, (\text{Al,Mg})_2, \text{SiO}_{10}, (\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})$. 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).

Montmorillonit adalah salah satu fraksi anorganik tanah yang tersusun atas senyawa silika alumina yang berbentuk polikristalin dengan struktur berlapis dan partikelnya berukuran $\pm 2 \mu\text{m}$. Lapisannya terdiri dari lembar silika tetrahedral dengan ikatan Si - O - Si bersudut 180° dan bidang dasar terdiri dari gugus OH yang terikat dalam silika tetrahedron. Dua lembar silika tetrahedral ini mengapit lembar oktahedral aluminium, sehingga dapat dikatakan bahwa bentonit mempunyai muatan *neffal*. Meskipun demikian muatan Bentonit dapat berubah-ubah dan luas area permukaan spesifik sekitar $700 - 800 \text{ m}^2/\text{gr}$. Muatan ini dapat berubah menjadi muatan negatif dengan adanya substitusi isomorfik yaitu pergantian Si dari tetrahedral oleh Al^{3+} atau Al dari oktahedral diganti oleh Mg^{2+} , dan dapat berubah menjadi muatan positif bila terjadi penambahan ion H^+ ke gugus hidroksil karena perubahan pH dan valensi ion logam (Koestiari, 2012).

Bentonit yang bermuatan negatif memiliki substitusi isomorf dari Al^{3+} untuk Si^{4+} di lapisan tetrahedral dan Mg^{2+} untuk Al^{3+} di lapisan oktahedral. Bentonit sebagai adsorben biasanya digunakan untuk adsorpsi logam kationik, karena permukaan bentonit bermuatan negatif, sehingga tidak efektif digunakan untuk mengadsorpsi anion-anion yang berada di perairan. Bentonit perlu dimodifikasi agar dapat digunakan untuk mengadsorpsi anion seperti fosfat. Aktivasi bentonit sering kali dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan serta kemampuan adsorpsi adsorben, sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan adsorben (Darmadinata, 2019).



Gambar 2.7. Bentonit

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 m³ di pekan Lugusari, 8,25 juta m³ di pekan Lohjinawi dan di Kabupaten Waykanan sebesar 60 juta m³ (Wardono, 2011).

Bentonit memiliki bentuk senyawa yang tidak jauh berbeda dengan zeolit, dan kesamaan sifat dengan zeolit yaitu dapat mengadsorpsi uap air dan nitrogen. Bentonit memiliki bentuk seperti setumpuk kartu yang dijepit bersamaan. Ketika terkena air, kartu atau tanah liat ini bergeseran terpisah berkeping-keping. Dari sifat bentonit tersebut bentonit mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebagaimana halnya zeolit alam.

Berdasarkan tipenya, bentonit dibedakan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Tipe Wyoming Na-Bentonit – *Swelling Bentonite*

Jenis mineral *montmorilonit* yang mempunyai lapisan partikel air tunggal (*Single Water Layer Particles*) yang mengandung Na^+ yang dapat dipertukarkan. Bentonit memiliki daya mengembang hingga 8 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^+). Penggunaan yang utama adalah untuk lumpur (bor) pembilas dalam kegiatan pemboran, pembuatan pelet biji besi, penyumbatan kebocoran bendungan/kolam, bahan pencampur pembuatan cat, bahan baku farmasi, dan perekat pasir cetak pada industri pengecoran logam (Buchari & Harsina, 1996).

2. Mg, Ca-Bentonit – *Non Swelling 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 permurnian minyak goreng perlu aktivasi terlebih dahulu.

Tabel 2.1. Perbedaan Komposisi Na-Bentonit dan Ca-Bentonit (Buchari & Harsina, 1996)

| Komposisi Kimia | Na-Bentonit(%) | Ca-Bentonit(%) |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| SiO ₂ | 61,3 – 61,4 | 62,12 |
| Al ₂ O ₃ | 19,8 | 17,33 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,9 | 5,3 |
| CaO | 0,6 | 3,68 |
| MgO | 1,3 | 3,3 |
| Na ₂ O | 2,2 | 0,5 |
| K ₂ O | 0,4 | 0,55 |
| H ₂ O | 7,2 | 7,22 |

III. METODE PENELITIAN

3.1 Alat Penelitian

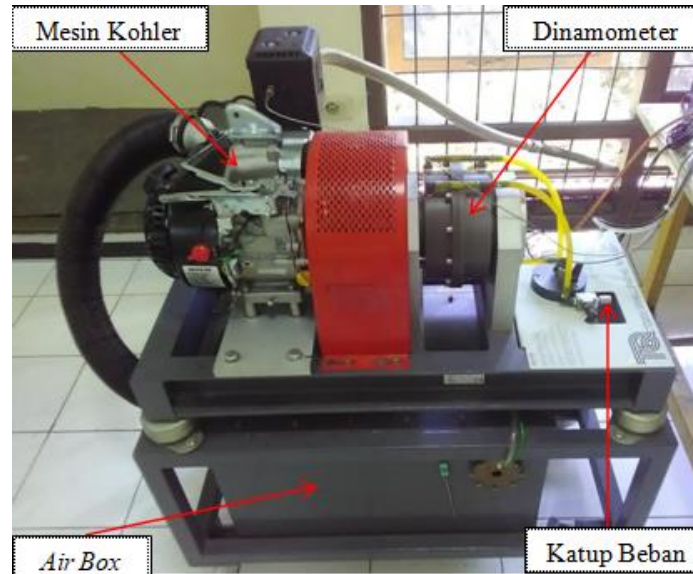
Adapun alat yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Motor bensin 4-langkah

Mesin yang dipakai dalam pengujian ini adalah motor bensin 4 langkah yang terdapat di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung yang memiliki spesifikasi seperti ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Spesifikasi motor bensin 4-langkah

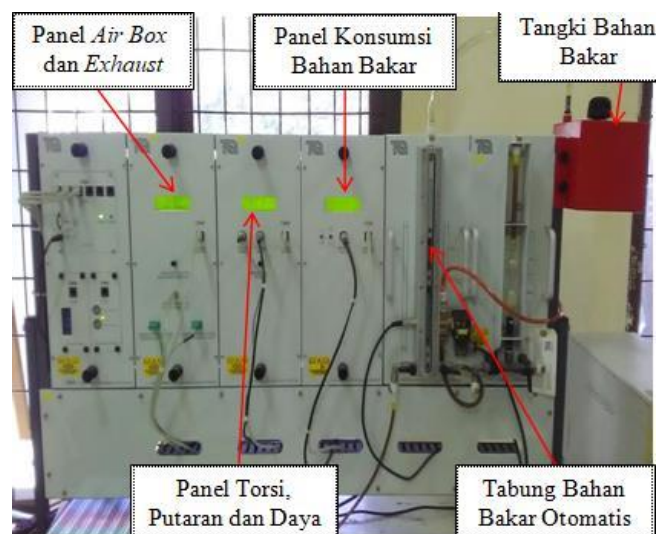
| | |
|-----------------------|---|
| Merk | Kohler |
| Dimensi | Lebar : 500mm |
| | Tinggi : 430mm |
| | Kedalaman : 400mm |
| Tipe Bahan Bakar | Bensin tanpa timbal (gasoline) |
| Daya | 4,5 kW pada 3600 rev/menit dan 2,2 kW pada 1800 rev/menit |
| Sistem Pengapian | Elektrik |
| Diameter Silinder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



Gambar 3.1. Mesin bensin 4-langkah

2. Unit *Instrument* VDAS

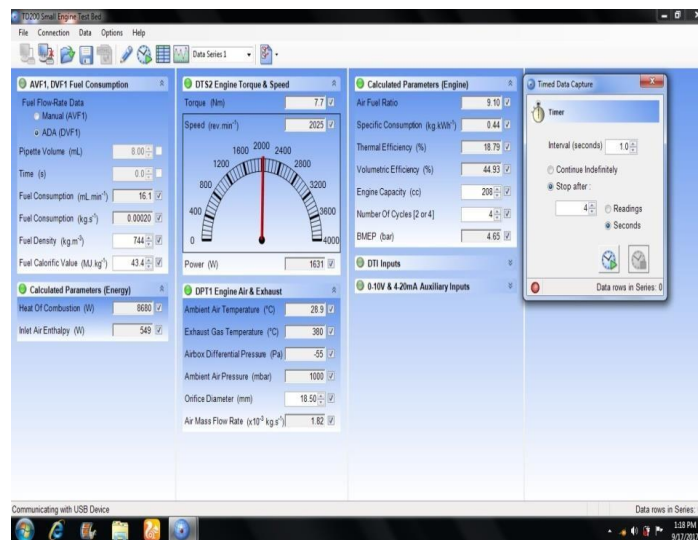
Unit *Instrument* VDAS (*Versatile Data Acquisition System*) adalah sistem panel pelengkap pada mesin bensin kohler untuk mendapatkan hasil dari pengukuran putaran mesin, torsi, daya, temperatur udara lingkungan, temperatur gas buang, tekanan diferensial pada *airbox* dan tekanan udara lingkungan. Kemudian data hasil dari pengukuran tersebut ditampilkan pada layar yang terdapat pada panel tersebut.



Gambar 3.2. *Instrument* VDAS

3. Software Tecquipment VDAS

Software Tecquipment VDAS (Versatile Data Acquisition System) merupakan *software* khusus yang dihubungkan ke unit *instrument* VDAS, dimana fungsinya adalah untuk menjalankan perintah program, kemudian menampilkan data hasil perhitungan parameter pengujian.



Gambar 3.3. *Software TecEquipment VDAS*

4. Exhaust Gas Analyzer Stargas 898

Exhaust Gas Analyzer Stargas 898 merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kandungan gas yang terdapat pada gas emisi dari hasil pembakaran motor bensin 4 langkah 1 silinder.



Gambar 3.4. *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*

5. Tumbukan

Pada penelitian ini akan menggunakan tumbukan yang berfungsi untuk menghaluskan bentonit kasar menjadi halus, tumbukan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Tumbukan

6. Ayakan *Mesh* 100

Ayakan yang akan dipakai dalam penelitian ini memiliki fungsi untuk menyamakan bentonit setelah dilakukan penumbukan agar ukuran bentonit menjadi sama yaitu *mesh* 100. Penyamaan ukuran bentonit ini sangatlah penting agar sewaktu pengujian mendapatkan hasil yang optimal. Ayakan *mesh* 100 dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Ayakan *Mesh* 100

7. Timbangan Digital

Timbangan seperti pada gambar 3.7. digunakan untuk mengukur massa bentonit, dan air yang akan digunakan sebagai variasi konsentrasi campuran dalam penelitian.



Gambar 3.7. Timbangan Digital

8. *Roller Ampia*

Roller digunakan untuk memadatkan dan memipihkan adonan bentonit agar memudahkan pada saat proses pencetakan pelet seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. *Roller Ampia*

9. Gelas Ukur

Gelas ukur akan yang dipakai pada pengujian ini mempunyai ketelitian 0,5 ml, digunakan untuk mengukur air *aquadest*.



Gambar 3.9. Gelas Ukur

10. *Microwave*

Dalam penelitian ini menggunakan *microwave* yang digunakan untuk memanaskan pelet filter dengan daya aktivasi 100% (400 watt), 80% (320 watt), 60% (240 watt), 40% (160 watt) dan 20% (80 watt). Meratakan dan mentransfer panas dari sumber panas gelombang mikro yang bergerak dan saling bertabrakan. *Microwave* hanya memanaskan dengan temperatur maksimal 75°C dengan spesifikasi mesin sebagai berikut :

Merk/*Type* : Sanyo / EM-S1812S

Voltase/Frekuensi : 220V 50Hz

Daya Konsumsi : 800W

Daya Keluaran : 400W 2450MHz

Tabel 3.2. Spesifikasi suhu pada daya *microwave*

| No | Spesifikasi suhu aktivasi fisik pada <i>microwave</i> | | |
|----|---|---------------|-----------------|
| | Daya (watt) | Waktu (menit) | Temperatur (°C) |
| 1 | | 3 menit | 71,2 |
| 2 | 80% (320 watt) | 5 menit | 72 |
| 3 | | 7 menit | 75,5 |

Tabel 3.2. tabel lanjutan

| | | | |
|---|----------------|---------|------|
| 4 | | 3 menit | 64,7 |
| 5 | 60% (240 watt) | 5 menit | 65,3 |
| 6 | | 7 menit | 65,6 |



Gambar 3.10. Microwave

11. Kawat Strimin

Pada penelitian ini akan menggunakan kawat filter pelet yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan atau menyusun pelet bentonit yang akan digunakan pada pengujian ini. Dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Kawat Strimin

12. 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. Cetakan pelet dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Cetakan Pelet

3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bentonit

Pada penelitian ini menggunakan jenis Ca-Bentonit (Kalsium Bentonit), dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Bentonit

2. *Aquadest*

Pada penelitian ini menggunakan air *aquadest* sebagai bahan campuran adonan bentonit, dapat dilihat pada Gambar 3.14



Gambar 3.14. *Aquadest*

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

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

1. Menghaluskan bentonit

Menghaluskan bentonit dengan cara menumbuk bentonit dengan penumbuk yang kemudian diayak dengan menggunakan ayakan *mesh* 100.

2. Membuat adonan

Pembuatan adonan pelet bentonit dilakukan dengan mencampurkan bentonit dengan air *aquadest* dengan menggunakan konsentrasi sebesar 70%. Konsentrasi 70% ini terdiri dari 70 gram bentonit dan 30 ml air *aquadest*. Proses pembuatan atau pengolahan dilakukan dengan mencampurkannya merata dengan sempurna hingga menjadi adonan. Setelah adonan jadi, lalu adonan dipipihkan dengan menggunakan *roller* dengan ketebalan 3 mm dan lalu lakukan pencetakan pelet diameter 10 mm.

3. Pencetakan pelet

Selanjutnya yaitu melakukan pencetakan pelet, setelah adonan telah dipipihkan dengan ketebalan 3 mm langkah selanjutnya yaitu mencetaknya menjadi pelet dengan diameter 10 mm. Massa total yang akan diuji masing-masing komposisi sebesar 25 gram, 50 gram, 100 gram



Gambar 3.15. Pencetakan pelet

Setelah selesai dilakukan pencetakan pelet, maka pelet sudah siap untuk diaktivasi. Konsentrasi pembuatan pelet bentonit dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Tabel konsentrasi pembuatan pelet bentonit

| Konsentrasi | Bentonit | <i>Aquadest</i> |
|-------------|----------|-----------------|
| 70% | 70 gram | 30 ml |

4. Proses pengaktifasian fisik

Setelah selesai dicetak menjadi pelet selanjutnya yaitu proses pengaktifasian pelet filter dengan menggunakan *microwave*. Proses pengaktifasian menggunakan 2 variasi daya yaitu 60% (240 Watt) dan 80% (320 Watt) dengan waktu aktivasi sebanyak 3 menit, 5 menit, dan 7 menit. Proses pengaktifasian tersebut bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada pelet filter yang telah diaktivasi. Proses selanjutnya yaitu mengemas pelet bentonit dengan kewan strimin sesuai dengan komposisi massa yang ditentukan yaitu 25 gram, 50 gram, dan 100 gram dengan

ukuran kawat strimin yang berbeda dengan tingkat kerapatan renggang, agak renggang, dan rapat.



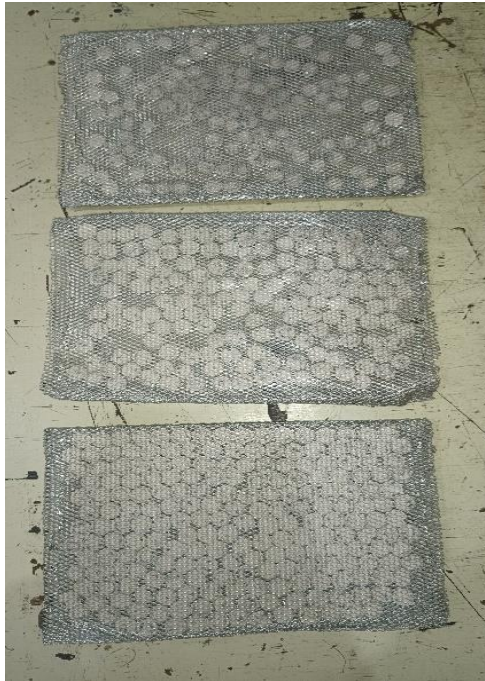
Gambar 3.16. Proses pengaktifasian fisik

Variasi massa pelet filter bentonit yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel 3.4.

Tabel 3.4. Variasi massa palet filter bentonit

| Konsentrasi | Massa (gram) | Diameter (mm) | Jumlah Pelet |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 70% | 25 | 10 | 120 |
| | 50 | 10 | 240 |
| | 100 | 10 | 480 |

Setelah kemasan pelet bentonit sudah dibuat menjadi saringan udara, kemudian saringan bentonit tersebut dipasangkan pada kotak saluran udara masuk mesin bensin 4 langkah dengan dimensi ukuran kotak pertama $19,5\text{cm} \times 13\text{cm} \times 9\text{cm}$ dan untuk dimensi ukuran kotak kedua $27\text{cm} \times 18,5\text{cm} \times 9\text{cm}$, lalu dilakukan pengambilan data. Adapun bentuk filter udara bentonit yang siap digunakan untuk pengujian pada mesin bensin 4-langkah dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17. Filter udara bentonit yang siap digunakan

3.4 Persiapan Pengujian

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan filter bentonit yang telah dimodifikasi sesuai dengan bentuk filter yang berbentuk persegi. Penelitian ini menggunakan aktivasi fisik dengan 1 variasi konsentrasi pelet, 2 variasi daya 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 TD200 *Small Engine Test*.
3. Menata pelet bentonit pada rangka kawat strimin yang berbentuk kotak 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 rapi.

Adapun pemasangan filter udara bentonit yang telah siap digunakan pada alat uji TD200 *Small Engine Test* dapat dilihat pada gambar 3.18. dibawah ini.



Gambar 3.18. Filter udara yang siap diuji



Gambar 3.19. Filter bentonit yang terpasang pada mesin uji

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun proses pengujian dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Prosedur Pengujian Prestasi Mesin

Adapun prosedur pengujian prestasi mesin pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan uji yaitu *Tecquipment TD200 Small Engine Test* dan *instrument VDAS*.
2. Memasang selang bahan bakar ke unit pengukur laju aliran bahan bakar sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini digunakan pengukuran aliran bahan bakar otomatis, selanjutnya menggeser tungkai/tuas pada panel *instrument VDAS* untuk volume bahan bakar 8 ml.
3. Menghubungkan unit komputer dan *instrument VDAS* pada arus listrik.
4. Mengisi tangki bahan bakar dengan bahan bakar yang akan digunakan, dengan terlebih dahulu mengosongkan sisa bahan bakar pada tangki dan selang bahan bakar.
5. Memperhatikan dan memastikan tidak ada udara yang terjebak didalam saluran selang bahan bakar.
6. Mengeluarkan udara dari saluran selang bahan bakar jika terdapat udara yang terjebak, karena dapat menyebabkan proses pengambilan data waktu pemakaian bahan bakar tidak akurat.
7. Menghidupkan pompa air dan memastikan laju aliran pada tekanan 1 bar.
8. Membuka katup air yang menuju ke dinamometer sebesar $\frac{1}{2}$ (setengah putaran).
9. Menghidupkan komputer dan *instrument VDAS* serta menghubungkan *instrument VDAS* ke komputer dengan cara menghubungkan kabel USB ke *port* USB pada komputer.
10. Membuka aplikasi *Tecquipment VDAS* pada komputer.

11. Mengkalibrasi torsi dan tekanan kontak udara dengan cara menekan dan menahan tombol pada *zero* torsi dan *air box pressure* sampai angka indikator berubah menjadi berubah menjadi 0 (nol) pada panel *instrument* VDAS.
12. Menyetel penggunaan bahan bakar pada aplikasi *Tecquipment* VDAS pada menu *fuel flow – rate data source* pilih otomatis ADA (DVF1).
13. Mengisi data *fuel density* sebesar 742 kg/m^3 , *fuel colorific value* sebesar $44,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$, *engine capacity* sebesar 208 cc, *number of cycle* yaitu 4, *orifice diameter* sebesar 18,5 mm sesuai dengan mesin yang digunakan.
14. Menghidupkan mesin dan memanaskan mesin, tujuan memanaskan mesin yaitu untuk menyiapkan mesin dalam kondisi kerja.
15. Proses pengambilan data dengan mengatur putaran mesin dan bukaan katup beban dinamometer.
16. Menunggu torsi sampai stabil dan hasil dari *calculated parameters* muncul pada menu aplikasi.
17. Merekam data sebanyak 5 kali dengan cara membuka menu pada aplikasi *Tecquipment* VDAS yaitu *start timed data acquisition* berupa interval 2 detik dan berhenti pada 8 detik, lalu klik OK, maka perekaman data dimulai.
18. Menambah tiap bukaan katup beban pada dinamometer sebesar setengah putaran dan merekam data tiap-tiap bukaan hingga mencapai torsi puncak pada putaran mesin.
19. Mengulangi langkah 15-18 untuk tiap-tiap putaran mesin (RPM).
20. Menyimpan data yang sudah direkam dengan cara mengklik pada menu *export data to HTML file*, selanjutnya memberi nama *file* tersebut, setelah data di *export* selanjutnya ctrl+A data pada *html file* dan *copy paste* pada *microsoft office excel* dan *save* data tersebut.

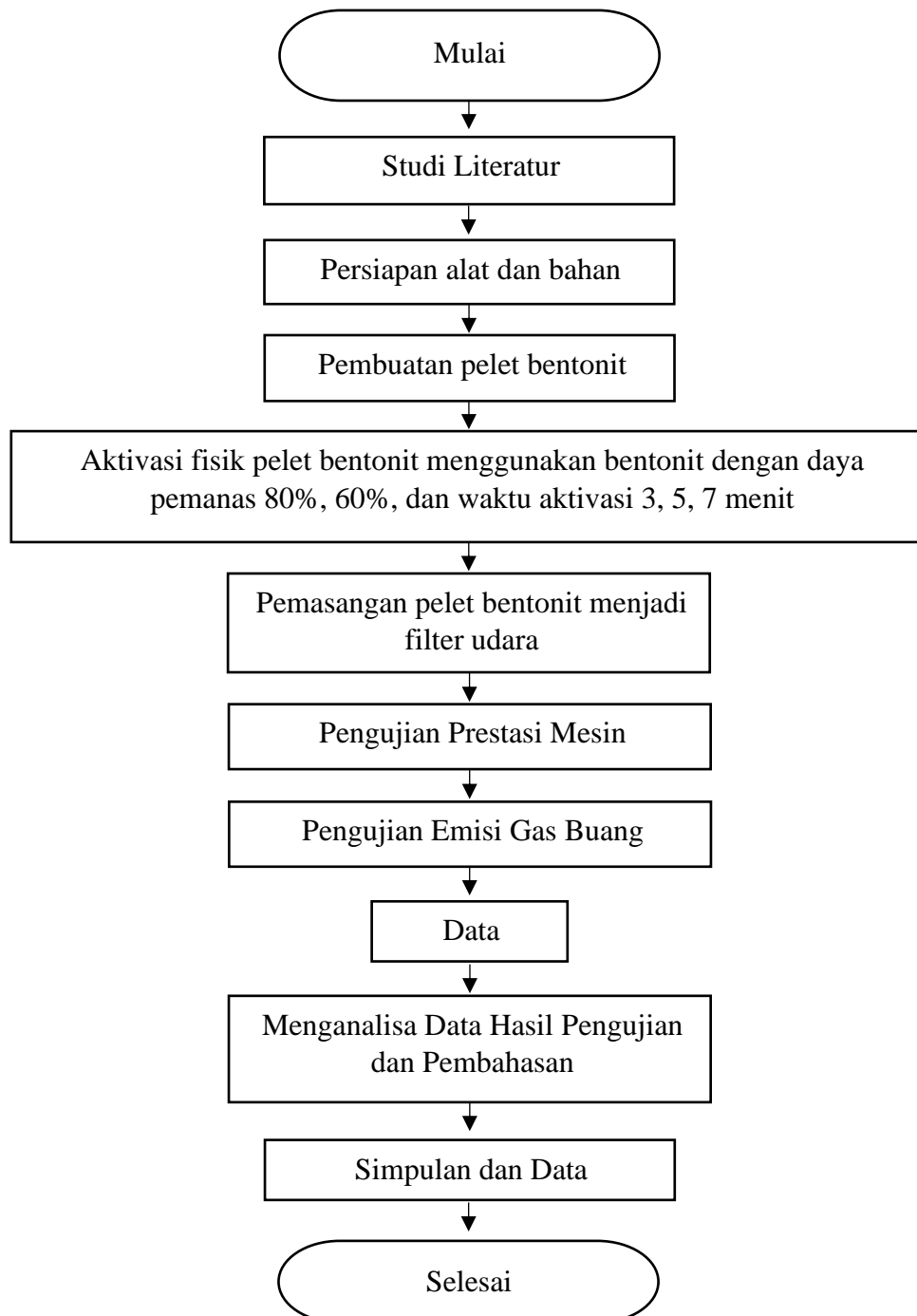
2. Prosedur pengujian Emisi Gas Buang

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 *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* ke arus listrik lalu menekan tombol *switch* yang terdapat pada bagian belakang alat untuk menghidupkan *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
3. Memilih menu *Gas Analysis* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
4. Memilih menu *Measurment* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
5. Memilih menu *Standard test* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*. Sehingga unit *Stargas 898* secara otomatis melakukan *warming up* selama kurang lebih 60 detik, kemudian melakukan *auto zero* secara otomatis yang berfungsi untuk mereset data dari awal.
6. Menghidupkan mesin dan mengatur putaran mesin pada 1500 rpm dengan beban dinamometer pada bukaan katup.
7. Memasukkan *probe sensor* ke dalam knalpot.
8. Menunggu hingga angka pada layar *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* dalam kondisi stabil.
9. Memastikan alat uji emisi *stargas 898* dan kertas *print* telah terangkai dengan baik.
10. Mencetak nilai pengujian pada *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
11. Melakukan pengujian dengan menggunakan variasi massa pelet sebanyak 3 kali untuk dapat dilihat data terbaik dari prestasi mesinnya.

3.6 Diagram Alir Penelitian Pengujian Prestasi Mesin

Diagram alir penelitian pengujian prestasi mesin dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian

V. PENUTUP

5.1. Simpulan

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

1. Filter udara berbahan bentonit mampu mengurangi konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan tanpa menggunakan filter, terlihat pada konsumsi bahan bakar tanpa menggunakan filter didapatkan hasil dengan rata-rata sebesar 0,52 kg/kWh. Pada pengujian dengan menggunakan filter bentonit pada massa 25 gram dengan daya aktivasi 60% didapatkan hasil pengujian terbaik pada waktu aktivasi 7 menit dengan rata-rata sebesar 0,37 kg/kWh (hemat 29,07%). Pada massa 25 gram dengan daya aktivasi 80% didapatkan hasil pengujian terbaik pada waktu aktivasi 3 menit dengan rata-rata sebesar 0,36 kg/kWh (hemat 30,15%). Sedangkan pada filter bentonit pada massa 50 gram dengan daya aktivasi 60% didapatkan hasil pengujian terbaik pada waktu aktivasi 3 menit dengan rata-rata sebesar 0,44 kg/kWh (hemat 15,70%). Pada massa 50 gram dengan daya aktivasi 80% didapatkan hasil pengujian terbaik pada waktu aktivasi 3 menit dengan rata-rata sebesar 0,44 kg/kWh (hemat 16,08%). Sedangkan pada pengujian dengan menggunakan filter bentonit pada massa 100 gram dengan daya aktivasi 60% didapatkan hasil pengujian terbaik pada waktu aktivasi 3 menit dengan rata-rata sebesar 0,44 kg/kWh (hemat 16,82%). Pada massa 100 gram dengan daya aktivasi 80% didapatkan hasil pengujian terbaik pada waktu aktivasi 5 menit dengan rata-rata sebesar 0,49 kg/kWh (hemat 6,51%).

2. Pada pengujian prestasi mesin bensin 4-langkah didapatkan massa aktivasi, daya aktivasi dan waktu aktivasi terbaik pada filter bentonit dengan massa 100 gram dengan daya aktivasi sebesar 60% dan waktu aktivasi 3 menit yaitu dengan daya engkol rata-rata sebesar 0,957 kW (meningkat 0,81%), dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata sebesar 0,44 kg/kWh (hemat %).
3. Pada pengujian emisi gas buang didapatkan hasil pengujian filter terbaik pada filter bentonit dengan daya aktivasi 60% dan waktu aktivasi 5 menit karena mampu mengurangi kadar CO sebesar 20,4%, pada kadar HC berkurang sebesar 16,7%, dan pada kandungan CO₂ berkurang sebesar 4%.

5.2. Saran

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

1. Perlu dilakukan pengujian dengan filter pelet bentonit yang berjarak.
2. Perlu dilakukannya percobaan pengujian pada kendaraan mesin sepeda motor untuk mengetahui pengaruh filter bentonit secara langsung.
3. Perlu dilakukan pengujian kerapuhan untuk mengetahui berapa lama usia pakai dari filter udara berbahan bentonit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ana, Nely. Mufarida. 2010. Pengaruh Optimalisasi Proses Pembakaran Dengan Penggunaan Teknik Magnetisasi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Peningkatan Performa Mesin. Universitas Muhammadiyah Jember. Jember.
- Atikah. 2017. Efektifitas *Bentonite* Sebagai Adsorber Pada Proses Peningkatan Kadar Bioetanol. Jurnal Distilasi Vol. 2 No. 2 Jurusan Teknik Kimia – Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang. Palembang.
- Basyirun, dkk. 2008. “Mesin Konversi Energi”. Buku Ajar Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Universitas Negeri Semarang. Semarang..
- Buchari. Harsini, Muji. 1996. Karakterisasi Bentonit Pacitan. Jurnal Karya Tulis Ilmiah Vol. 6, No. 1-2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Darmadinata, Mariyanti., Jumaeri., Sulistyaningsih, Triastuti. 2019. Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Anion Fosfat dalam Air. Jurnal Jurusan Kimia – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- 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.

- Firmansyah, M.F. 2010. Peningkatan Prestasi Mesin Diesel 4-Langkah Menggunakan Bentonit Pelet Tekan Teraktivasi Basa-Fisik. Skripsi Program sarjana Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hartono, Bambang. 2008. Pengaruh Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Teraktivasi Basa-Fisik Terhadap Prestasi Motor Kijang Karburator 1500 Cc. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hidayat, Wahyu. 2012. Motor Bensin Modern. Rineka Cipta. Jakarta.
- Koestiari, Toeti. 2012. Karakterisasi Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Indigo Biru. Jurnal Jurusan Kimia – Jurnal manusia dan lingkungan. Vol. 19 No. 3. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Priyanto agus. 2016. Prinsip kerja motor bensin 4 tak dan tak ([https:// agus priyanto blog.wordpress.com/2016/02/03/prinsip-kerja-motor-bensin-4-tak-dan-2tak](https://agus.priyanto.blog.wordpress.com/2016/02/03/prinsip-kerja-motor-bensin-4-tak-dan-2tak)). Diakses tanggal: 23 April 2023.
- Rabiman. 2011. “Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel”. Skripsi Prodi Pendidikan Teknik Mesin. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Rahmatulloh, Wahyu. 2021. Pengaruh Pemanfaatan Filter Udara Berbahan Bentonit Teraktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Motor Bensin 4-Langkah. Skripsi Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Tans, P. & K. Thoning. 2018. *Mole Fraction in Dry Air*. NOAA Earth System Research Laboratory Global Monitoring Division. Colorado. 8 Pp.

- Tasliman, 2001. Naskah Ajar untuk Mata Kuliah Motor Bakar dan Traktor. Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Wardono, Herry. 2004. Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah. Jurusan Teknik - Mesin Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Wardono, Herry. 2011. Kemampuan Bentonit Pelet Tekan Teraktivasi Fisik Sebagai Pengganti Zeolit Dalam Menghemat Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel 4-Langkah. Jurnal *Mechanical*. Vol. 2 No. 1. Teknik Mesin Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Yuliasuti, Ambar. 2008. Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Semarang. Skripsi. Jurusan Perencanaan Wilayah Dan Kota. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zakiah A, Y. 2010. Memahami Uji Emisi. Kliping Humas. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjajaran. Bandung.