

**AKTIFASI CAMPURAN ZEOLIT ALAM DAN *FLYASH* BATUBARA
MENGUNAKAN *MICROWAVE* SEBAGAI FILTER UDARA UNTUK
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR BENSIN 4-
LANGKAH**

(Skripsi)

**Oleh :
BINTORO NIKO RENARDY**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Abstrak

AKTIVASI CAMPURAN ZEOLIT ALAM DAN FLYASH BATUBARA MENGGUNAKAN MICROWAVE SEBAGAI FILTER UDARA UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR BENSIN 4 – LANGKAH

Oleh

Bintoro Niko Renardy

Pembakaran adalah proses kimiawi antara bahan bakar dan oksigen (O_2) dengan panas. Pada udara bebas mengandung berbagai macam gas seperti nitrogen, oksigen, dan gas lainnya, menyebabkan pembakaran tidak sempurna pada ruang bakar motor bensin 4 langkah. Penggunaan filter udara buatan dengan komposisi zeolit dan *flyash* teraktivasi *microwave* dapat menyaring udara yang masuk kedalam ruang bakar sehingga dapat meningkatkan kualitas pembakaran. Zeolit merupakan mineral yang banyak ditemukan di daerah pegunungan kapur, sedangkan *Flyash* batubara adalah limbah dari hasil pembakaran batubara di PLTU, kedua bahan ini memiliki kemampuan untuk menyerap (*adsorb*) partikel berukuran *molecular* seperti nitrogen, CO dan uap air di udara bebas, sehingga campuran kedua bahan ini sebagai filter udara mampu menghasilkan udara yang kaya oksigen. Sebelum digunakan, campuran zeolit-*flyash* dibentuk menjadi pellet dengan komposisi Z0:F100, Z25:F75, Z50:F50, Z75:F25, Z100:F0 dan kemudian diaktivasi fisik menggunakan *microwave* dengan daya aktivasi 100% (400W), 80%, 60% dan waktu aktivasi 9, 6, 3 menit. Massa pelet yang digunakan adalah 50%, 75%, 100%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh daya aktivasi, waktu aktivasi, massa filter dan komposisi zeolit-*flyash* terhadap prestasi mesin sepeda motor.

Peningkatan prestasi mesin bensin 4 langkah dipengaruhi oleh penurunan konsumsi bahan bakar, mampu meningkatkan akselerasi, dan mereduksi emisi gas buang yang mengandung CO dan HC. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, penurunan konsumsi bahan bakar terbaik diperoleh pada komposisi Z75:F25 dengan daya aktivasi 80%, waktu aktivasi 6 menit dan massa 75% sebesar 29,56% (lebih hemat 4,34 ml) pada uji stationer 1000 rpm dan 13,40% (lebih hemat 9,34 ml) untuk uji jalan. Pada uji akselerasi filter terbaik pada komposisi Z100:F0 sebesar 7,17% (lebih cepat 6,82 detik). Pada uji emisi filter terbaik pada komposisi Z75:F25 mampu mengurangi kadar gas CO sebesar 32,94% (selisih 0,84%) pada putaran mesin 1000 rpm dan komposisi Z100:F0 mampu mengurangi kadar HC sebesar 46,67% (selisih 35 ppm) pada putaran mesin 3000 rpm.

Kata kunci : Zeolit, *Flyash* Batubara, Motor Bensin, Filter Udara

**AKTIFASI CAMPURAN ZEOLIT ALAM DAN *FLYASH* BATUBARA
MENGUNAKAN *MICROWAVE* SEBAGAI FILTER UDARA UNTUK
MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR BENSIN 4-
LANGKAH**

Oleh :

Bintoro Niko Renardy

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul skripsi : **AKTIFASI CAMPURAN ZEOLIT ALAM DAN FLYASH BATUBARA MENGGUNAKAN MICROWAVE SEBAGAI FILTER UDARA UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

Nama Mahasiswa : **Bintoro Niko Renardy**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315021017

Fakultas : Teknik



Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM.
NIP 19660822 199512 1 001

M Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.
NIP 19801001 200812 1 001

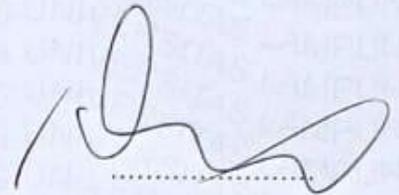
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Amrul, S.T., M.T.
NIP 19710331 199903 1 003

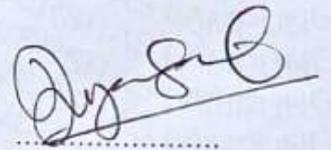
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

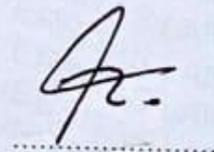
Ketua : **Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM.**



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



Penguji Utama : **Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Desember 2019**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bintoro Niko Renardy.

NPM : 1315021017

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang telah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Hal tersebut berdasarkan dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.

Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai aturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Januari 2020

Yang Menyatakan



Bintoro Niko Renardy.

NPM. 1315021017

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Madu, 04 Maret 1995 Lampung Tengah Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, lahir dari pasangan Bapak Margi Djatmiko dan Ibu Siti Anggraeni. Mengenyam pendidikan Sekolah Dasar di SD N 1 poncowati Lampung diselesaikan pada tahun 2007. Sekolah Menengah Pertama di SMP IT Bustanul Ulum Lampung diselesaikan pada tahun 2010. Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Terbanggi Besar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2013. Pada tahun 2013 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung, melalui jalur SNMPTN dan menamatkan studi S1 pada Desember 2019.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif menjadi asisten di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Teknik Mesin Universitas Lampung. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung sebagai kepala Bidang Minat dan Bakat (2015-2016).

Pengalaman akademik penulis, melakukan Kerja Praktek di PT. KHI PIPE INDUSTRIES, Cilegon, Banten Pada tahun 2016 dengan mengambil studi kasus mengenai “Pengaruh *Heat Input* Terhadap Hasil Pengelasan Pipa Spiral Menggunakan Mesin Spm 2000”. Pada Bulan Agustus 2018 penulis mulai melakukan Tugas Akhir (TA) dengan konsentrasi Konversi Energi dengan Judul

“Aktifasi Campuran Zeolit Alam Dan *Flyash* Batubara Menggunakan *Microwave* Sebagai Filter Udara Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Motor Bensin 4-Langkah” di bawah bimbingan dan penguji :

1. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM. (Pembimbing Utama).
2. Bapak M Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. (Pembimbing Pendamping).
3. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. (Penguji).

MOTTO

*“Sukses Adalah Ketika Persiapan Dan
Kesempatan Bertemu”*

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'aalamiin, Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Shalawat serta salam juga disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang akan kita nantikan syafa'atnya di yaumul akhir nanti.

Skripsi dengan judul “Aktifasi Campuran Zeolit Alam Dan *Flyash* Batubara Menggunakan *Microwave* Sebagai Filter Udara Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Motor Bensin 4-Langkah” ini dapat diselesaikan berkat partisipasi, bantuan, dukungan dan do'a dari berbagai pihak. Sebagai rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Amrul, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM. selaku Pembimbing Utama atas kesedianannya untuk memberikan bimbingan, pengetahuan serta nasehat dalam proses penyelesaian skripsi ini.

4. Bapak M Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya untuk memberikan dukungan, masukan dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. selaku dosen pembahas yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan masukan sebagai penyempurnaan penulisan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Amrizal, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan arahan selama berkuliah di Teknik Mesin Universitas Lampung
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
8. Kedua Orang Tuaku, Ayah dan Bunda tercinta atas segala nasehat, semangat, dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini.
9. Kakak Perempuanku Widuri Prameswita yang senantiasa memberi dukungan, bantuan dan support ketika aku membutuhkan.
10. Pak Marta, Pak Dadang, Pak Nanang serta seluruh Staf Administrasi dan Pak Agus selaku Asisten Lab Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin.
11. Partner Penulis Sarah Renada yang selalu mensupport, membantu, dan mendukung dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

12. Seluruh anggota Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Teknik Mesin yang telah membantu penulis dalam melakukan proses persiapan pengujian dan penyusunan skripsi.
13. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2013 Last Man Standing yang tersisa telah berjuang bersama sejak semester pertama sampai akhirnya skripsi penulis selesai. Untuk teman-teman yang masih berjuang, tetap semangat!
14. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah ikut serta membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua yang membaca dan penulis sendiri.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 28 Januari 2020

Penulis,

Bintoro Niko Renardy

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Tugas Akhir	5
C. Batasan Masalah	5
D. Sistematika Penulisan	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Motor Bakar	8
B. Jenis-Jenis Motor Bakar	8
1. Motor pembakaran luar (<i>External Combustion Engine</i>)	8
2. Motor pembakaran dalam (<i>Internal Combustion Engine</i>)	9
C. Mesin Bensin	9
1. Motor bensin 2 langkah	10
2. Motor bensin 4 langkah	10
a. Langkah Hisap	11

b. Langkah Kompresi	12
c. Langkah Usaha	12
d. Langkah Buang	13
e. Diagram P.V Siklus Ideal Motor Bensin 4 Langkah	13
D. Pembakaran	14
E. Parameter Prestasi Mesin	16
F. Saringan Udara	17
G. Zeolit	18
1. Pengertian Zeolit	18
2. Sifat – sifat Zeolit Sebagai Adsorbsen	20
a. Penyerapan	20
1) Ukuran Molekul	20
2) Selektifitas Permukaan	21
b. Dehidrasi	21
c. Penukaran Ion	22
d. Penyaring / Pemisah	23
3. Aktivitas Zeolit	23
H. Fly Ash (Abu Terbang) Batubara	24
1. Pengertian <i>Fly Ash</i> Batubara	24
2. Sifat –Sifat <i>Flyash</i> Sebagai Adsorben	27
a. Sifat Fisik	28
b. Sifat Kimia	29

III. METODOLOGI PENELITIAN	30
A. Alat Penelitian	30
B. Bahan Penelitian	37
C. Persiapan Alat dan Bahan	39
D. Prosedur Pengujian	41
E. Lokasi Pengujian	45
F. Analisa Data	45
G. Diagram Alir Penelitian	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	48
A. Hasil	48
1. Uji Jalan	49
2. Uji Stationer	51
3. Uji Jalan (Komposisi)	56
4. Uji Stationer (Komposisi)	57
5. Uji Akselerasi (Komposisi)	59
6. Uji Emisi	61
B. Pembahasan	63
1. Menentukan Daya Aktivasi Terbaik dan Waktu Aktivasi Terbaik	63
a. Uji Jalan	64
b. Uji Stationer	67
2. Menentukan Komposisi Zeolit- <i>Flyash</i> Terbaik dan Massa Terbaik	74
a. Uji Jalan (Komposisi)	74
b. Uji Stasioner (Komposisi)	76

c. Uji Akselerasi	79
3. Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan	80
a. Pengaruh Filter Buatan Terhadap Kadar CO Gas Buang	81
b. Pengaruh Filter Buatan Terhadap Kadar HC Gas Buang	82
V. SIMPULAN DAN SARAN	84
A. Simpulan	84
B. Saran	85

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi dan klasifikasi <i>Flyash</i>	9
Tabel 2. Data pengujian uji jalan 4 km dengan variasi komposisi Z50:F50.....	49
Tabel 3. Data pengujian uji jalan 4 km dengan variasi komposisi Z50:F50.....	50
Tabel 4. Data pengujian uji jalan 4 km dengan variasi komposisi Z50:F50.....	50
Tabel 5. Data uji stasioner 1000 rpm, daya 80% dan komposisi Z50:F50	51
Tabel 6. Data uji stasioner 1000 rpm, daya 60% dan komposisi Z50:F50	52
Tabel 7. Data uji stasioner 1000 rpm, daya 100% dan komposisi Z50:F50	52
Tabel 8. Data uji stasioner 2000 rpm, daya 80% dan komposisi Z50:F50	53
Tabel 9. Data uji stasioner 2000 rpm, daya 60% dan komposisi Z50:F50	53
Tabel 10. Data uji stasioner 2000 rpm, daya 100% dan komposisi Z50:F50 ...	54
Tabel 11. Data uji stasioner 3000 rpm, daya 80% dan komposisi Z50:F50	54
Tabel 12. Data uji stasioner 3000 rpm, daya 60% dan komposisi Z50:F50	55
Tabel 13. Data uji stasioner 3000 rpm, daya 100% dan komposisi Z50:F50 ...	55
Tabel 14. Uji jalan 4 km, daya aktivasi 80% dan waktu aktivasi 6 menit	56
Tabel 15. Uji stasioner 1000 rpm selama 5 menit, daya aktivasi 80% dan waktu aktivasi 6 menit	57

Tabel 16. Uji stasioner 2000 rpm selama 5 menit, daya aktivasi 80% dan waktu aktivasi 6 menit	58
Tabel 17. Uji stasioner 3000 rpm selama 5 menit, daya aktivasi 80% dan waktu aktivasi 6 menit	59
Tabel 18. Uji akselerasi 0-60km/j, daya aktivasi 80% dan waktu aktivasi 6 Menit	60
Tabel 19. Hasil uji emisi gas buang HC pada 1000 rpm	61
Tabel 20. Hasil uji emisi gas buang HC pada 3000 rpm	62
Tabel 21. Hasil uji emisi gas buang CO pada 1000 rpm	62
Tabel 22. Hasil uji emisi gas buang CO pada 3000 rpm	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Motor pembakaran luar	9
Gambar 2. Mesin pembakaran dalam	9
Gambar 3. Motor bensin 2 langkah	10
Gambar 4. Proses motor bensin 4 langkah	11
Gambar 5. Diagram P.V motor bensin 4-langkah	13
Gambar 6. Filter udara	17
Gambar 7. Batu zeolit alam <i>clinoptilolite</i>	19
Gambar 8. Zeolit yang Terdehidrasi	22
Gambar 9. Serbuk <i>flyash</i>	25
Gambar 10. Sepeda motor karisma x 125	31
Gambar 11. Timbangan digital	31
Gambar 12. Tumbukan zeolit	32
Gambar 13. Ayakan	32
Gambar 14. Ampia	33
Gambar 15. <i>Stopwatch</i>	33
Gambar 16. Kompor	34

Gambar 17. <i>Microwave</i>	34
Gambar 18. Cetakan filter pellet	35
Gambar 19. Wadah filter pellet	35
Gambar 20. Tangki bahan bakar	36
Gambar 21. Gelas ukur	36
Gambar 22. <i>Tachometer</i>	37
Gambar 23. <i>Zeolitclinoptilite</i>	37
Gambar 24. Tepung tapioka	38
Gambar 25. Air aquades	38
Gambar 26. <i>Flyash</i> Batubara	39
Gambar 27. Diagram alur penelitian	47
Gambar 28. Konsumsi bahan bakar uji jalan dengan daya 100%	65
Gambar 29. konsumsi bahan bakar uji jalan dengan daya 80%	65
Gambar 30. Grafik konsumsi bahan bakar uji jalan dengan daya 60%	66
Gambar 31. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 100% dan putaran mesin 1000 rpm	68
Gambar 32. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 100% dan putaran mesin 2000 rpm	68
Gambar 33. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 100% dan putaran mesin 3000 rpm	69

Gambar 34. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 80% dan putaran mesin 1000 rpm	70
Gambar 35. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 80% dan putaran mesin 2000 rpm	70
Gambar 36. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 80% dan putaran mesin 3000 rpm	71
Gambar 37. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 60% dan putaran mesin 1000 rpm	72
Gambar 38. Grafik konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 60% dan putaran mesin 2000 rpm	72
Gambar 39. Konsumsi bahan bakar pada uji stasioner dengan daya aktivasi 60% dan putaran mesin 3000 rpm	73
Gambar 40. Konsumsi bahan bakar uji jalan dalam menentukan komposisi campuran zeolite- <i>flyash</i> terbaik	75
Gambar 41. Konsumsi bahan bakar uji stasioner 1000 rpm dalam menentukan komposisi campuran zeolite- <i>flyash</i> terbaik	76
Gambar 42. Konsumsi bahan bakar uji stasioner 2000 rpm dalam menentukan komposisi campuran zeolite- <i>flyash</i> terbaik	77
Gambar 43. Konsumsi bahan bakar uji stasioner 3000 rpm dalam menentukan komposisi campuran zeolite- <i>flyash</i> terbaik	77

Gambar 44. Waktu tempuh pada uji akselerasi dalam menentukan komposisi campuran zeolit- <i>Fly Ash</i> terbaik	79
Gambar 45. Pengaruh filter buatan terhadap kadar CO pada pengujian emisi gas buang	81
Gambar 47. Pengaruh filter buatan terhadap kadar HC pada pengujian emisi gas buang	82

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laju pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia meningkat sangat pesat, di kutip dari laman resmi badan pusat statistik nasional laju pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2016 sebanyak 129.281.079, ini meningkat dari tahun sebelumnya sebesar 121.394.185. Ini berbanding lurus dengan jumlah polusi udara yang diakibatkan oleh gas buang hasil pembakaran kendaraan bermotor. Menurut data dari WHO memperkirakan ada lebih dari 6 juta kematian pertahun di dunia yang di akibatkan oleh polusi kendaraan bermotor. Ini sangat mengkhawatirkan dimana peningkatan kendaraan bermotor berbanding lurus dengan tingkat kematian di dunia.

Dengan laju pertumbuhan kendaraan bermotor yang sangat pesat juga berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar minyak, di mana kita ketahui bahwa cadangan minyak dunia semakin menipis. Dikutip dari laman resmi BPHMIGAS menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Ignasius Djonan bahwa “jumlah cadangan minyak bumi saat ini sebesar 3,6 miliar barel dan produksi minyak bumi sampai saat ini mencapai 288 juta barel pertahun, dengan

jumlah cadangan minyak bumi saat ini di bandingkan dengan tingkat produksi maka, kemungkinan cadangan minyak bumi Indonesia hanya dapat bertahan hingga tahun 2028” .(Kementrian ESDM, 2016)

Ketergantungan akan bahan bakar minyak yang tinggi oleh masyarakat Indonesia di sektor kendaraan bermotor inilah yang menyebabkan bahan bakar minyak menjadi jantung dari aktivitas perekonomian masyarakat Indonesia. Namun keadaan sekarang yang tidak sesuai dengan fakta yang ada bahwasannya ketersediaan bahan bakar minyak semakin sedikit, sehingga perlu dilakukan upaya penghematan penggunaan bahan bakar minyak.

Upaya yang dapat dilakukan untuk penghematan penggunaan bahan bakar minyak salah satunya adalah dengan cara meningkatkan prestasi mesin, dimana efisiensi pembakaran yang terjadi didalam mesin motor bakar dapat di tingkatkan dengan cara penggunaan filter udara. Yang mana berfungsi sebagai penyaring udara yang masuk ke ruang bakar, seperti yang diketahui dalam udara kering terdiri atas 78% nitrogen, 20% oksigen dan 2% uap air beserta gas-gas lainnya. Sedangkan gas yang dibutuhkan pada proses pembakaran adalah oksigen untuk membakar bahan bakar yang mengandung molekul karbon dan hydrogen. Dengan penggunaan filter udara ini dapat meminimalisir zat pengotor atau senyawa yang tidak diperlukan dalam ruang bakar seperti nitrogen (N), H₂O dan juga CO. penggunaan bahan filter yang dapat menyerap senyawa-senyawa ini , salah satunya adalah *fly ash* batubara dan zeolite alam, yang memiliki kemampuan *absorbed*. Karena kemampuan inilah bahan dari *fly ash* batubara

dapat menangkap uap air (H_2O) di udara dan kemampuan zeolit alam yang dapat menangkap nitrogen dan CO di udara. Dengan penggunaan kedua bahan ini maka kandungan uap air, nitrogen dan CO di udara dapat di minimalisir, sehingga dapat memaksimalkan kandungan oksigen yang masuk keruang bakar untuk proses pembakaran.

Dengan adanya kandungan uap air, nitrogen , dan juga CO di dalam udara kering akan mengganggu proses pembakaran, karena untuk memenuhi pembakaran yang sempurna harus dapat memenuhi syarat-syarat yang di perlukan dalam ruang bakar antara lain adalah bahan bakar yang cukup, suplai oksigen yang terpenuhi, dan juga panas pembakaran yang cukup. Jika di dalam proses pembakaran pada mesin motor bakar terdapat nitrogen dan uap air maka gas-gas tersebut dpat mengambil panas pembakaran oksigen dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Sehingga panas pembakaran berkurang dan menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna (Wardono, 2004).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Sonic Niwatana (2011) penggunaan zeolit berbentuk pelet dan melakukan pengujian berjalan dengan menggunakan sepeda motor empat langkah mampu mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 24,26% serta mampu menurunkan kadar gas CO sebesar 70,68%.

Pada penlitian (Adi Ernadi, 2012) kemampuan filter zeolit dan *fly ash* dengan variasi temperatur mampu menghemat bahan bakar pada uji jalan sebesar 23,24%, uji akselerasi 15,23% dan pada uji stasiner sebesar 39,80%. Pada

pengujian Emisi gas buang, filter mampu meningkatkan kadar gas CO₂ pada rpm 2500, serta pada rpm 3500 mampu mengurangi kadar gas CO sebesar 63,75% kemudian mengurangi kadar gas HC sampai 37,11%.

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Dimas Rilham Purnawanta (2012), pembuatan dan pengujian *Fly Ash* pelet teraktivasi fisik dengan variasi massa yang berbeda yaitu 55, 45, dan 35 gram pada motor bensin 4-langkah, yaitu untuk massa 45 gram sebesar 22,23 gram dan pada pengujian stasioner mengurangi konsumsi bahan bakar hingga sebesar 21,23%. Pada akselerasi (0-80 Km/jam) peningkatan prestasi mesin yang terbaik terjadi pada pada *Fly Ash* dengan massa 45 gram yaitu sebesar 2,4 detik atau mengalami efisiensi waktu akselerasi sebesar 20,34%. Penurunan kadar gas CO pada *Fly Ash* pelet aktivasi fisik terbesar terjadi pada massa 45 gram sebesar 86,23% serta meningkatkan kadar CO₂ sebesar 10,63%.

Penggunaan *filter* udara yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor tidak dapat menyaring gas-gas pengganggu dan juga uap air dari udara sekitar, sehingganya menyebabkan pembakaran dalam ruang bakar tidak terbakar sempurna atau tidak terjadi pembakaran yang maksimal. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan tersebut, telah dibuktikan bahwa Zeolit dan *Fly Ash* yang diaktivasi fisik memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan Zeolit dan *Fly Ash* tanpa aktivasi. Perlakuan aktivasi fisik (panas) yang tinggi dapat meningkatkan kemampuan adsorben yang lebih baik. Maka dari itu, penulis ingin mengamati pengaruh kombinasi Zeolit dan *Fly Ash*

dalam bentuk pelet dengan aktivasi secara fisik menggunakan panas atau daya yang lebih tinggi sebagai adsorben udara pembakaran untuk meningkatkan prestasi mesin bensin 4-langkah menggunakan *microwave*.

B. Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian dan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh aktivasi fisik menggunakan *microwave* (panas) pada campuran zeolit dan *fly ash* dalam filter udara kendaraan bermotor terhadap konsumsi bahan bakar sepeda motor 4-langkah
2. Untuk mengetahui komposisi filter zeolit-*flyash* terbaik untuk meningkatkan prestasi mesin motor bensin 4-langkah.
3. Pengaruh aktivasi filter zeolit-*fly ash* terhadap waktu tempuh dalam akselerasi kendaraan sepeda motor bensin 4-langkah
4. Pengaruh aktivasi filter campuran zeolit-*fly ash* terhadap emisi gas buang HC dan CO pada kendaraan sepeda motor bensin 4-langkah

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian dan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah motor bensin 4-langkah, standard pabrik dan dilakukan *tune up* atau servis berkala sebelum dilakukan pengujian.

2. Jenis zeolit yang digunakan adalah zeolit *clinoptilillite* yang berasal dari Kecamatan Sidomulyo, Lampung Selatan.
3. *Fly Ash* Batu Bara PLTU Tarahan yang disaring dengan ayakan ukuran 100 mesh, Lalu dibuat tablet menggunakan ampia dengan ketebalaan 3mm dan cetakan diameter 15 mm.
4. Alat yang digunakan untuk membuat *Fly Ash* pelet adalah alat yang masih sederhana yang masih menggunakan cetakan. Oleh sebab itu, besar tekanan pada saat pembuatan diabaikan.
5. Penilaian peningkatan prestasi mesin berdasarkan konsumsi bahan bakar pada saat kendaraan berjalan maupun keadaan stasioner, waktu tempuh akselerasi dan emisi gas buang kendaraan.
6. Persentase komposisi campuran zeolit dengan *Fly Ash* yang digunakan adalah Z100%:F0%, Z75%:F25%, Z50%:F50%, Z25%:F75%, Z0%:F100%.
7. Variasi daya *microwave* yang digunakan adalah 100% (400 W), 80%, 60%.
8. Waktu aktifasi yang digunakan adalah 9 menit, 6 menit, 3 menit.
9. Menggunakan bahan pembuat pellet filter dengan perbandingan 42% air aquades, 4% tepung tapioca dan 54% campuran zeolit-*fly ash*.
10. Beban pengendara dalam melakukan pengujian di abaikan.

D. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proyek tugas akhir ini disusun dalam lima bab yaitu sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan proyek akhir, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang mengenai dengan penelitian dan penulisan laporan tugas akhir

III. METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat pelaksanaan, alat dan bahan, komponen utama yang digunakan dalam penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang data-data yang di peroleh dan juga berisikan pembahasan dari hasil pengujian motor bensin 4-langkah menggunakan fiter dari zeolit-*fly ash*.

V. PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Bakar

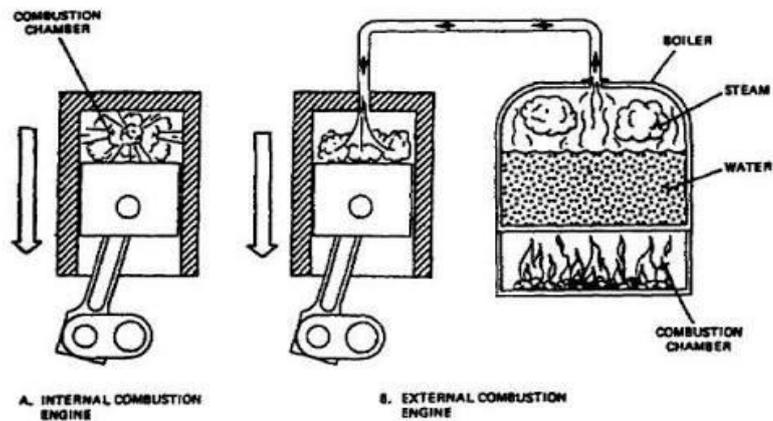
Motor bakar adalah salah satu dari mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversi energi termal hasil dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis. Terjadinya energi panas karena adanya proses pembakaran bahan bakar dengan udara dalam sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak yang menghasilkan langkah usaha (Wardono, 2004)

B. Jenis-Jenis Motor Bakar

Adapun jenis-jenis motor bakar adalah sebagai berikut

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

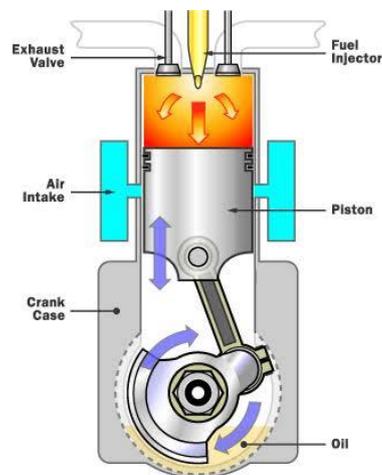
Pada motor pembakaran luar, proses pembakaran terjadi diluar proses mesin, sehingga untuk melaksanakan pembakaran digunakan mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak, tetapi terlebih dulu melalui media penghantar, baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Motor pembakaran luar (Heywood,1998)

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

Pada pembakaran dalam (Gambar 2), proses pembakaran bahan bakar terjadi didalam mesin itu sendiri, sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik,(Priyanto, 2016).



Gambar 2. Mesin pembakaran dalam (Darmawan, 2008)

C. Mesin Bensin

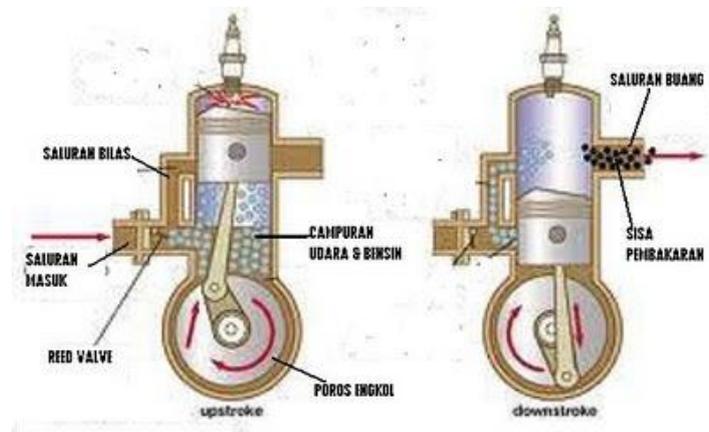
Mesin bensin adalah sebuah tipe mesin yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis. Ciri utama yaitu proses pembakaran bahan bakar yang terjadi

didalam ruang bakar pada volume tetap. Proses pembakaran pada volume tetap ini disebabkan pada waktu terjadi kompresi, dimana campuran bahan bakar dan udara mengalami proses kompresi didalam silinder, dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap terbakar dan busi memercikan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat menyebabkan campuran tersebut terbakar seketika dan menyebabkan kenaikan suhu didalam ruang bakar.

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 dalam satu siklus pembakaran akan mengalami dua langkah piston, yang artinya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol, terlihat pada Gambar 3.

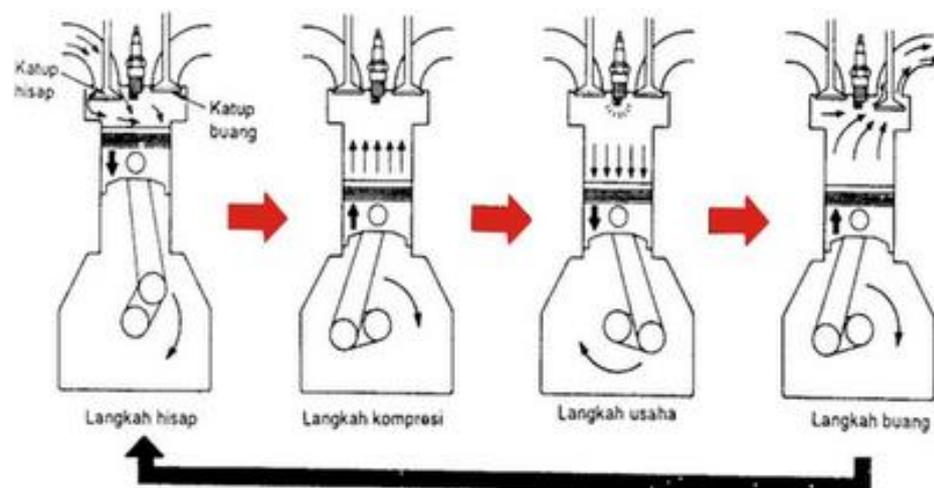


Gambar 3. Motor bensin 2 langkah (Priyanto, 2016)

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

Pada Gambar 4 motor bensin 4 langkah melakukan empat langkah atau proses dalam satu kali siklus kerja. Dimana pada setiap prosesnya memiliki fungsi penting. Berikut adalah penjelasannya :

a. Langkah Hisap

Pada langkah hisap, piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), dan katup hisap membuka sedangkan katup buang menutup, karena piston atau torak bergerak ke bawah, maka di

dalam ruang silinder akan terjadi kevakuman sehingga campuran udara dan bahan bakar akan terhisap dan masuk ke dalam silinder.

b. Langkah Kompresi

Pada langkah ini piston bergerak dari TMB ke TMA, kondisi katup hisap dan katup buang adalah tertutup semua. Karena piston (torak) bergerak ke atas, maka campuran udara dan bahan bakar yang berada di dalam silinder tertekan ke atas (dikompresi) dan ditempatkan di dalam ruang bakar. Pada kondisi seperti ini, tekanan dan temperatur campuran udara dan bahan bakar akan naik secara drastis, sehingga akan mudah terbakar dan kemudian akan menghasilkan langkah usaha.

c. Langkah Usaha

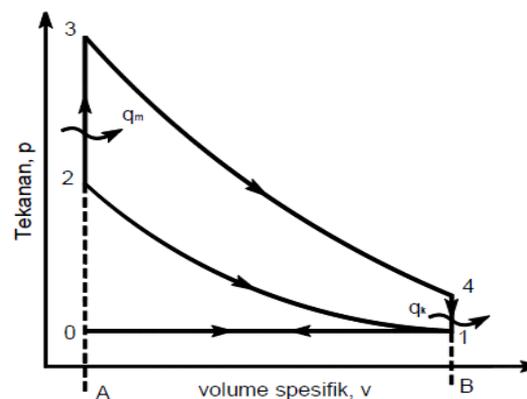
Pada langkah ini mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak sampai di Titik Mati Atas pada saat langkah kompresi, busi akan memercikkan bunga api pada campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresi tadi. Sehingga bahan bakar akan terbakar dan menimbulkan ledakan yang kuat, ledakan (kekuatan) dari tekanan gas pembakaran yang sangat tinggi dapat mendorong torak kebawah, Usaha inilah yang menjadi sumber tenaga mesin (*engine power*). Dengan torak menuju kebawah, maka poros engkol akan berputar 1 putaran penuh dan akan menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan.

d. Langkah Buang

Pada langkah buang, piston akan bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas, katup buang akan terbuka sedangkan katup hisap dalam keadaan tertutup. Karena piston bergerak ke atas, maka gas hasil pembakaran di dalam silinder akan terdorong dan ke luar melalui katup buang, dilanjutkan ke *exhaust manifold* kemudian diteruskan menuju knalpot dan dibuang ke udara bebas. Pada saat akhir langkah buang dan awal langkah hisap kedua katup akan membuka (*valve over lapping*), keadaan ini berfungsi sebagai langkah pembilasan (campuran udara bahan bakar baru mendorong gas sisa hasil pembakaran).

e. Diagram P.V Siklus Ideal Motor Bensin 4 Langkah

Diagram P.V merupakan diagram yang menunjukkan perbandingan antara tekanan dan volume spesifik dari suatu siklus dalam proses pembakaran



Gambar 5. Diagram P.V motor bensin 4-langkah (Wikipedia, 2009)

Adapun proses – proses yang terjadi pada gambar 4 terdiri dari :

- a. Proses 0-1 Proses langkah isap.
- b. Proses 1-2 Langkah kompresi adiabatik (isentropik).

- c. Proses 2-3 Proses pembakaran pada volume konstan.
- d. Proses 3-4 Langkah kerja (langkah ekspansi)
- e. Proses 4-1 Proses pembuangan kalor pada volume konstan.
- f. Proses 1-0 Proses buang pada tekanan konstan.

D. Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia antara komponen – komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (oksigen) yang berlangsung sangat cepat dan membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran. Oksigen (O_2) merupakan salah satu elemen yang sangat dibutuhkan dalam proses pembakaran. Oksigen di bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20.9% dari udara, Dan hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen lainnya. Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang. Nitrogen ini juga dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun. Karbon, hidrogen dan sulfur dalam bahan bakar bercampur dengan oksigen di udara membentuk karbon dioksida, uap air dan sulfur dioksida, melepaskan panas masing-masing 8.084 kkal, 28.922 kkal dan 2.224 kkal. Pada kondisi tertentu, karbon juga dapat bergabung dengan oksigen membentuk karbon monoksida, dengan melepaskan sejumlah kecil panas (2.430 kkal/kg karbon). Karbon terbakar yang membentuk CO_2 akan menghasilkan lebih banyak panas persatuan bahan bakar daripada bila menghasilkan CO atau asap.

Selama proses pembakaran, butiran – butiran halus minyak bahan bakar yang terdiri dari karbon dan hidrogen akan beroksidasi dengan oksigen membentuk air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Tetapi bila oksigen yang disuplai tidak cukup maka partikel karbon tidak akan seluruhnya beroksidasi dengan partikel oksigen untuk membentuk CO₂, Akibatnya terbentuklah produk pembakaran yang lain seperti karbon monoksida (CO) dan produk UHC (*unburned hydrocarbons*) (Mahdi, 2006).

Elemen utama proses pembakaran adalah karbon dan oksigen. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen akan bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Kalau tidak cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon, akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut:



Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen (O) dengan molekul-molekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon (C) dan hidrogen (H) untuk membentuk karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) pada kondisi pembakaran sempurna. Disini proses pembentukan CO₂ dan H₂O

hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari percikan bunga api busi telah mampu memutuskan ikatan antar partikel oksigen ($O=O$) menjadi partikel 'O' dan 'O', dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan bakar ($C-H$ dan $C-C$) menjadi partikel 'C' dan 'H' yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel 'O' dapat beroksidasi dengan partikel 'C' dan 'H' untuk membentuk CO_2 dan H_2O .

Jadi dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

E. Parameter Prestasi Mesin

Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi suatu kendaraan, besar kecilnya harga parameter operasi kendaraan akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan. Untuk mengukur prestasi kendaraan motor bensin 4 langkah dalam aplikasinya diperlukan parameter sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar, semakin sedikit konsumsi bahan bakar kendaraan motor bensin 4 langkah, maka akan semakin tinggi prestasinya.
2. Kadar gas buang, semakin sedikit kadar gas CO dan HC pada gas buang kendaraan, maka semakin tinggi prestasinya.
3. Waktu tempuh, semakin singkat waktu tempuh akselerasi yang diperlukan pada kendaraan bermotor 4 langkah untuk mencapai jarak tertentu, maka semakin tinggi prestasinya.

Putaran mesin pada kondisi stasioner dapat menggambarkan normal atau tidaknya kondisi mesin. Perbedaan putaran mesin juga menggambarkan besarnya torsi yang dihasilkan (Wardono, 2004).

F. Saringan 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 pada Gambar 6.



Gambar 6. Filter udara (Kompasiana, 2016)

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).

G. Zeolit

Komponen utama pada penelitian ini adalah zeolit, berikut merupakan penjelasan dari zeolit.

1. Pengertian Zeolit

Kata “zeolit” berasal dari bahasa Yunani yaitu zein yang berarti membuih dan lithos yang berarti batu. Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan. Ukuran kristal zeolit kebanyakan tidak lebih dari 10–15 mikron.

Zeolit terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap jutaan tahun silam. Sifat-sifat mineral zeolit sangat bervariasi tergantung dari jenis dan kadar mineral zeolit. Zeolit mempunyai struktur berongga biasanya rongga ini diisi oleh air serta kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, senyawa penukar ion, sebagai filter dan katalis.

Jenis zeolit alam yang ada di Indonesia termasuk jenis *mordenite* dan *clinoptilolite*. Zeolit jenis *mordenite* dapat digunakan untuk mengadsorpsi gas H_2O , CO , CO_2 , dan CH_4 , sedangkan jenis *clinoptilolite* dapat digunakan untuk mengadsorpsi gas CO , CO_2 , N_2 dan NO . Mengingat struktur zeolit alam yang bervariasi serta besarnya kemungkinan impuritas yang ada, maka sebelum digunakan zeolit alam membutuhkan suatu perlakuan awal yang sering disebut sebagai proses aktivasi. Proses aktivasi ini diperlukan untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai adsorben dan menghilangkan unsur pengotor (Yuliusman, 2013).



Gambar 7. Batu zeolit alam *clinoptilolite* (Santoso, 2014)

Zeolit alam *clinoptilolite* seperti pada Gambar 7 mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan

dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin (Wikipedia, 2016).

2. Sifat – sifat Zeolit Sebagai Adsorbsen

Pada dasarnya zeolit memiliki kemampuan dalam menangkap gas nitrogen dalam udara, hal ini didasarkan atas sifat-sifat mineralogi, fisik dan kimia yang dimiliki zeolit yang dijelaskan berikut ini:

a. Penyerapan

Zeolit yang dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Dalam kondisi normal kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada pada kation, bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar, dalam hal tersebut Zeolit yang dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap. Berdasarkan penyerapannya, Penyerapan zeolit dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1) Ukuran molekul

Apabila ukuran molekul adsorbat lebih besar daripada ukuran pori zeolit maka molekul adsorbat tersebut tidak melewati pori zeolit. Sebagai contoh adalah Zeolit jenis klinoptilolit yang memiliki ukuran diameter pori 4Å sedangkan dalam udara N_2 yang berbentuk elips memiliki panjang mayor $4,1\text{Å}$ dan sumbu minor 3Å , O_2 memiliki juga berbentuk elips memiliki panjang sumbu mayor $3,9\text{Å}$ dan minor $2,8\text{Å}$ sehingga N_2 yang berdiameter mayor akan

terikat dan tidak dapat melewati pori zeolit, sedangkan N_2 yang berdiameter minor dan O_2 dapat melewati pori zeolit (Bekkum, 1991).

2) Selektifitas Permukaan

Selektifitas permukaan merupakan sifat dari molekul gas seperti gas N_2 yang mempunyai 4 kutub yang lebih mudah ditangkap oleh zeolit dibanding dengan gas O_2 yang mempunyai 2 kutub. Kristal zeolit yang telah didehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektifitas adsorpsi yang tinggi, yaitu dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi molekul serta merupakan adsorben yang selektif terhadap molekul yang polar (hidropilik) (Hasibuan, 2012). Ada 2 hal yang mempengaruhi kemampuan selektivitas permukaan dari zeolit, yaitu :

- a) Logam kation penetral penarik nitrogen
- b) Perbedaan ukuran diameter dari pori nitrogen dan zeolit

b. Dehidrasi

Zeolit alam mempunyai sifat dehidrasi yaitu melepaskan molekul H_2O apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut, akan tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Molekul H_2O dapat dikeluarkan secara reversibel. Pada pori zeolit terdapat kation-kation dan molekul air. Bila kation-kation dan atau molekul air tersebut dikeluarkan dari pori

d. Penyaring/ Pemisah

Zeolit sebagai penyaring atau pemisah didasarkan pada perbedaan bentuk, ukuran, polaritas molekul yang disaring. Sifat ini disebabkan zeolit mempunyai ruang hampa yang cukup besar. Molekul – molekul yang berukuran lebih kecil dari ruang hampa dapat melintas sedangkan molekul yang lebih besar dari ruang hampa akan ditahan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa zeolit dapat dimanfaatkan sebagai “adsorben” limbah pencemar dari beberapa industri. Zeolit mampu menyerap berbagai logam seperti Ni, Np, Pb, U, Zn, Ba, Ca, Mg, Sr, Cd, Cu, dan Hg.

3. Aktivitas Zeolit

Kemampuan zeolit sebagai adsorben, penukar ion, dan katalis dapat ditingkatkan dengan cara diaktivasi. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika, secara kimia, dan secara gabungan antara fisika dengan kimia. Aktivasi fisika zeolit dapat dilakukan dengan cara dipanaskan dengan suhu-suhu tertentu, sedangkan aktivasi kimia zeolit dapat dilakukan dengan cara pengasaman dan juga pembasaan.

Aktivasi fisika berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan dari pori-pori zeolit dan daya adsorbsinya bertambah. Pemasakan dapat dilakukan menggunakan oven dengan suhu antara 100-300 derajat celcius (untuk skala laboratorium) dan menggunakan tungku pengapian atau *furnance* bila suhu yang dipakai lebih dari 300 derajat celcius. Aktivasi fisik zeolit dengan suhu di bawah

150 derajat celcius hanya dapat mengurangi kadar air yang terdapat di permukaan zeolit saja, Sedangkan aktivasi fisik zeolit dengan suhu di atas 150 derajat celcius dapat mengurangi uap air zeolit hingga ke dalam pori-pori zeolit sehingga kemampuan adsorbsen nya dapat meningkat. Aktivasi fisik dengan cara memanaskan zeolit alam di atas 3000 derajat Celcius menyebabkan destruksi struktur pori-pori di dalam zeolit sehingga mengakibatkan zeolit akan kehilangan sifat-sifat adsorbsi nya (Simangunsong 2011).

H. *Fly Ash* (Abu Terbang) Batubara

Komponen selanjutnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash*, akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengertian *Fly Ash* Batubara

Flyash batubara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (wardani, 2008). Pada pembakaran batubara dalam PLTU, terdapat limbah padat yaitu abu layang (*flyash*) dan abu dasar (*bottommash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut *flyash* seperti pada Gambar 9, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut *bottommash*.



Gambar 9. Serbuk *flyash* (Wikipedia, 2019)

Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika 0%-60% (SiO_2), alumina 20%-30% (Al_2O_3), dan besi oksida 4%-10% (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Di Indonesia, produksi limbah abu dasar dan abu terbang dari tahun ketahun meningkat sebanding dengan konsumsi penggunaan batubara sebagai bahan baku pada industri PLTU.

Saat ini umumnya *flyash* batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

- a. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan.
- b. Penimbun lahan bekas pertambangan.
- c. *Recovery* magnetit, *cenosphere*, dan karbon.
- d. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori.

- e. Bahan penggosok (*polisher*).
- f. Filler aspal, plastik, dan kertas.
- g. Pengganti dan bahan baku semen.
- h. Konversi menjadi zeolit dan adsorben.

Konversi abu terbang batubara menjadi adsorben uap air di dalam udara merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku *flyash* batubara adalah biayanya yang cukup tergolong murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair (Marinda P, 2008).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *flyash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008).

Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini (Marinda, 2008).

Tabel 1. Komposisi dan klasifikasi *Flyash*

Komponen	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
AlO ₃	5-35	20-30	20-25
FeO ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10

SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4

2. Sifat –Sifat *Flyash* Sebagai Adsorben

Flyash memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi dan karbon yang rendah *flyash* memiliki kemampuan untuk menyerap kandungan uap air, sehingga *flyash* dapat dijadikan sebagai adsorben untuk menangkap uap air yang ada di udara dan dapat disetarakan dengan zeolit. Kemampuan *flyash* dalam meningkatkan kualitas proses pembakaran telah dibuktikan oleh Rilham pada tahun 2012, dengan penelitian menggunakan *flyash* bentuk pelet pada sepeda motor 4-langkah dan diperoleh penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 22,34% pada pengujian kendaraan berjalan dan 19,56% pada pengujian stasioner (Rilham, 2012).

Flyash batubara memiliki kemampuan dapat menyerap air dan beberapa unsur hara sehingga dapat meningkatkan kualitas adsorpsi dengan baik. (Selain itu *flyash* batubara juga dapat digunakan sebagai adsorben berbagai macam zat-zat polutan seperti SO_x, CO, dan partikulat debu termasuk timbal (Pb). *Flyash* batubara juga digunakan dalam bahan cetakan pada industri pengecoran logam karena memiliki ukuran butir jauh lebih kecil daripada pasir cetak sehingga saat dibuat cetakan akan menghasilkan permukaan yang lebih halus.

Flyash atau abu terbang di kenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Abu terbang memiliki porositas rendah dan partikelnya halus. Bentuk partikel abu terbang adalah bulat dengan permukaan halus, dimana hal ini sangat baik untuk workabilitas, karena akan mengurangi permintaan air atau *superplasticizer*.

Abu terbang mempunyai sifat-sifat yang sangat menguntungkan di dalam menunjang pemanfaatannya yaitu :

a. Sifat Fisik

Abu terbang merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral-mineral pengotor dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara ini titik leleh abu batu bara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Dan kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075mm. Kerapatan abu terbang berkisar

antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara Blaine) antara 170 sampai 1000 m²/kg. Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain :

- 1) Warna : abu-abu keputihan
- 2) Ukuran butir : sangat halus yaitu sekitar 88 %

b. Sifat Kimia

Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silikat (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub/bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada (Sugiyanto, 2007).

Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100-3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170-1000 m²/kg (Muchtart, 2006).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat Penelitian

Berikut ini merupakan alat-alat yang digunakan dalam penelitian pembuatan filter zeolit:

1. Sepeda motor mesin bensin 4 langkah satu silinder

Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan untuk pengujian filter zeolit dengan aktivasi fisik (microwave) sebagai berikut:

Merk	: Honda Karisma x 125
Jenis	: Motor Bensin 1 Silinder
Tipe mesin	: 4 langkah, 2 katup
Diameter X langkah	: 52,4 x 57,9 mm
Volume silinder	: 124,9 cc
Daya maksimum	: 9,3 PS/7.500 Rpm
Perbandingan kompresi	: 9,0 : 1
Kapasitas oli	: 700 ml
Sistem stater	: Pedal engkol dan stater
System pendingin	: Pendingin udara
System transmisi	: 4 speed (N-1-2-3-4) rotary
Kopling	: Otomatis (Sumber: Honda)



Gambar 10. Sepeda motor karisma x 125

2. Timbangan digital

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan yaitu zeolit, tapioka, dan air akuades yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 11. Timbangan digital

3. Tumbukan

Pada penelitian ini tumbukan berfungsi untuk menghaluskan zeolit yang masih kasar menjadi halus.



Gambar 12. Tumbukan zeolit

4. Ayakan

Ayakan dalam penelitian ini digunakan untuk menyeragamkan zeolit setelah dilakukan penumbukan agar ukuran zeolit menjadi sama yaitu mesh 100.



Gambar 13. Ayakan

5. Ampia

Ampia pada penelitian ini digunakan untuk memadatkan adonan dan memipihkan adonan zeolit agar lebih mudah saat pencetakan pelet.



Gambar 14. Ampia

6. Stopwatch

Stopwatch adalah alat pengukur waktu dalam penelitian ini *stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pengujian stasioner dan waktu yang di tempuh dalam uji akselerasi.



Gambar 15. Stopwatch

7. Kompor

Kompor dalam penelitian ini digunakan untuk memaskan air aqudes untuk melarutkan tapioka yang berfungsi sebagai perekat zeolit.



Gambar 16. Kompor

8. Microwave

Microwave dalam penelitian ini digunakan untuk mengeringkan sekaligus untuk aktivasi pelet zeolit.



Gambar 17. Microwave

9. Cetakan filter pelet

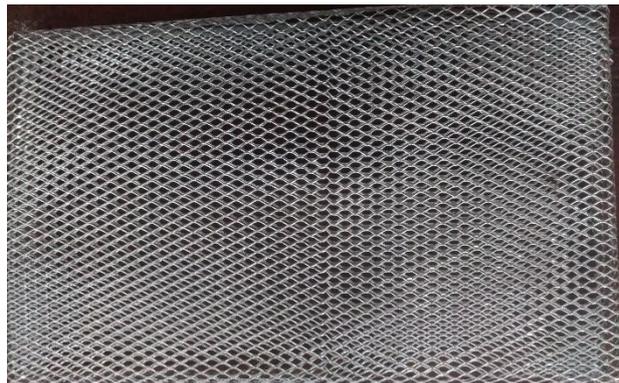
Dalam penelitian ini cetakan pelet digunakan untuk memebentuk pelet yang akan dijadikan filter dengan ketebalan 3mm



Gambar 18. Cetakan filter pelet

10. Wadah filter pelet

Wadah pelet ini digunakan untuk meletakkan atau menyusun pelet yang akan digunakan sebagai filter kendaraan bermotor.



Gambar 19. Wadah filter pelet

11. Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar dalam penelitian ini berfungsi untuk wadah bahan bakar saat pengujian stasioner maupun uji jalan kendaraan.



Gambar 20. Tangki bahan bakar

12. Gelas ukur

Dalam penelitian ini gelas ukur digunakan untuk mengukur bahan bakar sebelum bahan bakar dimasukkan ke dalam tangki bahan bakar.



Gambar 21. Gelas ukur

13. Tachometer

Tacometer dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur putaran mesin pada saat proses pengujian berlangsung.



Gambar 22. Tachometer

B. Bahan Penelitian

Dalam penelitian pengaruh filter udara berbahan zeolit aktivasi fisik (*microwave*) terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah terdapat adalah sebagai berikut:

1. Zeolit

Pada penelitian ini zeolit yang digunakan adalah zeolit jenis *clinoptilolite*.



Gambar 23. Zeolitclinoptilolite

2. Tepung tapioka

Pada penelitian ini tepung tapioka digunakan untuk perekat zeolit sebelum dicetak pelet.



Gambar 24. Tepung tapioka

3. Air aquades

Pada penelitian ini air aquades digunakan untuk melarutkan tepung tapioka dan zeolit sebelum pembuatan pelet.



Gambar 25. Air aquades

4. *Flyash* Batubara

Flyash batubara adalah campuran yang digunakan untuk memperoleh komposisi terbaik membuat pelet zeolit *flyash*.



Gambar 26. *Flyash* Batubara

C. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun tahapan proses persiapan alat dan bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghaluskan zeolit, dengan cara menghaluskan ditumbuk selanjutnya diayak dengan mesh 100.
2. Menghaluskan *flyash batubara* dengan cara di saring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh
3. Langkah yang ke tiga yaitu membuat adonan dan pencetakan pelet, komposisi adonan pelet yaitu 4% (4 gram) perekat, 42% (42 gram) air aquades, dan 54% (54 gram) katalis (zeolit dan *flyash* batubara dengan perbandingan Z100%:F0% Z75%:F25%, Z50%:F50%, Z25%:F75% Z0%:F100%.) dengan jumlah total yaitu 100 gram per adonan. Setelah

adoanan jadi kemudian ratakan adonan menggunakan ampia hingga ketebalan 3 mm dan diameter 10 mm. setelah selesai melakukan pencetakan pelet yang sudah jadi kemudian didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruangan.

4. Setelah didiamkan selama 24 jam. Kemudian lakukan aktivasi agar kandungan air dalam pelet terangkat. Aktivasi dilakukan dengan *microwave oven* menggunakan variasi daya 60%, 80%, 100% (400 W), kemudian variasi waktu yang digunakan yaitu 3 menit, 6 menit dan 9 menit.
5. Setelah dilakukan aktivasi langkah selanjutnya yaitu pengemasan pelet menggunakan kawat streaming, pengemasan ini bertujuan agar memudahkan pemasangan pelet pada filter udara sepeda motor. Ukuran dari pengemasan pelet ini memiliki ukuran yang sama dengan filter udara sepeda motor yang digunakan dalam penelitian.

Pada saat pengemasan dilakukan penghitungan jumlah pelet pada saat wadah pelet terisi penuh yaitu berjumlah 72 pelet. Karena pada penelitian ini menggunakan variasi jumlah pelet 100%, 75%, dan 50% maka dilakukan perhitungan seperti berikut:

$$\frac{72}{100} \times 75 = 54 \text{ Buah}$$

$$\frac{72}{100} \times 50 = 36 \text{ Buah}$$

D. Prosedur Pengujian

Pada penelitian ini data yang diambil yaitu pengujian prestasi mesin: uji jalan, stasioner, akselerasi, kemudian pengujian emisi gas buang. Pengujian tersebut untuk mengetahui karakteristik prestasi mesin sepeda motor menggunakan filter buatan (filter zeolit dan *fly ash* batubara) dengan menggunakan filter bawaan sepeda motor (filter standar). Untuk pengambilan data dilakukan dalam keadaan cuaca yang sama, cara berkendara yang sama beban pengendara yang sama, dan sebelum dilakukannya pengujian mesin yang akan digunakan pengujian dilakukan pemanasan mesin beberapa menit agar memperoleh kondisi yang sama pada saat pengujian.

Tahapan pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Uji jalan (*test road*)

Uji jalan ini dilakukan dengan kecepatan sepeda motor 60 Km/J, kemudian jarak yang ditempuh yaitu 4 km. Pengujian jalan ini bertujuan untuk memperoleh data konsumsi bahan bakar yang digunakan setiap pengujianya. Dalam pengujian ini tangki bahan bakar yang digunakan memiliki volume 240 ml.

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu mengukur jarak tempuh yang akan digunakan, kemudian menandainya dengan jarak 4 km. Pengambilan data pengujian jalan yaitu dengan cara mengukur bahan bakar pada tangki 240 ml. Selanjutnya menjalankan kendaraan pada *track* yang sudah ditentukan dengan kecepatan stabil 60 Km/J dengan jarak 4 km, setelah menempuh jarak 4 km, matikan mesin. Kemudian mengukur konsumsi bahan bakar yang telah digunakan dengan cara memasukan

bahan bakar ke tangki menggunakan gelas ukur. Lakukan langkah langkah tersebut sebanyak 3 kali dalam setiap pengujian filter buatan (filter zeolit dan *fly-ash* batu bara). Tabel 2 dibawah ini merupakan urutan dari pengambilan data pengujian jalan yang akan dilakukan.

2. Pengujian stasioner

Pengujian stasioner dilakukan dengan kendaraan berhenti. Pengujian stasioner yang akan dilakukan yaitu menggunakan putaran mesin 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm. Pengujian stasioner ini dilakukan selama 5 menit untuk setiap pengujianya. Pengujian stasioner ini dilakukan untuk mengetahui data konsumsi bahan bakar saat menggunakan filter buatan maupun tidak menggunakan filter kendaraan pada keadaan stasioner.

Langkah pertama pengujian stasioner yaitu mengisi dan mengukur tangki buatan yang memiliki volume 240 ml. Kemudian mesin dan *stopwatch* dihidupkan secara bersamaan. Setelah itu tarik gas hingga rpm 1000 rpm apabila waktu pada *stopwatch* sudah 5 menit kemudian matikan mesin dan mengukur konsumsi bahan bakar terpakai dengan cara memasukan bahan bakar ke dalam tangki buatan menggunakan gelas ukur.. Ulangi langkah langkah tersebut sebanyak 3 kali pengujian menggunakan filter buatan maupun tidak menggunakan filter buatan. Pada 2000 rpm dan 3000 rpm dilakukan langkah pengujian yang sama. Tabel 3 merupakan urutan pengambilan data pengujian stasioner yang akan dilakukan.

3. Pengujian Akselerasi

Pengujian akselerasi dilakukan dengan kecepatan (0-60 Km/J), pengujian akselerasi kendaraan bertujuan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan kendaraan dalam keadaan berhenti sampai berjalan mencapai kecepatan yang diinginkan (60 Km/J) dengan menggunakan filter buatan (filter zeolit-*flyash* batu bara). filter yang digunakan adalah filter dengan daya dan waktu aktifasi terbaik

Langkah awal dalam pengujian akselerasi yaitu menghidupkan mesin kendaraan, kemudian ketika gas ditarik, hidupkan *stopwatch*, setelah mencapai kecepatan yang diinginkan (60 Km/J) matikan *stopwatch* dan catat waktu yang tertulis pada *stopwatch*. Pada setiap pengujianya pengendara harus menarik gas secara teratur dan stabil. Langkah-langkah tersebut diulangi 3 kali setiap pengujian filter buatan maupun tidak menggunakan filter buatan. Tabel 4 merupakan urutan pengujian akselerasi yang dilakukan dengan menggunakan filter buatan (filter zeolit-*flyash* batu bara) dan tidak menggunakan filter buatan.

4. Pengujian emisi

Pengujian emisi dilakukan untuk mengetahui pengaruh filter buatan terhadap emisi gas buang kendaraan yang digunakan untuk penelitian. Pada pengujian emisi gas buang ini menggunakan rpm 1000 dan rpm 3000. Pada pengujian emisi gas buang filter yang dipakai untuk pengujian adalah filter dengan data terbaik pada saat pengujian jalan, pengujian akselerasi dan pengujian stasioner.

5. Perhitungan Data Pengujian

Adapun perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

No	Filter	Massa	Konsumsi Bahan Bakar (ml)			Rata-rata (ml)	Selisih (ml)	Persetase (%)
			I	II	III			
1	Tanpa Filter	100%	75	72	70	72.33	0	0
2	Filter alami (Z50:F50)	100%	70	69	70	69.67	-2.67	-3.69%
		75%	70	68	68	68.67	-3.67	-5.07%
		50%	67	65	66	66	-6.33	-8.76%

a. Menghitung Rata-rata

$$\mathbf{X} = \frac{1}{n}(a_1 + \dots + \dots + a_n)$$

Dimana : X = rata-rata hitung

n = Jumlah Sample

a₁ = nilai sample ke-1

Tanpa Filter

$$\mathbf{X} = \frac{1}{n}(a_1 + \dots + \dots + a_n)$$

$$\mathbf{X} = \frac{1}{3}(75 + 72 + 70)$$

$$= 72,33$$

Filter Alami (Z50:F50) 100%

$$\mathbf{X} = \frac{1}{n}(a_1 + \dots + \dots + a_n)$$

$$\mathbf{X} = \frac{1}{3}(70 + 69 + 70)$$

$$= 69,67$$

b. Mengitung Selisih

Selisih = rata-rata data pertama dikurang rata-rata data kedua

$$\begin{aligned}\text{Selisih} &= 72,33 - 69,67 \\ &= 2,67\end{aligned}$$

c. Menghitung Persentase

$$\text{Persen} = \frac{\text{jumlah yang dicari}}{\text{jumlah keseluruhan}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}\text{Persen} &= \frac{2,67}{72,33} \times 100 \% \\ &= 3,69\%\end{aligned}$$

E. Lokasi pengujian

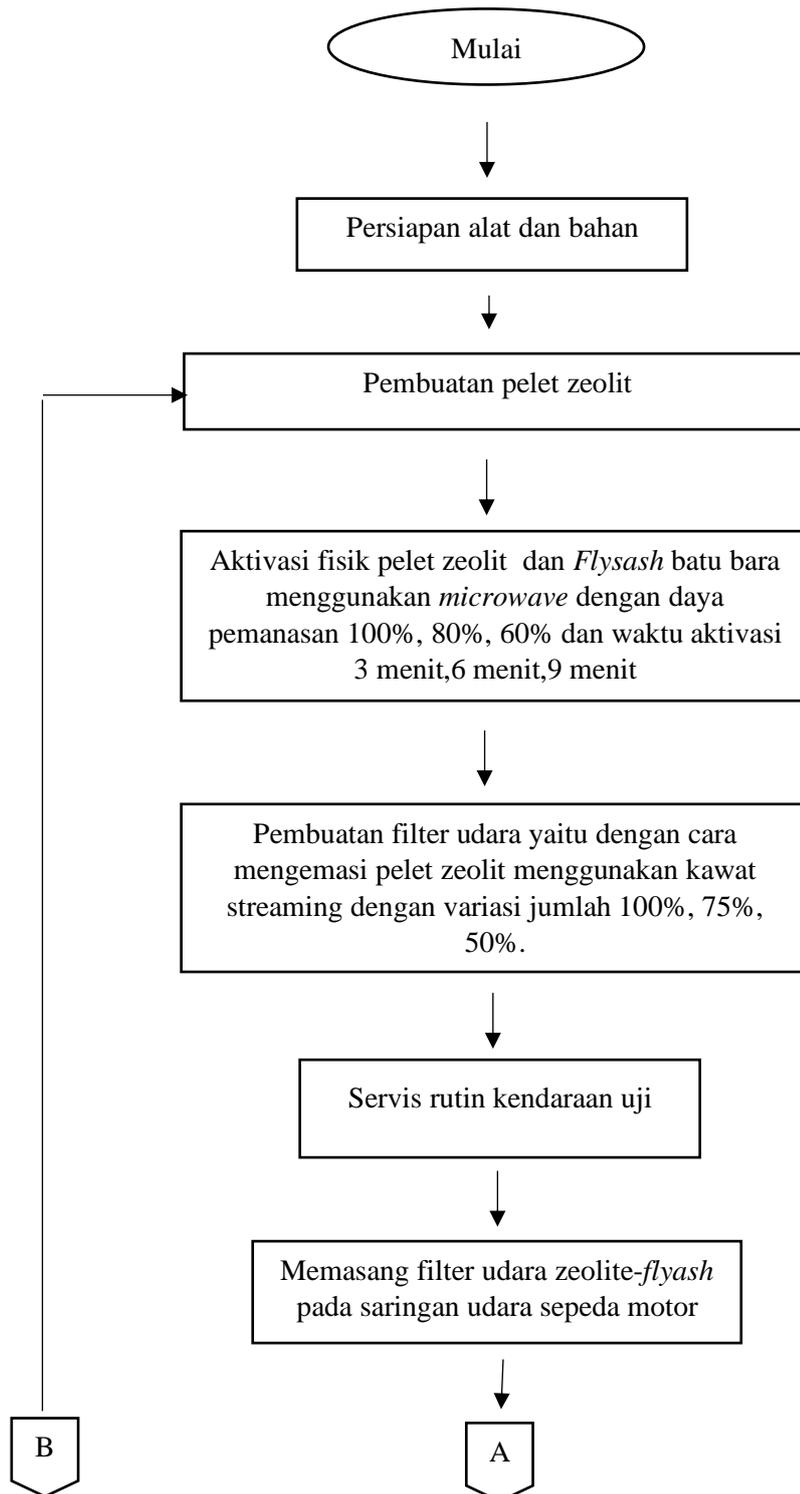
Untuk pengujian jalan dan akselerasi dilakukan di jalan kota baru lampung selatan. Kemudian untuk pengujian stasioner dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung, sedangkan untuk pengujian emisi gas buang dilakukan di bengkel Auto2000.

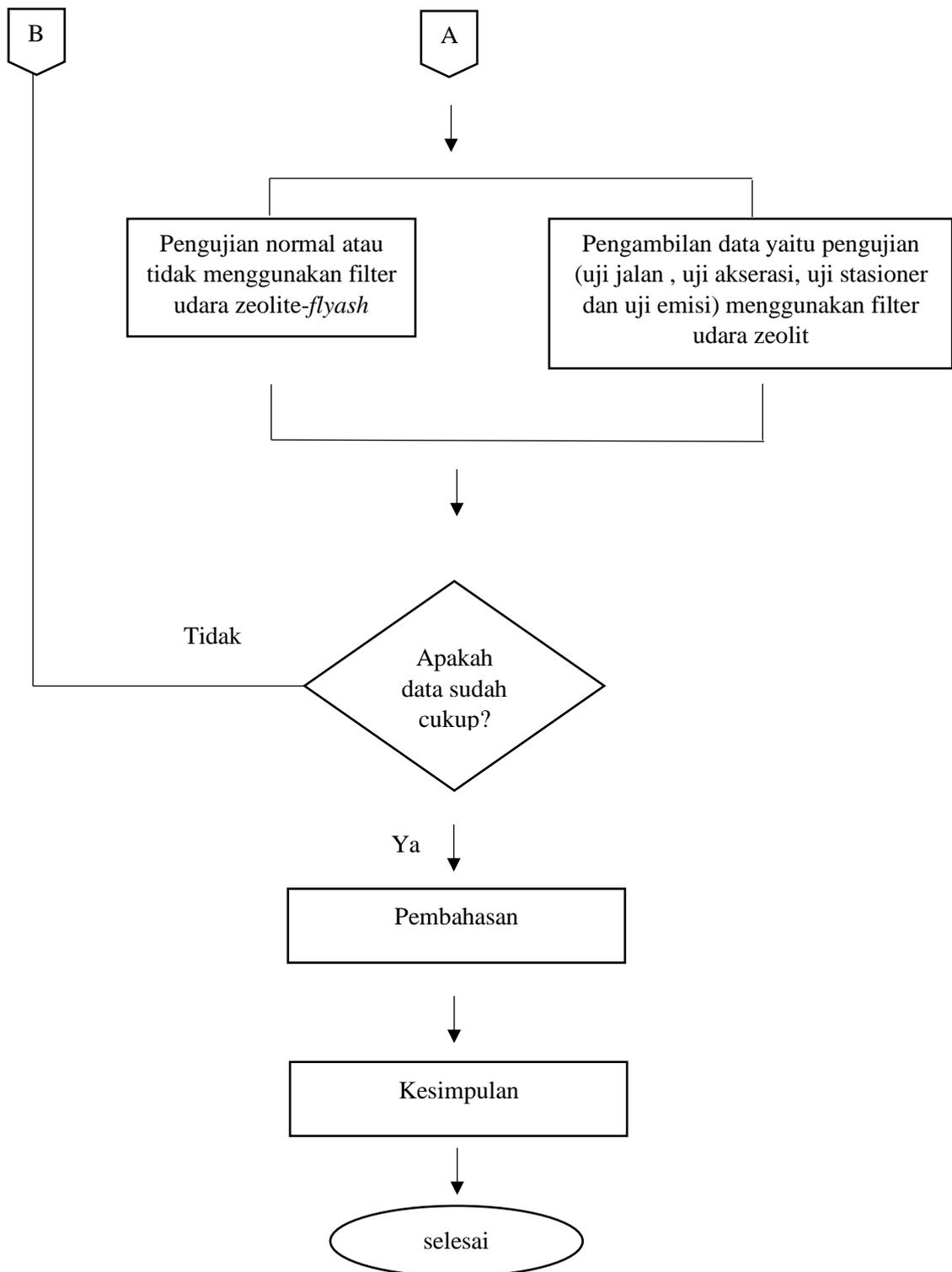
F. Analisa Data

Setelah data hasil pengujian diperoleh, selanjutnya data tersebut dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik sehingga diperoleh pengaruh daya, waktu dan jumlah pelet filter terbaik pada filter udara zeolite-*flyash* yang digunakan pada kendaraan bermotor.

G. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir dalam pembuatan dan pengujian filter udara zeolit aktivasi fisik *microwave*. Diagram alir tersebut dapat dilihat pada gambar 3.17.





Gambar 27. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari data yang sudah didapatkan dari hasil pengujian maka dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan daya aktivasi terbaik campuran filter zeolit-*flyash* adalah pada daya 80% (320 W) dengan waktu aktivasi 6 menit, dimana pada daya aktivasi dan waktu aktivasi tersebut dapat meningkatkan kemampuan filter zeolit-*flyash* sebagai adsorben paling baik, hal ini dibuktikan dengan meningkatnya efisiensi konsumsi bahan bakar pada uji jalan sebesar 10,14% dan 41,08% untuk uji stasioner 1000 rpm pada pengujian awal menentukan daya aktivasi terbaik.
2. Komposisi campuran Zeolit 75% dan *Flyash* 25% (Z75:F25) dan massa 75% (54 buah pelet) adalah komposisi filter terbaik dalam meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar pada uji stasioner 1000 rpm sebesar 29,56% dan 13,40% untuk uji jalan, dibandingkan dengan pengujian tanpa filter dan pengujian dengan komposisi lainnya.
3. Pada kemampun akselerasi (0-60 km/jam) kendaraan uji menggunakan filter buatan dengan komposisi filter Zeolit 100% dan *Flyash* 0% (Z100:F0) adalah komposisi yang terbaik dalam waktu tempuh, yakni sebesar 6,82

detik atau 7,17% lebih baik dari waktu tempuh tanpa menggunakan filter buatan.

4. Pada pengujian emisi gas buang kendaraan, penggunaan filter buatan (zeolit-*flyash*) terbaik pada komposisi Z50:F50 mampu mengurangi kadar gas CO hingga 39,02% di putaran mesin 1000 rpm, dan komposisi Z100:F0 mampu mengurangi kadar gas HC sebesar 46,67% di putaran mesin 3000 rpm.
5. Dari segi persentase komposisi filter Z75:F25 dengan daya aktivasi 80% (320 W), waktu aktivasi 6 menit dan variasi massa 75% (54 buah pelet) merupakan filter dengan kemampuan terbaik untuk meningkatkan prestasi mesin.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah dilakukannya pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang umur pemakaian filter campuran zeolit-*flyash* (batubara) sebagai adsorben pada kendaraan uji.
2. Membandingkan dengan pengujian menggunakan alat aktivasi lain contohnya oven.
3. Membandingkan pengujian menggunakan sepeda motor 4-langkah dengan cc yang lebih besar atau lebih kecil.

DAFTAR PUSTKA

- Bekkum,H.V. Flanigen,E.M., Jansen, J.C.1991. Introduction to Zeolite Scinece and Practise. Elsevier. Amsterdam.
- Butland, T.D. 2008. *Adsorption Removal OfTertiary Butyl Alcohol From Waste water By Zeolite*. Thesis Of Worcester Polytechnic Institute.Massahusetts.
- Darmawan. 2003. Aktivasi Katalis Cr/zeolit dalam reaksi konversi katalitik fenol dan isobutil keton. Jurnal Ilmu Dasar. Vol, 4 No. 2;70-76.St. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember.
- Ernadi, A. 2017. Pemanfaatan Campuran Zeolit Alam-Fly Ash Batu Bara Yang telah dikativasi Fisik Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Bensin 4-Langkah. Skripsi Jurusan Teknik Mesin-Universitas Lampung : Bandar Lampung
- Hartono, B. 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.

- Hasibuan, Rendi Akbar. 2012. Modifikasi Zeolit Alam dengan TiO₂ untuk Mereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Heywood, J.B. 1988. *Internal Combustion Engine*. McGraw Hill International. Singapore.
- Kementrian ESDM, 2016. *Jawaban Kebutuhan Energi Nasional*. Jakarta. [Http://Www.Esdm.Go.Id/Assets/Admin/File/Pub/Outlook_Energi_2012.Pdf](http://www.esdm.go.id/assets/admin/file/pub/outlook_energi_2012.pdf). Diakses Pada Tanggal 24 Februari 2019.
- Mahdi. 2006. Pengaruh Pemanfaatan Zeolit Yang Diaktivasi Fisik Pada Beragam Temperatur Dan Waktu Pemanasan Terhadap Kinerja Motor Diesel 4-Langkah. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Marinda P. 2008. Abu Terbang Batubara Sebagai Adsorben .[Http://Majarimagazine .Com/2008/06abu-Terbang-Batubara-Sebagai-Adsorben.Html](http://majarimagazine.com/2008/06abu-terbang-batubara-sebagai-adsorben.html). Diakses Pada 23 Februari 2019.
- Muchtar, 2006. Karakterisasi Abu Terbang PLTU Suralaya Dan Evaluasi Untuk Refraktori Cor. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara. Banten

- Poerwadi, B. Dkk. 2017. Sintesis Adsorben Zeolite Alam Aktif Dengan Bantuan Microwave Untuk Adsorpsi Co₂. Universitas Brawijaya. *Jurnal Rekayasa Bahan dan Energi Berkelanjutan*.
- 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))
- Rilham, Dimas. 2012. Pengaruh Aplikasi Fly Ash Bentuk Pelet Perekat Yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin4-Langkah. Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Santoso, Urip. 2014. [https://aanfarm.wordpress.com/2014/02/04/meningkatkan-produktivitas – ternak -dengan-zeolit](https://aanfarm.wordpress.com/2014/02/04/meningkatkan-produktivitas-ternak-dengan-zeolit)
- Simangunsong, Vera. 2011. *Optimasi Suhu Aktivasi Dan Dosis Zeolit Sebagai Adsorben Seng Dan Besi Yang Terkandung Didalam Limbah Industri Sarung Tangan Karet*. Skripsi Sarjana Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sonic Niwatana, 2011. Aplikasi Zeolit Pellet Perekat yang Diaktivasi Basa-fisik untuk Mengamati Prestasi Mesin Sepeda Motor Bensin 4-Langkah. Skripsi Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Wardani, SRP. 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan .Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.

Wardono, H. 2004. Modul Pembelajaran Motor Bakar. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung

Wikipedia. 2016. Pengertian Zeolit. <https://id.wikipedia.org/wiki/Zeolit>. Diakses Pada 20 Februari 2019.

Wikipedia. 2019. Abu Terbang (*Fly Ash*) https://id.wikipedia.org/wiki/Abu_terbang

Yuliusman, Dkk. 2013. Pemilihan Adsorbsen Untuk Penyerapan Karbon Monoksida Menggunakan Model Adsorpsi Isometric Langmuir. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.