

**KOMPARASI AKTIVATOR KOH dan HCl PADA AKTIVASI  
KIMIA-FISIK *FLY ASH* BATUBARA TERHADAP PRESTASI  
MESIN SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH**

**(SKRIPSI)**

Oleh

**M. ZEN SYARIF**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2016**

## **ABSTRAK**

### **KOMPARASI AKTIVATOR KOH DAN HCl PADA AKTIVASI KIMIA-FISIK *FLY ASH* BATUBARA TERHADAP PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH**

**By**

**M. Zen Syarif**

Fly ash is the waste coal that is usually released just in the air without any special control to release the fly ash into the air. Though fly ash is very dangerous to pollute the air around. Fly ash can be used as adsorbent for the allowance of pollutants in the exhaust gases of combustion processes that can potentially harm the environment. So do research the use of fly ash pellets with some variation for fuel economy and reduce exhaust emissions.

In this research there are two kinds of activation, KOH and HCl the normality 0,25N;0,5N;0,75N; and 1,0N and physical activation with variations in temperature of 150 ° C for 1 hour. All are made in the form of fly ash pellet with a diameter of 10 mm and a thickness of 3 mm. Testing is done by comparing the pellets without the use of fly ash with fly ash pellet activated physical-chemical activator KOH and HCl. The fly ash pellets packed in a frame and placed inside the air filter on a motorcycle.

From the test results and analysis found that with the use of fly ash pellet activated physical-chemical activator KOH and HCl can improve the performance engine 4-stroke motorcycle. In test runs best results are obtained on use 0.25 N KOH mass of 20 grams of 21 886%. ON Testing stationary use 0.50 N HCl mass of 15 grams of 47.22% and AT test acceleration of 0.75 N HCl mass of 15 grams of 18 909%. Decreased levels of CO and HC Best of 0.07% ON KOH and HCl 0.25 gram mass 10 and 44 ppm IN HCl 0.25 mass of 15 grams. While increasing CO<sub>2</sub> levels of 4.44% TO 0.50 N KOH mass of 10 grams.

**Keywords:** Fly ash, KOH and HCl activator, Performance motorcycle engine

## ABSTRAK

### KOMPARASI AKTIVATOR KOH DAN HCl PADA AKTIVASI KIMIA-FISIK *FLY ASH* BATUBARA TERHADAP PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH

Oleh

M. Zen Syarif

*Fly ash* batubara merupakan limbah buangan yang biasanya dilepaskan begitu saja diudara tanpa adanya pengendalian khusus untuk melepaskan *fly ash* ke udara. Padahal *fly ash* sangat berbahaya jika mencemari udara sekitar. *Fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai absorben untuk penyisihan polutan pada gas buang proses pembakaran yang berpotensi dapat merusak lingkungan. Sehingga dilakukan penelitian pemanfaatan pelet *fly ash* dengan beberapa variasi untuk penghematan bahan bakar dan mereduksi emisi gas buang.

Dalam penelitian ini ada 2 macam aktivasi, yaitu aktivasi kimia dengan variasi aktivator KOH dan HCl pada normalitas 0,25N;0,5N;0,75N; dan 1,0N dan aktivasi fisik dengan variasi temperatur 150°C selama 1 jam. Semua dibuat dalam bentuk pelet *fly ash* dengan diameter 10 mm dan tebal 3 mm. Pengujian dilakukan dengan membandingkan tanpa menggunakan pelet *fly ash* dengan pelet *fly ash* teraktivasi kimia-fisik aktivator KOH dan HCl. Pelet *fly ash* tersebut dikemas dalam suatu *frame* dan diletakkan di dalam saringan udara pada sepeda motor.

Dari hasil pengujian dan analisa didapatkan bahwa dengan penggunaan pelet *fly ash* teraktivasi kimia-fisik aktivator KOH dan HCl dapat meningkatkan prestasi mesin sepeda motor bensin 4-langkah. Pada pengujian berjalan hasil terbaik didapat pada penggunaan KOH 0,25 N massa 20 gram sebesar 21,886 %. Pada pengujian stasioner penggunaan HCl 0,50 N massa 15 gram sebesar 47,22 % dan pada pengujian akselerasi HCl 0,75 N massa 15 gram sebesar 18,909 %. Penurunan kadar CO dan HC terbaik sebesar 0,07 % pada KOH dan HCl 0,25 massa 10 gram dan 44 ppm pada HCl 0,25 massa 15 gram. Sedangkan peningkatan kadar CO<sub>2</sub> 4.44% pada KOH 0,50 N massa 10 gram.

Kata kunci : *Fly ash*, aktivator KOH dan HCl, Prestasi mesin sepeda motor

**KOMPARASI AKTIVATOR KOH dan HCl PADA AKTIVASI  
KIMIA-FISIK *FLY ASH* BATUBARA TERHADAP PRESTASI  
SEPEDA MESIN MOTOR 4-LANGKAH**

**Oleh**

**M. Zen Syarif**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar**

**SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Mesin**

**Fakultas Teknik**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2016**

Judul Skripsi

: **KOMPIRASI AKTIVATOR KOH DAN HCl  
PADA AKTIVASI KIMIA-FISIK *FLY ASH*  
BATUBARA TERHADAP PRESTASI MESIN  
SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH**

Nama Mahasiswa

: **M. ZEN SYARIF**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1015021042

Jurusan

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik



Pembimbing I

**Ir. Herry Wardono, M.Sc**  
NIP. 196608221995121001

Pembimbing II

**M. Dyan Susila ES, S.T.M.Eng.**  
NIP. 198010012008121001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Ahmad Su'udi, S.T., M.T.**  
NIP. 19740816 200012 1 001

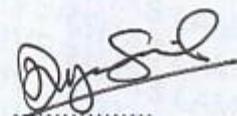
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

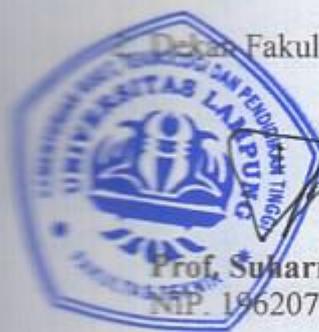
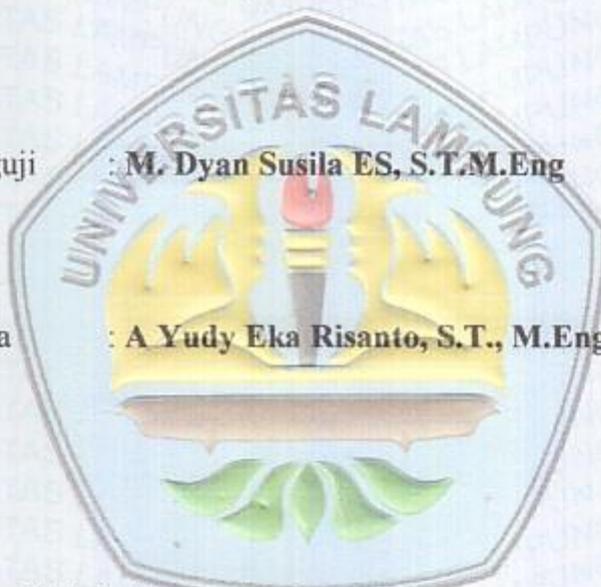
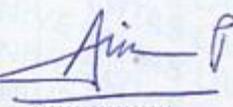
**Ketua Penguji : Ir. Herry Wardono, M.Sc**



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



**Penguji Utama : A Yudy Eka Risanto, S.T., M.Eng.**



**Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

**Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 196207171987031002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Desember 2016**

## PERNYATAAN PENULIS

Survei ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 27 peraturan akademik Universitas Lampung dengan surat keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.



Yang Membuat Pernyataan

M. Zen Syarif

NPM. 10105021042

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama **M. Zen Syarif**, lahir di Teluk Betung pada tanggal 03 November 1992 yang merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Waryono dan Khodiroh.

Penulis memulai pendidikan formalnya dari SDN 1 Kupang Raya dan lulus pada tahun 2004,

selanjutnya di SMP N 17 Bandar Lampung dan telah diselesaikannya pada tahun 2007. Serta SMK Muhammadiyah 1 Bandar Lampung jurusan teknik otomotif yang diselesaikannya pada tahun 2010.

Selanjutnya penulis terdaftar menjadi mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2010 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif menjadi pengurus HIMATEM sebagai anggota bidang Dana dan Usaha pada tahun 2010- 2011, dan tahun berikutnya sebagai ketua Bidang Dana dan Usaha. Pada tahun 2012-2013 penulis aktif menjadi pengurus FOSSI FT sebagai kepala Musholla dan Sekeretariat. Pada bulan agustus 2013, penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Kereta Api Indonesia (persero) DIPO lokomotive subunit Divisi Regional III.2 Tanjung Karang Bandar Lampung dengan mengambil judul :

**“Perhitungan Jarak Pengereman Lokomotif CC 202 dengan sistem Udara Tekan ( *Air Brake system* ) Pada di PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Sub Divisi regional III.2 TNK Bandar Lampung”**

Kemudian penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di Laboratorium Motor Bakar Universitas Lampung serta melakukan pengujian Prestasi Mesin Sepeda Motor. Hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 09 Desember 2016 dengan skripsi yang berjudul **“Komparasi Aktivator KOH dan HCl Pada Aktivasi Kimia-Fisik *Fly Ash* Batubara Terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4-Langkah”**

**Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat (Q.s. al-Mujadalah : 11)**

**"Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya ; dan barang siapa yang ingin (selamat dan berbahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barangsiapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya pula". (HR. Bukhari dan Muslim)**

**Hidup ini seperti pensil yang pasti akan habis, tetapi meninggalkan tulisan-tulisan yang indah dalam kehidupan. –**

**Nami (One Piece)**

**Aku lebih baik mati dalam mencapai impian dari pada hidup sebagai pecundang yang gagal mewujudkan impian. -Sanji**

**(One Piece)**

**SAWANG SINAWANG**

Dengan kerendahan hati dan harapan menggapai  
ridho Illahi Robbi ku persembahkan karya  
kecil ini untuk :

**Keluargaku Tercinta**

dan

**Almamater Teknik Mesin Universitas  
Lampung**

## SANWACANA

*Assalamualaikum Wr. Wb*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, senantiasa mencurahkan nikmat, rahmat, dan karunianya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul : **“Komparasi Aktivator KOH dan HCl pada Aktivasi Kimia-Fisik Fly Ash Batubara Terhadap Prestasi mesin Sepeda Motor 4-langkah”**. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada nabi agung Muhammad S.A.W dan para sahabat serta tabi'in yang selalu mengajarkan agama Allah.

Skripsi ini disusun sebagai rasa ingin tahu penulis mengenai motor bakar, mulai dari komponen-komponenya sampai dengan prinsip kerjanya, serta merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar "Sarjana Teknik" pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan laporan skripsi ini.

Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada:

1. Allah SWT Tuhan yang Maha Esa, tiada Tuhan Selain Allah yang telah memberikan kelancaran dan nikmat yang tiada taranya, seperti yang telah dijelaskan pada firmanNya maka nikmat Allah yang manakah yang kau dustai.
2. Orang tua tercinta, Bapakku yang hebat dan Ibu luar biasa yang selalu aku sayangi. Terima kasih atas dedikasinya baik dukungan moril maupun materil serta selalu mendoakan yang terbaik untuk anak tercintanya ini. Serta ketiga adikku Tafkillah A. , Ikbal dan Aulia semoga jadi anak yang sholeh dan sholeha
3. Daholal Jannah yang telah memberikan motivasi serta dukungan doanya
4. Prof. Suharno sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Bpk. Ahmad Su'udi S.T, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Unila.
6. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, saran, serta nasehat selama proses penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak M. Dyan Susila, S.T, M.Eng. selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Bapak A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng. selaku dosen pembahas pada laporan tugas akhir yang penulis seminarkan.
9. Bapak Indra M. Gandidi, S.T., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah membantu kelancaran skripsi ini.

10. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
11. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.
12. Rekan-rekan Lenkers Mbah Saiin, iyai Dwi, Rahmat Dani, Yayang Rusdiana, Pranca, Galih Gendut, Baron D. Hariyanto, Bowo terima kasih atas bantuan dan dukungannya serta canda tawa kalian yang membuat penulis rindu main lenk bersama kalian.
13. Rekan – rekan Teknik Mesin 2010, Andria Wijaya, Rabiah, Feri, Opik, Riski AP, Bondan Salpa, lilik, Made, galih, Agung ape, nyoman, dan tanpa menghilangkan jasa – jasa kawan yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih untuk motivasi yang telah kalian berikan.
14. Teman-teman BPH mutek, Edi, Anggi, Jimbron, dan Heru atas canda tawanya disela-sela proses penyelesaian skripsi ini.
15. Istikhomah dan Nyiyayu Sabrina Hidayati , terima kasih untuk motivasi yang telah kalian berikan.
16. Mas agus LAB, Mas marta, mas nanang dan mas dadang yang telah membantu kelancaran skripsi ini.
17. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah ikut serta membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis pribadi mohon maaf yang sebesar-besarnya

atas kekurangan dan kehilafan tersebut. Saran dan masukan yang sifatnya membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kebaikan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis pribadi, dan umumnya bagi semua yang membacanya.

Bandar Lampung, 09 Desember 2016

Penulis

**M. Zen Syarif**

## DAFTAR ISI

|                                 | Halaman    |
|---------------------------------|------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>            | <b>i</b>   |
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>      | <b>iii</b> |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b> | <b>iv</b>  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>  | <b>v</b>   |
| <b>PERNYATAAN PENULIS.....</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>RIWAYAT HIDUP.....</b>       | <b>vii</b> |
| <b>MOTTO.....</b>               | <b>ix</b>  |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b> | <b>xi</b>  |
| <b>SANWACANA.....</b>           | <b>xii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>          | <b>xvi</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>       | <b>xx</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>        | <b>xii</b> |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>       |            |
| A. Latar Belakang .....         | 1          |
| B. Tujuan Penelitian .....      | 5          |
| C. Batasan Masalah .....        | 6          |
| D. Sistematika Penulisan .....  | 7          |

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| A. Fly Ash.....                | 9  |
| 1. Karakteristik Fly Ash ..... | 9  |
| 2. Pembentukan Fly Ash .....   | 11 |
| 3. Sifat-sifat Fly Ash.....    | 13 |
| 4. Pemanfaatan Fly Ash .....   | 15 |
| 5. Aktifasi Fly Ash .....      | 15 |
| B. Tepung Tapioka .....        | 16 |
| C. Saringan Udara .....        | 18 |
| D. Motor Bakar .....           | 20 |
| E. Proses Pembakaran .....     | 25 |
| F. Prestasi Mesin .....        | 30 |
| G. Adsorpsi .....              | 32 |
| H. Normalitas .....            | 34 |

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

|  |    |
|--|----|
| A. Alat dan Bahan Penelitian .....                 | 35 |
| 1. Alat Penelitian .....                           | 35 |
| 2. Bahan Penelitian .....                          | 42 |
| B. Persiapan Penelitian .....                      | 43 |
| 1. Perendaman Air zeolit.....                      | 43 |
| 2. Pembuatan pelet Fly Ash Aktivasi KOH-Fisik..... | 44 |
| 3. Pembuatan pelet Fly Ash Aktivasi HCl-Fisik..... | 49 |
| 4. Persiapan Sepeda Motor Untuk pengujian.....     | 49 |

|  |    |
|--|----|
| C. Prosedur Pengujian.....                         | 50 |
| a. Pengujian Berjalan.....                         | 50 |
| 1. Uji Kosumsi Bahan Bakar.....                    | 50 |
| 2. Uji Akselerasi.....                             | 55 |
| b. Pengujian Stasioner.....                        | 59 |
| c. Menentukan Filter Fly Ash Internal Terbaik..... | 64 |
| d. Lokasi Pengujian .....                          | 66 |
| e. Analisa Data .....                              | 66 |
| f. Diagram Alir Penelitian.....                    | 67 |

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

|   |     |
|---|-----|
| 1. Pengujian Berjalan .....                         | 69  |
| 2. Pengujian Akselerasi .....                       | 77  |
| 3. Pengujian Stasioner .....                        | 85  |
| A. Pengujian Emisi Gas Buang .....                  | 101 |
| 1. Kadar CO teraktivasi HCl Fisik .....             | 102 |
| 2. Kadar HC teraktivasi HCl Fisik.....              | 104 |
| 3. Kadar CO <sub>2</sub> teraktivasi HCl Fisik..... | 107 |
| 4. Kadar CO teraktivasi KOH Fisik.....              | 109 |
| 5. Kadar HC teraktivasi KOH Fisik.....              | 111 |
| 6. Kadar CO <sub>2</sub> teraktivasi KOH Fisik..... | 112 |

## **BAB V. SIMPULAN DAN SARAN**

|                   |     |
|-------------------|-----|
| A. Simpulan ..... | 116 |
| B. Saran .....    | 117 |

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

| Tabel  | Halaman |
|--|---------|
| 1. Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i> .....            | 30      |
| 2. Data konsumsi bahan bakar untuk kecepatan 50 km/jam ..... | 57      |
| 3. Data akselerasi dengan kecepatan 0-80 km/jam .....        | 60      |
| 4. Data konsumsi bahan bakar untuk pengujian stasioner ..... | 63      |
| 5. Data uji emisi pada filter internal terbaik .....         | 67      |

## DAFTAR GAMBAR

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Gambar 1. <i>Fly Ash</i> .....                      | 11             |
| Gambar 2. Saringan Udara.....                       | 19             |
| Gambar 3. Skema Saluran Filter Udara.....           | 19             |
| Gambar 4. Prinsip Kerja Motor Bensin 4-Langkah..... | 22             |
| Gambar 5 Sikus Udara Volume Konstan.....            | 23             |
| Gambar 6 Sepeda Motor .....                         | 36             |
| Gambar 7. <i>Stopwatch</i> .....                    | 36             |
| Gambar 8. Gelas Ukur 100 ml.....                    | 37             |
| Gambar 9. <i>Tachometer</i> .....                   | 37             |
| Gambar 10. Termometer Air Raksa.....                | 38             |
| Gambar 11. Cetakan.....                             | 38             |
| Gambar 12. Perangkat Analog.....                    | 39             |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 13. Tangki Bahan bakar buatan 240 ml.....  | 39 |
| Gambar 14. <i>Oven</i> .....  | 40 |
| Gambar 15. Timbangan Digital.....   | 41 |
| Gambar 16. Kompor Listrik.....  | 41 |
| Gambar 17. Bor Tangan.....  | 41 |
| Gambar 18. Kemasan <i>Fly Ash</i> .....   | 42 |
| Gambar 19. Ayakan Mesh 100.....   | 42 |
| Gambar 20. Proses Pemerandaman Air dengan Zeolit.....   | 44 |
| Gambar 21. Proses Pembuatan Larutan.....  | 45 |
| Gambar 22. Proses Pencucian <i>fly ash</i> .....  | 46 |
| Gambar 23. Proses Pengayakan <i>Fly ash</i> .....   | 46 |
| Gambar 24. Proses Pembuatan Adonan.....   | 47 |
| Gambar 25. Proses Pencetakan Pelet.....   | 47 |
| Gambar 26. Proses Pengemasan Filter <i>Fly ash</i> .....  | 48 |
| Gambar 27. Persiapan Sepeda Motor Untuk Pengujian.....  | 50 |
| Gambar 28. Kosumsi Bahan Bakar Pngujian Berjalan Menggunakan Filter<br>Aktivasi HCl-Fisik 0,25 N..... | 70 |
| Gambar 29. Kosumsi Bahan Bakar Pngujian Berjalan Menggunakan Filter<br>Aktivasi HCl-Fisik 0,50 N..... | 71 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 30. Kosumsi Bahan Bakar Pngujian Berjalan Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,75 N.....  | 72 |
| Gambar 31. Kosumsi Bahan Bakar Pngujian Berjalan Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 1 N.....     | 73 |
| Gambar 32. Kosumsi Bahan Bakar pengujian Berjalan menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,25 N..... | 74 |
| Gambar 33. Kosumsi Bahan Bakar pengujian Berjalan menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,50 N..... | 75 |
| Gambar 34. Kosumsi Bahan Bakar pengujian Berjalan menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,75 N..... | 76 |
| Gambar 35. Kosumsi Bahan Bakar pengujian Berjalan menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 1 N.....    | 76 |
| Gambar 36. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,25 N.....           | 78 |
| Gambar 37. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,50 N.....           | 78 |
| Gambar 38. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,75 N.....           | 79 |
| Gambar 39. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 1 N.....              | 80 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 40. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,25 N.....            | 81 |
| Gambar 41. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,50 N.....            | 82 |
| Gambar 42. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,75 N.....            | 83 |
| Gambar 43. Waktu Akselerasi 0-80 km/jam Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 1 N.....               | 84 |
| Gambar 44. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,25 N..... | 85 |
| Gambar 45. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,50 N..... | 88 |
| Gambar 46. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 0,75 N..... | 90 |
| Gambar 47. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi HCl-Fisik 1 N.....    | 91 |
| Gambar 48. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,25 N..... | 95 |
| Gambar 49. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,50 N..... | 96 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 50. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 0,75 N..... | 97  |
| Gambar 51. Kosumsi Bahan Bakar Pengujian Stasioner Menggunakan Filter Aktivasi KOH-Fisik 1 N.....    | 99  |
| Gambar 52. Hasil Pengujian Kadar CO Teraktivasi HCl-Fisik (%).....                                   | 102 |
| Gambar 53. Hasil Pengujian Kadar HC (ppm) Pada Filter Teraktivasi HCl- Fisik.....                    | 105 |
| Gambar 54. Hasil Pengujian Kadar CO <sub>2</sub> (%) Pada Filter Teraktivasi HCl-Fisik.....          | 107 |
| Gambar 55. Hasil Pengujian Kadar CO Pada Filter Teraktivasi KOH-Fisik (%).....                       | 109 |
| Gambar 56. Hasil Pengujian Kadar HC Pada Filter Teraktivasi KOH-Fisik (%).....                       | 111 |
| Gambar 57. Hasil Pengujian Kadar CO <sub>2</sub> (%) Pada Filter Teraktivasi KOH-Fisik.....          | 113 |

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 dan Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999, abu batubara diklasifikasikan sebagai limbah B-3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Oleh karena itu perlu dipikirkan satu cara yang efektif untuk mengatasi dampak negatif dari limbah abu tersebut yang salah satunya adalah dengan memamfaatkanya sebagai bahan baku pembuatan bahan bahan lain yang lebih bermanfaat. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No : 02 Tahun 2008 tentang pemanfaatan limbah bahan beracun dan berbahaya, pemanfaatan limbah B-3 adalah kegiatan penggunaan kembali (*reuse*) dan/atau daur ulang (*recycle*) dan/atau perolehan kembali (*recovery*) yang bertujuan untuk mengubah limbah B-3 menjadi produk yang dapat digunakan dan harus juga aman bagi lingkungan. *Reuse* adalah penggunaan kembali limbah B-3 dengan tujuan yang sama tanpa melalui proses tambahan secara fisika, kimia, biologi, dan/atau secara termal. *Recycle* adalah mendaur ulang komponen-komponen yang bermanfaat melalui proses tambahan secara fisika, kimia, biologi, dan/atau secara termal yang menghasilkan produk yang sama atau produk yang berbeda. *Recovery* adalah perolehan kembali komponen

komponen yang bermanfaat secara fisika, kimia, biologi, dan/atau secara termal. Skala prioritas pemanfaatan limbah B-3 dimulai dari pemanfaatan secara *reuse*, kemudian dengan cara *recycle* dan terakhir dengan cara *recovery*.

(Kementrian Lingkungan Hidup, 2008).

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif di samping minyak dan gas bumi. Dipilihnya batubara sebagai sumber energi karena batubara relatif lebih murah dibanding minyak bumi. Khususnya di Indonesia yang memiliki sumber batubara yang sangat melimpah, batubara menjadi sumber energi alternatif yang potensial. Oleh karena itu, penggunaan batubara di Indonesia meningkat pesat setiap tahunnya. Data menunjukkan bahwa penggunaan batubara di Indonesia mencapai 14,1% dari total penggunaan energi lain pada tahun 2003. Diperkirakan penggunaan energi batubara ini akan terus meningkat hingga 34,6% pada tahun 2025. Di samping potensinya sebagai sumber energi alternatif yang relatif murah, penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan yaitu limbah gas seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, hidrokarbon dan limbah padat. Limbah padat tersebut berupa abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Menurut data Kementrian Lingkungan Hidup pada tahun 2006, limbah *fly ash* yang dihasilkan mencapai 52,2 ton/hari, sedangkan limbah *bottom ash* mencapai 5,8 ton/hari.

*Fly ash* batubara merupakan limbah buangan yang biasanya dilepaskan begitu saja di udara tanpa adanya pengendalian khusus untuk melepaskan *fly ash* ke

udara. Padahal *fly ash* batubara merupakan salah satu jenis limbah B3, sehingga sangat berbahaya jika mencemari udara sekitar. *Fly ash* umumnya disimpan sementara pada pembangkit listrik tenaga batubara, dan akhirnya dibuang di *landfill* (tempat pembuangan). Penumpukan *fly ash* batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan, yaitu mencemari lingkungan udara maupun lingkungan tanah.

Selama ini, berbagai pemanfaatan dari *fly ash* dengan mengetahui unsur dan mineralnya adalah sebagai bahan mentah (*raw material*) untuk produksi semen dan bahan konstruksi. Bentuk pemanfaatan dari limbah *fly ash* adalah dengan mengubahnya menjadi adsorben. Sebagai adsorben, *fly ash* memiliki keuntungan yaitu harganya yang ekonomis dan baik digunakan dalam pengelolaan limbah gas ataupun cair, serta mampu menyerap logam-logam berat yang terkandung dalam limbah. Untuk mengolah kembali *fly ash* sebagai bahan baru yang memiliki nilai manfaat, maka dilakukan proses aktivasi fisik dan aktivasi kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan proses pembakaran pada suhu 500-600<sup>0</sup>C, sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan pencampuran antara *fly ash* dengan larutan asam ataupun basa. (Ayu Lasryza, 2012).

*Fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penyisihan polutan pada gas buang proses pembakaran yang berpotensi untuk merusak lingkungan seperti gas sulfur oksida yang mengakibatkan hujan asam, gas nitrogen oksida menyebabkan pemanasan global, dan merkuri (Hg) yang berbahaya bagi makhluk hidup.

Polutan tersebut diantaranya  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , merkuri (Hg), dan gas-gas organik. Abu terbang batubara juga memiliki potensi sebagai absorben untuk menyisikan  $\text{NO}_x$  dari aliran gas buang. Emisi  $\text{NO}_x$  diserap oleh karbon tidak terbakar yang terdapat terdapat didalam abu terbang batubara. Partikel karbon tersebut dapat juga diaktivasi untuk meningkatkan kinerja penyerapan  $\text{NO}_x$ . (<http://majarikanayakan.com>).

Pada penelitian Dimas Rilham Purnawanta tahun 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. Secara umum pelet aktivasi fisik dengan massa 45 gram mampu mereduksi emisi gas buang lebih baik. *Fly ash* pelet aktivasi fisik dengan massa 45 gram juga dapat meningkatkan kadar  $\text{CO}_2$  paling baik. Penghematan konsumsi bahan bakar pada pelet *fly ash* yaitu untuk massa 45 gram sebesar 22,23 gram dan pada pengujian stasioner dapat menghemat 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 penurunan sebesar 20,34%. Penurunan kadar CO pada *fly ash* pelet aktivasi fisik terbesar terjadi pada massa 45 gram sebesar 86,23% serta meningkatkan kadar  $\text{CO}_2$  sebesar 10,63%.

Jenis air dan kondisi aktivasi pada proses pembuatan adsorben *fly ash* terbukti berpengaruh terhadap prestasi mesin dan kandungan emisi gas buang sepeda

motor bensin karburator 4 langkah, dan komposisi terbaik untuk pembuatan pelet *fly ash* adalah 64 gram *fly ash*, 32 ml air dan 4 gram tapioka, dengan suhu aktivasi 150°C selama 1 jam, serta air hasil perendaman zeolit selama 12 jam dan massa zeolit 20% dari total volume air rendaman. Komposisi ini dapat menghemat bahan bakar pada pengujian berjalan sebesar 12,69% dan pada pengujian stasioner hingga 22,65% serta mempercepat akselerasi (0-80 km/jam) sebesar 6,86%. Pelet *fly ash* komposisi terbaik ini juga dapat mengurangi kadar CO sebesar 19,57% serta meningkatkan kadar CO<sub>2</sub> sebesar 4,36%.

(Denfy Efendri, 2012).

Mengacu dari beberapa penelitian sebelumnya maka dalam penelitian ini sebelum *fly ash* digunakan, *fly ash* batubara ini dilakukan aktivasi secara kimia dengan variasi normalitas yaitu 0,25 N, 0,50 N, 0,75N dan 1,00 N. Proses aktivasi secara kimia menggunakan HCl dan KOH berfungsi untuk menghilangkan zat pengotor yang ada pada *fly ash*.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian memanfaatkan *fly ash* sebagai adsorben yang mampu menghemat konsumsi bahan bakar dan mereduksi emisi gas buang antara lain:

1. Membuat pelet *fly ash* aktivasi kimia-fisik dengan nilai variasi normalitas 0,25, 0,5, 0,75 dan 1,00 menggunakan KOH dan HCl sebagai aktivatornya.

2. Membuat pelet *fly ash* aktivasi kimia-fisik dengan nilai variasi massa 10gr, 15gr, dan 20gr.
3. Mengetahui variasi massa terbaik pelet *fly ash* aktivasi kimia-fisik
4. Membandingkan pelet *fly ash* aktivasi kimia-fisik aktivator KOH dengan aktivator HCl.

### C. Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar pembahasan dari hasil yang didapatkan lebih terarah. Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini, yaitu :

1. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda motor bensin 4 langkah (115 cc) tahun 2010 kondisi mesin baik dan telah dilakukan *tune-up* / servis rutin sebelum pengujian dilakukan.
2. *Fly ash* yang digunakan adalah berasal dari PLTU Tarahan Lampung Selatan.
3. Alat yang digunakan untuk membuat pelet *fly ash* adalah alat yang masih sederhana yang masih menggunakan cetakan. Oleh sebab itu, besar tekanan pada saat pembuatan diabaikan.
4. Penilaian peningkatan prestasi mesin hanya berdasarkan konsumsi bahan bakar, akselerasi, dan emisi gas buang.
5. Nilai komposisi campuran *fly ash*, temperature dan waktu aktivasi, serta perbandingan massa zeolit dan waktu perendaman merupakan nilai terbaik yang didapat berdasarkan penelitian sebelumnya.
6. Pengambilan data dilakukan pada kondisi lingkungan cerah.

#### **D. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

**BAB I : PENDAHULUAN**

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

**BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan tentang *fly ash*, tepung tapioka, saringan udara, motor bakar, proses pembakaran, prestasi mesin, adsorpsidan normalitas.

**BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisi beberapa tahapan persiapan sebelum pengujian, prosedur pengujian, dan diagram alir pengujian.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Yaitu berisikan pembahasan dari data-data yang diperoleh pada pengujian motor bensin 4-langkah 115 cc.

**BAB V : SIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan  
Penelitian

## LAMPIRAN

Berisikan data-data pelengkapan dalam penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Fly Ash

#### 1. Karakteristik *Fly Ash* (Abu Terbang)

Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan *elektrostatic precipitator*. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas-gas buangan, partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran silt (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Menurut laporan teknik PT PLN (Persero) (1997), di Indonesia produksi limbah abu terbang dan abu dasar dari PLTU diperkirakan akan mencapai 2

juta ton pada tahun 2006, dan meningkat menjadi hampir 3,3 juta ton pada tahun 2009. Khusus untuk PLTU Suralaya, sejak tahun 2000 hingga 2006 diperkirakan ada akumulasi jumlah abu sebanyak 219.000 ton per tahun. Produksi abu terbang batubara (*fly ash*) didunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton. Produksi abu terbang dari pembangkit listrik di Indonesia ini terus meningkat, pada tahun 2000 yang jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006. Jika limbah abu ini tidak ditangani akan menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi dalam kandungan mineral *fly ash* (*abu terbang*) dari batu bara adalah:

1. Komposisi kimia batu bara
2. Proses pembakaran batu bara
3. Bahan tambahan yang digunakan termasuk bahan tambahan minyak untuk stabilisasi nyala api dan bahan tambahan untuk pengendalian korosi.

Senyawa-senyawa penyusun abu terbang sebenarnya sangat ditentukan oleh mineral-mineral pengotor bawaan yang terdapat pada batu bara itu sendiri yang disebut dengan *inherent mineral matter*. Mineral pengotor yang terdapat dalam batu bara dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

1. *Syngenetic* atau disebut dengan *mineral matter* : pada dasarnya mineral-mineral ini terendapkan di tempat tersebut bersamaan dengan saat proses pembentukan paet.

2. *Epigenetica* juga disebut dengan *extraneous* mineral matter: pada prinsipnya mineral-mineral pengotor ini terakumulasi pada cekungan setelah proses pembentukan lapisan peat tersebut selesai.

Dari sejumlah abu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara, maka sebanyak 55% - 85 % berupa abu terbang (*fly Ash*) dan sisanya berupa abu dasar (*Bottom Ash*). Sedangkan dari PLTU Suralaya dari sejumlah abu yang dihasilkan hampir 90 % berupa abu terbang (*Fly Ash*). Kedua jenis abu ini memiliki perbedaan karakteristik serta pemanfaatannya. Biasanya untuk *fly ash* (abu terbang) banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri karena abu terbang ini mempunyai sifat pozolanik, sedangkan untuk abu dasar sangat sedikit pemanfaatannya dan biasanya digunakan sebagai material pengisi (Aziz1, 2006).



**Gambar 1.** *Fly ash* (<http://m.energitoday.com>)

2. Proses Pembentukan *Fly Ash* (Abu Terbang)

Sistem pembakaran batubara umumnya terbagi 2 yakni sistem unggun terfluidakan (*fluidized bed system*) dan unggun tetap (*fixed bed*

*system* atau *grate system*). Disamping itu terdapat system ke-3 yakni *spouted bed system* atau yang dikenal dengan unggun pancar. *Fluidized bed system* adalah sistem dimana udara ditiup dari bawah menggunakan *blower* sehingga benda padat di atasnya berkelakuan mirip fluida. Teknik fluidisasi dalam pembakaran batubara adalah teknik yang paling efisien dalam menghasilkan energi. Pasir atau *corundum* yang berlaku sebagai medium pemanas dipanaskan terlebih dahulu. Pemanasan biasanya dilakukan dengan minyak bakar. Setelah temperatur pasir mencapai temperature bakar batubara (300°C) maka diumpankanlah batubara. Sistem ini menghasilkan abu terbang dan abu yang turun di bawah alat. Abu-abu tersebut disebut dengan *fly ash* dan *bottom ash*. Teknologi *fluidized bed* biasanya digunakan di PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (80-90%) berbanding (10-20%). *Fixed bed system* atau *Grate system* adalah teknik pembakaran dimana batubara berada di atas *conveyor* yang berjalan atau *grate*. Sistem ini kurang efisien karena batubara yang terbakar kurang sempurna atau dengan perkataan lain masih ada karbon yang tersisa. *Ash* yang terbentuk terutama *bottom ash* masih memiliki kandungan kalori sekitar 3000 kkal/kg. Di China, *bottom ash* digunakan sebagai bahan bakar untuk kerajinan besi (pandai besi). Teknologi *Fixed bed system* banyak digunakan pada industri tekstil sebagai pembangkit uap (*steam generator*). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (15-25%) berbanding (75-25%) (Koesnadi, 2008).

### 3. Sifat-sifat *Fly Ash* (Abu Terbang)

Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina, ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kalsium ( $\text{CaO}$ ) dan sisanya adalah magnesium, potasium, sodium, titanium dan belerang dalam jumlah yang sedikit. Rumus empiris abu terbang batubara ialah:



Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan. Secara fisik, *fly ash* dari PLTU merupakan partikel sangat halus, material serbuk, komposisi terbesar silika, dan bentuknya hampir bulat, berwarna putih kecoklatan dengan densitas curah 800 kg/m<sup>3</sup>. Ukuran *fly ash* dari PLTU paling kecil adalah 11 – 25  $\mu\text{m}$  dan yang kasar bervariasi antara 40 – 150  $\mu\text{m}$ . Karakteristik *bottom ash* biasanya berwarna hitam abu-abu, mempunyai struktur permukaan poros, dengan bentuk tak beraturan. (Soeswanto, 2011).

*Fly ash* memiliki pori-pori yang besar dari beberapa partikel dimana dapat menyerap air dan menghasilkan konsumsi air yang banyak pada beton (cheerrot, 2008). Disamping itu *fly ash* dapat menyerap air yang digunakan dalam pencampuran beton, menciptakan campuran halus yang mengering dengan kekuatan lebih besar dari beton normal ([www.ehow.co.uk](http://www.ehow.co.uk)). Dalam penelitian lainnya, *fly ash* dapat menyerap air

dan beberapa unsur hara sehingga dapat meningkatkan kualitas dengan baik ([www.geology.com.cn](http://www.geology.com.cn)).

**Tabel 1.** Komposisi dan Klasifikasi *Fly Ash* (Wardani, 2008)

| Komponen (%)                   | Bituminus | Subbitumins | Lignit  |
|--------------------------------|-----------|-------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 20 - 60   | 40 - 60     | 15 - 45 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5 - 35    | 20 - 30     | 20 - 25 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10 - 40   | 4 - 10      | 4 - 15  |
| CaO                            | 1 - 12    | 5 - 30      | 15 - 40 |
| MgO                            | 0 - 5     | 1 - 6       | 3 - 10  |
| SO <sub>3</sub>                | 0 - 4     | 0 - 2       | 0 - 10  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0 - 4     | 0 - 2       | 0 - 6   |
| K <sub>2</sub> O               | 0 - 3     | 0 - 4       | 0 - 4   |
| LOI                            | 0 - 15    | 0 - 3       | 0 - 5   |

Secara kimia abu terbang merupakan material oksida anorganik mengandung silika dan alumina aktif karena sudah melalui proses pembakaran pada suhu tinggi. Bersifat aktif yaitu dapat bereaksi dengan komponen lain dalam komposisinya untuk membentuk material baru (*mulite*) yang tahan suhu tinggi. Kandungan karbon dalam abu terbang diukur dengan menggunakan *Loss Of Ignition Method* (LOI), yaitu suatu keadaan hilangnya potensi nyala dari abu terbang batubara. 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 sampai 3000 kg/m<sup>3</sup> dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000 m<sup>2</sup>/kg, sedangkan ukuran partikel rata-rata abu terbang batubara jenis sub-bituminous 0,01mm – 0,015 mm, luas permukaannya 1-2 m<sup>2</sup>/g, massa jenis

(*specific gravity*) 2,2 – 2,4 dan bentuk partikel *mostly spherical*, yaitu sebagian besar berbentuk seperti bola, sehingga menghasilkan kinerja (*workability*) yang lebih baik (Antoni, 2007 dalam Efendri 2013).

#### 4. Pemanfaatan *Fly Ash* (Abu Terbang)

Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. penimbun lahan bekas pertambangan
3. recovery magnetik, cenosphere dan karbon
4. bahan baku keramik, gelas, batubata, dan refraktori
5. bahan penggosok (*polisher*)
6. filler aspal, plastik, dan kertas
7. pengganti dan bahan baku semen
8. aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*)
9. konversi menjadi zeolit dan adsorben

#### 5. Aktivasi *Fly Ash* (Abu Terbang)

Proses aktivasi *fly ash* dapat dikelompokkan dalam 2 cara, yaitu:

### 1. Aktivasi fisik

Aktivasi fisik yaitu melakukan proses pemanasan fly ash dilakukan secara kontak langsung (dengan udara panas) maupun secara tidak kontak langsung (sistem vakum atau exhauster). Pengaktifasian fly ash secara fisik dilakukan dengan pemanasan. Aktivasi fisik dengan *oven* pada temperatur 150°C selama 1 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pelet *fly ash*. (Mario, 2014)

### 2. Aktivasi kimia

Aktivasi kimia adalah pengaktifasian dengan menggunakan bahan-bahan kimia, baik berupa asam ataupun basa. Fungsi asam atau basa adalah untuk mencuci kation-kation yang mengotori permukaan *fly ash*.

## B. Tepung Tapioka

Tapioka, tepung singkong, tepung kanji (dalam bahasa Jawa), atau aci sampeu (dalam bahasa Sunda) adalah tepung yang diperoleh dari umbi akar ketela pohon atau dalam bahasa Indonesia yaitu singkong. Tapioka memiliki sifat-sifat yang serupa dengan tepung sagu, sehingga penggunaan keduanya dapat dipertukarkan. Tepung ini sering digunakan untuk membuat makanan dan bahan perekat. (id.wikipedia.org).

Tepung tapioka adalah salah satu hasil olahan dari ubi kayu. Tepung tapioka umumnya berbentuk butiran pati yang banyak terdapat dalam sel umbi singkong (Razif, 2006 dalam Astawan, 2009).

Tapioka adalah pati dengan bahan baku singkong dan merupakan salah satu bahan untuk keperluan industri makanan, farmasi, tekstil, perekat, penelitian, dan sebagainya. Tapioka memiliki sifat-sifat fisik yang serupa dengan pati sagu, sehingga penggunaan keduanya dapat dipertukarkan. Tapioka sering digunakan untuk membuat makanan dan bahan perekat. Menurut Wikipedia Indonesia, pati tersusun dari dua macam karbohidrat, *amilosa* dan *amilopektin*, dalam komposisi yang berbeda-beda. *Amilosa* memberikan sifat keras sedangkan *amilopektin* menyebabkan sifat lengket.

Tepung tapioka umumnya digunakan sebagai bahan perekat karena banyak terdapat dipasaran dan harganya relatif murah. Pemilihan perekat berdasarkan pada, perekat harus memiliki daya rekat yang baik, perekat harus mudah didapat dalam jumlah banyak dan harganya murah, dan perekat tidak boleh beracun dan berbahaya. Menurut hasil penelitian (Saleh, 2013) menunjukkan bahwa dalam pembentukan briket arang dengan tepung tapioka sebagai bahan perekat akan sedikit menurunkan nilai kalornya bila dibandingkan dengan nilai kalor kayu dalam bentuk aslinya dan penggunaannya menimbulkan asap yang relatif sedikit dibandingkan dengan bahan lainnya. Perekat tepung tapioka dalam bentuk cair sebagai bahan perekat menghasilkan *fiberboard* bernilai rendah dalam hal kerapatan, keteguhan tekan, kadar abu, dan zat mudah menguap, tapi akan lebih tinggi dalam hal kadar air, karbon terikat dan nilai kalornya apabila dibandingkan dengan yang menggunakan perekat molase. (Saleh, 2013).

### C. Saringan Udara

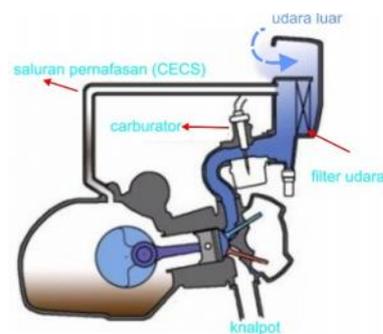
*Air filter* atau saringan udara berfungsi untuk menyaring udara sebelum memasuki ruang bakar atau sebelum memasuki karburator (pada motor bensin). Filter udara sangat diperlukan terlebih lagi dalam kondisi yang udaranya banyak mengandung debu dan pasir, misalnya di tempat pekerjaan batu dan pertambangan atau di jalan raya yang padat lalu lintas. Udara perlu disaring agar bebas dari debu, kotoran, atau uap air yang berlebihan. Apabila udara yang masuk ruang bakar masih kotor maka akan terjadi pembakaran 18 yang tidak sempurna dan akibatnya suara mesin terdengar kasar, knalpot akan mengeluarkan asap tebal, dan tenaga kendaraan menjadi kurang maksimal. Selain itu, aliran udara yang memasuki ruang bakar akan mempengaruhi homogenitas pencampuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar yang akan mempengaruhi kinerja pembakaran (Alfianto, 2006 dalam Hartono, 2008).

Dengan demikian saringan udara (*filter*) hanya berguna untuk menangkap partikel-partikel kasar seperti debu dan kotoran. Akan tetapi gas-gas yang terkandung di dalam udara seperti nitrogen, oksigen, uap air, dan gas-gas lainnya yang berukuran nanometer ( $10^{-9}$  m ) masih dapat lolos dari saringan udara tersebut.



**Gambar 2.** Saringan udara (<http://rpmsuper.com>)

Perlu di ketahui bahwa fungsi saringan udara untuk motor adalah menyaring udara bebas dari luar yang akan masuk ke ruang pembakaran agar selalu dalam keadaan bersih. Udara yang tersaring akan terhisap ke ruang pembakaran bersamaan dengan bahan bakar untuk diolah di dalam dapur pacu motor. Setelah itu akan timbul sisa pembakaran. Pada sepeda motor sisa pembakaran akan dialirkan ke ruang cylinder (CECS ) untuk merubah zat racun karbon monoksida (CO) menjadi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Hydro Carbon (HC) menjadi Air (H<sub>2</sub>) yang lebih ramah lingkungan baru selanjutnya dilepas ke knalpot.



**Gambar 3.** Skema saluran saringan udara

Apabila udara yang masuk tadi bercampur dengan zat-zat padat dari luar, seperti debu, pasir atau kotoran-kotoran lainnya, maka tentunya akan berakibat fatal bagi kerja mesin motor, dimana akan berdampak piston, ring dan dinding silinder menjadi aus/baret. Sedangkan apabila filter udara terlalu kotor maka udara yang akan masuk menjadi terhambat dan timbul kevakuman berlebihan di area karburator. Hal ini menyebabkan bahan bakar tersedot menjadi boros, campuran udara dan bahan bakar tidak sesuai sehingga performa mesin tidak maksimal dan cepat panas.

(<https://servismpmmotorkepanjen.wordpress.com>)

#### **D. Motor Bakar**

Motor bakar adalah mesin atau pesawat yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik, yaitu dengan cara merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, dan menggunakan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanik. Energi termal diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada mesin itu sendiri. (Wardono, 2004)

Motor bakar adalah mesin atau pesawat yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik yaitu dengan cara mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas dan menggunakan energi tersebut menjadi kerja mekanik (gerak). Dilihat dari proses pembakarannya motor bakar dibagi menjadi 2 :

1. mesin pembakaran luar
2. mesin pembakaran dalam

Mesin pembakaran luar dimana proses pembakaran terjadi diluar mesin itu sendiri, sehingga untuk melaksanakan pembakaran digunakan mesin itu sendiri, panas dari bahan bakar sendiri tidak diubah menjadi tenaga gerak tetapi terlebih dahulu melalui media perantara baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik. Sedangkan mesin pembakaran dalam dimana proses pembakaran bahan bakarnya terjadi didalam mesin itu sendiri sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik. Mesin pembakaran dalam pada umumnya dikenal dengan nama motor bakar. Dalam kelompok ini terdapat motor bakar piston dan sistem turbin gas. Proses pembakaran berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Motor bakar mempergunakan beberapa silinder yang didalamnya terdapat piston yang bergerak translasi (bolak-balik). Didalam silinder itulah terjadi proses pembakaran bahan bakar dengan udara. Gas pembakaran yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan piston yang oleh batang penggerak dihubungkan dengan proses engkol.

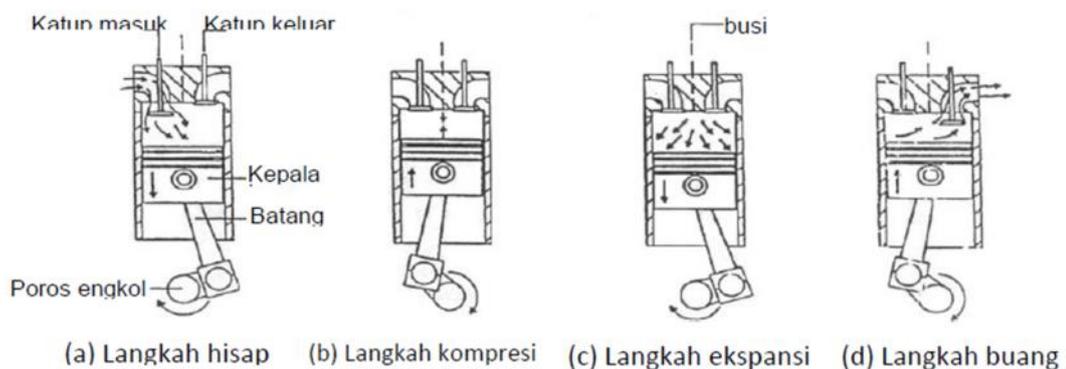
<http://digilib.unimed.ac.id>

Menurut bahan bakarnya, motor bakar dibedakan menjadi dua:

1. Motor Diesel
2. Motor bensin

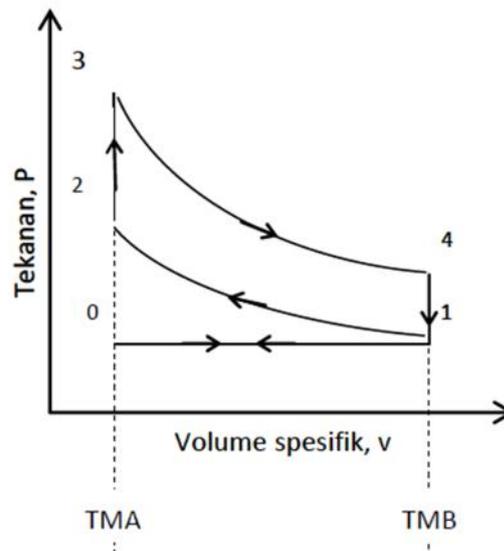
Motor bakar bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin dan untuk menyelesaikan satu siklusnya diperlukan empat

langkah piston. Yang menjadi ciri utama dari motor bensin adalah proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang silinder pada volume tetap. Proses pembakaran pada volume tetap ini disebabkan pada waktu terjadi kompresi, dimana campuran bahan bakar dan udara mengalami proses kompresi di dalam silinder, dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap terbakar dan busi meloncatkan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat sehingga campuran tersebut terbakar habis seketika dan menimbulkan kenaikan suhu dalam ruang bakar. Prinsip kerja motor bensin 4-langkah dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Heywood, 1988 dalam siregar, 2011).



**Gambar 4.** Prinsip Kerja Motor Bensin 4-langkah

Untuk lebih jelasnya proses-proses yang terjadi pada motor bakar bensin 4-langkah dapat dijelaskan melalui siklus ideal dari siklus udara volume konstan seperti ditunjukkan pada gambar



**Gambar 5.** siklus udara volume konstan

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

➤ Proses 0→1 : Langkah hisap (*Intake*)

Pada langkah hisap campuran udara-bahan bakar dari karburator terhisap masuk ke dalam silinder dengan bergernaknya piston ke bawah, dari TMA menuju TMB. Katup hisap pada posisi terbuka, sedang katup buang pada posisi tertutup. Di akhir langkah hisap, katup hisap tertutup secara otomatis. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik konstan. Proses dianggap berlangsung pada tekanan konstan.

➤ Proses 1→2 : Langkah kompresi (*Compression*)

Pada langkah kompresi katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak ke atas, dari TMB menuju TMA. Akibatnya campuran udara-bahan bakar terkompresi. Proses kompresi ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan campuran tersebut, karena

volumenya semakin kecil. Campuran udara-bahan bakar terkompresi ini menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses kompresi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

➤ Proses 2→3 : Langkah pembakaran volume konstan

Pada saat piston hampir mencapai TMA, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara-bahan bakar terkompresi sehingga sesaat kemudian campuran udara-bahan bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Kedua katup pada posisi tertutup. Proses ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

➤ Proses 3→4 : Langkah kerja/ekspansi (*Expansion*)

Kedua katup masih pada posisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi selanjutnya mampu mendorong piston untuk bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Dengan Bergeraknya piston menuju TMB, maka volume gas pembakaran di dalam silinder semakin bertambah, akibatnya temperatur dan tekanannya turun. Proses ekspansi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

➤ Proses 4→1 : Langkah buang volume konstan (*Exhaust*)

Saat piston telah mencapai TMB, katup buang telah terbuka secara otomatis sedangkan katup hisap masih pada posisi tertutup. Langkah ini dianggap sebagai langkah pelepasan kalor gas pembakaran yang terjadi pada volume konstan.

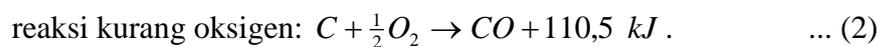
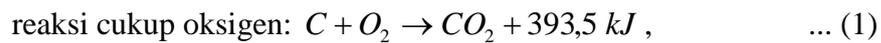
- Proses 1→0 : Langkah buang tekanan konstan

Selanjutnya piston bergerak kembali dari TMB menuju TMA. Gas pembakaran didesak keluar melalui katup buang (saluran buang) dikarenakan bergerak piston menuju TMA. Langkah ini dianggap sebagai langkah pembuangan gas pembakaran pada tekanan konstan.

### **E. Proses Pembakaran**

Pembakaran adalah reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (Karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (Oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran. Bahan bakar merupakan segala substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar. Dalam proses pembakaran fenomena-fenomena yang terjadi antara lain interaksi proses-proses kimia dan fisika, pelepasan panas yang berasal dari energi ikatan-ikatan kimia, proses perpindahan panas, proses perpindahan massa, dan gerakan fluida. Proses pembakaran akan menghasilkan panas sehingga akan disebut sebagai proses oksidasi eksotermis. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen dan karbon, akan bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Kalau tidak

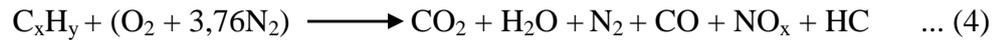
cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon, akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut (Wardono, 2004).



Sempurna atau tidaknya suatu proses pembakaran ditentukan oleh nilai rasio udara/bahan bakar. Nilai rasio ini disebut juga rasio stokiometri, yang menyatakan kebutuhan udara minimum untuk pembakaran sempurna suatu bahan bakar. Udara kering yang digunakan untuk proses pembakaran merupakan suatu campuran gas yang mempunyai komposisi volume 20.95% oksigen, 78.09% nitrogen, 0.93% argon, dan sejumlah kecil gas karbon dioksida, neon, helium, metana, dan gas yang lain. Untuk setiap molekul oksigen (berat molekul 32) diudara terdapat  $\frac{1-0.21}{0.21} = 3.76$  molekul nitrogen atmosferik ( $N_2$ ), dengan berat molekul 28.16 kg/mol. Reaksi pembakaran ideal dapat dilihat di bawah ini :



Dari reaksi di atas dapat dilihat bahwa  $N_2$  tidak ikut dalam reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran di atas adalah reaksi pembakaran ideal. Sedangkan reaksi pembakaran sebenarnya atau aktual seperti dibawah ini (Heywood, 1988 dalam Efendri 2012) :



Jika pembakaran berlangsung dalam kondisi kekurangan oksigen, maka sifat campuran udara-bahan bakarnya dikatakan gemuk (kelebihan bahan bakar), demikian pula sebaliknya jika pembakarannya dalam kondisi kelebihan oksigen maka sifat campurannya dikatakan kurus. Campuran yang terlalu gemuk maupun terlalu kurus merupakan suatu kondisi yang menyebabkan proses pembakaran tidak sempurna, sehingga terdapat karbon monoksida (CO) serta hidrokarbon (HC) yang tak terbakar pada gas buangnya. Karbonmonoksida dihasilkan jika karbon yang terdapat dalam bensin (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) tidak terbakar dengan sempurna karena kekurangan oksigen, sehingga campuran udara-bahan bakar lebih gemuk dari campuran stokiometri. Pada rasio udara bahan bakar gemuk tidak cukup oksigen untuk bereaksi dengan semua hidrogen dan karbon, maka emisi CO maupun HC meningkat. Emisi HC juga meningkat pada campuran sangat kurus karena pembakaran yang lemah atau kegagalan pembakaran. Emisi HC yang terdapat dalam gas buang berbentuk bensin yang tidak terbakar dan hidrokarbon yang hanya sebagian bereaksi dengan oksigen, jika campuran udara-bahan bakar didekat dinding silinder antara torak dan silinder tidak terbakar sempurna. Hal ini terjadi jika motor baru dihidupkan pada putaran idle (Kristanto, 2001). Zat-zat pencemar udara dari hasil pembakaran dalam gas buang antara lain:

#### 1. Karbon monoksida (CO)

Asap kendaraan merupakan sumber utama bagi karbonmonoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60% pencemaran udara di Jakarta di sebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang

berbahan bakar solar terutama berasal dari Metromini. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Percampuran yang baik antara udara dan bahan bakar terutama yang terjadi pada mesin-mesin yang menggunakan Turbocharger merupakan salah satu strategi untuk meminimalkan emisi CO. Karbon monoksida yang meningkat di berbagai perkotaan dapat mengakibatkan turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Karena itu strategi penurunan kadar karbon monoksida akan tergantung pada pengendalian emisi seperti penggunaan bahan katalis yang mengubah bahan karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan penggunaan bahan bakar terbarukan yang rendah polusi bagi kendaraan bermotor. Emisi karbon monoksida (CO) dari motor pembakaran dalam dikendalikan terutama oleh rasio udara/bahan bakar. CO maksimum dihasilkan ketika motor beroperasi dengan campuran gemuk seperti ketika motor mulai dihidupkan pada kondisi dingin atau ketika melakukan akselerasi. (Kristanto, 2001).

## 2. Hidrokarbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). (Efendri 2013). Hidrokarbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan

manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap (smog). Pancaran hidrokarbon yang terdapat pada gas buang berbentuk gasoline yang tidak terbakar. Hidrokarbon terdapat pada proses penguapan bahan bakar pada tangki, karburator, serta kebocoran gas yang melalui celah antara silinder dan torak yang masuk ke dalam poros engkol yang biasa disebut blow by gases (gas lalu). (Kusuma, 2002).

Pembentukan emisi hidrokarbon (HC) dipengaruhi komponen asli bahan bakarnya, geometri ruang bakar dan parameter operasi motor. Jika emisi HC memasuki atmosfer, beberapa diantaranya bersifat karsinogen (carsinogenic) sebagai penyebab penyakit kanker.

### 3. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Konsentrasi CO<sub>2</sub> menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO<sub>2</sub> berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO<sub>2</sub> akan turun secara drastis. Apabila CO<sub>2</sub> berada dibawah 12%, maka dilihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO<sub>2</sub> ini hanya ruang bakar. Apabila CO<sub>2</sub> terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran *exhaust pipe*. Semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub> semakin sempurna pembakarannya dan semakin bagus akselerasinya. Semakin rendah kadar CO<sub>2</sub> ini menandakan kerak diblok mesin sudah pekat dan harus di *overhoul engine*. (Efendri, 2013).

#### 4. Oksida Nitrogen ( $\text{NO}_x$ )

Senyawa  $\text{NO}_x$  adalah ikatan kimia antara unsur x nitrogen dan oksigen. Dalam kondisi normal atmosphere, nitrogen adalah gas inert yang amat stabil yang tidak akan berikatan dengan unsur lain. Tetapi dalam kondisi suhu tinggi dan tekanan tinggi dalam ruang bakar, nitrogen akan memecah ikatannya dan berikatan dengan oksigen. Senyawa  $\text{NO}_x$  ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan berikatan dengan oksigen untuk membentuk  $\text{NO}_2$ . Inilah yang amat berbahaya karena senyawa ini amat beracun dan bila terkena air akan membentuk asam nitrat. Gas  $\text{NO}_x$  dapat menyebabkan sesak napas pada penderita asma, sering menimbulkan sukar tidur, batuk-batuk dan dapat juga mengakibatkan kabut atau asap.  $\text{NO}_x$  adalah gas yang tidak berwarna tidak berbau, tidak memiliki rasa. Gas ini dapat juga merusak jaringan paru-paru dan jika bersama  $\text{H}_2\text{O}$  akan membentuk *nitric acid* ( $\text{HNO}_3$ ) yang pada gilirannya dapat menimbulkan hujan asam yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Gas  $\text{NO}_x$  terbentuk akibat temperature yang tinggi dari suatu pembakaran. (Kusuma, 2002).

#### **F. Prestasi mesin**

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan efisiensi thermal,  $\eta_{th}$ . Karena pada motor bakar 4 langkah selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi panas/kalor, maka efisiensi yang dikaji adalah efisiensi thermal. Efisiensi thermal adalah perbandingan energi (kerja/daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Prestasi mesin dapat juga dinyatakan dengan daya output dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang dihasilkan mesin. Daya output

engkol menunjukkan daya output yang berguna untuk menggerakkan sesuatu atau beban. Sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik engkol menunjukkan seberapa efisien suatu mesin menggunakan bahan bakar yang disuplai untuk menghasilkan kerja. Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi, besar kecilnya harga parameter operasi akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan (Wardono, 2004). Untuk mengukur prestasi kendaraan bermotor bensin 4 langkah dalam aplikasinya diperlukan parameter sebagai berikut : (Niwatana, 2010)

1. Konsumsi bahan bakar, semakin sedikit konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor bensin 4 – langkah, maka semakin tinggi prestasinya.
2. Akselerasi, semakin tinggi tingkat akselerasi kendaraan bermotor bensin 4 -langkah maka prestasinya semakin meningkat.
3. Waktu tempuh, semakin singkat waktu tempuh yang diperlukan pada kendaraan bermotor bensin 4-langkah untuk mencapai jarak tertentu, maka semakin tinggi prestasinya.
4. Putaran mesin, putaran mesin pada kondisi idle dapat menggambarkan normal atau tidaknya kondisi mesin. Perbedaan putaran mesin juga menggambarkan besarnya torsi yang dihasilkan.

## **G. Adsorpsi**

Adsorpsi adalah suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas atau cair (adsorbat). Menurut Reynold (1982), adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu partikel menempel pada suatu permukaan akibat dari adanya perbedaan muatan lemah

diantara kedua benda, sehingga akhirnya akan membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan tersebut. Adapun mekanisme penyerapan adalah sebagai berikut:

1. Molekul adsorbat berpindah menuju lapisan terluar dari adsorben.
2. Karbon aktif dalam kesatuan kelompok mempunyai luas permukaan pori yang besar sehingga dapat mengadakan penyerapan terhadap adsorbat.
3. Sebagian adsorbat ada yang teradsorpsi di permukaan luar, tetapi sebagian besar teradsorpsi di dalam pori-pori adsorben dengan cara difusi.
4. Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar molekul adsorbat akan teradsorpsi dan terikat di permukaan. Tetapi bila permukaan pori adsorben sudah jenuh dengan adsorbat maka akan terjadi dua kemungkinan, yaitu terbentuk lapisan adsorpsi kedua, ketiga dan seterusnya dan tidak terbentuk lapisan adsorpsi kedua, ketiga dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi akan terus berdifusi keluar pori. (Reynold, 1982 dalam skripsi Rakhmad afrizal )

Adsorpsi gas oleh zat padat ditandai oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Adsorpsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap suatu gas dalam jumlah besar, tetapi menyerap gas-gas lain dalam jumlah yang lebih kecil.
2. Adsorpsi terjadi sangat cepat, yaitu kecepatan adsorpsinya semakin berkurang dengan semakin banyaknya gas yang diserap.
3. Adsorpsi tergantung pada luas permukaan adsorben, semakin porus adsorben maka semakin besar daya adsorpsinya.

4. Jumlah gas yang diadsorpsi persatuan berat adsorben tergantung pada tekanan parsial (partial pressure) gas, maka semakin besar tekanan maka semakin banyak gas diserap.

Proses awal kontaminan gas berkontak dengan adsorben pada bagian paling atas dari kolom adsorpsi. Adsorbat makin lama makin diserap sejalan dengan mengalirnya gas tersebut kebawah melewati kolom. Panjang dari daerah dalam kolom dimana molekul adsorbat diserap disebut zone adsorpsi (Reynold, 1982). Kontaminan gas yang telah melewati zona adsorpsi mempunyai konsentrasi nol, tetapi karena adanya faktor keseimbangan dan faktor kinetik, beberapa kontaminan gas dengan konsentrasi rendah akan lolos di dalam effluen. Bagian atas adsorben menjadi jenuh oleh adsorbat dan zona adsorpsi bergeser ke bagian bawah. Akhirnya tepi bawah zona adsorpsi menyentuh dasar kolom dan konsentrasi effluent mulai naik (jenuh). Waktu dimana zona adsorpsi menyentuh dasar kolom dan konsentrasi effluent mulai naik disebut sebagai waktu jenuh. Kapasitas adsorben dalam kolom akan jenuh seiring dengan bertambahnya waktu.

## **H. Normalitas**

Normalitas yang bernoasi (N) merupakan satuan konsentrasi yang sudah memperhitungkan kation atau anion yang dikandung sebuah larutan. Normalitas didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekuivalen dalam satu liter larutan. Secara sederhana gram ekuivalen adalah jumlah gram zat untuk mendapat satu muatan. (<http://www.chem-is-try.org>)

Normalitas menyatakan jumlah mol ekuivalen zat terlarut dalam 1000 ml larutan.

Untuk asam, valensi adalah jumlah mol ion H<sup>+</sup>.

Untuk basa, valensi adalah jumlah mol ion OH<sup>-</sup>.

Contoh:



1 mol                      1 mol

Jadi Setiap 1 mol NaOH setara dengan 1 mol ekuivalen.

Antara Normalitas dan Molaritas terdapat hubungan:

$$N = M \times \text{valensi} \quad \dots(5)$$

Jika zat yang akan dicari molaritasnya ada dalam satuan gram dan volumenya dalam milliliter, maka molaritasnya dapat dihitung dengan rumus :

$$M = \frac{n}{V} \text{ atau } M = n \times 1000 / mL \quad \dots(6)$$

$$\text{Maka, } M = \text{Gram} / M_r \times 1000 / mL$$

Dengan persamaan tersebut dapat diketahui normalitas dan molaritas dari suatu larutan yang akan dibuat (Scrib, 2012 dalam Sinambela, 2014).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Alat dan Bahan Penelitian

##### 1. Alat penelitian

###### a. Sepeda motor.

Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan untuk pengujian adalah motor bensin 4-langkah 115 cc. Adapun spesifikasi mesin uji yang digunakan adalah sebagai berikut :

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| Merek                        | : Yamaha Vega ZR            |
| Tipe mesin                   | : 4 langkah, 2 ValveSOHC    |
| Sistem pendingin             | : Pendingin udara           |
| Jumlah silinder              | : 1 (satu)                  |
| Diameter silinder            | : 50 mm                     |
| Langkah piston               | : 57,9 mm                   |
| Kapasitas silinder           | : 113,7 cc                  |
| Perbandingan kompresi        | : 9,3 : 1                   |
| Daya maksimum                | : 6.0 kW / 7500 rpm         |
| Torsi maksimum               | : 8,3 Nm / 4500 rpm         |
| Gigi transmisi               | : 4 kecepatan (N-1-2-3-4-N) |
| Kapasitas tangki bahan bakar | : 4,2 liter                 |
| Tahun Pembuatan              | : 2010                      |



**Gambar 6.** Sepeda Motor yang digunakan

*b. Stopwatch*

*Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pada saat pengujian.



**Gambar 7.** Stopwatch

c. Gelas ukur 100 ml

Gelas ukur 100 ml yang digunakan untuk mengukur volume aquades yang digunakan dalam proses pembuatan pelet.



**Gambar 8.** Gelas ukur 100 ml

d. *Tachometer*

*Tachometer* yang dipakai dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui putaran mesin (rpm).



**Gambar 9.** *Tachometer*

e. Termometer air raksa

Termometer air raksa ini digunakan untuk mengetahui temperatur ruangan saat pengujian.



**Gambar 10.** Termometer Air Raksa

f. Cetakan

Cetakan digunakan sebagai alat untuk mencetak hasil campuran *fly ash* aquades dan tapioka yang sebelumnya diaduk dan dibuat adonan kemudian dihaluskan permukaannya dengan ampia dengan diameter 1cm (10mm).



**Gambar 11.** Cetakan

g. Perangkat analog

Dalam penelitian ini, *Speedometer*, *odometer*, sudah berada dalam satu unit panel analog motor pada *dashboard*. *Speedometer* dengan ketelitian 10 km / jam, *odometer* dengan ketelitian 100 m.



**Gambar 12.** Perangkat analog

h. Tangki bahan bakar buatan 240 ml

Digunakan sebagai wadah bahan bakar ketika proses pengambilan data dengan ketelitian 10 ml yang terbuat dari botol susu bayi. Sehingga pada saat pengujian tidak menggunakan tangki bahan bakar motor agar lebih mudah dalam proses pengukuran konsumsi bahan bakar.



**Gambar 13.** Tangki bahan bakar buatan 240 m

i. Oven

Digunakan untuk mengeringkan *fly ash* yang telah dicuci dengan air rendaman zeolit dan mengaktivasi fisik *fly ash* yang telah dibentuk pelet.



**Gambar 14.** Oven

j. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat *fly ash* sebelum dilakukan pencampuran dalam pembuatan *fly ash* pelet dan menimbang KOH dan HCl dalam proses pembuatan larutan untuk aktivasi kimia.



**Gambar 15.** Timbangan Digital

k. Kompor Listrik

Digunakan untuk memasak atau memanaskan campuran tepung tapioka dan aquades.



**Gambar 16.** Kompor Listrik

l. Bor Tangan

Digunakan untuk mencampur *fly ash* dengan larutan KOH dan *fly ash* dengan larutan HCl dalam proses aktivasi kimia agar pencampurannya merata sempurna.



**Gambar 17.** Bor tangan

m. Kawat Strimin

Kawat strimin ini digunakan sebagai tempat meletakkan *fly ash* pelet digunakan sebagai penyaring udara pada kendaraan. Berikut adalah gambar bentuk kawat strimin udara internal yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 18.** Kemasan *Fly ash*

n. Ayakan 100 Mesh

Ayakan digunakan untuk menyaring *fly ash* menjadi lebih halus dengan ukuran 100 mesh.



**Gambar 19.** Ayakan *Mesh 100*

## 2. Bahan Penelitian

➤ *Fly ash*

*Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Tarahan, Lampung Selatan

➤ Air

Air ini dipakai untuk mencampur *fly ash* agar mudah dibentuk menjadi *fly ash* pelet. Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis air, yaitu air biasa dengan penyaringan zeolit dan air aquades.

➤ Tepung Tapioka

Tepung tapioka yang digunakan adalah tepung tapioka yang dijual di pasaran Bandar Lampung yang berfungsi sebagai bahan perekat.

➤ Larutan basa KOH

Larutan KOH ini digunakan untuk mengaktivasi *fly ash* secara kimia pada persiapan bahan. Setiap 1 gram *fly ash* diaktivasi dengan 1 ml larutan KOH 1 : 1 (1 gram *fly ash* : 1 ml larutan KOH)

➤ Larutan asam HCl

Larutan HCl ini digunakan untuk mengaktivasi *fly ash* secara kimia pada persiapan bahan. Setiap 1 gram *fly ash* diaktivasi dengan 1 ml larutan HCl 1 : 1 (1 gram *fly ash* : 1 ml larutan NaOH)

## B. Persiapan Penelitian

### 1. Perendaman air dengan Zeolit

Pada proses ini, memberikan perlakuan perendaman zeolit terhadap air sumur yang biasanya pH lebih dari 6 dengan tujuan menyerap kandungan mineral yang terdapat dalam air sehingga kadar  $H_2O$  meningkat. Sebelum direndam zeolite dicuci hingga bersih dengan air sumur biasa hingga air sisa cucian zeolit tersebut bersih atau tidak keruh lagi. Kemudian zeolit yang sudah dibersihkan ditimbang dan direndam dengan air dengan perbandingan 20% zeolit : 80% air selama 12 jam. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan menggunakan pH meter untuk mendapatkan pH air

yang mendekati 7 . Air hasil rendaman yang memiliki pH mendekati 7 lalu di simpan didalam galon atau ember penyimpanan dan ditutup rapat.



**Gambar 20.** Proses perendaman air dengan Zeolit

## 2. Pembuatan Pelet *Fly Ash* Aktivasi KOH-Fisik

Untuk pelet *fly ash* yang diaktivasi kimia menggunakan 4 variasi normalitas yaitu 0,25 N; 0,5 N; 0,75 N, dan 1,00 N dengan 3 variasi massa yaitu 20 gram, 15 gram, dan 10 gram. Langkah pertama adalah membuat larutan basa KOH dengan variasi normalitas tersebut dengan cara menghitung molaritas senyawa KOH untuk mendapatkan nilai gram KOH per satuan liter. Jumlah mol zat terlarut dapat dihitung dengan cara nilai molaritas dikali massa relatif KOH. Berikut ini perhitungannya:

- Untuk 0,25 mol KOH =  $0,25 \times 56 = 14$  gram per liter larutan.
- Untuk 0,5 mol KOH =  $0,5 \times 56 = 28$  gram per liter larutan.

- Untuk 0,75 mol KOH =  $0,75 \times 56 = 42$  gram per liter larutan.
- Untuk 1,00 mol KOH =  $1,00 \times 56 = 56$  gram per liter larutan

Sebagai contoh, untuk membuat larutan 0,25 mol KOH membutuhkan 14 gram KOH, maka langkah pertama adalah mengukur massa KOH 14 gram dengan timbangan digital, kemudian KOH tersebut dimasukkan ke dalam teko ukur dan memasukan air rendaman zeolit atau aquades sampai batas 500 ml. Setelah itu larutan tersebut diaduk sampai rata, kemudian menuangnya ke dalam wadah penyimpanan berupa botol air mineral. Setelah itu menuang kembali air aquades ke dalam teko ukur sampai batas 500ml dan tuang kembali ke dalam botol air mineral tersebut, maka didapatlah larutan KOH 0,25 mol per liter larutan. Langkah yang sama juga untuk membuat larutan 0,5 mol, 0,75 mol dan 1,00 mol. Setelah larutan dibuat, *fly ash* dicampurkan dengan larutan tersebut dengan perbandingan rasio *fly ash* - larutan KOH 1:1 (1 gram *fly ash* berbanding 1 ml larutan KOH).



**Gambar 21.** proses pembuatan larutan

Dalam proses ini larutan kimia KOH dan *fly ash* dicampur dan kemudian diaduk menggunakan bor tangan selama 60 menit agar pencampuran keduanya merata. Kemudian *fly ash* yang telah selesai ini dicuci terlebih dahulu dengan tujuan untuk menetralkan kembali pH *fly ash* dengan

menggunakan air penyaringan rendaman zeolit granular atau air aquades hingga air cucian *fly ash* mendekati 7 ketika diukur dengan pH meter



**Gambar 22.** Proses pencucian *fly ash*

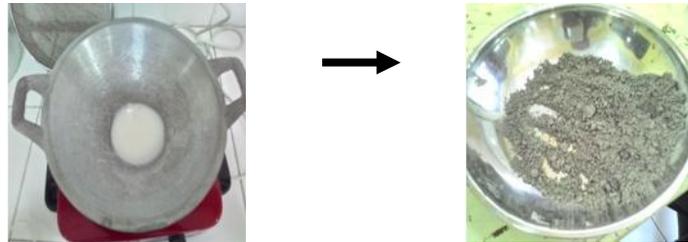
Setelah itu *fly ash* tersebut dikeringkan menggunakan panas matahari selama 3 jam. *Fly ash* diayak dengan ukuran 100 mesh yang bertujuan untuk menyaring partikel yang lebih besar agar tidak tercampur dengan yang lebih kecil sehingga didapatkan ukuran partikel yang seragam. Semakin kecil ukuran partikel *fly ash* maka akan semakin kuat daya rekatnya (Rilham, 2012).



**Gambar 23.** Proses pengayakan *fly ash*

Kemudian menimbang *fly ash* dengan massa 64 gram dan menuanginya ke wadah untuk membuat adonan. Kemudian masak aquades dengan tapioka menggunakan kompor listrik kurang lebih 5 menit dengan perbandingan komposisi air aquades 32 ml dan tapioka 4 gram hingga campuran tersebut berbentuk seperti lem. Kemudian pindahkan campuran tapioka dan

aquades yang telah berbentuk lem tersebut ke wadah yang telah berisi *fly ash*



**Gambar 24.** Proses pembuatan adonan

Campuran tersebut diaduk hingga merata sampai terjadi sebuah campuran adonan yang kalis. Kemudian campuran tersebut diratakan dengan menggunakan ampia hingga mendapatkan permukaan campuran yang sama rata . Setelah merata bisa dilakukan pencetakan *fly ash* pelet dengan ukuran diameter lebar 10 mm dan tebal 3 mm. Proses pencetakan dilakukan secara manual dengan ukuran yang sama oleh karena itu tekanan yang diberikan diabaikan. Hasil cetakan *fly ash* yang telah berbentuk pelet tersebut didiamkan pada pada temperatur ruangan (secara alami) hingga pelet *fly ash* kering selama kurang lebih 24 jam, setelah itu baru dilakukan aktivasi fisik dengan *oven* pada temperatur 150°C selama 1 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pelet *fly ash*.



**Gambar 25.** Proses pencetakan pelet

Langkah-langkahnya adalah *oven* dipanaskan dari temperatur ruangan sekitar 28°C sampai mencapai temperatur 150°C selama 10 menit. Saat tercapai temperatur yang diinginkan, *oven* dibuka dan memasukkan tablet *fly ash* yang telah ditempatkan ke dalam wadah *oven* berbahan aluminium secara merata. Waktu yang dibutuhkan dalam pemasukan pelet *fly ash* ini diusahakan singkat, sehingga temperatur di dalam *oven* tidak turun secara signifikan. Setelah 1 (satu) jam berlalu, *oven* dibuka kembali, pelet *fly ash* yang telah dipanaskan dikeluarkan kemudian diletakkan di temperatur ruangan (pendinginan secara alami). Pelet *fly ash* yang sudah dingin tadi dimasukkan ke dalam plastik kedap udara agar tidak terkontaminasi oleh udara luar. Setelah diaktivasi fisik pelet *fly ash* tersebut ditimbang dengan timbangan digital kemudian diletakkan didalam kawat strimin untuk dibentuk sesuai dengan filter udara motor yang diuji. Pelet *fly ash* yang digunakan dalam percobaan ini akan menggunakan variasi massa yaitu 20 gram, 15 gram, dan 10 gram. Kemudian filter internal yang telah dibentuk dan ditimbang sesuai variasi massanya dijahit menggunakan benang jahit agar letak pelet *fly ash* merata dan tidak bertumpukan. Selanjutnya pelet *fly ash* siap digunakan untuk pengujian.



**Gambar 26.** Proses pengemasan filter *fly ash*

### 3. Pembuatan Pelet *Fly Ash* Aktivasi HCl-Fisik

Sama dengan pembuatan pelet *Fly ash* aktivasi KOH-fisik yaitu pelet *fly ash* yang diaktivasi kimia akan menggunakan 4 variasi normalitas yaitu 0,25 N; 0,5 N; 0,75 N, dan 1,00 N dengan 3 variasi massa yaitu 20 gram, 15 gram, dan 10 gram. Langkah pertama adalah membuat larutan HCl fisik dengan variasi normalitas tersebut dengan cara menghitung molaritas senyawa HCl untuk mendapatkan nilai gram HCl per satuan liter. Jumlah mol zat terlarut dapat dihitung dengan cara nilai molaritas dikali massa relatif HCl. Berikut ini perhitungannya

- Untuk 0,25 mol HCl =  $0,25 \times 36 = 9$  gram per liter larutan.
- Untuk 0,5 mol HCl =  $0,5 \times 36 = 18$  gram per liter larutan.
- Untuk 0,75 mol HCl =  $0,75 \times 36 = 27$  gram per liter larutan.
- Untuk 1,00 mol HCl =  $1,00 \times 36 = 36$  gram per liter larutan.

Selanjutnya proses pembuatannya mengikuti langkah-langkah pembuatan pelet *fly ash* KOH-fisik.

### 4. Persiapan Sepeda Motor Untuk Pengujian

Motor yang akan diuji akan dipasangkan *tachometer* untuk mengetahui nilai dari rpm mesin. Lalu di selang bensin yang mengalirkan bensin menuju karburator dipasangkan keran untuk menutup laju aliran bensin dari tangki, kemudian membuat tangki bahan bakar buatan dari botol susu bayi sehingga dapat lebih mudah mengukur laju konsumsi bahan bakar



**Gambar 27.** Persiapan Sepeda Motor Untuk Pengujian

Sebelum pengujian, motor akan di *tune up* secara berkala agar motor dalam kondisi yang baik. Menjelang pengujian mesin dipanaskan beberapa menit lalu pengujian dilakukan. Selama dilakukannya proses pengujian, sepeda motor diservis rutin dalam rentang waktu tertentu untuk menjaga kondisinya agar selalu prima pada setiap pengujian.

## C. Prosedur Pengujian

### a. Pengujian Berjalan

1. Uji konsumsi bahan bakar pada kecepatan rata-rata selama perjalanan (50 km/jam) dengan jarak 5 km.

Persiapan yang perlu dilakukan adalah botol berkapasitas 240 ml. Kemudian botol tampung disambungkan dengan rapat bersama selang bensin menuju saluran masuk karburator, setelah itu botol tersebut diisi dengan bensin yang sudah disiapkan.. Selanjutnya melakukan pengujian pada kondisi motor dengan *filter fly ash* internal yang menggunakan pelet *fly ash* dengan variasi normalitas dan massa. Jarak tempuh dapat diukur pada *odometer*. Bensin yang tersisa langsung terbaca pada skala yang ada pada botol, kemudian jumlah bensin awal dikurangkan dengan jumlah bensin yang tersisa, maka didapatkan jumlah bensin

yang terpakai. Format pencatatan data mengenai konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada tabel

**Tabel 2.** Data konsumsi bahan bakar untuk kecepatan rata-rata 50 km/jam (*Road Test*) dengan fly ash aktivasi HCl-Fisik dan KOH-Fisik

| No. | Variasi Filter                       | Pengujian       | Konsumsi BB (ml) |
|-----|--------------------------------------|-----------------|------------------|
|     | Internal                             | Ke              |                  |
| 1   | Tanpa Filter Internal                | 1               |                  |
|     |                                      | 2               |                  |
|     |                                      | 3               |                  |
|     |                                      | Rata-rata       |                  |
| 2   | Aktivasi HCl-Fisik 0,25N Massa 20 gr | 1               |                  |
|     |                                      | 2               |                  |
|     |                                      | 3               |                  |
|     |                                      | Rata-rata       |                  |
|     |                                      | Penghematan (%) |                  |
| 3   | Aktivasi KOH-Fisik 0,25N Massa 20 gr | Hemat           |                  |
|     |                                      | 1               |                  |
|     |                                      | 2               |                  |
|     |                                      | 3               |                  |
|     |                                      | Rata-rata       |                  |
| 4   | Aktivasi HCl-Fisik 0,25N Massa 15 gr | Penghematan (%) |                  |
|     |                                      | Hemat           |                  |
|     |                                      | 1               |                  |
|     |                                      | 2               |                  |
|     |                                      | 3               |                  |
| 5   | Aktivasi KOH-Fisik 0,25N Massa 15 gr | Rata-rata       |                  |
|     |                                      | Penghematan (%) |                  |
|     |                                      | Hemat           |                  |
|     |                                      | 1               |                  |
|     |                                      | 2               |                  |
| 6   | Aktivasi HCl-                        | 3               |                  |
|     |                                      | 1               |                  |

|    |  |                 |  |
|----|--|-----------------|--|
|    | Fisik 0,25N<br>Massa 10 gr                     | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |
|    |  | Hemat           |  |
| 7  | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,25N<br>Massa 10 gr    | 1               |  |
|    |  | 2               |  |
|    |  | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |
|    |  | Hemat           |  |
| 8  | Aktivasi HCl-<br>Fisik 0,5 N<br>Massa 20 gr    | 1               |  |
|    |  | 2               |  |
|    |  | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |
|    |  | Hemat           |  |
| 9  | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,5 N<br>Massa 20 gr    | 1               |  |
|    |  | 2               |  |
|    |  | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |
|    |  | Hemat           |  |
| 10 | Aktivasi HCl-<br>Fisik 0,5 N<br>Massa 15 gr    | 1               |  |
|    |  | 2               |  |
|    |  | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |
|    |  | Hemat           |  |
| 11 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,5 N<br>Massa 15 gr    | 1               |  |
|    |  | 2               |  |
|    |  | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |
|    |  | Hemat           |  |
| 12 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 10 gr | 1               |  |
|    |  | 2               |  |
|    |  | 3               |  |
|    |  | Rata-rata       |  |

|    |   | Penghematan (%) |  |
|----|---|-----------------|--|
|    |   | Hemat           |  |
| 13 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 10 gr  | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 14 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 20 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 15 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 20 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 16 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 15 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 17 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 15 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 18 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 10 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 19 | Aktivasi KOH-<br>Fisik                          | 1               |  |
|    |   | 2               |  |

|    |   |                 |  |
|----|---|-----------------|--|
|    | 0,75 N<br>Massa 10 gr                           | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 20 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 20 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 21 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 20 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 22 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 15 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 23 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 15 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 24 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 10 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |
| 25 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 10 gr | 1               |  |
|    |   | 2               |  |
|    |   | 3               |  |
|    |   | Rata-rata       |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |
|    |   | Hemat           |  |

## 2. Uji akselerasi (0-80 km/jam)

Pengujian akselerasi akan menggunakan kondisi filter tanpa pelet *fly ash* internal dan menggunakan filter pelet *fly ash* teraktivasi KOH dan HCl. Setelah semua persiapan dilakukan, motor yang telah dinyalakan harus dalam keadaan berhenti (0 km/jam). Ketika gas mulai dipacu, *stopwatch* mulai diaktifkan. Setelah sampai pada kecepatan yang diinginkan (80 km/jam), *stopwatch* dinonaktifkan kemudian dicatat waktu tempuhnya. Untuk mencapai kecepatan yang diinginkan (80 km/jam), pengendara akan melakukan perpindahan gigi yang teratur dan sesuai setiap pengujian. Format pencatatan data mengenai waktu pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Data akselerasi Dengan kecepatan 0-80 km/jam

| No. | Variasi Filter                        | Pengujian Ke  | Waktu Tempuh (s) |
|-----|---------------------------------------|---------------|------------------|
| 1   | Tanpa Filter Internal                 | 1             |                  |
|     |                                       | 2             |                  |
|     |                                       | 3             |                  |
|     |                                       | Rata-rata     |                  |
| 2   | Aktivasi HCl- Fisik 0,25N Massa 20 gr | 1             |                  |
|     |                                       | 2             |                  |
|     |                                       | 3             |                  |
|     |                                       | Rata-rata     |                  |
|     |                                       | Efisiensi (%) |                  |
|     |                                       | Selisih waktu |                  |
| 3   | Aktivasi KOH- Fisik 0,25N             | 1             |                  |
|     |                                       | 2             |                  |
|     |                                       | 3             |                  |

|    |  |               |  |
|----|--|---------------|--|
|    | Massa 20 gr                                    | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 4  | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,25N<br>Massa 15 gr | 1             |  |
|    |  | 2             |  |
|    |  | 3             |  |
|    |  | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 5  | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,25N<br>Massa 15 gr | 1             |  |
|    |  | 2             |  |
|    |  | 3             |  |
|    |  | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 6  | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,25N<br>Massa 10 gr | 1             |  |
|    |  | 2             |  |
|    |  | 3             |  |
|    |  | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 7  | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,25N<br>Massa 10 gr | 1             |  |
|    |  | 2             |  |
|    |  | 3             |  |
|    |  | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 8  | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 20 gr | 1             |  |
|    |  | 2             |  |
|    |  | 3             |  |
|    |  | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 9  | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 20 gr | 1             |  |
|    |  | 2             |  |
|    |  | 3             |  |
|    |  | Rata-rata     |  |
|    |  | Efisiensi (%) |  |
|    |  | Selisih waktu |  |
| 10 |  | 1             |  |

|    |   |               |  |
|----|---|---------------|--|
|    | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 15 gr  | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 11 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 15 gr  | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
| 12 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 10 gr  | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
| 13 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,5 N<br>Massa 10 gr  | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
| 14 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 20 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
| 15 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 20 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
| 16 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 15 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |

|    |   |               |  |
|----|---|---------------|--|
|    |   | Selisih waktu |  |
| 17 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 15 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 18 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 10 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 19 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,75 N<br>Massa 10 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 20 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 20 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 21 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 20 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 22 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 15 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 23 | Aktivasi KOH-<br>Fisik                          | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |

|    |   |               |  |
|----|---|---------------|--|
|    | 1,00 N<br>Massa 15 gr                           | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 24 | Aktivasi HCl-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 10 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |
| 25 | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>1,00 N<br>Massa 10 gr | 1             |  |
|    |   | 2             |  |
|    |   | 3             |  |
|    |   | Rata-rata     |  |
|    |   | Efisiensi (%) |  |
|    |   | Selisih waktu |  |

#### b. Pengujian stasioner

Uji Konsumsi bahan bakar pada putaran mesin 1500 rpm, 3500 rpm, dan 5500 rpm. Pengujian ini dilakukan untuk melihat konsumsi bahan bakar yang digunakan pada kondisi diam (putaran stasioner) dan membandingkan karakteristik kendaraan bermotor tanpa filter *fly ash* internal dan dengan filter *fly ash* Teraktivasi KOH dan HCl fisik yang dibuat dengan dua variasi normalitas dan massa. Persiapan pertama yang dilakukan adalah memanaskan mesin agar kondisi mesin di saat pengujian sudah optimal. Kemudian putar setelan gas di bagian karburator untuk menentukan putaran mesin yang dipakai dalam pengujian. Putaran mesin yang dipakai pada pengujian ini yaitu 1500, 3500, dan 5500 rpm.

Pengujian dimulai dengan mengisi bahan bakar pada tangki buatan yang mana bahan bakar tersebut telah diukur terlebih dahulu melalui skala yang ada pada tangki buatan. Selanjutnya pelet *fly ash* diletakkan pada saringan udara internal, setelah itu mesin dihidupkan dengan menghitung waktu pengujian menggunakan *stopwatch* (5 menit). Ketika waktu pengujian selesai, mesin dimatikan serta *stopwatch* dinonaktifkan. Kemudian sisa bahan bakar yang terisi dalam tangki buatan tersebut dapat dihitung. Format pencatatan data mengenai konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

**Tabel 4.** Data konsumsi bahan bakar untuk pengujian variasi massa dan putaran 1500 rpm, 3500 rpm, dan 5500 rpm.

| No. | Variasi Filter Internal              | Pengujian Ke    | Rpm 1000 Konsumsi BB (ml) | Rpm 3500 Konsumsi BB (ml) | Rpm 5500 Konsumsi BB (ml) |
|-----|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1   | Tanpa Filter Internal                | 1               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 2               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 3               |                           |                           |                           |
|     |                                      | Rata-rata       |                           |                           |                           |
| 2   | Aktivasi HCl-Fisik 0,25N Massa 20 gr | 1               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 2               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 3               |                           |                           |                           |
|     |                                      | Rata-rata       |                           |                           |                           |
|     |                                      | Penghematan (%) |                           |                           |                           |
| 3   | Aktivasi KOH-Fisik 0,25N Massa 20 gr | Hemat           |                           |                           |                           |
|     |                                      | 1               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 2               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 3               |                           |                           |                           |
|     |                                      | Rata-rata       |                           |                           |                           |
|     |                                      | Penghematan (%) |                           |                           |                           |
| 4   | Aktivasi HCl-Fisik 0,25N             | 1               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 2               |                           |                           |                           |
|     |                                      | 3               |                           |                           |                           |

|    |  |                 |  |  |  |
|----|--|-----------------|--|--|--|
|    | Massa 15gr                                   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 5  | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,25N<br>Massa 15 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 6  | Aktivasi HCL-<br>Fisik 0,25N<br>Massa 10 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 7  | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,25N<br>Massa 10 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 8  | Aktivasi HCL-<br>Fisik 0,5N<br>Massa 20 gr   | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 9  | Aktivasi KOH-<br>Fisik<br>0,5N<br>Massa 20gr | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 10 | Aktivasi HCL-<br>Fisik 0,5N<br>Massa 15 gr   | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |

|    |   |                 |  |  |  |
|----|---|-----------------|--|--|--|
| 11 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,5N<br>Massa 15 gr    | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |
|    |   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |   | Hemat           |  |  |  |
| 12 | Aktivasi HCL-<br>Fisik 0,5N<br>Massa 10 gr    | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |
|    |   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |   | Hemat           |  |  |  |
| 13 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,5N<br>Massa 10 gr    | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |
|    |   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |   | Hemat           |  |  |  |
| 14 | Aktivasi HCL-<br>Fisik<br>0,75N<br>Massa 20gr | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |
|    |   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |   | Hemat           |  |  |  |
| 15 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,75N<br>Massa 20 gr   | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |
|    |   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |   | Hemat           |  |  |  |
| 16 | Aktivasi HCL-<br>Fisik 0,75N<br>Massa 15 gr   | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |
|    |   | Rata-rata       |  |  |  |
|    |   | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |   | Hemat           |  |  |  |
| 17 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 0,75N<br>Massa 15 gr   | 1               |  |  |  |
|    |   | 2               |  |  |  |
|    |   | 3               |  |  |  |

|    |  |                 |  |  |  |
|----|--|-----------------|--|--|--|
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 18 | Aktivasi HCL-<br>Fisik 0,75N<br>Massa 10 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 19 | Aktivasi<br>KOH-Fisik<br>0,75N<br>Massa 10gr | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 20 | Aktivasi HCL-<br>Fisik 1,00N<br>Massa 20 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 21 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 1,00N<br>Massa 20 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 22 | Aktivasi HCl-<br>Fisik 1,00N<br>Massa 15 gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 23 | Aktivasi KOH-<br>Fisik 1,00N<br>Massa 15gr   | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |

|    |  |                 |  |  |  |
|----|--|-----------------|--|--|--|
| 25 | Aktivasi HCl-Fisik<br>1,00N<br>Massa 10gr  | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |
| 25 | Aktivasi KOH-Fisik<br>1,00N<br>Massa 10 gr | 1               |  |  |  |
|    |  | 2               |  |  |  |
|    |  | 3               |  |  |  |
|    |  | Rata-rata       |  |  |  |
|    |  | Penghematan (%) |  |  |  |
|    |  | Hemat           |  |  |  |

#### c. Menentukan Filter *Fly Ash* Internal Terbaik

Setelah dilakukan pengujian seluruhnya maka selanjutnya menentukan filter *fly ash* terbaik dari masing-masing aktivasi KOH-fisik dan HCl-Fisik yaitu dengan cara menganalisa data yang telah didapat sebelumnya, sehingga diketahui filter *fly ash* internal terbaik. Selanjutnya filter *fly ash* internal terbaik akan diuji emisi gas buangnya.

#### d. Uji emisi gas buang

Uji emisi gas buang ini akan dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Lampung.. Pada pengujian ini, sepeda motor dioperasikan pada putaran mesin 1000, 3500 dan 5500 rpm. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggunakan satu bentuk filter *fly ash* internal terbaik saja. Pengujian emisi dilakukan pada kondisi stasioner dengan mengikuti prosedur sebagai berikut:

a. Pemanasan Mesin

Tujuan dilakukannya pemanasan mesin adalah untuk mempersiapkan mesin pada kondisi kerja.

b. Kalibrasi *Gas Analyzer*

Setelah mesin berada pada kondisi kerja, kemudian dilakukan kalibrasi *gas analyzer*. Kalibrasi ini dilakukan secara otomatis.

c. Pengujian tanpa menggunakan filter *fly ash* internal.

d. Mesin dalam keadaan hidup dengan kondisi *idle* 1500 rpm dan *probe* sensor sudah dimasukkan ke dalam knalpot.

e. Nilai yang terbaca pada *fuel gas analyzer* diprint out untuk mendapatkan data hasil pengujian.

f. Kemudian dengan langkah yang sama pula, pengukuran dilakukan kembali untuk putaran mesin yang berbeda yaitu 3500 rpm dan 5500 rpm.

g. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran ini digunakan sebagai pembanding dengan data pada pengukuran menggunakan filter *fly ash* internal.

h. Kemudian dengan langkah yang sama pula, pengujian menggunakan filter *fly ash* internal terbaik dengan pengulangan pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali.

**Tabel 5.** Data uji emisi pada filter internal terbaik

| Perlakuan                         | Emisi Gas Buang Pada 1500 rpm |        |                   |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------|-------------------|
|                                   | CO %                          | HC ppm | CO <sub>2</sub> % |
| Tanpa <i>Fly Ash</i>              |                               |        |                   |
| <i>Fly Ash</i> aktivasi KOH-fisik |                               |        |                   |
| <i>Fly Ash</i> aktivasi HCl-fisik |                               |        |                   |
| Selisih                           |                               |        |                   |
| Efisiensi %                       |                               |        |                   |

| Perlakuan                         | Emisi Gas Buang Pada 3500 rpm |        |       |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------|-------|
|                                   | CO %                          | HC ppm | CO2 % |
| Tanpa <i>Fly Ash</i>              |                               |        |       |
| <i>Fly Ash</i> aktivasi KOH-fisik |                               |        |       |
| <i>Fly Ash</i> aktivasi HCl-fisik |                               |        |       |
| Selisih                           |                               |        |       |
| Efisiensi %                       |                               |        |       |
| Perlakuan                         | Emisi Gas Buang Pada 5500 rpm |        |       |
|                                   | CO %                          | HC ppm | CO2 % |
| Tanpa <i>Fly Ash</i>              |                               |        |       |
| <i>Fly Ash</i> aktivasi KOH-fisik |                               |        |       |
| <i>Fly Ash</i> aktivasi HCl-fisik |                               |        |       |
| Selisih                           |                               |        |       |
| Efisiensi %                       |                               |        |       |

#### D. Lokasi Pengujian

Adapun lokasi pengujian berjalan (*Road Test*) dengan menggunakan motor bensin 4 langkah dilakukan di jalur alternatif, yaitu:

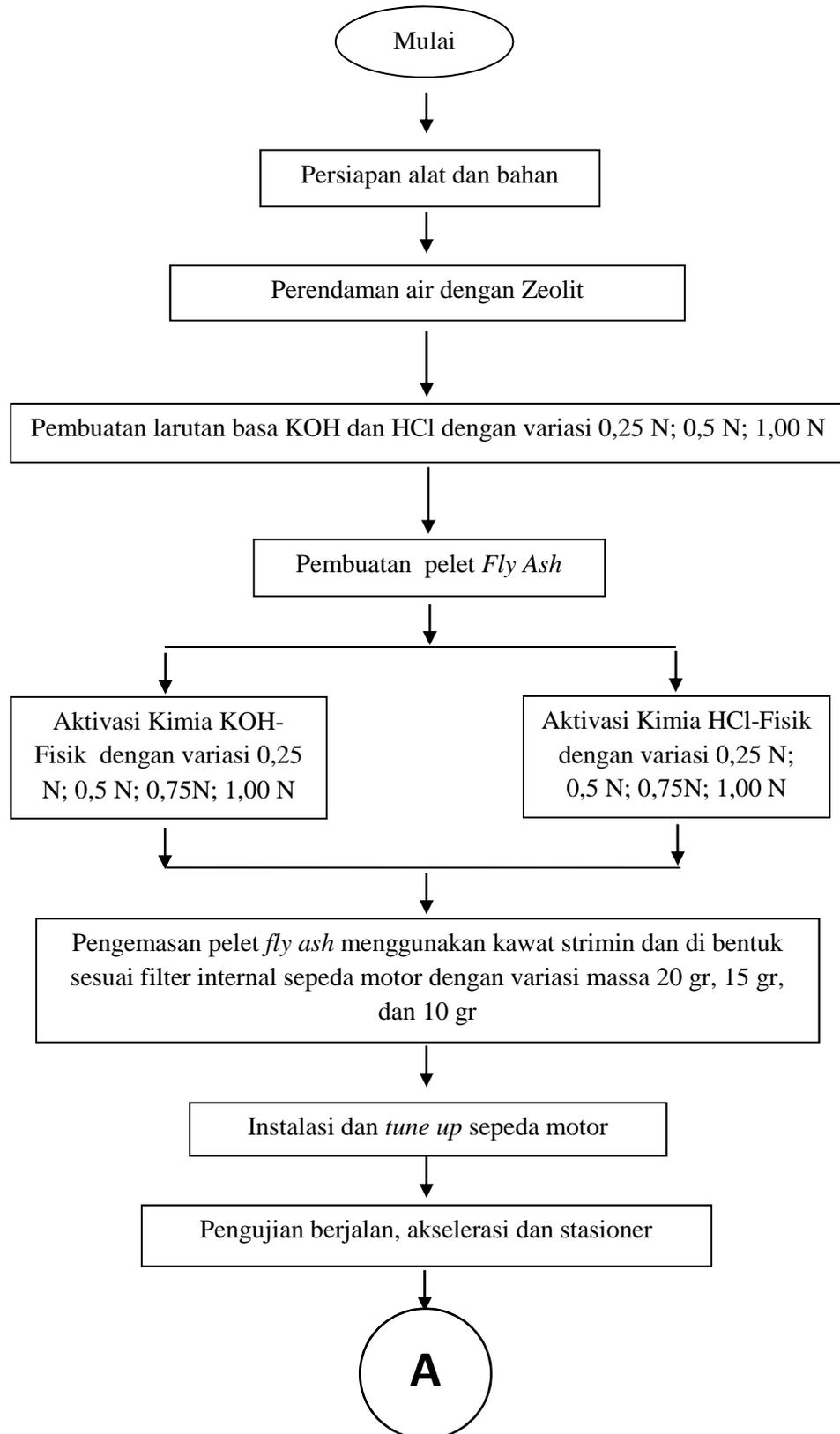
1. Rute Jalur dua ITERA
2. Sedangkan untuk uji emisi dilakukan di dealer Balai Riset dan Standarisasi Lampung

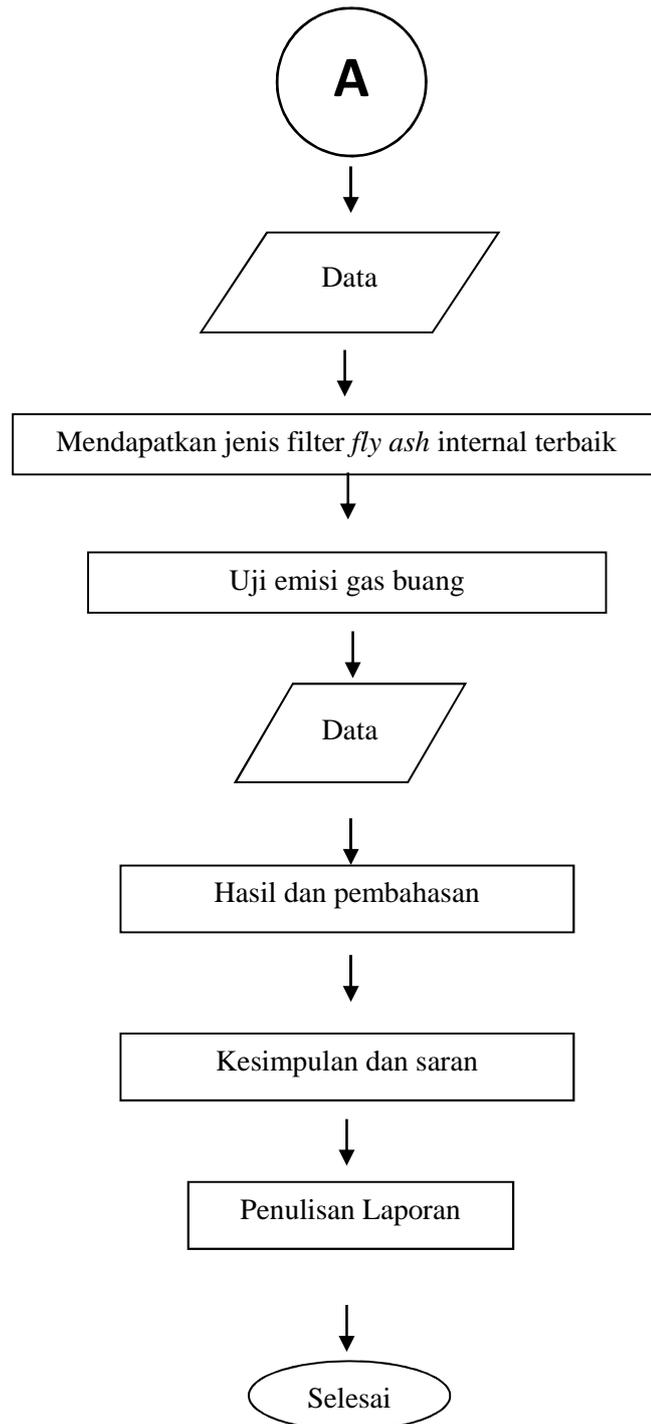
#### E. Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian, selanjutnya dianalisa dengan sehingga diperoleh pengaruh dari variasi normalitas serta variasi massa.

## F. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir pada penelitian ini.





**Gambar 28.** Diagram Alir Penelitian

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Setelah diperoleh data hasil pengujian maka dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semua jenis variasi filter *fly ash* teraktivasi HCl fisik dan KOH fisik yang digunakan dalam penelitian ini terbukti mampu mengurangi konsumsi bahan bakar pada pengujian berjalan dan stasioner, dan menurunkan waktu tempuh pada pengujian akselerasi.
2. Pada pengujian berjalan sejauh 5 km dengan kecepatan 50 km/jam, penurunan konsumsi bahan bakar paling tinggi diperoleh pada saat penggunaan filter *fly ash* aktivasi KOH fisik 0,25 N dengan massa 20 gram dengan nilai efisiensi sebesar 21,886 % sedangkan pada filter *fly ash* aktivasi HCl fisik 0,25 N massa 10 gram penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi 15,413 %
3. Pada pengujian stasioner dengan variasi 1500, 3500 dan 5500 rpm, secara keseluruhan penurunan konsumsi bahan bakar paling tinggi diperoleh pada saat penggunaan filter aktivasi HCl fisik 0,5 N dengan massa 15 gram sebesar 47,22 %. Sedangkan pada aktivasi KOH fisik penurunsn konsumsi bahan bakar tertinggi terjadi pada normalitas 0,75 N dengan massa 10 gram yaitu sebesar 16,165 %

4. Pada pengujian akselerasi (0-80 km/jam), penurunan waktu tempuh paling tinggi diperoleh pada saat penggunaan filter *fly ash* aktivasi HCl fisik normalitas 0,75 % dengan massa 15 gram dengan nilai efisiensi sebesar 18,909 %. Sedangkan pada filter *fly ash* aktivasi KOH fisik normalitas 0,75 N dengan massa 10 penurunan waktu tempuh tertinggi yaitu sebesar 13,222 %.
5. Penurunan kadar CO dan HC terbesar terjadi pada penggunaan *fly ash* aktivasi HCl dan KOH fisik dengan massa 10 gram sebesar sebesar 0,07 % dan HCl fisik normalitas 0,25 N dengan massa 15 gram sebesar 44 ppm. Sedangkan peningkatan kadar CO<sub>2</sub> terbesar terjadi pada penggunaan filter *fly ash* aktivasi KOH fisik normalitas 0,5 N massa 10 gram dengan nilai 4,406 %.
6. Secara keseluruhan Aktivasi HCl fisik lebih baik dari aktivasi KOH fisik dalam meningkatkan prestasi mesin, hal ini terbukti pada hasil pengujian konsumsi bahan bakar dan akselerasi.

## **B. Saran**

Adapun beberapa saran yang ingindisampaikan penulis agar penelitian ini dapat dikembangkan lagi adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan umur pakai filter *fly ash* sebagai adsorben hingga jenuh.
2. Melakukan pengujian menggunakan sepeda motor bensin 4-langkah dengan kapasitas cc yang lebih besar.

3. Melakukan pengujian struktur pelet dengan menggunakan mikroskop untuk melihat luas permukaan atau pori-pori *fly ash* yang telah teraktivasi

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizl, Muchtar.Ngurah Ardha Dan Lili Tahli.2006. *Karaterisasi Abu Terbang PLTU Suralaya Dan Evaluasi Untuk Refafraktori Cor.*
- Efendri, Denfi. 2013. *Pengaruh Variasi Komposisi, Jenis Air, Dan Kondisi Aktivasi Dari Adsorben Fly Ash Batu Bara Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Karburator 4-Langkah.* Skripsi. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- pemanfaatan *fly ash*.29 juni.2015 <http://majarikanayakan.com>.
- Heywood, J. B. 1988. Dalam skripsi Efendri, Denfi. 2013. *Pengaruh Variasi Komposisi, Jenis Air, Dan Kondisi Aktivasi Dari Adsorben Fly Ash Batu Bara Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Karburator 4-Langkah.* Skripsi. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- KLH. 2008. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Pemanfaatan limbah beracun dan berbahaya.* Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta
- Koesnadi. 2008. *Fly Ash.* (<http://heri-mylife.blogspot.com/2008/06/fly-ash.html>).

- Kristanto, Philip. 2001. *Pengaruh Adulterasi Bahan Bakar Gasoline - Kerosene Terhadap Emisi Gas Buang Dan Performansi Motor*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra: Surabaya.
- Kusuma, I Gusti B.W. 2002. *Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel Dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Udayana: Jimbaran Bali
- Lasryza, Ayu. 2012. *Pemanfaatan Fly Ash Batu Bara Sebagai Adsorben Emisi Gas CO Pada Kendaraan Bermotor*. Institut Negeri Sepuluh Nopember. Surabaya
- Purwanta, Dimas Rilham. 2012. *Pengaruh Aplikasi Fly Ash Bentuk Pelet Perekat yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah*. Skripsi Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Salaeh, Asri. 2013. *Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran Pada Biobriket Batang Jagung*. Jurnal. Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi -UIN Alaudin: Makasar.
- Scrib.2012 dalam skripsi Snambela.2014. *Pengunaan Zeolit Aktivasi Kimia (H<sub>2</sub>sO<sub>4</sub> Dan Hcl) – Fisik Pada Beragam Normalitas Dalam Meningkatkan Prestasi Mesin Dan Menurunkan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah* Skripsi. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Lampung
- Soeswanto, Bambang. 2011. *Pengaruh Parameter Proses Pada Pemungutan Kembali Silika Dari Abu Batu Bara*. Tesis. Universitas Diponegoro: Semarang.

Wardani SPR., 2008, Pemanfaatan Limbah Batu Bara (fly ash) untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Pidato Pengukuhan Guru Besar Pada fakultas Teknik universitas Diponegoro, Semarang.

Wardono, H. 2004. *Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah*. Jurusan Teknik Mesin – Universitas Lampung : Bandar Lampung.

[http://majarikanayakan.com.pemanfaatan fly ash](http://majarikanayakan.com.pemanfaatan_fly_ash).29 juni.2015

[http://www.ehow.co.uk/list\\_7560171\\_negative-effects-fly-ash-concrete.html](http://www.ehow.co.uk/list_7560171_negative-effects-fly-ash-concrete.html) 29

Juni 2015

<http://www.geology.com.cn/Geology-journal/article-35615.html>. 28 Juli 2015

<http://rpmsuper.com/wp-content/uploads/2014/filter-kertas.jpg>. 28 Juni 2015

<http://servismpmmotorkepanjen.wordpress.com/2011/11/15/peran-penting-filter-udara-sepeda-motor/> 01 Juli 2015

<http://diglib.unimed.ac.id/pulic/UNIMED-NonDegree-22887-Bab%2II.pdf>

[http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia/kimia-kesehatan/larutan/normalitas/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-kesehatan/larutan/normalitas/)

01 Juli 2015