

**PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT DENGAN
AKTIVASI FISIK TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS
BUANG SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

(Skripsi)

Oleh

LIWANSON JAYA SIMARMATA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

THE EFFECTS OF USING PHYSICAL ACTIVATED BOTTOM ASH OF PALM OIL ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS OF A 4-STROKE MOTORCYCLE

By:

LIWANSON JAYA SIMARMATA

ABSTRACT

The rapid increase of the number of ground transportations is one of the cause to depletion of fuel energy supplies. Then, the level of air pollution always increase as a result of the exhaust gas of combustion process resulted by vehicles due to incomplete combustion. The efforts to save fuel consumption and reduce exhaust emissions that can be performed are by utilizing pellets from waste of bottom ash of palm oil. The waste can be used as an adsorbent for combustion air. This research aims to observe the effects of physical activation for bottom ash of palm oil pellets on engine performance and exhaust emissions of a 4-stroke motorcycle.

This research was conducted with several testing parameters including the adhesion strength of pellets, fuel consumption on stationary tests (at engine speed 1500, 3000 and 4500 rpm) and road tests (at an engine speed of 60 kph for 5 km), acceleration tests (at 0-80 and 40-80 kph) and exhaust emissions (at engine speed 1500 and 3500 rpm). Bottom ash pellets used had a diameter of 10 mm and a thickness of 3 mm which were packed by using strimin wire that its size according to the air filter of the motorcycle used in this research.

From the research performed, it is obtained that the best adhesion strength of pellet occurred in using 6% tapioca and activation temperature of 150°C, with 0.017 grams of reduction mass. The use of bottom ash was able to save fuel consumption up to 34.043% at 1500 rpm on stationary test and it was by 7.025% on the road test. Moreover, the use of bottom ash pellets could also increase the engine acceleration up to 10.9% at the 0-80 kph and 11.94% at 40-80 kph. In addition, the exhaust emissions could also be reduced up to 16.028% for CO, and 15.714% for HC.

Keyword: adsorbent of bottom ash of palm oil, physical activation, combustion air adsorbent, gasoline engine performance, exhaust emissions.

**PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT DENGAN
AKTIVASI FISIK TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS
BUANG SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

Oleh

LIWANSON JAYA SIMARMATA

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah transportasi darat yang begitu pesat menjadi salah satu penyebab menipisnya persediaan minyak bumi. Kemudian tingkat pencemaran udarapun semakin meningkat akibat gas buang hasil proses pembakaran pada kendaraan yang kurang sempurna. Sebagai upaya yang dilakukan untuk menghemat konsumsi bahan bakar minyak dan mereduksi emisi gas buang yaitu, dengan cara memanfaatkan pelet dari limbah *bottom ash* kelapa sawit yang digunakan sebagai adsorben udara pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh aktivasi fisik pelet *bottom ash* kelapa sawit terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor bensin 4-langkah.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa parameter pengujian diantaranya adalah daya rekat pelet, konsumsi bahan bakar pada uji stasioner (pada putaran mesin 1500, 3000 dan 4500 rpm) dan *road tests* (pada kecepatan rata-rata 60 km/jam sejauh 5 km), akselerasi (0-80 dan 40-80 km/jam) dan emisi gas buang (pada putaran mesin 1500 dan 3500 rpm). Pelet *bottom ash* yang digunakan berdiameter 10 mm dan tebal 3 mm yang dikemas dengan *frame* berupa kawat *strimin* yang ukurannya sesuai dengan sepeda motor yang digunakan dalam penelitian ini.

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa daya rekat terbaik pelet terjadi pada penggunaan perekat tapioka 6% dan temperatur aktivasi 150°C, dimana pengurangan massanya sebesar 0,017 gram. Penggunaan *bottom ash* ternyata mampu menghemat konsumsi bahan bakar hingga 34,043% pada pengujian *stationer* putaran 1500 rpm dan sebesar 7,025% pada pengujian berjalan. Selain itu, penggunaan pelet *bottom ash* juga mampu meningkatkan akselerasi mesin hingga 10,9% pada 0-80 km/jam dan 11,94% pada 40-80 km/jam serta dapat mereduksi emisi gas buang CO hingga 16,028%, HC hingga 15,714%.

Kata Kunci: adsorben *Bottom ash* kelapa sawit, aktivasi fisik, adsorben udara pembakaran, prestasi mesin, emisi gas buang.

**PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT DENGAN
AKTIVASI FISIK TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS
BUANG SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

Oleh

LIWANSON JAYA SIMARMATA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2017

Judul Skripsi : **PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT DENGAN AKTIVASI FISIK TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

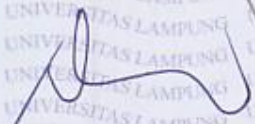
Nama Mahasiswa : Liwanson Jaya Simarmata

NPM : 1115021045


Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik





Ir. Herry Wardono, M.Sc.

NIP 19660822 199512 1 001


M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.

NIP 19801001 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

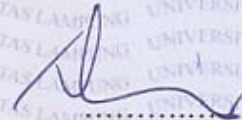

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.

NIP 19740816 200012 1 001

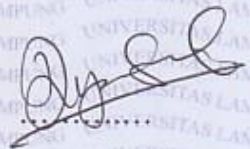
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

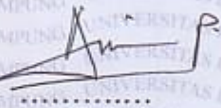
Ketua : Ir. Herry Wardono, M.Sc.



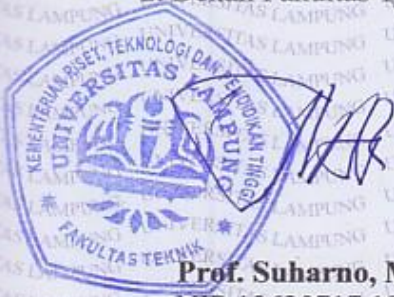
Anggota Penguji : M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.



Penguji Utama : A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 Februari 2017

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR No. 3187/H26/DT/2010.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



LIWANSON JAYA SIMARMATA
NPM. 1115021045

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Candi Rejo, Lampung Tengah, Lampung pada tanggal 04 September 1993, sebagai anak Pertama dari 5 bersaudara, dari pasangan Hotmuda Simarmata dan Dosma Siburian. Pendidikan SDN 2 Liwa diselesaikan pada tahun 2005, SMPN 2 Liwa diselesaikan pada tahun 2008, SMAN 1 Liwa diselesaikan pada tahun 2011, dan pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi mandiri atau ujian masuk lokal diselesaikan pada tahun 2017 dengan predikat memuaskan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota divisi otomotif (2012 s.d. 2014) dan Forum Komunikasi Mahasiswa Kristiani Fakultas Teknik (FKMK-FT). Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, LIPI Kawasan PUSPITEK, Tangerang Selatan pada tahun 2014. Pada tahun 2016 penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah” dibawah bimbingan Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc. dan Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.

MOTTO

“ Be Salt and Light of The World“.
(Matius 5:13-14)

“Doa adalah kunci pembuka hari dan sekrup penutup malam“
(Mahatma Gandhi)

“Jangan khawatir ketika anda diacuhkan, tetapi berjuanglah jadi layak untuk
dikenal”
(Abraham Lincloln)

“Rahasia untuk maju adalah memulai”
(Mark Twain)

“If you can't be intelligent, be a good person”
(Penulis)

PERSEMBAHAN

*Dengan Kerendahan Hati Meraih Berkah dari Tuhan Yesus Kristus
Kupersembahkan Karya Kecilku Ini Untuk Orang-Orang Yang Aku Cintai dan
Sayangi:*

KEDUA ORANGTUAKU

ADIK-ADIKKU

KELUARGA BESAR SIMARMATA MAHASISWA UNILA

HIMPUNANAN MAHASISWA TEKNIK MESIN UNILA

SAHABAT DAN TEMAN-TEMANKU

SERTA ORANG-ORANG YANG ADA DIBELAKANGKU

YANG SELALU MEMBERI SEMANGAT, NASIHAT

MAUPUN DO'ANYA.

SANWACANA

Syalom dan Salam Sejahtera.

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat kasih setiaNya dan anugerahNya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah” Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini penulis sangat berterima kasih dan memberikan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan setulus hati terutama kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung beserta jajarannya,
2. Bapak Ahmad Su'udi, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung beserta jajarannya.
3. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc. sebagai pembimbing utama tugas akhir/skripsi atas kesediaannya dan keikhlasannya untuk memberikan dukungan, bimbingan, nasehat, saran,dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.

4. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing pendamping atas kesediaannya dan keikhlasannya untuk memberikan dukungan, bimbingan, nasehat, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini..
5. Bapak A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembahas tugas akhir/skripsi, yang telah memberikan saran dan masukan guna penyempurnaan dalam penulisan laporan ini.
6. Bapak Achmad Yahya TP, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik.
7. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi perkuliahan maupun teladan dan motivasi sehingga dapat saya jadikan bekal dalam dunia pekerjaan terjun ke tengah-tengah masyarakat
8. Kedua Orangtua dan beserta Adik-adikku tercinta, yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi serta dukungan materi kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi dan kuliah di Teknik Mesin dengan predikat yang membanggakan.
9. Seluruh keluarga dan saudaraku yang telah membantu selama proses perkuliahan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
10. Uly Novianti Sinaga yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan doanya.
11. Sahabatku Martin Pascal Giovani, Brilliant Yosua Sibarani dan Torffel T Tampubolon yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan doanya.

12. Saudara-saudaraku Ravindo Simarmata, Enrico P Simarmata, Raja A Simarmata, Ristauli Simarmata, Ririn Simarmata, Mestaria Simarmata dan Meliana Simarmata, Febrina Saragih, Biaton Simarmata.
13. Rekan-rekan Teknik Mesin M. Fathliansyah, Muchlis Mutaqqin, Angga Roby, Muhammad Rizki, Bagus, M. Yaser dan teman-teman seperjuangan skripsi Fajrin Mutada, Eko Aprilando Sinulingga, Sandy Dwi Hardin, Ajito Sukancoro dan teman-teman seperkuliahannya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
14. Teman-temanku Wisma Elvindo yang telah menjadi keluarga kecil selama perkuliahan.
15. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir/skripsi ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penulisan laporan tugas akhir/skripsi ini untuk mencapai suatu kelengkapan dan kesempurnaan. Penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis berharap laporan ini memberi manfaat, baik kepada penulis khususnya maupun kepada pembaca pada umumnya. Amin

Bandar Lampung, 02 Februari 2017

Penulis,

Liwanson Jaya Simarmata

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	7
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Sistematika Penulisan	8

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Motor Bakar Torak.....	10
2.1.1 Motor Diesel	11
2.1.2 Motor Bensin.....	13
2.2 Proses Pembakaran	16
2.3 Emisi Gas Buang	18
2.3.1 Hidrokarbon (HC)	19
2.3.2 Karbon monoksida (CO).....	21
2.3.3 Oksida Nitrogen (NO _x)	22
2.3.4 Partikulat	23
2.3.5 Karbon dioksida (CO ₂)	23
2.4 Parameter Prestasi Mesin Motor Bensin 4-Langkah.....	24
2.5 Saringan Udara (<i>Air Filter</i>)	25
2.6 Abu (<i>Ash</i>) Kelapa Sawit	26
2.6.1 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	27
2.6.2 Abu Dasar (<i>Bottom Ash</i>)	28
2.7 Tapioka	28

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian	30
3.1.1 Spesifikasi sepeda motor bensin 4-langkah 100 cc	30
3.1.2 Alat yang digunakan	31
3.1.3 Bahan yang digunakan	36
3.2 Persiapan Bahan	37
3.2.1 Prosedur Pembuatan Pelet	37

3.3 Prosedur Pengujian	39
3.3.1 Pengujian Daya Rekat Pelet	39
3.3.2 Pengujian Pada Sepeda Motor Bensin	40
3.3.3 Pengujian Emisi Gas Buang	41
3.4 Pengambilan Data	42
3.4.1 Pengujian Daya Rekat Pelet	42
3.4.2 Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	43
3.4.3 Pengujian Akselerasi	45
3.4.4 Pengujian Emisi Gas Buang	46
3.5 Lokasi Penelitian	46
3.6 Diagram Alir Penelitian	48

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Daya Rekat Pelet	51
4.2 Uji <i>Stationer</i>	54
4.2.1 Putaran 1500 Rpm.....	54
4.2.2 Putaran 3000 Rpm.....	56
4.2.3 Putaran 4500 Rpm.....	58
4.3 Uji Berjalan (<i>Road Test</i>)	61
4.4 Uji Akselerasi	64
4.4.1 Kecepatan 0-80 km/jam	64
4.4.2 Kecepatan 40-80 km/jam	67
4.5 Uji Emisi	69
4.5.1 Kadar Karbon Monoksida (CO).....	69
4.5.2 Kadar Karbon Dioksida (CO ₂).....	73

4.5.3 Kadar Karbon Hidrokarbon (HC)	75
---	----

BAB V. PENUTUP

5.1 Simpulan.....	79
-------------------	----

5.2 Saran.....	81
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Prinsip Kerja Motor Diesel Empat-Langkah	11
Gambar 2. Prinsip Kerja Motor Bensin Empat-Langkah	14
Gambar 3. Diagram P-V Dari Siklus Kerja Motor Bensin Empat-Langkah	14
Gambar 4. Saringan Udara (<i>Air Filter</i>) Pada Kendaraan Sepeda Motor	26
Gambar 5. Sepeda Motor Yang Digunakan Dalam Penelitian	31
Gambar 6. Stopwatch	31
Gambar 7. Tachometer	32
Gambar 8. Perangkat Analog	32
Gambar 9. Cetakan	33
Gambar 10. Tangki Bahan Bakar Modifikasi	33
Gambar 11. Oven	34
Gambar 12. Timbangan Digital	34
Gambar 13. Kompor Listrik	35
Gambar 14. Ampia	35
Gambar 15. Kemasan <i>Bottom Ash</i>	36
Gambar 16. Pengujian Daya Rekat Pelet	39
Gambar 17. Diagram Alir Penelitian	47

Gambar 18. Hasil Uji Daya Rekat Pelet Variasi Komposisi	
Perekat Dan Variasi Temperatur Aktivasi	51
Gambar 19. Hasil Pengujian <i>Stationer</i> Pada Putaran Mesin 1500 Rpm	54
Gambar 20. Hasil Pengujian <i>Stationer</i> Pada Putaran Mesin 3000 Rpm	56
Gambar 21. Hasil Pengujian <i>Stationer</i> Pada Putaran Mesin 4500 Rpm	59
Gambar 22. Hasil Pengujian Berjalan (<i>Road Test</i>)	62
Gambar 23. Peningkatan Akselerasi Mesin (0-80 km/jam) Saat	
Menggunakan Pelet <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit	65
Gambar 24. Peningkatan Akselerasi Mesin (40-80 km/jam) Saat	
Menggunakan Pelet <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit	67
Gambar 25. Kadar Gas CO Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	70
Gambar 26. Kadar Gas CO ₂ Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	73
Gambar 27. Kadar Gas HC Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	76

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Kimia Utama Pada <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit	28
Tabel 2. Komposisi Campuran Tiap Varian Pelet <i>Bottom Ash</i>	37
Tabel 3. Data Pengujian Daya Rekat Pelet Untuk Melihat Temperatur Aktivasi Terbaik.....	42
Tabel 4. Data Pengujian Stasioner	43
Tabel 5. Data Pengujian Berjalan 5 km Kecepatan 60 km/jam	44
Tabel 6. Data Hasil Pengujian Akselerasi	45
Tabel 7. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari minyak bumi merupakan sumber energi dengan konsumsi terbesar di seluruh dunia saat ini. Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) yang terus-menerus akhirnya berdampak terhadap menipisnya jumlah ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) di bumi. Kepala bagian hubungan masyarakat Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas) yaitu Elan Biantoro mengatakan bahwa Negara Indonesia dulu memiliki cadangan minyak sekitar 27 miliar barrel namun, sekitar 22,9 miliar barrel telah diproduksi dan sisanya 4,1 miliar barrel yang diperkirakan akan habis dalam 10 tahun kedepan. Meski demikian Indonesia sebenarnya masih memiliki 43,7 miliar barrel cadangan minyak, tetapi di butuhkan eksplorasi berbiaya dan berteknologi yang sangat tinggi karena cadangan potensial ini lebih sulit dicari dan letaknya yang lebih dalam (Harian Kompas Online, 2015).

Salah satu penyebab menipisnya jumlah persediaan bahan bakar di Indonesia adalah meningkatnya jumlah produksi bahan bakar minyak setiap tahunnya akibat dari meningkatnya jumlah kendaraan transportasi yang

begitu pesat, baik itu roda dua, roda empat dan jenis-jenis kendaraan lain yang masih menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energinya.

Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi Lampung mencatat bahwa jumlah kendaraan bermotor (sepeda motor, mobil penampung, mobil beban dan mobil bus) setiap tahunnya meningkat di provinsi Lampung. Pada tahun 2010 tercatat jumlah kendaraan sebanyak 1.779.290 unit kemudian pada tahun 2011 meningkat menjadi 2.078.922 unit, kemudian 2012 meningkat lagi menjadi 2.326.337 unit, selanjutnya pada tahun 2013 meningkat lagi menjadi 2.537.071 unit, hingga pada tahun 2014 tercatat total sebanyak 2.755.953 unit kendaraan yang ada di provinsi Lampung. Dari data yang diperoleh tersebut kita dapat melihat bahwa pertumbuhan jumlah kendaraan di provinsi Lampung setiap tahunnya terjadi peningkatan sebanyak 9% sampai 12%, hal ini tentunya akan sangat berdampak terhadap konsumsi bahan bakar minyak yang akan terus bertambah setiap tahunnya (BPS Provinsi Lampung, 2014).

Pertumbuhan jumlah kendaraan yang semakin lama semakin meningkat juga akan berpengaruh terhadap meningkatnya tingkat pencemaran udara sehingga dapat menimbulkan masalah yang sangat serius bagi lingkungan sekitar dan juga bagi kehidupan manusia bahkan berakibat terhadap pemanasan global (*global warming*). Di kota-kota besar kontribusi emisi gas buang oleh kendaraan bermotor mencapai 60-70%, sementara kontribusi gas buang dari cerobong asap industri berkisar 10-15% dan sisanya berasal dari

sumber pembakaran lain seperti rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan dan lain-lain.

Emisi gas buang yang dapat menimbulkan pencemaran udara adalah hasil proses pembakaran bahan bakar yang tidak berlangsung sempurna di dalam mesin kendaraan yang mengandung zat-zat berbahaya seperti timbal atau timah hitam (Pb), *suspended particulate matter* (SPM), oksida nitrogen (NO_x), oksida sulfur (SO_2), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan oksida fotokimia (O_x). Tetapi emisi gas buang yang terjadi akibat proses pembakaran bahan bakar yang berlangsung sempurna di dalam mesin kendaraan akan menghasilkan gas berupa karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) yang paling signifikan di udara atmosfer berdasarkan jumlah massa (Ismiyati dkk, 2014).

Kondisi proses pembakaran bahan bakar yang secara sempurna pada mesin kendaraan bermotor sangatlah jarang sekali terjadi Hal ini dikarenakan kondisi udara pembakaran yang masuk ke ruang bakar sangat berpengaruh dalam meningkatkan prestasi mesin. Udara lingkungan yang dihisap masuk untuk proses pembakaran terdiri dari bermacam-macam gas seperti nitrogen, oksigen, uap air, karbon dioksida, karbon monoksida, dan gas-gas lain. Sementara gas yang dibutuhkan pada proses pembakaran adalah oksigen untuk membakar bahan bakar yang mengandung molekul karbon dan hidrogen (Wardono, 2004).

Saringan udara yang umum digunakan pada kendaraan bermotor dirancang hanya untuk menyaring partikel-partikel kasar, debu dan kotoran-kotoran yang tampak oleh mata namun, tidak dapat menyaring gas-gas lain di udara yang tidak dibutuhkan untuk proses pembakaran sempurna. Oleh karena itu, diperlukan saringan udara yang dapat menyaring nitrogen, uap air dan gas-gas seperti NO_x, SO_x, CO, dan partikulat agar dapat menghasilkan udara pembakaran yang kaya oksigen (Rilham, 2011).

Salah satu upaya untuk meningkatkan udara pembakaran yang kaya akan oksigen yaitu dengan cara memanfaatkan abu kelapa sawit berupa *bottom ash*. Abu kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat sisa dari pembakaran cangkang di dalam boiler dengan temperatur 700°C - 800°C, dapat berupa *bottom ash* dan *fly ash*. Abu sawit mengandung banyak silika dan juga mengandung ion alkali seperti kalium dan natrium (Akbar dkk, 2012).

Fly ash atau abu terbang merupakan sisa pembakaran boiler berupa partikel-partikel yang ringan yang dikeluarkan melalui cerobong asap. Sedangkan, *bottom ash* atau kerak boiler memiliki massa yang lebih berat dari pada *fly ash* sehingga setelah proses pembakaran cangkang dan serabut kelapa sawit berlangsung *bottom ash* akan tertampung di penampungan abu di bawah tungku pembakaran dan sebagian ada yang menempel di dinding boiler. *Bottom ash* atau kerak boiler ini relatif memiliki pori-pori yang banyak serta memiliki ciri-ciri berwarna putih keabuan dan keras. Pemanfaatan *bottom*

ash atau kerak boiler ini masih sangat jarang, biasanya oleh pabrik kelapa sawit *bottom ash* digunakan sebagai penimbun atau pengeras jalan di sekitar pabrik (Siregar, 2008).

Bottom ash kelapa sawit atau kerak boiler mengandung senyawa utama dengan kuantitas SiO_2 : 29,9% , Al_2O_3 : 1,9% dan CaO : 26,9% sehingga dapat digunakan sebagai pengganti pasir pengisi untuk pembuatan beton (Prianti dkk, 2015).

Silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa berbentuk kristal dan tidak larut terhadap air namun, menurut Mulkam Hambali dkk (2015) pada pembuatan *paving block* semakin sedikit kadar silikon dioksida (SiO_2) di dalam campuran berbanding lurus dengan daya serap air. Dari kalimat diatas dapat dijelaskan bahwa semakin sedikit kadar silikon dioksida (SiO_2) di dalam bahan campuran (agregat plastik polietilen dan semen) pada pembuatan *paving block* maka semakin rendah pula daya serap *paving block* tersebut . Begitu juga sebaliknya semakin banyak kadar silikon dioksida (SiO_2) didalam campuran maka semakin tinggi daya serap *paving block*. Hal ini dikarenakan kandungan silikon dioksida (SiO_2) pada pasir akan berikatan dengan kandungan CaO bebas yang terkandung dalam semen dan membentuk kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ inilah yang menyebabkan kepadatan *paving block* berkurang akibat terbentuknya rongga-rongga udara dan kemudian rongga-rongga udara ini yang terisi oleh air selama masa perendaman sampel *paving block*.

Kalsium oksida (CaO), umumnya disebut *quicklime* yaitu senyawa kimia yang banyak digunakan untuk dehidrator, pengering gas, dan pengikat karbon dioksida (CO₂) pada cerobong asap. Kalsium oksida (CaO) merupakan senyawa turunan dari kalsium hidroksida Ca(OH)₂. Senyawa ini mampu mengikat air pada etanol karena bersifat sebagai dehidrator sehingga cocok digunakan sebagai adsorben pada proses pengeringan etanol (Retno dkk, 2012). Sedangkan menurut Novelina (2015) kalsium oksida (CaO) merupakan bahan yang sangat reaktif terhadap air, oleh karena itu kemampuan kalsium oksida (CaO) untuk menyerap uap air dari lingkungan sekitarnya didasarkan pada reaktivitas kimia dan bukan melalui absorpsi fisik seperti halnya adsorben lainnya sehingga pengeringan dengan Kalsium oksida (CaO) lebih tepat dipakai istilah adsorpsi kemoreaksi.

Oleh karena itu seperti yang dijelaskan di atas, kandungan senyawa utama pada *bottom ash* atau kerak boiler kelapa sawit memiliki daya serap air yang baik dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben udara pembakaran untuk mengurangi konsentrasi uap air yang masuk ke dalam ruang bakar. Sehingga penulis ingin mengamati pengaruh penggunaan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan aktivasi fisik terhadap peningkatan prestasi mesin dan penurunan emisi gas buang pada sepeda motor bensin 4-langkah.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan aktivasi fisik terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor bensin 4-langkah.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur aktivasi fisik pelet *bottom ash* kelapa sawit terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor bensin 4-langkah.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi perekat tapioka pada pelet *bottom ash* kelapa sawit terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor bensin 4-langkah

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin sepeda motor bensin 4-langkah Honda Revo (100 cc) tahun perakitan 2008, mesin masih dalam kondisi baik dan telah dilakukan tune up berkala sebelum dilakukan pengujian.
2. *Bottom ash* kelapa sawit yang digunakan berasal dari PTPN VII Unit Usaha Bekri.
3. *Bottom ash* kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini berbentuk pelet yang telah diaktivasi fisik.

4. Temperatur aktivasi fisik yang digunakan yaitu 150°C, 200°C, dan 250°C.
5. Alat yang digunakan untuk mencetak pelet *bottom ash* masih sangat tradisional dan sederhana sehingga tekanan dalam proses pencetakan diabaikan.
6. Parameter pengujian dalam penelitian yang dilakukan yaitu meliputi konsumsi bahan bakar, akselerasi dan emisi gas buang.

1.4 Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang motor bensin 4-langkah, teori pembakaran, dan parameter prestasi motor bakar, limbah sawit, abu sawit dan tapioka .

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, tahapan-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 100 cc.

BAB V : SIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Motor Bakar Torak

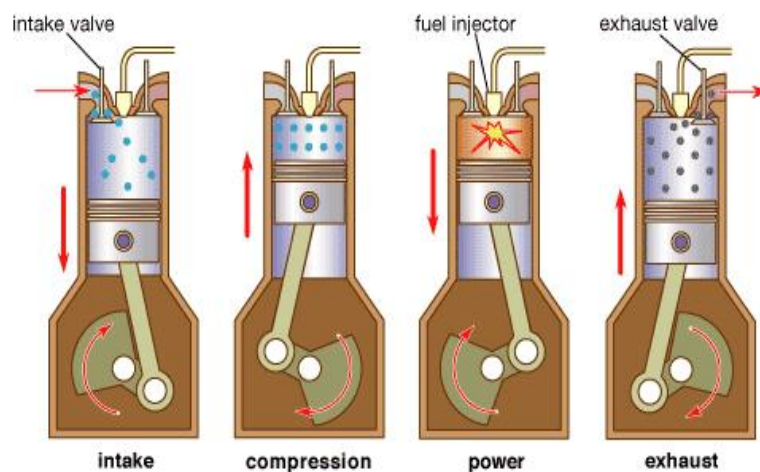
Motor bakar torak merupakan pesawat kalor yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanis. Energi kimia dari campuran udara dan bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui pembakaran atau oksidasi, sehingga temperatur dan tekanan gas pembakaran di dalam silinder meningkat. Akibatnya gas di dalam silinder tersebut berekspansi dan mampu mendorong torak bergerak translasi dan menghasilkan gerak rotasi poros engkol (*crank shaft*) sebagai keluaran mekanis motor. Demikian pula sebaliknya, gerak rotasi poros engkol akan menghasilkan gerak translasi pada torak sehingga terjadi gerak bolak-balik torak di dalam silinder.

Motor bakar torak juga disebut motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) karena proses pembakaran bahan bakar berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri. Dalam kehidupan sehari-hari aplikasi dari motor bakar torak banyak sekali dipergunakan untuk membantu aktivitas manusia seperti; generator, motor penggerak untuk pompa air, mesin pemotong rumput dan sarana transportasi darat seperti sepeda motor, mobil,

bus dan lain sebagainya. Berdasarkan sistem penyalannya motor bakar torak dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu motor bakar diesel dan motor bakar bensin (Kristanto, 2015).

2.1.1 Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar dengan pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Motor diesel berbeda dengan motor bensin yang menggunakan busi untuk langkah penyalannya. Motor diesel memiliki efisiensi termal yang lebih unggul bila dibandingkan dengan motor pembakaran dalam dan motor pembakaran luar lainnya, karena motor diesel memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi (Buntarto, 2016).



Gambar 1. Prinsip Kerja Motor Diesel Empat-Langkah (Sumber : Belajar.Kemendikbud.go.id)

Adapun prinsip kerja motor diesel empat-langkah dimulai dari langkah isap (*intake*) dimana udara masuk kedalam silinder melalui katup masuk karena hisapan piston yang bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB) sementara katup buang tertutup pada langkah ini, kemudian selanjutnya langkah kompresi (*compression*) pada langkah ini piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA), udara dalam silinder dikompresi sehingga mengakibatkan temperatur udara tersebut meningkat. Untuk menghindari detonasi beberapa saat sebelum piston menjelang titik mati atas (TMA), bahan bakar diesel diinjeksikan ke dalam ruang bakar melalui nozzle sehingga bahan bakar tersebut bercampur dengan udara panas yang bertekanan tinggi. Akibatnya terjadi sebuah ledakan yang sangat dasyat sehingga bahan bakar yang bercampur dengan udara panas tersebut terbakar dengan sendirinya dengan sangat cepat. Langkah selanjutnya yaitu langkah kerja (*Expasion*), ledakan yang terjadi menyebabkan gas dalam ruang pembakaran mengembang sehingga piston terdorong dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB) dan menghasilkan tenaga linear. Kemudian langkah terakhir yaitu langkah buang (*exhaust*), pada langkah ini katup buang terbuka dan katub masuk tertutup, piston bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas mendorong gas hasil pembakaran melalui katup buang menuju udara luar (Buntarto, 2016).

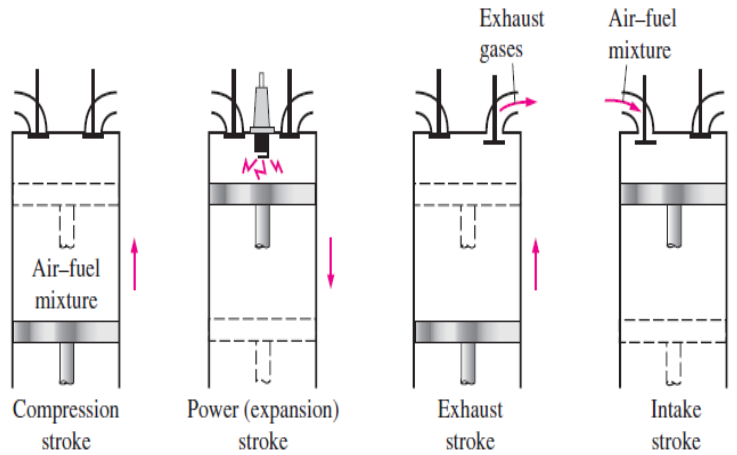
2.1.2 Motor Bensin (*Otto*)

Motor *Otto* atau yang biasa disebut motor bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas sehingga akhirnya menjadi tenaga mekanik. Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen utama yang meliputi ; blok silinder (*cylinder block*), kepala silinder (*cylinder head*), torak (*piston*), batang piston (*connecting rod*), poros engkol (*crank shaft*), poros cam (*cam shaft*), mekanik katup (*valve mechanic*) dan roda penerus (*fly wheel*) (Hidayat, 2012).

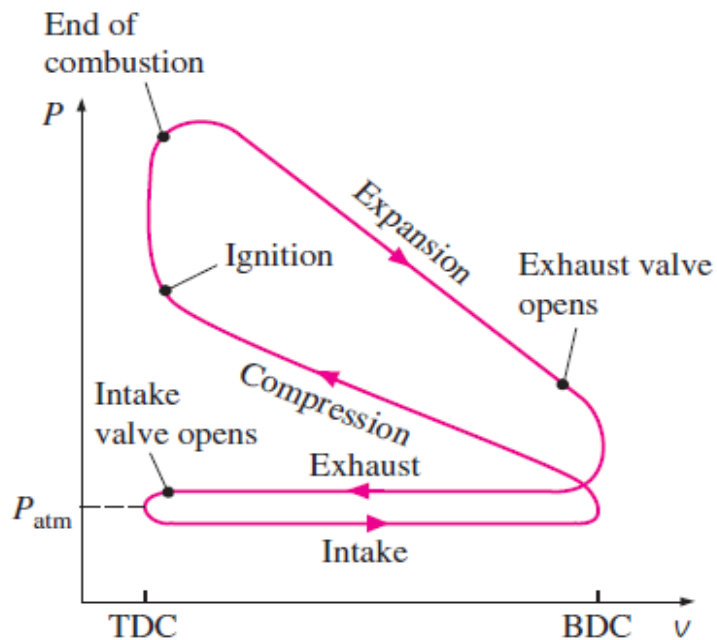
Motor bensin menggunakan bahan bakar bensin dan udara yang mana bahan bakar tersebut mudah terbakar dan mudah menguap. Campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder dan dikompresikan oleh torak kepada tekanan sekitar 8-15 kg/cm². Bahan bakar dinyalakan oleh sebuah percikan api listrik oleh busi dan terbakar sangat cepat di dalam udara kompresi tersebut. Kecepatan pembakaran melalui campuran bahan bakar udara biasanya 10-25 m/s. Temperatur udara naik hingga 2000°C – 2500°C dan tekanannya mencapai 30-40 kg/cm².

Motor bensin bekerja dengan gerakan torak bolak-balik. Motor bensin bekerja menurut prinsip 4 langkah (*four stroke*) dan 2 langkah (*two stroke*). Yang dimaksud dengan istilah “Langkah” atau “Tak”

adalah pergerakan torak dari satu titik mati atas ke titik mati bawah (Daryanto, 2012).



Gambar 2. Prinsip Kerja Motor Bensin Empat-Langkah (Yunus A. Cengel & Michael A. Boles, 2006)



Gambar 3. Diagram P-v dari Siklus Kerja Motor Bensin Empat-Langkah (Yunus A. Cengel & Michael A. Boles, 2006)

Siklus motor bensin empat-langkah dilakukan oleh gerak piston dalam silinder tertutup, pengaturan gerak piston bersesuaian dengan gerak kerja katup hisap dan katub buang di setiap langkah kerjanya. Adapun langkah-langkah yang terjadi pada siklus motor bensin empat-langkah yaitu meliputi, langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang.

1. Langkah Isap

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap terbuka dan katup buang ditutup, karena terjadi tekanan vacum dalam silinder akibatnya campuran udara dan bahan bakar terisap masuk kedalam ruang silinder melalui katup isap.

2. Langkah Kompresi

Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Katup isap dan katub buang ditutup. Pada proses ini campuran udara dan bahan bakar dikompresi akibatnya tekanan dan temperaturnya meningkat sehingga dapat memudahkan proses penyalaan.

3. Langkah Kerja

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap dan katub buang masih ditutup. Sesaat

piston akan mencapai titik mati atas (TMA), busi menyalakan percikan api seketika campuran udara dan bahan bakar tersebut terbakar secara cepat berupa ledakan. Dengan terjadinya ledakan, maka menghasilkan tekanan yang sangat tinggi sehingga mampu mendorong piston menuju titik mati bawah (TMB), sebagai tenaga atau usaha yang dihasilkan mesin.

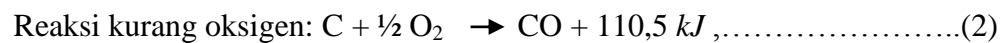
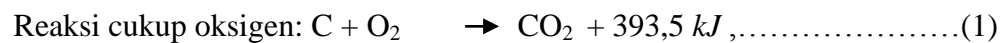
4. Langkah Buang

Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Katup isap ditutup dan katub buang dibuka. Pada proses ini gas hasil pembakaran didorong oleh piston sehingga gas tersebut keluar melalui katup buang menuju saluran buang kenalpot hingga menuju udara luar. Pada posisi ini poros engkol telah berputar sebanyak dua kali putaran penuh dalam satu siklus dari empat langkah (Hidayat, 2012).

2.2 Proses Pembakaran

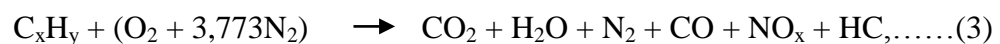
Proses pembakaran adalah proses terjadinya reaksi kimia dari elemen-elemen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan elemen udara atmosfer (oksigen) yang berlangsung begitu cepat. Reaksi kimia yang terjadi membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan temperatur dan tekanan gas pembakaran. Elemen mampu bakar (*Combustible*) yang utama adalah hidrogen dan oksigen, sementara itu, nitrogen adalah gas lambat dan tidak berpartisipasi dalam

proses pembakaran. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen-elemennya, 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% dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut (Wardono, 2004).



Keadaan yang penting untuk pembakaran yang efisien adalah gerakan yang cukup antara bahan bakar dan udara, artinya distribusi bahan bakar dan bercampurnya dengan udara harus bergantung pada gerakan udara yang disebut pusaran. Energi panas yang dilepaskan sebagai hasil proses pembakaran digunakan untuk menghasilkan daya motor bakar tersebut.

Reaksi pembakaran dapat dilihat di bawah ini :



Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen (O) dengan

molekul-molekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon (C) dan hidrogen (H) untuk membentuk karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) pada kondisi pembakaran sempurna. Disini proses pembentukan CO₂ dan H₂O hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari pemantik telah mampu memisah/memutuskan ikatan antar partikel oksigen (O-O) menjadi partikel “O” dan “O”, dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan bakar (C-H dan/atau C-C) menjadi partikel “C” dan “H” yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel “O” dapat beroksidasi dengan partikel “C” dan “H” untuk membentuk CO₂ dan H₂O. Jadi dapat dijelaskan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

2.3 Emisi Gas Buang

Dari setiap proses pembakaran selalu dihasilkan produk pembakaran yang disebut emisi gas buang. Emisi gas ini mencemari lingkungan dan memberikan kontribusi terhadap pencemaran udara. Produk emisi utama motor pembakaran dalam (*Internal combustion*) terdiri dari empat, yaitu hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x) dan partikulat padat. Ada dua metode dapat digunakan untuk mengurangi emisi motor yang berbahaya. Yang pertama dengan meningkatkan teknologi bahan bakar dan motor agar terjadi pembakaran yang lebih baik dan menghasilkan emisi yang jauh lebih rendah. Kemudian yang kedua dengan memberikan perlakuan lanjut (*after treatment*) terhadap gas buang melalui perangkat

pengendalian emisi. Ada tiga sumber utama yang mengemisikan gas buang dari kendaraan bermotor yaitu;

1. Bak engkol (*crankcase*), dimana saat membebaskan uap dan kabut minyak, HC yang terbakar dan tak terbakar ke atmosfer karena *blowby*.
2. Sistem bahan bakar, dimana terjadi emisi penguapan melalui karbulator atau saluran masukan udara dan tangki bahan bakar yang berventilasi ke atmosfer. Ini terjadi pada saat kendaraan dijalankan dan pada saat kendaraan berhenti pada cuaca panas, dimana terjadi penguapan bahan bakar.
3. Sistem pembuangan, merupakan sumber utama dimana produk pembakaran yang tidak sempurna (CO, HC yang terbakar dan tak terbakar, serta NO_x) dibebaskan dari pipa buang ke atmosfer.

2.3.1 Hidrokarbon (HC)

Senyawa hidrokarbon (HC), terbentuk karena adanya bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah ikut terbang bersama gas buang, hal ini diakibatkan karena terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna dan penguapan bahan bakar. Senyawa hidrokarbon (HC) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah dan bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas sehingga berubah menjadi gugusan HC lain yang ikut keluar bersama gas buang. Penyebab timbulnya senyawa hidrokarbon (HC) secara umum disebabkan oleh :

1. Api yang dihasilkan busi pada ruang pembakaran bergerak sangat cepat tetapi temperatur disekitar dinding ruang bakar rendah. Hal ini mengakibatkan campuran-campuran bahan bakar dan udara didaerah yang bertemperatur rendah tersebut gagal terbakar (*quenching zone*). Campuran bahan bakar yang tidak terbakar tersebut kemudian terdorong keluar oleh torak menuju saluran buang.
2. Pada saat deselerasi, katup gas (*throttle valve/skep*) menutup sehingga serta terjadi *engine brake* padahal putaran mesin masih tinggi. Hal ini akan menyebabkan adanya hisapan bahan bakar secara besar-besaran, campuran menjadi sangat kaya dan banyak bahan bakar yang tidak terbakar terbuang (pada sistem bahan bakar karburator).
3. Langkah *overlapping* (katup masuk dan buang bersama-sama terbuka) terlalu panjang sehingga HC berfungsi sebagai gas pembilas/pembersih, hal ini terjadi khususnya pada putaran rendah, sistem bahan bakar karburator (Nugraha, 2007).

Gas buang yang meninggalkan ruang bakar motor bensin mengandung sampai 6000 ppm komponen hidrokarbon, dimana ekuivalen dengan 1-1,5% bahan bakar. Sekitar 40 % diantaranya merupakan komponen bahan bakar bensin berbeda, tergantung komponen asal bahan bakar, geometri ruang bakar dan parameter operasi motor. Dampak senyawa hidrokarbon (HC) bagi kesehatan diantaranya, yaitu hidrokarbon (HC) dapat menyebabkan penyakit

kanker karena beberapa jenis hidrokarbon (HC) diketahui bersifat karsinogen. Selain itu juga hidrokarbon (HC) cenderung mengakibatkan iritasi mata dan selaput mukosa tenggorokan. Hidrokarbon berperan terhadap terbentuknya hujan asam dan beberapa campuran dengan bantuan sinar ultraviolet dari matahari bereaksi dengan gas lain di atmosfer yang mendorong terbentuknya asbut (asap bercampur kabut) fotokimia (Kristanto, 2015).

2.3.2 Karbon Monoksida (CO)

Emisi karbon monoksida (CO) pada motor pembakaran dalam dikendalikan terutama oleh rasio udara/bahan bakar. CO dihasilkan ketika motor beroperasi dengan rasio udara/bahan bakar kaya. Ketika oksigen yang tersedia tidak cukup untuk mengubah seluruh karbon menjadi karbon dioksida (CO₂), beberapa bahan bakar tidak terbakar dan beberapa karbon berakhir sebagai CO. Buangan motor bensin mengandung sekitar 0,2% sampai 5% CO. Jumlah CO maksimum dihasilkan saat motor beroperasi dengan campuran kaya, seperti saat mulai dinyalakan pada kondisi dingin atau ketika dipercepat. Bahkan ketika campuran udara-bahan bakar masukan stoikiometrik atau miskin, beberapa CO akan terdapat pada buangan.

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan beracun ketika dihisap. Jika masuk kedalam paru, CO mampu bereaksi dengan *haemoglobine* (Hb) dalam darah,

membentuk *carbonsihaemoglobine* (COHb) yang menghalangi darah menyerap oksigen. Hb sendiri berfungsi sebagai sistem transport yang membawa oksigen dalam bentuk *oksihaemoglobine* (O₂Hb) dari paru-paru ke sel-sel tubuh dan membawa CO₂ dalam bentuk CO₂Hb dari sel-sel tubuh ke paru-paru. Dengan adanya CO dalam darah manusia, maka kemampuan darah sebagai sarana transport oksigen akan terganggu. Karbon monoksida konsentrasi rendah menyebabkan sakit kepala dan menurunkan aktivitas mental dan fisik, sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pingsan bahkan dapat menyebabkan kematian (Kristianto, 2015).

2.3.3 Oksida Nitrogen (NO_x)

Nitrogen Oksida (NO_x), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%. Pada temperatur tinggi (>1370°C), Nitrogen bersatu dengan campuran bahan bakar dan membentuk senyawa NO_x. NO_x disebabkan oleh reaksi unsur-unsur N₂ dan O₂ pada temperatur 1800°C sampai 2000°C. Gas NO yang terkandung di dalam udara mudah berubah menjadi NO₂. NO_x terbentuk dalam proses pembakaran pada mesin karena temperatur saat proses pembakaran melebihi 2000 °C. NO_x dalam gas buang terdiri dari 95 % NO, 3 sampai 4 % NO₂, dan sisanya N₂O, N₂O₃ dan lainnya (Nugraha, 2007).

Dampak senyawa NO_x (Oksida Nitrogen) terhadap kesehatan manusia sangat berbahaya sama seperti senyawa HC, CO dapat menimbulkan gangguan jaringan paru seperti, melemahkan sistem pertahanan paru, asma, infeksi saluran nafas (Winarno, 2014).

2.3.4 Partikulat

Ada tiga kategori emisi partikulat pada motor bensin: timbal, partikulat organik (termasuk jelaga) dan sulfat. Tingkat emisi sulfat bergantung pada kandungan belerang yang terdapat di dalam bahan bakar dan kondisi operasi motor. Belerang yang terdapat di bahan bakar jika dioksidasi di dalam silinder motor berubah menjadi belerang dioksidasi (SO_2). Laju emisi partikulat pada motor yang beroperasi dengan bensin bertimbal (yang mengandung sekitar 0,15 gram Pb/Liter) dapat mencapai 100 sampai 150 mg/km. Partikulat ini didominasi oleh senyawa timbal 25 sampai 60 persen massa timbal yang diemisikan (Kristianto, 2015).

2.3.5 Karbon dioksida (CO_2)

Konsentrasi CO_2 menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO_2 berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO_2 akan turun secara drastis. Apabila CO_2 berada dibawah 12%, maka dilihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO_2 ini hanya ruang bakar. Apabila CO_2 terlalu rendah

tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran *exhaust pipe*. Semakin tinggi kadar CO₂ semakin sempurna pembakarannya dan semakin bagus akselerasinya. Semakin rendah kadar CO₂ ini menandakan kerak di blok mesin sudah pekat dan harus di *overhaul engine*. Kendaraan bermotor 4 tak untuk tahun pembuatan 2010 ke bawah, standar kandungan CO₂ harus di bawah 5,5 %. Sementara untuk motor 4-tak tahun pembuatan di atas 2010 harus memenuhi syarat kadar emisi gas buangnya CO₂ dibawah 4,5 % (Efendri, 2014).

2.4 Parameter Prestasi Motor Bensin 4-Langkah

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan efisiensi *thermal*, η_{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 :

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 (Niwatana, 2011).

2.5 Saringan Udara (*Air Filter*)

Saringan udara (*air filter*) adalah komponen yang berfungsi untuk menyaring udara dari kotoran dan partikel-partikel asing yang masuk bersama dengan udara. Saringan udara pada umumnya ditempatkan dalam kotak udara (*air box*) yang berhubungan dengan udara melalui selang fleksibel yang berfungsi sebagai saluran (*ducting*). Saringan udara juga memiliki fungsi lain yaitu untuk meredam resonansi atau meredam kebisingan yang terjadi akibat dari pusaran udara yang masuk (Kristanto, 2015).



Gambar 4. Saringan Udara (*air filter*) Pada Kendaraan Sepeda Motor

(Sumber : www.asian-accessory.com)

Sistem penggunaan saringan udara secara umum terbagi menjadi dua tipe yaitu sistem terbuka (*open systems*) dan sistem tertutup (*closed system*). Untuk mencari kualitas kebersihan udara dari pada yang dibutuhkan ruang bakar, biasanya penggunaan saringan udara standar adalah pilihan yang tepat, namun jika ingin mencari sesuatu yang berbeda dari performa mesin dapat menggunakan saringan udara *racing* atau *replacement*. Saringan udara yang kotor dapat menimbulkan dampak yang negatif bagi komponen mesin seperti tersumbatnya saluran-saluran yang ada pada karbulator serta piston dan silinder yang akan cepat mengalami keausan, oleh karena itu untuk mendapatkan kinerja mesin yang optimal dibutuhkan kondisi filter yang bersih (Fuhaid, 2010).

2.6 Abu (*Ash*) Kelapa Sawit

Abu (*Ash*) kelapa sawit adalah limbah padat yang diperoleh dari sisa pembakaran cangkang dan *fiber* kelapa sawit. Pada pabrik kelapa sawit (PKS) produksi kelapa sawit selain menghasilkan minyak juga menghasilkan produk sampingan berupa limbah cangkang dan *fiber* kelapa

sawit yang digunakan sebagai bahan bakar ketel. Dimana emisi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran di furnace kemudian dimanfaatkan untuk mengkonversi air umpan didalam pipa menjadi uap, dan uap inilah yang dipakai untuk memanaskan atau merebus Tandan Buah Segar (TBS) di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) ataupun ekstraksi minyak sawit (Siregar, 2008).

Proses pembakaran cangkang dan *fiber* di ketel berlangsung pada temperatur 500°C-700°C dan menyisakan produk samping berupa abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) atau yang disebut juga kerak boiler (Prianti dkk, 2015).

2.6.1 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) cangkang dan *fiber* kelapa sawit merupakan limbah padat utama hasil pembakaran boiler. Limbah *fly ash* kelapa sawit ini memiliki sifat-sifat fisik yang ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral pengotor dalam cangkang kelapa sawit serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran cangkang dan *fiber* kelapa sawit, abu yang dihasilkan memiliki titik leleh yang lebih tinggi dari pada temperatur pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu dengan butiran-butiran yang sangat halus berwarna gelap dan bobot yang lebih ringan dibandingkan abu *bottom ash*. Adapun kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat pada limbah *fly ash* kelapa sawit yaitu silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3).

2.6.2 Abu Dasar (*Bottom Ash*)

Abu dasar (*bottom ash*) merupakan abu hasil pembakaran boiler yang tidak tertampung pada *dust collector*. Limbah *bottom ash* merupakan fraksi lebih kasar dibanding *fly ash* dan memiliki warna abu-abu keputihan. Abu dasar tertinggal pada oven pembakar sebagai butiran abu padat atau leburan kerak yang memadat. Ukuran *bottom ash* relatif besar sehingga memiliki bobot yang terlalu berat untuk dibawa oleh gas buang dan umumnya terkumpul pada dasar ataupun disekitar oven pembakar (Anjani, 2015).

Tabel 1. Komposisi Kimia Utama Pada *Bottom Ash* Kelapa Sawit (Prianti dkk, 2015).

Unsur Kimia	Kuantitas (%)
SiO ₂	29,9
Al ₂ O ₃	1,9
CaO	26,9

2.7 Tepung Tapioka

Tepung tapioka atau yang juga sering disebut tepung aci merupakan butiran pati yang diekstrak dari singkong. Biasanya usia optimum tanaman singkong yang dipanen untuk diolah menjadi produk tepung tapioka yaitu antara 18-20 bulan, namun tergantung juga dari varietas singkong itu sendiri (Grace, 1997).

Tepung tapioka biasanya banyak dimanfaatkan sebagai ingredien maupun aditif di industri pangan. Tepung tapioka juga direkomendasikan untuk memperbaiki ekspansi produk ekstrusi, sebagai pengental pada produk yang kondisi prosesnya tidak ekstrim, dan juga sebagai bahan pengikat atau perekat untuk produk-produk makanan seperti biskuit dan konfeksioneri. Tepung tapioka sering digunakan sebagai pengganti tepung sagu karena sifat keduanya hampir sama. Warna putih yang dimiliki oleh tepung tapioka banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pewarna putih alami. Umumnya tepung tapioka digunakan juga sebagai pengental makanan karena efeknya akan kental dan bening saat dipanaskan. Kelemahan dalam penggunaan tepung tapioka adalah tidak larut dalam air dingin, pemasakannya memerlukan waktu yang cukup lama dan pasta yang terbentuk cukup keras (Tanukari, 2004).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.1.1 Sepeda motor bensin 4-langkah 100 cc

Pada penelitian ini, mesin uji yang digunakan dalam pengujian *filter bottom ash* kelapa sawit yaitu, mesin sepeda motor bensin 4-langkah 100 cc. Adapun spesifikasi mesin uji motor bensin yang digunakan adalah sebagai berikut :

Merk dan tipe	: Honda Revo
Tipe mesin	: 4 langkah, SOHC
Sistem pendingin	: Pendingin udara
Jumlah silinder	: 1 (satu)
Diameter silinder	: 50 mm
Langkah piston	: 49,5 mm
Kapasitas silinder	: 97,1 cc (100cc)
Perbandingan kompresi	: 9,0 : 1
Gigi transmisi	: 4 Kecepatan (N-1-2-3-4) rotari

Tahun perakitan : 2008

Kapasitas tangki bahan bakar : 3,7 liter



Gambar 5. Sepeda Motor Yang Digunakan Dalam Penelitian

3.1.2 Alat yang digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pada saat pengujian.



Gambar 6. Stopwatch

2. Tachometer

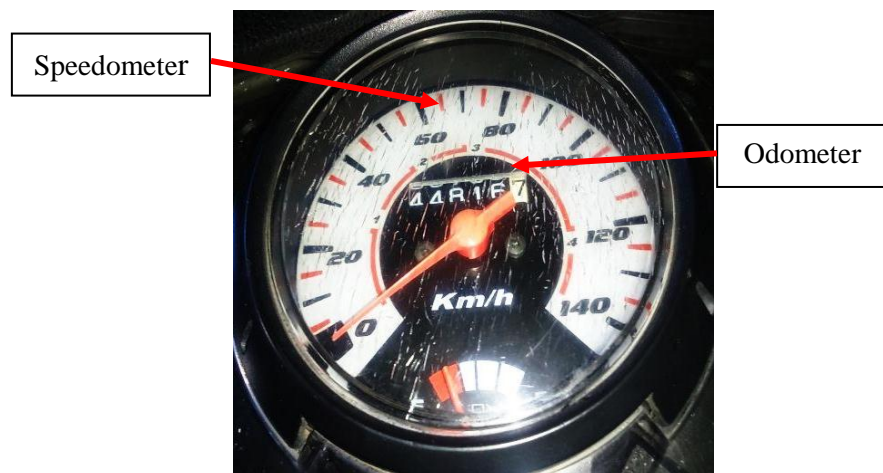
Tachometer yang dipakai dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui putaran mesin (rpm).



Gambar 7. Tachometer

3. Perangkat Analog

Perangkat analog terdiri dari speedometer untuk mengukur kecepatan dan odometer untuk mengukur jarak tempuh saat pengujian.



Gambar 8. Perangkat Analog

4. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak adonan *bottom ash* kelapa sawit, air dan tapioka sehingga menjadi pelet.



Gambar 9. Cetakan

5. Tangki bahan bakar modifikasi

Tangki yang digunakan adalah tangki yang dimodifikasi kapasitas 240 ml yang dilengkapi dengan indikator ukuran sehingga mempermudah pengambilan konsumsi bahan bakar.



Gambar 10. Tangki Bahan Bakar Modifikasi

6. Oven

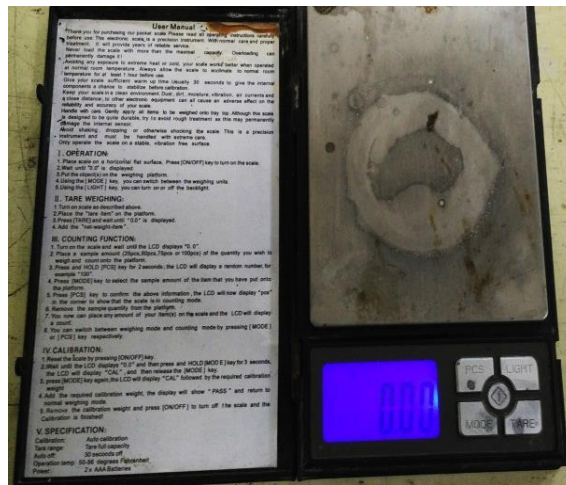
Oven digunakan untuk melakukan aktivasi fisik pada pelet *bottom ash* kelapa sawit.



Gambar 11. Oven

7. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur massa komposisi adonan dalam pembuatan pelet *bottom ash* kelapa sawit.



Gambar 12. Timbangan Digital

8. Kompor listrik

Kompor listrik digunakan untuk memanaskan air yang kemudian dicampurkan dengan tepung tapioka.



Gambar 13. Kompor Listrik

9. Ampia

Ampia digunakan untuk memipihkan adonan *bottom ash* kelapa sawit, air dan tapioka dengan ketebalan 3 mm.



Gambar 14. Ampia

10. Kemasan *bottom ash* kelapa sawit

Pelet *bottom ash* kelapa sawit dikemas dengan menggunakan kawat strimin yang dimensinya disesuaikan dengan ruang pada rumah *filter* udara.



Gambar 15. Kemasan *Bottom ash* kelapa sawit

3.1.3 Bahan yang digunakan

1. Limbah *bottom ash* kelapa sawit

Limbah *Bottom ash* kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PTPN VII Unit Usaha Bekri.

2. Air mineral

Air mineral digunakan yaitu, air mineral dengan merk aqua. Air Mineral digunakan untuk mencampur adonan *bottom ash* kelapa sawit sehingga mempermudah proses pencetakan pelet.

3. Tepung tapioka

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

3.2 Persiapan Bahan

Setelah semua bahan dipersiapkan, selanjutnya bahan tersebut ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai komposisi yang telah ditentukan untuk tiap konsentrasi pelet *bottom ash*. Adapun persentase komposisi campuran dalam tiap varian pada pembuatan pelet *bottom ash* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Komposisi Campuran Tiap Varian Pelet *Bottom Ash*

Varian	Komposisi (%)		
	Tapioka	Air	<i>Bottom Ash</i>
1	6	33	61
2	4	33	63
3	2	33	65

3.2.1 Prosedur Pembuatan Pelet *Bottom Ash*

Adapun prosedur pembuatan dan pencetakan pelet *bottom ash* kelapa sawit, yaitu :

1. Memanaskan air mineral hingga hampir mendidih menggunakan kompor listrik dengan daya 300 watt.
2. Memasukkan tepung tapioka kedalam air mineral yang telah dipanaskan dan mengaduknya hingga merata sampai campuran tersebut mengental seperti lem.

3. Menuangkan campuran tapioka dan air kedalam wadah yang berisi *bottom ash* kelapa sawit.
4. Mengaduk campuran air, tapioka dan *bottom ash* kelapa sawit hingga merata.
5. Memipihkan adonan menggunakan ampia dengan tebal 3 mm.
6. Mencetak adonan tersebut dengan cetakan hingga didapatkan pelet *bottom ash* dengan dimensi diameter 10 mm dan tebal 3 mm.
7. Mengeringkan hasil cetakan pelet *bottom ash* tersebut pada temperatur ruangan (secara alami) dengan waktu kurang lebih 1 malam.
8. Mengaktivasi fisik pelet *bottom ash* selama 30 menit dengan variasi temperatur aktivasi yaitu 150°C, 200°C dan 250°C.
9. Melakukan pengujian daya rekat pelet untuk melihat daya rekat pelet terbaik.
10. Mengemas pelet *bottom ash* menggunakan kawat strimin yang dimensinya disesuaikan dengan bentuk *filter* udara standar. Massa pelet yang dikemas yaitu sebanyak 75%.
11. Menyimpan kemasan pelet *bottom ash* pada wadah stoples agar tidak terkontaminasi dengan udara luar.

3.3 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Pengujian Daya Rekat Pelet

1. Menimbang massa pelet *bottom ash* dengan jumlah pelet sebanyak 15 butir
2. Memasukkan pelet kedalam kantung plastik yang diberi udara terlebih dahulu
3. Mengguncang-guncangkan pelet tersebut seperti Gambar 16 sebanyak 50 kali.



Gambar 16. Pengujian Daya Rekat Pelet *Bottom Ash*

4. Menimbang kembali massa pelet *bottom ash*.
5. Mencatat pengurangan massa pelet *bottom ash*.
6. Mengulangi langkah 2 sampai langkah 5.

3.3.2 Pengujian pada sepeda motor bensin

1. Melakukan servis rutin (*tune up*) terlebih dahulu sebelum pengujian agar mesin sepeda motor dengan kondisi prima.
2. Memanaskan mesin sepeda motor selama ± 5 menit .
3. Memasang tangki bahan bakar modifikasi pada sepeda motor
4. Melakukan pengujian stasioner dengan variasi putaran mesin 1500 rpm, 3000 rpm, dan 4500 rpm selama 5 menit. Setiap pengujian dilakukan, selalu mengukur volume awal dan volume akhir bahan bakar serta mencatat pengurangan volume bahan bakar. Kemudian melakukan pengulangan sebanyak 3 kali.
5. Melakukan pengujian berjalan sejauh 5 km dengan kecepatan rata-rata 60 km/jam. Setiap melakukan pengujian, selalu mengukur volume awal dan volume akhir bahan bakar serta mencatat pengurangan volume bahan bakar. Melakukan pengulangan sebanyak 3 kali.
6. Melakukan pengujian akselerasi dengan kecepatan 0-80 km/jam dan 40-80 km/jam. Setiap pengujian dilakukan, selalu mencatat waktu yang diperoleh saat pengujian. Melakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Melakukan langkah 4-5 untuk semua varian *filter pelet bottom ash* kelapa sawit.

3.3.3 Pengujian Emisi Gas Buang

Adapun prosedur dalam pengujian emisi gas buang adalah sebagai berikut :

1. Pemanasan Mesin

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

2. Kalibrasi Gas Analyzer

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

3. Pengujian dengan dan tanpa menggunakan *bottom ash*. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran ini digunakan sebagai perbandingan dengan data pada pengukuran menggunakan *bottom ash*.

Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

- a) Mesin dalam keadaan menyala dalam kondisi idle 1500 rpm dan probe sensor sudah dimasukkan dalam knalpot.
- b) Nilai pada fuel gas analyzer diprint datanya setelah 5 menit motor dihidupkan.
- c) Kemudian dengan langkah yang sama pula, pengukuran dilakukan kembali untuk putaran mesin yang berbeda yaitu 3500 rpm dengan menggunakan sampel yang berbeda sebagai perbandingan.

3.4 Pengambilan Data

Data yang diambil dalam pengujian ini adalah pengujian daya rekat pelet, dan prestasi mesin pada pengujian stasioner dan pengujian berjalan untuk melihat perbandingan konsumsi bahan bakar, akselerasi untuk mengetahui waktu tempuh mencapai kecepatan tertentu, dan pengujian emisi untuk mengetahui emisi gas buang kendaraan dengan tanpa *filter bottom ash* kelapa sawit dan menggunakan *filter bottom ash* kelapa sawit. Berikut langkah-langkah dalam pengambilan data saat pengujian :

3.4.1 Pengujian daya rekat

Pengujian daya rekat dilakukan untuk melihat temperatur aktivasi dan komposisi pelet terbaik yang memiliki ketahanan yang paling baik terhadap guncangan. Data yang didapat dicatat di dalam tabel 3 seperti berikut ini :

Tabel 3. Data pengujian daya rekat pelet untuk melihat temperatur aktivasi terbaik

Komposisi Tapioka (%)	Temperatur Aktivasi (°C)	Pengurangan Massa (gr) Pada Pengujian Ke-		
		1	2	3
	150			
	200			
	250			

3.4.2 Pengujian konsumsi bahan bakar

Pengujian ini terdiri dari 2 bentuk pengujian, yaitu :

1. Pengujian stasioner

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur konsumsi bahan bakar tanpa menggunakan *filter* udara pelet *bottom ash* dan dengan menggunakan *filter* udara pelet *bottom ash* pada kendaraan dengan kondisi diam dan pada putaran mesin tertentu. Data yang di dapat dicatat di dalam tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Data pengujian stasioner

Komposisi Tapioka (%)	Temperatur Aktivasi (°C)	Putaran (rpm)	Pengujian ke-	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
	150	1500	1	
		3000	2	
		4500	3	
	200	1500	1	
		3000	2	
		4500	3	
	250	1500	1	
		3000	2	
		4500	3	

2. Pengujian berjalan 5 km dengan kecepatan 60 km/jam

Pengujian berjalan dilakukan untuk melihat konsumsi bahan bakar kendaraan dengan dan tanpa *filter pelet bottom ash*. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali dengan kecepatan dijaga konstan 60 km/jam dan panjang jarak yang ditempuh 5 km. Data hasil pengujian dicatat di dalam tabel 5 seperti berikut :

Tabel 5. Data pengujian berjalan 5 km kecepatan 60 km/jam

Variasi Tapioka (%)	Temperatur Aktivasi (°C)	Pengujian Ke-	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
	150	1	
		2	
		3	
	200	1	
		2	
		3	
	250	1	
		2	
		3	

3.4.3 Pengujian akselerasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu tempuh atau waktu yang dibutuhkan sepeda motor dalam mencapai kecepatan tertentu. Dalam pengujian ini kecepatan yang ditentukan adalah 2 variasi kecepatan 0-80 km/jam dan 40-80 km/jam. Data hasil yang diperoleh saat pengujian dicatat di dalam tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Data hasil pengujian akselerasi

Variasi Tapioka (%)	Temperatur Aktivasi (°C)	Pengujian ke-	Waktu Tempuh (s)
	150	1	
		2	
		3	
	200	1	
		2	
		3	
	250	1	
		2	
		3	

3.4.4 Pengujian emisi gas buang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan polutan yang dihasilkan dari pembakaran sepeda motor bensin tanpa dan dengan saringan udara pelet *bottom ash* (diambil satu dari masing-masing variasi komposisi yang telah teraktivasi dengan temperatur 200°C) .

Data hasil pengujian dicatat di dalam tabel 7 sebagai berikut :

Tabel 7. Data hasil pengujian emisi gas buang kendaraan

Komposisi Tapioka (%)	Temperatur Aktivasi (°C)	Putaran Mesin (rpm)	Pengujian ke-	Kadar CO (%)	Kadar HC (ppm)	Kadar CO ₂ (%)
		1500	1			
			2			
			3			
		3500	1			
			2			
			3			

3.5 Lokasi Penelitian

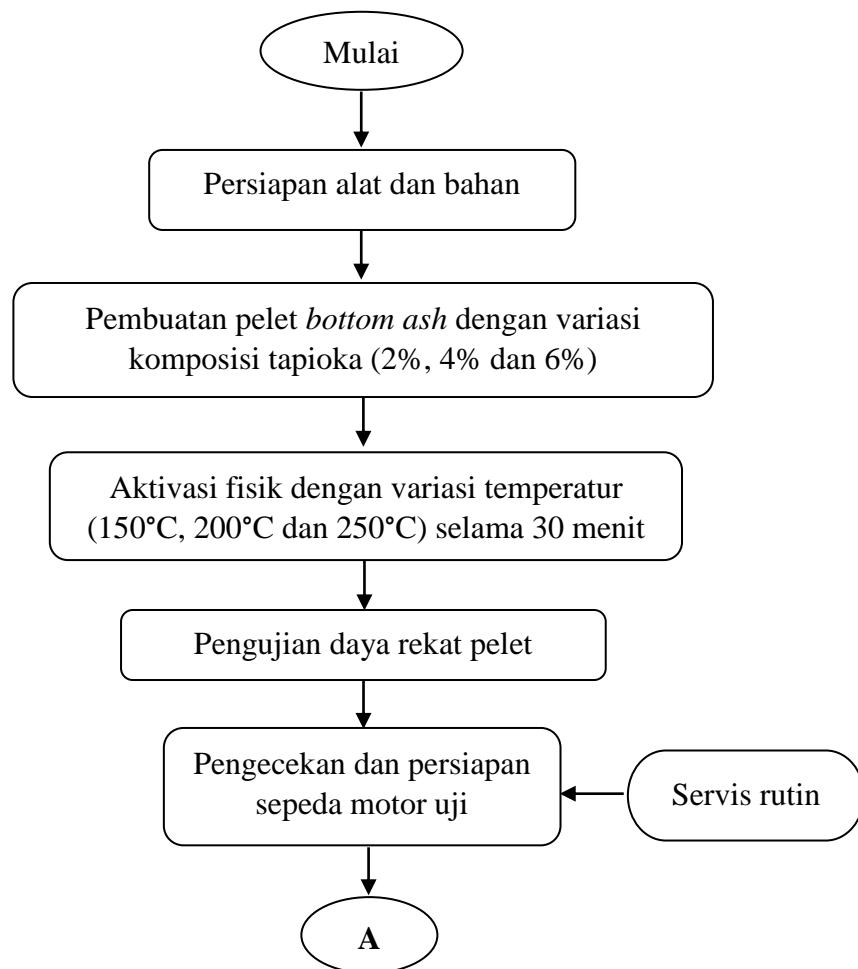
Adapun beberapa lokasi penelitian adalah sebagai berikut :

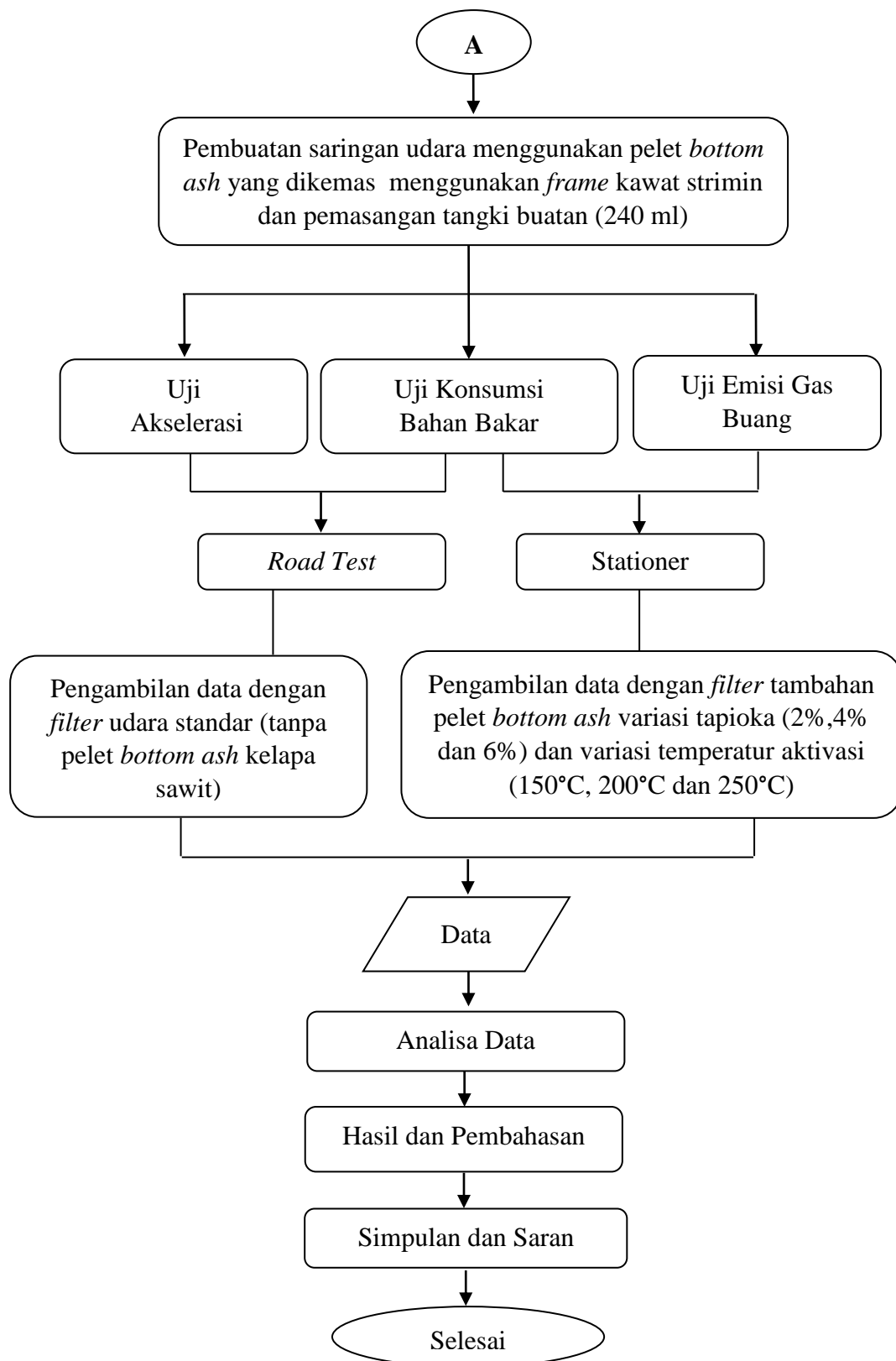
1. Pembuatan sampel dan pengujian daya rekat dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

2. Pengujian stasioner dilakukan di Wisma Elvindo, Kampung Baru, Bandar Lampung.
3. Pengujian berjalan dan akselerasi dilakukan di Kota Baru (dekat Institut Teknologi Sematera), Bandar Lampung.
4. Pengujian emisi gas buang dilakukan Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :





Gambar 17. Diagram alir penelitian

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap penggunaan pelet *bottom ash* kelapa sawit sebagai adsorben udara pembakaran atau *filter* udara tambahan pada mesin uji sepeda motor bensin 4-langkah Honda Revo 100 cc. Maka, diperoleh beberapa simpulan yaitu sebagai berikut:

1. Semakin banyak jumlah perekat tapioka pada campuran komposisi pelet maka, semakin tinggi daya rekat pelet. Namun, semakin tinggi temperatur aktivasi yang diberikan terhadap pelet maka akan semakin berkurang daya rekat pelet tersebut. Sehingga pada saat pengujian daya rekat, pelet yang memiliki daya rekat terbaik didapatkan pada pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan jumlah perekat tapioka 6% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 150°C.
2. Penggunaan pelet *bottom ash* kelapa sawit sebagai adsorben udara pembakaran ternyata mampu meningkatkan penghematan konsumsi bahan bakar dimana penghematan konsumsi bahan bakar tertinggi yang diperoleh pada pengujian *stationer* yaitu, sebesar 31,915% (5 ml) pada putaran 1500 rpm terjadi ketika menggunakan pelet dengan variasi perekat tapioka 2% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 150°C, pada putaran 3000

rpm diperoleh penghematan sebesar 18,033% (3,667 ml) terjadi ketika menggunakan pelet dengan variasi perekat tapioka 4% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 250°C dan pada putaran 4500 rpm diperoleh sebesar 12,745% (4,333 ml) terjadi ketika menggunakan pelet dengan variasi perekat tapioka 6% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C dan 250°C. Penghematan konsumsi bahan bakar tertinggi pada pengujian berjalan yaitu sebesar 7,025 % (5,667) terjadi ketika menggunakan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan variasi perekat tapioka 2% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C.

3. Selain dapat meningkatkan penghematan konsumsi bahan bakar penggunaan *bottom ash* kelapa sawit juga mampu meningkatkan akselerasi mesin. Dimana akselerasi tertinggi yang diperoleh pada kecepatan 0-80 Km/Jam yaitu, sebesar 10,9% (1,52 detik) dan pada kecepatan 40-80 Km/Jam diperoleh sebesar 11,94% (1,17 detik) terjadi ketika menggunakan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan variasi perekat tapioka 2% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 250°C.
4. Penggunaan pelet *bottom ash* kelapa sawit sebagai adsorben udara pembakaran mampu mereduksi emisi gas buang CO sebesar 10,366% pada putaran 1500 rpm ketika menggunakan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan variasi perekat tapioka 4% dan 6% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C. Kemudian mampu mereduksi emisi gas buang CO sebesar 14,028% pada putaran 3500 rpm terjadi ketika menggunakan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan variasi perekat tapioka 2% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C. Selain itu pelet *bottom*

ash juga mampu mereduksi emisi gas buang HC sebesar 15,714% (11 ppm) pada putaran 1500 rpm ketika menggunakan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan variasi perekat tapioka 6% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C. Kemudian mampu mereduksi emisi gas buang HC sebesar 6,897% (2 ppm) pada putaran 3500 rpm terjadi ketika menggunakan pelet *bottom ash* kelapa sawit dengan variasi perekat tapioka 4% yang telah teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C.

5. Hasil pengujian membuktikan bahwa pengaruh variasi perekat tapioka pada komposisi pelet lebih signifikan terhadap prestasi mesin dari pada variasi temperatur aktivasi. Dari pengujian keseluruhan yang dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan penggunaan pelet *bottom ash* kelapa sawit yang terbaik terhadap peningkatan prestasi mesin didapatkan saat menggunakan pelet dengan jumlah perekat tapioka 2% yang teraktivasi fisik dengan temperatur 200°C.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan agar penelitian selanjutnya lebih baik lagi dalam mengembangkan *bottom ash* kelapa sawit sebagai adsorben udara pembakaran yaitu, sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan pengukuran massa sebelum dan sesudah pengujian *filter* pelet *bottom ash* kelapa sawit sehingga dapat diketahui apakah terjadi pengurangan massa pada pelet saat pengujian dilakukan.
2. Perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan pelet *bottom ash* kelapa sawit dalam menyerap uap air pada kondisi cuaca yang berbeda.

3. Perlu dilakukan pengujian akselerasi dengan metode pengambilan data yang lebih efektif sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Fajril dkk. 2012. *Kajian Variasi Perbandingan Volume Reaktan Pada Sintesis Zeolit 4A Dari Fly Ash Sawit Dengan Temperatur 70°C dan 80°C*. Jurnal Teknobiologi Vol. 03, No. 02. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Anjani, D. 2015. *Pembuatan Silika Gel Menggunakan Abu Kerak Boiler PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia Terhadap Pengaruh Konsentrasi Na₂CO₃ Sebagai Pelarut*. Laporan Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Bundarto. 2016. *Pintar Servis Mesin Diesel*. PT Pustaka Baru. Yogyakarta. 138 hlm.
- Cengel, Y. A. & Michael. A. B. 2006. *Thermodynamis An Engineering Aproach*. Glossari to Accompany. 9: 493- 502.
- Daryanto. 2000. *Motor Bakar Untuk Mobil*. PT Rineka Cipta. Jakarta 10210.
- Efendri, D. 2014. *Pengaruh Variasi Komposisi, Jenis Air, Dan Kondisi Aktivasi Dari Adsorben Fly Ash Batu Bara Terhadap Prestasi Mesin Dan Kandungan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Karburator 4-Langkah*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Fuhaid, N. 2010. *Pengaruh Filter Udara Pada Karbulator Terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor*. Jurnal Proton Vol. 2, No. 2. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Widyagama. Malang.
- Grace, M.R. 1977. *Cassava Processing*. Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma.
- Hambali, Mulkam dkk. 2013. *Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Airnya*. Jurnal Teknik Kimia No. 04, Vol. 19. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sriwijaya. Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662.
- Hidayat, W. 2012. *Motor Bensin Modern*. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Ismiyati. Devi, M. Deslida, S. 2014. *Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTranLog). Vol. 01 No. 03.
- Kristanto, P. 2015. *Motor Bakar Torak :Teori & Aplikasinya*. CV Andi Offset. Yogyakarta 55281. 246 hlm.
- Niwatana Sonic. 2011. *Aplikasi Zeolit Pelet Perekat Yang Diaktivasi Basa-Fisik Untuk Mengamati Prestasi Mesin Sepeda Motor Bensin 4-Langkah Dan Emisi Gas Buangnya*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Novelina. 2015. *Kajian Pengeringan Kemoreaksi Dengan Kalsium Oksida Serta Dampaknya Terhadap Stress Dan Kerusakan Kultur*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Nugraha, S. B. 2007. *Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (Efi) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor*. Jurnal Ilmiah dan Teknologi Terapan Vol. 05, No. 02. Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif. UNY. Yogyakarta.
- Prayitno, H. 2014. *Pengaruh Penggunaan Fly Ash Cangkang Dan Serabut Kelapa Sawit Bentuk Pelet Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4 Langkah*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prianti, E. Mariana, B. M. Boni, P. L. 2015. *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir pada Pembuatan Beton*. Jurnal Positron Vol. 05, No. 01. Program Studi Fisika. FMIPA. Universitas Tanjung Pura.
- Retno, E. Agus. Barkah, R..S. Nurul W. 2012. *Pembuatan Ethanol Fuel Grade Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorbent Granulated Natural Zeolite Dan CaO*. Jurnal Simposium Nasional. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rilham, Dimas. 2012. *Pengaruh Aplikasi Fly Ash Bentuk Pelet Perekat yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Siregar, P. 2008. *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Medan.

Tonukari, N. J. 2004. *Cassava and the future of starch. Electronic. Journal of Biotechnology. Nigeria.*

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

Winarno, J. 2014. Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. *Jurnal Teknik.* Jurusan Teknik Mesin. Universitas Janabadra. Yogyakarta.

<http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2015/09/07/073500026/Cadangan.Mi>

nyak.Indonesia.Tinggal.3.7.Miliar.Barrel. Diakses : Sabtu, 18 Juni 2016.

<http://lampung.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/396>. Diakses: Sabtu, 18 Juni 2016 .