

**PENGARUH *FILTER* UDARA BERBAHAN CAMPURAN  
ARANG SEKAM PADI DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA  
DENGAN VARIASI KOMPOSISI DAN VARIASI  
TEMPERATUR AKTIVASI TERHADAP PRESTASI SEPEDA  
MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

(Skripsi)

Oleh

**THEOFILLIUS GUSTAVO NAIBORHU**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### PENGARUH *FILTER* UDARA BERBAHAN CAMPURAN ARANG SEKAM PADI DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN VARIASI KOMPOSISI DAN VARIASI TEMPERATUR AKTIVASI TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH

Oleh  
Theofilius Gustavo Naiborhu

Penggunaan sepeda motor membutuhkan bahan bakar dan menimbulkan polusi udara seperti gas CO dan HC. Penggunaan arang sekam padi dan tempurung kelapa sebagai adsorben dapat meningkatkan prestasi mesin sepeda motor bensin 4-langkah pada penelitian sebelumnya. Untuk meningkatkan kemampuan serbuk arang tersebut sebagai adsorben, maka pada penelitian ini dilakukan pencampuran serbuk arang sekam padi dengan arang tempurung kelapa dengan variasi komposisi campuran dan temperatur aktivasi.

Penelitian dilakukan dengan pengujian berjalan yaitu pengujian konsumsi bahan bakar (berjalan konstan 50 km/jam menempuh jarak 5 km) dan pengujian akselerasi (0-80 km/jam) dan pengujian stasioner yaitu pengujian konsumsi bahan bakar dengan putaran mesin 1500 rpm dan 3000 rpm, dan uji emisi gas buang (jenis *filter* terbaik pada seluruh pengujian sebelumnya) pada putaran mesin 1500 rpm. Variasi komposisi campuran serbuk arang adalah 0:100%, 100%:0%, 25%:75%, 50%:50%, dan 75%:25%. Variasi temperatur aktivasi yaitu tanpa perlakuan aktivasi, 175°C, 200°C, dan 225°C. Pengujian dilakukan pada setiap jenis *filter* arang dan pengujian dalam kondisi normal (tanpa *filter* arang).

Berdasarkan hasil pengujian, terbukti *pellet* campuran arang mampu menurunkan konsumsi bahan bakar hingga sebesar 11,67% dan meningkatkan akselerasi 11,64% pada pengujian berjalan. Pada pengujian stasioner, *pellet* campuran arang mampu menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 51,22% pada putaran mesin 1500 rpm dan 27,97% pada putaran mesin 3000 rpm. Pada pengujian emisi gas buang, kadar CO menurun sebesar 21,43% dan kadar HC sebesar 21,12% dari kondisi normal. Jenis *pellet* campuran arang terbaik pada seluruh pengujian yaitu 3S25%T75%.

Kata kunci : prestasi mesin bensin 4-langkah, adsorben, arang sekam padi, arang tempurung kelapa, campuran, aktivasi fisik.

**PENGARUH *FILTER* UDARA BERBAHAN CAMPURAN  
ARANG SEKAM PADI DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA  
DENGAN VARIASI KOMPOSISI DAN VARIASI  
TEMPERATUR AKTIVASI TERHADAP PRESTASI SEPEDA  
MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

Oleh

**Theofillius Gustavo Naiborhu**

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  
2019**

**Judul Skripsi** : **PENGARUH *FILTER* UDARA BERBAHAN CAMPURAN ARANG SEKAM PADI DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN VARIASI KOMPOSISI DAN VARIASI TEMPERATUR AKTIVASI TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH**

**Nama Mahasiswa** : **Theofillius Gustavo Naiborhu**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : **1515021012**

**Jurusan** : **Teknik Mesin**

**Fakultas** : **Teknik**

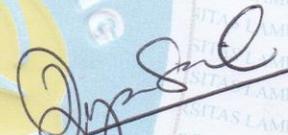
**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



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

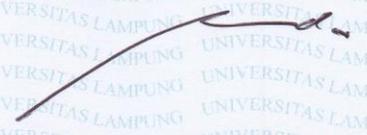
**NIP. 19660822 199512 1 001**



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

**NIP. 19801001 20082 1 001**

**2. Ketua Jurusan Teknik Mesin**



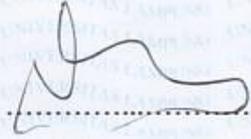
**Ahmad Su'udi, S.T, M.T.**

**NIP. 19740816 200012 1 001**

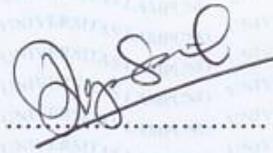
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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



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



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



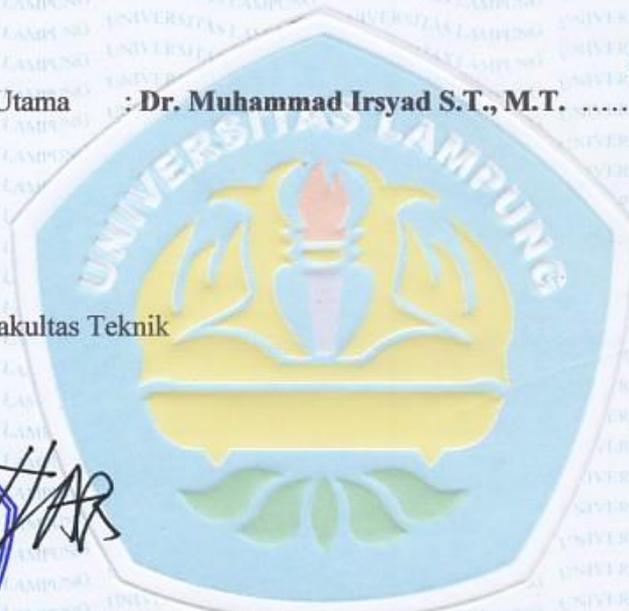
**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Dr. Drs. Suharno, M. Sc.**

**NIP. 19620717 198703 1 002**

**Tanggal lulus ujian skripsi : 3 Oktober 2019**



## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

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.

Bandar Lampung, 17 Oktober 2019

Yang menyatakan,



Theofillius Gustavo Naiborhu

NPM. 1515021012

# *Motto*

*“Diberkatilah orang yang mengandalkan Tuhan,  
yang menaruh harapannya pada Tuhan!”*

*-Yeremia 17:7-*

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung pada tanggal 29 Agustus 1996. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Jansen Piter Naiborhu dan Ibu Sulastri br. Sitourus. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Xaverius Panjang, Bandar Lampung pada tahun 2003. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Xaverius 2 Bandar Lampung pada tahun 2009, pendidikan menengah pertama di SMP Xaverius 1 Bandar Lampung pada tahun 2012, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2015. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui SNMPTN pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) di bidang Kerohanian sebagai kepala divisi Non-Islam. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik (KKN-Tematik) pada tahun 2018 sebagai Koordinator Desa di desa Rajabasa Baru, Kecamatan Mataram Baru, Kabupaten Lampung Timur. Penulis juga telah melaksanakan Program Kerja Praktik (KP) di PT. Bukit Asam Unit Pelabuhan Tarahan Lampung pada tahun 2018. Penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh *Filter* Udara Berbahan Campuran Arang Sekam Padi dan Arang Tempurung Kelapa dengan Variasi Komposisi dan Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah” di bawah bimbingan Bapak Ir. Herry Wardono M.Sc., IPM dan M. Dyan Susila E. S., S.T., M.Eng.

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan rahmat-Nya dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Skripsi yang berjudul “Pengaruh *Filter* Udara Berbahan Campuran Arang Sekam Padi dan Arang Tempurung Kelapa dengan Variasi Komposisi dan Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ahmad Suudi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Herry Wardono, M. Sc., IPM, selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan perhatian, dan memotivasi selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II dan yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan sumbangan pemikiran, kritik, dan saran kepada penulis demi terselesaikannya skripsi ini serta memberikan kesempatan bagi penulis untuk membantu beliau sebagai asisten dosen.

5. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T., selaku pembahas yang telah memberikan masukan baik kritik maupun saran yang sangat bermanfaat untuk penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Kedua orang tuaku, Bapak (Jansen Piter Naiborhu) dan Ibu (Sulastri br Sitourus) terima kasih atas perhatian dan kasih sayang yang telah diberikan serta doa yang terus dinaikkan kepadanya.
8. Teman-teman seluruh angkatan 2015 di Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Abang-abang dan teman-teman seperjuangan di Lab. Motor Bakar dan Propulsi.
10. Mas Agus, Mas Dadang, Mas Nanang dan Mas Marta, terima kasih atas bantuannya selama ini, terima kasih banyak.
11. Almamater tercinta yang telah mendewasakanku.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga dengan kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan pada penulis mendapat balasan pahala yang setimpal dari Tuhan yang Maha Esa dan semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung, 17 Oktober 2019  
Penulis

**Theofillius Gustavo Naiborhu**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SANWACANA</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	5
C. Manfaat Penelitian .....	6
D. Batasan Masalah .....	7
E. Sistematika Penulisan .....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	10
A. Motor Bakar .....	10
1. Motor Bensin .....	11
2. Motor <i>Diesel</i> .....	15
B. Proses Pembakaran .....	17
C. Emisi Gas Buang .....	19
D. Parameter Prestasi Mesin .....	23
E. Saringan Udara ( <i>Filter</i> ) .....	24
F. Adsorpsi .....	25
1. Zeolit .....	26

2. Arang .....	26
a. Aktivasi .....	28
b. Sekam Padi .....	29
c. Tempurung Kelapa .....	32
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
A. Alat dan Bahan Penelitian .....	34
1. Alat Penelitian .....	34
2. Bahan Penelitian .....	42
B. Persiapan Alat dan Bahan .....	43
1. Proses Pembuatan Arang Tempurung Kelapa .....	43
2. Proses Pembuatan Arang Sekam Padi .....	45
3. Pembuatan <i>Pellet</i> .....	47
4. Pembuatan <i>Frame</i> .....	51
C. Prosedur Pengujian .....	53
1. Pengujian Berjalan .....	54
2. Pengujian Stasioner .....	58
3. Pengujian Emisi Gas Buang .....	60
D. Tempat dan Waktu Penelitian .....	62
1. Tempat Penelitian .....	62
2. Waktu Penelitian .....	63
E. Analisis Data .....	63
F. Diagram Alir Pengambilan Data dan Analisis Data .....	64
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>65</b>
A. Hasil Penelitian .....	65
B. Pembahasan .....	70
1. Pengujian konsumsi bahan bakar .....	73
a. Pengujian berjalan .....	74
b. Pengujian stasioner .....	77

2. Pengujian akselerasi .....	82
3. Pengujian emisi gas buang .....	86

**V. SIMPULAN DAN SARAN**

A. Simpulan .....	93
B. Saran .....	94

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Penamaan jenis <i>filter</i> berdasarkan komposisi campuran dan temperatur aktivasi .....	49
2. Komposisi campuran dan berbagai jenis arang sekam padi dan tempurung kelapa berdasarkan komposisi ideal dengan massa total 300 gram .....	51
3. Pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap konsumsi bahan bakar pada pengujian berjalan .....	66
4. Pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap akselerasi diam (0-80 km/jam) .....	67
5. Pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap konsumsi bahan bakar pada kondisi stasioner .....	68
6. Pengaruh variasi <i>filter</i> terhadap emisi gas buang pada kondisi stasioner dengan putaran mesin 1500 rpm .....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram P-v dari siklus <i>idle</i> sepeda motor bensin 4-langkah .....	13
2. Siklus kerja motor bensin 4-langkah .....	15
3. Filter motor supra x 125 .....	25
4. Arang kering .....	27
5. Sekam padi .....	30
6. Tempurung kelapa .....	32
7. Alat uji emisi gas buang .....	35
8. <i>Stopwatch</i> digital .....	36
9. <i>Tachometer</i> digital .....	36
10. Cetakan <i>pellet</i> .....	37
11. <i>Oven</i> listrik .....	37
12. Timbangan digital .....	38
13. Gelas ukur .....	38
14. Kompor listrik .....	39
15. Kawat strimin .....	39
16. Drum pembakaran .....	40
17. Ayakan 100 <i>mesh</i> .....	40
18. Tumbukan .....	41
19. Ampia .....	42
20. Proses pembuatan arang tempurung kelapa .....	44
21. Arang tempurung kelapa dikeluarkan dari drum pembakaran .....	47
22. Proses pengarangan sekam padi menggunakan <i>oven</i> listrik .....	46
23. Arang sekam padi yang dikeluarkan dari <i>oven</i> listrik .....	41
24. Proses pembuatan arang menjadi serbuk .....	48

25. Proses pembuatan serbuk arang menjadi <i>pellet</i> .....	49
26. Proses aktivasi <i>pellet</i> .....	50
27. Proses pembuatan <i>frame</i> .....	53
28. Posisi <i>filter</i> udara .....	53
29. Diagram alir penelitian .....	64
30. Komposisi campuran 71% arang, 18% air, dan 11% tapioka .....	71
31. Komposisi campuran 60% arang, 25% air, dan 15% tapioka .....	71
32. Komposisi campuran 51% arang, 38% air, dan 11% tapioka .....	72
33. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap konsumsi bahan bakar pada pengujian berjalan .....	75
34. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap konsumsi bahan bakar pengujian stasioner putaran mesin 1500 rpm .....	78
35. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap konsumsi bahan bakar pengujian stasioner putaran mesin 3000 rpm .....	78
36. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap akselerasi 0-80 km/jam .....	83
37. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap kandungan gas CO pada pengujian emisi gas buang .....	87
38. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap kandungan gas HC pada pengujian emisi gas buang .....	88
39. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap kandungan gas CO <sub>2</sub> pada pengujian emisi gas buang .....	90
40. Grafik pengaruh penggunaan variasi <i>filter</i> terhadap kandungan gas O <sub>2</sub> pada pengujian emisi gas buang .....	91

# **BAB I.**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Jumlah kendaraan bermotor tentu berbanding lurus dengan banyaknya konsumsi bahan bakar minyak. Semakin banyak penggunaan kendaraan bermotor tentu akan menghabiskan bahan bakar minyak yang banyak pula dan juga akan menghasilkan polusi udara yang cukup besar. Sepeda motor mendominasi jumlah kendaraan bermotor di Indonesia. Pada tahun 2016 dan 2017 jumlah kendaraan bermotor di Lampung berturut-turut adalah 3.116.502 unit dimana 2.760.556 unitnya merupakan sepeda motor dan 3.267.573 unit pada tahun 2017 dimana 2.886.622 unitnya merupakan sepeda motor (BPS Lampung, 2017). Pertambahan kendaraan sepeda motor setiap tahunnya kurang lebih sekitar 126.066 unit dan akan terus bertambah. Semakin bertambahnya jumlah kendaraan bermotor yang digunakan oleh masyarakat, maka akan menyebabkan penambahan konsumsi bahan bakar yang besar pula. Sementara itu, jumlah bahan bakar yang tersedia di muka bumi khususnya di Indonesia semakin lama semakin berkurang. Seperti yang dikatakan pihak Pertamina, jumlah kebutuhan konsumsi BBM di Indonesia mencapai 1,2 juta kiloliter per hari sedangkan

pasokan yang ada hanya sekitar 600.000 kiloliter per hari sehingga untuk menutupi kebutuhan konsumsi BBM nasional dipenuhi melalui impor dari luar negeri (Tribunnews, 2018).

Selain mengkonsumsi banyak bahan bakar minyak, penggunaan kendaraan bermotor dalam skala yang besar juga tentu akan menimbulkan polusi udara yang sangat tinggi yang diakibatkan dari emisi gas buang yang dihasilkan melalui saluran buang kendaraan bermotor yang merupakan gas sisa-sisa pembakaran. Hal ini tentu sangat mengkhawatirkan karena dapat menyebabkan masalah pada kesehatan masyarakat khususnya pada proses pernafasan dimana gas-gas yang terkandung dalam emisi gas buang cukup berbahaya jika ikut terhirup masuk ke dalam saluran pernafasan manusia.

Salah satu cara ataupun solusi yang dapat dilakukan untuk menghemat bahan bakar dari kendaraan bermotor dan meningkatkan prestasi mesin adalah dengan memaksimalkan udara yang masuk atau yang akan digunakan untuk proses pembakaran. Kondisi udara masuk yang akan digunakan dalam proses pembakaran akan sangat mempengaruhi prestasi mesin dari suatu kendaraan bermotor. Kualitas udara yang baik tentu akan meningkatkan prestasi mesin kendaraan bermotor. Udara di lingkungan sekitar kendaraan bermotor yang akan digunakan dalam proses pembakaran mengandung berbagai jenis gas seperti nitrogen, oksigen, uap air, karbon monoksida, karbon dioksida, dan gas-gas lain. Jumlah molekul nitrogen di alam bebas sekitar 78%, jumlah oksigen hanya 21%, dan 1% lainnya adalah uap air dan kandungan gas-gas lainnya. Kandungan udara

yang sangat dibutuhkan dalam proses pembakaran adalah udara yang mengandung banyak oksigen yang akan digunakan sebagai campuran dengan bahan bakar yang mengandung beberapa molekul seperti karbon dan hidrogen dalam proses pembakaran. Dengan jumlah gas lain selain oksigen yang begitu besar terkandung dalam udara, jelas akan mengganggu proses pembakaran karena kandungan nitrogen dan juga kandungan uap air serta gas lainnya yang hanya 1% dalam udara bebas akan menyebabkan proses pembakaran di ruang bakar tidak berjalan dengan sempurna sehingga akan mempengaruhi prestasi mesin dan kandungan emisi gas buang dari kendaraan bermotor tersebut (Wardono, 2004).

Penyaring udara yang terdapat pada kendaraan bermotor umumnya hanya dapat menyaring partikel-partikel debu ataupun kotoran-kotoran yang ada pada udara yang akan masuk ke ruang pembakaran yang tak jarang tampak oleh mata. Penyaring udara tersebut tidak dapat menyaring gas-gas pengganggu yang tidak dibutuhkan pada proses pembakaran yang terkandung di dalam udara yang dapat menyebabkan terjadi pembakaran tidak sempurna. Oleh karena itu diperlukan sebuah filter udara yang mampu menyerap gas-gas yang tidak diperlukan sehingga dapat meningkatkan prestasi mesin dan mereduksi kandungan gas berbahaya pada emisi gas buang dengan menambahkan adsorben pada filter udara. Penelitian mengenai penggunaan adsorben pada penyaring udara motor telah dilakukan yaitu dengan menggunakan adsorben arang sekam padi dan arang tempurung kelapa yang dikemas dalam bentuk tablet. Keberadaan sekam

padi di Indonesia pada tahun 2016 sekitar 15,8 juta ton dimana pemanfaatannya belum optimal (Litbang Pertanian, 2017).

Menurut penelitian Afrizal Siregar (2011), arang sekam padi sebagai media adsorben pada *filter* udara mampu meningkatkan prestasi mesin dimana salah satunya mampu menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 30,7% pada *road test* dengan kecepatan konstan 60km/jam, kemudian dapat menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 8,95% pada kondisi stasioner pada putaran 1000 rpm, sebesar 8,24% pada kondisi stasioner pada putaran 1500 rpm, dan yang terakhir sebesar 4,66% pada kondisi stasioner pada putaran 3500 rpm dengan massa *pellet* arang seberat 5 sampai dengan 15 gram. Namun belum diketahui pengaruhnya dalam mereduksi emisi gas buang.

Jumlah tempurung kelapa di Indonesia sangat melimpah berdasarkan data BPS tahun 2010 sekitar 30.700 ton dari 112.300 ton produksi kelapa sehingga tempurung kelapa sangat mudah untuk didapatkan. Menurut Armeny Ginting (2012), penggunaan arang tempurung kelapa sebagai media adsorben pada filter udara mampu meningkatkan prestasi mesin dimana salah satunya mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 24,36% pada *road test* dengan kecepatan konstan 50km/jam, sebesar 18,9% pada kondisi stasioner dengan putaran 1500rpm, sebesar 26,56% pada kondisi stasioner dengan putaran 2500rpm, dan yang terakhir sebesar 29,30% pada kondisi stasioner dengan putaran tinggi 4000 rpm dengan massa *pellet* arang sekitar 35 sampai dengan 45 gram. Menurut penelitian yang dilakukan Zaenal Arifin pada tahun 2018, nilai

kerapatan arang tempurung kelapa sebesar  $1,3 \text{ g/cm}^3$ . Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai kerapatan arang sekam padi dengan nilai  $1 \text{ g/cm}^3$ . Nilai kerapatan arang tempurung kelapa yang tinggi diketahui akan menyebabkan berkurangnya rongga udara sehingga akan menurunkan kemampuan adsorben dari *pellet* arang tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pencampuran antara arang sekam padi yang mempunyai nilai kerapatan lebih rendah dan arang tempurung kelapa agar rongga pada permukaan *pellet* bertambah untuk memaksimalkan fungsi *pellet* campuran arang sebagai media adsorben. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di atas, maka pada penelitian ini penulis ingin memanfaatkan campuran antara arang sekam padi dan arang tempurung kelapa dengan variasi komposisi sebagai media adsorben pada filter udara kendaraan bermotor mesin bensin 4 langkah untuk mengetahui pengaruh campuran arang tersebut terhadap peningkatan prestasi mesin dan mereduksi emisi gas buang dari kendaraan bermotor.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh penggunaan campuran arang sekam padi dan arang tempurung kelapa sebagai media adsorben pada *filter* udara terhadap prestasi mesin sepeda motor bensin 4 langkah dengan variasi komposisi pencampuran 0:100%, 25:75%, 50:50%, 75:25%, 100:0%

2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran arang dan temperatur aktivasi terbaik yang digunakan dalam pembuatan *filter pellet* arang terhadap prestasi mesin sepeda motor bensin 4 langkah.
3. Untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran *pellet* arang dan temperatur aktivasi *pellet* arang yang digunakan terhadap prestasi mesin sepeda motor bensin 4 langkah.
4. Untuk mengetahui pengaruh campuran arang dalam mereduksi emisi gas buang dari sepeda motor bensin 4 langkah.

### **C. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan penulis dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembaca dapat mengetahui pengaruh dari penggunaan campuran arang sekam padi dan tempurung kelapa sebagai media adsorben pada filter udara terhadap prestasi mesin.
2. Pembaca dapat mengetahui komposisi campuran arang terbaik terhadap peningkatan prestasi mesin.
3. Pembaca dapat mengetahui pengaruh penggunaan campuran arang dalam mereduksi emisi gas buang.

#### D. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan ini dapat lebih terfokus dan dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan, berikut merupakan beberapa batasan masalah dari penelitian ini:

1. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini ialah sepeda motor bensin 4 langkah (Honda Beat), kondisi standar pabrik, dan telah dilakukan *tune up* atau servis ringan rutin sebelum pengujian dilakukan.
2. Arang campuran dibuat dengan ukuran 100 mesh dibentuk seperti *pellet*, berdiameter 10 mm serta dengan tebal 3 mm (berdasarkan dimensi terbaik pada penelitian sebelumnya)
3. Perekat yang digunakan adalah tepung tapioka yang dicampur dengan *aquades*.
4. Prestasi mesin yang diamati ialah meliputi konsumsi bahan bakar, akselerasi, dan kandungan emisi gas buang pada kendaraan.
5. Pencetakan *pellet* masih menggunakan alat cetakan sederhana sehingga tekanan diabaikan.
6. Peletakan *pellet* arang dalam kawat strimin teratur dan tidak bertumpuk.
7. Proses pembuatan arang sekam padi dengan menggunakan *oven* listrik.
8. Proses pembuatan arang tempurung kelapa menggunakan drum bekas sebagai tempat pembakaran dengan menggunakan karet ban kecil yang dibakar sebagai sumber panas dan pembakaran dilakukan pada temperatur sesuai dengan situasi dan kondisi saat melakukan pembakaran arang tempurung kelapa.

## **E. Sistematika Penulisan**

Sistematika yang digunakan oleh penulis dalam penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **I. PENDAHULUAN**

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

### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi teori-teori dasar atau literatur yang menjadi pedoman atau acuan yang berhubungan dengan penelitian ini.

### **III. METODE PENELITIAN**

Berisi mengenai waktu dan tempat, alur atau tahapan, serta metode-metode yang digunakan oleh penulis dalam pelaksanaan penelitian.

### **IV. DATA dan PEMBAHASAN**

Berisikan data-data yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan beserta pembahasan pengaruh berbagai parameter yang pada penelitian ini.

### **V. PENUTUP**

Berisikan simpulan dari hasil penelitian yang diperoleh serta saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya

### **DAFTAR PUSTAKA**

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

**LAMPIRAN**

Berisi data pelengkap seperti gambar, dan beberapa data pendukung untuk menunjang kredibilitas laporan penelitian ini.

## **BAB II.**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Motor Bakar**

Motor bakar yang menjadi salah satu bagian dari mesin-mesin kalor berfungsi dalam mengkonversi energi termal dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dengan udara menjadi energi mekanik. Perubahan energi tersebut terjadi di dalam ruang bakar (*combustion chamber*). Proses yang terjadi merupakan suatu siklus dan menggunakan gas atau udara sebagai fluida kerjanya. Proses pembakaran pada mesin tersebut biasa disebut dengan *Internal Combustion Engine (ICE)* sedangkan motor yang menggunakan prinsip seperti itu disebut motor pembakar dalam.

Motor bakar merupakan satu dari berbagai contoh penerapan dari mesin pembakaran dalam. Selain motor bakar, salah satu contoh dari penerapan mesin pembakaran dalam adalah sistem yang terdapat dalam turbin gas propulsi pancar gas. Energi yang berasal dari campuran bahan bakar dengan udara pada motor bakar torak akan mengalami kompresi yang dilakukan oleh satu atau lebih torak (L. A. de Bruijn, 1994).

Berdasarkan pada siklus operasinya, motor bakar terbagi menjadi dua bagian, yaitu motor bakar siklus volume konstan (motor bakar siklus *otto* atau motor bakar berbahan bakar bensin) dan motor bakar siklus tekanan konstan (motor bakar dengan siklus *diesel* atau motor bakar *diesel*) (Wardono, 2004).

Secara umum, motor bakar juga terbagi menjadi dua bagian, yaitu motor bakar 4 langkah dan motor bakar 2 langkah. Motor bakar 4 langkah membutuhkan empat langkah piston atau dua kali putaran poros engkol dalam satu siklus proses pembakaran secara lengkap, sedangkan motor bakar 2 langkah membutuhkan hanya dua langkah piston ataupun satu kali putaran poros engkol. Seperti yang telah dijelaskan di atas, menurut siklusnya motor bakar dibedakan menjadi dua, yaitu motor bensin dan motor *diesel*, namun penelitian ini hanya terfokus pada jenis motor bensin karena pada penelitian ini motor bensin akan digunakan sebagai alat uji (Ganesan, 1996 dalam Yandra, 2006).

#### 1. Motor Bensin

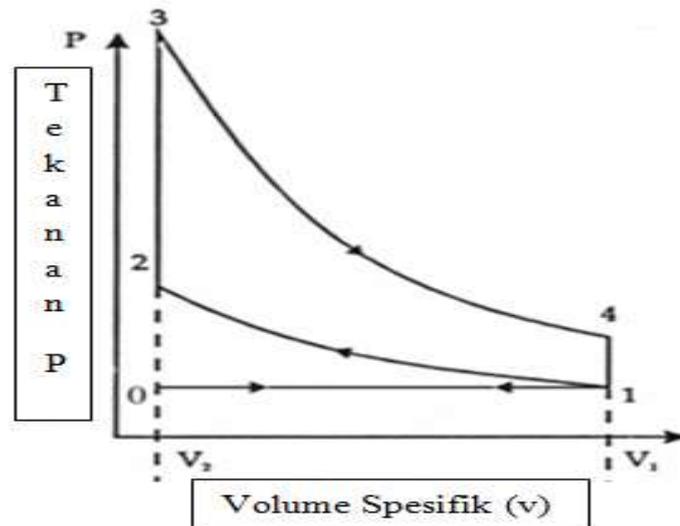
Motor bensin atau mesin *otto* adalah sebuah tipe mesin pembakaran dengan jenis pembakaran dalam dimana dalam pembakarannya selalu menggunakan busi sebagai pemercik bunga api awal dan juga dirancang untuk menggunakan bahan bakar berjenis bensin atau yang sejenisnya. Motor bensin sering disebut sebagai *spark ignition engine* yang berarti bahwa untuk mengawali pembakaran di ruang silinder maka dibutuhkan percikan bunga api sebagai panas awal. Bunga api dipercikan ke dalam ruang bakar ketika piston beberapa derajat sebelum mencapai titik mati atas (TMA) sehingga energi kalor mengalami kenaikan. Dalam ruang bakar energi diubah menjadi energi

mekanik yang akan digunakan untuk menggerakkan poros engkol. Unjuk kerja dari motor bensin dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti besarnya perbandingan kompresi dan tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara yang ada. Bilangan oktana atau angka oktan dari bahan bakar bensin dan tekanan udara masuk ruang bakar juga mempengaruhi unjuk kerja dari motor bensin.

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

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

Adapun prinsip kerja dari motor bensin 4-langkah dapat dijelaskan melalui siklus udara volume konstan seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram P-v dari siklus *idle* motor bakar bensin 4-langkah

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

a. Langkah hisap (0-1)

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

dalam silinder. Katup hisap akan tertutup secara otomatis pada akhir dari langkah hisap.

b. Langkah kompresi (1-2)

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

c. Langkah pembakaran volume konstan (2-3)

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

d. Langkah usaha atau ekspansi (3-4)

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

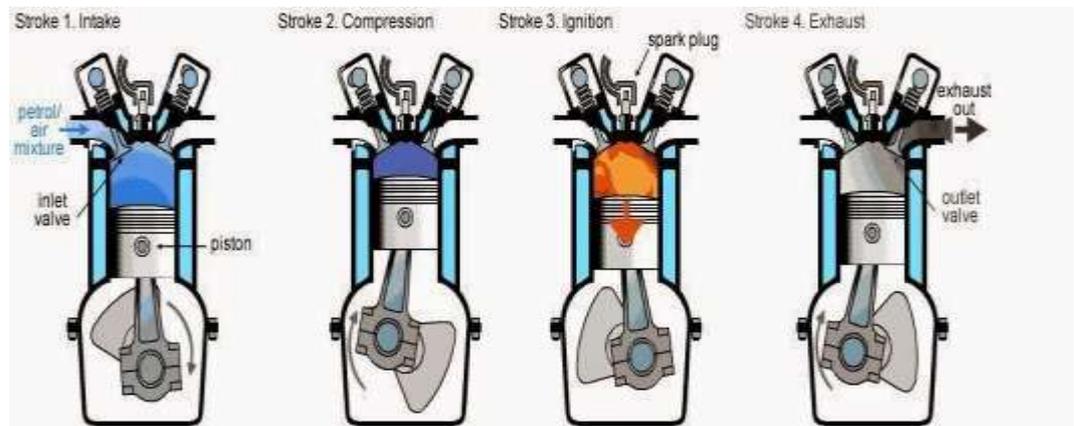
silinder akan semakin bertambah sehingga temperatur dan tekanannya menurun seiring dengan bergerakinya piston menuju TMB.

e. Langkah buang volume konstan (4-1)

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

f. Langkah buang tekanan konstan (1-0)

Pada langkah buang tekanan konstan ini kondisi katup sama seperti sebelumnya yaitu katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Kemudian piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan turut mendorong gas sisa pembakaran keluar hingga ruang bakar bersih dari gas sisa pembakaran yang ada seperti pada ilustrasi proses siklus kerja motor bensin 4 langkah terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Siklus kerja motor bensin 4-langkah

## 2. Motor *diesel*

Motor *diesel* merupakan jenis khusus dari mesin pembakaran dalam atau yang biasa disebut sebagai *Internal Combustion Engine*. Motor pembakaran

dalam merupakan motor pembakaran dimana proses kerjanya dilakukan di dalam mesin dan sebaliknya kalau motor pembakaran luar adalah motor pembakaran dimana proses kerjanya dilakukan di luar mesin seperti motor *diesel*, kereta bertenaga uap. Prinsip kerja dari motor *diesel* tentu berbeda dengan motor bensin seperti dalam penyalaan bahan bakar motor *diesel* (solar) menggunakan suhu kompresi udara pada ruang bakar sedangkan pada motor bensin pembakaran dilakukan menggunakan percikan api (bunga api) dari busi yang digunakan sebagai pemercik api awal pada proses pembakaran bahan bakar pada motor bensin. Dalam mesin *diesel* bahan bakar (solar) diinjeksikan ke dalam silinder yang sudah terisi oleh udara dengan tekanan yang cukup tinggi. Selama langkah kompresi pada motor *diesel* berlangsung maka suhu udara akan meningkat sehingga saat bahan bakar dalam bentuk halus akan menyala ketika bersinggungan dengan udara panas tanpa membutuhkan alat penyala dari luar kembali. Oleh karena itu motor *diesel* juga sering disebut sebagai mesin penyalaan kompresi (Rabiman, 2011).

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

## B. Proses Pembakaran

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



Bahan bakar (*fuel*) adalah segala substansi yang dapat melepaskan panas ketika dioksidasi dan juga secara umum dapat mendukung unsur karbon (C) dan hidrogen (H). Sementara oksidator merupakan segala substansi yang mengandung gas oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar (*fuel*) apabila diberi panas yang cukup. Pada motor bakar biasanya bahan bakar (*fuel*) terbakar dengan udara atau gas (oksigen), sedangkan gas nitrogen yang ada tidak ikut bereaksi bersama bahan bakar karena hanya oksigen adalah satu-satunya unsur di dalam udara yang dibutuhkan untuk membakar molekul-molekul bahan bakar (Wardono, 2004).

*Combustable substance* atau elemen mampu bakar yang utama adalah hidrogen, karbon, dan oksigen. Sementara itu, nitrogen merupakan suatu gas lambat yang tidak berpartisipasi di dalam proses pembakaran. Selama proses pembakaran,

butiran minyak dari bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen dan karbon akan bergabung dengan gas oksigen untuk membentuk air, dan karbon akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Jika jumlah oksigen tidak cukup tersedia, maka sebagian dari gas karbon akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat dari terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya sebanyak 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbonmonoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia (1) dan (2) di atas (Wardono, 2004).

Persyaratan terjadinya proses pembakaran yang sempurna adalah apabila semua unsur karbon (C) yang terdapat di dalam bahan bakar berubah menjadi  $\text{CO}_2$  pada produk dan semua unsur hidrogen (H) yang terdapat pada bahan bakar (*fuel*) menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  pada produk. Dari penjelasan tersebut terlihat bahwa unsur karbon maupun hidrogen yang terkandung dalam bahan bakar misalnya solar sangat menentukan kebutuhan dari udara pembakaran. Proses pembakaran menghasilkan panas sehingga dapat disebut sebagai proses oksidasi eksotermis. Jika gas oksigen yang dibutuhkan untuk digunakan dalam proses pembakaran diperoleh dari udara kering, dimana udara kering terdiri dari 21% oksigen dan 78% nitrogen serta 1% gas-gas lain, maka reaksi stoikiometrik pembakaran hidrokarbon murni  $\text{C}_m\text{H}_n$  yang digunakan (Khairil, 2003).

Jika proses pembakaran berlangsung dalam kondisi kekurangan oksigen, maka sifat campuran udara dengan bahan bakar dikatakan gemuk, demikian pula sebaliknya, jika proses pembakarannya berlangsung dalam kondisi kelebihan

oksigen maka sifat campurannya dikatakan kurus. Campuran udara dengan bahan bakar 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 buang yang dihasilkan dari proses pembakaran.

### **C. Emisi Gas Buang**

Emisi gas buang merupakan gas sisa hasil proses pembakaran antara bahan bakar dengan udara (oksigen) yang terjadi di dalam ruang mesin pembakaran dalam, pembakaran luar, dan juga mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Jika rasio udara dengan bahan bakar pada proses pembakaran tidak cukup oksigen untuk bereaksi dengan semua unsur hidrogen dan karbon, maka emisi gas buang yang mengandung CO maupun HC dapat meningkat. Emisi HC juga meningkat pada kondisi ketersediaan udara yang berlebih, karena akan terjadi kegagalan pembakaran atau pembakaran yang lemah. Emisi HC yang terkandung dalam gas buang dengan menggunakan bahan bakar bensin ataupun solar yang tidak ikut terbakar dapat terjadi karena kekurangan oksigen pada udara pembakaran sehingga hidrokarbon hanya bereaksi sebagian (tidak terbakar sempurna) dan membentuk HC, hal ini juga terjadi karena campuran udara-bahan bakar di dekat dinding silinder antara torak dan silinder tidak terbakar sempurna (Kristanto, 2001).

Adapun gas-gas berbahaya yang juga merupakan zat pencemar udara dari sisa hasil pembakaran dalam gas buang antara lain sebagai berikut:

#### 1. Karbondioksida

Konsentrasi gas karbondioksida menunjukkan secara langsung status dari proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat nilai AFR berada di angka ideal, emisi karbondioksida berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu gemuk atau kaya, maka emisi dari karbondioksida secara drastis akan turun. Apabila karbondioksida berada dibawah 12%, maka dilihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus.

Karbon dioksida merupakan gas hasil pembakaran yang tidak beracun dari hasil proses pembakaran namun membawa dampak bagi efek rumah kaca atau pemanasan global. Karbon dioksida tidak berwarna dan juga tidak beraroma yang terjadi akibat pembakaran sempurna pada proses pembakaran udara dan bahan bakar yang terjadi di ruang bakar. Semakin besar nilai  $CO_2$  yang dihasilkan maka proses pembakaran makin sempurna sehingga nilai CO yang dihasilkan akan seminimal mungkin. Perlu diingat bahwa gas karbondioksida bersumber hanya dari ruang bakar. Semakin tinggi kadar  $CO_2$  semakin sempurna pembakarannya dan semakin meningkat akselerasi yang didapat (Efendri, 2013).

#### 2. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu menimbulkan kerugian bagi manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran

asap (*smoke*). Hidrokarbon berwarna kehitam-hitaman dan juga memiliki aroma yang cukup tajam daripada gas-gas yang lainnya. Pancaran gas hidrokarbon yang terdapat pada gas buang berbentuk seperti *gasoline* yang tidak terbakar. Hidrokarbon biasanya terdapat pada proses penguapan bahan bakar baik pada tangki, karburator, serta kebocoran gas yang melalui celah antara silinder dan torak yang masuk ke dalam poros engkol yang juga biasa disebut *blow by gases* (Kusuma, 2002).

Gas ini dihasilkan ketika suplai bahan bakar yang berlebih sehingga proses pembakaran dalam ruang bakar tidak berjalan dengan baik. Nilai HC menunjukkan banyaknya jumlah bahan bakar yang tidak terbakar pada proses pembakaran. Bensin yang terbakar dengan sempurna (bereaksi dengan oksigen) pada proses pembakaran maka akan menghasilkan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Walaupun rasio perbandingan dari kandungan udara dan bahan bakar ( $\text{AFR}=\text{Air Fuel Ratio}$ ) sudah tepat dan juga didukung oleh desain ruang bakar pada mesin yang saat ini sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja ada sebagian dari bahan bakar bensin seolah-olah tetap dapat “bersembunyi” dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi, sehingga besar HC akan berbanding terbalik dengan nilai  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang ada pada kandungan emisi gas buang (Kusuma, 2002).

### 3. Karbonmonoksida (CO)

Karbon monoksida adalah senyawa gas beracun yang terbentuk akibat proses pembakaran yang berlangsung secara tidak sempurna pada pembakaran di

ruang bakar kendaraan bermotor. Gas karbonmonoksida ini tidak berwarna dan juga tidak beraroma. Gas ini muncul saat udara yang masuk ke ruang bakar kurang sedangkan jumlah suplai bahan bakar yang berlebih. Semakin besar nilai CO maka nilai CO<sub>2</sub> semakin kecil karena keduanya berbanding terbalik. Nilai CO yang tinggi menandakan bahwa proses pembakaran tidak berjalan dengan sempurna. Karbonmonoksida yang meningkat di beberapa wilayah tertentu akan menyebabkan beberapa kerugian khususnya pada bidang kesehatan seperti turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak (Kristanto, 2001).

#### 4. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Senyawa NO<sub>x</sub> merupakan senyawa hasil ikatan kimia antara unsur x nitrogen dan oksigen. Dalam kondisi normal atmosfer, nitrogen adalah gas *inert* yang sangat stabil yang tidak akan berikatan dengan unsur-unsur lain, tetapi dalam kondisi temperatur tinggi dan tekanan tinggi di dalam ruang bakar, nitrogen akan memecah ikatannya dan kemudian berikatan dengan oksigen. Senyawa NO<sub>x</sub> ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan berikatan dengan oksigen untuk membentuk NO<sub>2</sub>. Senyawa inilah yang berbahaya karena senyawa ini beracun dan bila terkena air akan membentuk asam nitrat. Gas NO<sub>x</sub> yang ada di udara jika terhirup dapat menyebabkan sesak napas pada penderita asma, sering menimbulkan gejala sulit tidur, batuk-batuk dan dapat juga mengakibatkan kabut atau asap.

NO<sub>x</sub> adalah gas yang memiliki ciri hampir sama dengan karbonmonoksida yaitu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak memiliki rasa. Gas ini

juga dapat merusak jaringan paru-paru dan jika bersama dengan senyawa  $H_2O$  akan membentuk *nitric acid* ( $HNO_3$ ) yang dapat menimbulkan hujan asam yang sangat berbahaya bagi lingkungan (Kusuma, 2002).

#### **D. Parameter Prestasi Mesin**

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

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

menentukan nilai akselerasi terlebih dahulu (Wardono, 2004). Adapun besarnya daya engkol dapat mempengaruhi besarnya konsumsi bahan bakar spesifik dimana besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah banyaknya pemakaian bahan bakar yang dibutuhkan dalam menghasilkan suatu kerja yang dapat dicari dengan melakukan uji stasioner dan berjalan pada kecepatan tertentu (Fahry, 2015).

#### **E. Saringan Udara (*Filter*)**

Udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran harus bersih dari debu jalanan dan kotoran lainnya yang dapat merusak dinding silinder, piston, dan tentunya mengganggu proses pembakaran. Oleh karena itu terdapat saringan udara atau *filter* yang berfungsi sebagai penyaring udara sebelum memasuki ruang bakar agar udara yang masuk ke ruang pembakaran terbebas dari debu, kotoran, atau uap air yang berlebihan. Apabila udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran ataupun silinder masih banyak mengandung debu atau kotoran lainnya maka akan terhisap dan menempel pada dinding silinder dan akan mengotori pelumas yang pada akhirnya dapat merusak mesin.

Saringan udara pada motor sudah mengalami kurang lebih tiga kali pengembangan dimana saringan udara menggunakan kertas basah seperti terlihat pada gambar 3 merupakan generasi terakhir.



Gambar 3. *Filter* sepeda motor

(Dolan otomotif, 2013)

Generasi pertama yaitu saringan udara menggunakan busa, generasi kedua yaitu menggunakan tipe kertas kering, dan yang ketiga atau generasi terbaru yaitu saringan udara dengan menggunakan kertas basah. Dengan begitu saringan udara atau *filter* hanya berguna untuk menyaring atau menangkap partikel-partikel kasar seperti debu dan juga kotoran (Fatkhuniam, 2018).

## **F. Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan proses yang menggambarkan kecenderungan molekul fluida untuk menempel pada permukaan padatan. Adsorpsi merupakan salah satu sifat dasar benda, dimana benda mempunyai gaya tarik antar molekul. Adsorpsi dikelompokkan menjadi dua berdasarkan permukaan yang terjadi selama proses tersebut berlangsung. Adsorben merupakan zat yang dapat melakukan proses penyerapan terhadap zat lain baik berupa cairan maupun gas pada proses

adsorpsi. Adsorben yang paling banyak digunakan untuk menyerap zat-zat dalam larutan adalah zeolit dan arang.

#### 1. Zeolit

Zeolit merupakan gabungan dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu *zeo* yang berarti mendidih dan *litos* yang berarti batu. Zeolit adalah kelompok mineral yang memiliki sifat dapat menyerap air dan melepaskannya kembali tanpa mengalami perubahan struktur yang signifikan. Hal inilah yang menyebabkan zeolit masuk ke dalam kelompok zat adsorben. Zeolit merupakan katalis dan juga senyawa aluminosilikat yang terhidrasi. Kandungan zeolit terdiri atas  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahidra yang dihubungkan dengan atom oksigen untuk membentuk suatu kerangka. Zeolit secara alami terdapat di permukaan tanah bebatuan dengan jumlah melimpah dengan peranan pentingnya (Senda dkk., 2006).

#### 2. Arang

Arang adalah suatu padatan berpori yang di dalamnya mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mempunyai kandungan karbon dengan pemanasan yang terjadi pada temperatur tinggi yaitu  $400^\circ\text{C}$ - $1000^\circ\text{C}$  yang disesuaikan dengan waktunya. Sedangkan arang aktif merupakan arang yang telah diaktivasi melalui beberapa proses pengkativasian, yaitu aktivasi secara kimia dengan dicampur beberapa zat kimia maupun diaktivasi secara fisika (Rachmawati, 2004).



Gambar 4. Arang kering

(Ginting, 2012)

Arang seperti terlihat pada gambar 4 merupakan residu hitam yang berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air di dalamnya dan komponen *volatile* dari hewan atau tumbuhan. Arang umumnya diperoleh dengan memanaskan bahan-bahan yang dapat dijadikan sebagai arang seperti kayu, sekam padi, tempurung kelapa, serbuk gergaji, dedaunan, dan lain-lain. Arang berwarna hitam, ringan, dan struktur yang mudah hancur serta menyerupai batubara biasanya terdiri dari sekita 85% hingga 98% karbon, sisa dari kandungan keseluruhannya merupakan abu atau zat kimia lainnya (Rangga, 2010).

Dalam satu gram karbon (arang), pada umumnya memiliki luas wilayah permukaan seluas 500-1500m<sup>2</sup>, sehingga akan sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel dengan ukuran yang sangat halus sekitar 0,01-0,000001 mm. Karbon bersifat sangat aktif dan akan menangkap atau menyerap apa saja yang bersentuhan atau kontak dengan karbon tersebut. Pengaktifan arang biasanya bertujuan hanya untuk memperbesar luas

permukaan saja, namun ada juga yang berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari arang itu sendiri.

Arang aktif adalah senyawa karbon *amorph*, yang bisa dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara-cara yang khusus untuk memperoleh permukaan yang lebih luas. Luas permukaan dari arang aktif berkisar antara 300-500 m<sup>2</sup>/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif terbagi dalam dua tipe, yaitu arang aktif yang berfungsi sebagai pemucat dan arang aktif sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat biasanya berbentuk *powder* dengan ukuran yang sangat halus diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Sedangkan arang aktif sebagai penyerap uap biasanya berbentuk *pellet* yang sangat keras. Arang aktif sebagai penyerap uap sering diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata, atau bahan-bahan baku yang mempunyai struktur keras.

a. Aktivasi

Aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang dengan tujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia yaitu ukuran luas permukaan yang bertambah besar dan tentu berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Metode yang

umum digunakan dalam pengaktifasian arang ada dua, yaitu aktivasi secara kimia dan juga aktivasi secara fisika.

1. Aktivasi kimia, merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia yang diperlukan. Aktivator yang digunakan dalam aktivasi ini adalah seperti hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat, dan lain-lain.
2. Aktivasi fisika, merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas. Untuk aktivasi secara fisika, biasanya dilakukan dalam *furnace* pada temperature 800-900°C dengan waktu tertentu, namun telah dilakukan percobaan juga dengan menggunakan *oven* listrik dalam aktivasi fisika dengan suhu maksimal dengan waktu yang tentu akan lebih lama daripada penggunaan *furnace* (Tryana dkk, 2003).

Menurut Dian Eka (2014), jenis pengaktifasian terbaik adalah pengaktifasian secara fisik karena mampu menghemat konsumsi bahan bakar baik dalam kondisi berjalan maupun dalam kondisi stasioner.

Arang sebagai adsorben dapat diperoleh dari bahan-bahan yang mengandung banyak kandungan karbon di dalamnya seperti sekam padi dan tempurung kelapa.

a. Sekam padi

Sekam padi adalah lapisan keras yang meliputi kariopsis yang strukturnya terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang

saling bertautan. Pada saat penggilingan beras, sekam padi akan terpisah dari butir beras dan akhirnya hanya akan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat dipakai atau digunakan kembali untuk berbagai keperluan seperti bahan baku industri, pakan ternak, energi atau bahan bakar dan juga sebagai adsorben. Gambar 5 menunjukkan sekam padi yang telah dicuci sebelumnya dan sedang dijemur untuk mengurangi kadar air yang ada sebelum mengalami proses pengarangan sekam padi.



Gambar 5. Sekam padi

Indonesia adalah salah satu produsen utama padi di dunia. Peningkatan produksi padi dari tahun ke tahun cukup signifikan. Pada tahun 2016, produksi padi di Indonesia mencapai angka 79 juta ton gabah kering giling atau yang tertinggi sepanjang sejarah produksi padi di Indonesia. Peningkatan produksi padi ini tentu diikuti dengan peningkatan limbah dari penggilingan padi yang diantaranya berupa sekam. Sekitar 20% berat dari gabah merupakan sekam. Dengan demikian pada tahun 2016

saja telah dihasilkan sekitar 15,8 juta ton sekam padi yang belum optimal dalam pemanfaatannya (Litbang Pertanian, 2017).

Menurut DTC-IPB sekam padi mempunyai komposisi karbon (zat arang) sebanyak 1,33% dan silika 16,98%. Sekam padi memiliki kerapatan jenis sebesar  $125\text{kg/m}^3$ . Penelitian lebih lanjut pernah dilakukan oleh Sihite (2003) yang menunjukkan komposisi kimiawi dari pengarangan sekam padi terdiri dari kurang lebih 87,5-95,3% karbon. Pengarangan sekam padi dilakukan dengan cara disangrai sampai hitam namun tidak sampai menjadi abu agar arang dapat digunakan.

Sekam padi dalam bentuk arang, mempunyai karakter yang ringan, mempunyai kapasitas menyerap air, dan harganya yang murah (Marlina, 2007). Menurut penelitian Afrizal Siregar (2011), arang sekam padi sebagai media adsorben pada *filter* udara mampu meningkatkan prestasi mesin dimana salah satunya mampu menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 30,7% pada *road test* dengan kecepatan konstan 60km/jam, kemudian dapat menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 8,95% pada kondisi stasioner pada putaran 1000 rpm, sebesar 8,24% pada kondisi stasioner pada putaran 1500 rpm, dan yang terakhir sebesar 4,66% pada kondisi stasioner pada putaran 3500 rpm dengan massa *pellet* arang seberat 5 sampai dengan 15 gram. Namun belum diketahui pengaruhnya dalam mereduksi emisi gas buang.

b. Tempurung kelapa

Buah kelapa dengan nama latin *Cocos Mucifera* mempunyai bagian penting dimana bagian tersebut berfungsi sebagai pelindung inti buah atau yang biasa disebut dengan tempurung kelapa. Tempurung kelapa terletak di bagian dalam buah kelapa setelah sabut kelapa berada dengan dengan ketebalan sekitar 3-5mm dan keras. Karakter tempurung kelapa menurut LIPI mengandung karbon (*fixed carbon*) sebesar 18,80%, kadar air (*moisture content*) 7,8%, kadar abu (*ash content*) 0,4%, dan juga *volatile matter* sebesar 80,80%. Arang memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menyerap senyawa *lyophiic kolloids* dan nitrogen yang akan menyempurnakan proses penyaringan dan tentu akan mengurangi busa yang timbul pada proses penguapan (Alfathoni, 2002).



Gambar 6. Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang telah dibersihkan dan dijemur seperti terlihat pada gambar 6 dapat dijadikan sebagai arang tempurung kelapa yang digunakan sebagai adsorben karena mempunyai daya adsorpsi selektif, dapat digunakan sebagai adsorben gas untuk menurunkan konsentrasi gas

CO dan NO<sub>2</sub> (Basuki dkk, 2008), memiliki luas permukaan persatuan massa yang besar karena berpori, memiliki daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik maupun secara kimiawi (Tjokrokusumo, 1995). Arang tempurung kelapa juga memiliki daya serap atau adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap, serta memiliki sifat afinitas yang besar terhadap air sehingga mampu menyerap kadar uap air dalam jumlah yang sangat besar (Ikawati, 2002).

Arang kelapa dibuat menggunakan drum bekas, dengan cara memasukkan batok kelapa yang sudah dibersihkan dan dikeringkan ke dalam drum, kemudian menggunakan karet ban bekas yang dibakar sebagai api awal pembakaran. Setelah seluruh batok terbakar, maka asap tebal akan keluar dari dalam drum dan semakin lama akan semakin menipis. Setelah asap yang timbul menghilang yang juga menjadi tanda bahwa proses pengarangan telah selesai, maka drum dapat ditutup secara rapat kurang lebih sekitar 6 jam agar tidak ada udara yang masuk yang dapat menimbulkan api yang dapat membakar arang batok hingga menjadi abu yang juga menjadi salah satu proses pendinginan alami untuk menyempurnakan proses pembentukan arang (Ginting, 2012).

## **BAB III.**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Alat dan Bahan Penelitian**

##### 1. Alat penelitian

###### a. Sepeda motor

Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan untuk keperluan pengujian dan penelitian adalah motor bensin 4-langkah dengan kapasitas silinder sekitar 108cc. Adapun spesifikasi mesin uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

Merek	: Honda Beat
Tipe Mesin	: 4 Langkah, SOHC
Sistem Pendingin	: Pendingin udara
Jumlah Silinder	: 1 (Satu)
Diameter Silinder	: 50 mm
Langkah Piston	: 55 mm
Kapasitas Silinder	: 108 cc
Nilai Kompresi	: 11-12 kg/cm <sup>2</sup>
Rasio Kompresi	: 9,2 : 1

Daya Maksimum	: 8,22 Ps / 8000 rpm
Torsi Maksimum	: 0,85 kgf.m / 5500 rpm
Saringan Udara	: Elemen Kertas
Tangki Bahan Bakar	: 3,5 Liter
Tahun Pembuatan	: 2012

b. Alat uji emisi

Alat uji emisi yang digunakan adalah alat uji emisi jenis Y SUKYOONG SY-GA 401 untuk mengetahui kandungan emisi gas buang dari kendaraan bermotor seperti CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> seperti terlihat pada gambar 7. Hasil pengujian emisi gas buang dapat dicetak dalam selembar kertas dengan menekan tombol yang ada pada alat.



Gambar 7. Alat uji emisi gas buang

c. *Stopwatch*

*Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pada saat pengujian atau pengambilan data baik pada pengujian akselerasi maupun pengujian stasioner. *Stopwatch* yang digunakan pada pengujian ini adalah *stopwatch* digital seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. *Stopwatch* digital

d. *Tachometer*

*Tachometer* yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui putaran mesin (rpm) sepeda motor seperti terlihat pada gambar 9. *Tachometer* yang digunakan adalah *tachometer* digital.



Gambar 9. *Tachometer* digital

e. Cetakan

Cetakan seperti yang terlihat pada gambar 10 digunakan untuk mencetak adonan arang dengan diameter 10 mm yang sebelumnya telah dihaluskan dan kemudian dicampur dengan tapioka dan air yang sebelumnya telah dipanaskan dengan kompor agar menjadi *pellet* dengan dimensi yang telah ditentukan dan telah dipadatkan dengan ampia.



Gambar 10. Cetakan *pellet*

f. *Oven* listrik

*Oven* listrik digunakan dalam pengarangan sekam padi agar menjadi arang dan untuk pengaktifasian *pellet* arang dengan variasi temperatur yang telah ditentukan seperti terlihat pada gambar 11.



Gambar 11. *Oven* listrik

g. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur massa masing-masing bahan yang dicampurkan. Bahan yang ditimbang diletakkan pada bagian penampang tempat menaruh beban di atas layar yang menunjukkan ukuran beban seperti terlihat pada gambar 12 Berat maksimal yang dapat ditimbang pada timbangan yang digunakan pada penelitian adalah sebesar 200 gram dengan ketelitian 0,01 gram.



Gambar 12. Timbangan digital

h. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang akan dicampurkan ke dalam adonan dan untuk mengukur volume bahan bakar yang digunakan pada pengujian dengan kapasitas volume maksimal 500 ml seperti terlihat pada gambar 13 dengan pengukuran per 10 ml.



Gambar 13. Gelas ukur

i. Kompor listrik

Kompor listrik berfungsi sebagai penyedia api saat memasak adonan campuran antara tepung tapioka dan air. Daya yang digunakan pada saat

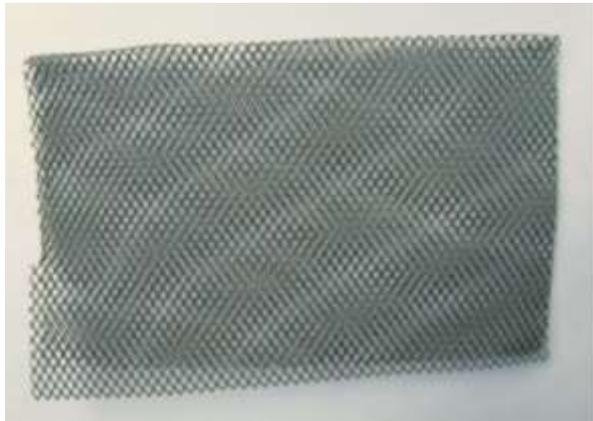
pemanasan dapat disesuaikan seperti terlihat pada gambar 14 sesuai dengan kebutuhan pada saat pemanasan.



Gambar 14. Kompor listrik

j. Kawat strimin

Kawat strimin seperti terlihat pada gambar 15 digunakan sebagai wadah untuk *pellet* yang kemudian akan disusun dan dibentuk sesuai dengan dimensi saringan udara yang digunakan pada motor.



Gambar 15. Kawat strimin

k. Drum pembakaran

Drum pembakaran yang digunakan berbentuk silinder yang berasal dari drum bekas yang digunakan dalam proses pembakaran tempurung kelapa agar menjadi arang seperti terlihat pada gambar 16.



Gambar 16. Drum pembakaran

1. *Ayakan 100 mesh*

*Ayakan 100 mesh* seperti terlihat pada gambar 17 digunakan untuk mengayak arang tempurung kelapa dan juga arang sekam padi untuk mendapatkan serbuk halus dari kedua arang dengan ukuran *100 mesh* yang sebelumnya telah dihaluskan menggunakan penumbuk yang kemudian serbuk-serbuk arang tersebut akan digunakan dalam pembuatan *pellet* arang.



Gambar 17. *Ayakan 100 mesh*

m. Tumbukan

Tumbukan digunakan untuk menghaluskan arang baik arang tempurung maupun arang sekam padi yang telah dibuat agar berukuran lebih halus. Arang dimasukkan ke dalam wadah berbentuk silinder dengan lubang di atas seperti terlihat pada gambar 18 lalu ditumbuk menggunakan tumbukan berbentuk silinder dengan ukuran yang cukup panjang.



Gambar 18. Tumbukan

n. Ampia

Ampia pada penelitian ini digunakan untuk memadatkan adonan antara serbuk arang dengan perekat berupa tepung tapioka dan air yang telah disatukan dengan dipanaskan menggunakan kompor listrik. Ampia pada pengujian ini digunakan untuk memadatkan adonan dengan ketebalan 3 mm. Pengaturan ketebalan adonan dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menyetel ketebalan pada ampia seperti terlihat pada gambar 19.



Gambar 19. Ampia

## 2. Bahan penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### a. Sekam padi

Menurut DTC-IPB sekam padi memiliki komposisi karbon (zat arang) 1,33%, hydrogen 1,54%, oksigen 33,64%, dan silica 16,98%. Sekam padi yang ada kemudian mengalami proses karbonisasi atau dibuat menjadi arang dengan menggunakan *oven* listrik yang sebelumnya telah dipanaskan dan diatur dengan temperatur dan waktu pengarangan tertentu.

### b. Tempurung kelapa

Tempurung kelapa diperoleh dari pasar di daerah sekitar secara gratis karena jumlah dari limbah tempurung kelapa sangat besar dan kurang pemanfaatan. Tempurung kelapa kemudian mengalami proses karbonisasi atau dibuat menjadi arang dengan menggunakan drum bekas secara konvensional.

c. Air

Air digunakan dalam pencampuran antara bubuk atau serbuk arang baik tempurung kelapa dan sekam padi dengan tepung tapioka agar campuran atau adonan bahan-bahan tersebut dapat dibentuk dan kemudian dapat dicetak dengan komposisi tertentu.

d. Tepung tapioka

Tepung tapioka yang digunakan dalam pembuatan adonan *pellet* yaitu tepung yang mudah didapat di wilayah sekitar daerah yang akan digunakan dalam adonan sebagai perekat arang yang dicampurkan juga dengan air.

## **B. Persiapan Alat dan Bahan**

1. Proses pembuatan arang tempurung kelapa

Tempurung kelapa yang sudah dikumpulkan dari pasar disiapkan. Kemudian tempurung kelapa dijemur di bawah sinar matahari sampai kering dan kemudian dibersihkan dari serabutnya. Kemudian tempurung kelapa yang sudah dijemur dan dibersihkan dari serabutnya dimasukkan ke dalam drum bekas kosong yang akan digunakan sebagai tempat pembakaran tempurung kelapa agar menjadi arang. Tempurung kelapa disusun rapi di dalam drum lalu mulai dibakar dengan menggunakan api awal dari pembakaran karet ban bekas dengan panjang kurang lebih 20 cm. Penggunaan karet ban bekas sebagai sumber api awal karena apinya tahan lama saat pembakaran

tempurung, lebih ekonomis, dan arang yang dihasilkan lebih baik dibanding menggunakan minyak tanah ataupun bahan bakar lainnya.

Proses pembakaran dilakukan secara perlahan sampai seluruh tempurung kelapa terbakar, memerah, dan kemudian mengeluarkan asap yang cukup tebal dari dalam drum. Setelah beberapa menit, asap hasil pembakaran dari drum akan semakin menipis seperti yang ditunjukkan pada gambar 20.



Gambar 20. Proses pembuatan arang tempurung kelapa

Asap yang semakin menipis ini menandakan bahwa proses pengarangan telah hampir selesai. Setelah semua bahan tempurung kelapa terbakar dan asap semakin menipis, lubang pada drum ditutup rapat untuk mengurangi oksigen yang masuk ke dalam drum yang dapat membuat arang menjadi abu. Kemudian drum dibiarkan dalam keadaan tertutup selama kurang lebih 6 jam sebagai proses pendinginan secara alami untuk tetap menjaga kualitas arang agar tetap baik adanya dibandingkan dengan pendinginan menggunakan air.



Gambar 21. Arang tempurung kelapa dikeluarkan dari drum pembakaran

Setelah proses pendinginan, tutup drum dibuka dan kemudian arang dikeluarkan, dibersihkan, dan disortir dari kotoran yang ada seperti yang ditunjukkan pada gambar 21. Arang yang cukup sempurna adalah arang yang apabila dipatahkan akan kelihatan mengkilap. Setelah selesai dibersihkan, kemudian arang tempurung kelapa diperkecil ukurannya menggunakan tumbukan dan disaring menggunakan saringan dengan ukuran 100 *mesh* untuk mendapatkan serbuk arang tempurung kelapa dengan ukuran tersebut.

## 2. Proses pembuatan arang sekam padi

Sekam padi yang sudah dikumpulkan dari petani disiapkan. Kemudian sekam padi dijemur di bawah sinar matahari sampai kering dan kemudian dibersihkan. Kemudian sekam padi yang sudah dijemur dan dibersihkan diletakkan di atas loyang dimasukkan ke dalam *oven* listrik sebagai tempat pembakaran sekam padi agar menjadi arang seperti terlihat pada gambar 22.



Gambar 22. Proses pengarangan sekam padi menggunakan *oven* listrik

Proses pengarangan dilakukan dengan temperatur  $240^{\circ}\text{C}$  dengan waktu kurang lebih 90 menit dimana sebelumnya *oven* telah dipanaskan terlebih dahulu selama 10 menit agar pada saat sekam padi dimasukkan ke dalam, suhu di dalam *oven* sudah pada  $240^{\circ}\text{C}$ . Waktu proses pengarangan tidak bisa terlalu cepat ataupun terlalu lama, karena jika terlalu cepat pengarangan sekam padi tidak merata dan jika terlalu lama sekam padi akan menjadi abu. Dalam proses pengarangan, *oven* akan mengeluarkan asap yang cukup tebal dan berwarna putih. Hal ini menandakan bahwa sekam padi sudah benar-benar mengering dan proses karbonisasi tengah berlangsung. Setelah beberapa menit, asap hasil pengarangan dari *oven* akan semakin menipis. Asap yang semakin menipis ini menandakan bahwa proses pengarangan hampir selesai. Kemudian *oven* tidak lagi mengeluarkan asap dan ketika waktu sudah 90 menit maka *oven* dimatikan dan loyang yang berisi arang sekam padi dikeluarkan seperti terlihat pada gambar 23.



Gambar 23. Arang sekam padi yang dikeluarkan dari *oven* listrik

Setelah dikeluarkan, lalu arang dibersihkan kembali. Setelah selesai dibersihkan, kemudian arang sekam padi diperkecil ukurannya menggunakan tumbukan dan kemudian disaring menggunakan saringan dengan ukuran 100 *mesh* untuk mendapatkan serbuk arang sekam padi dengan ukuran tersebut.

3. Pembuatan *pellet* dari campuran arang tempurung kelapa dan arang sekam padi yang telah menjadi serbuk

Ketika arang tempurung dan arang sekam padi sudah diayak menjadi serbuk arang dengan ukuran 100 *mesh* seperti terlihat pada gambar 24, selanjutnya adalah proses pembuatan *pellet* arang campuran keduanya.



Gambar 24. Proses pembuatan arang menjadi serbuk

Serbuk kedua arang tersebut dicampur dengan air dan tapioka yang berperan sebagai perekat dalam *pellet* dengan variasi campuran massa antara serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk arang sekam padi. Air dipanaskan terlebih dahulu dengan tepung tapioka di atas kompor dengan menggunakan *teflon* agar tidak mudah lengket dan tidak boleh terlalu panas. Campuran yang pertama adalah campuran antara 25% serbuk arang tempurung kelapa dengan 75% dengan kode S75%T25% serbuk arang sekam padi. Campuran yang kedua yaitu antara 50% serbuk arang tempurung kelapa dengan 50% serbuk arang sekam padi dengan kode S50%T50%. Dan campuran yang ketiga adalah campuran antara 75% serbuk arang tempurung kelapa dengan 25% serbuk arang sekam padi dengan kode S25%T75%. Dan selanjutnya kode S100% untuk serbuk arang sekam padi tanpa campuran dan kode T100% untuk serbuk arang tempurung kelapa tanpa campuran. Ketika sudah menjadi adonan, adonan tersebut dipadatkan dan kemudian dimasukkan ke dalam ampia untuk mendapat ketebalan adonan 3 mm. Ketika adonan dari bahan-bahan tersebut sudah cukup padat dengan ketebalan 3 mm, adonan tersebut kemudian diratakan dan dicetak berbentuk *pellet* sampai diperoleh ukuran ketebalan dengan diameter 10mm dan tebal 3mm.



Gambar 25. Proses pembuatan serbuk arang menjadi *pellet*

Setelah berbentuk *pellet* seperti yang ditunjukkan pada gambar 25, maka didiamkan beberapa saat. Setelah itu dilakukan pengaktifasian dengan menggunakan *oven* listrik kembali dengan menggunakan variasi temperatur sebanyak 3 variasi temperatur yaitu pada 175°C dengan kode “1”, 200°C dengan kode “2”, dan 225°C dengan kode “3” pada masing-masing campuran selama kurang lebih 1 jam sehingga pada penelitian ini terdapat 20 jenis *pellet* yang berbeda, yaitu untuk komposisi campuran alami (tanpa aktivasi) dan juga dengan 3 variasi temperatur pengaktifasian pada masing-masing komposisi campuran *pellet* seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Penamaan jenis *filter* berdasarkan komposisi campuran dan temperatur aktivasi

No	Tipe	Arang		Temperatur aktivasi
		Sekam padi	Tempurung kelapa	
1	S100%	100%	0	Alami
2	1S100%	100%	0	175°C
3	2S100%	100%	0	200°C
4	3S100%	100%	0	225°C
5	T100%	0	100%	Alami
6	1T100%	0	100%	175°C
7	2T100%	0	100%	200°C
8	3T100%	0	100%	225°C

9	S75%T25%	75%	25%	Alami
10	1S75%T25%	75%	25%	175°C
11	2S75%T25%	75%	25%	200°C
12	3S75%T25%	75%	25%	225°C
13	S50%T50%	50%	50%	Alami
14	1S50%T50%	50%	50%	175°C
15	2S50%T50%	50%	50%	200°C
16	3S50%T50%	50%	50%	225°C
17	S25%T75%	25%	75%	Alami
18	1S25%T75%	25%	75%	175°C
19	2S25%T75%	25%	75%	200°C
20	3S25%T75%	25%	75%	225°C

Setelah 1 jam berlalu, maka *pellet* yang sudah diaktivasi dikeluarkan seperti terlihat pada gambar 26 dan diletakkan di temperatur ruangan agar terjadi proses pendinginan secara alami. Setelah dipastikan dingin, maka *pellet* tersebut dimasukkan ke dalam wadah atau plastik kedap udara agar tidak terkontaminasi dengan udara luar.



Gambar 26. Proses aktivasi *pellet*

Komposisi ideal campuran dari adonan harus telah ditentukan terlebih dahulu. Setelah dilakukan percobaan dengan mengambil *sample* menggunakan 3 variasi komposisi adonan, adonan 1 dengan komposisi 50% arang, 35% air, dan 15% tapioka. Sedangkan untuk komposisi adonan 2

adalah 55% arang, 40% air, dan 5% tapioka. Dan yang terakhir komposisi adonan 3 adalah 55% arang, 35% air, dan 10% tapioka. Setelah itu, dilakukan uji kekerasan sementara untuk mendapat hasil komposisi ideal yaitu dengan menyusun *pellet* pada kawat strimin dan mengoyakkannya selama beberapa menit di atas kertas putih dan dilakukan pada ketiga jenis komposisi masing-masing sehingga akan terlihat adonan yang mana yang paling sedikit terkikis untuk dipilih menjadi komposisi campuran ideal. Setelah dilakukan, ternyata komposisi campuran (1) yang terkikis paling sedikit sehingga dapat dikatakan bahwa *pellet* dengan komposisi (1) yaitu 50% arang, 35% air, dan 15% tapioka merupakan komposisi campuran yang ideal di antara campuran lainnya dengan komposisi massa pada masing-masing campuran seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi campuran dan berbagai jenis arang sekam padi dan tempurung kelapa berdasarkan komposisi ideal dengan massa total 300 gram

No	Tipe	Arang		Air	Tepung
		Sekam padi	Tempurung kelapa		
1	S100%	150gr	0	105gr	45gr
2	T100%	0	150gr	105gr	45gr
3	S25% T75%	37,5gr	112,5gr	105gr	45gr
4	S50% T50%	75gr	75gr	105gr	45gr
5	S75% T25%	112,5gr	37,5gr	105gr	45gr

#### 4. Pembuatan *frame* untuk tempat *pellet* pada *filter* udara

*Frame* dirangkai dengan menggunakan kawat lembut yang mudah dibentuk atau dapat digunakan kawat strimin seperti yang ditunjukkan pada gambar 14, ukuran dari *frame* dapat disesuaikan dengan ukuran dari *filter* yang

digunakan pada sepeda motor uji, pada pengujian ini ukuran *filter* yang digunakan adalah ukuran *filter* sepeda motor Honda Beat 108 cc.

Di dalam *frame*, *pellet* akan disusun secara beraturan agar dapat berfungsi secara optimal. *Frame* berisi 66 *pellet* arang dengan susunan tinggi 6 *pellet* dengan lebar 11 *pellet*. *Pellet* disusun secara beraturan dalam kawat agar pada saat pengujian dan terjadi getaran susunan *pellet* tidak berantakan karena dapat mengurangi kemampuan *filter* berisi *pellet* sebagai adsorben udara yang akan masuk ke ruang pembakaran. *Frame* dikencangkan dengan menggunakan benang jahit agar susunan *pellet* dalam *frame* menjadi rapat dan tidak berantakan serta menutupi satu dengan yang lain. Setelah *frame* sudah selesai diisi *pellet* dan dikencangkan, maka *frame* dipasang pada *filter* asli sepeda motor. Pemasangan dilakukan pada bagian dalam *filter* yang berwarna silver seperti gambar 27(a). *Frame* dipasang dengan menempelkannya pada bagian *filter* asli sepeda motor dengan dibantu perekat berupa lakban hitam pada bagian pinggir samping dan atas *frame* untuk mengurangi resiko *frame* terjatuh atau lepas dari *filter* asli sepeda motor pada saat dilakukan pengujian.



(a)



(b)



(c)

(d)

Gambar 27. Proses pembuatan *frame* (a). *filter* asli bagian dalam, (b). *filter* asli bagian luar, (c). *frame filter* berisi *pellet*, (d). *frame filter* berisi *pellet* dipasang pada *filter* asli bagian dalam

### C. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan 2 kondisi kendaraan, yaitu pengujian dengan berjalan (*road test*) dan dengan kondisi stasioner. Lokasi penyaring udara pada sepeda motor yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada gambar 28.



Gambar 28. Posisi *filter* udara

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

#### 1. Pengujian berjalan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar dengan pengujian berjalan dan untuk mengetahui waktu tempuh yang diperlukan dalam uji akselerasi dari motor bensin 4-langkah tanpa menggunakan *filter pellet* arang dan juga pengujian dengan menggunakan *filter pellet* arang baik yang sudah diaktivasi dan juga yang belum diaktivasi . *Filter pellet* arang yang digunakan adalah *filter pellet* dengan 2 jenis *pellet* arang murni tanpa pencampuran dan 3 jenis *pellet* arang dengan variasi campuran massa arang dengan 3 variasi temperatur pengaktifasian pada masing-masing campuran. Pengujian dilakukan pada cuaca dan lokasi pengujian yang sama dengan beban kendaraan dan cara berkendara yang sama juga.

Pada pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian dilakukan pada kecepatan konstan 50 km/jam dengan jarak tempuh sepanjang 5 km. Persiapan yang dilakukan adalah menyiapkan botol bahan bakar dengan kapasitas kurang lebih 200 ml sebagai tangki buatan yang kemudian disambung dengan selang bensin yang disambungkan menuju karburator. Tanki buatan diisi terlebih dahulu untuk pemanasan awal sepeda motor dan memastikan motor sudah dalam posisi siap jalan untuk diuji dalam pengujian di jalan yang sudah ditentukan. Ketika putaran mesin sudah stabil, maka mesin motor dimatikan. Tanki buatan dikosongkan, kemudian diisi dengan bahan bakar sebanyak

200 ml yang sebelumnya telah diukur menggunakan gelas ukur. Ketika tanki sudah diisi bahan bakar, maka mesin kembali dihidupkan.

Setelah mesin motor dihidupkan, maka *handle* gas mulai ditarik secara perlahan hingga mencapai kecepatan 50 km/jam. Ketika kecepatan sudah 50 km/jam, maka langkah selanjutnya adalah menjaga *handle* gas agar kecepatan tetap konstan hingga jarak tempuh 5 km dengan melihat pada odometer motor. Setelah jarak tempuh hampir mencapai 5 km, maka pengemudi bersiap-siap untuk mematikan mesin. Mesin kendaraan segera dimatikan bersamaan dengan odometer yang telah menunjukkan jarak tempuh 5 km dan segera menepikan motor ke tepi jalan. Setelah motor berhenti, bahan bakar pada tanki buatan dimasukkan ke dalam gelas ukur untuk mengetahui berapa volume bahan bakar yang tersisa pada tanki buatan. Kemudian mencatat volume bahan bakar sisa yang diukur menggunakan gelas ukur, kemudian mengurangi nilai volume awal bahan bakar pada tanki buatan dengan nilai volume sisa pada tanki buatan sehingga didapatkan volume konsumsi bahan bakar dari pengujian yang dilakukan.

Prosedur yang dilakukan di atas adalah prosedur pengujian pada kondisi normal. Prosesdur pengujian dengan menggunakan *filter pellet* arang dilakukan dengan prosedur yang sama, namun diawali dengan pemasangan *filter pellet* arang sebelum menghidupkan mesin untuk memulai pengujian.

Prosedur yang sama dilakukan pada setiap pengulangan. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian pertama pada seluruh jenis *filter*

seperti pada tabel 1 secara berurutan dimulai dari pengujian pertama hingga pengujian *filter* ke-21. Lalu pengulangan kedua pengujian dilakukan dengan prosedur yang sama secara berurutan dimulai dari jenis *filter* yang paling bawah atau nomor 21 pada tabel 1 hingga pengujian dengan kondisi normal (tanpa *filter* arang) nomor 1. Pengulangan ketiga pengujian dilakukan dengan prosedur pengujian yang sama dengan urutan seperti pada pengujian pertama.

Pengujian berjalan selanjutnya adalah pengujian akselerasi. Pengujian dilakukan dengan seorang teman sebagai *timer* untuk memudahkan pengambilan data. Pengujian dilakukan untuk mengetahui waktu tempuh sepeda motor uji dari keadaan diam atau 0 km/jam hingga mencapai kecepatan 80 km/jam. Jarak yang dibutuhkan pada pengujian adalah sekitar 150 m hingga 200 m. Persiapan yang dilakukan adalah menyiapkan botol bahan bakar dengan kapasitas kurang lebih 200 ml sebagai tangki buatan yang kemudian disambung dengan selang bensin yang disambungkan menuju karburator. Tanki buatan diisi terlebih dahulu dan dilakukan pemanasan awal sepeda motor dan memastikan motor sudah dalam posisi siap jalan untuk diuji dalam pengujian di jalan yang sudah ditentukan. Ketika motor telah siap uji, maka *stopwatch* disiapkan. Pengujian diawali dengan menarik *handle* gas secara penuh. Ketika *handle* gas ditarik maka saat itu juga memberi aba-aba kepada teman agar *stopwatch* dihidupkan atau dimulai. Ketika kecepatan mencapai kecepatan 80 km/jam, maka saat itu juga kembali memberi aba-aba kepada teman untuk memberhentikan atau

mematikan waktu yang berjalan pada *stopwatch*. Waktu yang tercatat pada *stopwatch* merupakan waktu tempuh pada pengujian yang dilakukan. Prosedur pengujian dan pengulangan pada pengujian yang dilakukan pada pengujian akselerasi sama dengan prosedur pengujian dan pengulangan pengujian yang dilakukan pada pengujian konsumsi bahan bakar.

Adapun pengujian yang dilakukan pada pengujian berjalan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian konsumsi bahan bakar (*road test*) dengan kondisi *filter* udara tanpa menggunakan *filter pellet* arang. Pengujian konsumsi bahan bakar dengan kondisi normal dilakukan dengan prosedur pengujian seperti yang dijelaskan pada prosedur pengujian dan pengulangan pengujian.
- b. Pengujian konsumsi bahan bakar (*road test*) dengan kondisi *filter* udara menggunakan *pellet* dengan 2 jenis *pellet* arang murni tanpa pencampuran dan 3 jenis *pellet* arang dengan variasi campuran massa arang dengan 3 variasi temperatur pengaktifasian pada masing-masing campuran. Pengujian konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *filter pellet* arang dilakukan dengan prosedur pengujian seperti yang dijelaskan pada penjelasan sebelumnya mengenai prosedur pengujian dan pengulangan pengujian.
- c. Pengujian akselerasi dengan kondisi *filter* udara tanpa menggunakan *pellet* arang. Pengujian akselerasi dengan kondisi normal atau tanpa menggunakan *filter pellet* arang dilakukan dengan kondisi normal

dilakukan dengan prosedur pengujian seperti yang dijelaskan pada prosedur pengujian dan pengulangan pengujian.

- d. Pengujian akselerasi dengan kondisi *filter* udara menggunakan *filter* dengan *pellet* dengan 2 jenis *pellet* arang murni tanpa pencampuran dan 3 jenis *pellet* arang dengan variasi campuran massa arang dengan 3 variasi temperatur pengaktifasian pada masing-masing campuran. Pengujian akselerasi dengan menggunakan *filter pellet* arang dilakukan dengan kondisi normal dilakukan dengan prosedur pengujian seperti yang dijelaskan pada prosedur pengujian dan pengulangan pengujian.

## 2. Pengujian stasioner

Pengujian stasioner ini dilakukan dalam keadaan motor uji tidak berjalan, namun mesin motor dalam keadaan hidup. Pengujian stasioner ini dilakukan dengan besar putaran mesin 1500 rpm dan 3000 rpm selama kurang lebih 5 menit dalam keadaan cerah dan seragam. Sebelum pengambilan data, tentu motor sudah diservis rutin terlebih dahulu sehingga mesin dalam keadaan prima pada saat pengujian. Pengujian yang dilakukan pada keadaan stasioner adalah pengujian terhadap pengaruh penggunaan *filter* tanpa *pellet* dan juga penggunaan *filter* dengan *pellet* dengan 2 jenis *pellet* arang murni tanpa pencampuran dan 3 jenis *pellet* arang dengan variasi campuran massa arang dengan 3 variasi temperatur pengaktifasian pada masing-masing campuran terhadap konsumsi bahan bakar pada putaran mesin tertentu.

Persiapan yang dilakukan adalah menyiapkan botol bahan bakar dengan kapasitas kurang lebih 200 ml sebagai tangki buatan yang kemudian

disambung dengan selang bensin yang disambungkan menuju karburator. Tanki buatan diisi terlebih dahulu untuk pemanasan awal sepeda motor dan menyetel putaran mesin sesuai kebutuhan pengujian dengan memutar baut penyetel gas pada karburator dan memastikan motor sudah dalam posisi siap jalan untuk diuji dalam pengujian di jalan yang sudah ditentukan. Ketika putaran mesin sudah stabil, maka mesin motor dimatikan. Putaran mesin yang digunakan dalam pengujian yaitu pada putaran mesin 1500 rpm terlebih dahulu. Setelah pengujian dengan putaran mesin 1500 rpm selesai, maka dilanjutkan pengujian dengan putaran mesin 3000 rpm dengan prosedur pengujian yang sama. Tanki buatan dikosongkan, kemudian diisi dengan bahan bakar sebanyak 200 ml yang sebelumnya telah diukur menggunakan gelas ukur. Ketika tanki buatan sudah diisi bahan bakar, maka mesin kembali dihidupkan yang sebelumnya diawali dengan menyiapkan *stopwatch*.

Bersamaan dengan menghidupkan mesin sepeda motor, *stopwatch* juga dihidupkan. Pengujian dilakukan dengan putaran mesin yang konstan selama pengujian dengan waktu 5 menit. Ketika waktu pada *stopwatch* menunjukkan waktu yang berjalan sudah 5 menit maka bersamaan dengan itu mesin sepeda motor dimatikan. Setelah mesin sepeda motor mati, bahan bakar pada tanki buatan dimasukkan ke dalam gelas ukur untuk mengetahui berapa volume bahan bakar yang tersisa pada tanki buatan. Kemudian mencatat volume bahan bakar sisa yang diukur menggunakan gelas ukur, kemudian mengurangi nilai volume awal bahan bakar pada tanki buatan

dengan nilai volume sisa pada tanki buatan sehingga didapatkan volume konsumsi bahan bakar dari pengujian yang dilakukan.

Prosedur yang dilakukan di atas adalah prosedur pengujian pada kondisi normal. Prosedur pengujian dengan menggunakan *filter pellet* arang dilakukan dengan prosedur yang sama dengan pengujian dengan kondisi normal, namun diawali dengan pemasangan *filter pellet* arang sebelum menghidupkan mesin untuk memulai pengujian. Prosedur yang sama dilakukan pada setiap pengulangan. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian pertama pada seluruh jenis *filter* seperti pada tabel 1 secara berurutan dimulai dari pengujian pertama hingga pengujian *filter* ke-21. Lalu pengulangan kedua pengujian dilakukan dengan prosedur yang sama secara berurutan dimulai dari jenis *filter* yang paling bawah atau nomor 21 pada tabel 1 hingga pengujian dengan kondisi normal (tanpa *filter* arang) nomor 1. Pengulangan ketiga pengujian dilakukan dengan prosedur pengujian yang sama dengan urutan seperti pada pengujian pertama.

### 3. Pengujian emisi gas buang

Pengujian emisi gas buang ini dilakukan untuk melihat pengaruh penggunaan *pellet* pada *filter* udara motor dalam mereduksi emisi gas buang yang dihasilkan. *Filter* yang diuji emisi merupakan jenis *filter* yang terbaik pada saat pengujian konsumsi bahan bakar untuk menghemat biaya yang akan digunakan sehingga tidak semua jenis *filter* akan diuji emisi gas buangnya. Pengujian dilakukan di dealer Toyota Auto2000 Radin Intan.

Pengujian diawali dengan pengkalibrasian *gas analyzer* untuk kemudian memulai pengujian emisi gas buang pada sepeda motor yang digunakan.

Persiapan pengujian yang dilakukan pada pengujian emisi gas buang dengan kondisi pengujian stasioner sama dengan pengujian konsumsi bahan bakar.

Persiapan yang dilakukan adalah menyiapkan botol bahan bakar dengan kapasitas kurang lebih 200 ml sebagai tangki buatan yang kemudian disambung dengan selang bensin yang disambungkan menuju karburator.

Tanki buatan diisi terlebih dahulu untuk pemanasan awal sepeda motor dan menyetel putaran mesin sesuai dengan putaran mesin yang diuji yaitu 1500 rpm dan memastikan motor sudah dalam posisi siap untuk diuji. Ketika putaran mesin sudah stabil, maka mesin motor dimatikan. Tanki buatan kembali diisi bahan bakar dan kemudian mesin kembali dihidupkan yang sebelumnya diawali dengan menyiapkan *stopwatch*.

Ketika mesin dihidupkan dan putaran mesin stabil serta alat uji emisi yang telah dikalibrasi sebelumnya telah siap, maka corong penangkap gas pada alat uji emisi gas buang dimasukkan ke dalam knalpot sepeda motor uji dan mulai menghidupkan *stopwatch*. Setelah waktu pada *stopwatch* menunjukkan waktu tempuh 3-5 menit atau angka kandungan gas pada alat uji emisi telah stabil, maka dilakukan pengambilan data pada alat uji emisi gas buang dengan mengunci data dan mencetaknya serta mematikan mesin sepeda motor uji.

Prosedur pengujian yang dilakukan merupakan pengujian dengan kondisi normal atau tanpa menggunakan *filter pellet* arang tambahan. Lalu pengujian dengan menggunakan *filter pellet* arang dilakukan dengan prosedur pengujian yang sama pada pengujian dengan kondisi normal yang diawali dengan pemasangan *filter pellet* arang setelah pemanasan awal dan sebelum menghidupkan mesin sepeda motor uji untuk memulai pengambilan data. Pengujian pertama dilakukan pada kondisi normal terlebih dahulu, lalu melakukan pengujian pada jenis *filter* S25%T75%, dan terakhir pada jenis *filter* terbaik 3S25%T75%. Pengulangan pengujian kedua dilakukan dengan prosedur yang sama dengan urutan berlawanan dari pengujian pertama yaitu diawali dengan pengujian pada *filter* terbaik 3S25%T75%, S25%T75%, dan terakhir dilakukan pengujian pada kondisi normal atau tanpa menggunakan *filter pellet* arang.

#### **D. Tempat dan Waktu Penelitian**

Adapun tempat dan waktu penelitian dan pengujian yang telah dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut:

##### **1. Tempat Penelitian**

Adapun lokasi penelitian atau pengujian berjalan (*road test*) dan pengujian akselerasi dilakukan di Jalan Soekarno-Hatta, Tarahan, Lampung Selatan. Sedangkan untuk pengujian konsumsi bahan bakar dengan kondisi stasioner dilakukan di rumah penulis Jalan Soekarno-Hatta, Panjang, Bandar

Lampung. Untuk pengujian emisi gas buang dilakukan di dealer Toyota Auto2000 Radin Intan. Jalan dipilih berdasarkan pada tingkat kemacetan lalu lintas serta situasi dan kondisi jalan pada saat pengujian.

## 2. Waktu Penelitian

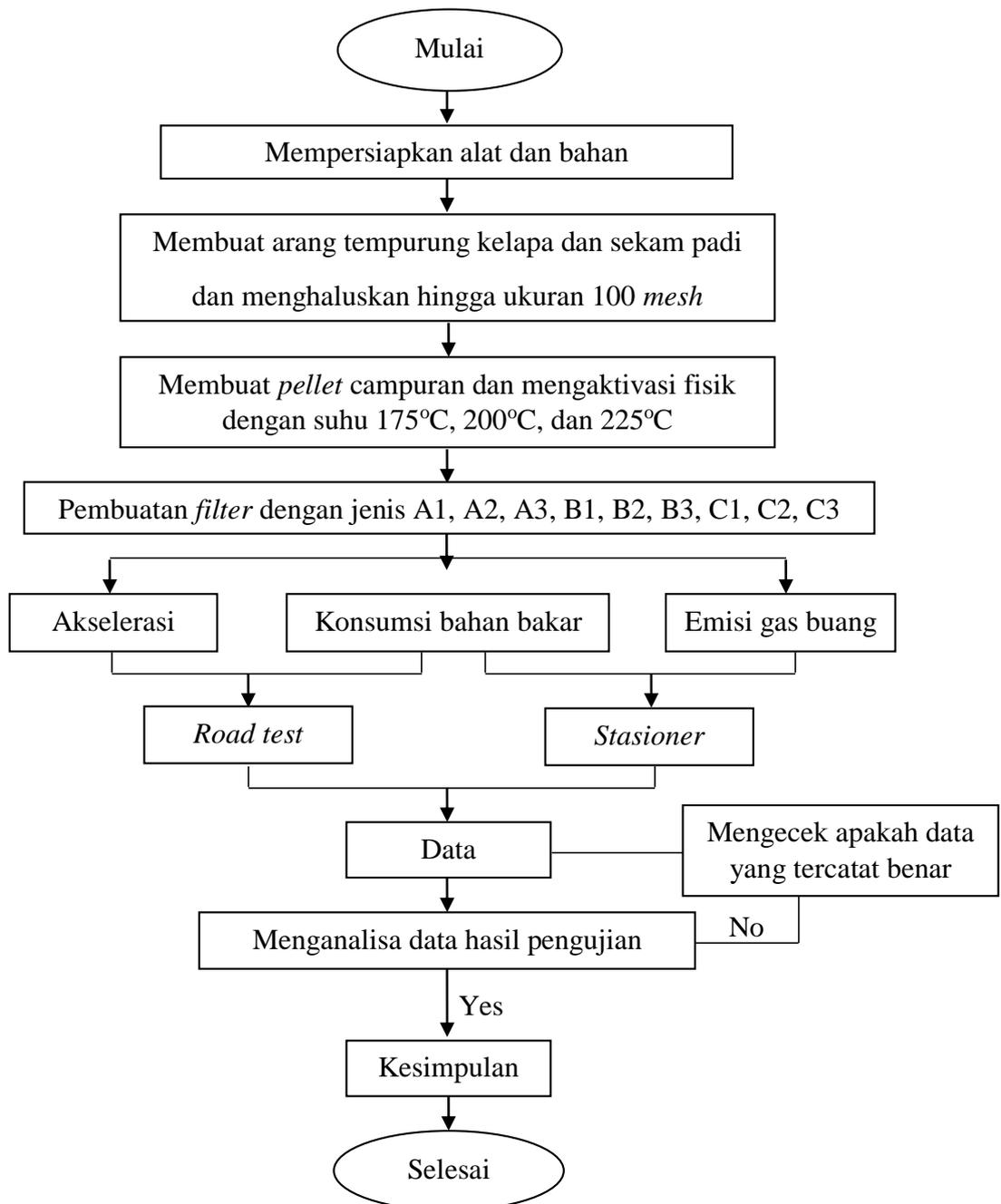
Penelitian ini telah diselesaikan dalam kurun waktu empat bulan, dimulai dari bulan Mei 2019 sampai dengan bulan Agustus 2019.

## **E. Analisis Data**

Data yang diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan, selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel hasil pengujian. Kemudian data dari tabel hasil pengujian dianalisa dan disajikan dalam bentuk grafik sehingga diperoleh pengaruh dari variasi temperatur aktivasi fisik terbaik dan variasi komposisi campuran arang sekam padi dan arang tempurung kelapa terbaik yang telah digunakan pada *filter* udara kendaraan uji.

## F. Diagram Alir Pengambilan Data dan Analisis Data

Prosedur pengambilan data dan analisis dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 29 di bawah ini.



Gambar 29. Diagram alir penelitian

## **BAB V.**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Adapun kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan pengujian dan pengambilan data serta menggambarkannya dalam bentuk grafik dan juga menganalisa grafik tersebut, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Filter* campuran arang sekam padi dan arang tempurung kelapa mampu mengurangi konsumsi bahan bakar, meningkatkan akselerasi, dan mereduksi emisi gas buang.
2. Komposisi campuran arang dengan temperatur aktivasi terbaik sebagai media adsorben pada *filter* udara terhadap prestasi mesin pada penelitian ini yaitu komposisi 3S25%T75%, yaitu mampu mengurangi konsumsi bahan bakar 14,7 ml (11,67%) pada pengujian berjalan dibanding keadaan normal, mengurangi konsumsi bahan bakar pada pengujian stasioner sebesar 10,5 ml (51,22%) pada putaran mesin 1500 rpm, sebesar 8,25 ml (27,97%) pada putaran mesin 3000 rpm dibanding keadaan normal, dan meningkatkan

akselerasi 1,8 detik (11,64%) dibandingkan keadaan normal disusul dengan *filter* terbaik kedua dengan jenis *filter* 3S50%T50%

3. Penggunaan komposisi campuran serbuk arang dengan jumlah serbuk arang tempurung kelapa yang lebih besar (75%) daripada jumlah serbuk arang sekam padi (25%) mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan prestasi mesin yang disebabkan oleh tingkat kekerasan dan daya adsorpsi yang tinggi serta tingkat kerapatan *pellet* yang pas. Semakin tinggi temperatur aktivasi yang digunakan akan menyebabkan pertambahan jumlah dan luas permukaan pori pada *pellet* arang sehingga akan berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan prestasi mesin baik dalam menghemat konsumsi bahan bakar, meningkatkan akselerasi, dan mereduksi emisi gas buang CO dan HC.
4. Penggunaan komposisi campuran arang terbaik 3S25%T75% mampu mengurangi kadar gas CO sebesar 0,015% dengan presentase penurunan gas CO sebesar 21,43% dibanding keadaan normal dan mengurangi kadar gas HC sebesar 41,5 ppm atau presentase penurunan gas HC sebesar 21,12% dibanding keadaan normal.

## **B. Saran**

Adapun beberapa saran yang ingin penulis sampaikan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut penggunaan campuran arang sekam padi dengan arang tempurung kelapa dengan aktivasi kimia.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan umur pakai dari *pellet* campuran arang sebagai adsorben pada saringan udara kendaraan bermotor.
3. Pengujian akselerasi sebaiknya dilakukan bersama seorang teman agar memudahkan proses pengambilan data dan data lebih akurat serta dilakukan dengan hati-hati.
4. Perlu dilakukan perbaikan teknis pengukuran konsumsi bahan bakar, yaitu dengan menggunakan gelas ukur *pyrex* dengan skala yang lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

Alfathoni, Girun. 2002. "Rahasia Untuk Mendapatkan Mutu Produk Karbon Aktif dengan Serapan Iodin di atas 1000 MG/G". Yogyakarta

Arifin, Zaenal. 2013. "Biopellet Campuran Sekam Padi dan Tempurung Kelapa". Skripsi Jurusan Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor : Bogor

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2017. "Sekam Padi sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani". Badan Pusat Statistik : Jakarta.

Badan Pusat Statistik Lampung. 2017. "Statistik Kendaraan Bermotor di Provinsi Lampung Tahun 2017". Badan Pusat Statistik : Lampung

Basuki, 2008. "Penurunan Konsentrasi CO dan NO<sub>2</sub> pada Emisi Gas Buang Menggunakan Arang Tempurung Kelapa yang Disisipi TiO<sub>2</sub>". Jurnal Rekayasa Lingkungan, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir : Yogyakarta

Basyirun, dkk. 2008. "Mesin Konversi Energi". Buku Ajar. Universitas Negeri Semarang : Semarang

Brujin, de L.A . 1994. "Motor penggerak". *Machine USA Jhon Willy & Son* : New York

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

Fahry. 2015. "Pembuatan Alat Uji Prestasi Mesin Motor Bakar Bensin Yamaha Lexam 115 cc". Jurnal Teknik Mesin:2. Universitas Diponegoro : Semarang

Ganesan, V. 1996. "*Internal Combustion Engines*". McGraw Hill : USA.

Ginting, Armeny. 2012. "Pengaruh Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Idara Pembakaran Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah". Skripsi Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Lampung, Lampung.

- Ikawati. 2002. "Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati". Jurnal Penelitian. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik-Universitas Diponegoro : Semarang.
- Khairil. 2003. "*Study on Combustion Characteristics of Bio-Briquete*". *Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion*". Bali : Indonesia
- Kristanto. 2001. "Peningkatan Unjuk Kerja Motor Bensin 4-Langkah dengan Penggunaan *Methyl Tertiary Buthyl Ether* pada Bensin". Jurnal Teknik Mesin. Vol 3. No. 2. Hal5-62. Universitas Kristen Petra : Surabaya
- Kusuma. 2002. "Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel, dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak". Skripsi Program Studi Teknik Mesin. Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran : Bali.
- Marlina. 2007. "Teknik Aklimatisasi Bibit Anthurium pada Beberapa Media Tanam". Jurnal Seminar Nasional Biologi Teknik Pertanian. 12(1):38-40. UIN Sunan Gunung Djati : Bandung
- Rabiman. 2011. "Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel". Skripsi Prodi Pendidikan Teknik Mesin. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. Graha Ilmu : Yogyakarta

Rachmawati. 2004. “Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas”. Skripsi Departemen Teknologi Hasil Hutan-Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor : Bogor

Rangga. 2010. “Manfaat Arang, Perencanaan Sistem Proses Kimia”. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia-Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Sihite, Debora. 2008. “Pembuatan dan Karakterisasi Bahan Keramik Berpori Dengan Aditif Sekam Padi yang Digunakan sebagai Filter Gas Buang”. Tesis. Program Studi Magister Fisika. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara : Medan.

Siregar, Afrizal. 2011. “Pengaruh Penggunaan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Idara Pembakaran Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah”. Skripsi Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Lampung : Lampung.

Tjokrokusumo. 1995. “Pengantar *Engineering* Lingkungan”. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan : Yogyakarta.

Tribunnews. 2018. “Pertamina: Kebutuhan BBM Per Hari Tinggi, Pasokan Hanya 600 Kilo Liter”. Diakses tanggal 12 April 2019.  
<https://www.google.com/amp/s/medan.tribunnews.com/amp/2018/04/>

15/pertamina-kebutuhan-bbm-per-hari-tinggi-pasokan-hanya-600-  
kilo-liter

Tryana, Meilita. 2003. "Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)".  
Jurnal Teknik Mesin Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik-  
Universitas Sumatera Utara : Medan.

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

Yandra, E., 2006. "Pengaruh Penggunaan Zeoliet Lampung yang Diaktivasi Secara  
Fisik dan Kimia-NaOH Terhadap Prestasi Motor Diesel 4-Langkah".  
Skripsi Program Sarjana Teknik Mesin Universitas Lampung : Bandar  
Lampung