

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN FILTER UDARA BERBAHAN
DASAR ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP PRESTASI
MESIN BENSIN 4 LANGKAH TD200**

Skripsi

Oleh

M. Raihan

2115021043



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN FILTER UDARA BERBAHAN
DASAR ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP PRESTASI
MESIN BENSIN 4 LANGKAH TD200**

Oleh

M. Raihan

NPM 211502143

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
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN FILTER UDARA BERBAHAN DASAR ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP PRESTASI MESIN BENSIN 4 LANGKAH TD200

OLEH

M. Raihan

Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor berbanding lurus dengan banyaknya konsumsi bahan bakar minyak dan emisi. Filter udara dibuat dari arang tempurung kelapa yang diaktivasi secara fisik menggunakan microwave dengan daya 60% selama 6 menit, kemudian dibentuk menjadi pelet dengan beberapa variasi kerapatan, yaitu tanpa filter, kerapatan tengah kosong, rapat tengah, dan renggang. Pengujian dilakukan pada variasi putaran mesin 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm. Data torsi, daya, dan bsfc diperoleh menggunakan sistem akuisisi data VDAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filter udara arang tempurung kelapa mampu meningkatkan torsi dan daya mesin serta menurunkan nilai bsfc dibandingkan dengan kondisi tanpa filter. Variasi filter dengan kerapatan tengah kosong memberikan peningkatan performa paling optimal, dengan kenaikan torsi sebesar 8,19% dan daya sebesar 7,21% yang signifikan serta penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol sebesar 9,09% pada putaran mesin 2000 rpm. Dengan demikian, arang tempurung kelapa berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan alternatif filter udara untuk meningkatkan prestasi mesin bensin 4 langkah.

Kata Kunci : Arang tempurung kelapa, bsfc daya, filter udara, mesin bensin 4 langkah, torsi.

ABSTRACT

Analysis of the Effect of Coconut Shell Charcoal–Based Air Filter Usage on the Performance of a TD200 Four-Stroke Gasoline Engine

BY

M. Raihan

The increase in the number of motor vehicles is directly proportional to the growth of fuel consumption and exhaust emissions. Air filters made from coconut shell charcoal were developed to improve engine performance and efficiency. The coconut shell charcoal was physically activated using a microwave at 60% power for 6 minutes and then formed into pellets with several density variations, namely without filter, hollow-center density, solid-center density, and loose density. The experiments were conducted at engine speeds of 2000 rpm, 2500 rpm, and 3000 rpm. Torque, power, and brake specific fuel consumption (BSFC) data were obtained using the Vehicle Data Acquisition System (VDAS). The results show that the use of coconut shell charcoal air filters increases engine torque and power while reducing BSFC compared to the condition without a filter. The hollow-center density filter variation provides the most optimal performance, showing significant increases in torque and power as well as a reduction in specific fuel consumption at all engine speed variations. Therefore, coconut shell charcoal has potential to be utilized as an alternative air filter material to improve the performance of four-stroke gasoline engines.

Keywords : *air filter, bsfc, coconut shell charcoal, four stroke engine, power, torque.*

Judul Skripsi

: **ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN
FILTER UDARA BERBAHAN DASAR
ARANG TEMPURUNG KELAPA
TERHADAP PRESTASI MESIN BENSIN 4
LANGKAH TD200**

Nama Mahasiswa

: **M. Raihan**

No. Pokok Mahasiswa

: **2115021043**

Jurusan

: **Teknik Mesin**

Fakultas

: **Teknik**

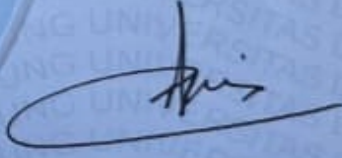


Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 196608221995121001

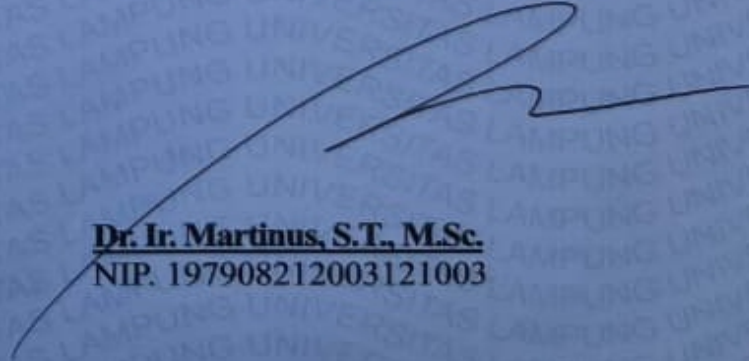

Sabiqunassabiqun, S.T., M.T.
NIP. 199210262024061001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 197408162000121001


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Anggota Penguji : **Sabiqunassabiqun S.T., M.T.**

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

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **24 Februari 2026**

Lembar Pernyataan

Skripsi dengan judul **“Analisis Pengaruh Penggunaan Filter Udara Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Terhadap Prestasi Mesin Bensin 4 Langkah TD200”** ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Peraturan Rektor no. 13 tahun 2019.

Bandar Lampung, 02 Maret 2026

Yang Menyatakan



M. Raihan

NPM.2115021043

Riwayat Hidup



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 18 Maret 2003 merupakan Anak pertama dari Bapak Ayub Ahmad dengan Ibu Komaryati. Penulis beralamat di Jl.P. Ternate Jagabaya II Gg Kubis, Kecamatan Way Halim, Kelurahan Jagabaya II. Penulis mengawali pendidikan di SD Negeri 02 Sawah Brebes (2009-2015), SMP Negeri 4 Bandar Lampung (2015-2018), SMK SMTI Bandar Lampung (2018-2021), Universitas Lampung (2021-sekarang). Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai bidang dana dan usaha periode 2023/2024. Penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa/Kelurahan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung pada Januari – Februari 2024. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PTPN I Regional VII, Jl. Mayor Ruslan Pagar Alam, Provinsi Sumatera Selatan. pada Juni – juli 2024, dengan topik **“Analisis Pengaruh Temperatur Pada Mesin Rotary Panner Terhadap Proses Pelayuan Daun Teh *Green Tea* Di PTPN I Regional VII Unit Pagar Alam”**. Penulis melakukan penelitian di bidang Konversi Energi dengan judul **“Analisis Pengaruh Penggunaan Filter Udara Berbahan Dasar Arang Tempurung Kelapa Terhadap Prestasi Mesin Bensin 4 Langkah TD200”**. Dibawah bimbingan Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN. Eng dan Bapak Sabiqunassabiqun S.T., M.T. Serta Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng sebagai pembahas.

MOTTO

And when I think of all the places I just don't belong
I've come to grips with life and realize this is going too far
-Avenged Sevenfold-

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati,
Saya mempersembahkan karya sederhana ini
Sebagai ungkapan cinta, kasih sayang, dan rasa terima kasih saya

KARYA TULISKU INI AKU PERSEMBAHKAN KEPADA :

Ayah Ayub Ahmad dan Ibu Komaryati tercinta,
yang dengan segala keterbatasan dan pengorbanan tanpa pamrih, selalu
mengiringi setiap langkah penulis dengan doa dan kasih sayang yang tak pernah
terucap, menjadi alasan utama penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan
skripsi ini.

Serta teman-teman yaitu Vikky, Rafiansyah, Vasco, Rion, Rega, Gunawan,
Sahrul, Faldo masih banyak yang lainnya, yang telah menjadi keluarga kedua,
menemani hari-hari penuh lelah, kesederhanaan, dan kebersamaan selama masa
perkuliahan. yang menjadi tempat berbagi cerita, pelarian di tengah penat, serta
memberikan dukungan dan semangat di saat proses penyusunan skripsi terasa
berat. Serta teman-teman teknik mesin 21 yang telah bersama-sama melewati
masa perkuliahan dengan segala cerita, perjuangan, dan kebersamaan hingga
akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.

SANWACANA

Assalamu‘alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah Swt karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan tepat pada waktunya walaupun jauh dari kata sempurna. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program sarjana S1, dan juga salah satu syarat menyelesaikan pendidikan sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Dalam menyelesaikan skripsi ini, tentunya penulis dapat banyak masukan, semangat kritik dan saran, mendapatkan pengalaman dan pembelajaran dari berbagai pihak.

Ucapan terima kasih juga penulis tujukan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su’udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN. Eng selaku Pembimbing I yang telah membina selama perkuliahan dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Sabiqunassabiqun S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah membina saya selama perkuliahan dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi
6. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembahas yang telah membimbing selama perkuliahan dan membina dalam menyelesaikan skripsi.

7. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing akademik yang telah membimbing dan membina penulis selama perkuliahan.
8. Mas Agus Sriono Selaku PLP motor bakar yang telah membantu dan membina saat di lab motor bakar.
9. Seluruh Dosen-dosen di Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah menjadi guru dan mengajarkan pengetahuan dasar kepada penulis.
10. Seluruh Staf tenaga pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung
11. Kedua Orang tua penulis Ayah dan Ibu, serta keluarga besar yang penulis cintai dan selalu memberikan doa, motivasi, semangat dari luar maupun didalam, serta menjalankan menyelesaikan program studi Teknik Mesin di Universitas Lampung.
12. Teman seluruh keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2021 yang telah membantu memberikan semangat dan mendoakan kelancaran selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 02 Maret 2026

M. Raihan

2115021043

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Motor Bakar	6
2.2. Motor Bensin	8
2.3. Siklus Motor Bensin 4 Langkah.....	10
2.4. Filter Udara.....	12
2.5. Arang Tempurung Kelapa	14
2.6. Parameter Prestasi Mesin	16
2.7. Proses Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah.....	18
2.8. Udara pada proses pembakaran	19
2.9. Microwave.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2. Variabel Penelitian	21

3.3. Alat Penelitian	21
3.4. Bahan Penelitian.....	27
3.5. Persiapan Alat dan Bahan.....	29
3.6. Pengujian	32
3.7. Diagram Alir Penelitian Pengujian Prestasi Mesin Bensin 4-Langkah.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Penelitian.....	36
4.2. Pembahasan	38
4.2.1. Pengaruh Penggunaan Filter Udara Arang Tempurung Kelapa Terhadap Torsi.....	39
4.2.2. Pengaruh Penggunaan Filter Udara Arang Tempurung Kelapa Terhadap Daya.....	42
4.2.3. Pengaruh Penggunaan Filter Udara Arang Tempurung Kelapa Terhadap bsfc (<i>Break Spesific Fuel Consumption</i>)	45
BAB V PENUTUP.....	78
5.1. Kesimpulan.....	78
5.2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Mesin pembakaran luar	7
Gambar 2. 2. Mesin pembakaran dalam.....	8
Gambar 2. 3 Diagram P-V Motor bensin 4 langkah	10
Gambar 2. 4 Filter Udara	13
Gambar 2. 5 Arang tempurung kelapa	14
Gambar 2. 6 Mesin bensin 4 langkah TD200	22
Gambar 3. 1 Mesin bensin 4 langkah TD200	22
Gambar 3. 2 Unit Instrument VDAS.....	23
Gambar 3. 3 Software Instrument VDAS	23
Gambar 3. 4 Timbangan Digital	24
Gambar 3. 5 Roller Ampia	24
Gambar 3. 6 Gelas Ukur.....	25
Gambar 3. 7 Microwave.....	26
Gambar 3. 8 Kawat Strimin	26
Gambar 3. 9 Cetakan Pelet.....	27
Gambar 3. 10 Arang Tempurung Kelapa.....	27
Gambar 3. 11 Aquadest.....	28
Gambar 3. 12 Tepung Tapioka.....	28
Gambar 3. 13 Pembuatan Adonan	29

Gambar 3. 14 Proses Aktivasi.....	30
Gambar 3. 15 Filter Arang Tempurung Variasi Susunan Filter (a) Kosong Tengah, (b) Rapat Tengah, (c) Renggang	31
Gambar 3. 16 Tempat Peletakan Filter Udara.....	33
Gambar 3. 17 Menghidupkan Mesin.....	34
Gambar 3. 18 Diagram Alir Proses Penelitia	35
Gambar 4. 1 Pengaruh Penggunaan Filter Udara Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Torsi	39
Gambar 4. 2 Pengaruh penggunaan filter udara arang tampurung kelapa terhadap nilai daya	42
Gambar 4. 3 Grafik pengaruh penggunaan filter udara teraktivasi fisik terhadap konsumsi bahan bakar	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi motor bensin 4-langkah TD200.....	22
Tabel 3. 2 Komposisi Pembuatan Pelet.....	30
Tabel 3. 3 Variasi Pelet Filter Arang Tempurung Kelapa	31
Tabel 4. 1 Filter Udara Terhadap Torsi.....	36
Tabel 4. 2 Filter Udara Terhadap Daya.....	37
Tabel 4. 3 Filter Udara Terhadap Bsfc.....	38

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
bP	Daya engkol	(kW)
T	Torsi	(Nm)
N	Putaran mesin	(rpm)
m_f	Laju pemakaian bahan bakar	(kg/jam)
Δm	Selisih massa pemakaian bahan bakar	(kg)
Δt	Selisih waktu pemakaian bahan bakar	(jam)
w	Beban	(N)
d	Jarak Pembebanan pusat putaran	(m)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. 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. Salah satu hal yang mengalami perkembangan pesat adalah bidang industri otomotif. Berkembangnya industri otomotif ini berdampak pada peningkatan penggunaan bahan bakar minyak, yang mengakibatkan tingginya tingkat polusi udara yang terjadi. Menurut data pada Badan Pusat Statistik (BPS,2023) menunjukkan pengguna kendaraan bermotor di Indonesia sejumlah 157.080.504 unit. Hal ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup signifikan dari tahun sebelumnya yang berjumlah 148.261.817 pada tahun 2022.

Polusi udara merupakan salah satu permasalahan serius yang menjadi masalah dari tahun ke tahun, diikuti dengan berkembangnya aktivitas industri dan transportasi. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor, pabrik, dan juga pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara menghasilkan beragam jenis zat berbahaya seperti partikulat halus (PM_{2,5} dan PM₁₀), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), dan juga senyawa organik volatil (VOCs). Menurut data World Health Organization (WHO), terpapar polusi udara dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai penyakit pernapasan, kardiovaskular, hingga kanker paru-paru. Dalam upaya untuk mengurangi konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor yang cukup besar ini dapat dilakukan dengan cara yaitu meningkatkan kinerja mesin,

dimana efisiensi pembakaran dalam mesin pembakaran dalam dapat ditingkatkan dengan cara menggunakan filter udara yang berfungsi sebagai penyaring udara yang masu ke dalam ruang bakar serta kotoran ataupun senyawa yang tidak diperlukan dalam proses pembakaran, seperti nitrogen (N), uap air (H_2O) serta karbon dioksida (CO_2). Seperti yang dipahami bahwa udara kering mengandung 78,09% nitrogen, 20,95% oksigen, 0,93% argon, 0,04% karbon dioksida dan gas-gas lainnya. Sedangkan gas yang digunakan dalam proses pembakaran adalah oksigen untuk membakar bahan bakar yang mengandung molekul karbon dan hidrogen (Winoko dan Wicaksono, 2021).

Filter udara pada umumnya terbuat dari busa, kain dan kertas, namun ada bahan lain yang dapat digunakan untuk menyaring udara, seperti zeolit alam, abu batu bara, arang tempurung kelapa, arang serbuk kayu serta bentonit. Filter udara berfungsi untuk menyaring udara yang masuk ke ruang pembakaran sehingga udara yang masuk merupakan udara yang bersih udara yang kaya oksigen sehingga proses pembakaran dapat berjalan dengan efektif. Bahan-bahan tersebut mampu menyerap uap air (H_2O) dan nitrogen (N) dari udara yang masuk ke ruang bakar untuk memaksimalkan kandungan oksigen (O^2) pada proses pembakaran. Dalam proses pembakaran, udara yang tersaring dalam filter udara memiliki peranan penting untuk terjadinya pembakaran sempurna pada ruang bakar yaitu suplai oksigen, bahan bakar dan panas pembakaran yang cukup. Jika di dalam proses pembakaran pada mesin motor bakar terdapat nitrogen dan uap air maka gas-gas tersebut dapat mengambil panas pembakaran oksigen dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Sehingga, panas pembakaran berkurang dan menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna (Riyanto dkk, 2023).

Kelapa merupakan tumbuhan yang jumlahnya dapat dikatakan sangat melimpah terutama di Indonesia, namun dengan jumlah yang sangat melimpah tersebut justru tempurung kelapa tidak diimbangi dengan pemanfaatannya, Limbah hasil pemanfaatan kelapa dalam bentuk tempurung ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomi yang begitu besar dan ketersediaannya yang melimpah justru hanya menimbulkan masalah lingkungan. Salah satu upaya untuk

mengurangi dampak tersebut yaitu dengan mengolah tempurung kelapa menjadi arang. Tempurung kelapa selain dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung maupun dalam bentuk arang, dapat juga digunakan sebagai bahan adsorpsi (adsorben) setelah diubah menjadi arang aktif atau karbon aktif. Arang aktif adalah arang yang mempunyai kemampuan daya adsorpsi lebih tinggi dari arang pada umumnya. Karbon aktif tempurung kelapa dapat digunakan sebagai adsorben disebabkan memiliki banyak keuntungan seperti mempunyai daya adsorpsi yang selektif, berpori, dan mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan arang aktif tempurung kelapa mampu menurunkan konsentrasi berbagai polutan di udara termasuk CO, NO, dan NO_x karena memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang baik (Winoko dan Wicaksono, 2021).

Penghematan bahan bakar dapat dicapai dengan meningkatkan kinerja mesin menggunakan filter udara yang terbuat dari arang. Filter udara yang terbuat dari arang dapat digunakan untuk menyerap nitrogen (N) dan juga uap air (H₂O) yang terkandung dalam udara pembakaran. Penggunaan filter udara dapat memberikan udara yang kaya oksigen yang akan masuk ke ruang bakar untuk meningkatkan kualitas proses pembakaran oksigen masuk ke ruang bakar untuk meningkatkan kualitas proses pembakaran. Pada penelitian ini filter dibuat dari arang serbuk gergaji yang diaktivasi secara fisik dengan pemanasan dalam temperatur 65°C, 54°C, 50°C selama 5 menit. Berdasarkan percobaan, ditemukan bahwa filter udara arang serbuk gergaji yang diaktivasi secara fisik dapat meningkatkan kinerja mesin. Hasil pengujian menunjukkan daya engkol rata-rata terbaik yaitu pada konsentrasi 55% dengan temperatur 54°C waktu aktivasi fisik selama 5 menit dengan massa 50 gram yaitu rata-rata sebesar 56,27% penurunan bsfc sebesar 31,95%. Didapatkan hasil pengujian yang dilakukan Dirgantara penggunaan filter udara berbahan arang serbuk gergaji presentase peningkatan daya engkol dengan temperatur 54°C rata-rata sebesar 85,85%, dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol dengan temperatur yang sama 54°C rata-rata sebesar 45,40% (Dirgantara, 2022)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh filter arang tempurung kelapa terhadap konsumsi bahan bakar spesifik motor bensin 4 langkah.
2. Bagaimana pengaruh filter arang tempurung kelapa terhadap daya mesin bensin 4 langkah.
3. Bagaimana pengaruh filter arang tempurung kelapa terhadap torsi mesin bensin 4 langkah.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari adanya penelitian ini untuk mengetahui pemanfaatan filter udara berbahan dasar arang tempurung kelapa terhadap prestasi mesin bensin 4 langkah :

1. Mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik motor bensin 4-langkah dengan menggunakan filter arang tempurung kelapa.
- 2 Mengetahui pengaruh penggunaan filter udara berbahan arang tempurung kelapa dalam meningkatkan daya mesin bensin 4-langkah.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan filter udara berbahan arang tempurung kelapa dalam meningkatkan torsi pada mesin bensin 4-langkah.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah motor bensin 4-langkah *Tecquipment TD200 Small Bed Engine Test* yang terdapat di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada penggunaan filter udara berbahan dasar arang tempurung kelapa yang telah diaktivasi secara fisik

menggunakan *microwave* tanpa membandingkan dengan metode aktivasi kimia.

3. Penelitian hanya membandingkan filter udara arang tempurung kelapa teraktivasi dengan penggunaan tanpa filter.
4. Pengujian dilakukan di laboratorium motor bakar dan propulsi Universitas Lampung.
5. Analisis tidak mencakup ketahanan jangka panjang, efisiensi biaya produksi, maupun aspek lingkungan dari filter udara.
6. Hasil penelitian hanya berlaku untuk spesifikasi mesin dan filter yang digunakan dalam pengujian ini, sehingga tidak digeneralisasi untuk semua jenis motor bensin.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menambah wawasan dan referensi di bidang teknik mesin dan memberikan kajian tentang pengaruh filter udara arang tempurung teraktivasi fisik terhadap prestasi mesin bensin 4 langkah.
2. Penelitian ini dapat memberikan alternatif filter udara berbahan ramah lingkungan, menjadi acuan dalam meningkatkan torsi, daya dan bsfc mesin bensin dan memberikan gambaran susunan filter udara yang optimal.
3. Pemanfaatan arang tempurung kelapa sebagai filter udara dapat mendukung penggunaan material ramah lingkungan serta berpotensi mengurangi emisi gas buang akibat pembakaran yang lebih optimal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Bakar

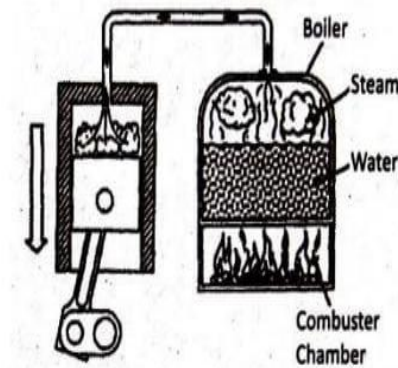
Mesin pembakaran atau motor bakar adalah sebuah jenis mesin kalor yang mampu mengubah energi kimia atau bahan bakar menjadi sebuah energi mekanik melalui proses pembakaran didalam ruang bakar yang selanjutnya diubah menjadi energi mekanis. Energi kimia atau bahan bakar tersebut akan diubah terlebih dahulu menjadi energi termal melalui proses pembakaran pada ruang bakar mesin. Terbentuknya energi termal ini dikarenakan adanya proses pembakaran bahan bakar dengan udara dalam sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin akan memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak yang menghasilkan langkah usaha (Prayitno, H dan Wardono, H, 2014).

Berdasarkan sistem pembakarannya, sebuah mesin dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu sebagai berikut:

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

Pada mesin pembakaran luar, proses pembakaran terjadi di luar bagian utama mesin. Dimana energi dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Salah satu contoh dari mesin pembakaran luar adalah ketel uap, lokomotif merupakan contoh mesin yang banyak digunakan di masa lalu ketel uap ini sering dipakai pada kereta api uap dan kapal uap. Dalam mesin uap panas yang dihasilkan dari pembakaran diluar mesin memanaskan fluida yang kemudian menghasilkan uap untuk menggerakkan piston. Mesin

pembakaran luar cenderung memerlukan lebih banyak ruang dan waktu untuk mencapai performa yang maksimal namun sangat efisien dalam menggerakkan beban berat. Mesin pembakaran luar dapat dilihat pada gambar 2.1.



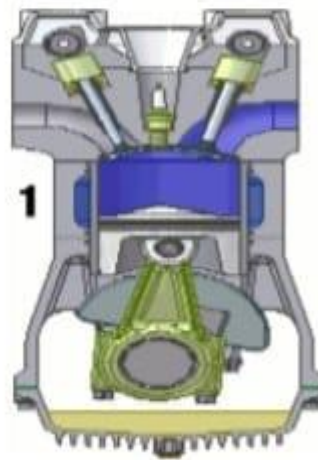
Gambar 2. 1. Mesin pembakaran luar
(Bittan News, 2020)

2. Mesin Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Mesin pembakaran dalam adalah salah satu jenis mesin penghasil panas dimana pembakaran bahan bakar terjadi di dalam mesin pembakaran itu sendiri. Gas hasil pembakaran berperan sebagai fluida kerjanya. Mesin pembakaran dalam merupakan salah satu jenis mesin yang banyak digunakan pada kendaraan bermotor. Sebagai bagian utama dari mesin pembakaran dalam, piston berfungsi sebagai penggerak utama pada mesin pembakaran dalam, yaitu memindahkan tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar menuju mekanisme penggerak lainnya. Ketika mesin bekerja, piston bergerak naik turun di dalam silinder untuk menyalurkan bahan bakar dan udara ke dalam ruang bakar dan mengeluarkan gas buang. Piston juga harus tahan terhadap tekanan dan panas yang sangat tinggi yang dihasilkan oleh proses pembakaran, sehingga harus terbuat dari bahan yang kuat dan tahan panas

seperti aluminium atau baja. Dalam mesin pembakaran dalam, piston memainkan peran yang sangat penting dalam menghasilkan tenaga yang dibutuhkan kendaraan dan memastikan kinerja mesin yang optimal (Taufiqurrahman,dkk., 2023).

Mesin pembakaran dalam merupakan sebuah mesin yang mana proses pembakarannya terjadi di dalam silinder mesin itu sendiri, lalu gas hasil pembakaran tersebut langsung digunakan untuk menghasilkan tenaga gerak atau mekanik. Salah satu contoh umum yang termasuk jenis mesin pembakaran dalam adalah mesin diesel dan mesin bensin yang kita gunakan sehari-hari pada kendaraan bermotor dan juga generator. Proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar ini membuat transfer energi gas hasil pembakaran dapat langsung digunakan untuk mendorong piston atau turbin dari TMA ke TMB. Mesin pembakaran dalam dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Mesin pembakaran dalam

Sumber: (Suyatno,dkk., 2023)

2.2. Motor Bensin

Motor bensin merupakan salah motor yang termasuk dalam motor pembakaran dalam yang memampatkan bahan bakar bensin untuk

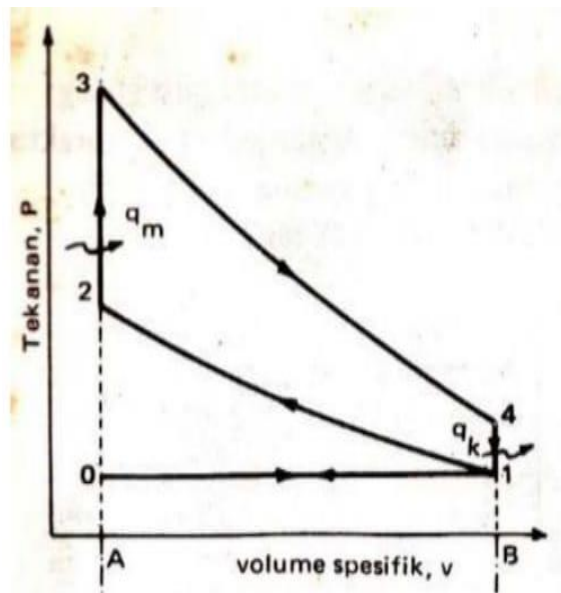
menghasilkan dengan oksigen dari udara, sehingga menimbulkan energi termal yang kemudian dimanfaatkan menjadi energi mekanik. Motor bensin juga merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Motor bensin ini sering digunakan dalam bidang otomotif. Motor bensin salah satu dari jenis motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang banyak digunakan dalam bidang transportasi. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi 2 energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Motor pembakaran dalam adalah mesin yang memanfaatkan fluida kerja/gas panas hasil pembakaran, di mana antara medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah.

Mesin konversi energi yang dapat diklasifikasikan ke dalam mesin jenis ini di antaranya motor bensin dan motor diesel. Motor bensin merupakan mesin pengonversi energi tak langsung, yaitu energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian baru menjadi energi mekanis. Jadi energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanis. Pembakaran dapat terjadi karena busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar. Sedangkan untuk karburator berfungsi menghasilkan campuran bahan bakar dengan udara. Pencampuran tersebut terjadi karena bahan bakar terhisap masuk atau disemprotkan kedalam arus udara segar yang melewati karburator. Campuran bahan bakar dan udara segar yang terjadi itu sangat mudah terbakar. Campuran tersebut kemudian masuk kedalam silinder yang dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik dari busi menjelang akhir dari Langkah kompresi. Pembakaran bahan bakar dan udara ini menyebabkan motor menghasilkan daya pada langkah ekspansi. Perbedaan yang mencolok pada mesin bensin dan juga mesin diesel terdapat pada langkah hisap nya. Pada mesin diesel

yang dihisap hanya udara sedangkan pada langkah hisap pada mesin bensin yang dihisap ke ruang bakar merupakan campuran dari udara dan juga bahan bakar (Suyatno,dkk., 2023).

2.3. Siklus Motor Bensin 4 Langkah

Pada motor bensin empat langkah prinsip kerjanya untuk menyelesaikan satu siklus terdapat empat langkah piston yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang. Proses kerja motor bensin dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Diagram P-V Motor bensin 4 langkah

Sumber: (Najamudin, 2019)

1. Langkah Hisap

Pada Gambar 2.3 langkah hisap terjadi pada 0-1. Pada langkah hisap, campuran bahan bakar dan udara dihisap ke dalam silinder. Katup hisap membuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), menyebabkan ruang silinder menjadi vakum dan menyebabkan masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder yang disebabkan oleh lebih rendahnya tekanan di dalam ruang bakar dibandingkan dengan udara luar. Campuran udara dan

bahan bakar dihisap ke dalam ruang bakar. Piston bergerak menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap terbuka dan katup buang tertutup.

2. Langkah Kompresi

Pada Gambar 2.3 langkah kompresi terjadi pada 1-2. Pada langkah kompresi campuran udara dan bahan bakar dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya akan naik, sehingga akan mudah terbakar. Saat inilah percikan api dari busi terjadi. Poros engkol berputar satu kali saat torak mencapai titik mati atas (TMA). Langkah kompresi dimulai torak meninggalkan titik mati bawah menuju titik mati atas, mengompresikan campuran bahan bakar udara didalam silinder. Bunga api listrik diumpankan melalui busi ketika torak berada beberapa derajat poros engkol sebelum titik mati atas, membakar campuran bahan bakar udara untuk menghasilkan temperatur dan tekanan yang tinggi. Membakar campuran bahan bakar udara yang telah dikompresikan oleh torak dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Pembakaran dapat didefinisikan sebagai kombinasi secara kimiawi. Oksigen dan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar pada suhu dan tekanan tertentu. Dalam proses pembakaran, energi kimia diubah menjadi energi dalam bentuk panas. pada setiap pembakaran selalu dihasilkan gas sisa hasil dari proses pembakaran yang dinamakan gas buang (Wiratmaja, 2010).

3. Langkah Usaha

Pada Gambar 2.3 langkah usaha terjadi pada 3-4. Langkah usaha dimulai ketika torak bergerak dari titik mati atas menuju titik mati bawah. Gerakan torak ini terjadi karena gas panas hasil pembakaran berekspansi sehingga memperbesar volume silinder. Pada langkah usaha, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Saat torak mencapai titik mati atas (TMA) pada saat Langkah kompresi, busi memberikan loncatan bunga api pada campuran yang telah dikompresikan dengan adanya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin. Selama pembakaran,

sejumlah energi dibebaskan, sehingga suhu dan tekanan dalam silinder naik dengan cepat. Setelah mencapai TMA, piston akan didorong oleh gas bertekanan tinggi ini menuju TMB. Tenaga mekanis ini diteruskan ke poros engkol. Saat sebelum mencapai TMB, katup buang terbuka, gas hasil pembakaran mengalir keluar dan tekanan dalam silinder turun dengan cepat.

4. Langkah Buang

Langkah terakhir adalah langkah pembuangan, Pada Gambar 2.3 langkah buang terjadi pada 1-0. terjadi ketika torak bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas menekan gas sisa hasil pembakaran keluar melalui katup buang yang berada dalam posisi terbuka dan katup masuk dalam keadaan masih tertutup. Katup buang akan tertutup dan katup masuk akan terbuka ketika torak bergerak kembali melakukan langkah hisap berikutnya. Dalam langkah buang, gas yang sudah terbakar, akan dibuang ke luar silinder. Katup buang membuka sedangkan katup hisap tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), mendorong gas bekas keluar dari silinder. Pada saat akhir langkah buang dan awal langkah hisap kedua katup akan membuka sedikit yang berfungsi sebagai langkah pembilasan (campuran udara dan bahan bakar baru mendorong gas sisa hasil pembakaran). Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan Langkah berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam satu siklus yang terdiri dari empat langkah yaitu, 1 langkah hisap, 2 langkah kompresi, 3 langkah usaha, 4 langkah buang yang merupakan dasar kerja dari pada mesin empat langkah. Piston bergerak menuju titik mati atas mendorong gas di dalam silinder ke saluran buang (Susilo, 2015).

2.4. Filter Udara

Perkembangan Otomotif di Indonesia khususnya sepeda motor sangat berkembang pesat, hal ini dikarenakan Indonesia termasuk negara di Asia yang menjadi acuan pabrikan sepeda motor dalam mengembangkan produk-

produk serta sebagai pangsa pasar terbesar. Sepeda motor dirancang dan diproduksi menggunakan motor bakar sebagai pembangkit tenaga untuk menggerakkan roda, yang mana motor bakar merupakan mesin dengan pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan Masyarakat tentang efisiensi dan kenyamanan berkendara telah banyak inovasi-inovasi dan modifikasi komponen yang diproduksi diluar standar pabrikan sepeda motor untuk peningkatan performa mesin. Salah satunya pada filter udara. Proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar salah satunya dipengaruhi oleh kondisi udara yang masuk ke ruang bakar, sehingga diperlukan udara yang bersih agar campuran bahan bakar menjadi homogen untuk mendapatkan proses pembakaran di dalam silinder lebih sempurna. Untuk mendapatkan kondisi udara yang bersih dipasanglah komponen penyaring udara. Penyaring udara mempunyai fungsi utama sebagai pemisah kotoran debu dari udara yang akan masuk ke dalam ruang bakar. Gambar filter udara dapat dilihat pada gambar 2.4. (Alexander, 2020).



Gambar 2. 4 Filter Udara

Sumber: (Nazarudin, 2020)

Saringan udara adalah salah satu komponen yang sangat penting pada motor bakar yang berfungsi untuk melakukan penyaringan udara sebelum masuk ke dalam ruang bakar. Udara yang sudah disaring, selanjutnya akan otomatis terhisap ke ruang pembakaran bersamaan dengan bahan bakar untuk kemudian selanjutnya diolah dalam dapur pacu motor. Apabila udara yang telah masuk ke ruang bakar tadi bercampur dengan zat – zat padat dari luar, seperti debu halus dan pasir atau kotoran lainnya maka akan berakibat pada kerusakan

komponen piston, ring, dan dinding silinder akan menjadi aus. Hambatan aliran yang disebabkan oleh penyaring udara sangat berpengaruh terhadap daya dan torsi mesin serta berpengaruh juga terhadap konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar tanpa penyaring udara lebih besar dibandingkan dengan menggunakan penyaring udara standar dan penyaring udara modifikasi. Hal ini disebabkan karena udara yang masuk ke karburator untuk dicampur dengan bahan bakar banyak mengandung kotoran atau debu. Tanpa adanya proses penyaringan (Permadi, 2021).

2.5. Arang Tempurung Kelapa

Arang adalah bahan padat berwarna hitam atau abu-abu gelap yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna atau pirolisis bahan padat, seperti kayu, tempurung kelapa, bambu, dan limbah tanaman lainnya, dalam kondisi minim atau tanpa oksigen. Arang merupakan sisa karbon yang tertinggal setelah bahan tersebut mengalami pembakaran atau pemanasan tanpa oksigen. Proses ini dikenal sebagai karbonisasi. Arang terdiri dari karbon dan sedikit abu, serta memiliki pori-pori kecil yang membuatnya bersifat menyerap (adsorben). Buah kelapa yang pemanfaatannya masih sangat terbuka untuk dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk dapat dimanfaatkan secara optimal. Namun banyak pula yang terbuang menjadi sampah seperti bagian serabut dan tempurungnya. Salah satu pemanfaatan tempurung kelapa dijadikan sebagai arang pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Arang tempurung kelapa

Sumber: (Budi, 2012)

Arang tempurung kelapa biasanya diolah lebih lanjut menjadi briket dan hingga saat ini digunakan oleh masyarakat untuk keperluan rumah

tangga, usaha. Tempurung kelapa merupakan limbah padat dari hasil olahan kelapa yang telah di ambil daging kelapa untuk mendapatkan santan. Arang tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan arang batok kelapa dan karbon aktif. Karbon aktif adalah material berpori yang mempunyai kemampuan untuk menyerap pengotor yang terdapat dalam air yaitu sebagai filter air. Pembuatan karbon aktif dapat dilakukan dengan 2 metoda yaitu proses aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Pengembangan inovasi pemanfaatan tempurung kelapa di buat untuk karbon aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben atau penyerap material pengotor yang terdapat dalam air atau pengolah limbah cair. Salah satu metoda untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan proses adsorpsi yaitu proses penyerapan kontaminan dalam air menggunakan karbon aktif material berpori. Tempurung kelapa hanya dimanfaatkan untuk keperluan bahan bakar bagi rumah tangga yang masih menggunakan kayu bakar dan juga untuk penahan air supaya efektifitas tanah meningkat. Arang tempurung kelapa juga bisa dimanfaatkan untuk menjadi briket. Briket arang tempurung kelapa mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar padat konvensional yang lainnya, diantaranya mampu menghasilkan panas yang tinggi, tidak beracun, tidak berasap, waktu pembakaran/nyala bara api yang lebih lama, berpotensi sebagai pengganti batu bara, dan lebih ramah lingkungan. Sebagai salah satu sumber energi alternatif yang diminati oleh kalangan Masyarakat (Nustini, 2019).

Tempurung kelapa selain dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung maupun dalam bentuk arang, dapat juga digunakan sebagai bahan adsorpsi (adsorben) setelah diubah menjadi arang aktif atau karbon aktif. Arang aktif adalah arang yang mempunyai kemampuan daya adsorpsi lebih tinggi dari arang pada umumnya. Karbon aktif tempurung kelapa dapat digunakan sebagai adsorben disebabkan memiliki banyak keuntungan seperti mempunyai daya adsorpsi yang selektif, berpori, dan mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan Arang aktif tempurung kelapa mampu menurunkan konsentrasi berbagai polutan di udara termasuk CO, NO,

NO_x dan uap air karena memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang baik

Arang tempurung kelapa mengandung unsur-unsur esensial seperti K, Na dan mg. Unsur air sebesar 15% dan abu sebesar 10% (Tumbel, 2019).

1. Karbon (C)

Karbon sebagai kandungan utama. Memberikan struktur berpori berperan penting dalam proses adsorpsi gas dan uap air.

2. Abu

Arang tempurung kelapa mengandung unsur esensial seperti K, Na, dan Mg.

3. Kadar air

Umumnya terdapat 5-15%. Arang tempurung kelapa bersifat higroskopis yaitu mudah menyerap uap air.

2.6. Parameter Prestasi Mesin

Parameter operasi yang dihasilkan dari suatu mesin cukup dekat hubungannya dengan prestasi mesin. Besar ataupun kecilnya harga dari masing-masing parameter operasi mesin dapat mempengaruhi tinggi rendahnya prestasi yang dihasilkan dari suatu mesin. Parameter operasi pada suatu mesin yang pada umumnya digunakan dalam menganalisis suatu prestasi mesin adalah daya engkol, laju pemakaian udara, laju pemakaian bahan bakar spesifik engkol (BSFC), hingga panas pada gas buang, serta koefisiensi udara lebih.

Pada prestasi mesin biasanya dapat dinyatakan dengan nilai dari efisiensi termal (η_{th}) yang terjadi karena biasanya pada motor bakar 4 langkah selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi kalor ataupun energi panas, dimana efisiensi termal merupakan perbandingan energi (kerja atau daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Parameter dari suatu prestasi mesin yang sangat berperan ataupun berpengaruh tinggi yaitu daya engkol

yang mana hasil kerja yang dihasilkan dari motor bakar. Untuk dapat mengetahui daya engkol pada uji kendaraan roda 2 ataupun roda 4 dapat dicari dengan menentukan nilai akselerasi nya terlebih dahulu. Untuk mengukur prestasi kendaraan motor bakar 4-langkah dalam aplikasinya bisa menggunakan persamaan berikut ini:

Torsi mesin adalah ukuran kerja yang dilakukan persatuan poros engkol. Torsi yang diberikan mesin melalui poros pergerakannya biasanya diukur dengan dinamometer. Mesin dipasang pada tes bed dan porosnya. Torsi yang diberikan mesin melalui poros penggerakannya biasanya diukur dengan dynamometer (Hermawan, dkk., 2021).

Daya merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa mesin. Perbandingan perhitungan daya terhadap berbagai macam mesin tergantung pada putaran mesin dan momen putar itu sendiri. Semakin cepat putaran mesin rpm yang dihasilkan juga semakin besar. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakkan beban (Sugeng, 2020).

1. Daya engkol, bp

Daya engkol dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini

$$bP = \frac{2\pi N.T}{60.000}, (\text{kW}) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana : N = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

2. Torsi

T = W.d (Nm)

Dimana : w = Beban (N)

d = Jarak pembebanan dengan pusat perputaran (m)

3. Pemakaian bahan bakar spesifik engkol, bsfc

Untuk dapat menghitung nilai dari bsfc dapat menggunakan persamaan berikut

Laju pemakaian bahan bakar, m_f

Laju pemakaian bahan bakar, m_f dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$m_f = \frac{\Delta m}{\Delta t}, (\text{kg/jam}) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana : Δm = Selisih massa bahan bakar (kg)

Δt = Selisih waktu pemakaian bahan bakar (jam)

$$bsfc = \frac{m_f}{bP}, (\text{kg/kWh}) \dots \dots \dots (3)$$

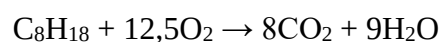
Dimana : m_f = Lajun pemakaian bahan bakar (kg/jam)

bP = Daya engkol (kW)

2.7. Proses Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah

Secara teoritis, pembakaran dapat diartikan sebagai reaksi kimia berantai antara oksigen dengan elemen yang mudah terbakar. Pembakaran adalah oksidasi bahan bakar secara cepat yang disertai produksi panas. Pelepasan panas ditandai dengan terbentuknya bunga api yang dihasilkan dari busi. Pembakaran yang sempurna terjadi jika terdapat pasokan oksigen yang cukup. Hasil dari proses pembakaran utamanya adalah karbon dioksida dan uap air serta energi panas. Sedangkan hasil pembakaran yang lain adalah karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon yang tidak terbakar, serta unsur metalik seperti timbal (Pb), tergantung dari jenis bahan bakarnya (Irawan, 2018).

Pada motor bensin, energi gerak diperoleh dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar didalam suatu ruang bakar. Proses pembakaran campuran udara dengan bahan bakar didalam ruang bakar akan menghasilkan panas dan juga tekanan. Pada umumnya mesin bensin yang digunakan adalah motor bakar torak (motor jenis piston). Pada motor bakar torak, energi hasil pembakaran yang berupa panas dan tekanan tinggi diubah menjadi energi gerak dengan cara menekan atau mendorong torak. Gerakan bolak balik dari torak diteruskan melalui batang penggerak ke poros engkol untuk diubah menjadi energi putar.



Bahan bakar yang digunakan pada motor bensin adalah bensin atau gasolin (C_8H_{18}). Bensin merupakan cairan yang sangat mudah terbakar dan memiliki aroma yang khas. Sifat mudah menguap dari bensin sangat diperlukan karena bensin yang masuk kedalam silinder harus berbentuk gas untuk memudahkannya bercampur dengan udara secara homogen. Nilai oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan suatu bensin terhadap detonasi. Bensin dengan oktan lebih tinggi dapat dipakai pada motor dengan kompresi lebih tinggi, sehingga akan menghasilkan tenaga yang lebih tinggi.

2.8. Udara pada proses pembakaran

Oksigen (O_2) sebagai elemen yang jumlahnya di bumi mencapai 20,9%, sangat memegang peranan dalam proses pembakaran. Sedangkan hampir 79% dari udara adalah nitrogen yang merupakan gas yang mengurangi efisiensi pembakaran karena nitrogen akan menyerap panas dari pembakaran dan akan meningkatkan volume gas buang. Nitrogen juga mengurangi transfer panas pada permukaan gas buang dan pada suhu pembakaran yang tinggi. Nitrogen dapat bereaksi dengan oksigen untuk membentuk senyawa nitrogen oksida (NO_x) yang merupakan polutan beracun.

Motor bakar terdiri dari tiga komponen utama, yaitu ruang bakar, silinder, dan sistem suplai bahan bakar. Ruang bakar adalah tempat dimana bahan bakar terbakar dan ditingkatkan tekanannya. Silinder adalah tempat dimana ruang bakar dan sistem suplai bahan bakar berkumpul untuk membentuk gas yang disebut “campuran udara-bahan bakar” dan mendorong piston untuk bergerak. Sistem suplai bahan bakar adalah cara untuk membawa bahan bakar ke ruang bakar, bisa berupa sistem bensin, diesel, atau bahan bakar lainnya. Untuk menciptakan pembakaran yang sempurna pada motor berbahan bakar bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan bunga api pada atau busi kemudian membakar campuran bahan bakar dengan udara dalam kondisi campuran paling ideal. Nilai campuran udara

dengan bahan bakar atau yang biasa disebut dengan *Air Fuel Ratio* (AFR) juga perlu diperhatikan. Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna dibutuhkan nilai AFR sebesar 14,7: 1 yang diartikan 14,7 udara dan 1 bahan bakar. Nilai itu sesuai dengan perbandingan Stoikiometri. Pada kondisi stoikiometri komposisi ini memiliki perbandingan udara dan bahan bakar yang seimbang (Ramadhan, 2023).

2.9. *Microwave*

Menurut SNI 06-3730-1995 arang aktif teknis adalah arang yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya serap yang tinggi. Proses aktivasi arang dilakukan dengan beberapa cara antara lain aktivasi kimia dan aktivasi fisik. proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Bahan karbon secara umum merupakan absorben *microwave* yang baik, bahan karbon dengan mudah dipanaskan menggunakan radiasi *microwave*. Karakter tersebut membuat bahan karbon dapat bertransformasi disebabkan oleh pemanasan. karbon baru dengan sifat atau karakteristik yang diinginkan (Udyani dkk., 2018).

Oven adalah alat pemanas berbentuk ruang tertutup yang digunakan untuk menghilangkan kadar air, pelarut, atau kelembaban dari suatu bahan melalui proses pemanasan pada suhu tertentu yang terkontrol. Alat ini banyak digunakan dalam kegiatan penelitian laboratorium, industri, serta proses analisis material untuk mengeringkan sampel. *Microwave* memanaskan bahan menggunakan gelombang elektromagnetik yang langsung diserap oleh material karbon. Panas terbentuk dari dalam bahan sehingga proses aktivasi berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan oven yang memanaskan dari luar ke dalam.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium motor bakar dan propulsi Teknik Mesin Universitas Lampung. Waktu pengerjaan dari bulan November 2025 sampai Januari 2026.

3.2. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel penelitian dibedakan menjadi variabel bebas dan variabel tetap. Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab terjadinya perubahan pada variabel lain. Variabel bebas yang digunakan adalah jenis filter udara yaitu tanpa filter dan filter udara arang tempurung kelapa, putaran mesin, jenis bahan bakar yang digunakan. Pemilihan variabel bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan material arang tempurung kelapa terhadap performa dalam sistem filtrasi udara. Variabel tetap adalah nilai yang tidak berubah. Adapun variabel tetap meliputi torsi, daya, bsfc, suhu lingkungan pengujian.

3.3. Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Motor Bensin 4-langkah TD200

Mesin yang dipakai dalam pelaksanaan pengujian ini adalah motor bensin 4-langkah yang terdapat pada Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Mesin

bensin tersebut disambungkan dengan dinamometer serta alat VDAS, sehingga data-data yang dihasilkan oleh mesin diesel tersebut dapat terekam dengan jelas dan dimunculkan pada layar instrument alat VDAS serta software VDAS yang ada pada komputer.

Tabel 3. 1 Spesifikasi motor bensin 4-langkah TD200

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



Gambar 3.1 Mesin Bensin TD200

2. Unit *Instrument* VDAS

Unit *Instrument* VDAS (*Versatile Data Aquisition System*) sebagai panel yang memperlihatkan data-data yang diperoleh dari hasil pengukuran tersebut kemudian ditampilkan pada layar yang terdapat pada panel tersebut.



Gambar 3. 1 Unit *Instrument* VDAS

3. *Software Instrument* VDAS

Software Instrument VDAS (*Versatile Data Aquisition System*) fungsinya adalah untuk menjalankan perintah program dan menampilkan parameter-parameter hasil perhitungan prestasi mesin di komputer.



Gambar 3. 2 *Software Instrument* VDAS

4. Timbangan Digital

Pada proses pelaksanaan penelitian kali ini digunakan alat timbangan digital untuk mengukur massa arang tempurung kelapa, tepung tapioka, dan air yang akan digunakan sebagai variasi komposisi campuran dalam penelitian.



Gambar 3. 3 Timbangan Digital

5. *Roller Ampia*

Roller ampia digunakan pada pelaksanaan penelitian ini sebagai alat untuk memadatkan serta memipihkan adonan pelet.



Gambar 3. 4 *Roller Ampia*

6. Gelas Ukur

Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur air yang akan dicampur dengan tepung tapioka.



Gambar 3. 5 Gelas Ukur

7. Microwave

Pada proses penelitian ini juga digunakan *Microwave* yang mana berfungsi untuk memanaskan pelet filter dengan daya aktivasi yang sudah ditentukan. Tujuan aktivasi fisik menggunakan *microwave* pada pembuatan filter arang tempurung kelapa adalah untuk memperluas permukaan dan jumlah pori sehingga meningkatkan kemampuan arang untuk menyerap udara yang masuk kedalam mesin dan mengurangi kadar air dari arang tempurung kelapa.

Merk/Type: Sanyo / EM-S1812S

Voltase/Frekuensi: 220V 50Hz

Daya Konsumsi: 800W

Daya Keluaran : 400W 2450MHz



Gambar 3. 6 Microwave

8. Kawat Strimin

Pada penelitian ini juga menggunakan kawat filter pelet memiliki fungsi sebagai tempat untuk menempatkan atau menyusun pelet.



Gambar 3. 7 Kawat Strimin

9. Cetakan Pelet

Pada proses penelitian ini juga digunakan cetakan pelet yang digunakan untuk mencetak adonan hingga berbentuk pelet.



Gambar 3. 8 Cetakan Pelet

3.4. Bahan Penelitian

Adapun pada penelitian kali ini terdapat bahan-bahan yang digunakan dalam pelaksanaan proses penelitian ini, bahan-bahan tersebut antara lain:

1. Arang Tempurung Kelapa

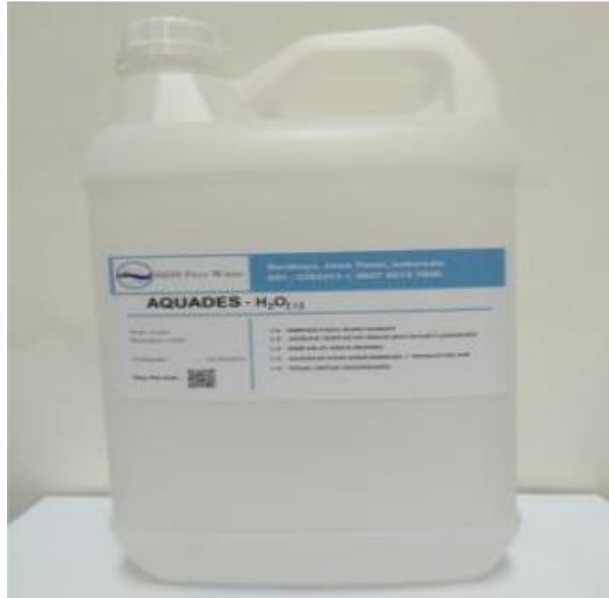
Pada penelitian ini bahan yang digunakan salah satunya adalah arang tempurung kelapa.



Gambar 3. 9 Arang Tempurung Kelapa

2. *Aquadest*

Pada penelitian ini pun menggunakan air *aquadest* sebagai bahan campuran adonan tepung dan arang tempurung kelapa.



Gambar 3. 10 Aquadest

3. Tepung Tapioka

Pada penelitian ini digunakan bahan tepung tapioka yang bertujuan untuk bertugas sebagai pengikat dari adonan.



Gambar 3. 11 Tepung Tapioka

3.5. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun pada proses penelitian ini berlangsung terdapat proses tahapan persiapan pada alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Membuat Adonan

Awal proses pembuatan adonan pelet adalah menumbuk arang tempurung kelapa menggunakan alat tumbukan hingga menjadi halus. Setelah menjadi halus arang tempurung kelapa di saring menggunakan ayakan untuk menyamaratakan ukuran arang tempurung kelapa. Proses pembuatan adonan pelet arang tempurung kelapa ini dilakukan dengan cara mencampurkan tepung tapioka dengan air *aquadest* serta arang itu sendiri dengan komposisi sebesar 60%. Komposisi 60% ini terdiri dari 60 gram arang, 12 gram tepung tapioka, dan 28 gram air *aquadest*. Proses pembuatan atau pengolahan ini dilakukan dengan mencampurkan tepung tapioka dengan air *aquadest* terlebih dahulu hingga menjadi adonan tepung yang kalis. Setelah menjadi adonan tepung yang kalis, arang dicampurkan dengan adonan tersebut dan dilakukan proses pengadonan hingga adonan tercampur dengan merata. Setelah adonan jadi, dilanjutkan dengan proses pemipihan dengan menggunakan *roller* dengan ketebalan 3 mm serta dilakukan pencetakan pelet diameter 10mm.



Gambar 3. 12 Pembuatan Adonan

2. Pencetakan Pelet

Proses selanjutnya yaitu melakukan pencetakan pelet menggunakan adonan yang sudah dipipihkan sebelumnya. Pelet yang dicetak menggunakan alat cetakan pelet dengan ketebalan 3 mm dengan diameter 10 mm. menggunakan 3 variasi kerapatan. Pelet yang diuji memiliki massa total masing-masing rata 25 gram. Setelah pelet dicetak maka pelet tersebut sudah siap untuk dilakukan aktivasi secara fisik menggunakan *microwave*. Komposisi pembuatan pelet dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Komposisi Pembuatan Pelet

Komposisi	Arang	Tapioka	<i>Aquadest</i>
100%	60%	12%	28%

3. Proses Aktivasi Pelet Arang Tempurung Kelapa

Setelah melalui proses pencetakan menjadi pelet, maka proses selanjutnya adalah proses pengaktifasian pelet filter dengan menggunakan *microwave*. Pada proses aktivasi ini menggunakan satu jenis variasi daya yaitu 60% (240 Watt) dengan waktu aktivasi 6 menit, Pada proses pengaktifasian ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada pelet dengan kawat strimmin sesuai dengan komposisi massa yang telah ditentukan yaitu sebesar 25 gram.



Gambar 3. 13 Proses Aktivasi

Variasi pelet filter yang digunakan dalam proses penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

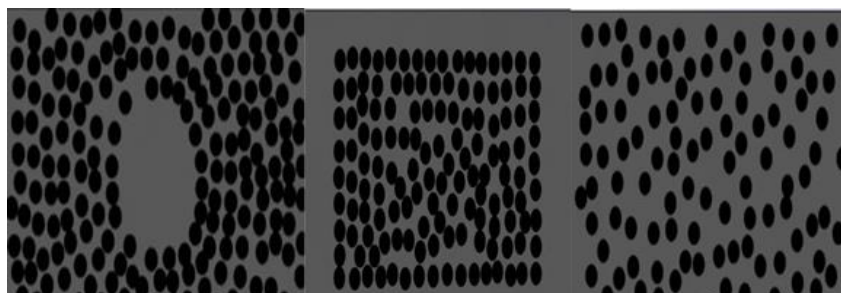
Tabel 3. 3 Variasi Pelet Filter Arang Tempurung Kelapa

Komposisi	Daya	Massa	Waktu	Kerapatan
60%	60% (240 Watt)	50 gram	6 menit	Rapat tengah
			6 menit	Renggang
			6 menit	tengah kosong

4. Membuat kemasan pelet

Proses selanjutnya membuat kemasan pelet dengan cara memotong kawat striming hingga berbentuk persegi Panjang kemudian menyusun pelet diatas kawat strimin setelah itu menutup pelet dengan kawat strimin dan kemudian dijait agar pelet tidak berpindah posisi. Setelah bentuk kemasan pelet yang berbahan dasar dari kawat strimin telah dibentuk menjadi saringan udara, maka langkah selanjutnya adalah saringan tersebut dipasangkan pada kotak saluran udara masuk mesin bensin 4-langkah dengan dimensi ukuran kotak tempat pemasangan filter tersebut, lalu dilakukan proses pengambilan data dengan menjalankan mesin bensin 4-langkah tersebut dengan variasi rpm yang telah ditentukan dan dicatat perubahan torsi, daya, serta konsumsi bahan bakar spesifik engkol. Bentuk filter udara yang sudah jadi dan siap

digunakan dalam pengujian pada mesin 4-langkah dapat dilihat pada Gambar 3.13.



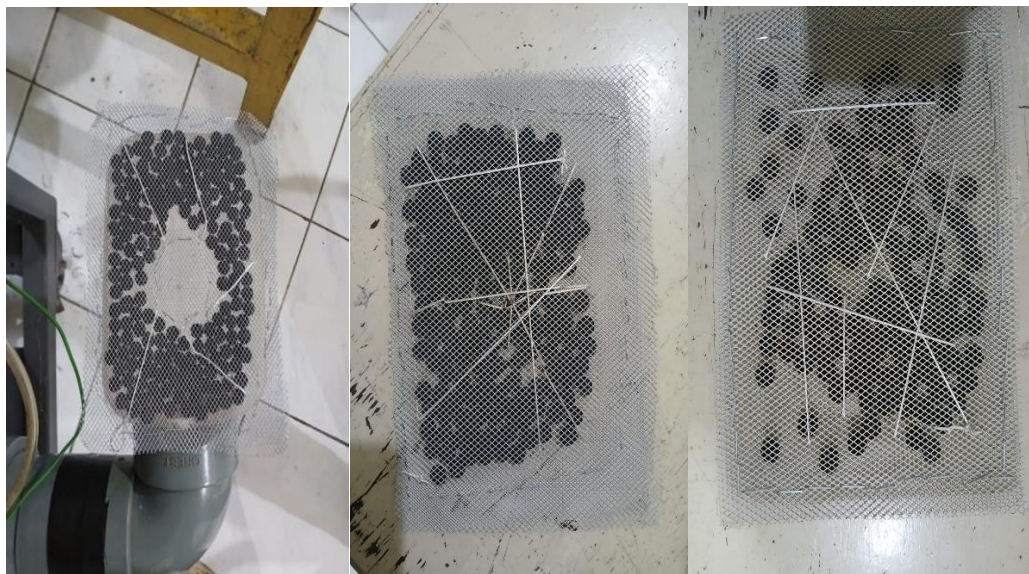
Gambar 3. 14 Filter Arang Tempurung Variasi Susunan Filter (a) Kosong Tengah, (b) Rapat Tengah, (c) Renggang

3.6. Pengujian

Pada pelaksanaan penelitian ini, proses pengujian dilakukan dengan menggunakan filter udara yang telah dilakukan penyesuaian sesuai dengan bentuk filter yang berbentuk persegi panjang. Penelitian ini menggunakan proses aktivasi fisik dengan *microwave* dengan 3 variasi kerapatan yaitu rapat tengah, kosong tengah rapat samping dan renggang. Adapun proses persiapan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran dimensi filter menggunakan kawat strimin yang telah berisikan pelet arang tempurung kelapa sesuai dengan diameter dan berat pelet yang telat ditimbang.
2. Melakukan pemotongan pada kawat strimin sesuai. Kawat strimin ini berfungsi sebagai rangka untuk wadah pelet. Filter akan diletakan pada saringan udara motor bensin 4-langkah TD200 *Small Engine Test*.
3. Melakukan penyusunan pelet arang tempurung kelapa pada rangka kawat strimin yang telah diukur dan dipotong sebelumnya secara teratur serta tidak tumpang tindih satu sama lainnya supaya filter udara dapat berfungsi dengan baik.
4. Memeriksa filter agar pelet di dalam kawat strimin tidak berantakan dengan cara merekatkan kawat strimin dengan baik dan rapih.
5. Mempersiapkan peralatan uji yang digunakan yaitu mesin bensin 4-langkah TD200 *Small Engine Test* dan *Instrument VDAS*.
6. Menghubungkan selang bahan bakar ke unit pengukur laju aliran bahan bakar sesuai dengan yang diinginkan. Pada proses pengujian ini digunakan pengukuran aliran bahan bakar secara otomatis, setelah itu menggeser tuas pada panel *instrument* VDAS pada volume bahan bakar 8ml.
7. Menghubungkan unit komputer dengan *instrument* VDAS pada arus listrik.
8. Mengisi tangki bahan bakar dengan bahan bakar yang akan digunakan, pada pengujian kali ini digunakan bahan bakar Pertamina.
9. Memperhatikan dan memastikan bahwa tidak ada udara yang terjebak di dalam saluran selang bahan bakar.

10. Mengeluarkan udara yang terjebak di dalam saluran selang bahan bakar apabila masih ada udara yang terjebak, apabila hal ini tidak dilakukan maka akan berdampak pada proses pengambilan data yang menjadi tidak akurat.
11. Menghidupkan pompa air dan memastikan bahwa laju aliran air berada pada tekanan 1 bar.
12. Membuka katup air yang menuju ke dinamometer sebesar 180°.
13. Menghidupkan komputer serta *instrument* VDAS dan menghubungkan *instrument* VDAS ke komputer dengan cara menghubungkan kabel USB ke *port* USB pada komputer.
14. Membuka aplikasi *Tecquipment* VDAS yang ada pada computer.
15. Mengkalibrasi nilai torsi serta tekanan kontak udara pada *air box* dengan cara menekan dan menahan tombol pada *zero* torsi dan *air box pressure* sampai angka pada panel *instrument* VDAS berubah menjadi 0.
16. Melakukan penyetelan penggunaan bahan bakar pada aplikasi *Tecquipment* VDAS pada menu *fuel floww – rate data source* pilih otomatis ADA (DVF1).
17. Melakukan pengisian data pada *fuel density* sebesar 742, *fuel calorific value* sebesar 44,8 *engine capacity* sebesar 208 cc, *number of cycle* sebesar 4 karena menggunakan mesin 4-langkah.
18. Meletakan filter udara arang tempurung kelapa.



Gambar 3. 15 Tempat Peletakan Filter Udara

19. Menghidupkan mesin lalu memanaskan mesin yang bertujuan untuk menyiapkan kondisi mesin dalam kondisi kerja.



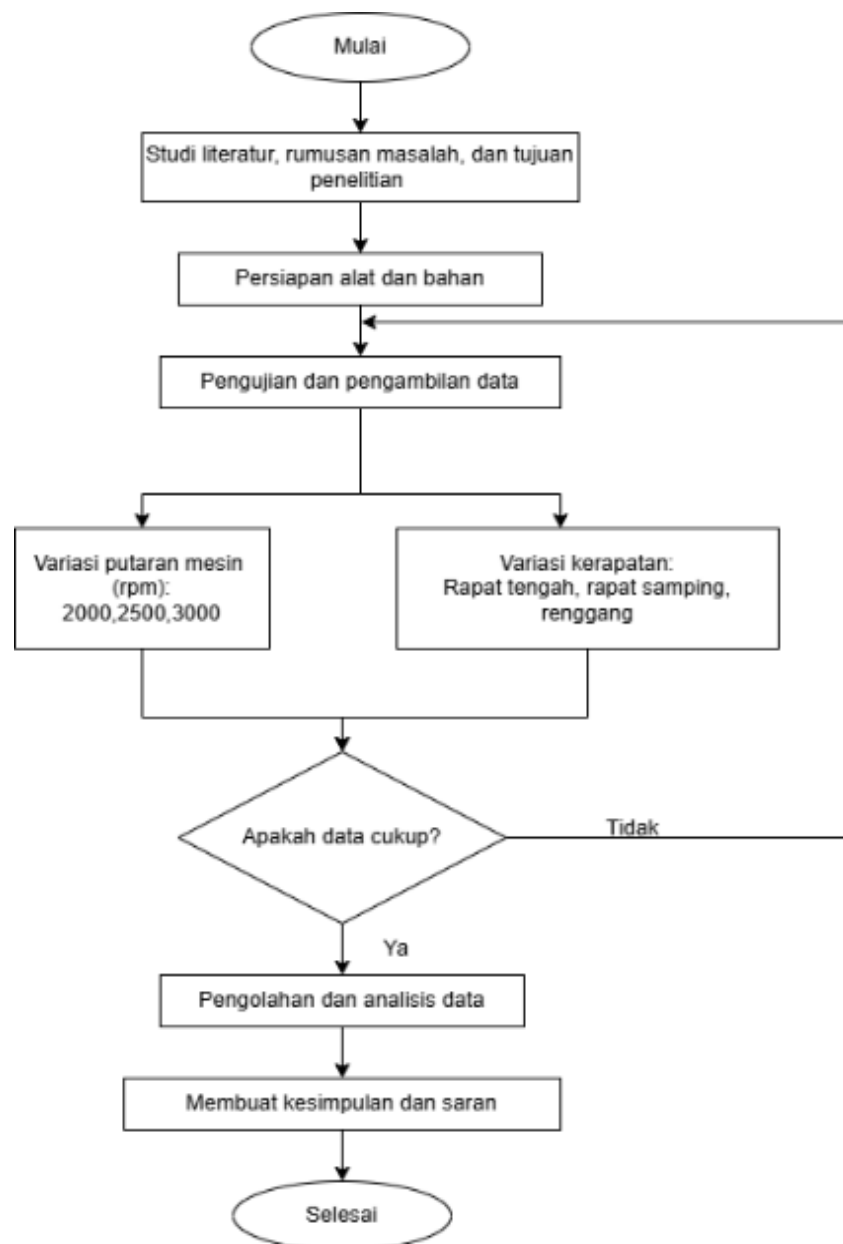
Gambar 3. 16 Menghidupkan Mesin

- 20 Proses pengambilan data dilakukan dengan mengatur putaran mesin serta bukaan katup beban dinamometer. Pada pengujian ini digunakan bukaan katup sebesar 1 putaran.
- 21 Menunggu torsi pada posisi stabil dan hasil dari *calculated parameters* telah muncul pada menu aplikasi.
- 22 Merekam data sebanyak 5 kali dengan cara membuka menu pada aplikasi *Tecquipment VDAS* yaitu *start time data acquisition* berupa interval 2 detik dan berhenti pada 10 detik, lalu klik OK, setelah itu perekaman data akan dimulai secara otomatis.
- 23 Menambah putaran mesin yang telah ditetapkan dan melakukan perekaman pada setiap putaran mesin yang digunakan sesuai dengan langkah sebelumnya.
- 24 Mengulangi langkah 15-18 untuk tiap-tiap putaran mesin (RPM) yang diuji.
- 25 Melakukan penyimpanan data yang sudah direkam dengan cara menekan menu *export data to HTML file*, setelah itu memberi nama pada *file* tersebut, setelah data tersebut di *export* selanjutnya menekan *ctrl+A* data pada *html*

file dan *copy and paste* pada *microsoft office excel* dan simpan data tersebut dengan nama file yang sudah ditentukan sesuai dengan isi dari data tersebut.

3.7. Diagram Alir Penelitian Pengujian Prestasi Mesin Bensin 4-Langkah

Diagram alir penelitian pengujian prestasi mesin bensin 4-langkah dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Diagram Alir Proses Penelitia

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan pengambilan data sesuai dengan metodologi penelitian filter udara berbahan dasar arang tempurung kelapa yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc). Pengujian pada kondisi mesin tanpa menggunakan filter udara arang tempurung kelapa diperoleh nilai bsfc sebesar 0,44 kg/kWh pada putaran mesin 2000 rpm, sedangkan pada kondisi mesin menggunakan filter udara dengan susunan filter kosong tengah diperoleh nilai terbaik sebesar 0,406 kg/kWh, hal ini menunjukkan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 9,09% sehingga proses pembakaran menjadi lebih efisien.
2. Terjadi kenaikan daya pada saat pengujian. Pengujian pada kondisi mesin tanpa menggunakan filter arang tempurung kelapa diperoleh nilai torsi sebesar 1797,3watt pada putaran mesin 3000 rpm. Sedangkan pada putaran mesin 3000 rpm menggunakan filter kosong tengah didapat nilai daya sebesar 1926,8watt. Kenaikan daya tersebut sebesar 129,5watt atau sebesar 7,2%.
3. Terjadi kenaikan torsi pada saat pengujian. Pengujian pada kondisi mesin tanpa menggunakan filter arang tempurung kelapa diperoleh nilai torsi sebesar 6,23 Nm pada putaran mesin 3000 rpm. Sedangkan pada putaran mesin 3000 rpm menggunakan filter kosong tengah didapat nilai torsi sebesar 6,74 Nm. Kenaikan torsi sebesar 0,51 Nm atau sebesar 8,19%.

5.2. Saran

Adapun saran yang didapat penulis sampaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan percobaan pengujian dengan variasi diameter yang lebih luas.
2. Perlu dilakukan pengujian emisi gas buang pada penelitian selanjutnya agar dapat diketahui seberapa besar pengaruh filter udara arang tempurung kelapa terhadap penurunan kadar gas yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.
3. Perlu dilakukan percobaan menggunakan aktivasi yang berbeda untuk meningkatkan daya serap parang tempurung kelapa.
4. Pastikan filter udara arang tempurung kelapa tidak terlalu dekat blok mesin sehingga terhindar dari sumber panas secara langsung, membuat ukuran filter udara lebih besar seperti 5 mm dan memastikan tidak ada serbuk halus pada filter udara yang dapat menyebabkan *self ignition*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, B. (2020). Pengaruh jenis saringan udara terhadap performa mesin sepeda motor injeksi 110 cc. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(2), 138–149. Politeknik Hasnur, Banjarmasin, Indonesia. <https://kinematika.ulm.ac.id/index.php/kinematika/article/view/180>
- Budi, E. (2012). Tinjauan proses pembentukan dan penggunaan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar. *Jurnal Penelitian Sains*, 15(3), 1–7. Palembang: Universitas Sriwijaya. <https://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/201>
- Dirgantara, M. B. (2022). Pemanfaatan arang serbuk kayu gergaji teraktifasi fisik menggunakan microwave sebagai filter udara untuk meningkatkan prestasi mesin dan mereduksi emisi gas buang mesin bensin 4-langkah Tecumseh TD110 (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia. <https://digilib.unila.ac.id/62777/3/SKRIPSI%20TANPA%20PEMBAHASAN.pdf>
- Fajri, D. P. F., & Anang, T. (2024). Activation Process of Charcoal from Coconut Shells Using Physical Activation with Microwave and Time Variation. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(2), 476–484.
- Fatah, K. M. A., & Pratama, A. (2022). Analisis kinerja mesin dan konsumsi bahan bakar sepeda motor dengan variasi kondisi filter udara. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(1), 25–29. Bandar Lampung. <https://jurnal.saburai.id/index.php/PSN/article/view/1451/0>
- Hermawan, I., Idris, M., Dariantio, D., & Siahaan, M. Y. R. (2021). Kinerja mesin motor 4 langkah dengan bahan bakar campuran bioetanol dan Pertamina. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 5(2), 202–210. Medan Area, Indonesia. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i2.5787>

- Irawan, I. (2018). *Pengembangan mesin Sinjai 150 dengan ECU programmable berbahan bakar bioethanol E-100 menggunakan electric supercharger*. Bangkalan: Universitas Trunojoyo Madura. Diakses dari <https://www.semanticscholar.org/author/Ibnu-Irawan/2380191121>
- Lewerissa, Y. J., Mesin, J., Katolik, P., & Sorong, P. (2020). PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR BENSIN DAN ETANOL TERHADAP PRESTASI MESIN BENSIN. *Agustus*, 05(2).
- Muhammat, K., Fatah, A., Pratama, A., Bumi, S., & Jurai, R. (2021). *Analisis Kinerja Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor dengan Variasi Kondisi Filter Udara*.
- Nazarudin, Ray, 2020. Cara Merawat Filter Udara Sepeda Motor yang Berbeda Bahan. <https://www.otosia.com/berita/begini-cara-merawatfilter-udara-sepeda-motor-yang-berbeda-bahan.html>, diakses pada 18 November 2021 pukul 12:00.
- Iskandar, Norman, Sri Nugroho & Meta Fanny Feliyana. (2019). *Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu SNI*. Majalah Ilmiah Momentum, Vol. 15 No. 2, hlm. 103-108. Dipublikasikan di Semarang, Jawa Tengah, Indonesia. DOI: <https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3073>
- Nurhilal, O., & Suryaningsih, S. (2018). *Pengaruh komposisi campuran sabut dan tempurung kelapa terhadap nilai kalor biobriket dengan perekat molase*. JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika), 2(1), 8–14. Jatinangor, Indonesia — Departemen Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran. <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i1.15606>
- Nustini, Y., & Allwar, A. (2019). Pemanfaatan limbah tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa dan granular karbon aktif guna meningkatkan kesejahteraan Desa Watuduwur, Bruno, Kabupaten Purworejo. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 4(3), 217–226. Purworejo, Indonesia. <https://journal.uui.ac.id/ajie/article/view/14022>

- Permadi, Rio Putra & Widodo, Edi. (2021). *The Effect of Modified Air Filters on Improved Performance of 110 cc Matic Gasoline Motor: Pengaruh Filter Udara Modifikasi Terhadap Peningkatan Performa Motor Bensin Matic 110 cc*. Procedia of Engineering and Life Science (PELS), Vol. 1 No. 1. DOI: <https://doi.org/10.21070/pels.v1i1.642>
Link artikel: <https://pels.umsida.ac.id/index.php/PELS/article/view/642>
- Prayitno, H., & Wardono, H. (2014). Pengaruh variasi massa dan temperatur aktivasi fly ash pelet dari cangkang dan serabut kelapa sawit terhadap konsumsi bahan bakar sepeda motor bensin 4-langkah. Jurnal FEMA, 2(2). <https://media.neliti.com/media/publications/97899-ID-pengaruh-variasi-massa-dan-temperatur-ak.pdf>
- Ramadhan, M. F., Aripin, & Noubnome, V. (2023). *Analisa pengaruh variasi nilai air fuel ratio (AFR) terhadap prestasi mesin*. Jurnal Kajian Teknik Mesin, 8(1). Jakarta: Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. Diakses dari <https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/article/view/7001/0>
- Risano, Y., Zulkarna'in, I., Susila, D. (2022). *Utilization of natural zeolites and fly ash (coal) mixture physically activated using furnace as a pellet-shaped air filter to increase engine torque, Tecumseh TD110 4-stroke petrol motor*. Journal of Engineering and Scientific Research (JESR), 4(1), 14–17. <https://doi.org/10.23960/jesr.v4i1.99>
- Riyanto Yanuar, M., Hidayat, I., Putra, C. P. A., Yulianto, D. D., & Saputra, T. J. (2023). Pengaruh jenis filter udara pada sistem injeksi terhadap kinerja mesin sepeda motor. Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika, 2(3), 170–178. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i3.2132>
- Sanjaya, I. G. N., Dantes, K. R., & Pasek Nugraha, I. N. (2019). *Analisis Perbandingan Durasi Cam Shaft Terhadap Torsi Dan Daya Pada Motor Bensin 4 Langkah*. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, Vol. 7 No. 1, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Bali, Indonesia. DOI: <https://doi.org/10.23887/jjtm.v7i1.18589>
- Sugeng, M., & Mukti, Y. C. (2020). Analisis perbandingan koil pengapian standard

- dan koil pengapian aftermarket terhadap kinerja sepeda motor 4 langkah. *Bina Teknika*, 15(2), 147–151.
<https://ejournal.upnvj.ac.id/BinaTeknika/article/view/1517>
- Susilo, J. (2015). Modifikasi cylinder head terhadap unjuk kerja sepeda motor. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 1–8. Bandar Lampung: Universitas Bandar Lampung. <https://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM/article/view/1173>
- Suyatno, Riupassa, H., dan Mini, M. (2023). Analisa Unjuk Kerja Internal Combustion Engine Tipe T113d Terhadap Emisi Gas Buang. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(17), 878–895.
<https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/6610>
- Syahrir, Irwan, Priyono, Muslih Dwi, & Batutah, Moh. Arif. (2024). *Analisis perbandingan performa bahan bakar Shell Super dan Shell V-Power pada motor Honda PCX 150 cc tahun 2021*. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, Vol. 3 No. 1, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Surabaya, Indonesia. DOI: 10.30651/mine-tech.v3i1.22605.
- Taufiqurrahman, M., Raharjo, A., Hakim, A. F., Prasetyo, D., & Saputra, T. J. (2023). Analisis Mekanik dan Termal Piston Mesin Pembakaran Dalam Menggunakan Software ANSYS. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)*. [DOI: 10.55606/jtmei.v2i3.2127]
- Tebu, Y. Y. (2024). Pengaruh Penggunaan Filter Pelet Bentonit Teraktivasi Fisik Menggunakan Microwave Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Dan Mereduksi Emisi Gas Buang Motor Bensin 4-Langkah Tecquipment TD200 Small Engine Test [Skripsi]. Bandar Lampung. Universitas Lampung
- Tumbel, N., Makalalag, A. K., & Manurung, S. (2019). Proses pengolahan arang tempurung kelapa menggunakan tungku pembakaran termodifikasi (Coconut shell charcoal processing using a modified combustion furnace). *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 11(2), 83–92. Manado, Indonesia.
<https://media.neliti.com/media/publications/437548-none-110a51e5.pdf>
- Udyani, K., Purwaningsih, D. Y., Setiawan, R., & Yahya, K. (2018). Pembuatan karbon aktif dari arang bakau menggunakan gabungan aktivasi kimia dan

fisika dengan microwave berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995). Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Diakses dari <https://ejurnal.itats.ac.id/ipitek/article/view/479>

Winarno, Joko. (2011). *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin*. Jurnal Teknik, Vol. 1 No. 1, Hal. 33–39, Universitas Janabadra, Yogyakarta, Indonesia.

Winoko, Y. A., & Wicaksono, A. G. (2021). Aktivasi tempurung kelapa untuk mereduksi emisi gas buang motor bakar. Rang Teknik Journal, Vol. 4 No. 1. Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia.