

TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA PERBANDINGAN VARIASI CAMPURAN BAHAN
BAKAR PREMIUM DENGAN BIOETANOL TERHADAP
PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

INDRA WAHYUDI
1207230009



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - I

TUGAS SARJANA

KONVERSI ENERGI

**ANALISA PERBANDINGAN VARIASI CAMPURAN BAHAN
BAKAR PREMIUM DENGAN BIOETANOL TERHADAP
PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR**

Disusun Oleh :

INDRA WAHYUDI

1207230009

Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

(Ir. Husin Ibrahim, M.T)

Pembimbing – II

(H.Muharnif,S.T.,M.Sc)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN - II

TUGAS SARJANA

KONVERSI ENERGI

**ANALISA PERBANDINGAN VARIASI CAMPURAN BAHAN
BAKAR PREMIUM DENGAN BIOETANOL TERHADAP
PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR**

Disusun Oleh :

INDRA WAHYUDI

1207230009

**Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 8 September 2017.**

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

Pembanding – II

(Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T)

(Khairul Umurani, S.T., M.T)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**



Bila menjawab surat ini agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jl. Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan – 20238 Telp. (061) 6611233
–6622400– 6624567– 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474
Website: <http://www.umsu.ac.id> E-mail: rector@umsu.ac.id

LEMBAR SPESIFIKASI

TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : Indra Wahyudi

NPM : 1207230009

Semester : X (Sepuluh)

Judul : “ANALISA PERBANDINGAN VARIASI CAMPURAN BAHAN
BAKAR PREMIUM DENGAN BIOETANOL TERHADAP
PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR”

SPESIFIKASI : _____

Diberikan tanggal : 30 Januari 2017

Selesai tanggal : 22 Agustus 2017

Asistensi Setiap : Seminggu Sekali

Tempat Asistensi : Kampus UMSU dan Diluar Kampus

Medan, 22 Agustus 2017

Diketahui Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.)

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

(Ir. Husin Ibrahim, M.T.)



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jl. Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan - 20238 Telp. (061) 6611233

-6622400- 6624567- 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474

Website: <http://www.umsu.ac.id> E-mail: rector@umsu.ac.id

Bila menjawab surat ini agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS SARJANA

Nama : Indra Wahyudi

Pembimbing I : Ir. Husin Ibrahim, M.T.

Npm : 1207230009

Pembimbing II : H. Muharnif, S.T., M.Sc.

No	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	Kamis, 2 Februari 2017	Perbaiki BAB 1, lanjut BAB 2	
2	Kamis, 16 Februari 2017	Tambah tinjauan pustaka	
3	Rabu, 1 Maret 2017	Teori tambahan, lanjut BAB 3	
4	Selasa, 7 Maret 2017	Masukkan diagram alir dan prosedur	
5	Jum'at, 12 Mei 2017	Perbaiki diagram alir, lanjut BAB 4	
6	Selasa, 30 Mei 2017	Lanjut kepengujian	
7	Jum'at, 16 Juni 2017	Perbaiki analisa data dan grafik	
8	Jum'at, 11 Agustus 2017	Perbaiki perhitungan, tambahkan kesimpulan	
9	Selasa, 22 Agustus 2017	ACC	



Bila menjawab surat ini agar disebutkan Nomor dan tanggalnya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jl. Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan – 20238 Telp. (061) 6611233

–6622400– 6624567– 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474

Website: <http://www.umsu.ac.id> E-mail: rector@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS SARJANA

Nama : Indra Wahyudi

Pembimbing I : Ir. Husin Ibrahim, M.T.

Npm : 1207230009

Pembimbing II : H. Muharnif, S.T., M.Sc.

No	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	Senin, 15 Mei 2017	Perbaiki BAB 1, latar belakang dan batasan masalah	
2	Kamis, 1 Juni 2017	Perbaiki BAB 2, tambahkan teori dan tambahkan rumus	
3	Jum'at, 28 Juli 2017	Perbaiki BAB 3, perbaiki diagram alir dan prosedur	
4	Sabtu, 12 Agustus 2017	Perbaiki BAB 4, analisa data dan grafik	
5	Jum'at, 25 Agustus 2017	ACC	

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : INDRA WAHYUDI
Tempat / TglLahir : PT. Asam Jawa / 27 Juni 1994
NPM : 1207230009
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :**“ANALISA PERBANDINGAN VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR PREMIUM DENGAN BIOETANOL TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR”** Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orsinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaannya saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 September 2017

Saya yang menyatakan,

Materai 6000

INDRA WAHYUDI

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan variasi campuran bahan bakar premium dengan bioetanol terhadap performa dan emisi gas buang pada motor bakar. Prosedur pengujian dibagi tiga tahap yaitu, pengujian nilai kalor bahan bakar dan pengujian unjuk kerja mesin serta pengujian emisi gas buang. Nilai kalor bahan bakar (LHV) yang diperoleh dari hasil pengujian bom kalorimeter dengan bahan bakar premium sebesar 12248,38 kkal/kg, gasohol 10 % sebesar 9148,38 kkal/kg, gasohol 15 % sebesar 8063,38 kkal/kg, dan gasohol 20 % sebesar 5118,38 kkal/kg. Hasil pengujian unjuk kerja diperoleh daya rata-rata tertinggi pada bahan bakar premium sebesar 16,02 PS. Konsumsi bahan bakar spesifik terendah pada bahan bakar gasohol E15 yaitu 154,93 gr/PS.jam. Efisiensi thermal tertinggi pada bahan bakar pada bahan bakar gasohol E20 yaitu 77,34 %. Hasil pengujian uji emisi diperoleh CO pada bahan bakar E15 dan E20 sebesar 0,05 %vol, HC tertinggi diperoleh pada bahan bakar E15 sebesar 648 ppm, CO₂ terendah diperoleh pada bahan bakar E20 sebesar 2,2 %vol.

Kata Kunci : Mesin Otto, Gasohol, Premium, Bioetanol, Performa, Emisi Gas Buang.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi S-1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun judul yang penulis ambil pada tugas akhir ini adalah “**Analisa Perbandingan Variasi Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Bioetanol Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Motor Bakar**”. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah berusaha untuk mendapat hasil yang sebaik - baiknya. Namun tidak terlepas dari kehilafan dan kekurangan, untuk itu penulis dengan segala kerendahan hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan tulisan dan kesempurnaan Tugas Sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda tercinta Jumiati dan Ibunda tercinta Misriani, yang telah memberikan kasih sayangnya, tenaganya, pikirannya dan Doa-doanya hingga anaknya dapat kuliah dan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Ir. Husin Ibrahim, M.T. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, perhatian dan ilmunya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan, kritikan dan ilmunya sehingga tugas akhir ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.
6. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memeberikan masukan, kritikan dan ilmunya sehingga tugas akhir ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.
7. Bapak Affandi, S.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Drs. Ansari, M.Si. Selaku Penasehat Akademik kelas A1 angkatan 2012 yang telah memberikan begitu banyak nasehat yang sangat berguna bagi penulis.
9. Seluruh keluarga yang selalu memberi motivasi kepada saya agar terus berjuang dalam mengerjakan tugas sarjana ini.

10. Rekan tugas sarjana saya, Doni Setiawan dan Hardiansyah Pratama atas kerjasamanya dalam menyelesaikan tugas sarjana ini hingga selesai.
11. Teman seangkatan 2012 yang telah bersedia menjadi pendengar dan membantu memberikan solusi didalam perkuliahan dan diluar perkuliahan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat barmanfaat terutama bagi penulis sendiri dan juga semua pembaca. Apabila ada kesalahan, semata-mata kekhilafan Penulis, sedangkan kebenaran semuanya hanyalah milik Allah SWT. Bilahi fil shabili haq, fastabiqul khairat.
Wasalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 8 September 2017
Penulis

(Indra Wahyudi)
1207230009

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Umum	3
1.5 Tujuan Khusus	3
1.6 Manfaat	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Motor Bakar	5
2.2 Sejarah Motor Bakar Bensin	7
2.3 Prinsip Kerja Mesin Otto 4 Langkah	8
2.4 Bahan Bakar	10
2.5 Dinamometer	11
2.5.1 Jenis Dinamometer	11
2.6 Bahan Bakar Bensin	12
2.7 Angka Oktan	14
2.8 Sejarah Bioetanol	14
2.8.1 Bioetanol	15
2.8.2 Bioetanol Tandan Kosong Kelapa Sawit	18
2.8.2 Penggunaan Etanol Pada Mesin Pembakaran Dalam	20
2.9 Emisi Gas Buang	23
2.10 Parameter Unjuk Kerja Motor Bakar	24
2.11 Nilai Kalor Bahan Bakar	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Penelitian	28
3.2 Waktu dan Tempat	28
3.2.1 Tempat	28
3.2.2 Waktu	28
3.3 Alat dan Bahan	29
3.3.1 Alat	29
3.3.2 Bahan	35
3.4. Prosedur Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar	37

3.5	Diagram Alir	40
3.6	Prosedur Pengujian Dinamometer	41
3.7	Diagram Alir	42
3.8	Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang	43
3.9	Diagram Alir	45
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Data Pengujian Bahan Bakar	46
4.2	Data Pengujian Performa	45
4.2.1.	Daya	47
4.2.2.	SFC (<i>Specific Fuel Consumption</i>)	50
4.2.3.	Efisiensi Thermal Efektif	53
4.3	Data Pengujian Emisi Gas Buang	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pembakaran Dalam	6
Gambar 2.2	Proses Pembakaran Luar	7
Gambar 2.3	Prinsip Kerja Mesin Otto 4 Langkah	8
Gambar 2.4	Diagram P-v dan T-s Siklus Otto Ideal	10
Gambar 3.1	Sepeda Motor Honda Tiger	29
Gambar 3.2	Bom Kalorimeter	30
Gambar 3.3	Burret Tester	30
Gambar 3.4	Blower	31
Gambar 3.5	Dinamometer	31
Gambar 3.6	Alat Uji Emisi	32
Gambar 3.7	Selang	33
Gambar 3.8	Gelas Ukur	33
Gambar 3.9	Obeng	34
Gambar 3.10	Stopwatch	34
Gambar 3.11	Bahan Bakar Premium	35
Gambar 3.12	Bahan Bakar Gasohol E10	35
Gambar 3.13	Bahan Bakar Gasohol E15	36
Gambar 3.14	Bahan Bakar Gasohol E20	36
Gambar 3.15	Bom Kalorimeter	37
Gambar 3.16	Diagram Alir Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar	40
Gambar 3.17	Dinamometer	41
Gambar 3.18	Diagram Alir Pengujian Dinamometer	42
Gambar 3.19	Alat Uji Emisi	43
Gambar 3.20	Diagram Alir Pengujian Emisi Bahan Bakar	45
Gambar 4.1	Perbandingan Daya Terhadap Putaran	49
Gambar 4.2	Perbandingan SFC dengan Putaran	52
Gambar 4.3	Perbandingan Efisiensi Thermal Efektif Terhadap Putaran	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Premium	13
Tabel 2.2	Perbandingan Sifat Fisik Etanol Dengan Premium	18
Tabel 2.3	Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama	24
Tabel 3.1	Spesifikasi Sukyoung SY-GA 401	32
Tabel 4.1	Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Premium	46
Tabel 4.2	Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Gasohol E10	46
Tabel 4.3	Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Gasohol E15	46
Tabel 4.4	Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Gasohol E20	47
Tabel 4.5	Hasil Daya Pengujian Variasi Campuran Bahan Bakar	48
Tabel 4.6	Nilai SFC Bahan Bakar	51
Tabel 4.7	Nilai Efisiensi Thermal Efektif Bahan Bakar	54
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	56

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
T	Torsi	N.m
F	Gaya	N
L	Panjang	m
P	Daya	J/s
mbb	Massa Bahan Bakar	kg/s
SFC	Konsumsi Fluida Spesifik	g/PS.jam
η_{te}	Efisiensi Thermal Efektif	%
LHV	Nilai Kalor Bawah	kkal/kg
HHV	Nilai Kalor Atas	kkal/kg
T_1	Temperatur air pendingin sebelum penyalaan	°C
T_2	Temperatur air pendingin sesudah penyalaan	°C
T_{kp}	Kenaikan temperatur akibat kawat penyala	°C
C_v	Panas jenis bom kalorimeter	°C

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomotif sebagai alat transformasi, baik didarat maupun di laut, sangat memudahkan manusia dalam melaksanakan suatu pekerjaan. Selain mempercepat dan mempermudah aktivitas manusia, kendaraan bermotor juga akan mengalami adanya penurunan performa kendaraan setelah dipergunakan selama beberapa tahun lamanya.

Penggunaan kendaraan bermotor dalam kehidupan manusia tidak bisa dikurangi, seiring dengan semakin meningkatnya jumlah produk yang dihasilkan oleh produsen-produsen perusahaan otomotif. ironisnya semakin banyak kendaraan yang digunakan berakibat pada meningkatnya polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan serta konsumsi BBM (Bahan Bakar Minyak) yang terus meningkat.

Gasohol dapat digunakan untuk meningkatkan performa kendaraan serta dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan. tetapi jika campuran berlebihan etanol terhadap premium maka berakibat pada performa yang menurun tetapi emisi gas buang yang dihasilkan semakin menurun .

Bioetanol adalah alkohol yang diproduksi dari tumbuh-tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Bioetanol tersebut memiliki rumus kimia C_2H_5OH . Penggunaan bioetanol ini juga merupakan upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak di Indonesia. Bioetanol merupakan bentuk sumber energi alternatif yang menarik untuk dikembangkan

karena kelimpahannya di Indonesia dan sifatnya yang dapat diperbarui. Bahan baku pembuatan bioetanol mudah didapatkan dan dikembangkan di Indonesia yang memiliki lahan luas dan subur.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penulis akan melakukan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisa Perbandingan Variasi Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Bioetanol Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Motor Bakar”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh komposisi campuran bioetanol dan premium terhadap performa dan emisi gas buang motor bakar?
2. Pada komposisi campuran bioetanol dan premium berapakah dapat menghasilkan performa dan emisi gas buang yang baik?

1.3. Batasan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar yang digunakan untuk penelitian adalah premium (E0), campuran bioetanol 10% + premium 90% (E10), campuran bioetanol 15% + premium 85% (E15), campuran bioetanol 20% + premium 80% (E20).
2. Alat uji nilai kalor bahan bakar dengan bom kalorimeter.
3. Uji performa mesin yang diteliti berupa daya, SFC, efisiensi thermal efektif dan emisi gas buang motor bakar.

4. Bioetanol yang digunakan terbuat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS).
5. Motor bakar yang digunakan adalah mesin dengan kapasitas silinder sebesar 200 cc.

1.4. Tujuan Umum

Adapun tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa dan emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar premium dan campuran bioetanol-premium pada tiap variasi percobaan.

1.5. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh komposisi campuran bioetanol dan premium terhadap performa dan emisi gas buang pada motor bakar.
2. Mengetahui komposisi campuran bioetanol dan premium yang menghasilkan performa dan emisi gas buang yang baik.

1.6. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat meningkatkan kualitas bahan bakar dengan menambahkan bioetanol pada premium agar menghasilkan performa dan emisi gas buang yang baik.
2. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar yang efisien dan menguntungkan serta ramah lingkungan.

3. Memberi masukan bagi kalangan akademis, praktisi dan pihak terkait khususnya tentang penggunaan bahan bakar guna mengurangi emisi gas buang.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 : Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan umum, tujuan khusus, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : Dasar teori, berisi tinjauan pustaka yang berkaitan dengan motor bakar, bahan bakar, emisi gas buang, dan parameter unjuk kerja motor bensin.

BAB 3 : Metodologi penelitian, menjelaskan diagram alir penelitian, tempat dan waktu pelaksanaan penelitian dan alat penelitian, langkah-langkah penelitian, pengambilan data.

BAB 4 : Hasil Dan Pembahasan.

BAB 5 : Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran.

Daftar Pustaka

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Bakar

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

Berdasarkan proses pembakaran bahan bakarnya, motor bakar dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

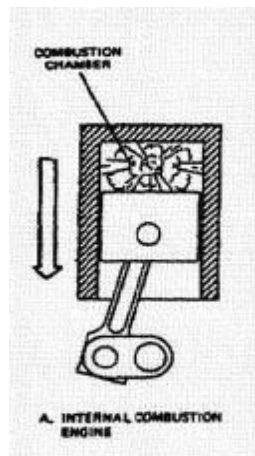
1. Motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*)

Motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) merupakan pesawat kalori yang merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanis. Energi kimia dari bahan bakar yang bercampur dengan udara diubah terlebih dahulu menjadi energi termal melalui pembakaran atau oksidasi, sehingga temperatur dan tekanan gas pembakaran di dalam silinder meningkat. Gas bertekanan tinggi di dalam silinder berekspansi dan mendorong torak bergerak translasi dan menghasilkan gerak rotasi poros engkol sebagai keluaran mekanis motor. Demikian pula sebaliknya, gerak rotasi poros engkol akan menghasilkan gerak translasi pada torak sehingga terjadi gerak bolak-balik torak di

dalam silinder. Disebut motor pembakaran dalam karena proses pembakaran bahan bakar berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri.

Motor pembakaran dalam banyak digunakan dalam berbagai aktivitas manusia, baik sebagai motor penggerak untuk pompa air, generator, mesin pemotong rumput, maupun sebagai sarana transportasi untuk menunjang mobilitas manusia dan barang.

Kelebihan motor pembakaran dalam adalah mesin yang lebih sederhana, bahan bakar lebih irit, cocok untuk tenaga penggerak pada kendaraan. Proses pembakaran dalam dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



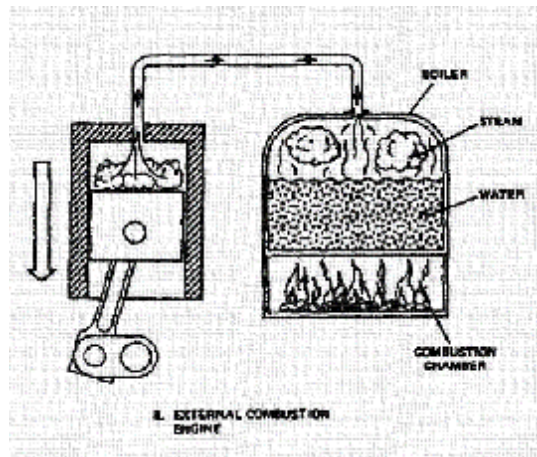
Gambar 2.1. Proses Pembakaran Dalam

2. Motor bakar pembakaran luar (*External Combustion Engine*)

Motor bakar pembakaran luar (*External Combustion Engine*) adalah proses pembakaran bahan bakar yang terjadi diluar dari motor itu sendiri. Di dalam motor pembakaran luar, bahan bakar dibakar diruang bakar tersendiri dan memanfaatkan air untuk dipanaskan menjadi uap, sehingga uap bertekanan yang dihasilkan digunakan untuk memutar sudu-sudu

turbin ataupun mendorong torak sehingga terjadi gerak translasi. Jadi motor tidak digerakkan oleh gas yang terbakar, akan tetapi digerakkan oleh uap air. Jenis dari ECE (*External Combustion Engine*) adalah turbin uap, turbin gas, mesin uap, mesin stirling.

Kelebihan motor pembakaran luar adalah dapat digunakan bahan bakar berkualitas rendah baik bahan bakar padat, cair dan gas, kapasitas lebih besar. Motor pembakaran luar identik dengan bahan bakar padat seperti batubara. Proses pembakaran luar dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2. Proses Pembakaran Luar

2.2. Sejarah Motor Bakar Bensin

Motor bakar bensin dikenal dengan motor bakar siklus Otto. Siklus Otto pertama kali dikembangkan oleh insinyur berkebangsaan Jerman bernama Nikolaus A. Otto pada tahun 1837.

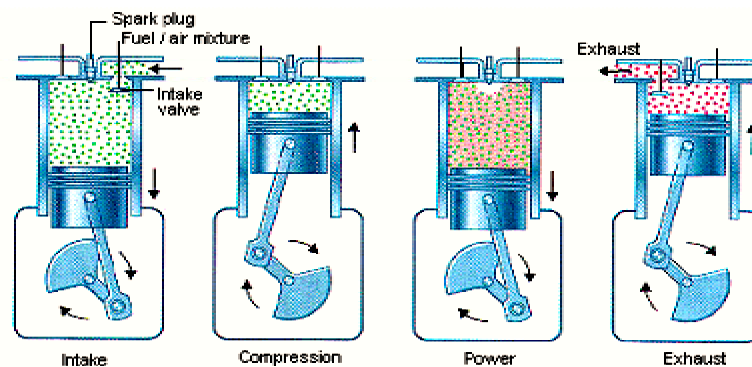
Yang menjadi ciri utama dari motor bensin adalah proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang silinder pada volume tetap. Proses pembakaran pada volume tetap ini disebabkan pada waktu terjadi kompresi,

dimana campuran bahan bakar dan udara mengalami proses kompresi di dalam silinder, dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap terbakar dan busi meloncatkan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat sehingga campuran tersebut terbakar habis seketika dan menimbulkan kenaikan suhu dalam ruang bakar. Busi mempunyai fungsi untuk penghasil loncatan api yang akan menyalakan gas dari campuran bahan bakar dan udara. Karburator dan injektor mempunyai fungsi yang sama antara lain untuk melakukan pencampuran serta pengabutan udara dengan bahan bakar yang akan dibakar didalam ruang bakar.

2.3. Prinsip Kerja Mesin Otto 4 Langkah

Dalam siklus ini, terjadi penyalaan bunga api dengan menggunakan busi (*Spark ignition*) yang akan membakar campuran bahan bakar dengan udara setelah melewati proses pengabutan yang dilakukan oleh karburator atau injektor.

Prinsip kerja mesin Otto 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3. Prinsip Kerja Mesin Otto 4 Langkah

Langkah-langkah yang terjadi pada motor bensin siklus Otto ideal adalah sebagai berikut:

1. Langkah hisap

Diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir dengan posisi torak di TMB, yang mana menghisap campuran bahan bakar dengan udara ke dalam silinder. Untuk meningkatkan massa campuran yang dihisap, katup masuk terbuka sesaat sebelum langkah hisap dimulai dan menutup setelah berakhirnya langkah tersebut.

2. Langkah kompresi

Ketika kedua katup tertutup di mana campuran di dalam silinder dimampatkan dan volumenya diperkecil. Menjelang akhir langkah kompresi, pembakaran diaktifkan dan tekanan silinder naik dengan cepat.

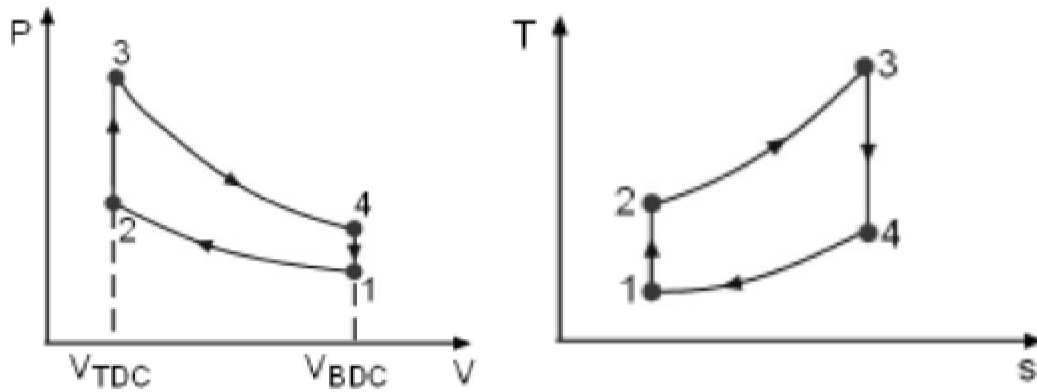
3. Langkah ekspansi

Diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir di TMB ketika temperatur dan tekanan gas yang tinggi mendorong torak ke bawah dan memaksa poros engkol untuk berputar. Ketika torak mendekati TMB, katup buang terbuka untuk mengawali proses buang dan tekanan silinder turun mendekati tekanan buang.

4. Langkah buang

Di mana sisa gas yang dibakar keluar dari silinder ketika torak bergerak ke arah TMA. Ketika torak mendekati TMA, katup masukan akan terbuka. Sesaat setelah TMA, katup buang menutup dan siklus dimulai lagi.

Diagram P-v dan Diagram T-s Siklus Otto Ideal dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4 Diagram P-v dan Diagram T-s Siklus Otto Ideal

2.4. Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembakaran (Suprpto, 2004). Tanpa adanya bahan bakar tersebut pembakaran tidak akan mungkin dapat berlangsung, sedangkan setiap bahan yang dapat dibakar untuk melepaskan energi panas disebut bahan bakar (Cengel, Yunus A. and M.A. Boles, 2006). Konstituen utama bahan bakar terdiri dari hidrogen dan karbon, dan dilambangkan dengan rumus C_nH_m .

Bahan bakar yang digunakan pada mesin pembakaran dalam di bedakan menjadi tiga yaitu gas, cair, dan padat. Biasanya sering disebut sebagai hidrokarbon. Rumus kimia dari bahan bakar adalah C_mH_n . Hidrokarbon (HC) merupakan senyawa di mana setiap molekulnya hanya mengandung hidrogen dan karbon yang dapat dibakar (dioksidasi), membentuk air (H_2O) atau karbondioksida (CO_2). Bahan bakar hidrokarbon mempunyai variasi berat karbon

dari 83% sampai 87% dan berat hidrogen dari 11% sampai 14%. Pada umumnya bobot molekular komponen yang lebih besar mempunyai temperatur didih lebih tinggi.

2.5. Dinamometer

Sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tenaga atau daya yang dikeluarkan atau dihasilkan dari suatu mesin kendaraan bermotor. Dinamometer atau dyno test, adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin/rpm dan torsi dimana tenaga/daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung.

2.5.1. Jenis Dinamometer

Dinamometer dapat dibagi dalam dua jenis yang pertama adalah yang memalang langsung terhadap mesin, dikenal dengan nama Dinamometer Mesin (*engine dynamometer*), dan sebuah dyno yang dapat mengukur daya dan torsi tanpa memindahkan mesin kendaraan dari rangka kendaraan, dan dikenal sebagai sebuah Dinamometer rangka (*chasis dynamometer*).

1. Dinamometer Mesin (*engine dynamometer*)

Dinamometer mesin digunakan untuk mengetahui besar jumlah tenaga atau daya yang dikeluarkan oleh suatu mesin. Dalam prakteknya, dynamometer mesin mengukur tenaga sebenarnya yang dari mesin kendaraan bermotor. Dinamometer Mesin memberikan data yang terbaca dalam satuan daya kuda atau horsepower. Satuan ini dinotasikan dengan dua huruf yaitu dk.

2. Dinamometer rangka (*chasis dynamometer*)

Dinamometer rangka /sasis adalah suatu alat uji otomotif yang digunakan untuk mengukur daya sebenarnya yang diberikan motor kepada roda-roda penggerak.

2.6. Bahan Bakar Bensin

Bensin atau Gasoline adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, dan empat. Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus. Dengan kata lain, bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai. Jika bensin dibakar pada kondisi ideal dengan oksigen berlimpah, maka akan dihasilkan CO_2 , H_2O , dan energi panas.

Bahan bakar bensin (*gasoline*) merupakan campuran senyawa hidrokarbon cair yang sangat mudah menguap. Bensin terdiri dari parafin, naptalene, aromatik, dan olefin, bersama-sama dengan beberapa senyawa organik lain dan kontaminan. Struktur molekulnya dari $\text{C}_4 - \text{C}_9$.

Adapun spesifikasi premium dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Spesifikasi Premium

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min	Maks	ASTM	Lain
1.	Bilangan Oktana - Angka Oktana Riset (RON)	RON	88,0	-	D 2699	
2.	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-	D 525	
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622 / D 4294 / D 7039	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0,013	D 3237	
5.	Kandungan Logam (Mn, Fe)	mg/l	Tidak terlacak		D 3831 / D 5185	UOP 391
6.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7	D 4815 / D 6839 / D 5599	
7.	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319 / D 6839 / D 6730	
8.	Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		D 1319 / D 6839 / D 6730	
9.	Kandungan Benzena	% v/v	Dilaporkan		D 5580 / D 6839 / D 6730 / D 3606	
10.	Distilasi:	^o C	-	74	D 86	
	10% vol. Penguapan	^o C	-	74		
	50% vol. Penguapan	^o C	75	125		
	90% vol. Penguapan	^o C	-	180		
	Titik didih akhir	^o C	-	215		
	Residu	% vol	-	2,0		
11.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452	
12.	Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381	
13.	Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381	
14.	Tekanan Uap	kPa	45	69	D 5191 / D 323	
15.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m ³	715	770	D 4052 / D 1298	
16.	Korosi bilah tembaga	Merit	Kelas 1		D 130	
17.	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002	D 3227	
18.	Penampilan visual		Jernih dan terang			
19.	Bau		Dapat dipasarkan			
20.	Warna		Kuning			
21.	Kandungan pewarna	gr/100	-	0,13		

Sumber : www.pertamina.com

2.7. Angka Oktan

Bilangan oktan merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk mengatasi ketukan sewaktu terbakar dalam bensin. Angka Oktan Riset/*Research Octane Number* (RON) adalah karakteristik bahan bakar yang menggambarkan kemampuan bahan bakar akan atau tidak menyala sendiri.

Peringkat oktan didasarkan pada ukuran kemampuan bahan bakar menahan detonasi. Semakin tinggi peringkat oktan, semakin kecil kemungkinan untuk menghasilkan ledakan dini (*pre-ignition*). Kecenderungan penyalaaan dini menimbulkan gejala ketukan (*knocking*). Motor dengan rasio kompresi rendah dapat menggunakan bahan bakar dengan angka oktan lebih rendah, tetapi motor kompresi tinggi harus menggunakan bahan bakar oktan tinggi untuk menghindari pengapian sendiri dan ketukan.

2.8. Sejarah Bioetanol

Bioetanol telah digunakan manusia sejak zaman prasejarah sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari China bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan oleh manusia prasejarah dari masa Neolitik. Campuran dari Bioetanol yang mendekati kemurnian untuk pertama kali ditemukan oleh Kimiawan Muslim yang mengembangkan proses distilasi pada masa Kalifah Abbasid dengan peneliti yang terkenal waktu itu adalah Jabir ibn Hayyan (Geber), Al-Kindi (Alkindus) dan al-Razi (Rhazes). Catatan yang disusun oleh Jabir ibn Hayyan (721-815 M) menyebutkan bahwa uap dari wine yang mendidih mudah terbakar. Al-Kindi (801-873 M) dengan tegas menjelaskan

tentang proses distilasi wine. Sedangkan Bioetanol absolut didapatkan pada tahun 1796 oleh Johann Tobias Lowitz, dengan menggunakan distilasi saringan arang.

Antoine Lavoisier menggambarkan bahwa bioetanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808, Nicolas-Théodore de Saussure dapat menentukan rumus kimia etanol. Limapuluh tahun kemudian pada tahun 1858, Archibald Scott Couper menerbitkan rumus bangun etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus bangunnya. Etanol pertama kali dibuat secara sintesis pada tahun 1829 di Inggris oleh Henry Hennel dan S.G.Serullas di Perancis. Michael Faraday membuat etanol dengan menggunakan hidrasi katalis asam pada etilen pada tahun 1982 yang digunakan pada proses produksi etanol sintesis hingga saat ini.

Pada tahun 1840 etanol menjadi bahan bakar lampu di Amerika Serikat, pada tahun 1880-an Henry Ford membuat mobil quadrycycle dan sejak tahun 1908 mobil Ford model T telah dapat menggunakan bioetanol sebagai bahan bakarnya. Namun pada tahun 1920an bahan bakar dari petroleum yang harganya lebih murah telah menjadi dominan menyebabkan etanol kurang mendapatkan perhatian. Akhir-akhir ini, dengan meningkatnya harga minyak bumi, bioetanol kembali mendapatkan perhatian dan telah menjadi alternatif energi yang terus dikembangkan.

2.8.1. Bioetanol

Alkohol adalah bahan bakar dari jenis oksigenant. Molekul alkohol memiliki satu atau lebih oksigen yang memberikan kontribusi untuk pembakaran.

Alkohol dinamai sesuai molekul dasar dari hidrokarbon turunannya, misalnya metanol atau metil alkohol (CH_3OH), etanol atau etil alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), propanol ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$), butanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$). Secara teoritis, setiap molekul organik dari jenis alkohol dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Penggunaan etanol sebagai bahan bakar mobil selama bertahun-tahun telah dilakukan di berbagai negara di dunia. Brazil adalah pemakai yang terkemuka, di mana pada tahun 1900-an, 4,5 juta kendaraan dioperasikan dengan bahan bakar 93% etanol. Selama beberapa tahun, gasohol (*gasoline-alcohol*) telah tersedia pada stasiun pompa bahan bakar di Brazil.

Gasohol merupakan campuran 90% bensin dan 10% etanol. Dua kombinasi campuran yang umum adalah E85 (85% etanol) dan E10 (10% etanol). E85 pada dasarnya suatu bahan bakar alkohol dengan 15% bensin ditambahkan untuk meniadakan sebagian permasalahan dalam penggunaan alkohol murni yaitu start dingin, tangki mudah terbakar, dan lain-lain. E10 mengurangi penggunaan bensin dengan tanpa memerlukan modifikasi motor mobil. Motor berbahan bakar fleksibel dapat beroperasi pada setiap rasio etanol-bensin.

Bioetanol merupakan bahan bakar dari tumbuhan yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses distilasi.

Proses distilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (*biofuel*) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99 % yang lazim disebut fuel grade etanol. Bahan baku pembuatan bioetanol dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. Bahan sukrosa

Bahan-bahan yang termasuk kedalam kelompok ini antara lain nira, tebu, nira nipati, nira sargum manis, nira kelapa, nila aren, dan sari buah mete.

2. Bahan berpati

Bahan-bahan yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah bahan-bahan yang mengandung pati. Bahan tersebut antara lain, tepung-tepung ubi ganyong, jagung, sagu, bonggol pisang, ubi kayu, ubi jalar, dan lain-lain.

3. Bahan berselulosa

Bahan berselulosa (lignoselulosa) artinya adalah bahan tanaman yang mengandung selulosa (serat), antara lain kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain. Bioetanol jika dilihat dari segi bahan baku, maka proses pembuatan masing-masing bahan baku berbeda.

Perbandingan sifat fisik antara etanol dengan bensin seperti ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2. Perbandingan Sifat Fisik Antara Etanol Dengan Bensin

<i>Property</i>	<i>Ethanol</i>	<i>Gasoline</i>
<i>Chemical formula</i>	C ₂ H ₅ OH	C ₄ – C ₁₀
<i>Composition % weight Carbon</i>	52,2	85 – 88
<i>Hydrogen</i>	13,1	12 – 15
<i>Oxygen</i>	34,7	0
<i>Octane Number</i>		
<i>Research Octane</i>	108	90 – 100
<i>Motor Octane</i>	92	81 – 90
<i>Density (lb/gal)</i>	6,61	6,0 – 6,5
<i>Boiling temp. (F)</i>	172	80 – 437
<i>Freezing Point (° F)</i>	-173,22	-40
<i>Flash Point (° F)</i>	55	-45
<i>Auto Ignition Temp. (° F)</i>	793	495
<i>Heating value</i>		
<i>Higher (Btu/gal)</i>	84100	124800
<i>Lower (Btu / gal)</i>	76000	115000
<i>Specific heat Btu/lb °F</i>	0,57	0,48
<i>Stoichiometric air/ fuel, weight</i>	9	14,7

Sumber: www.afdc.doe.gov dalam (Wiratmaja, 2010)

2.8.2. Bioetanol Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah biomassa berserat selulosa yang memiliki potensi besar dengan kelimpahan cukup tinggi. TKKS merupakan hasil samping dari pengolahan minyak kelapa sawit yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk, bahan baku pembuatan matras, dan media bagi pertumbuhan jamur serta tanaman. Hasil penelitian Iriani (2009) dalam Muthuvelayudham dan Virethagiri (2007) bertujuan untuk mendapatkan kondisi sakarifikasi terbaik pada TKKS dengan menggunakan *Trichoderma reesei* dan melakukan fermentasi alkohol oleh *Saccharomyces cerevisiae*, dimana masing-masing menghasilkan konsentrasi gula pereduksi dan alkohol paling tinggi. TKKS yang digunakan selama proses sakarifikasi terlebih dulu diberi perlakuan awal yakni dengan pemanasan di suhu 121⁰C, dengan tekanan 1,5

atmosfir selama 90 menit. Sakarifikasi menggunakan metode fermentasi padat, yakni dengan menginokulasikan suspensi spora *T.reesei* sebanyak 10% v/b ($3,5 \cdot 10^8$ sel/mL ke dalam TKKS yang telah ditambahkan medium basal Mandels & Waber dan akuades dengan perbandingan 3:4, sehingga kelembaban mencapai 70%.

Sakarifikasi dilakukan selama 8 hari. Parameter yang diamati setiap 48 jam adalah kadar gula pereduksi, aktivitas enzim CMCase (endoglukanase), enzim beta-glukosidase dan pH medium. Optimasi suhu sakarifikasi yang dilakukan adalah pada suhu 250⁰C, 300⁰C dan 350⁰C. Suhu sakarifikasi terbaik diperoleh pada 300⁰C, dengan kadar gula pereduksi paling tinggi 1,46 mg/g substrat yang diperoleh pada hari ke-8. Selanjutnya suhu tersebut digunakan untuk penentuan pH awal terbaik sakarifikasi yaitu dengan nilai pH 4,5, 5, 5,5, dan 6. Konsentrasi gula pereduksi paling tinggi diperoleh pada pH awal medium 5,5 yakni sebesar 1,5 mg/g substrat pada hari ke-8. Sakarifikasi ulang dilakukan dengan menggunakan suhu dan pH awal terbaik selama 12 hari. Filtrat gula hasil sakarifikasi hari ke-12 digunakan sebagai substrat fermentasi alkohol. Inokulum fermentasi yang digunakan adalah *Saccharomyces cereviseae* sebanyak 5% v/b ($5,35 \cdot 10^8$ sel/mL) sel diinokulasikan ke dalam medium dan difermentasi secara anaerobik selama 96 jam.

Parameter yang diamati adalah kadar gula pereduksi, kadar etanol, jumlah sel serta pH medium. Konsentrasi etanol paling tinggi yang dihasilkan pada fermentasi selama 72 jam sebesar 0,046 % dengan konversi gula menjadi etanol sebesar 47,32%. Kandungan selulosa TKKS sekitar 45,80% dan hemiselulosa 26,00%. Jika berdasarkan perhitungan minimal menurut Badger (2002) maka

potensi bioetanol dari TKKS adalah sebesar 2.000 juta liter atau menghasilkan panas setara dengan menggunakan 1446.984 liter bensin.

2.8.3. Penggunaan Ethanol Pada Mesin Pembakaran Dalam

Dewasa ini, hampir seluruh mesin pembangkit daya yang digunakan pada kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam. Mesin bensin (Otto) dan diesel adalah dua jenis mesin pembakaran dalam yang paling banyak digunakan di dunia. Mesin diesel, yang memiliki efisiensi lebih tinggi, tumbuh pesat di Eropa, sedangkan komunitas USA yang cenderung khawatir pada tingkat polusi sulfur dan UHC pada diesel, lebih memilih mesin bensin. Meski saat ini, mutu solar dan mesin diesel yang digunakan di Eropa sudah semakin baik yang berimplikasi pada rendahnya emisi sulfur dan UHC. Ethanol yang secara teoritik memiliki angka oktan di atas standard maksimal bensin, cocok diterapkan sebagai substitusi sebagian ataupun keseluruhan pada mesin bensin.

Terdapat beberapa karakteristik internal ethanol yang menyebabkan penggunaan ethanol pada mesin Otto lebih baik daripada gasolin. Ethanol memiliki angka *research octane* 108.6 dan *motor octane* 89.7. Angka tersebut (terutama *research octane*) melampaui nilai maksimal yang mungkin dicapai oleh gasolin (pun setelah ditambahkan aditif tertentu pada gasolin). Sebagai catatan, bensin yang dijual Pertamina memiliki angka *research octane* 88 (Pertamina).

Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara-bahan bakar sebelum waktunya (*self-ignition*). Terbakarnya campuran udara-bahan bakar di dalam mesin Otto sebelum waktunya akan menimbulkan fenomena ketuk (*knocking*) yang berpotensi

menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin. Selama ini, fenomena ketuk membatasi penggunaan rasio kompresi (perbandingan antara volume silinder terhadap volume sisa) yang tinggi pada mesin bensin. Tingginya angka oktan pada ethanol memungkinkan penggunaan rasio kompresi yang tinggi pada mesin Otto. Korelasi antara efisiensi dengan rasio kompresi berimplikasi pada fakta bahwa mesin Otto berbahan bakar ethanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar gasolin. Untuk rasio campuran ethanol:gasoline mencapai 60:40 tercatat peningkatan efisiensi hingga 10. Ethanol memiliki satu molekul OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang inheren di dalam molekul ethanol tersebut membantu penyempurnaan pembakaran antara campuran udara-bahan bakar di dalam silinder. Ditambah dengan rentang keterbakaran (*flammability*) yang lebar, yakni 4.3-19 vol dibandingkan dengan gasolin yang memiliki rentang keterbakaran 1.4-7.6 vol pembakaran campuran udara-bahan bakar ethanol menjadi lebih baik dan ini dipercaya sebagai faktor penyebab relatif rendahnya emisi CO dibandingkan dengan pembakaran udara-gasolin, yakni sekitar 4 vol. Ethanol juga memiliki panas penguapan (*heat of vaporization*) yang tinggi, yakni 842 kJ/kg. Tingginya panas penguapan ini menyebabkan energi yang dipergunakan untuk menguapkan ethanol lebih besar dibandingkan gasolin. Konsekuensi lanjut dari hal tersebut adalah temperatur puncak di dalam silinder akan lebih rendah pada pembakaran ethanol dibandingkan dengan gasolin.

Rendahnya emisi NO, yang dalam kondisi atmosfer akan membentuk NO₂ yang bersifat racun, dipercaya sebagai akibat relatif rendahnya temperatur puncak pembakaran ethanol di dalam silinder. Pada rasio kompresi 7, penurunan emisi

NO_x tersebut bisa mencapai 33 dibandingkan terhadap emisi NO_x yang dihasilkan pembakaran gasolin pada rasio kompresi yang sama. Dari susunan molekulnya, ethanol memiliki rantai karbon yang lebih pendek dibandingkan gasolin (rumus molekul ethanol adalah C₂H₅OH, sedangkan gasolin memiliki rantai C₆-C₁₂ (Wikipedia) dengan perbandingan antara atom H dan C adalah 2:1. Pendeknya rantai atom karbon pada ethanol menyebabkan emisi UHC pada pembakaran ethanol relatif lebih rendah dibandingkan dengan gasolin, yakni berselisih hingga 130 ppm.

Dari paparan di atas, terlihat bahwa penggunaan ethanol (sebagian atau seluruhnya) pada mesin Otto, positif menyebabkan kenaikan efisiensi mesin dan turunnya emisi CO, NO_x, dan UHC dibandingkan dengan penggunaan gasolin. Namun perlu dicatat bahwa emisi aldehyde lebih tinggi pada penggunaan ethanol meski bahaya emisi aldehyde terhadap lingkungan adalah lebih rendah daripada berbagai emisi gasolin. Selain itu, pada prinsipnya emisi CO₂ yang dihasilkan pada pembakaran ethanol juga akan dipergunakan oleh tumbuhan penghasil ethanol tersebut. Sehingga berbeda dengan bahan bakar fosil, pembakaran ethanol tidak menciptakan sejumlah CO₂ baru ke lingkungan. Terlebih untuk kasus di Indonesia, dimana bensin yang dijual Pertamina masih mengandung timbal (TEL) sebesar 0,3 g/L serta sulfur 0.2 wt, penggunaan ethanol jelas lebih baik dari bensin. Seperti diketahui, TEL adalah salah satu zat aditif yang digunakan untuk meningkatkan angka oktan bensin dan zat ini telah dilarang di berbagai negara di dunia karena sifat racunnya. Keberadaan sulfur juga menjadi perhatian di USA dan Eropa karena dampak yang ditimbulkannya bagi kesehatan.

Ethanol murni akan bereaksi dengan karet dan plastik (Wikipedia). Oleh karena itu, ethanol murni hanya bisa digunakan pada mesin yang telah dimodifikasi. Dianjurkan untuk menggunakan karet fluorokarbon sebagai pengganti komponen karet pada mesin Otto konvensional. Selain itu, molekul ethanol yang bersifat polar akan sulit bercampur secara sempurna dengan gasolin yang relatif non-polar, terutama dalam kondisi cair. Oleh karena itu modifikasi perlu dilakukan pada mesin yang menggunakan campuran bahan bakar ethanol-gasolin agar kedua jenis bahan bakar tersebut bisa tercampur secara merata di dalam ruang bakar. Salah satu inovasi pada permasalahan ini adalah pembuatan karburator tambahan khusus untuk ethanol. Pada saat langkah hisap, uap ethanol dan gasolin akan tercampur selama perjalanan dari karburator hingga ruang bakar memberikan tingkat pencampuran yang lebih baik.

2.9. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan (Wardan Suyanto, 1989). Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin.

Sumber pencemaran udara yang berasal dari sumber alamiah seperti letusan gunung berapi, gempa bumi yang mengeluarkan zat radioaktif yaitu radon, aerosol di lautan, peluruhan H_2S , CO_2 , dan ammonia, nitrifikasi dan denitrifikasi biologi, petir atau loncatan listrik yang dapat memecahkan molekul N_2 menjadi NO, kebakaran hutan yang terjadi karena kemarau.

Sumber pencemaran udara yang berasal dari aktifitas manusia diantaranya, aktifitas industri yang menghasilkan gas berbahaya seperti *Chloro Fluoro Carbon* (CFC), emisi kendaraan bermotor, asap rokok, ledakan, persampahan seperti dekomposisi, pembakaran sampah, pertanian seperti pupuk, pembakaran biomassa, sawah tepatnya dari proses perendaman jerami yang mengeluarkan CO₂.

Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Sesuai Peraturan Pemerintah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006, tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah inis:

Tabel 2.3. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4,5	12000	Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	≥ 2010	4,5	2000	Idle

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.

2.10. Parameter Unjuk Kerja Motor Bakar

Unjuk kerja motor bakar dapat dicari dengan membaca dan menganalisa parameter yang tertulis didalam sebuah laporan yang berfungsi untuk mengetahui nilai dari torsi, daya, konsumsi bahan bakar dan efisiensi thermal dari mesin tersebut. Adapun parameter-parameter yang dipergunakan sebagai berikut :

1. Torsi (*Torque*)

Torsi atau momen puntir adalah suatu ukuran kemampuan motor menghasilkan kerja. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (start) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi (T) akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran. Untuk sebuah mesin yang beroperasi dengan kecepatan tertentu dan meneruskan daya, yang besarnya dapat ditentukan dari persamaan 2.1 dibawah ini:

$$T = F \times L \quad (2.1)$$

2. Daya (Power)

Daya dapat didefinisikan sebagai tingkat kerja dari mesin. Daya efektif atau daya rem (*Brake Power*), dalam prakteknya untuk mengukur daya efektif atau rem dari suatu motor adalah dengan mengukur besarnya momen puntir poros motor bakar tersebut. Perhitungan daya ditunjukkan pada persamaan 2.2 dibawah ini:

$$P = \frac{T \times w}{5252} \quad (2.2)$$

3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*specific fuel consumption*)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui

hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu. Bila daya efektif atau rem dalam satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan *ml/detik* , Perhitungan SFC ditunjukkan pada persamaan 2.3 dibawah ini:

$$SFC = \frac{\dot{m}_{bb}}{P} \quad (2.3)$$

4. Efisiensi Thermal Efektif

Efisiensi thermal efektif adalah perbandingan antara daya efektif dengan daya masuk. Perhitungan efisiensi thermal ditunjukkan pada persamaan 2.4 dibawah ini:

$$h_{te} = \frac{P}{\dot{m}_{bb} \times LHV} \quad (2.4)$$

2.11. Nilai Kalor Bahan Bakar

Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara menghasilkan panas. Besarnya panas yang ditimbulkan jika satu satuan bahan bakar dibakar sempurna disebut nilai kalor bahan bakar (*Caloric Value, CV*).

Berdasarkan asumsi ikut tidaknya panas laten pengembunan uap air dihitung sebagai bagian dari nilai kalor suatu bahan bakar, maka nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

Nilai kalor atas (*High Heating Value, HHV*), merupakan nilai kalor yang diperoleh secara eksperimen dengan menggunakan bom kalorimeter dimana hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar sehingga sabagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hydrogen mengembun dan melepaskan

panas latennya. Secara teoritis, besarnya nilai kalor atas (HHV) dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan 2.5 dibawah ini:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times Cv \quad (2.5)$$

Dan nilai kalor bawah dapat dihitung dengan persamaan 2.6 dibawah ini:

$$LHV = HHV - 3240 \quad (2.6)$$

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Penelitian

Pada penelitian ini, pengujian menggunakan bahan bakar bensin murni tanpa campuran bioetanol dan hasilnya akan dibandingkan dengan pengujian berbahan bakar campuran premium-bioetanol (gasohol) dengan kadar etanol 10%, 15%, dan 20%, sehingga perbedaan setiap pengujian bahan bakar akan dapat diketahui.

3.2. Tempat dan Waktu

3.2.1. Tempat

Pengujian nilai kalor bahan bakar dilakukan di Sekolah Tinggi Teknik Harapan Medan, Pengujian dinamometer dilakukan di PT. Indako Trading Coy, dan Pengujian emisi gas buang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2.2. Waktu

Waktu penelitian yang dilakukan kurang lebih selama 8 bulan yang dimulai saat proposal penelitian di setujui.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

1. Mesin

Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin otto 4 langkah milik Honda Tiger seperti pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1. Sepeda Motor Honda Tiger

Spesifikasi:

- Tipe mesin : 4 langkah SOHC
- Sistem pendinginan : Pendingin udara
- Diameter x Langkah : 63,5 x 62,2 (mm)
- Volume langkah : 196,9 cc
- Perbandingan kompresi : 9,0 : 1
- Daya maksimum : 16,7 PS / 8.500 rpm
- Torsi maksimum : 1,60 kgf.m / 7000 rpm
- Kopling : Manual, multi plate wet clutch
- Starter : Elektirk dan Kick Starter
- Busi : ND x 24 EP – U9 /NGK DP8 EA-9

2. Bom Kalorimeter

Bom kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (O_2 berlebih) pada suatu senyawa bahan makanan atau bahan bakar seperti terlihat pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2. Bom Kalorimeter

3. *Burret tester*

Burret tester adalah alat yang digunakan untuk menampung bahan bakar pada pengujian dinamometer seperti terlihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3. *Burret Tester*

4. *Blower*

Blower digunakan pada saat melakukan pengujian dinamometer untuk menjaga suhu kerja mesin agar tidak terjadi *overheat* seperti terlihat pada gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4. *Blower*

5. Dinamometer

Dinamometer digunakan untuk mengetahui daya, torsi, dan kecepatan yang dihasilkan motor bakar seperti terlihat pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5. Dinamometer

6. Alat Uji Emisi

Alat uji emisi digunakan untuk menguji sisa hasil pembakaran bahan bakar yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin (*exhaust*) seperti terlihat pada gambar 3.6 berikut:



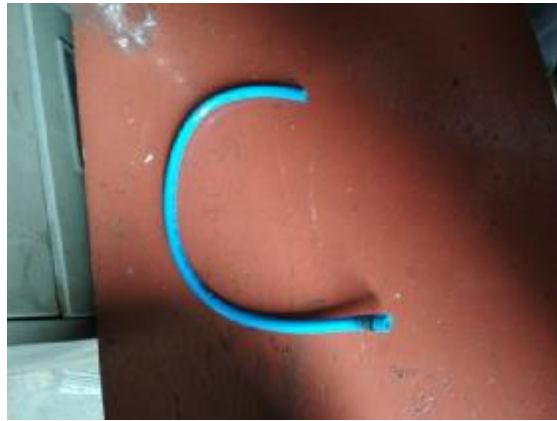
Gambar 3.6. Alat Uji Emisi

Tabel 3.1. Spesifikasi Sukyoung SY-GA 401

Merek	Sukyoung	
Model	SY-GA 401	
Negara pembuat	Korea	
Tahun produksi	2009	
Jangkauan pengukuran		
CO	0.00 - 9.99 %	res 0,01%
CO ₂	0.0 - 20.0 %	res 0,1 %
HC	0 - 9999 ppm	res 1 ppm
O ₂	0.00 - 25.00 %	res 0,01 %
Lambda	0 - 2.000	res 0,001
AFR	0.0 – 99.0	res 0.1
Waktu respons	± 10 detik (untuk panjang <i>probe</i> 3 m)	
Waktu pemanasan	2 - 8 menit	
Hisapan gas yang dites	4 - 6 L/menit	
Sumber tegangan	AC 110V atau AC 220V, 60 Hz	
Daya	50 W	
Temp. Operasi	0 – 40 °C	
Dimensi	285 x 410 x 155 mm	
Berat	4.5 kg	

7. Selang

Selang digunakan untuk menghubungkan tabung ukur dengan karburator sebagai wadah tempat aliran bahan bakar menuju karburator seperti terlihat pada gambar 3.7 berikut:



Gambar 3.7. Selang

8. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume cairan (bahan bakar) seperti terlihat pada gambar 3.8 berikut:



Gambar 3.8. Gelas Ukur

9. Obeng

Obeng digunakan untuk mengencangkan atau mengendurkan baut lubang pembuangan bahan bakar pada karburator agar sisa pengujian yang sebelumnya dapat dibersihkan dari dalam karburator sebelum melakukan pengujian yang lain seperti terlihat pada gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9. Obeng

10. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk mencatat lama waktu pengujian seperti terlihat pada gambar 3.10 berikut:



Gambar 3.10. *Stopwatch*

3.3.2. Bahan

Bahan yang menjadi objek pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan Bakar Premium

Premium yang digunakan adalah premium murni 100 % tanpa campuran bioetanol seperti terlihat pada gambar 3.11 berikut:



Gambar 3.11. Premium

2. Bahan Bakar Gasohol E10

Bahan bakar ini menggunakan perbandingan premium sebanyak 90 % dengan bioetanol sebanyak 10 % seperti terlihat pada gambar 3.12 berikut:



Gambar 3.12. Gasohol E10

3. Bahan Bakar Gasohol E15

Bahan bakar ini menggunakan perbandingan premium sebanyak 85 % dengan bioetanol sebanyak 15 % seperti terlihat pada gambar 3.13 berikut:



Gambar 3.13. Gasohol E15

4. Bahan Bakar Gasohol E20

Bahan bakar ini menggunakan perbandingan premium sebanyak 80 % dengan bioetanol sebanyak 20 % seperti terlihat pada gambar 3.14 berikut:



Gambar 3.14. Gasohol E20

3.4. Prosedur Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar

Alat yang digunakan dalam pengukuran nilai kalor bahan bakar ini adalah Bom Kalorimeter seperti terlihat pada gambar 3.15 berikut:



Gambar 3.15. Bom Kalorimeter

Peralatan yang digunakan meliputi:

- Kalorimeter, sebagai tempat air pendingin dan tabung bom.
- Tabung bom, sebagai tempat pembakaran bahan bakar yang diuji.
- Tabung gas oksigen.
- Alat ukur tekanan gas oksigen, untuk mengukur jumlah oksigen yang dimasukkan ke dalam tabung bom.
- Termometer, dengan akurasi pembacaan skala 0.01°C .
- Elektromotor yang dilengkapi pengaduk untuk mengaduk air pendingin.
- Split, untuk menentukan jumlah volume bahan bakar.
- Pengatur penyalaan (skalar), untuk menghubungkan arus listrik ke tangkai penyala pada tabung bom.
- Cawan, untuk tempat bahan bakar di dalam tabung bom.

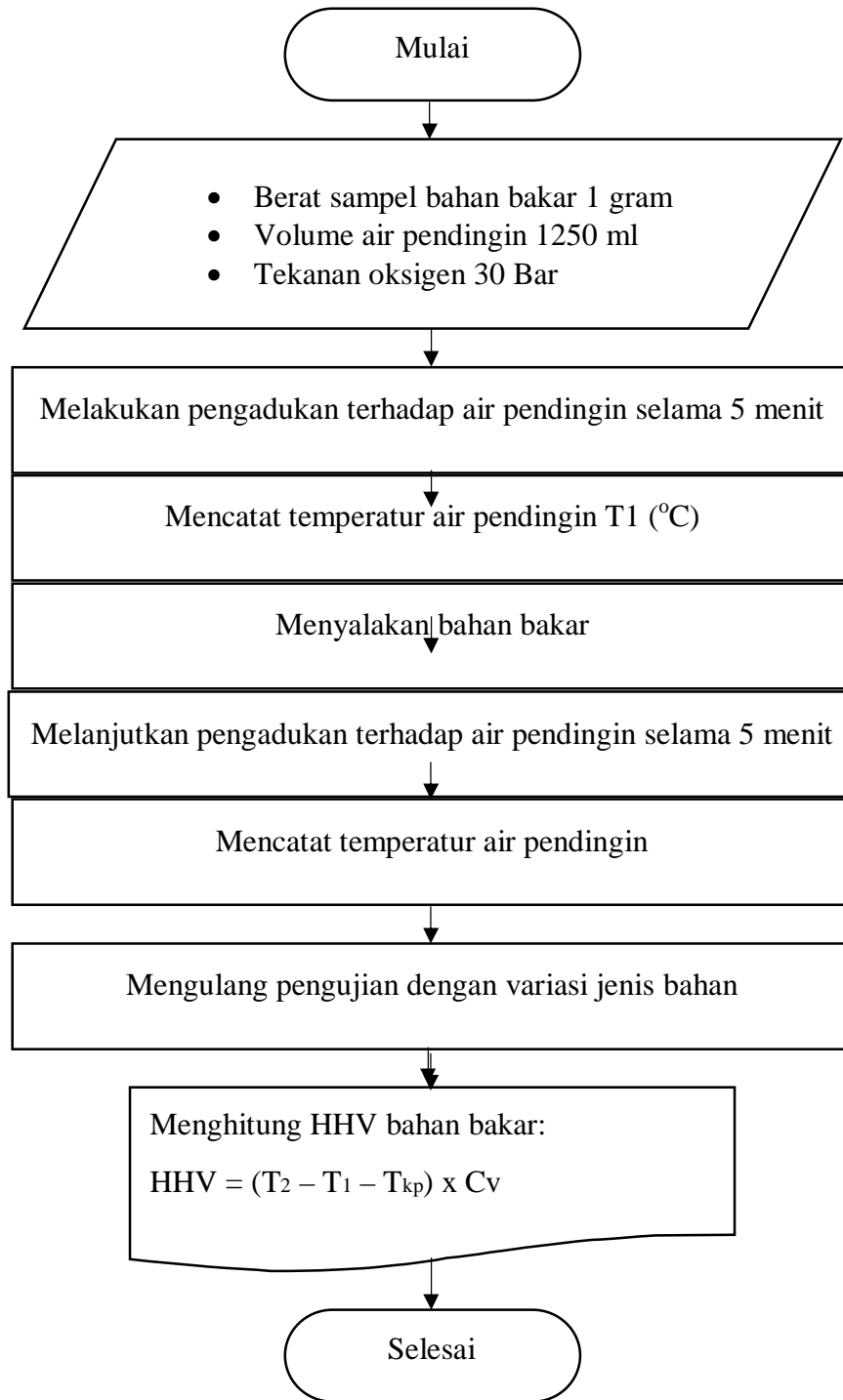
- Pinset, untuk memasang busur nyala pada tangkai dan cawan pada dudukannya.

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengisi cawan bahan bakar dengan bahan bakar yang akan diuji.
2. Menggulung dan memasang kawat penyalanya pada tangkai penyalanya yang ada penutup bom.
3. Menempatkan cawan yang berisi bahan bakar pada ujung tangkai penyalanya serta mengatur posisi kawat penyalanya agar berada tepat di atas permukaan bahan bakar yang berada di dalam cawan dengan menggunakan pinset.
4. Meletakkan tutup bom yang telah dipasangi kawat penyalanya dan cawan berisi bahan bakar pada tabungnya serta dikunci dengan ring "O" sampai rapat.
5. Mengisi bom dengan oksigen (30 bar).
6. Mengisi tabung kalorimeter dengan air pendingin sebanyak 1250 ml.
7. Menempatkan bom yang telah terpasang ke dalam tabung kalorimeter.
8. Menghubungkan tangkai penyalanya penutup bom ke kabel sumber arus listrik.
9. Menutup kalorimeter dengan penutupnya yang telah dilengkapi dengan pengaduk.
10. Menghubungkan dan mengatur posisi pengaduk pada elektromotor.
11. Menempatkan termometer melalui lubang pada tutup kalorimeter.
12. Menghidupkan elektromotor selama lima menit kemudian membaca dan mencatat temperatur air pendingin pada termometer.

13. Menyalakan kawat penyalanya dengan menekan saklar.
14. Memastikan kawat penyalanya telah menyala dan putus dengan memperhatikan lampu indikator selama elektromotor terus bekerja.
15. Membaca dan mencatat kembali temperatur air pendingin setelah lima menit dari penyalanya berlangsung.
16. Mematikan elektromotor pengaduk dan mempersiapkan peralatan untuk pengujian berikutnya.
17. Mengulang pengujian sebanyak lima kali berturut-turut.

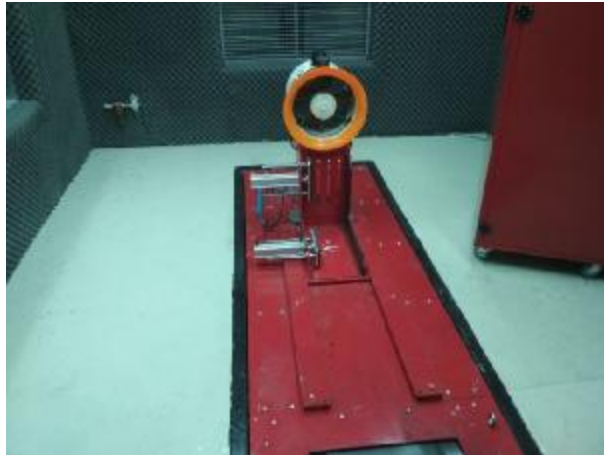
3.5. Diagram Alir



Gambar 3.16. Diagram alir pengujian nilai kalor bahan bakar

3.6. Prosedur Pengujian Dinamometer

Dinamometer digunakan untuk mengukur daya, torsi, dan kecepatan yang dapat dicapai oleh motor bakar seperti terlihat pada gambar 3.17 berikut:

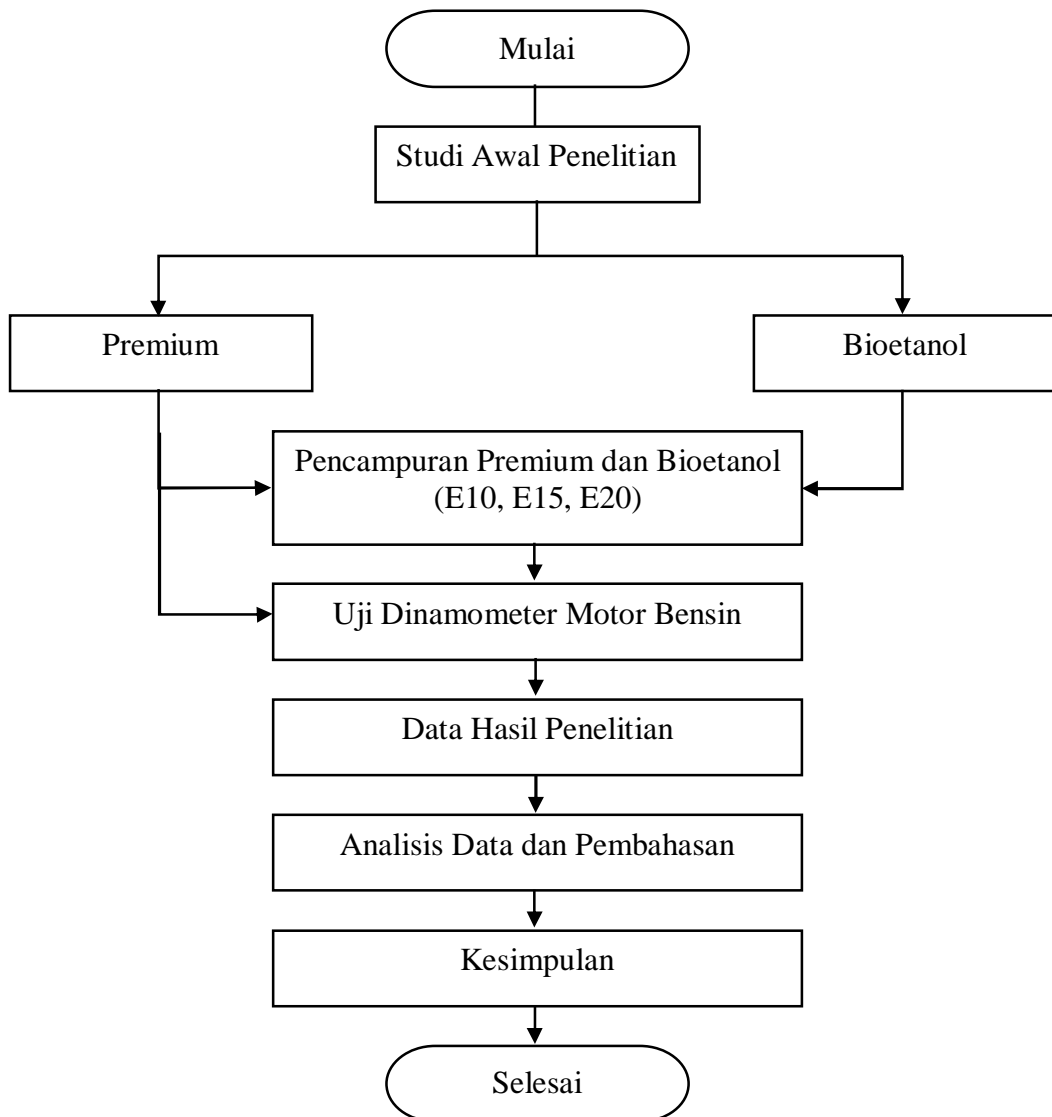


Gambar 3.17. Dinamometer

Adapun prosedur pengujian dinamometer adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan kendaraan pada alat dinamometer.
2. Mengisi bahan bakar bensin pada pengujian yang pertama dengan takaran sesuai dengan data yang diambil.
3. Memasang sabuk pengaman pada bagian suspensi atau kaki kendaraan yang diikatkan pada alat dinamometer.
4. Memulai pengujian, hidupkan mesin kemudian masukkan gigi pertama sambil di putar tuas gas secara bertahap sampai pada gigi terakhir hingga mencapai limit dari mesin.
5. Data akan tertera di monitor dinamometer secara otomatis.
6. Setelah pengujian pertama selesai, selanjutnya menguji bahan bakar yang lain. Mengulangi prosedur dari no. 2 sampai no. 5

3.7. Diagram Alir



Gambar 3.18. Diagram alir pengujian dinamometer

3.8. Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang

Alat yang digunakan dalam pengukuran emisi gas buang ini adalah seperti terlihat pada gambar 3.19 berikut:



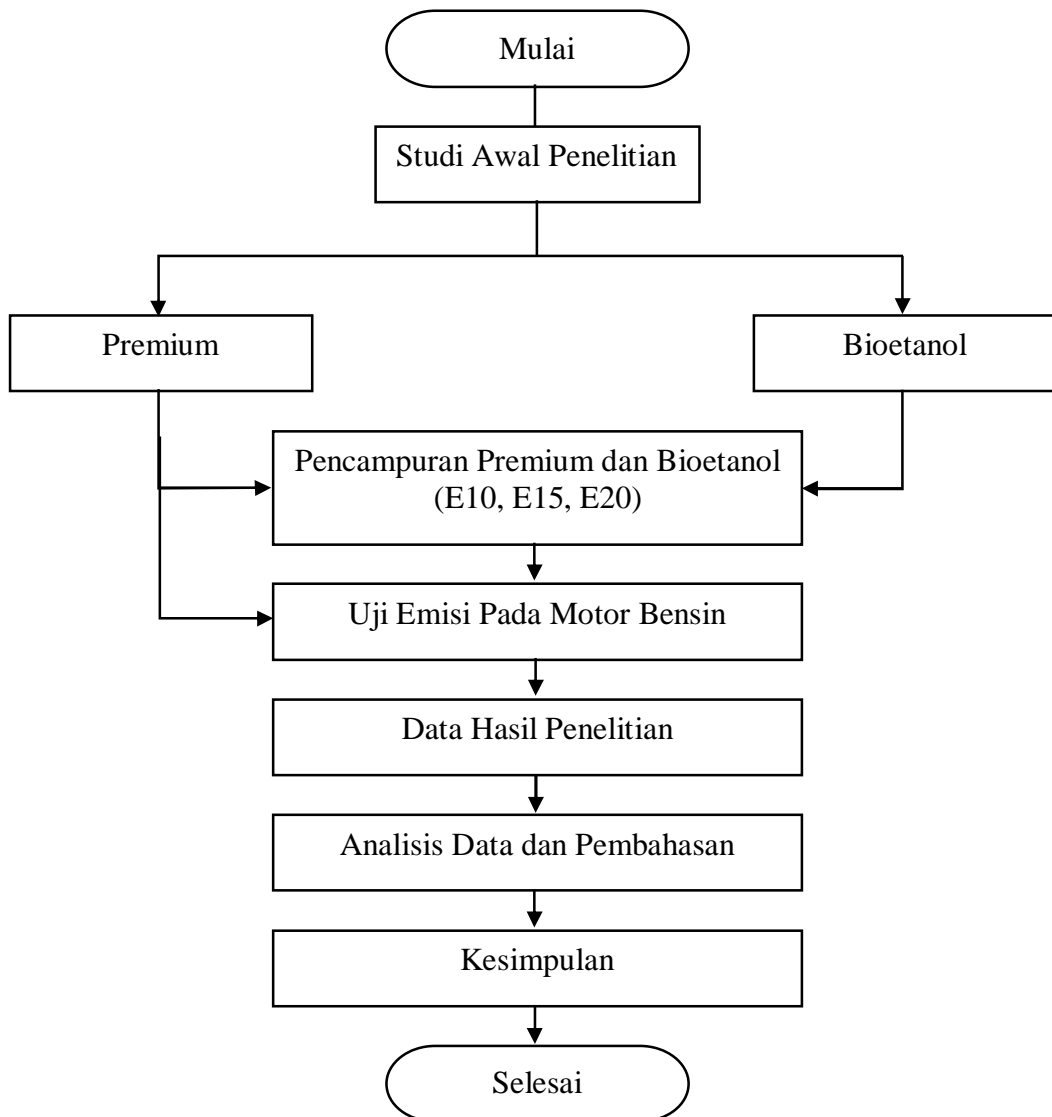
Gambar 3.19. Alat Uji Emisi

Adapun prosedur pengujian emisi gas buang adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan alat uji emisi gas buang selama +/- 2-8 menit.
2. Menghidupkan kendaraan yang akan diuji emisi gas buang.
3. Melakukan pengegasan +/- 3 kali agar kinerja mesin maksimal.
4. Mengecek kebocoran pada knalpot kendaraan, jika terdapat kebocoran lakukan perbaikan terlebih dahulu.
5. Setelah pemasangan alat dan kendaraan sudah selesai. Pilih measurement pada alat ukur lalu pilih bahan bakar yang digunakan.
6. Mengecek kebocoran pada alat ukur apakah alat ukur terjadi kebocoran agar hasil ukur menjadi maksimal.
7. Memasukkan gas probe pada knalpot +/- 30 cm.

8. Lihat pada layar alat pergerakan angka CO, CO₂, HC, O₂, Lamda atau AFR.
9. Proses pengukuran +/- 30 detik sejak gas probe dimasukkan kedalam knalpot.
10. Jika pergerakan angka tidak menunjukkan kenaikan atau penurunan yang cukup signifikan, maka pengukuran dapat diambil hasil cetaknya.
11. Eksekusi hasil tersebut agar tidak naik ataupun turun hasil yang akan diambil.
12. Sebelum mencetak hasil ukur, beri kode terlebih dahulu.
13. Mencetak hasil ukur.

3.9. Diagram Alir



Gambar 3.20. Diagram alir pengujian emisi bahan bakar

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Data Pengujian Bahan Bakar

Dalam pengujian ini, bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar premium, bahan bakar campuran premium-bioetanol (gasohol) E10, E15, dan E20, setelah dilakukan pengujian bom kalorimeter di Sekolah Tinggi Teknik Harapan Medan, diperoleh nilai kalor bahan bakar bawah (LHV) dan nilai kalor bahan bakar atas (HHV) seperti tertera pada tabel 4.1-4.4 berikut:

Tabel 4.1. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Premium

Premium	Pecobaan			LHV (kkal/kg)	HHV (kkal/kg)
	I	II	III		
T1 (°C)	24	24	24		
T2 (°C)	30,8	30,5	30,7	12248,38	15488,38
T2 - T1 (°C)	6,8	6,5	6,7		

Tabel 4.2. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Gasohol E10

E10	Pecobaan			LHV (kkal/kg)	HHV (kkal/kg)
	I	II	III		
T1 (°C)	24	24	24		
T2 (°C)	29,1	29,5	29,4	9148,38	12388,38
T2 - T1 (°C)	5,1	5,5	5,4		

Tabel 4.3. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Gasohol E15

E15	Pecobaan			LHV (kkal/kg)	HHV (kkal/kg)
	I	II	III		
T1 (°C)	24	24	24		
T2 (°C)	28,6	29,7	28,3	8063,38	11303,38
T2 - T1 (°C)	4,6	5,7	4,3		

Tabel 4.4. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Gasohol E20

E20	Pecobaan			LHV (kkal/kg)	HHV (kkal/kg)
	I	II	III		
T1 (°C)	24	24	24		
T2 (°C)	27,6	27,4	27,8	5118,38	8358,38
T2 - T1 (°C)	3,6	3,4	3,8		

1.2. Data Pengujian Performa

Pengujian dinamometer dilakukan dilakukan di PT. Indako Trading Coy pada tanggal 22 Juli 2017. Dan diperoleh data-data sebagai berikut:

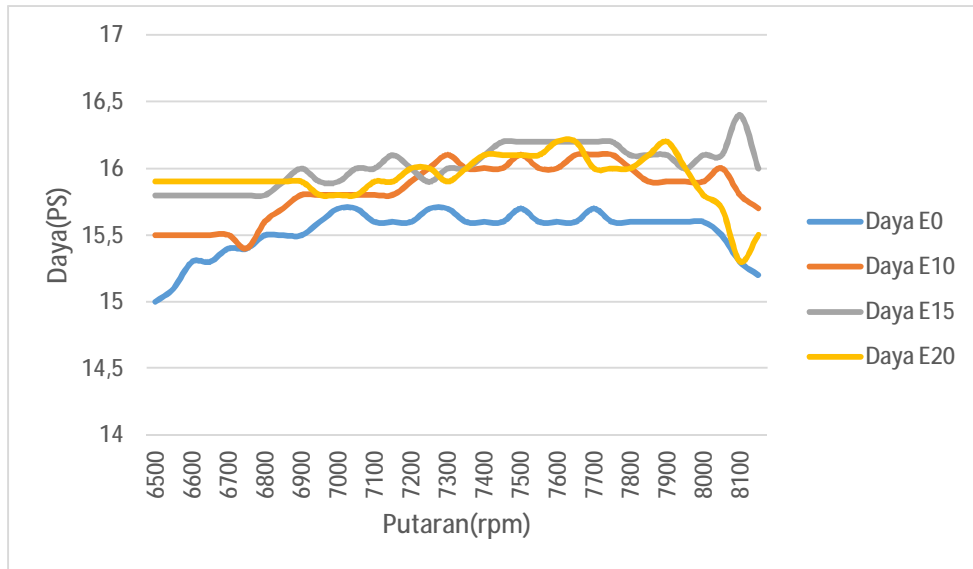
1.2.1. Daya

Adapun daya yang dihasilkan oleh variasi bahan bakar yang diuji dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5. Hasil Daya Pengujian Variasi Campuran Bahan Bakar

Rpm	Premium (PS)	E10 (PS)	E15 (PS)	E20 (PS)
6500	15	15,5	15,8	15,9
6550	15,1	15,5	15,8	15,9
6600	15,3	15,5	15,8	15,9
6650	15,3	15,5	15,8	15,9
6700	15,4	15,5	15,8	15,9
6750	15,4	15,4	15,8	15,9
6800	15,5	15,6	15,8	15,9
6850	15,5	15,7	15,9	15,9
6900	15,5	15,8	16	15,9
6950	15,6	15,8	15,9	15,8
7000	15,7	15,8	15,9	15,8
7050	15,7	15,8	16	15,8
7100	15,6	15,8	16	15,9
7150	15,6	15,8	16,1	15,9
7200	15,6	15,9	16	16
7250	15,7	16	15,9	16
7300	15,7	16,1	16	15,9
7350	15,6	16	16	16
7400	15,6	16	16,1	16,1
7450	15,6	16	16,2	16,1
7500	15,7	16,1	16,2	16,1
7550	15,6	16	16,2	16,1
7600	15,6	16	16,2	16,2
7650	15,6	16,1	16,2	16,2
7700	15,7	16,1	16,2	16
7750	15,6	16,1	16,2	16
7800	15,6	16	16,1	16
7850	15,6	15,9	16,1	16,1
7900	15,6	15,9	16,1	16,2
7950	15,6	15,9	16	16
8000	15,6	15,9	16,1	15,8
8050	15,5	16	16,1	15,7
8100	15,3	15,8	16,4	15,3
8150	15,2	15,7	16	15,5

Dari tabel 4.5 diatas dapat dibuat sebuah grafik perbandingan variasi campuran bahan bakar terhadap daya yang di hasilkan mesin seperti pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1. Perbandingan Daya Terhadap Putaran

Dari gambar 4.1 diatas dapat diambil kesimpulan:

1. Daya terendah mesin terjadi pada pengujian bahan bakar premium pada putaran mesin 6500 rpm yaitu sebesar 15,0 PS.
2. Daya tertinggi mesin terjadi pada pengujian bahan bakar E15 pada putaran mesin 8100 rpm yaitu sebesar 16,4 PS
3. Dari grafik dapat dilihat bahwa campuran dari setiap variasi bahan bakar terhadap daya mesin sangatlah berpengaruh terhadap daya mesin.

1.2.2. SFC (*Specific Fuel Consumption*)

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.3 seperti dibawah ini:

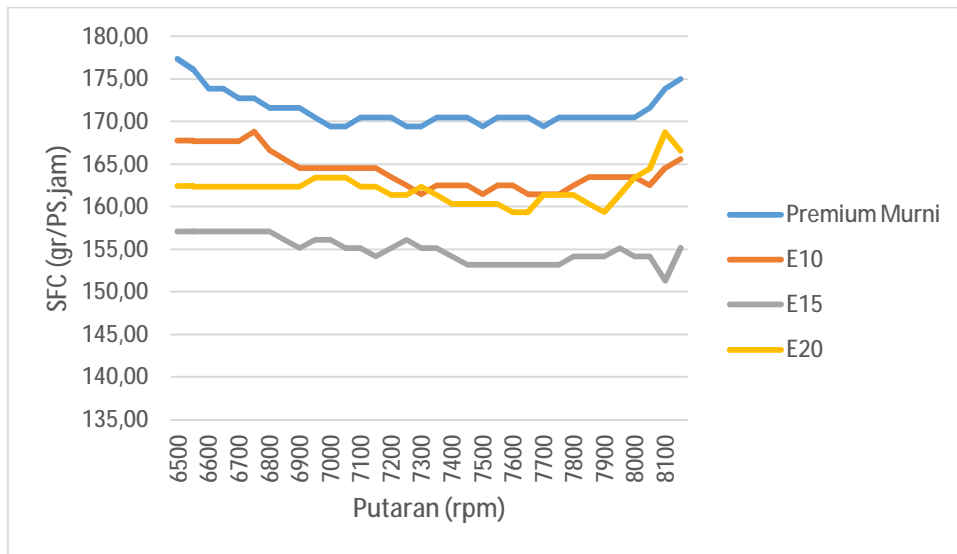
$$\begin{aligned} Sfc &= \frac{mbb}{P} \\ &= \frac{0,0007388 \text{ Kg / s}}{15,7 \text{ PS}} \\ &= 169,41 \text{ g / PS . jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik yang lain dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6. Nilai SFC Bahan Bakar

rpm	SFC			
	Premium (g/PS.jam)	E10 (g/PS.jam)	E15 (g/PS.jam)	E20 (g/PS.jam)
6500	177,32	167,72	157,08	162,36
6550	176,15	167,72	157,08	162,36
6600	173,84	167,72	157,08	162,36
6650	173,84	167,72	157,08	162,36
6700	172,71	167,72	157,08	162,36
6750	172,71	168,81	157,08	162,36
6800	171,6	166,64	157,08	162,36
6850	171,6	165,58	156,09	162,36
6900	171,6	164,53	155,11	162,36
6950	170,5	164,53	156,09	163,39
7000	169,41	164,53	156,09	163,39
7050	169,41	164,53	155,11	163,39
7100	170,5	164,53	155,11	162,36
7150	170,5	164,53	154,15	162,36
7200	170,5	163,5	155,11	161,34
7250	169,41	162,48	156,09	161,34
7300	169,41	161,47	155,11	162,36
7350	170,5	162,48	155,11	161,34
7400	170,5	162,48	154,15	160,34
7450	170,5	162,48	153,2	160,34
7500	169,41	161,47	153,2	160,34
7550	170,5	162,48	153,2	160,34
7600	170,5	162,48	153,2	159,35
7650	170,5	161,47	153,2	159,35
7700	169,41	161,47	153,2	161,34
7750	170,5	161,47	153,2	161,34
7800	170,5	162,48	154,15	161,34
7850	170,5	163,5	154,15	160,34
7900	170,5	163,5	154,15	159,35
7950	170,5	163,5	155,11	161,34
8000	170,5	163,5	154,15	163,39
8050	171,6	162,48	154,15	164,43
8100	173,84	164,53	151,33	168,73
8150	174,99	165,58	155,11	166,55

Dari tabel 4.6 diatas, dapat dibuat perbandingan antara SFC tiap bahan bakar terhadap putaran mesin seperti yang terlihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2. Perbandingan SFC Terhadap Putaran

Berdasarkan pada gambar 4.2. dapat diambil kesimpulan :

1. Premium memiliki SFC yang secara keseluruhan tiap putaran mesin lebih tinggi dari variasi bahan bakar yang lain.
2. SFC tertinggi dimiliki oleh premium pada putaran 6500 rpm dengan nilai 2SFC sebesar 177,32 g/PS.jam.
3. SFC terendah dimiliki oleh E15 pada putaran 8100 rpm dengan nilai SFC sebesar 151,33 g/PS.jam

1.2.3. Efisiensi Thermal Efektif

Efisiensi Thermal Efektif dari pengujian variasi campuran bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.4 seperti dibawah ini:

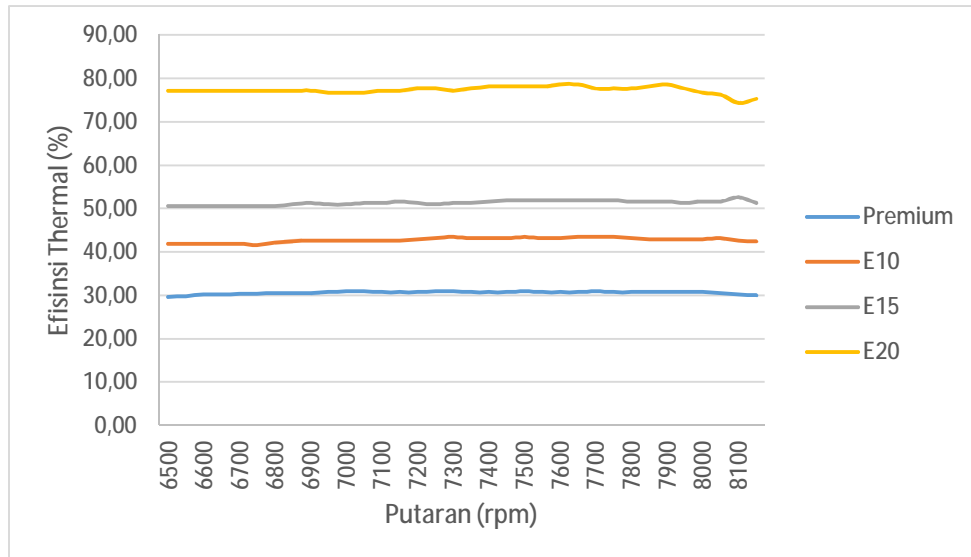
$$\begin{aligned}h_{te} &= \frac{P}{mbb \times LHV} \\ &= \frac{(15,7 \text{ HP} \times 0,746 \text{ kW} / \text{HP})}{((0,0007388 \text{ Kg} / \text{s} \times 12248,38 \text{ Kkal} / \text{Kg}) \times 4,186 \text{ kJ} / \text{kkal})} \\ &= 30,92\%\end{aligned}$$

Hasil perhitungan efisiensi thermal efektif yang lain dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.7. Nilai Efisiensi Thermal Efektif Bahan Bakar

Rpm	Efisiensi Thermal Efektif			
	Premium (%)	E10 (%)	E15 (%)	E20 (%)
6500	29,54	41,81	50,65	77,20
6550	29,74	41,81	50,65	77,20
6600	30,13	41,81	50,65	77,20
6650	30,13	41,81	50,65	77,20
6700	30,33	41,81	50,65	77,20
6750	30,33	41,54	50,65	77,20
6800	30,52	42,08	50,65	77,20
6850	30,52	42,35	50,97	77,20
6900	30,52	42,62	51,29	77,20
6950	30,72	42,62	50,97	76,72
7000	30,92	42,62	50,97	76,72
7050	30,92	42,62	51,29	76,72
7100	30,72	42,62	51,29	77,20
7150	30,72	42,62	51,62	77,20
7200	30,72	42,89	51,29	77,69
7250	30,92	43,16	50,97	77,69
7300	30,92	43,43	51,29	77,20
7350	30,72	43,16	51,29	77,69
7400	30,72	43,16	51,62	78,17
7450	30,72	43,16	51,94	78,17
7500	30,92	43,43	51,94	78,17
7550	30,72	43,16	51,94	78,17
7600	30,72	43,16	51,94	78,66
7650	30,72	43,43	51,94	78,66
7700	30,92	43,43	51,94	77,69
7750	30,72	43,43	51,94	77,69
7800	30,72	43,16	51,62	77,69
7850	30,72	42,89	51,62	78,17
7900	30,72	42,89	51,62	78,66
7950	30,72	42,89	51,29	77,69
8000	30,72	42,89	51,62	76,72
8050	30,52	43,16	51,62	76,23
8100	30,13	42,62	52,58	74,29
8150	29,93	42,35	51,29	75,26

Dari tabel 4.7 diatas, dapat dibuat perbandingan antara efisiensi thermal tiap bahan bakar terhadap putaran mesin seperti yang terlihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3. Perbandingan Efisiensi Thermal Efektif Terhadap Putaran

Berdasarkan pada gambar 4.3. dapat diambil kesimpulan :

1. E20 memiliki efisiensi thermal yang secara keseluruhan tiap putaran mesin lebih tinggi dari variasi bahan bakar yang lain.
2. Efisiensi thermal tertinggi dimiliki oleh E20 dengan nilai efisiensi thermal sebesar 78,66 %.
3. Efisiensi thermal terendah dimiliki oleh premium dengan nilai efisiensi thermal sebesar 29,54 %.

1.3. Data Pengujian Emisi Gas Buang

Dalam pengujian ini, bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar premium, bahan bakar campuran premium-bioetanol (gasohol) E10, E15, dan E20, setelah dilakukan pengujian emisi gas buang di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, diperoleh nilai kandungan emisi gas buang seperti tertera pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Pengujian	Bahan Bakar			
	Premium	E10	E15	E20
CO (% vol)	0,13	0,13	0,05	0,05
HC (ppm)	341	431	648	636
CO ₂ (% vol)	3,3	2,9	2,3	2,2
O ₂ (% vol)	25,00	25,00	25,00	24,42
Lambda	2,000	2,000	2,000	2,000
AFR	0,0	0,0	0,0	0,0
Fuel	Gasoline	Gasoline	Gasoline	Gasoline
H/C	1,8500	1,8500	1,8500	1,8500
O/C	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan berupa pengujian karakteristik gasohol, pengujian dinamometer, dan pengujian emisi gas buang, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kalor bahan bakar (LHV) yang diperoleh dari hasil pengujian bom kalorimeter dengan bahan bakar premium sebesar 12248,38 kkal/kg, gasohol 10 % sebesar 9148,38 kkal/kg, gasohol 15 % sebesar 8063,38 kkal/kg, dan gasohol 20 % sebesar 5118,38 kkal/kg. Pembakaran premium lebih baik karena nilai kalornya lebih tinggi daripada gasohol.
2. Daya rata-rata pada setiap putaran yang diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan bahan bakar premium sebesar 15,52 PS, bahan bakar gasohol 10 % sebesar 15,84 PS, bahan bakar gasohol 15 % sebesar 16,02 PS, dan bahan bakar gasohol 20 % sebesar 15,93 PS.
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) rata-rata pada setiap putaran yang diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan bahan bakar premium sebesar 171,36 gr/PS.jam, bahan bakar gasohol 10 % sebesar 164,17 gr/PS.jam, bahan bakar gasohol 15 % sebesar 154,93 gr/PS.jam, dan bahan bakar gasohol 20 % sebesar 162,08 gr/PS.jam.
4. Efisiensi thermal rata-rata pada setiap putaran yang diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan bahan bakar premium adalah sebesar

30,57 %, bahan bakar gasohol 10 % sebesar 42,72 %, bahan bakar gasohol 15 % sebesar 51,36 %, dan bahan bakar gasohol 20 % sebesar 77,34 %.

5. Hasil uji emisi diperoleh CO terendah diperoleh oleh E15 dan E20 sebesar 0,05 %vol, HC tertinggi diperoleh oleh E15 sebesar 648 ppm, CO₂ terendah diperoleh oleh E20 sebesar 2,2 % vol.

5.2. Saran

1. Menggunakan variasi putaran yang lebih spesifik untuk meningkatkan ketelitian pengujian.
2. Peneliti menyadari adanya kekurangan dalam penelitian ini, dengan demikian diharapkan adanya penelitian lebih lanjut dalam mengembangkan penelitian ini.
3. Perlu adanya penambahan peralatan pada Laboratorium Program Studi Teknik Mesin agar mahasiswa tidak perlu melakukan pengujian tugas akhir di tempat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono. 2015. Pengaruh Campuran Bioetanol Dengan Pertamax Terhadap Performa Mesin Motor 4 Langkah 115 cc. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Cengel, Yunus A. and M.A. Boles. 2006. *Thermodynamics An Engineering Approach*. New York : McGraw-Hill, Inc
- Fauzi, Mukhamad. 2015. Pengaruh Bioetanol Terhadap λ dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Kristanto, Philip. 2015. Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya). Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.
- Pulkrabek, Willard W. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall.
- Pratama, M. Hafiz. 2016. Uji Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol Pada Bahan Bakar Pertalite Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin, Skripsi, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Raharjo, Winarno Dwi, dan Karnowo. 2008. Mesin Konversi Energi. Buku Ajar. Semarang: Unnes Press.
- Suprpto. 2004. Bahan Bakar dan Pelumas. Semarang, Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Wiratmaja, IG. 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *CakraM*. Volume 4. Nomor 2:145-154.
- Winarno, Joko. 2011. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol Pada Bahan Bakar Pertamax Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, Universitas Janabadra. Yogyakarta.

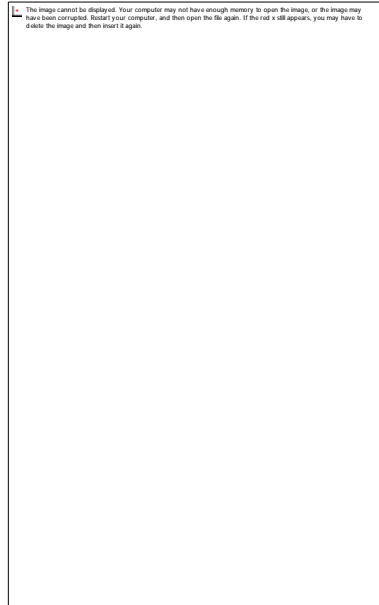
www.pertamina.com. diakses 18 Februari 2017.

<http://www.en.wikipedia.Orgs>. Diakses 20 Februari 2017.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

- Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Premium



- Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Gasohol E10



- Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Gasohol E15

1 Gas
Emission
Analyzer

2017/08/08
PM 7:35
CAR NUMBER: 2003
CO : 0.05 %
HC : 648 ppm
CO2 : 2.3 %
O2 : 25.00 %
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

- Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Gasohol E20

1 Gas
Emission
Analyzer

2017/08/08
PM 7:41
CAR NUMBER: 2004
CO : 0.05 %
HC : 636 ppm
CO2 : 2.2 %
O2 : 24.42 %
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

No	Jenis Bahan Bakar	Percobaan I				Percobaan 2				Percobaan 3				Rata-rata T2-T1 (°C)	HHV (kkal/kg)	LHV (kkal/kg)
		m (g)	T1 (°C)	T2 (°C)	T2-T1 (°C)	m (g)	T1 (°C)	T2 (°C)	T2-T1 (°C)	m (g)	T1 (°C)	T2 (°C)	T2-T1 (°C)			
1	Premium Murni	1	24	30,8	6,8	1	24	30,5	6,5	1	24	30,7	6,7	6,67	15488,38	12248,38
	E10	1	24	29,1	5,1	1	24	29,5	5,5	1	24	29,4	5,4	5,33	12388,38	9148,38
	E15	1	24	28,6	4,6	1	24	29,7	5,7	1	24	28,3	4,3	4,87	11303,38	8063,38
	E20	1	24	27,6	3,6	1	24	27,4	3,4	1	24	27,8	3,8	3,6	8358,38	5118,38
2	Pertalite Murni	1	24	33,5	9,5	1	24	33,8	9,8	1	24	33,4	9,4	9,57	22230,88	18990,88
	E10	1	24	30,1	6,1	1	24	30,7	6,7	1	24	30,5	6,5	6,43	14945,88	11705,88
	E15	1	24	29,8	5,8	1	24	29,5	5,5	1	24	30	6	5,77	13395,88	10155,88
	E20	1	24	28,8	4,8	1	24	28,5	4,5	1	24	28,6	4,6	4,63	10760,88	7520,88
3	Etanol Murni	1	24	26,9	2,9	1	24	26,7	2,7	1	24	26,5	2,5	2,7	6265,88	3025,88

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Indra Wahyudi
NPM : 1207230009
Tempat/Tanggal Lahir : PT. Asam Jawa, 27 Juni 1994
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat :
 Kel/Desa : Simpang Kanan
 Kecamatan : Simpang Kanan
 Kabupaten : Rokan Hilir
Agama : Islam
Status : Pelajar / Mahasiswa
Email : iwahyudi33@gmail.com
No. HP : 085356505562
Nama Orang Tua :
 Ayah : Jumiat
 Ibu : Misriani

PENDIDIKAN FORMAL

2000 - 2006 : SD Swasta Widiya Dharma
2006 - 2009 : SMP Swasta Widiya Dharma
2009 - 2012 : SMA Negeri 1 Simpang Kanan
2012 - 2017 : Mengikuti Program Studi S1 Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara.