

TUGAS AKHIR

PENGARUH PEMILIHAN BBM MESIN/OTTO TERHADAP EFESIENSI BAHAN BAKAR DAN POLUSI UDARA (ANALISA TEORITIS)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

HERI SETIAWAN
1607230020



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Penelitian Tugas akhir ini diajukan oleh :

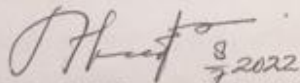
Nama : Heri Setiawan
NPM : 1607230020
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh pemilihan bbm mesin/otto terhadap efisiensi bahan bakar dan polusi udara (analisa teoritis)
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, juni 2022

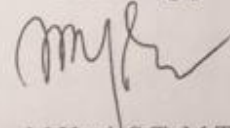
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Penguji



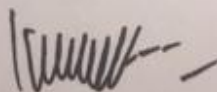
Ahamad Marabdi Siregar, S.T.,M.T

Dosen Penguji



M. Yani, S.T.,M.T

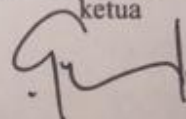
Dosen Penguji



Rahmatullah, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng.

Program Studi Teknik Mesin

ketua



Chandra A Siregar, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : HERI SETIAWAN
Tempat / Tanggal Lahir : Medan / 11 September 1998
NPM : 1607230020
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“ Pengaruh Pemilihan BBM Mesin/otto Terhadap Efisiensi Bahan Bakar Dan Polusi Udara (Analisa Teoritis) “.

Bukan merupakan plagiarisme pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non – material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal atau otentik.

Bila kemudian hari ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan saya.

Demikianlah surat pernyataan saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas keterpaksaan dari pihak manapun demi menegakan integritas akademik Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2022

Saya yang menyatakan



HERI SETIAWAN

ABSTRAK

Kendaraan bermotor merupakan salah satu alat transportasi yang memerlukan mesin sebagai penggerak mulanya, baik untuk kendaraan roda dua maupun untuk kendaraan roda empat. Motor bakar merupakan salah satu mesin yang digunakan sebagai penggerak mula-mula alat transportasi. Motor bakar merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Pada umumnya berpendapat bahwa pembakaran di dalam silinder mesin yang sempurna antara bahan bakar bensin dengan oksigen yang diambil dari udara mempunyai perbandingan sebesar udara : bahan bakar. Pembakaran yang sempurna tidak menghasilkan gas yang berbahaya dan akan menghasilkan energy pembakaran yang besar, sedangkan pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan berbagai macam gas buang dan energy yang lebih sedikit. Gas buang yang keluar dari silinder seperti gas CO₂, H₂O, CO, O₂, HC, N₂, NO, C dan lainnya tergantung dari bahan ikutan di dalam bahan bakar dan bahan campuran yang dimasukkan. Dalam pemilihan bahan bakar mesin yang baik, perlu membandingkan besarnya konsumsi bahan bakar pertalite dengan pertamax terhadap satuan waktu perjam. emisi CO pertamax rata-rata sebesar 3 % dan CO rata rata yang dihasilkan pertalite sebesar 4 %, pada emisi gas buang HC, pertamax juga memiliki nilai emisi yang lebih rendah dimana emisi HC rata rata didapatkan sebesar 277, 4 ppm dan HC dari pertalite sebesar 399,1 ppm, suhu kerja mesin dengan bahan bakar pertamax lebih cepat didapatkan sehingga perambatan pembakaran lebih baik.

Kata Kunci : mesin bensin, pertalite dan pertamax, emisi gas buang

ABSTRACT

Motorized vehicles are one of the means of transportation that require an engine as the initial propulsion, both for two-wheeled vehicles and for four-wheeled vehicles. The combustion engine is one of the machines used as the prime mover of the means of transportation. The combustion engine is an energy conversion machine that converts heat energy into mechanical energy. In general, it is argued that combustion in a perfect engine cylinder between gasoline fuel and oxygen taken from the air has a ratio of air: fuel. Complete combustion does not produce harmful gases and will produce large combustion energy, while incomplete combustion will produce a variety of exhaust gases and less energy. Exhaust gases that come out of the cylinders such as CO₂, H₂O, CO, O₂, HC, N₂, NO, C and others depend on the following materials in the fuel and the mixed materials included. In selecting a good engine fuel, it is necessary to compare the amount of pentalite fuel consumption with pertamax against the unit of time per hour. Pertamax's average CO emission is 3% and the average CO produced by pentalite is 4%. In HC exhaust emissions, Pertamax also has a lower emission value where the average HC emission is 277.4 ppm and HC from pentalite is 399.1 ppm, the working temperature of the engine with Pertamax fuel is obtained faster so that the combustion propagation is better.

Keywords: gasoline engine, pentalite and pertamax, exhaust emissions

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat kesehatan serta umur panjang yang tiada terkira, salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan Penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh pemilihan bbm mesin/otto terhadap efisiensi bahan bakar dan polusi udara (analisa teoritis)", sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Pada proses penulisan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan berupa bimbingan, arahan, dan saran dari berbagai pihak dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, untuk itu maka dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc., IPM. ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak / Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan seputar ilmu keteknikan kepada Penulis.
6. Orang tua saya tercinta Subagiono dan Muslimah telah banyak memberikan perhatian, nasehat, do'a, dukungan serta yang telah bersusah payah membesarkan, mendidik dan membiayai studi Penulis.
7. Bapak / Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Rekan mahasiswa serta sahabat – sahabat Penulis dan teman – teman stambuk '16 Program Studi Teknik Mesin lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna adanya, karena masih banyak kekurangan baik dari segi ilmu maupun susunan bahasanya. Berdasarkan hal itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semua bantuan dan budi baik yang telah Penulis dapatkan, maka Penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar – besarnya dan hanya Allah SWT yang dapat memberikan limpahan berkah yang setimpal. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan bagi Penulis sendiri tentunya.

Medan, juli 2022

Heri Setiawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mesin Pembakaran Dalam (<i>Internal Combustion Engine</i>)	5
2.2 Mesin Diesel	5
2.2.1 Siklus Mesin Diesel	6
2.2.2 Bahan Bakar Mesin Diesel	7
2.2.3 Emisi Gas Buang Mesin Diesel	9
2.3 Mesin Bensin	9
2.3.1 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Tak (4 Langkah)	10
2.3.2 Pembakaran Bahan Bakar	11
2.3.3 Siklus Mesin Otto	12
2.4 Bahan Bakar Mesin Otto	13
2.4.1 Bahan Bakar Bensin	13
2.4.1.1 Reaksi Kimia Bahan Bakar Bensin	14
2.4.2 Bahan Bakar Pertalite	16
2.4.3 Bahan Bakar Pertamax	17
2.5 Karakteristik Bahan Bakar Mesin Otto	17
2.6 Emisi Gas Buang Mesin Otto	19
2.6.1 Faktor-Faktor Penyebab Polusi Udara	22
2.6.1.1 Dampak Terhadap Kesehatan	23
2.6.1.2 Sumber Pencemar Udara	26
2.6.1.3 Dampak Pencemar Udara	28
2.6.1.4 Partikel	29
2.6.1.5 Sumber Polusi Partikel	30
2.6.1.6 Pengaruh Partikel Terhadap Lingkungan	31
2.7 Emisi Gas Buang	32

BAB 3	METODE PENELITIAN	33
3.1	Tempat Dan Waktu	33
	3.1.1 Tempat Penelitian	33
	3.1.2 Waktu Penelitian	33
3.2	Alat Dan Bahan	34
3.3	Diagram Alir Penelitian	37
3.4	Prosedur Penelitian	38
	3.4.1 Persiapan Bahan	38
	3.4.2 Persiapan Alat	39
3.5	Prosedur Pengujian	40
	3.5.1 Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang	40
	3.5.2 Prosedur Penggantian Bahan Bakar	42
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Hasil Uji Bahan Bakar	43
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	50

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan sifat fisika antara ethanol dengan bensin	14
Tabel 2.2	Hasil uji komposisi bahan bakar dengan GC-MS	18
Tabel 2.3	Hasil uji bahan bakar premium	20
Tabel 2.4	Hasil proyeksi emisi gas buang dengan scenario advanced fuel economy	20
Tabel 2.5	Konsentrasi polutan di udara	29
Tabel 2.6	Bentuk partikel pencemar udara	30
Tabel 2.7	Daftar partikel yang berbahaya	31
Tabel 3.1	Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	33
Tabel 4.1	Hasil Uji Bahan Bakar Pertalite	43
Tabel 4.2	Hasil Uji Bahan Bakar Pertamax	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram P – V	6
Gambar 2.2	Siklus motor diesel 4 langkah	7
Gambar 2.3	Cara kerja motor bensin empat Langkah	10
Gambar 2.4	Diagram P-V dan T-S pada siklus otto idel	12
Gambar 2.5	Reaksi eksoterm	15
Gambar 2.6	Bahan bakar dan udara menjadi energi dan gas buang	15
Gambar 3.1	Bensin Peralite	34
Gambar 3.2	Bensin Pertamina	34
Gambar 3.3	Exhaust Gas Analyzer	35
Gambar 3.4	Vario 150	35
Gambar 3.5	Laptop	36
Gambar 3.6	Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.7	Bahan Bakar Peralite dan Pertamina	38
Gambar 3.8	Penunagan Peralite	39
Gambar 3.9	Penunagan Pertamina	39
Gambar 3.10	Menghidupkan Mesin	40
Gambar 3.11	Mengatur Putaran Mesin	41
Gambar 3.12	Memasukkan Sensor	41
Gambar 3.13	Mencetak Hasil Exhaust Gas Analyzer	42
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Putaran Mesin vs Prosentase	45
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan HC vs Putaran Mesin	46
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar vs Putaran Mesin	46
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Suhu Mesin vs Putaran Mesin	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan bermotor merupakan salah satu alat transportasi yang memerlukan mesin sebagai penggerak mulanya, baik untuk kendaraan roda dua maupun untuk kendaraan roda empat. Motor bakar merupakan salah satu mesin yang digunakan sebagai penggerak mula-mula alat transportasi. Motor bakar merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka sudah semestinya mesin tersebut memerlukan bahan bakar dan sistem pembakaran yang digunakan sebagai sumber kalor. Motor bakar yang menggunakan bahan bakar bensin disebut dengan motor bensin dan motor bakar torak yang menggunakan bahan bakar solar disebut motor diesel [1].

Akhir bulan Januari 2015, PT Pertamina (Persero) meluncurkan varian bahan bakar minyak (BBM) pengganti premium bernama pertalite. Peluncuran produk ini diharapkan masyarakat pengguna premium dapat beralih ke bahan bakar pertalite yang memiliki nilai oktan 90. Angka oktan sebagai nilai ukuran kandungan molekul iso oktan yang bercampur dengan n-heptana pada bahan bakar bensin yang memiliki ketahanan terhadap detonasi serta sangat dibutuhkan engine. Bilangan ini menunjukkan seberapa besar tekanan dapat diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan di dalam mesin. Semakin besar angka oktannya maka semakin baik pula terhadap mesin dan lingkungan (Daryanto, 2003).

[4] Kebijakan tersebut banyak menimbulkan statemen pro dan kontra terutama masyarakat dengan tingkat ekonomi menengah kebawah. Masyarakat menilai kebijakan tersebut akan menambah beban, karena memiliki harga produk lebih mahal dan masyarakat belum mengetahui kualitas bahan bakar tersebut. Disisi lain keniakan penduduk miskin semakin meningkat. Data dari badan pusat statistik menunjukan bahwa terjadi kenaikan jumlah penduduk miskin di daerah perkotaan yang pada bulan September 2014 sebesar 8,16%, naik menjadi 8,29% pada Maret 2015. Sementara persentase penduduk miskin di daerah pedesaan naik

dari 13,76% pada September 2014 menjadi 14,21% pada Maret 2015 (Badan Pusat Statistik, 2016).

Energi adalah suatu kebutuhan yang dapat menunjang kehidupan pada pembangunan. Energi diperlukan untuk menggerakkan berbagai aktivitas, baik alami maupun buatan. Energi menjadi salah satu penentu keberlangsungan hidup suatu masyarakat dalam menjaga berbagai proses ekologis dan meningkatkan kualitas hidup. Keberlangsungan tingkat dan kualitas aktivitas sangat tergantung kepada ketersediaan dan konsumsi energi [1]. Ketersediaan energi merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Ketersediaan energi tersebut mempengaruhi cara manusia mengolah bahan menjadi hasil produksi dan transportasi [8].

Pada umumnya berpendapat bahwa pembakaran di dalam silinder mesin yang sempurna antara bahan bakar bensin dengan oksigen yang diambil dari udara mempunyai perbandingan sebesar udara : bahan bakar adalah 14.7 : 1. Apakah benar pernyataan ini? Kalau hal ini tidak benar maka akan berpengaruh terhadap alat bantu yang diatur/disetel yang ada di mesin, bila salah pengaturan maka akan berpengaruh terhadap energy dan gas buang yang dihasilkan.

Proses pembakaran di dalam silinder mesin kendaraan bermesin bensin dipengaruhi oleh beberapa hal seperti karakteristik bahan bakar, jumlah oksigen di udara, kandungan gas lain yang ada di udara, suhu di dalam silinder, tekanan di dalam silinder, pematik api, luas permukaan yang bereaksi dll.

Pembakaran yang sempurna tidak menghasilkan gas yang berbahaya dan akan menghasilkan energy pembakaran yang besar, sedangkan pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan berbagai macam gas buang dan energy yang lebih sedikit. Gas buang yang keluar dari silinder seperti gas CO₂, H₂O, CO, O₂, HC, N₂, NO, C dan lainnya tergantung dari bahan ikutan di dalam bahan bakar dan bahan campuran yang dimasukkan. Pembakaran bahan bakar disini tidak membahas bahan lain selain hidrokarbon serta hanya membahas gas buang yang biasa terjadi di dalam gas buang pada kendaraan mesin bensin [6].

1.2. Rumusan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini Penulis melakukan Analisa teoritis tentang hubungan pemilihan material mesin otto terhadap efisiensi bahan bakar dan polusi udara yang dihasilkan atau emisi gas buang. Sesuai dengan spesifikasi rumusan masalah yang terdapat pada latar belakang maka didapati rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan pemilihan bahan bakar mesin otto yang dapat menghasilkan performa yang baik ?
2. Bagaimana menentukan bahan bakar mesin otto yang berpengaruh pada efisiensi bahan bakar ?
3. Bagaimana menentukan bahan bakar mesin otto yang berpengaruh pada polusi udara yang dihasilkan atau besarnya emisi gas buang ?

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pembahasan pada tugas akhir adalah pada:

1. Teknologi motor bakar otto
2. Konsumsi bahan bakar otto
3. Emisi gas buang
4. Efisiensi bahan bakar
5. Bahan bakar mesin otto yang digunakan
6. Proses pembakaran

1.4. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian proposal tugas akhir ini adalah :

- a. Untuk mengetahui cara pemilihan bahan bakar mesin otto terhadap performa yang baik.
- b. Untuk mengetahui apa hubungan bahan bakar mesin otto yang digunakan terhadap efisiensi bahan bakar.
- c. Untuk mengetahui apa hubungan bahan bakar mesin otto yang digunakan terhadap polusi udara atau emisi gas buang.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian proposal tugas akhir ini adalah :

1. Meningkatkan kepedulian terhadap pengetahuan tentang efisiensi bahan bakar dan polusi udara.
2. Merupakan langkah awal untuk mengembangkan, merancang, dan mensosialisasikan pengetahuan tentang efisiensi bahan bakar dan polusi udara yang bermanfaat bagi masyarakat.
3. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
4. Melatih ketelitian Analisa mahasiswa pada suatu permasalahan yang ada ditengah-tengah masyarakat.
5. Sebagai bentuk peran serta kepada negara dalam bidang mengetahui karakteristik konsekuensi energi yang digunakan yang menggunakan mesin otto.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Pengertian Umum Motor Bensin Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Mesin yang bekerja dengan cara seperti ini disebut motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut motor pembakaran luar (*External Combustion Engine*). 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-mesin konversi energi yang dapat diklasifikasikan ke dalam mesin jenis ini di antaranya adalah motor bensin, motor diesel, dan turbin gas siklus terbuka. Motor bensin (*Spark Ignition Engine*) atau motor Otto 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. Bahan bakar standar motor bensin adalah bensin atau iso-oktan. Sistem siklus kerja motor bensin dibedakan atas motor bensin dua langkah (*two stroke*) dan empat langkah (*four stroke*) [5].

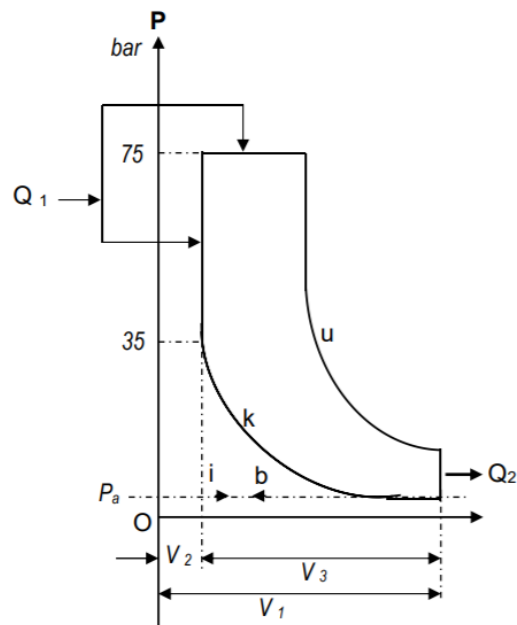
2.2 Mesin Diesel

Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan / dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran. Pembakaran yang berupa ledakan akan menghasilkan panas mendadak naik dan tekanan menjadi tinggi didalam ruang bakar. Tekanan ini mendorong piston kebawah yang berlanjut dengan poros engkol berputar [10].

2.2.1 Siklus Mesin Diesel

Siklus adalah suatu proses yang terjadi berulang - ulang secara kontinu dan setiap proses tersebut merubah kondisi gas didalam ruang bakar. Siklus dari suatu mesin diesel terdiri dari 4 (empat) tahapan yaitu ; pengisian, kompresi, usaha dan pembuangan [10].

Diagram P – V menunjukkan hubungan antara volume (V) dengan tekanan (P) dalam silinder pada tiap siklus.



Gambar 2.1 Diagram P – V

V_1 = volume silinder (volume langkah + ruang bakar)

V_2 = volume ruang bakar

V_3 = volume langkah piston

P_a = tekanan udara luar

i = proses pengisian udara sewaktu langkah hisap

k = proses kompresi diperlihatkan tekanan kompresi maksimum 35 bar, dilanjutkan dengan pembakaran sampai 75 bar

Q 1 = artinya terjadi penambahan energi yang cukup besar sewaktu terjadi pembakaran pada akhir langkah kompresi dan awal langkah usaha

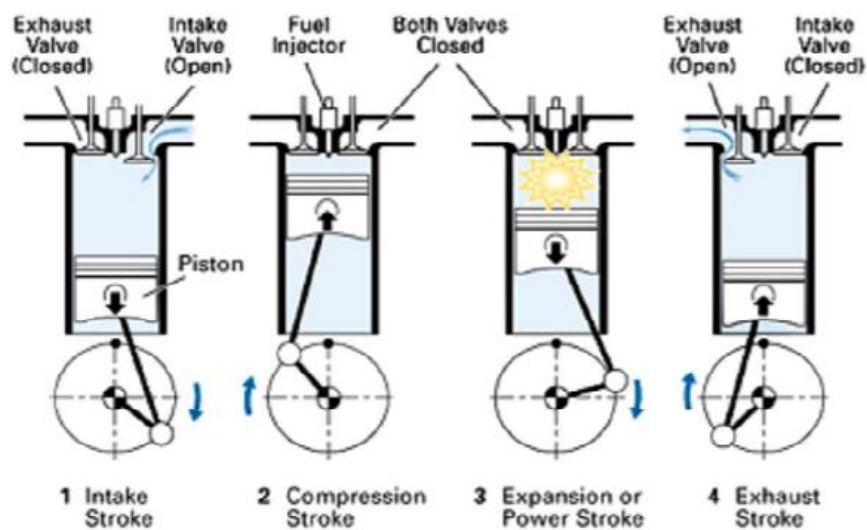
u = garis yang memperlihatkan proses usaha

b = (kearah kiri) adalah proses pembuangan gas asap

Q 2 = daya yang dihasilkan

Ketentuan-ketentuan yang perlu diperhatikan bahwa :

- Pada diagram ini dianggap tidak ada kerugian aliran udara pada waktu langkah pengisian maupun langkah buang
- Dari diagram ini dapat dihitung besar tekanan indikator rata-rata yang mendorong piston yang besarnya tergantung luas indikator.
- Semakin besar luas diagram berarti semakin besar pula tekanannya, semakin besar pula daya Indikatornya
- Gambar diagram ini dianggap tidak ada kerugian (keadaan ideal)



Gambar 2.2 Siklus Motor Diesel 4 langkah [11]

2.2.2 Bahan Bakar Mesin Diesel

Karakteristik bahan bakar mesin diesel yaitu [11]:

- Volatilitas (Penguapan)

Penguapan adalah sifat kecenderungan bahan bakar untuk berubah fasa menjadi uap. Tekanan uap yang tinggi dan titik didih yang rendah menandakan tingginya penguapan. Makin rendah suhu ini berarti makin tinggi penguapan.

- Titik Nyala

Titik nyala adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menimbulkan uap yang dapat terbakar ketika disinggung dengan percikan atau nyala api. Nilai titik nyala berbanding terbalik dengan penguapan.

- c. Viskositas
Viskositas menunjukkan resistensi fluida terhadap aliran. Semakin tinggi viskositas bahan bakar, semakin sulit bahan bakar itu diinjeksikan. Peningkatan viskositas juga pengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar tersebut bercampur dengan udara.
- d. Kadar Sulfur
Kadar sulfur dalam bahan bakar diesel yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya keausan pada bagian-bagian mesin. Hal ini terjadi karena adanya partikel-partikel padat yang terbentuk ketika terjadi pembakaran.
- e. Kadar Air
Kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar.
- f. Kadar Abu
Kadar abu menyatakan banyaknya jumlah logam yang terkandung dalam bahan bakar. Tingginya konsentrasi dapat menyebabkan penyumbatan pada injeksi, penimbunan sisa pembakaran.
- g. Kadar Residu Karbon
Kadar residu karbon menunjukkan kadar fraksi hidrokarbon yang mempunyai titik didih lebih tinggi dari bahan bakar, sehingga karbon tertinggal setelah penguapan dan pembakaran bahan bakar.
- h. Titik Tuang
Titik tuang adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar mulai membeku dan terbentuk kristal-kristal parafin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar.
- i. Kadar Karbon
Kadar karbon menunjukkan banyaknya jumlah karbon yang terdapat dalam bahan bakar.
- j. Kadar Hidrogen
Kadar hidrogen menunjukkan banyaknya jumlah hidrogen yang terdapat dalam bahan bakar.

k. Angka Setana

Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (auto ignition). Semakin cepat suatu bahan bakar mesin diesel terbakar setelah diinjeksikan ke dalam ruang bakar, semakin tinggi angka setana bahan bakar tersebut. Angka setana bahan bakar adalah persen volume dari setana dalam campuran setana dan alfa-metil-naftalen yang mempunyai mutu penyalan yang sama dengan bahan bakar yang diuji. Bilangan setana 48 berarti bahan bakar setara dengan campuran yang terdiri atas 48% setana dan 52% alfa-metil-naftalen.

l. Nilai Kalor

Nilai kalor menunjukkan energi kalor yang dikandung dalam setiap satuan massa bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor suatu bahan bakar, semakin besar energi yang dikandung bahan bakar tersebut persatuan massa.

m. Massa Jenis

Massa jenis menunjukkan besarnya perbandingan antara massa dari suatu bahan bakar dengan volumenya.

2.2.3 Emisi Gas Buang Mesin Diesel

Perkembangan mesin diesel di dunia saat ini telah membantu manusia dalam pekerjaan seperti pembangunan, industri, transportasi, dll. Disamping memberikan dampak positif namun disisi lain akan memberikan dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara.

Gas buang pada mesin diesel menghasilkan unsur polutan berupa Nitrogen Oksida (Nox), Sulfur Oksida (Sox), Particulate Matter (PM), Karbon Monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC), yang berpotensi mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara. Semakin tinggi penggunaan bahan bakar menyebabkan gas buang yang dihasilkan juga semakin banyak. Oleh sebab itu, perlu dilakukan solusi yang tepat untuk dapat memecahkan masalah tersebut [12].

2.3 Mesin Bensin (Otto)

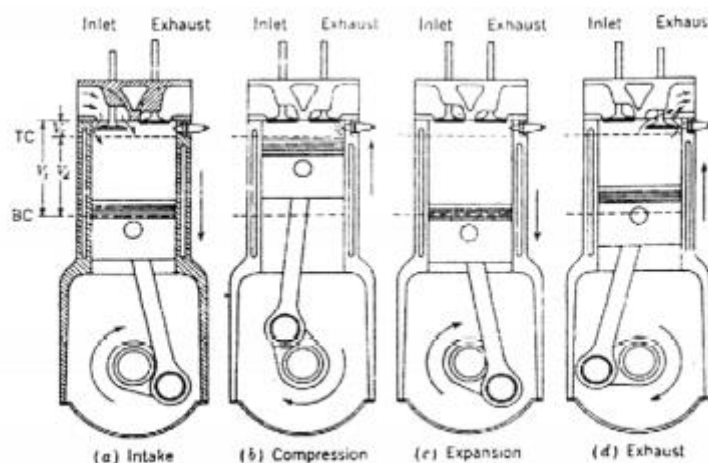
Motor bensin (*spark Ignition*) adalah suatu tipe mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang dapat mengubah energi panas dari bahan

bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol. Energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan udara yang terjadi pada ruang bakar (Combustion Chamber) dengan bantuan bunga api yang berasal dari percikan busi untuk menghasilkan gas pembakaran.

Berdasarkan siklus kerjanya motor bensin dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor bensin dua langkah dan motor bensin empat langkah. Motor bensin dua langkah adalah motor bensin yang memerlukan dua kali langkah torak, satu kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali daya (usaha). Sedangkan motor bensin empat langkah adalah motor bensin yang memerlukan empat kali langkah torak, dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali daya (usaha) [3].

2.3.1 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Tak (4 Langkah)

Motor bensin empat langkah memerlukan empat kali langkah torak atau dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus kerja. Keempat langkah tersebut adalah : langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah pembuangan.



Gambar 2.3 Cara Kerja Motor Bensin Empat Langkah [3]

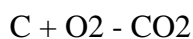
Sistem pemindah daya adalah suatu mekanisme yang berfungsi memindahkan tenaga dari mesin agar bisa diteruskan ke roda pada suatu kendaraan. Bukan hanya pada kendaraan, sistem pemindah daya juga terdapat

pada konstruksi lift. Sebelum membahas lebih jauh mari kita mengenali komponen – komponen yang terdapat pada sistem pemindah daya. (Munawar, 2021)

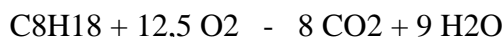
2.3.2 Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai kombinasi secara kimiawi yang berlangsung secara cepat antara oksigen dan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar pada suhu dan tekanan tertentu (Yeliana,Dkk, 2004). Pembakaran pada motor bensin diawali oleh percikan bunga api listrik dari busi yang terjadi pada saat beberapa derajat poros engkol sebelum torak mencapai titik mati atas, membakar campuran bahan bakar udara yang telah dikompresikan oleh gerakan torak dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Secara umum hanya terdapat tiga unsur yang penting di dalam bahan bakar, yaitu Karbon, Hidrogen, dan Sulfur (Belerang). Dalam proses pembakaran, energi kimia diubah menjadi energi dalam bentuk panas dimana pada setiap pembakaran selalu dihasilkan gas sisa hasil dari proses pembakaran yang dinamakan gas buang yang meliputi beberapa komponenkomponen gas buang antara lain CO₂, NO₂, H₂O, SO₂ dan CO.

Contoh pembakaran secara kimia antara karbon (C), Hidrogen (H₂) dengan oksigen (O₂) dapat dilihat pada reaksi dibawah ini :



Proses pembakaran secara teoritis suatu bahan bakar bensin (isooktan) dapat dilihat pada reaksi dibawah ini :



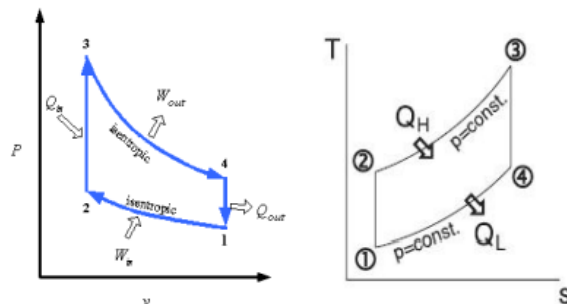
Secara umum proses pembakaran pada motor bensin dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu :

- a. Pembakaran Sempurna (Normal) Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana semua unsur yang dapat terbakar di dalam bahan bakar membentuk gas CO₂, dan H₂O, sehingga tak ada lagi bahan bakar yang tersisa. Mekanisme pembakaran sempurna dalam motor bensin dimulai pada saat terjadi loncatan bunga api listrik dan busi. Selanjutnya api membakar campuran bahan bakar udara yang berada di sekelilingnya dan terus menjalar ke seluruh bagian sampai semua campuran bahan bakar - udara habis terbakar.

- b. Pembakaran Tidak Sempurna Pembakaran yang tidak sempurna akan menimbulkan suatu gejala yang dinamakan dengan detonasi. Hal ini terjadi karena disebabkan pada proses pembakaran yang tidak serentak pada saat langkah kompresi belum berakhir (busi belum memercikkan bunga api) ditandai dengan adanya pengapian sendiri yang muncul mendadak pada bagian akhir dari campuran. Campuran yang telah terbakar akan menekan campuran bahan bakar yang belum terbakar. Akibatnya, campuran bahan bakar yang belum terbakar tersebut temperaturnya meningkat sehingga melewati temperatur untuk menyala sendiri [3].

2.3.3 Siklus Mesin Otto

[3] Siklus udara volume konstan (Siklus Otto) adalah siklus ideal yang menerima tambahan panas yang terjadi secara konstan ketika piston dalam posisi titik mati atas (TMA). Siklus udara volume konstan dapat digambarkan dalam diagram P – V dan diagram T – S.



Gambar 2.4 Diagram P – V dan T – S pada Siklus Otto ideal.

Berikut ini sifat ideal yang dipergunakan dan keterangan mengenai proses siklusnya yaitu :

1. Proses 0 – 1 adalah langkah hisap tekanan konstan yaitu campuran bahan bakar dan udara yang di hisap kedalam silinder.
2. Proses 1 – 2 adalah langkah kompresi adiabatik reversibel yaitu campuran bahan bakar dan udara dikompresikan.
3. Proses 2 – 3 adalah proses pembakaran volume konstan, campuran udara dan bahan bakar dinyalakan dengan bunga api.
4. Proses 3 – 4 adalah langkah ekspansi adiabatik reversibel, kerja yang ditimbulkan gas panas yang berekspansi.

5. Proses 4 – 1 adalah proses pembuangan panas pada volume konstan, panas dibuang melewati dinding ruang bakar.
6. Proses 1 – 0 adalah proses pembuangan kalor, katup buang terbuka maka gas sisa pembakaran terbang keluar menuju ke knalpot. Proses lengkap pada siklus diatas memerlukan empat langkah dari torak, dua kali putaran poros engkol. Selama proses kompresi dan ekspansi tidak terjadi pertukaran panas, oleh karena itu selisih panas yang masuk dengan panas yang keluar merupakan usaha yang dihasilkan tiap siklus.

2.4 Bahan Bakar Mesin Otto

Mesin mobil maupun motor memerlukan jenis bensin yang sesuai dengan desain mesin itu sendiri agar dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan kinerja yang optimal. Jenis bensin tersebut biasanya diwakili dengan angka / nilai oktan (RON), misalnya Premium ber-oktan 88, Pertamina ber-oktan 92..Semakin tinggi angka oktan, maka harga per liternya pun umumnya lebih tinggi (mahal). Namun belum tentu bahwa jika mengisi bensin ber-oktan tinggi pada mesin mobil atau motor kita, kemudian akan menghasilkan tenaga yang lebih tinggi pula. Perlu diketahui, bahwa setiap jenis mesin mobil ataupun sepeda motor memiliki spesifikasi mesin yang berbedabeda. Faktor ekonomi lebih mendesak daripada dampak rusak ke depan pada mesin kendaraannya atau memang kurangnya informasi mengenai pemilihan BBM ini [2].

2.4.1 Bahan Bakar Bensin

Bensin adalah satu jenis bahan bakar minyak yang digunakan untuk bahan bakar mesin kendaraan bermotor yang pada umumnya adalah jenis sepeda motor dan mobil. Bahan bakar bensin yang dipakai untuk Premium asal mulanya adalah naphtha (salah satu Produk destilasi minyak bumi) + TEL (sejenis aditif penaik oktan) agar didapat RON 88.Namun isu lingkungan sejak era tahun 2006, mengharuskan TEL (aditif penaik oktan yang mengandung lead alias timbal hita yang tidak sehat) di hentikan penggunaannya.Oleh karena itu TEL diganti HOMC (High Mogas Component) untuk menaikkan Oktane ke 88. HOMC merupakan produk naphtha (komponen minyak bumi) yang memiliki struktur kimia

bercabang dan ring (lingkar) berangka oktan tinggi (daya bakar lebih sempurna dan instant cepat), nilai oktan diatas 92, bahkan ada yang 95, sampai 98 lebih. Kebanyakan merupakan hasil olah Naphtha jadi ber-angka oktane tinggi atau hasil perengkahan minyak berat menjadi HOMC [2].

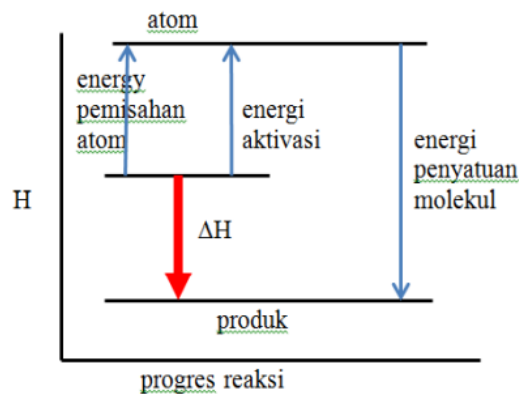
Perbandingan karakteristik fisika ethanol dengan bensin dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Sifat Fisika Antara Ethanol Dengan Bensin [3]

Property	Ethanol	Bensin
Chemical formula	C ₂ H ₅ OH	C ₄ sd C ₁₀
Composition % weight		
Carbon	52.2	85 – 88
Hydrogen	13.1	12 -15
Oxygen	34.7	0
Octane Number		
Research Octane	108	90 - 100
Motor Octane	92	81 - 90
Density (lb/gal)	6.61	6.0 – 6.5
Boiling temp. (° F)	172	80 – 437
Freezing Point (° F)	- 173.22	- 40
Flash Point (° F)	55	- 45
Auto Ignition Temp. (° F)	793	495
Heating value		
Higher (Btu/gal)	84 100	124 800
Lower (Btu / gal)	76 000	115 000
Spesific heat Btu/lb °F	0.57	0.48
Stoichiometric air/ fuel, weight	9	14.7

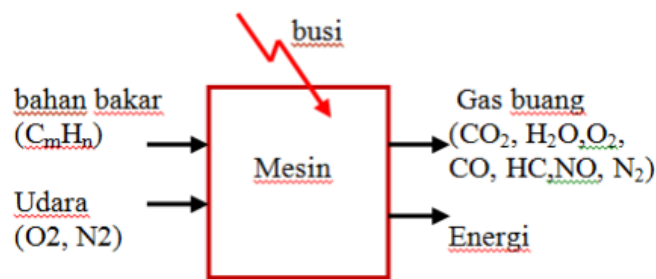
2.4.1.1 Reaksi Kimia Bahan Bakar Bensin

Hasil energy panas dari reaksi kimia ada dua yaitu exoterm dan endoterm, exoterm dari reaksi akan menghasilkan energy panas dan endoterm untuk bisa bereaksi membutuhkan energy panas. Pada otomotiv proses reaksi kimia di dalam silinder mesin termasuk exoterm [6].



Gambar 2.5 Reaksi eksoterm (Goalby N., 2015)

Dasar teori bahan bakar bensin adalah mengandung C_mH_n dengan nilai m sekitar 8 dan n mengikuti sesuai dengan pentana, pentena atau pentuna serta kemungkinan ada bahan ikutan lainnya seperti abu, belerang, timbal dan lain-lain yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Bahan bakar bensin dan udara masuk kedalam mesin, setelah proses pengisapan, kompresi, pembakaran, kerja dan buang. Energi panas akan berubah menjadi energy potensial untuk menggerakkan piston sehingga terjadi kerja. Pembuangan adalah proses dari mesin untuk mengeluarkan gas buang yang mengandung gas seperti di gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bahan bakar dan udara menjadi energy dan gas buang [6]

Pembakaran bahan bakar dengan kandungan Oksigen di udara 21 % dan sisanya dianggap gas Nitrogen seperti berikut: $C_mH_n + \lambda d(O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow (m-a-b)CO_2 + (n/2 - b/2)H_2O + aCO + d(\lambda - 1)O_2 + bHC + cNO + (3.76\lambda d - c/2)N_2 + \text{energi}$. (1) dimana $d = 0.25(4m + n - 2a - 5b + 2c)$ dan a, b, c hasil pengukuran. Reaksi pembakaran sempurna besaran $\lambda = 1$ sedangkan a, b, c adalah 0 (nol), sehingga reaksinya

akan menjadi seperti berikut: $C_m H_n + d (O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow m CO_2 + n/2 H_2O + 3.76 d N_2 + \text{energi}$ (2)

dimana $d = 0.25 (4m + n)$ Pembakaran sempurna tidak menghasilkan gas yang sangat membahayakan kecuali CO_2 yang bisa menyebabkan efek rumah kaca, dari reaksi ini akan menghasilkan energi yang maksimum. Pembakaran sempurna bisa juga terjadi dengan besaran $\lambda > 1$ sedangkan a, b, dan c adalah 0 (nol), sehingga reaksinya akan menjadi seperti berikut: $C_m H_n + \lambda d (O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow m CO_2 + n/2 H_2O + d (\lambda - 1) O_2 + 3.76 \lambda d N_2 + \text{energi}$. (3)

Pembakaran yang tidak sempurna akan mengandung gas CO dan gas lainnya serta kelebihan atau kekurangan udara karena besaran-besaran $\lambda \neq 1$ sedangkan a, b, dan c mempunyai nilai dan tidak sama dengan 0 (nol), besaran koefisien a, b, dan c tergantung dari beberapa aspek seperti suhu, tekanan, campuran, jumlah bahan bakar dll. Bila jumlah udara yang masuk ke silinder kurang dari kebutuhan maka koefisien a dan b pasti terjadi, sedangkan untuk koefisien c kemungkinan tidak akan terjadi. Bila suhu tinggi dan udara berlebihan maka koefisien a, b dan c akan terjadi.

Pembakaran tidak sempurna dengan hasil gas CO saja adalah:

$C_m H_n + \lambda d (O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow (m-a) CO_2 + n/2 H_2O + a CO + d (\lambda - 1) O_2 + 3.76 \lambda d N_2 + \text{energi}$. (4) dimana $d = 0.25 (4m + n - 2a)$ Harga atau nilai dari b dan c nol sedangkan kebutuhan perbandingan udara λ ada nilainya. $C_m H_n + \lambda d (O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow (m-a-b) CO_2 + (n/2 - b/2) H_2O + a CO + b HC + d (\lambda - 1) O_2 + 3.76 \lambda d N_2 + \text{energi}$. (5)

dimana $d = 0.25 (4m + n - 2a - 5b)$ Harga atau nilai dari c nol sedangkan kebutuhan perbandingan udara λ ada nilainya. Pada umumnya gas buang yang masih menghasilkan kadar karbon (C) biasanya diketahui di knalpotnya berwarna hitam, ini tidak dibahas karena kendaraan yang sekarang yang sudah memakai EFI sudah tidak menghasilkan gas buang mengandung karbon. Untuk mesin Diesel dengan bahan bakar solar masih mengeluarkan banyak kadar karbon [6].

2.4.2 Bahan Bakar Pertalite

Pertalite adalah merupakan Bahan bakar minyak (BBM) jenis baru yang diproduksi Pertamina, Jika dibandingkan dengan premium Pertalite memiliki

kualitas bahan bakar lebih sebab memiliki kadar Research Octan Number (RON) 90, di atas Premium, yang hanya RON 88. Peralite memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan Premium. Peralite direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1 dan mobil tahun 2000 ke atas, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan Electronic Fuel Injection (EFI) dan catalytic converters (pengubah katalitik). Untuk membuat Peralite komposisi bahannya adalah nafta yang memiliki RON 65-70, agar RON-nya menjadi RON 90 maka dicampurkan HOMC (High Octane Mogas Component), HOMC bisa juga disebut Pertamax, campuran HOMC yang memiliki RON 92-95, selain itu juga ditambahkan zat aditif EcoSAVE. Zat aditif EcoSAVE ini bukan untuk meningkatkan RON tetapi agar mesin menjadi bertambah halus, bersih dan irit [1].

2.4.3 Pertamax

Pertamax (RON 92), Pertamax ditujukan untuk kendaraan yang mensyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi tanpa timbal (unleaded). Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi di atas tahun 1990, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan electronic fuel injection dan catalytic converters. Pertamax, seperti halnya Premium, adalah produk BBM dari pengolahan minyak bumi. Pertamax dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Pertamax pertama kali diluncurkan pada tahun 1999 sebagai pengganti Premix 98 karena unsur MTBE yang berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, Pertamax memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan Premium. Pertamax Plus (RON 95), jenis BBM ini mempunyai nilai oktan tinggi (95) [2].

2.5 Karakteristik Bahan Bakar Mesin Otto

[4] Sebagai bahan bakar cair, peralite dan premium adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, dimana molekulnya dapat bergerak bebas. Baik peralite dan premium adalah campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa: parafin, naphтена, olefin, dan aromatik. Kelompok

senyawa ini berbeda dari yang lain dalam kandungan hidrogennya. Hasil uji komposisi pertalite dan premium disajikan dalam Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Hasil uji komposisi bahan bakar dengan GC-MS

Kandungan Komponen Penyusun	Pertalite	Premium	Selisih
	Komposisi (%)		
1. Heptane, 2,6-dimethyl-	0,24	0,26	-0,02
2. Heptane, 2,5-dimethyl-	0,72	0,76	-0,04
3. 3-Heptene, 4-ethyl-	0,20	0	0,20
4. 7-Methyl-1,3,5 Cycloheptatriene	26,42	21,09	5,33
5. Nonane, 4,5-dimethyl-	1,70	1,74	-0,04
6. Octane, 3-dimethyl-	1,04	1,13	-0,09
7. -Methyl-1,3,5-Cycloheptatriene	8,31	0	8,31
8. Cyclohexane, 1-ethyl-4-methyl-, trans-	0,22	0,25	-0,03
9. Nonane	0,54	0,56	-0,02
10. Benzene, (1-methylethyl)-	0,60	0,55	0,05
11. Benzene, propyl-	2,19	2,11	0,08
12. Cyclohexane, 1,2,4-Tris(Methylene)-	7,77	7,73	0,04
13. Benzene, 1,2,3-Trimethyl-	3,90	4,02	-0,12
14. Benzene, 1,3,5-trymethyl-	4,63	4,45	0,18
15. Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	2,94	2,82	0,12
16. Nonane. 2-methyl-	0,32	0,27	0,15
17. Cyclohexane, 1,2,4-Tris (Methylene)	11,68	11,70	-0,02
18. 1H-INDENE, 2,3 DIHYDRO-	0,99	0,97	0,02
19. Benzene, 1,2-diethyl-	0,68	0,63	0,06
20. Benzene, 1-methyl-3-propyl-	1,89	1,73	0,16
21. Benzene, 1-methyl-2-propyl-	1,31	1,19	0,22
22. Benzene, 2-ethyl-1,4-Dimethyl-	2,19	2,13	0,06
23. Benzene, 1-methyl-3-propyl-	0,49	0,37	0,12

Kandungan Komponen Penyusun	Pertalite	Premium	Selisih
	Komposisi (%)		
24. Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-	1,69	1,64	0,05
25. Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	1,38	1,32	0,05
26. 1H-INDENE, 2,3-DIHYDRO-1-Methyl-	0,59	0,60	-0,01
27. Benzene, 2-Ethyl-1,4-Dimethyl-	2,83	2,68	0,15
28. Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	3,53	3,26	0,27
29. Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-	0,45	0,43	0,02
30. Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-	0,76	0,77	-0,01
31. Benzene, 1,3-diethyl-5-methyl	0,32	0,34	-0,02
32. Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	0,81	0,81	0
33. Azulene	1,52	1,20	-0,32
34. Naphtalene, 2-methyl-	1,96	1,36	0,60
35. Tripropylene	0,19	0	0,19
36. Cyclopentene, 1-Ethenyl-3-Methylene	6,61	0	6,61
37. Nonane, 3-methyl-	0,27	0	0,27
38. Benzene, 1,2,4-Trimethyl-	2,78	0	2,78
Selisih			25,99

Dari hasil uji GC-MS, diperoleh bahwa molekul penyusun pertalite lebih banyak daripada premium. Pertalite mengandung 38 komponen penyusun

sedangkan premium hanya 32 komponen. Enam komponen penyusun yang dimiliki pertalite namun tidak ada dalam premium yaitu [4].

1. 3-Heptene, 4-ethyl
2. Methyl-1,3,5-Cycloheptatriene
3. Tripropylene
4. Cyclopentene, 1-Ethenyl-3-Methylene
5. Nonane, 3-methyl
6. Benzene, 1,2,4-Trimethyl

2.6 Emisi Gas Buang Mesin Otto

Emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam mesin kendaraan merupakan salah satu sumber polusi udara. Emisi gas buang yang dihasilkan berupa karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan oksida nitrogen (NO_x). Bahan bakar secara umum mengandung unsurunsur karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan belerang. Dalam pembakaran sempurna, gas buang hasil pembakaran berupa karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) serta udara yang tidak terlibat pembakaran. Namun pembakaran sempurna sulit dicapai, sehingga terdapat gas buang hasil pembakaran lain seperti CO, HC, dan juga NO_x, karena 79% udara untuk pembakaran terdiri dari nitrogen (Ahmad Marabdi, 2021)

Dalam penelitian ini, pengujian emisi gas buang dilakukan pada beban mesin yang berbeda, mulai dari 750 rpm sampai 5000 rpm. Hasil ujinya ditunjukkan dalam Tabel 2.3 sebagai berikut [4].

Tabel 2.3 Hasil Uji Emisi Bahan Bakar Premium

No.	Bahan bakar	Putaran engine	750 rpm	1000 rpm	2000 rpm	3000 rpm	4000 rpm	5000 rpm
1.	Pertalite	HC (ppm)	67	94	109	93	18	16
	Premium		163	218	112	88	63	42
	Selisih		-104	-124	-3	5	45	-26
2.	Pertalite	CO (%)	0,05	0,09	0,51	1,77	0,14	0,24
	Premium		0,47	0,64	0,64	0,60	0,47	0,36
	Selisih		-0,42	-0,55	-0,13	1,17	-0,33	-0,12
3.	Pertalite	CO ₂ (%)	13,6	13,1	12,5	12,4	12,8	13,0
	Premium		12,6	12,0	11,9	12,6	12,5	13,0
	Selisih		1	1,1	-0,6	0,02	0,25	0
4.	Pertalite	O ₂ (%)	0,06	0,11	0,82	0,51	0,10	0,10
	Premium		1,14	1,52	0,99	0,85	0,58	0,33
	Selisih		-1,12	-1,41	-0,17	-0,34	-0,47	-0,23

Hasil pengujian emisi gas buang dengan bahan bakar pertalite menunjukkan bahwa kandungan gas berbahaya HC, CO memiliki banyak perbedaan. Pertalite menghasilkan kandungan HC, CO lebih sedikit dibandingkan dengan premium, walaupun pada putaran tertentu ada sedikit kenaikan. Sedangkan kandungan gas yang tidak berbahaya CO₂ dan O₂ Pertalite menghasilkan gas lebih banyak.

[4] Penggunaan bahan bakar pertalite kandungan emisi gas buangnya secara garis besar lebih rendah daripada premium sehingga dapat dikatakan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar premium (Wira, 2016). Variasi putaran mesin juga berpengaruh terhadap emisi gas buang HC dan CO (Donny Fernandez, 2009; Rosid, 2016). Para peneliti juga telah mengembangkan penelitian emisi gas buang dengan variasi bahan bakar yang lebih kompleks dengan gas elpiji, premium dan pertalite. Dengan variasi bahan bakar tersebut gas elpiji dikatakan lebih ramah lingkungan karena emisi yang dihasilkan lebih sedikit (Setyawan, 2015; Setiyo, 2013; 2016). Akan tetapi dari hasil penelitian yang lain pengujian emisi dengan bahan bakar spiritus lebih mampu menekan kadar emisi gas buang yang diaplikasikan pada genset (Saragih, 2013).

Tabel 2.4. Hasil Proyeksi Emisi Gas Buang dengan Skenario Advanced Fuel Economy

JENIS EMISI GAS BUANG	TAHUN			
	2010	2020	2030	2040
<i>Carbon Dioxide Non Biogenic</i>	105.7	134.4	177.1	230.7
<i>Carbon Monoxide</i>	86.2	67.9	60.3	56.7
<i>Nitrogen Oxides</i>	85.1	56.7	41.3	31.1
Total	277.1	259.0	278.8	318.5

*) Dalam satuan miliar metrik ton

Bon Dioxide Non Biogenic, Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides dapat dilihat pada Tabel 2.4. Hasil proyeksi emisi gas buang dengan skenario AFE pada tahun 2010 untuk Carbon Dioxide Non Biogenic adalah 105.7 miliar Metric Tonnes, Carbon Monoxide 86.2 miliar Metric Tonnes dan Nitrogen Oxides 85.1 miliar Metric Tonnes. Tepat pada tahun 2040, emisi gas buang Carbon Dioxide Non Biogenic naik menjadi 230,7 miliar Metric Tonnes. Emisi gas buang yang lain seperti Carbon Monoxide adalah 56.7 miliar Metric Tonnes dan Nitrogen Oxides 31.1 miliar Metric Tonnes. Jumlah Carbon Dioxide Non Biogenic yang dapat dilihat pada Gambar 5 terus bertambah jumlahnya sampai akhir tahun prediksi yaitu tahun 2040. Hal ini disebabkan oleh metode yang digunakan dalam environmental loading untuk emisi gas buang Carbon Dioxide Non Biogenic adalah emisi yang dihasilkan per energi yang dikonsumsi, dimana konsumsi terus naik seiring jumlah kendaraan yang terus bertambah. Hasil proyeksi untuk emisi gas buang Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides terus menurun sampai tahun akhir prediksi yaitu tahun 2040. Hal ini disebabkan oleh Bus sebagai jenis kendaraan yang menghasilkan emisi Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides paling banyak namun jumlah Bus terus menurun sampai tahun 2040, sehingga mempengaruhi jumlah hasil emisi Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides secara keseluruhan [8]. Jika dilihat dari Tabel 2.4, jumlah emisi gas buang Carbon Dioxide Non Biogenic pada skenario BAU lebih banyak dihasilkan daripada emisi yang dihasilkan dengan skenario AFE. Hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar yang lebih hemat dari 5 % pada skenario AFE berpengaruh terhadap emisi gas buang Carbon Dioxide Non Biogenic yang dihasilkan [8].

Namun, jumlah emisi gas buang Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides yang dihasilkan adalah sama, baik dalam skenario BAU maupun skenario AFE. Hal ini disebabkan oleh emisi gas buang Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides menggunakan metode emisi yang dihasilkan per jarak yang ditempuh kendaraan, dimana untuk kedua skenario jarak tempuh semua kendaraan sama. Metode ini dipilih karena gas buang Carbon Monoxide dan Nitrogen Oxides yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi kerja mesin tersebut. Emisi gas buang Carbon Monoxide dihasilkan saat proses pembakaran yang tidak sempurna seperti pada saat kondisi operasi yang dingin, proses pemanasan mesin dan proses penambahan tenaga.

Sedangkan, emisi gas buang Nitrogen Oxides dihasilkan pada saat temperatur dan tekanan yang tinggi di ruang bakar. Seperti pada umumnya, Nitrogen Oxides dihasilkan paling banyak saat beban kerja menengah sampai berat meskipun Nitrogen Oxides dalam jumlah kecil juga dapat dihasilkan karena temperature mesin yang terlalu panas dan suhu udara intake yang terlalu panas [8].

2.6.1 Faktor-faktor Penyebab Polusi Udara

Emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia. Komposisi dari kandungan senyawa kimianya tergantung dari kondisi mengemudi, jenis mesin, alat pengendali emisi bahan bakar, suhu operasi dan faktor lain yang semuanya ini membuat pola emisi menjadi rumit (Kusuma et al., 2017). Jenis bahan bakar pencemar yang dikeluarkan oleh mesin dengan bahan bakar bensin maupun bahan bakar solar sebenarnya sama saja, hanya berbeda proporsinya karena perbedaan cara operasi mesin (Muziansyah et al., 2015). Secara visual selalu terlihat asap dari knalpot kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar, yang umumnya tidak terlihat pada kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin [7].

Walaupun gas buang kendaraan bermotor terutama terdiri dari senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida dan uap air, tetapi didalamnya terkandung juga senyawa lain dengan jumlah yang cukup besar yang dapat membahayakan gas buang membahayakan kesehatan maupun lingkungan (Winanda, 2019). Bahan pencemar yang terutama terdapat didalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NOx) dan sulfur (SOx), dan partikulat debu termasuk timbel (PB) (Buanawati et al., 2017; Haryanto, 2019; Wardoyo, 2016).

Bahan bakar tertentu seperti hidrokarbon dan timbel organik, dilepaskan keudara karena adanya penguapan dari sistem bahan bakar. Lalu lintas kendaraan bermotor, juga dapat meningkatkan kadar partikular debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban dan rem. Setelah berada di udara, beberapa senyawa yang terkandung dalam gas buang kendaraan bermotor dapat berubah karena terjadinya suatu reaksi, misalnya dengan sinar matahari dan uap air, atau

juga antara senyawa-senyawa tersebut satu sama lain. Proses reaksi tersebut ada yang berlangsung cepat dan terjadi saat itu juga di lingkungan jalan raya, dan adapula yang berlangsung dengan lambat (Heriadi et al., 2015; Inayah, 2016).

Reaksi kimia di atmosfer kadangkala berlangsung dalam suatu rantai reaksi yang panjang dan rumit, dan menghasilkan produk akhir yang dapat lebih aktif atau lebih lemah dibandingkan senyawa aslinya (Haryanto, 2019). Sebagai contoh, adanya reaksi di udara yang mengubah nitrogen monoksida (NO) yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor menjadi nitrogen dioksida (NO₂) yang dapat menyebabkan asap awan fotokimi (photochemical smog). Pembentukan smog ini kadang tidak terjadi di tempat asal sumber (kota), tetapi dapat terbentuk di pinggiran kota. Jarak pembentukan smog ini tergantung pada kondisi reaksi dan kecepatan angin (Haryanto, 2019). Pada bahan pencemar yang sifatnya lebih stabil seperti limbah (Pb), beberapa hidrokarbonhalogen dan hidrokarbon poliaromatik, dapat jatuh ke tanah bersama air hujan atau mengendap bersama debu, dan mengkontaminasi tanah dan air. Senyawa tersebut selanjutnya juga dapat masuk ke dalam rantai makanan yang pada akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia melalui sayuran, susu ternak, dan produk lainnya dari ternak hewan (Hidayat et al., 2016; Nursiah and Haris, 2019; Pertanian, 2018). Karena banyak industri makanan saat ini akan dapat memberikan dampak yang tidak diinginkan pada masyarakat kota maupun desa. Emisi gas buang kendaraan bermotor juga cenderung membuat kondisi tanah dan air menjadi asam (Amalia, 2017). Pengalaman di negara maju membuktikan bahwa kondisi seperti ini dapat menyebabkan terlepasnya ikatan tanah atau sedimen dengan beberapa mineral/logam, sehingga logam tersebut dapat mencemari lingkungan.

2.6.1.1 Dampak Terhadap Kesehatan

Senyawa-senyawa di dalam gas buang terbentuk selama energi diproduksi untuk menjalankan kendaraan bermotor. Beberapa senyawa yang dinyatakan dapat membahayakan kesehatan adalah berbagai oksida sulfur, oksida nitrogen, dan oksida karbon, hidrokarbon, logam berat tertentu dan partikulat. Pembentukan gas buang tersebut terjadi selama pembakaran bahan bakar fosil-bensin dan solar didalam mesin (Zein and Sagaf, 2018). Dibandingkan dengan sumber stasioner

seperti industri dan pusat tenaga listrik, jenis proses pembakaran yang terjadi pada mesin kendaraan bermotor tidak sempurna di dalam industri dan menghasilkan bahan pencemar pada kadar yang lebih tinggi, terutama berbagai senyawa organik dan oksida nitrogen, sulfur dan karbon.

Selain itu gas buang kendaraan bermotor juga langsung masuk ke dalam lingkungan jalan raya yang sering dekat dengan masyarakat, dibandingkan dengan gas buang dari cerobong industri yang tinggi (Busrah et al., 2019). Dengan demikian maka masyarakat yang tinggal atau melakukan kegiatan lainnya di sekitar jalan yang padat lalu lintas kendaraan bermotor dan mereka yang berada di jalan raya seperti para pengendara bermotor, pejalan kaki, dan polisi lalu lintas, penjual makanan sering kali terpajan oleh bahan pencemar yang kadarnya cukup tinggi. Estimasi dosis pajanan sangat tergantung kepada tinggi rendahnya pencemar yang dikaitkan dengan kondisi lalu lintas pada saat tertentu [7].

Keterkaitan antara pencemaran udara di perkotaan dan kemungkinan adanya resiko terhadap kesehatan, baru dibahas pada beberapa dekade belakangan ini. Pengaruh yang merugikan mulai dari meningkatnya kematian akibat adanya episod smog sampai pada gangguan estetika dan kenyamanan. Gangguan kesehatan lain diantara kedua pengaruh yang ekstrim ini, misalnya kanker pada paru-paru atau organ tubuh lainnya, penyakit pada saluran tenggorokan yang bersifat akut maupun khronis, dan kondisi yang diakibatkan karena pengaruh bahan pencemar terhadap organ lain seperti paru, misalnya sistem syaraf (Nasution et al., 2014; Perkotaan and Lubis, n.d.; Suryani, 2010). Karena setiap individu akan terpajan oleh banyak senyawa secara bersamaan, sering kali sangat sulit untuk menentukan senyawa mana atau kombinasi senyawa yang mana yang paling berperan memberikan pengaruh membahayakan terhadap kesehatan.

Bahaya gas buang kendaraan bermotor terhadap kesehatan tergantung dari toksitas (daya racun) masing-masing senyawa dan seberapa luas masyarakat terpajan olehnya (Suryani, 2010). Beberapa faktor yang berperan di dalam ketidakpastian setiap analisis resiko yang dikaitkan dengan gas buang kendaraan bermotor antara lain adalah :

- a. Definisi tentang bahaya terhadap kesehatan yang digunakan.
- b. Relevansi dan interpretasi hasil studi epidemiologi dan eksperimental.

- c. Realibilitas dari data pajanan
- d. Jumlah manusia yang terpajan
- e. Keputusan untuk menentukan kelompok resiko yang mana yang akan dilindungi
- f. Interaksi antara berbagai senyawa di dalam gas buang, baik yang sejenis maupun antara yang tidak sejenis
- g. Lamanya terpajan (jangka panjang atau pendek)

Pada umumnya istilah dari bahaya terhadap kesehatan yang digunakan adalah pengaruh bahan pencemar yang dapat menyebabkan meningkatnya resiko atau penyakit atau kondisi medik lainnya pada seseorang ataupun kelompok orang. Pengaruh ini tidak dibatasi hanya pada pengaruhnya terhadap penyakit yang dapat dibuktikan secara klinik saja, tetapi juga pada pengaruh yang pada suatu mungkin juga dipengaruhi faktor lainnya seperti umur misalnya. Telah banyak bukti bahwa anak-anak dan para lanjut usia merupakan kelompok yang mempunyai resiko tinggi di dalam peristiwa pencemaran udara. Anak-anak lebih peka terhadap infeksi saluran pernafasan dibandingkan dengan orang dewasa, dan fungsi paru-paru nya juga berbeda. Para usia lanjut masuk di dalam kategori kelompok resiko tinggi karena penyesuaian kapasitas dan fungsi paru- paru menurun, dan pertahanan imunitasnya melemah. Karena kapasitas paru-paru dari penderita penyakit jantung dan paru- paru juga rendah, kelompok ini juga sangat peka terhadap pencemaran udara (Sari, 2018).

Berdasarkan sifat kimia dan perilakunya di lingkungan, dampak bahan pencemar yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor digolongkan sebagai berikut [7]:

1. Bahan-bahan pencemar yang terutama mengganggu saluran pernafasan. Yang termasuk dalam golongan ini adalah oksida sulfur, partikulat, oksida nitrogen, ozon dan oksida lainnya (Ulfah, 2018).
2. Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik, seperti hidrokarbon monoksida dan timbel/timah hitam (Rosianasari, 2016).
3. Bahan-bahan pencemar yang dicurigai menimbulkan kanker seperti hidrokarbon (Edward, 2017).

4. Kondisi yang mengganggu kenyamanan seperti kebisingan, debu jalanan, dll (Arifin, 2019).

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat – pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Udara yang dulunya segar, kini kering dan kotor. Keadaan ini apabila tidak segera di tanggulangi dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan hewan, serta tumbuhan [9].

Perubahan lingkungan udara disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas – gas dan partikel kecil / aerosol) kedalam udara. Zat pencemar masuk kedalam udara dapat secara alamiah (asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit, dan pancaran garam dari laut) dan aktivitas manusia (transportasi, industri pembuangan sampah). Konsentrasi pencemaran udara di beberapa kota besar dan daerah industri Indonesia menyebabkan adanya gangguan pernafasan, iritasi pada mata dan telinga, timbulnya penyakit tertentu serta gangguan jarak pandang.

Pembahasan dibawah ini bertujuan untuk mengetahui gambaran secara umum tentang udara dan permasalahannya serta mengetahui tentang upaya - upaya dalam pengendalian pencemaran udara.

2.6.1.2 Sumber Pencemar Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga [9].

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat yang menghasilkan gas CO, Nox, hidrokarbon, SO₂ dan Tetraethyl lead, yang merupakan bahan logam timah yang ditambahkan kedalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna

mencegah terjadinya letupan pada mesin. Parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, Partikulat, NO_x, HC, Pb, dan SO_x.

Emisi pencemaran udara oleh industri sangat tergantung dari jenis industri dan prosesnya, peralatan industri dan utilitasnya. Berbagai industri dan pusat pembangkit tenaga listrik menggunakan tenaga dan panas yang berasal dari pembakaran arang dan bensin. Hasil sampingan dari pembakaran adalah SO_x, asap dan bahan pencemar lain.

Proses pembakaran sampah walaupun skalanya kecil sangat berperan dalam menambah jumlah zat pencemar diudara terutama debu dan hidrokarbon. Hal penting yang perlu diperhitungkan dalam emisi pencemaran udara oleh sampah adalah emisi partikulat akibat pembakaran, sedangkan emisi dari proses dekomposisi yang perlu diperhatikan adalah emisi HC dalam bentuk gas metana.

Jenis Pencemar Udara

Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa:

- a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
- b. Gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S dan HC)
- c. Energi (suhu dan kebisingan).

Berdasarkan dari kejadian, terbentuknya pencemar terdiri dari :

- a. Pencemar primer (yang diemisikan langsung dari sumbernya)
- b. Pencemar sekunder (yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat)

Pola emisi akan menggolongkan pencemar dari sumber titik (point source), sumber garis (line source) dan sumber area (area source). Dilihat secara kimiawi, banyak sekali macam bahan pencemar tetapi yang biasanya menjadi perhatian adalah pencemar utama (major air pollutants) yaitu golongan oksida karbon (CO, CO₂) , oksida belerang (SO₂, SO₃) dan oksida nitrogen (N₂O, NO, NO₃) senyawa hasil reaksi fotokimia, partikel (asap, debu, asbestos, metal, minyak, garam sulfat), senyawa inorganik (HF, H₂S, NH₃, H₂SO₄, HNO₃), hidrokarbon (CH₄, C₄H₁₀) unsur radio aktif (titanium, Radon), energi panas (suhu, kebisingan).

Gas diudara dengan reaksi fotokimia dapat membentuk bahan pencemar sekunder, misalnya peroxy radikal dengan oksigen akan membentuk ozon dan

nitrogen dioksida berubah menjadi nitrogen monoksida dengan oksigen dan sebagainya. Pemaparan terhadap manusia pada umumnya melalui pernafasan dan cara penanggulangannya terutama dengan mengurangi pembebasan bahan pencemar secara langsung keudara, misalnya dengan menggunakan “gas scrubber”, alat tambahan pada knalpot dan lain – lain.

Partikel dengan ukuran antara 0,01 – 5 μm merupakan sumber pencemar udara yang utama karena keadaanya tidak terlihat secara nyata dan terus berada pada atmosfer untuk waktu yang cukup lama. Dampak negatif dari bahan – bahan ini biasanya berupa gangguan pada bahan – bahan bangunan, tanaman, hewan serta manusia.

2.6.1.3 Dampak Pencemaran Udara

Pencemaran udara pada dasarnya berbentuk partikel (debu, aerosol, timah hitam) dan gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S, hidrokarbon). Udara yang tercemar dengan partikel dan gas ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran dan komposisi kimiawinya . Gangguan tersebut terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru – paru dan pembuluh darah atau menyebabkan iritasi pada mata dan kulit .

Pencemaran udara karena partikel debu biasanya menyebabkan penyakit pernafasan kronis seperti bronchitis khronis, emfisema (pengerumbungan rongga atau jaringan karena gas atau udara didalamnya; busung angin) , paru, asma bronkial dan kanker paru.

Pencemar gas yang terlarut dalam udara dapat langsung masuk kedalam tubuh sampai ke paru – paru yang pada akhirnya diserap oleh sistem peredaran darah.

Kadar timah (Pb) yang tinggi di udara dapat mengganggu pembentukan sel darah merah. Gejala keracunan dini mulai ditunjukkan dengan terganggunya fungsi enzim untuk pembentukan sel darah merah, yang pada akhirnya dapat menyebabkan gangguan kesehatan lainnya seperti anemia , kerusakan ginjal, dan lain – lain. Sedangkan keracunan Pb bersifat akumulatif. Keracunan gas CO timbul akibat terbentuknya karboksihemoglobin (COHb) dalam darah. Afinitas CO yang lebih besar dibandingkan dengan oksigen (O₂) terhadap Hb menyebabkan fungsi

Hb untuk membawa oksigen keseluruh tubuh menjadi terganggu. Berkurangnya penyediaan oksigen kedalam tubuh akan membuat sesak nafas, dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak segera mendapat udara segar . Bahan pencemar SO_x, NO_x,H₂S dapat merangsang saluran pernafasan yang mengakibatkan iritasi dan peradangan.

2.6.1.4 Partikel

Polutan udara primer, yaitu polutan yang mencakup 90 % dari jumlah polutan udara seluruhnya, dapat dibedakan menjadi lima kelompok sebagai berikut:

- a.Karbon monoksida (CO)
- b.Nitrogen oksida (NO_x)
- c.Hidrokarbon (HC)
- d.Sulfur Dioksida (SO_x)
- e.Partikel

Sumber polusi yang utama berasal dari trasportasi, 60 % dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbonmonoksida dan sekitar 15 % hidrokarbon. Toksisitas kelima kelompok polutan tersebut berbeda – beda dan Tabel 2.5. di bawah ini menyajikan toksisitas relatif masing – masing kelompok polutan tersebut. Ternyata polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel – partikel, diikuti berturut – turut NO_x, SO_x, Hidrokarbon dan yang paling rendah toksisitasnya adalah karbonmonoksida.

Tabel 2.5. Konsentrasi Polutan Di udara (Bobcock, 1971)

Polutan	Level toleransi		Toksisitas relatif
	Ppm	µg/m ³	
CO	32	40.000	1.00
HC		19.300	2.07
SO _x	0.50	1.430	28.0
NO _x	0.25	514	77.8
Partikel		375	106.7

Tabel 2.6 Bentuk Partikel Pencemar Udara

Komponen	Bentuk
Karbon	
Besi	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_3\text{O}_4$
Magnesium	MgO
Kalsium	CaO
Aluminium	Al_2O_3
Sulfur	SO_2
Titanium	TiO_2
Karbonat	CO_3
Silikon	SiO_2
Fosfor	P_2O_5
Kalium	K_2O
Natrium	Na_2O
Lain – lain	

2.6.1.5 Sumber Polusi Partikel

Berbagai proses alami, mengakibatkan penyebaran partikel di atmosfer, misalnya letusan volkano dan hembusan debu serta tanah oleh angin. Aktivitas manusia juga berperan dalam penyebaran partikel, misalnya dalam bentuk partikel – partikel debu dan asbes dari bahan bangunan, abu terbang dari proses peleburan baja dan asap dari proses pembakaran tidak sempurna, terutama dari batu arang. Sumber partikel yang utama yaitu pembakaran bahan bakar dari sumbernya, diikuti oleh proses-proses industri.

Hubungan antara ukuran partikel polutan dengan sumbernya adalah, untuk partikel dengan diameter lebih besar dari 10 mikron dihasilkan dari proses – proses mekanis seperti erosi angin , penghancuran dan penyemprotan. Pelindasan benda- benda oleh kendaraan atau pejalan kaki. Partikel yang berukuran diameter diantara 1 – 10 mikron biasanya termasuk tanah, debu, dan produk – produk pembakaran dari industri lokal , dan pada tempat – tempat tertentu juga terdapat garam laut. Partikel yang mempunyai diameter antara 0,1 – 1 mikron berasal dari sumber – sumber kebakaran.

2.6.1.6 Pengaruh Partikel Terhadap Lingkungan

Pengaruh partikel terhadap tanaman. Pengaruh partikel terhadap tanaman terutama adalah dalam bentuk debunya, dimana debu-debu tersebut jika bergabung dengan uap air atau air hujan akan membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun dan tidak dapat tercuci dengan air hujan kecuali digosok.

Lapisan kerak tersebut akan mengganggu proses fotosintesis pada tanaman karena menghambat masuknya sinar matahari dan mencegah pertukaran CO₂ dengan atmosfer, akibatnya pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Bahaya lain yang ditimbulkan dari pengupulan partikel pada tanaman adalah kemungkinan bahwa partikel tersebut mengandung komponen kimia yang berbahaya bagi hewan yang memakan tanaman tersebut.

Pengaruh partikel terhadap manusia. Polutan partikel masuk kedalam tubuh manusia melalui sistem pernafasan, oleh karena itu pengaruh yang merugikan terjadi pada sistem pernafasan. Faktor yang berpengaruh terhadap sistem pernafasan adalah ukuran partikel, karena ukuran partikel yang menentukan seberapa jauh penetrasi partikel kedalam sistem pernafasan.

Tabel 2.7 Daftar partikel yang berbahaya

Elemen	Sumber	Pengaruhnya terhadap kesehatan
Nikel	Minyak diesel, minyak residu, batu arang, asap tembakau, bahan kimia dan katalis, baja dan logam lain.	Kanker paru (sebagai karbonil)
Berilium	Batu karang, industri tenaga nuklir.	Keracunan akut, dan kronis, kanker
Boron	Batu arang, bahan pembersih, kedokteran, industri gelas dan industri lain.	Tidak beracun kecuali dalam bentuk boron.
Germanium	Batu arang	Keracunan ringan
Arsenik	Batu arang, petroleum, detergent, pestisida	Kemungkinan kanker
Selenium	Batu arang, sulfur	Karang gigi, karsinogenik pada tikus, penting pada mamalia pada dosis rendah.
Titrium	Batu arang, petroleum	Karsinogenik terhadap tikus jika kontak dalam waktu lama.
Merkuri	Batu arang, baterai elektrik, industri lain.	Kerusakan syaraf dan kematian
Vanadium	Petroleum, kimia dan katalis, baja dan logam lain	Tidak berbahaya pada konsentrasi yang pernah ada.
Kadmium	Batu arang, peleburan zink, pipa air, asap tembakau	Penyakit jantung dan hipertensi pada manusia, mengganggu metabolisme zink dan tembaga.
Antimoni	Industri	Memperpendek umur tikus
Timbal	Buangan mobil (dari bensin), cat (sebelum 1948)	Kerusakan otak, konvulsi, gangguan tingkah laku, kematian

Anonim, 1971

2.7 Emisi Gas buang

Emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam mesin kendaraan merupakan salah satu sumber polusi udara. Emisi gas buang yang dihasilkan berupa karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan oksida nitrogen (NO_x). Bahan bakar secara umum mengandung unsur-unsur karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan belerang. Dalam pembakaran sempurna, gas buang hasil pembakaran berupa karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) serta udara yang tidak terlibat pembakaran. Namun pembakaran sempurna sulit dicapai, sehingga terdapat gas buang hasil pembakaran lain seperti CO, HC, dan juga NO_x, karena 79% udara untuk pembakaran terdiri dari nitrogen

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Kampus Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Pengerjaan ini dilaksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian.

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Penyediaan alat dan bahan						
2	Studi literature						
3	Penulisan proposal						
4	Pengambilan data dan analisa efisiensi bahan bakar mesin otto						
5	Pengambilan data dan analisa polusi udara						
6	Analisa pemilihan material mesin otto terhadap efisiensi bahan dan bakar dan polusi udara						
7	Penulisan laporan akhir						
8	Seminar hasil dan sidang sarjana						

3.2 Alat dan bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Bensin pertalite

Bensin Pertalite digunakan untuk melakukan experimental pada pengujian Pengaruh Pemilihan BBM mesin terhadap efisiensi bahan bakar dan poliso udara.



Gambar 3.1 Bensin Pertalite

2. Bensin pertamax

Bensin Pertamax digunakan untuk melakukan experimental pada pengujian Pengaruh Pemilihan BBM mesin terhadap efisiensi bahan bakar dan poliso udara.



Gambar 3.2 Bensin Pertamax

Alat

1. Alat pengukur efisiensi gas buang / Exhaust Gas Analyzer

Gas Analyzer digunakan untuk menuji emisi gas buang antara bensin Pertalite dan bensin pertamax



Gambar 3.3 Exhaust Gas Analyzer

3. Vario 150



Gambar 3.4 Vario 150

Spesifikasi Motor

Merk : Vario 150

Dimensi : Lebar 1919 mm, Tinggi 679 mm, Kedalaman 1062 mm

Tipe bahan bakar : Pertalite atau pertamax

Sistem pengapian	: Elektrik
Daya	: 9.7 kW pada 8500 rev/min :13,4 kW pada 5000 rev/min
Kapasitas mesin	: 150 cm ³ (0,150 L) 150 cc
Langkah piston	: 57 mm
Diameter silinder	: 70 mm
Panjang batang piston	: 84 mm
Rasio kompresi	: 10,6 : 1

4. Laptop

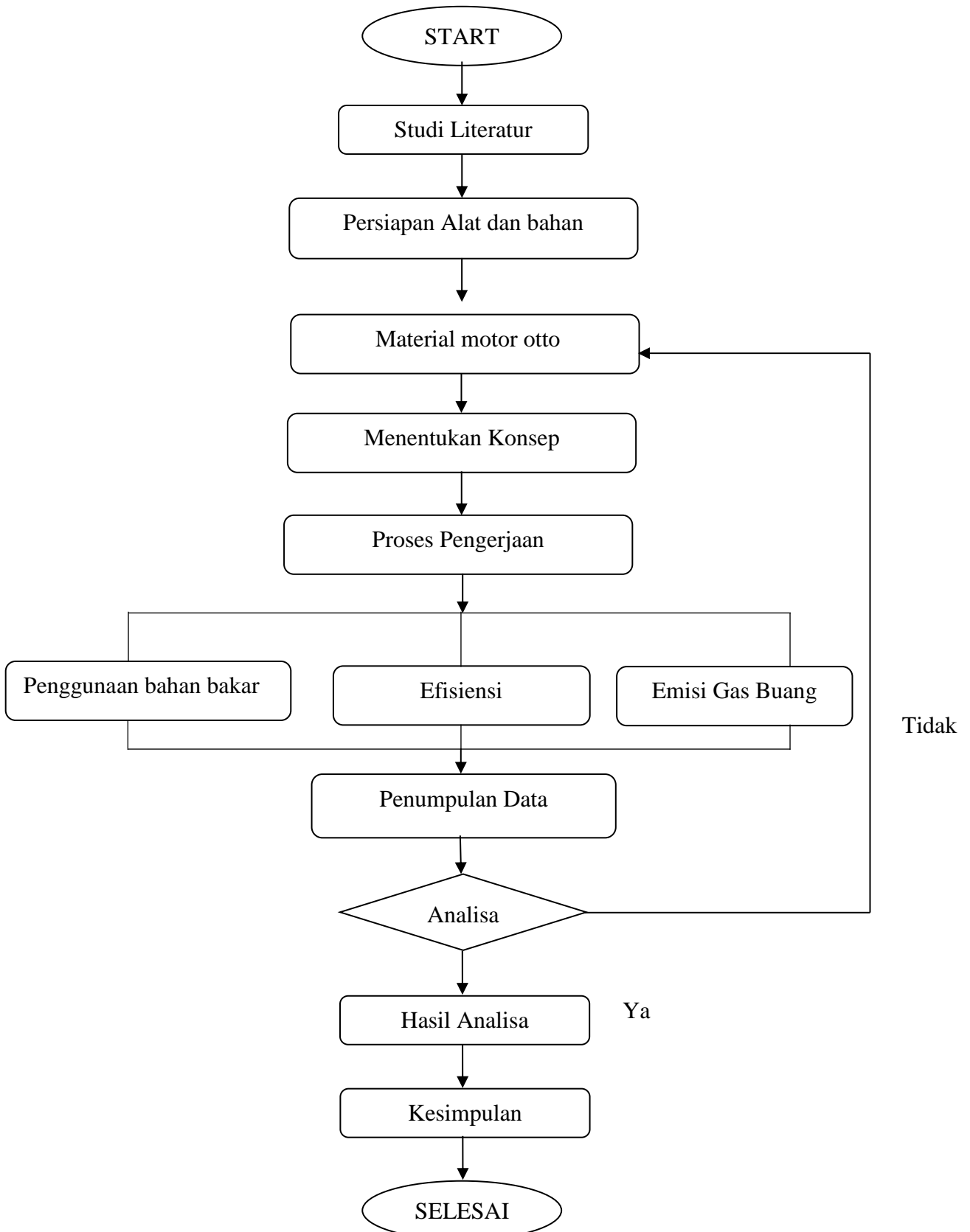


Gambar 3.5 Laptop

Spesifikasi Laptop

Windows	: Windows 10 Home Single Language
Prosesor	: Intel(R) Core(TM) i3-6006U CPU @ 2.00GHz 1.99 GHz
Ram	: 8 gb

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6. Diagram alir penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun persiapan dari penelitian yaitu sebagai berikut :

3.4.1 Persiapan Bahan

Setelah semua bahan disiapkan, selanjutnya bahan bakar yang akan diuji tersebut dituang menggunakan gelas ukur sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan. Adapun langkah penuangan bahan bakar pertalite dan pertamax yang digunakan adalah sebagai berikut

:

- a) Menyiapkan bahan bakar pertalite dan pertamax.



Gambar 3.7 Bahan bakar pertalite dan pertamax

- b) Mengukur volume penuangan bahan bakar pertalite dan pertamax yang digunakan menggunakan gelas ukur.
- c) Memasukkan bahan bakar pertalite dan pertamax yang telah diukur volumenya ke dalam tangki. Untuk bahan bakar pertalite dan pertamax murni yang akan diuji masing-masing dimasukkan ke dalam tangki sesuai volume yang dibutuhkan.



Gambar 3.8 Penuangan Pertalite



Gambar 3.9 Penuangan Pertamina

3.4.2 Persiapan Alat

Sebelum memulai pengujian terlebih dahulu melakukan persiapan alat-alat yang digunakan, adapun persiapannya meliputi :

- d) Mengisi tangki air sampai penuh, air disini yang digunakan sebagai beban pada dinamometer.
- e) Mengganti oli mesin dengan yang baru.
- f) Membersihkan karburator dari kotoran sisa bahan bakar, agar proses

pencampuran bahanbakar dan udara didalam karburator semakin baik.

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.5.1 Prosedur Pengujian Emisi Gas Buang

Adapun prosedur pada pengujian emisi gas buang adalah sebagai berikut:

- a) Memanaskan mesin kurang lebih selama 5 menit agar mesin dalam kondisi siap kerja.
- b) Menghubungkan *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* ke arus listrik.
- c) Menghidupkan tombol *switch Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* yang berada dibelakang alat.



Gambar 3.10 Menghidupkan mesin

- d) Memilih menu *Gas Analysys* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
- e) Memilih menu *Measurment* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
- f) Memilih menu *Standar test* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*. Selanjutnya unit *Stargas 898* secara otomatis melakukan *warming up* kurang lebih selama 60 detik, kemudian melakukan *auto zero* secara otomatis yang berfungsi untuk mereset data dari awal.
- g) Menghidupkan mesin dan mengatur putaran mesin pada 2500 rpm.



Gambar 3.11 Mengatur putaran mesin

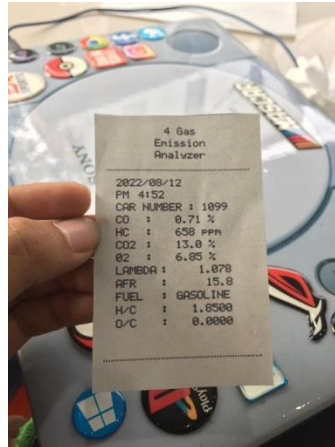
h) Memasukkan *probe sensor* ke kenalpot.



Gambar 3.12 Memasukkan sensor

i) Menunggu sampai angka dilayar *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* stabil.

j) Mencetak nilai pada *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.



Gambar 3.13 Mencetak hasil Exhaust Gas analyzer

- k) Melakukan pengujian dengan variasi bahan bakar yaitu pertalite, pertamax dengan pengulangan pengujian sebanyak 3 kali.

3.5.2 Prosedur Penggantian Bahan Bakar

Setelah dilakukan pengujian prestasi mesin dan emisi gas buang dengan salah satu jenis bahan bakar, selanjutnya dilakukan prosedur penggantian bahan bakar yang telah digunakan, agar bahan bakar yang diuji berikutnya tidak tercampur dengan sisa bahan bakar yang telah diuji sebelumnya, sehingga data yang dihasilkan akurat. Adapun prosedur dalam penggantian bahan bakar adalah sebagai berikut :

- a) Mengosongkan tangki bahan bakar sampai dengan benar-benar tidak terdapat sisa bahan bakar didalam tangki.
- b) Mengosongkan bahan bakar yang terdapat pada selang bahan bakar yang menuju karburator.
- c) Mengosongkan bahan bakar yang masih terdapat didalam karburator dengan cara membukabaut yang terdapat di bawah karburator.
- d) Mengisi kembali bahan bakar yang diuji kedalam tangki bahan bakar.
- e) Menghidupkan mesin selama kurang lebih 5 menit sebelum dilakukan pengujian, agar pada pengujian berikutnya bahan bakar yang terbakar benar-benar telah berganti.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Bahan Bakar

Pengujian emisi dilakukan dalam dua tahap yaitu pada bahan bakar pertalite dan kemudian bahan bakar pertamax, hasil dari pengambilan data uji emisi, suhu mesin dan jumlah bahan bakar yang digunakan selama jumlah pengujian disajikan pada tabel 1 sebagaiberikut

Tabel 4.1 Hasil Uji Bahan Bakar Pertalite

Pengujian Gas Buang Dengan Bahan Bakar Pertalite								
RPM	Durasi Operasi (s)	Jumlah BBM(ml)	Suhu (°C)			Pertalite		
			BBM/Gram	Oli	Mesin	CO (%)	Co (Gram)	HC (ppm)
1000	60	3.2	2.5248	61,6	106.7	6	0.001409	339
	120	5.6	4.4184	61,3	105.8	7	0.003243	1205
	180	8	6.312	60,5	105.5	7	0.004589	1188
2000	60	4.2	3.3138	62,0	125.9	2	0.00054	185
	120	8.1	6.3909	68,7	130.8	2	0.000971	140
	180	11.9	9.3891	68,7	130	1	0.001324	139
3000	60	5.3	4.1817	72,3	132.3	1	0.000418	79
	120	11.3	8.9157	72,9	131.2	4	0.003272	159
	180	16.2	12.7818	74,5	130.7	4	0.004601	158

Pengujian bahan bakar Pertalite dilakukan dengan durasi waktu yang berbeda pada setiap kecepatan, pada 1000 rpm pengujian selama 60 detik didapatkan jumlah konsumsi bbm sebanyak 3.2 ml dengan suhu mesin 106.7 °C dan menghasilkan CO sebesar 6% dan HC sebesar 339 ppm, pengujian selama 120 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 5,6 ml dengan suhu mesin 105.8 °C dan menghasilkan CO sebesar 7% dan HC sebesar 1205 ppm, pengujian selama 180 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 8 ml dengan suhu mesin 105.5 °C dan menghasilkan CO sebesar 7% dan HC sebesar 1188 ppm

Pengujian pada 2000 rpm pengujian selama 60 detik didapatkan jumlah konsumsi bbm sebanyak 4.2 ml dengan suhu mesin 125.9 °C dan menghasilkan

CO sebesar 2% dan HC sebesar 185 ppm, pengujian selama 120 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 8,1 ml dengan suhu mesin 130.8 °C dan menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 140 ppm, pengujian selama 180 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 11.9 ml dengan suhu mesin 130°C dan menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 139 ppm.

Pengujian pada 3000 rpm pengujian selama 60 detik didapatkan jumlah konsumsi bbm sebanyak 5.3 ml dengan suhu mesin 132.3 °C dan menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 79 ppm, pengujian selama 120 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 11.3 ml dengan suhu mesin 131.2 °C dan menghasilkan CO sebesar 4% dan HC sebesar 159 ppm, pengujian selama 180 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 16.2 ml dengan suhu mesin 130.7 °C dan menghasilkan CO sebesar 4% dan HC sebesar 158 ppm.

Tahap berikutnya melakukan pengujian pada bahan bakar pertamax yang disajikan pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Bahan Bakar Pertamax

Pengujian Gas Buang Dengan Bahan Bakar Pertamax								
RPM	Durasi operasi(s)	Jumlah BBM/ml	Suhu (°C)			Pertamax		
			BBM/Gram	Oli	Mesin	CO (%)	Co (Gram)	HC (ppm)
1000	60	2.8	2.2092	65,0	113.9	7	0.001498	658
	120	5.7	4.4973	65,0	103.9	6	0.002712	514
	180	8	6.312	63,4	104.3	1	0.000808	579
2000	60	3.5	2.7615	63,9	127.3	2	0.000445	148
	120	7.5	5.9175	67,6	124.6	2	0.000953	142
	180	11.6	9.1524	70,8	128.2	2	0.001464	131
3000	60	5.5	4.3395	71,7	133.9	3	0.001319	143
	120	10	7.89	73,2	136.4	2	0.001483	110
	180	14.6	11.5194	77,5	138.6	1	0.000818	72

Pengujian bahan bakar Pertamax dilakukan dengan durasi waktu yang berbeda pada setiap kecepatan, pada 1000 rpm pengujian selama 60 detik didapatkan jumlah konsumsi bbm sebanyak 2.8 ml dengan suhu mesin 113.9 °C dan menghasilkan CO sebesar 7% dan

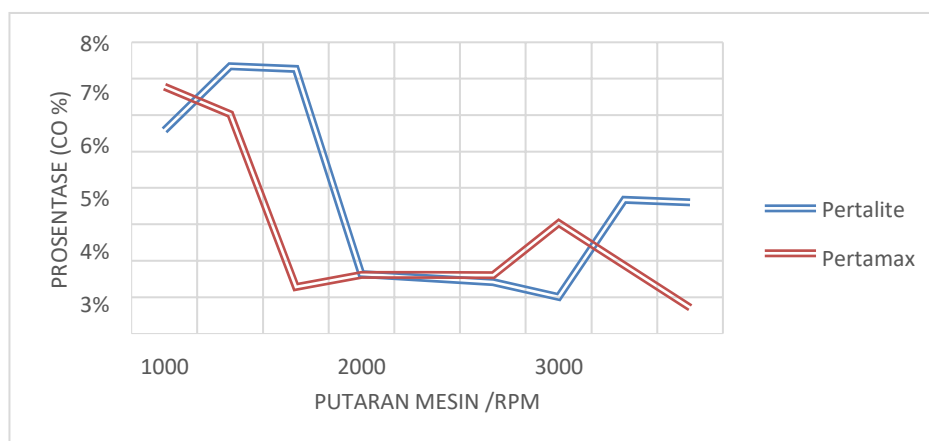
HC sebesar 658 ppm, pengujian selama 120 detik jumlah konsumsi bahan bakar

sebesar 5,7 ml dengan suhu mesin 103.9 °C dan menghasilkan CO sebesar 6% dan HC sebesar 514 ppm, pengujian selama 180 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 8 ml dengan suhu mesin 104.3 °C dan menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 579 ppm

Pengujian pada 2000 rpm pengujian selama 60 detik didapatkan jumlah konsumsi bbm sebanyak 3.5 ml dengan suhu mesin 127.3 °C dan menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 148 ppm, pengujian selama 120 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 7,5 ml dengan suhu mesin 124.6 °C dan menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 142 ppm, pengujian selama 180 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 11.6 ml dengan suhu mesin 128 °C dan menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 131 ppm.

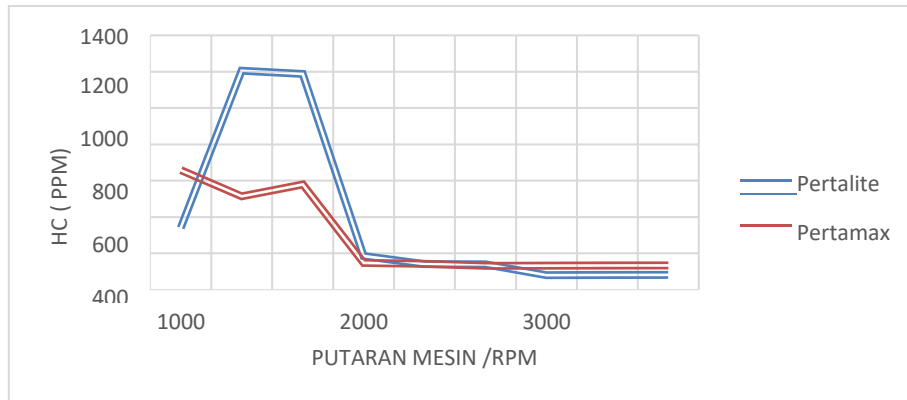
Pengujian pada 3000 rpm pengujian selama 60 detik didapatkan jumlah konsumsi bbm sebanyak 5.5 ml dengan suhu mesin 133.9 °C dan menghasilkan CO sebesar 3% dan HC sebesar 143 ppm, pengujian selama 120 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 10 ml dengan suhu mesin 133.9 °C dan menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 110 ppm, pengujian selama 180 detik jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 14.6 ml dengan suhu mesin 138.6 °C dan menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 72 ppm.

Dari hasil uji bahan bakar pertalite dan pertamax terhadap putaran mesin dan waktu yang berbeda di mesin dengan rasio kompresi 9:1 prosentase terendah CO terendah didapatkan pada 2000 rpm seperti tersaji pada gambar 1



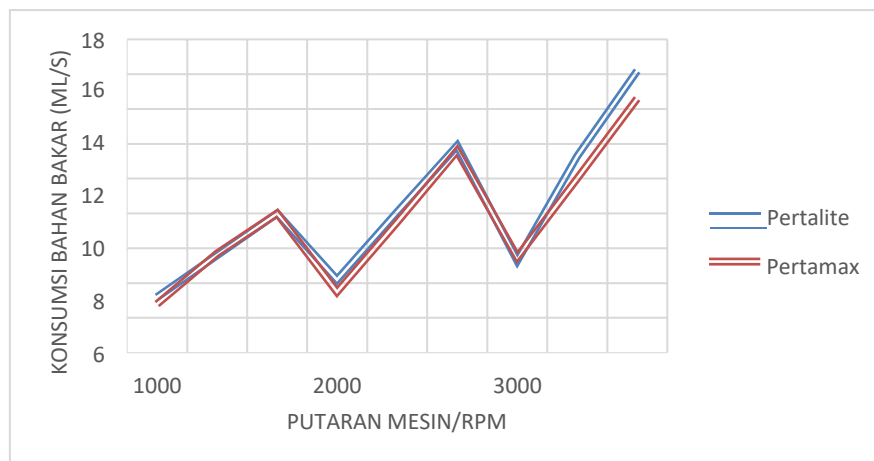
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Putaran Mesin (rpm) Vs Prosentase CO (%)

Pada pengujian bahan bakar pertamax dan pertainite pada kendaraan dengan rasio kompresi 9:1 didapatkan perbandingan antara emisi CO dan Putaran mesin (rpm) bahwa bahan bakar pertamax memiliki nilai CO yang lebih rendah, pertamax dengan rata rata sebesar 3% dan pertainite rata rata sebesar 4 %



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan HC (ppm) Vs Putaran Mesin (rpm)

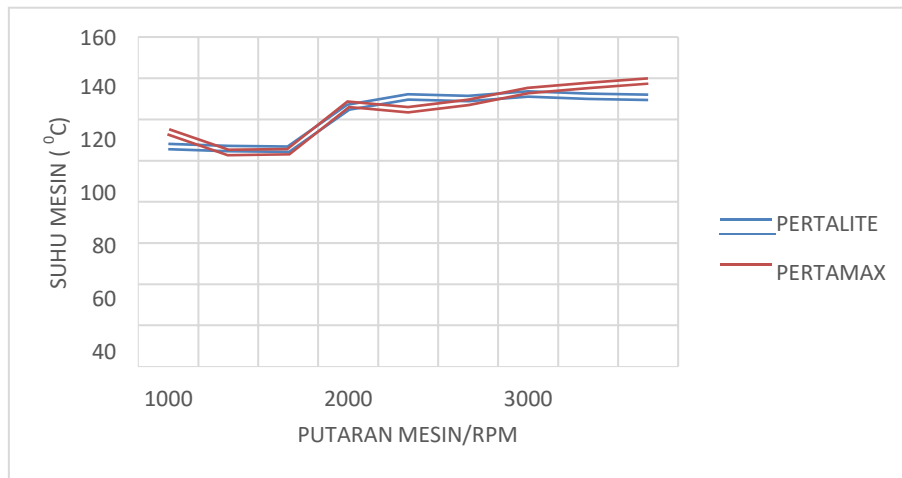
Pada pengujian bahan bakar pertamax dan pertainite pada kendaraan dengan rasio kompresi 9:1 didapatkan perbandingan antara HC dan putaran mesin (rpm) bahwa bahan bakar pertamax memiliki nilai HC yang lebih rendah, pertamax dengan rata rata sebesar 277,4 ppm dan pertainite rata-rata sebesar 399,1 ppm.



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar (ml/s) Vs Putaran Mesin (rpm)

Pada pengujian bahan bakar pertamax dan pertainite pada kendaraan dengan rasio kompresi 9:1 didapatkan bahwa bahan bakar pertamax yang digunakan untuk kendaraan dengan rasio kompresi 9:1 memiliki nilai konsumsi bahan bakar

yang lebih rendah, pertamax dengan rata rata sebesar 7,68 ml/s dan pertalite rata-rata sebesar 8,2 ml/s.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Suhu Mesin ($^{\circ}\text{C}$) Vs Putaran Mesin (rpm)

Pada pengujian perbandingan antara suhu mesin ($^{\circ}\text{C}$) dan Putaran mesin (rpm) didapatkan bahwa bahan bakar Pertamax memiliki suhu mesin yang lebih tinggi, pertamax dengan rata rata sebesar 123,4 ($^{\circ}\text{C}$) dan pertalite rata-rata sebesar 122.1 ($^{\circ}\text{C}$).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dalam pemilihan bahan bakar mesin yang baik, perlu membandingkan besarnya konsumsi bahan bakar pertalite dengan pertamax terhadap satuan waktu perjam. emisi CO pertamax rata-rata sebesar 3 % dan CO rata rata yang dihasilkan pertalite sebesar 4 %, pada emisi gas buang HC, pertamax juga memiliki nilai emisi yang lebih rendah dimana emisi HC rata rata didapatkan sebesar 277, 4 ppm dan HC dari pertalite sebesar 399,1 ppm, suhu kerja mesin dengan bahan bakar pertamax lebih cepat didapatkan sehingga perambatan pembakaran lebih baik.
2. Dari hasil analisa menunjukkan hubungan antara bahan bakar pertalite dengan pertamax terhadap efisiensi bahan bakar sangat dipengaruhi besarnya konsumsi bahan bakar, dimana:
 - Menggunakan BBM Pertalite 1 liter dengan putaran mesin 1000 rpm untuk 60 detik sebesar 3.2 ml, untuk 120 detik sebesar 5.6 ml, 180 detik sebesar 8 ml.
 - Menggunakan BBM Pertalite 1 liter dengan putaran mesin 2000 rpm untuk 60 detik sebesar 4.2 ml, untuk 120 detik sebesar 8.1 ml, 180 detik sebesar 13.9 ml.
 - Menggunakan BBM Pertalite 1 liter dengan putaran mesin 3000 rpm untuk 60 detik sebesar 5.3 ml, untuk 120 detik sebesar 11.3 ml, 180 detik sebesar 16.2 ml.

Sedangkan untuk pertamax sendiri ialah

- Menggunakan BBM Pertalite 1 liter dengan putaran mesin 1000 rpm untuk 60 detik sebesar 2.8 ml, untuk 120 detik sebesar 5.7 ml, 180 detik sebesar 8 ml.

- Menggunakan BBM Peralite 1 liter dengan putaran mesin 2000 rpm untuk 60 detik sebesar 3.5 ml, untuk 120 detik sebesar 7.5 ml, 180 detik sebesar 11.6 ml.
- Menggunakan BBM Peralite 1 liter dengan putaran mesin 3000 rpm untuk 60 detik sebesar 5.5 ml, untuk 120 detik sebesar 10 ml, 180 detik sebesar 14.6 ml.

Dengan demikian efisiensi bahan bakar pertamax lebih baik, dikarenakan menghasilkan efisiensi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan pertalite.

3. Pengujian emisi gas buang pada bahan bakar pertalite dan pertamax didapat nilai gas carbon monoksida (CO) dan hidro carbon (HC), dimana:

- Menggunakan BBM Peralite 1 liter dengan putaran mesin 1000 rpm untuk 60 detik didapat suhu sebesar 106.7 °C menghasilkan CO sebesar 6% dan HC sebesar 339 ppm, untuk 120 detik didapat suhu sebesar 105.8 °C menghasilkan CO sebesar 7% dan HC sebesar 120.5 ppm, 180 detik didapat suhu sebesar 105.5 °C menghasilkan CO sebesar 7% dan HC sebesar 118.8 ppm.
- Menggunakan BBM Peralite 1 liter dengan putaran mesin 2000 rpm untuk 60 detik didapat suhu sebesar 125.9 °C menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 185 ppm, untuk 120 detik didapat suhu sebesar 130.8 °C menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 140 ppm, 180 detik didapat suhu sebesar 130 °C menghasilkan CO sebesar 7% dan HC sebesar 139 ppm.
- Menggunakan BBM Peralite 1 liter dengan putaran mesin 3000 rpm untuk 60 detik didapat suhu sebesar 132.3 °C menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 79 ppm, untuk 120 detik didapat suhu sebesar 131.2 °C menghasilkan CO sebesar 4% dan HC sebesar 159 ppm, 180 detik didapat suhu sebesar 130.7 °C menghasilkan CO sebesar 4% dan HC sebesar 158 ppm.

Sedangkan untuk pertamax sendiri ialah

- Menggunakan BBM Peralite 1 liter dengan putaran mesin 1000 rpm untuk 60 detik didapat suhu sebesar 113.9 °C menghasilkan CO sebesar

7% dan HC sebesar 658 ppm, untuk 120 detik didapat suhu sebesar 103.9 °C menghasilkan CO sebesar 6% dan HC sebesar 514 ppm, 180 detik didapat suhu sebesar 104.3 °C menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 579 ppm.

- Menggunakan BBM Pertalite 1 liter dengan putaran mesin 2000 rpm untuk 60 detik didapat suhu sebesar 127.3 °C menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 148 ppm, untuk 120 detik didapat suhu sebesar 124.6 °C menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 142 ppm, 180 detik didapat suhu sebesar 128 °C menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 131 ppm.
- Menggunakan BBM Pertalite 1 liter dengan putaran mesin 3000 rpm untuk 60 detik didapat suhu sebesar 132.3 °C menghasilkan CO sebesar 3% dan HC sebesar 143 ppm, untuk 120 detik didapat suhu sebesar 133.9 °C menghasilkan CO sebesar 2% dan HC sebesar 110 ppm, 180 detik didapat suhu sebesar 138.6 °C menghasilkan CO sebesar 1% dan HC sebesar 72 ppm.

Kandungan emisi gas buang dari bahan bakar pertamax lebih rendah ditinjau dari gas monoksida (CO) dan hidro carbon (HC), sehingga dinyatakan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar pertalite.

3.5 Saran

Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut dalam penggunaan bahan bakar pertalite dan pertamax, agar menghasilkan data efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih baik untuk kedepanya dalam mengurangi polusi udara.

DAFTAR PUSTAKA

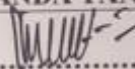
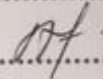
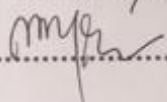
- Achmad Kusairi Samlawi, S.T., M.M., M.T., (2018), Motor Bakar (Teori Dasar Motor Diesel) (Hmkb781), Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat
- Adzana Azzidani Jakti Riyadi Sukit dan Syahbuddin, (2020), PROSES PEMBUATAN BLOK MESIN MOTTO MINI GP 50CC, “MEKANIK” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin ITM, Vol. 6 No. 2, November 2020: 61 – 68, e-ISSN 2581-0235
- Amrullah, Sungkono, Eko Prastianto, (2018), Analisis pengaruh penggunaan bahan bakar premium dan pertamax terhadap prestasi mesin, Jurnal Teknik mesin universitas muslim Indonesia, teknologi volume 18, No. 1, April 2018
- Bambang Irawan (2017), Perhitungan Energi Pembakaran Bahan Bakar di Dalam Silinder Mesin Bensin, Prosiding SNTT 2017 – Politeknik Negeri Malang, Volume 3 – ISSN: 2476-9983
- Berto Yusuf Nugroho, Qoriatul Fitriyah, Yudi Yunanto, (2020), “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamax Dan Peralite Pada Motor Bakar Rasio Kompresi 9:1 Terhadap Emisi Gas Buang”, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam, Batam
- Chandra A Siregar., 2019, “*Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara*”, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan
- Ferdywanto Parende, Hardi Gunawan, Mas, C, I Nyoman Gede, Analisis Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yang Terpasang Pada Sepeda Motor Suzuki Smash 110 Cc, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Ratulangi.
- Gunawan S, Hasan H, Lubis W R D, 2020, “Pemanfaatan Adsorben Dari Tongkol Jagung Sebagai Karbon Aktif Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor”, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan
- Haruna, Lahming, Faizal Amir, Ahmad Rifqi Asrib, (2019), Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, Volume 2 No 2 April 2019 Hal. 57 – 61, P-ISSN: 2598-6090 Dan E-ISSN 2599-2902.
- I Gade Wiratmaja, (2010), Analisa unjuk kerja motor bensin akibat pemakaian biogasoline, Jurnal ilmiah Teknik mesin cakra M Vol. 4, no. 1. April 2010 (16-25)
- I Wayan Budi Ariawan, I.G.B Wijaya Kesuma dan I. W. Bandem Adnyana, (2016), Pengaruh penggunaan bahan bakar pertalite terhadap unjuk kerja daya, torsi dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor bertransmisi otomatis, Jurnal MATTEK volume 2 no 1 (2016) pp. 51-58.


- Marabdi A Siregar. Dkk. 2021 Manfaat Limbah Skrap Aluminium Untuk Knalpot Sepeda Motor Vega ZR Tahun 2011 Guna Mengurangi Polusi Udara. Medan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Marabdi A Siregar. Dkk. 2021 *Pemanfaatan logam sisa permesinan pada knalpot guna menurangi pencemaran udara*. Medan. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan
- Muhammad Fauzi Aditya Nasri, MSK Tony Suryo Utomo (2015), Prediksi konsumsi bahan bakar minyak untuk kendaraan darat jalan raya sampai tahun 2040 menggunakan software leap, Jurnal Teknik mesin S-1, vol. 3 no. 2, tahun 2015
- Muhammad Lutfi, Dwi Ahmad R, Muji Setiyo, Suroto Munahar (2018), Uji Komposisi Bahan Bakar dan Emisi Pembakaran Pertalite dan Premium, Jurnal Teknologi, Volume 10, No. 1 Januari 2018.
- Munawar A Siregar. 2021. *Perencanaan sistem Pemindahan Daya Motor pada Kontruksi lift bangunan 2 lantai berkapasitas 500 kg*. Medan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- R. D. Ratnani (2008), Teknik pengendalian pencemaraan udara yang di akibatkan oleh partikel, Momentum, vol. 4, no. 2, Oktober 2008: 27 – 32
- Yustinus Setiawan, Semin dan Tjoek Soeprejitno (2013), Analisis Perbandingan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan CNG Berbasis Pada Simulasi, JURNAL TEKNIK SISTEM PERKAPALAN Vol. 1, No. 1, (2013) 1-5

LAMPIRAN

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

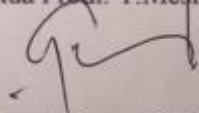
Peserta seminar
 Nama : HERI SETIAWAN
 NPM : 1607230020
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Pemilihan BBM Mesin/Otto Terhadap Efisiensi Bahan Bakar Dan Polusi Udara (Analisa Teoritis)

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Rahmatullah, S.T.M.Sc	: 
Pembanding – I : Ahmad Marabdi Siregar, S.T.M.T	: 
Pembanding – II : M. Yani, S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230068	ALVIN SAHPUTRA	
2	1607230058	Ricky Amhiansyah	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 18 Shafar 1443 H
22 Oktober 2021 M

Ketua Prodi. T.Mesin


Chandra A Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : HERI SETIAWAN
NPM : 1607230020
Judul T.Akhir : Pengaruh Pemilihan BBM Mesin/Otto Terhadap Efisiensi Bahan Bakar Dan Polusi Udara (Analisa Teoritis)

Dosen Pembimbing - I : Rahmatullah S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar, S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : M. Yani, S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

① Lihat laporan skripsi : 7/6 kelas
di pembisa :


3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Chandra A Siregar.S.T.M.T

Medan 18 Shafar 1443H
22 Oktober 2021 M

Dosen Pembanding- I



Ahmad Marabdi Siregar, S.T.M.T



UMSU

Bila mendapat surat ini agar ditunjukkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 86/1113AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 05 Desember 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : HERI SETIAWAN
Npm : 1607230020
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH PEMILIHAN MESIN/OTTO TERHADAP EFISIENSI
BAHAN BAKAR DAN POLUSI UDARA (ANALISA TEORITIS)

Pembimbing : RAHMATULLAH, ST, M.Sc

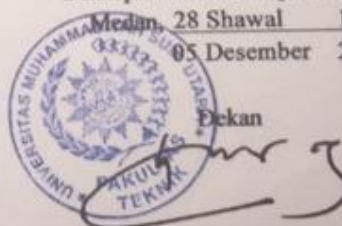
Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 28 Shawal 1443 H
05 Desember 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

"Pengaruh Pemilihan Material Mesin Bensin/Otto Terhadap Efisiensi Bahan Bakar dan Polusi Udara (Analisa Teoritis)".

Nama: Heri Setiawan
NPM : 1607230020

Dosen Pembimbing : Rahmatullah, S.T., M.Sc., IPM. ASEAN Eng.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	5-06-2021	Penulisan PROPOSAL tugas Akhir	Umu-
2	16-06-2021	melengkapi data-data material mesin otto	Umu-
3	27-06-2021	melengkapi data efisiensi bahan bakar	Umu-
4	14-07-2021	lengkapi data polusi udara	Umu-
5	10-08-2021	data perbandingan efisiensi bahan bakar dan polusi	Umu-
6	21-08-2021	Seminar PROPOSAL	Umu-
7	09-09-2021	perbaiki Bab 4 dan bab 5	Umu-
8	14-09-2021	ACC Seminar hasil	Umu-
9	14-06-2022	perbaiki tabel hasil, tujuan, saran dan daftar pustaka	Umu-
10	18-07-2022	ACC sidang tugas akhir	Umu-

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Heri Setiawan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 11 September 1998
Alamat : Jl. Pancing 1, No.248 LK X
Agama : Islam
E-mail : Heri091198@gmail.com
No.Hp : 0858 0552 0804

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Swasta Pelita Tahun 2004-2010
2. SMP Muhammadiyah 15 Tahun 2010-2013
3. SMK TRITECH INFORMATIKA MEDAN Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2022