



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA FAKTOR EMISI GAS BUANG PADA MOTOR 4
LANGKAH 150 CC MENGGUNAKAN GASBOARD 5020**

LAPORAN TUGAS AKHIR

GHOZALI ICHSANUDIN

40040220655022

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JULI 2023**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA FAKTOR EMISI GAS BUANG PADA MOTOR 4
LANGKAH 150 CC MENGGUNAKAN GASBOARD 5020**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

GHOZALI ICHSANUDIN

40040220655022

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG


JULI 2023

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan benar**

Nama : Ghozali Ichsanudin

NIM : 40040220655022

Tanda Tangan : 

Tanggal : 1 Juli 2023

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Hayam Wuruk No. 1-4Pleburan,
Semarang, Kode Pos 50241
Telepon: Taksarale (024) 8316533
Laman: <http://www.volokasi.unidp.ac.id/>
email: me.volokasi@unidp.ac.id

SURAT TUGAS

No. : 081 / UN7.5.13 / RPM / PA / 2023

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik menugaskan kepada:

Nama : 1. Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
2. Bambang Setyoko, S.T. M.Eng.
3. Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes.
Tugas : Menguji Proyek Akhir Mahasiswa
S.Tr. Rekayasa Perancangan Mekanik
Waktu : Terlampir
Tempat : Ruang Sidang Proyek Akhir (PA) Gedung H Lt. 1

Harap dilaksanakan sebaik-baiknya dan menyampaikan nilai hasil Ujian Proyek Akhir melalui SIAP setelah menjalankan tugas.

Semarang, 31 Januari 2023
Ketua Prodi S.Tr. Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, ST, MT.
NIP 19711030 199802 1 001

HALAMAN PENGESAHAN


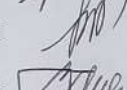
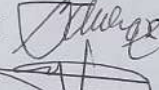

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh

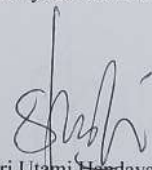
Nama : Ghozali Ichsanudin
NIM : 40040220655022
Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul : Analisa Faktor Emisi Gas Buang Pada Motor 4 Langkah
150 cc Menggunakan Gasboard 5020

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T.,M.T. ()
Penguji I : Dr. Seno Darmanto, S.T.,M.T. ()
Penguji II : Bambang Setyoko, S.T.,M.Eng ()
Penguji III : Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes ()

Mengetahui,
Ketua Program Studi DIV
Rekayasa Perancangan Mekanik


Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP 19760915 200312 2 001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ghozali Ichsanudin
NIM : 40040220655022
Jurusan/Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisa Faktor Emisi Gas Buang Pada Motor 4 Langkah 150 cc Menggunakan Gasboard 5020

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : 1 Juli 2023

Yang menyatakan,



Ghozali Ichsanudin

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

1. “Do The Best and Be The Best”
2. Bermimpilah setinggi langit, jika engkau jatuh, jatuhlah diantar bintang – bintang

Persembahan

1. Terimakasih kepada Allah SWT karena rahmatnya laporan tugas akhir ini bisa terselesaikan.
2. Terimakasih kepada Alm. Bapak Priyo Widodo karena beliau selalu menjadi motivasi untuk menjalani hidup dan kepada Ibunda tercinta Sri Suharti yang telah memberikan kasih dan limpahan doa untuk menjani untuk meraih cita-cita.
3. Kakak dan adik tercinta yang senantiasa mendukung dan mendukung penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing yang telah membantu menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul “**Analisa Faktor Emisi Gas Buang Pada Motor Langkah 150 cc Menggunakan Gasboard 5020**”. Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Ibu Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Didik Ariwibowo, S.T., M.T. selaku Dosen Wali selama menjadi mahasiswa Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik.
4. Bapak Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis.
5. Teman – teman seperjuangan di Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik kelas lanjutan Universitas Diponegoro.
6. Keluarga besar Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
7. Semua pihak yang telah membantu penulisan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak yang dapat dikembangkan pada laporan Proyek Akhir ini. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan. Semoga Laporan Proyek Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis sendiri dan semua pihak khususnya bagi mahasiswa Rekayasa Perancangan Mekanik.

Semarang, 1 Juli 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ghozali Ichsanudin', written in a cursive style.

Ghozali Ichsanudin

ABSTRAKSI

“ANALISA FAKTOR EMISI GAS BUANG PADA MOTOR 4 LANGKAH 150 CC MENGGUNAKAN GASBOARD 5020

Intergovernmental panel on climate change (IPCC) menyatakan suhu pada permukaan bumi mengalami peningkatan sebesar 0.74 ± 0.18 °C selama seratus tahun terakhir diakibatkan oleh bertambahnya kadar emisi gas rumah kaca, efek umpan balik, dan peningkatan jumlah peternakan. Salah satu penyumbang emisi rumah kaca dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil. Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dipengaruhi oleh jenis bahan bakar, tipe kendaraan dan umur mesin.

Penelitian yang dilakukan untuk pengujian gas buang ini menggunakan variasi bahan bakar pertalite, pertamax, shell v power dan pertamax turbo dengan dilakukan variasi kecepatan 3000 rpm, 4000rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000rpm.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan secara keseluruhan faktor emisi gas CO dan HC yang mempunyai nilai emisi tertinggi pada bahan bakar pertalite yaitu dengan nilai emisi gas CO 35,08 g CO/kg dan untuk gas HC 1,22 g HC/kg, sedangkan untuk faktor emisi gas CO dengan nilai 4876,78 g C kg untuk bahan bakar Pertamina turbo.

Kata kunci: Faktor Emisi, Gas Analyzer, Gas Buang

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAKSI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Luaran	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bahan Bakar Bensin	4
2.1.1 Pertalite	4
2.1.2 Pertamax	5
2.1.3 Pertamax Turbo	5
2.1.4 <i>Shell V Power</i>	6

2.2	Motor Bakar	6
2.3	Motor Bensin 4 Langkah	7
2.4	Emisi Gas Buang	10
2.5	Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Gas Buang	13
2.6	Dampak Emisi Gas Buang	14
2.7	Standart Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor	15
2.8	Faktor Emisi	16
2.9	Syarat Alat Uji Emisi Gas	19
2.10	Alat Uji Emisi Gas Board 5020.....	19
BAB III		20
METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR.....		20
3.1	Pengumpulan Data	20
3.2	Persiapan Alat Uji Dan Bahan Uji	20
3.2.1	Alat Uji	20
3.2.2	Bahan Uji	22
3.3	Diagram Alir Pengujian.....	23
3.4	Prosedur Pengambilan Data	24
3.5	Pengolahan Data dan Analisa.....	25
3.6	Penyusunan Laporan	26
BAB IV		27
HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Deskripsi Data	27
4.1.1	Konsentrasi gas CO	27
4.1.2	Konsentrasi gas HC (ppm).....	29
4.1.3	Konsentrasi gas CO ₂	30
4.1.4	Nilai AFR.....	32
4.2	Analisa Data	34

4.2.1 Karbon Monoksida	34
4.2.2 Hidro Kabon (HC)	36
4.2.3 Karbon Dioksida	37
4.2.4 AFR.....	38
4.3 Hubungan Antar Variabel	39
4.4 Perbandingan Antara Emisi Gas Buang Dengan Ambang Batas	39
4.5 Pengaruh Nilai Oktan dengan Emisi Gas Buang.....	40
4.6 Perhitungan Faktor Emisi	41
4.4.1 Faktor Emisi (g/kg).....	41
BAB V	45
KESIMPULAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bahan bakar pertalite.....	4
Gambar 2. 2 Bahan bakar pertamax.....	5
Gambar 2. 3 Bahan bakar pertamax turbo	6
Gambar 2. 4 Bahan bakar shell v power	6
Gambar 2. 5 Langkah isap (intake stroke)	8
Gambar 2. 6 Langkah kompresi (compression stroke)	8
Gambar 2. 7 langkah kerja (power stroke).....	9
Gambar 2. 8 Langkah buang (exhaust stroke)	9
Gambar 2. 9 Faktor Emisi AFR	18
Gambar 3. 1 Alat uji emisi gas buang	21
Gambar 3. 2 Motor jupiter mx 150	21
Gambar 3. 3 Diagram alir.....	23
Gambar 3. 4 Ilustrasi pengujian	25
Gambar 4. 1 Grafik konsentrasi gas CO	35
Gambar 4. 2 Grafik konsentrasi gas HC	36
Gambar 4. 3 Grafik rata rata konsentrasi gas CO ₂	37
Gambar 4. 4 Grafik nilai AFR	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ambang batas emisi kendaraan bermotor	16
Tabel 3. 1 Tabel pengujian bahan bakar	25
Tabel 4. 1 Rata-rata konsentrasi kadar CO (%)	27
Tabel 4. 2 Hasil hipotesa ANOVA gas CO.....	28
Tabel 4. 3 Rata rata konsentrasi gas HC	29
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan ANOVA gas HC.....	30
Tabel 4. 5 Rata rata konsentrasi gas CO2	31
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan ANOVA gas CO2.....	32
Tabel 4. 7 Rata rata nilai AFR	33
Tabel 4. 8 Hasil perhitungan ANOVA nilai AFR.....	34
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan rata rata factor emisi	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	48
Lampiran 2	47
Lampiran 3	48
Lampiran 4	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Intergovernmental panel on climate change (IPCC) suhu pada permukaan bumi mengalami peningkatan sebesar 0.74 ± 0.18 °C selama seratus tahun terakhir diakibatkan oleh bertambahnya kadar emisi gas rumah kaca, efek umpan balik, dan peningkatan jumlah peternakan. Salah satu penyumbang emisi rumah kaca dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil. Gas buang yang dilepaskan selama proses pembakaran oleh kendaraan bermotor mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi kesehatan manusia serta dapat berdampak terhadap kerusakan lingkungan. Gas buang hasil pembakaran dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin disebut dengan emisi gas buang. Emisi gas buang kendaraan yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna adalah CO₂, H₂O, O₂, dan N₂. Pembakaran tidak sempurna mengandung senyawa berbahaya seperti Pb, SPM, NO_x, SO₂, HC, CO, dan Ox (BPLH DKI Jakarta., 2013)

Salah satu faktor yang mempengaruhi emisi gas buang yaitu jenis bahan bakar. Jenis bahan bakar akan berdampak terhadap efisiensi pembakaran dan konsumsi bahan bakar. Penggunaan bahan bakar yang mempunyai nilai oktan tinggi dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan gas hasil pembakaran yang lebih ramah lingkungan.

Pengujian ini akan dilakukan analisa emisi gas buang yang dihasilkan oleh bahan bakar pertalite, pertamax, pertamax turbo & *shell v power* pada kendaraan motor 4 langkah 150 cc. Pengujian ini diharapkan dapat mengetahui hasil emisi gas buang yang dihasilkan berupa polutan (CO, CO₂, HC, O₂).

Hasil polutan yang dihasilkan oleh bahan bakar pertalite, pertamax, pertamax turbo dan shell v power maka diajukan judul skripsi “**Analisa Faktor Emisi Gas Buang Pada Motor 4 Langkah 150 cc Menggunakan Gasboard 5020**”.

1.2 Rumusan Masalah

Pengujian ini bertujuan mengetahui seberapa banyak konsentrasi emisi gas buang yang dihasilkan meliputi gas CO, HC, dan CO₂. Emisi gas buang dibedakan berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan yaitu pertalite, pertamax, pertamax turbo dan *shell v power*. Konsentrasi emisi gas buang juga dibedakan berdasarkan kecepatan putaran idle. Data emisi akan digunakan untuk mendapatkan nilai faktor emisi setiap variasi bahan bakar. Analisis dari data hasil penelitian digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan emisi gas CO, HC, dan CO₂.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pengujian emisi gas buang ini adalah :

- a. Senyawa gas buang yang diamati adalah karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) menggunakan alat uji emisi Gas Board 5020.
- b. Pengujian dilakukan pada putaran idle 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, dan 8000 rpm.
- c. Tujuan penggunaan dynotest agar mengetahui putaran mesin yang idle.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

- a. Menganalisa emisi gas buang yang dihasilkan 4 langkah dengan bahan bakar pertalite, pertamax, pertamax turbo dan shell v power dengan menggunakan alat uji emisi gas board 5020.
- b. Menentukan faktor emisi gas buang untuk gas CO, CO₂ pada tiap bahan bakar pertalite, pertamax, pertamax turbo dan *shell v power* dalam satuan g/kg .
- c. Menganalisa apakah emisi gas buang yang dihasilkan apakah sesuai dengan peraturan pemerintah.

1.5 Luaran

Pelaksanaan Tugas Akhir akan menghasilkan luaran, yaitu:

- a. Laporan Tugas Akhir
- b. Mengetahui emisi gas buang yang terkandung pada bahan bakar pertalite, pertamax, pertamax turbo dan *shell v power*.
- c. Artikel Ilmiah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar Bensin

Bensin merupakan jenis bahan bakar minyak yang digunakan untuk bahan bakar mesin kendaraan bermotor. Bahan bakar bensin yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis *gasoline* atau *petrol*. Bensin biasanya mengandung *parafin*, *naphthene* dan *aromatic* dengan perbandingan yang bervariasi. Jenis bahan bakar bensin digunakan oleh masyarakat untuk kendaraan bermotor yaitu pertalite, pertamax pertamax turbo dan *shell v power*.

2.1.1 Pertalite

Pertalite adalah bahan bakar minyak dari Pertamina dengan RON 90. Pertalite dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya. Zat aditif yang ditambahkan yaitu *HOMC (High Octane Mogas Component)* selain itu juga dilakukan penambahan zat aditif *EcoSAVE* agar mesin menjadi bertambah halus, bersih dan irit. Pertalite mempunyai nilai oktan 90 dan berwarna kehijau-hijauan, kandungan sulfur 0,05% m/m (setara 500 ppm) dan berat jenis maksimal 770 kg/m³, minimal 715 kg/m³ (pada suhu 15°C)) sangat direkomendasikan untuk kendaraan yang mempunyai kompresi 9 - 10. (Ditjen Migas No.3674.K/24/DJM/2006).



Gambar 2. 1 Bahan bakar pertalite

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2023)

2.1.2 Pertamax

Pertamax (RON 92) ditujukan untuk kendaraan yang mensyaratkan bahan bakar beroktan tinggi tanpa timbal. Pertamax sangat disarankan digunakan pada kendaraan bermotor yang diproduksi setelah tahun 1990, terutama kendaraan yang menggunakan teknologi *electronic fuel injection (EFI)* dan *catalytic converters* (pengubah katalitik) (Ningrat dkk., 2016). Bahan bakar pertamax telah dilakukan penambahan zat aditif yang berguna untuk membersihkan timbunan kotoran pada *fuel injector* serta ruang pembakaran. Pertamax mempunyai nilai oktan 92 dan berwarna kebiruan serta kandungan sulfurnya tidak lebih dari 0,05% m/m (setara 500ppm), titik didih 215°C, dan berat jenis maksimal 770 kg/m³, minimal 715 kg/m³ (pada suhu 15°C). (Ditjen Migas) No.3674.K/24/DJM/2006).



Gambar 2. 2 Bahan bakar pertamax

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2023)

2.1.3 Pertamax Turbo

Pertamax Turbo adalah perbaharuan dari sebelumnya Pertamax Plus yang mempunyai oktan 98. Pertamax Turbo sangat dianjurkan untuk kendaraan yang mempunyai rasio kompresi tinggi 11 – 12. Pertamax mempunyai nilai oktan 98 dan berwarna merah serta kandungan sulfurnya tidak lebih dari 0,05% m/m (setara 50

ppm), titik didih 215°C , dan berat jenis maksimal 770 kg/m^3 , minimal 715 kg/m^3 (pada suhu 15°C).



Gambar 2. 3 Bahan bakar pertamax turbo

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2023)

2.1.4 Shell V Power

Shell V power merupakan bahan bakar bensin yang diproduksi oleh perusahaan shell. *shell v power* sendiri mempunyai nilai oktan 95 dan berwarna kuning jernih serta kandungan sulfurnya tidak lebih dari 10 mg/kg serta berat jenis maksimal 775 kg/m^3 , minimal 720 kg/m^3 (pada suhu 15°C).



Gambar 2. 4 Bahan bakar shell v power

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2023)

2.2 Motor Bakar

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang memanfaatkan energi kalor. Motor bakar merupakan jenis motor pembakaran

dalam. Cara kerja motor bakar yaitu dengan mengkonversi energi dari energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi mekanik pada poros motor bakar, daya yang dihasilkan dari proses pembakaran dimanfaatkan sebagai penggerak pada poros. Pada umumnya motor bakar terbagi menjadi 2 golongan yaitu :

1. *Internal combustion engine* (Motor pembakaran dalam)

Motor pembakaran dalam merupakan jenis motor energi mekanisnya dibangkitkan di dalam ruang bakar. Proses pembakaran terjadi di dalam ruang bakar dalam silinder kemudian energi mekanis dihasilkan oleh gerakan torak yang diperoleh dari ledakan bahan bakar dalam silinder. Contohnya adalah motor bakar (bensin maupun diesel).

2. *External combustion engine* (Motor pembakaran luar)

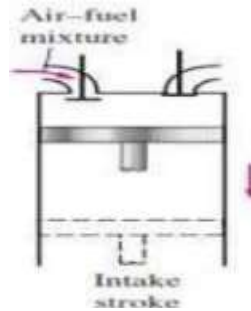
Motor pembakaran luar merupakan jenis motor yang mana energi gerak atau mekanis dibangkitkan di luar ruang bakar. Contohnya adalah proses pembakaran yang terjadi pada mesin uap.

2.3 Motor Bensin 4 Langkah

Prinsip kerja pembakaran dalam adalah torak bergerak secara bolak-balik di dalam silinder. Katup isap berfungsi memasukkan udara yang diperlukan untuk mesin diesel atau campuran bahan bakar dengan udara untuk motor bensin ke dalam silinder, sedangkan katup buang berfungsi mengeluarkan gas hasil pembakaran dari dalam silinder.

1. *Intake Stroke* (langkah isap)

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) sehingga katup hisap terbuka dan katup buang tertutup. Bergeraknya piston dari TMA ke TMB menyebabkan campuran bahan bakar dengan udara masuk kedalam ruang bakar.

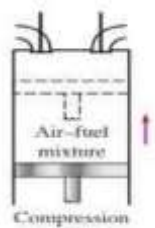


Gambar 2. 5 Langkah isap (intake stroke)

(Sumber : Arismunandar,2002)

2. Langkah Kompresi

Katup hisap dan katup buang tertutup, piston bergerak dari TMB ke TMA sehingga menyebabkan volume silinder berkurang dan terjadi peningkatan tekanan campuran bahan bakar.

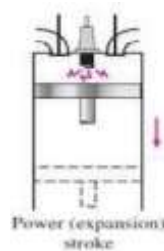


Gambar 2. 6 Langkah kompresi (compression stroke)

(Sumber : Arismunandar,2002)

3. Langkah Ekspansi

Pada langkah ekspansi, katup hisap dan katup buang tertutup. Beberapa saat sebelum piston mencapai TMA, atau pada akhir langkah kompresi busi meloncatkan bunga api. Karena adanya percikan bunga api ini sesaat kemudian bahan bakar terbakar. Akibat dari terjadinya proses pembakaran, terjadi kenaikan tekanan yang drastis dan mendorong piston dari TMA ke TMB.

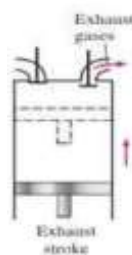


Gambar 2. 7 langkah kerja (power stroke)

(Sumber : Arismunandar,2002)

4. Langkah Buang

Katup buang terbuka dan katup hisap tertutup. Piston bergerak dari TMB ke TMA dan mendorong gas sisa pembakaran keluar melalui saluran buang dan selanjutnya dibuang keudara atmosfir melalui knalpot. Proses tersebut akan terjadi berulang ulang.



Gambar 2. 8 Langkah buang (exhaust stroke)

(Sumber : Arismunandar,2002)

2.4 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran yang terjadi didalam mesin yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan. Emisi yang dibuang ke lingkungan mempunyai kontribusi terhadap pemanasan global, perubahan iklim, hujan asam. Emisi yang menjadi perhatian adalah hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), belerang, dan partikulat karbon padat.

Pencemaran udara yang diakibatkan gas buang kendaraan bermotor semakin meningkat, sehingga pemerintah melakukan upaya pengendalian emisi gas buang kendaraan bermotor. Pada negara-negara yang memiliki standar emisi gas buang kendaraan yang ketat terdapat 5 unsur dalam gas buang kendaraan yang akan diukur yaitu senyawa HC (*Hidrokarbon*), CO (*carbon monoksida*), CO₂ (*carbondioksida*), O₂ (Oksigen) dan senyawa NO (Nitrogen oksida).

a. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon merupakan emisi yang timbul akibat pembakaran bahan bakar yang belum terbakar sempurna akan tetapi sudah keluar bersama gas buang pada saluran buang sehingga menyebabkan smog. Senyawa hidrokarbon yang dihasilkan diakibatkan oleh pemanasan dari udara yang masuk dengan menggunakan gas buang sehingga meningkatkan penguapan dari bahan bakar tersebut. Jumlah hidrokarbon tertentu selalu ada dalam penguapan bahan bakar, di tangki bahan bakar dan dari kebocoran gas yang melalui celah antara silinder dari torak masuk kedalam poros engkol, yang disebut dengan blow by gasses (gas lalu).

b. Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Gas ini akan dihasilkan

oleh unsur karbon (C) yang terdapat dalam penyusun bahan bakar (kira-kira 85 % dari berat dan sisanya hidrogen) terbakar tidak sempurna karena kekurangan oksigen. Menurut Kabib (2009) kadar CO tertinggi terjadi pada kondisi idling dan mencapai minimum ketika akselerasi mencapai kecepatan konstan. Kadar CO juga dipengaruhi oleh campuran bahan bakar, homogenitas, dan *air fuel ratio*. Semakin bagus kualitas campuran dan homogenitas akan mempengaruhi oksigen untuk bereaksi dengan karbon. Jumlah oksigen dalam *air fuel ratio* sangat menentukan besar CO yang dihasilkan, hal ini disebabkan kurangnya oksigen dalam campuran akan mengakibatkan karbon bereaksi tidak sempurna dengan oksigen.

c. Nitrogen Oksida

Nitrogen Oksida (NO_x), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%. NO_x adalah senyawa yang tidak stabil, efeknya jika menjadi gas buang motor akan berikatan dengan oksigen di udara bebas sehingga membentuk kandungan NO₂, kandungan ini mengandung racun dan jika bercampur air akan menjadi asam nitrat yang sangat berbahaya jika dihirup manusia.

d. Karbon Dioksida

Kandungan karbon dioksida yang keluar dari knalpot motor sebenarnya menunjukkan proses pembakaran di ruang bakar, jika kandungan semakin tinggi, maka artinya pembakaran semakin sempurna, jika AFR berada di angka ideal, emisi karbon dioksida akan berkisar antara 12% - 15%, namun jika AFR terlalu sedikit atau kaya maka emisi CO₂ akan turun drastis, apabila CO₂ dibawah 12% maka kita harus melihat emisi lainnya yang menunjukkan posisi AFR terlalu kaya atau

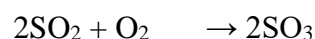
kurus, sumber keluarnya CO₂ sendiri hanya ada di ruang bakar, jika kadar CO₂ rendah namun kadar CO dan HC normal, artinya ada kebocoran pada knalpot. Pembakaran karbon dalam bahan bakar terjadi dalam beberapa tahap sebagai berikut

e. Oksigen

Konsentrasi O₂ di ruang bakar terbanding terbalik dengan CO₂, agar pembakaran sempurna kadar oksigen harus mencukupi untuk setiap molekul HC, bentuk ruang bakar yang melengkung sempurna akan mempengaruhi efisiensi pembakaran bahan bakar karena kondisi ini mempermudah bertemunya molekul bensin dan molekul udara. Untuk mengurangi emisi HC molekul oksigen harus diperbanyak untuk memastikan semua molekul bensin bisa bertemu molekul udara dalam AFR 14,7 : 1 ($\lambda = 1$) oksigen yang terkandung dalam gas buang berkisar antara 0.5% - 1%, normalnya konsentrasi oksigen dan gas buang adalah sekitar 12%.

f. Sulfur Oksida

Pencemaran sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen utama yaitu *sulfur trioksida* (SO₃) dan *sulfur dioksida* (SO₂). *Sulfur dioksida* mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar diudara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif. Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan sebagai berikut:



SO₃ biasanya diproduksi dalam jumlah kecil selama pembakaran, disebabkan reaksi pembentukan SO₃ berlangsung sangat lambat pada suhu yang

relatif rendah (200°C), tetapi kecepatan reaksi akan meningkat dengan meningkatnya suhu.

2.5 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Gas Buang

Faktor penting yang mempengaruhi jumlah emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi terhadap pencemaran udara di Indonesia, antara lain:

1. Kondisi Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang cenderung tinggi memberikan andil terbesar bagi pencemaran udara. Potensi terbesar polusi oleh kendaraan bermotor adalah kemacetan lalu lintas, rambu-rambu, dan tindakan tegas terhadap pelanggaran berkendara. Hal ini dapat membantu mengatasi kemacetan lalu lintas sehingga mengurangi polusi udara (Kusuma, 2013).

2. Geometri Jalan

Jalan tanjakan mengakibatkan penggunaan bahan bakar kendaraan bertambah yang berakibat pada bertambahnya polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan (Kusuma, 2013).

3. Kecepatan Kendaraan

Arus lalu lintas kendaraan bermotor dengan kecepatan rata-rata rendah menyebabkan peningkatan konsentrasi terutama partikel *karbon monoksida* (CO) dan *hidrokarbon* (HC). Zat ini lebih berbahaya karena mengganggu kesehatan daripada kendaraan yang berkecepatan tinggi. Kendaraan ini juga akan memproduksi lebih banyak emisi gas buang yang mengandung *nitrogen oksida* (NO_x) (Kusuma, 2013)

4. Umur Kendaraan

Kendaraan bermotor yang terlalu lama digunakan dapat menyebabkan peningkatan pencemaran udara. Hal ini dikarenakan konstruksi suatu kendaraan telah dirancang mempunyai masa pakai tertentu agar dapat bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Selain itu suatu kendaraan bermotor setelah memasuki tahun kelima terjadi banyak kerusakan, diantaranya yaitu: kerusakan dinding silinder (ruang bakar), keausan torak dan cincin torak, kerusakan karburator, kerusakan saringan bahan bakar, kerusakan saringan udara. (Sayoga, 2011)

5. Sistem Bahan Bakar

Campuran bahan bakar dan udara saat proses pembakaran didalam silinder berdampak terhadap emisi gas buang yang dihasilkan. System bahan bakar pada motor bensin berfungsi untuk: mengkabutkan bahan bakar dan mencampur bahan bakar dengan udara pada komposisi yang tepat (Nugraha dan Sriyanto, 2007)

6. Perawatan Kendaraan

Perawatan kendaraan berperan penting terhadap emisi gas buang yang dihasilkan. Semakin rutin kendaraan bermotor dilakukan servis, maka CO, HC, dan NOx yang dihasilkan semakin kecil.

2.6 Dampak Emisi Gas Buang

Dampak yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil dapat diuraikan dibawah ini:

a. Terhadap Kesehatan

Dampak kesehatan yang diakibatkan oleh gas buang adalah penyakit kanker pada paru-paru atau organ tubuh lainnya, penyakit pada saluran pernapasan, dan

kondisi yang diakibatkan karena pengaruh bahan pencemar yang terkandung didalam gas buang.

b. Terhadap Lingkungan

Senyawa yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor belum diketahui dampaknya terhadap lingkungan selain manusia. Beberapa senyawa yang dihasilkan dari pembakaran sempurna seperti CO₂ yang tidak beracun, belakangan ini menjadi perhatian orang. Kemudian pencemaran SO₂ pada tumbuhan akan menyebabkan bercak atau noda putih atau coklat merah pada permukaan daun. Selain kerusakan pada tumbuhan dan bangunan disebabkan karena SO₂ dan SO₃ di udara kemudian membentuk asam sulfat dan asam sulfat yang kemudian terbawa turun ke tanah bersama air hujan dan mengakibatkan air hujan yang bersifat asam. Sifat asam dari air hujan ini dapat menyebabkan korosi pada logam-logam dan rangka - rangka bangunan, merusak bahan pakaian dan tumbuhan. Oksida nitrogen, NO dan NO₂ berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. NO dan NO₂ dapat memudarkan warna dari serat-serat rayon dan menyebabkan warna bahan putih menjadi kekuningkuningan. (Tugaswati, 2008)

2.7 Standart Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Peraturan dari pemerintah melalui kementerian lingkungan hidup nomor 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama, batas maksimum yang diperbolehkan bisa dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 1 Ambang batas emisi kendaraan bermotor

Kategori	Tahun	Parameter		Metode
	Pembuatan	CO (%)	HC (ppm)	Uji
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4.5	1200	Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5.5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah & 4 langkah)	≥ 2010	4.5	2000	Idle

(Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2006)

2.8 Faktor Emisi

Bedasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2016. Faktor Emisi (FE) merupakan besarnya emisi yang dihasilkan ke udara akibat dari penggunaan bahan bakar tertentu. Faktor emisi merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui kadar kuantitas pencemar yang dilepaskan ke atmosfer. Faktor emisi dapat dinyatakan dalam unit sebagai berikut:

1. Gram/ kilometer (g/km), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan dan km menyatakan jarak tempuh kendaraan dalam kurun waktu tertentu.
2. Gram/ kilogram (g/kg), gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan dan kg menyatakan kuantitas bahan bakar yang digunakan.
3. Gram/Joule (g/J), gram menyatakan banyaknya gas yang diemisikan ke udara dan joule menyatakan energi yang digunakan.

Faktor Emisi (FE) pada kendaraan bermotor dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1. Parameter kendaraan: kategori kendaraan, model dan tahun (berat kotor, ukuran mesin, dan lain-lain), jarak tempuh akumulatif, sistem bahan bakar, sistem kontrol emisi, sistem diagnosa on-board, penyalahgunaan sistem kontrol, pemeriksaan dan perawatan.
2. Parameter bahan bakar: jenis bahan bakar, kandungan oksigen, penguapan, kandungan benzena, olefin, dan aromatik, kandungan sulfur, kandungan timbel dan logam lainnya, efek katalis sulfur.
3. Faktor lingkungan: ketinggian dari permukaan laut, kelembaban, temperatur ambien, variasi temperatur harian, dan klasifikasi jalan.
4. Kondisi pengoperasian kendaraan: moda pemanasan kendaraan (dingin atau panas), laju kendaraan rerata, beban, moda pengayaan bahan bakar, panjang perjalanan dan jumlah perjalanan perhari, dan perilaku pengemudi.

Nilai faktor emisi dinyatakan dalam massa pencemar per unit berat, volume, jarak , atau durasi suatu aktivitas mengemisikan pencemar tersebut. Angka FE berasal dari nilai rata rata statistic dari data pemantauan

$$FE = \frac{\text{Besarnya pencemar yang diemisikan ke atmosfer (gram)}}{\text{Berat bahan bakar oleh suatu aktivitas (gram)}} \quad (2.1)$$

(Sumber : KLH,2010)

Data pemantauan didapatkan dari alat uji gas *analyzer* yang digunakan untuk mendeteksi CO₂, CO, NO_x, dan HC dan juga kadar O₂ yang ikut terbuang. Dalam perhitungan faktor emisi CO₂ satuan yang didapatkan oleh alat uji berupa perbandingan konsentrasi gas CO₂ pada udara yang terpapar emisi (Rs) dengan konsentrasi seluruh gas berisi udara bersih sebelum terpapar emisi (Ro). Hasil perbandingan tersebut ditampilkan dalam satuan (%) CO₂. Sedangkan untuk menghitung besarnya pencemar yang dilepaskan dalam satuan berat (gram), maka

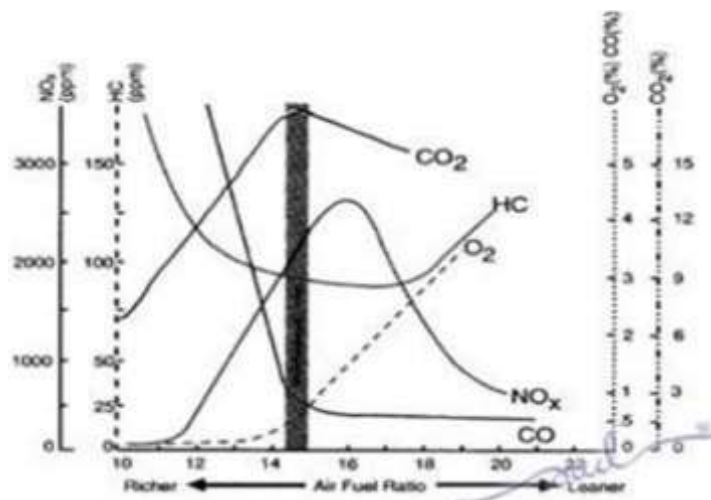
diperlukan masa jenis/ densitas pencemar (Ppencemaran). Jika masa jenis tidak diketahui, maka digunakan rumus gas ideal :

$$PV = n R T \qquad \frac{m}{v} = \frac{P \cdot Mr}{RT}$$

$$PV = \frac{m}{Mr} RT \qquad \frac{m}{v} \left(\frac{g \text{ gas}}{m^3 \text{ udara}} \right) = \frac{ppm \times BM \times 0,001 \times P}{RT}$$

(Sumber : Kolar dkk, 2004)

Berat bahan bakar yang digunakan dapat dihitung dari rasio campuran bahan bakar dan udara (AFR). AFR merupakan jumlah udara terhadap jumlah bahan bakar yang dimasukkan ke ruang bakar dalam kondisi stoikiometri. AFR dapat dijadikan tolak ukur kualitas saat proses pembakaran dan performa mesin berdasarkan dari konsumsi bahan bakar yang digunakan. Kondisi stoikiometri, nilai AFR untuk bahan bakar gasoline adalah 14,7. Nilai tersebut bahwa dalam 1 gram bahan bakar diperlukan 14,7 gram udara untuk proses pembakaran. Adapun grafik emisi AFR dapat dilihat pada gambar 2.9:



Gambar 2. 9 Faktor Emisi AFR
(Sumber :Obert, Edward F,1973)

Udara yang digunakan dalam proses pembakaran adalah oksigen, dimana hanya sekitar 23,14 % atau 3,4 gram dari masa seluruh udara untuk proses pembakaran secara stokiometri. Volume bahan bakar yang terbakar dapat dicari dari nilai AFR dapat dibagi dengan masa jenis udara.

$$\text{Volume BB terbakar (m}^3 \text{ BBM)} = \frac{\text{AFR} \left(\frac{\text{gram udara}}{\text{gram BBM}} \right)}{P \text{ udara} \left(\frac{\text{gram udara}}{\text{m}^3 \text{ udara}} \right)} \quad (2.2)$$

(Sumber: Schrader, 2004)

2.9 Syarat Alat Uji Emisi Gas

Menurut kementerian lingkungan hidup persyaratan alat uji emisi kendaraan berbahan bakar bensin sebagai berikut :

- a. Alat uji emisi memiliki sertifikat kalibrasi yang masih berlaku.
- b. Alat uji harus mampu mengukur konsentrasi CO, CO₂, HC, O₂ dan lamda pada putaran idle.
- c. Alat uji harus memenuhi standart ISO 3930/OIML R-99 tentang standart alat uji emisi kendaraan bermotor.
- d. Peralatan uji harus mendapatkan perawatan rutin 6 bulan sekali.

2.10 Alat Uji Emisi Gas Board 5020

Automotive Emission Gas Analyzer GASBOARD-5020 merupakan instrumen portabel yang dirancang berdasarkan teknologi canggih internasional, yang mengadopsi prinsip *non-Dispersive infrared* (NDIR) untuk mengukur konsentrasi HC, CO dan CO₂, sedangkan O₂ dan NO didasarkan pada ECD. Alat analisa ini dalam ukuran kecil, mudah dioperasikan, akurat dan fungsinya dapat diandalkan. Ini diterapkan pada stasiun pengujian kendaraan bermotor, pabrik mobil, pabrik perbaikan mobil dan sebagainya.

BAB III

METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

Tahapan kegiatan yang disusun untuk mencapai tugas akhir meliputi (i) Pengumpulan data, (ii) persiapan alat uji dan bahan, (iii) pengujian emisi gas buang, (iv) analisa data, (v) penyusunan laporan.

3.1 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dilakukan beberapa tahapan diantaranya yakni:

a) Kajian literatur

Melakukan pengkajian terhadap emisi gas buang, bahan bakar minyak yang akan dijadikan bahan bakar kendaraan yang diuji serta faktor apa saja yang mempengaruhi emisi gas buang.

b) Wawancara (interview)

Bertujuan untuk mempermudah dalam memperoleh data data lapangan yang lebih lengkap mengenai objek tugas akhir dan cara pngujian emisi gas buang.

c) Pemilihan obyek dan alat uji

Setelah ditentukan obyek yang akan diuji, maka dilakukan pemilihan alat uji emisi gas buang.

3.2 Persiapan Alat Uji Dan Bahan Uji

Tujuan pada tahap ini untuk menyiapkan seluruh alat yang digunakan untuk pengujian dan persiapan Bahan uji dalam hal ini yaitu jenis bahan bakar dengan variasi yang kecepatan berbeda-beda, yang dimana setiap variasi akan diuji.

3.2.1 Alat Uji

1) Alat Uji Emisi Gas Buang

Yaitu alat yang digunakan untuk mengukur emisi gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran motor bakar.



Gambar 3. 1 Alat uji emisi gas buang

(Sumber: <https://www.spectrophotometerindia.com/digital-photo-colorimeter-504601.html>)

- 2) Dynamometer
- 3) Motor Jupiter MX 150

Spesifikasi Motor Jupier MX sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Motor jupiter mx 150

(Sumber : google.com)

- Tipe : *Single cylinder/tegak, liquid cooled 4stroke*
- Kapasitas : 150cc
- Daya maksimum : 11,3 kW/8500 rpm
- Torsi maksimum : 13,8 Nm
- Bore x Stroke : 57,0 x 58,7 mm

- Rasio kompresi : 10,4 : 1
- Sistem Bahan Bakar : Fuel Injection
- Kapisitas Oli : 1,15 L.

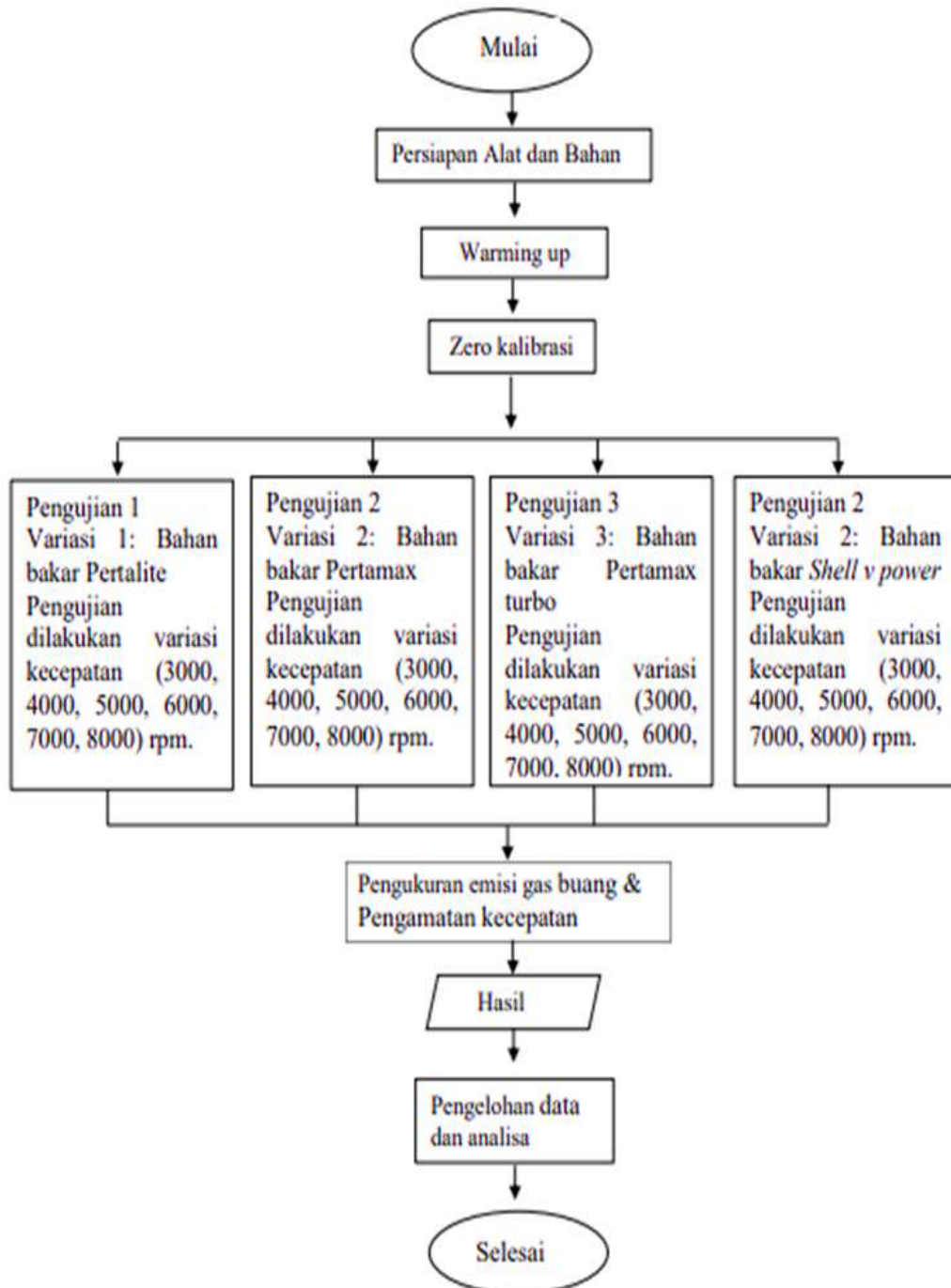
3.2.2 Bahan Uji

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:

- Bahan bakar pertalite 1 Liter
- Bahan Bakar pertamax 1 liter
- Bahan bakar Shell V power 1liter
- Bahan bakar pertamax turbo 1 liter

3.3 Diagram Alir Pengujian

Diagram ini bertujuan untuk mengetahui langkah langkah pengambilan data emisi gas buang yang akan diuraikan dalam diagram alir. diagram alir penelitian dibawah ini:



Gambar 3. 3 Diagram alir

(Sumber : Dokumen Pribadi)

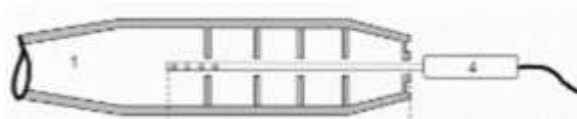
3.4 Prosedur Pengambilan Data

Proses warming up gas analyzer 5020 sebelum digunakan:

1. Sambungkan alat dengan sumber listrik dan nyalakan alat dengan menekan [ON] dibagian belakang alat.
2. Kemudian alat akan melakukan inisialisasi, pengaturan tanggal dan waktu saat ini. Proses ini memakan waktu 600 detik.
3. Setelah proses inisialisasi proses selesai, pilih menu “leakage test” kemudian tekan tombol bagian bawah seperti tombol refresh. Proses ini membutuhkan waktu 15 detik.
4. Setelah proses leakage test selesai, kemudian lepaskan rubber penutup pada bagian probe setelah itu pilih menu “ Bloking Test” dan tunggu selama 20 detik.
5. Setelah proses bloking test selesai secara otomatis akan masuk ke menu HC Residu Test”.

Langkah langkah pengujian emisi gas buang sebagai berikut:

1. Menaikkan motor diatas *dynotest*, posisikan roda belakang pada *roller* yang terdapat pada *dynotest*.
2. Pasang dan kencangkan *tiedown* sehingga motor dalam posisi tegak.
3. Menghidupkan blower pembuangan gas knalpot.
4. Menyiapkan motor yang akan digunakan dan lakukan pemanasan mesin selama 10 menit agar mesin dalam kondisi kerja.
5. Kemudian tahan mesin dalam putaran idle 3000 rpm.
6. Memasang probe sensor gas analyzer seperti ilustrasi dibawar ini:



Gambar 3. 4 Ilustrasi pengujian

7. Setelah memasang probe, pada *display gas analyzer* pilih menu “*Real Time Measurement*”.
8. Tunggu hingga angka keluar pada *display* stabil.
9. Tekan tombol print untuk mencetak hasil.
10. Kemudian lakukan langkah 2 sampai 6 pada putaran mesin 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, dan 8000 rpm.
11. Jika ingin melakukan pergantian jenis bahan bakar, zero kalibrasi dapat dilakukan dengan memilih pilih menu “*HC Residu Test*” dan tunggu selama 20 detik.

Tabel 3. 1 Tabel pengujian bahan bakar

No	Putaran (RPM)	CO (%)	HC ppm	CO2 (%)	O2 (%)	λ	AFR
1	3000						
2	4000						
3	5000						
4	6000						
5	7000						
6	8000						

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5 Pengolahan Data dan Analisa

Data yang diperoleh akan diambil rata-rata data kemudian dikonversikan ke dalam satuan faktor emisi berdasarkan persamaan gas ideal sedangkan, variasi yang telah dilakukan hipotesis dua arah tanpa interaksi:

Hipotesis Jenis bahan bakar:

$H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (jenis bahan bakar tidak mempengaruhi kadar CO)

$H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (jenis bahan bakar mempengaruhi kadar CO)

Hipotesis putaran mesin :

$H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (putaran mesin tidak mempengaruhi kadar CO)

$H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (putaran mesin mempengaruhi kadar CO)

Persamaan Gas Ideal :

a. $PV = n R T$

b. $PV = m/M \times R \times T$

c. $\frac{m}{v} = \frac{P \times M}{R \times T}$

d. Mengubah konsentrasi gas dari % ke ppm

$$1\% = \frac{1 \text{ part}}{100 \text{ part}} = \frac{10^4 \times 1 \text{ part}}{10^4 \times 100 \text{ part}} = 10^4 \times \frac{1}{10^6} = 10.000 \text{ ppm}$$

e. Mengubah konsentrasi gas dari ppm ke g/m³

$$\frac{g \text{ Gas}}{m^3 \text{ udara}} = \frac{\text{konsentrasi gas (ppm)} \times Mr \left(\frac{g}{mol}\right) \times 0,001 \left(\frac{g.L}{g.m^3}\right) \times P \text{ (atm)}}{0,0821 \text{ (L.atm/mol.K)} \times T \text{ (K)}}$$

Dengan MrCO = 28 g/mol, HC = 13 g/mol, CO₂ = 44 g/mol

f. Perhitungan Faktor Emisi (g/kg)

$$FE \left(\frac{g \text{ Gas}}{Kg.BBM}\right) = \frac{g \text{ Gas}}{m^3 \text{ udara}} \times AFR \left(\frac{g \text{ udara}}{g \text{ BBM}}\right) : \text{berat jenis udara} \left(\frac{Kg}{m^3}\right)$$

3.6 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan tugas akhir dilakukan sesuai dengan pedoman penulisan tugas akhir.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil data pengujian jumlah kadar konsenrasi karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), karbon dioksida (CO₂) dan AFR. Pengambilan data pada pengujian dilakukan putaran mesin 3000, 4000, 5000, 600, 7000, 8000 rpm. Selain itu dilakukan variasi jenis bahan yang digunakan yaitu: pertalite, pertamax, shell V power dan pertamax turbo. Hasil dari penelitian ini adalah data penelitian yang berupa kadar CO, CO₂, HC, dan AFR kemudian dilakukan hipotesa dua arah tanpa interaksi.

4.1.1 Konsentrasi gas CO

Gas karbon monoksida merupakan salah satu pencemar udara yang dihasilkan akibat pembakaran yang tidak sempurna. Konsentrasi rata rata gas CO yang dihasilkan dari setiap bahan bakar disajikan tabel 4.1:

Tabel 4. 1 Rata-rata konsetrasi kadar CO (%)

Kadar CO (%)					
No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell Power	VPertamax Turbo
1	3000	0,25	0,23	0,2	0,18
2	4000	0,22	0,14	0,12	0,11
3	5000	0,19	0,12	0,08	0,097
4	6000	0,16	0,08	0,07	0,05
5	7000	0,07	0,06	0,05	0,03
6	8000	0,07	0,07	0,04	0,05

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel 4.1 yang telah didapatkan merupakan data hasil rata-rata kadar gas CO dengan variasi jenis bahan bakar dan putaran yang kemudian dilakukan analisa

ANOVA (Analysis of variance) tanpa interaksi dengan hipotesis apakah variasi jenis bahan dan putaran mempengaruhi kadar CO yang dihasilkan, hipotesis yang diambil diuraikan sebagai berikut:

Hipotesis jenis bahan bakar:

- a. $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (jenis bahan bakar tidak mempengaruhi kadar CO)
- b. $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (jenis bahan bakar mempengaruhi kadar CO)

Hipotesis putaran mesin:

- a. $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (putaran mesin tidak mempengaruhi kadar CO)
- b. $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (putaran mesin mempengaruhi kadar CO)

Kesimpulan:

- a. Terima H_0 , jika $F_{hitung} < F_{table}$
- b. Tolak H_0 , jika $F_{hitung} > F_{table}$

Hasil perhitungan *ANOVA* disajikan pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4. 2 Hasil hipotesa *ANOVA* gas CO

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,075	5	0,015	37,916	5,43	2,901
Columns	0,019	3	0,006	16,645	4,88	3,287
Error	0,0059	15	0,0003			
Total	0,101677	23				

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah tolak H_0 untuk hipotesis jenis bahan bakar dan variasi putaran dikarenakan $F_{hitung} > F_{table}$ untuk hipotesis jenis bahan bakar, kemudian untuk variasi putaran $F_{hitung} > F_{table}$ (table).

Hasil hipotesis dapat ditarik kesimpulan variasi jenis bahan bakar dan putaran mempengaruhi kadar CO yang dihasilkan.

4.1.2 Konsentrasi gas HC (ppm)

Hidrokarbon yang dihasilkan oleh pembakaran yang tidak berlangsung dengan baik atau suplai bahan bakar yang berlebihan sehingga menghasilkan asap (smog). Konsentrasi gas HC yang dihasilkan dari setiap bahan bakar disajikan pada tabel 4.3:

Tabel 4. 3 Rata rata konsentrasi gas HC

No	Putaran (RPM)	Kadar HC (ppm)			
		Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	409	159	140	120
2	4000	164	102	98	105
3	5000	80	76	85	80
4	6000	38	45	40	25
5	7000	35	33	29	30
6	8000	25	23	22	29

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Tabel 4.3 merupakan data hasil rata-rata kadar gas HC dengan variasi jenis bahan bakar dan putaran yang kemudian dilakukan analisa ANOVA tanpa interaksi dengan hipotesis apakah variasi jenis bahan dan putaran mempengaruhi kadar HC yang dihasilkan, hipotesis yang diambil diuraikan sebagai berikut:

Hipotesis Jenis bahan bakar:

- $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (jenis bahan bakar tidak mempengaruhi kadar HC)
- $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (jenis bahan bakar mempengaruhi kadar HC)

Hipotesis Putaran Mesin :

- $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (putaran mesin tidak mempengaruhi kadar HC)
- $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (putaran mesin mempengaruhi kadar HC)

Kesimpulan:

- a. Terima H_0 , Jika $F_{hitung} < F_{table}$
- b. Tolak H_0 , Jika $F_{hitung} > F_{table}$

Hasil perhitungan anova disajikan pada table 4.4 :

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan ANOVA gas HC

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	98769	5	19753,8	6,735	0,0017	2,901
Columns	14424,33	3	4808,111	1,639	0,2224	3,289
Error	43990,67	15	2932,711			
Total	157184	23				

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah tolak untuk hipotesis jenis bahan bakar dikarenakan $F_{hitung} 6,73 > F_{table} 2,90$, kemudian untuk variasi putaran terima $F_{hitung} 16,6 > F_{table} 3,2$. Hasil hipotesis yang ditarik kesimpulan variasi jenis bahan bakar mempengaruhi kadar HC yang dihasilkan. dan variasi putaran tidak mempengaruhi kadar HC yang dihasilkan.

4.1.3 Konsentrasi gas CO₂

Gas CO₂ merupakan gas yang dihasilkan saat pembakaran didalam ruang bakar. Semakin tinggi kadar CO₂ yang dihasilkan pada proses pembakaran maka semakin sempurna pembakaran tersebut.

Rata rata konsentrasi gas CO₂ yang dihasilkan dari setiap bahan bakar disajikan pada tabel 4.5:

Tabel 4. 5 Rata rata konsentrasi gas CO₂

No	Putaran (RPM)	Kadar CO ₂ (%)			
		Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	9,53	10,1	11,61	11,93
2	4000	13,42	13,55	13,67	13,69
3	5000	14,25	14,36	14,58	14,72
4	6000	14,35	14,45	14,69	14,78
5	7000	14,4	14,68	14,82	14,89
6	8000	14,78	14,81	14,83	14,91

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel 4.5 merupakan data hasil rata-rata kadar gas CO₂ dengan variasi jenis bahan bakar dan putaran yang kemudian dilakukan analisa ANOVA tanpa interaksi dengan hipotesis apakah variasi jenis bahan dan putaran mempengaruhi kadar CO₂ yang dihasilkan, hipotesis yang diambil diuraikan sebagai berikut:

Hipotesis Jenis bahan bakar:

- $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (jenis bahan bakar tidak mempengaruhi kadar CO₂)
- $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (jenis bahan bakar mempengaruhi kadar CO₂)

Hipotesis putaran mesin :

- $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (putaran mesin tidak mempengaruhi kadar CO₂)
- $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (putaran mesin mempengaruhi kadar CO₂)

Kesimpulan:

- Terima H_0 , Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
- Tolak H_0 , Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

Hasil perhitungan anova disajikan pada table 4.6 dibawah ini:

Tabel 4. 6 Hasil perhitungan ANOVA gas CO₂

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	48,090	5	9,618	55,776	3,7E-09	2,901
Columns	1,905	3	0,635	3,682	0,03617	3,287
Error	2,586	15	0,172			
Total	52,585	23				

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah tolak untuk hipotesis jenis bahan bakar dan variasi putaran dikarenakan $F_{hitung} = 55,776 > F_{table} = 2,901$ untuk hipotesis jenis bahan bakar, kemudian untuk variasi putaran $F_{hitung} = 3,682 > F_{table} = 3,287$. Hasil hipotesis yang ditarik kesimpulan variasi jenis bahan bakar dan putaran mempengaruhi kadar CO₂ yang dihasilkan.

4.1.4 Nilai AFR

AFR (*Air Fuel ratio*) merupakan nilai yang menjadi indikator campuran bahan bakar dan udara yang terbaca oleh gas analyzer pada saat dilakukan pengujian emisi gas buang. Menurut Schrader (2004), Perbandingan campuran ideal antara udara dan bahan bakar (AFR) yaitu 14,7:1. Rata rata konsentrasi gas yang dihasilkan AFR dari setiap bahan bakar disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Rata rata nilai AFR

No	Putaran (RPM)	AFR			
		Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	22,62	21,71	18,28	17,9
2	4000	16,83	16,56	16,28	17,29
3	5000	15,8	15,79	15,68	15,65
4	6000	15,76	15,75	15,61	15,58
5	7000	15,68	15,63	15,59	15,56
6	8000	15,63	15,61	15,57	15,5

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel 4.7 merupakan data hasil rata-rata nilai AFR dengan variasi jenis bahan bakar dan putaran yang kemudian dilakukan analisa ANOVA tanpa interaksi dengan hipotesis apakah variasi jenis bahan dan putaran mempengaruhi nilai AFR yang dihasilkan, hipotesis yang diambil diuraikan sebagai berikut:

Hipotesis Jenis bahan bakar:

- $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (jenis bahan bakar tidak mempengaruhi kadar AFR)
- $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (jenis bahan bakar mempengaruhi kadar AFR)

Hipotesis putaran mesin :

- $H_0 = \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$ (putaran mesin tidak mempengaruhi kadar AFR)
- $H_1 = \mu A \neq \mu B \neq \mu C \neq \mu D$ (putaran mesin mempengaruhi kadar AFR)

Kesimpulan:

- Terima H_0 , Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
- Tolak H_0 , Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

Hasil perhitungan anova disajikan pada tabel 4.8:

Tabel 4. 8 Hasil perhitungan ANOVA nilai AFR

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	64,3523	5	12,8705	13,529	4,1E-05	2,901
Columns	3,43842	3	1,14614	1,204	0,34192	3,287
Error	14,2695	15	0,9513			
Total	82,0603	23				

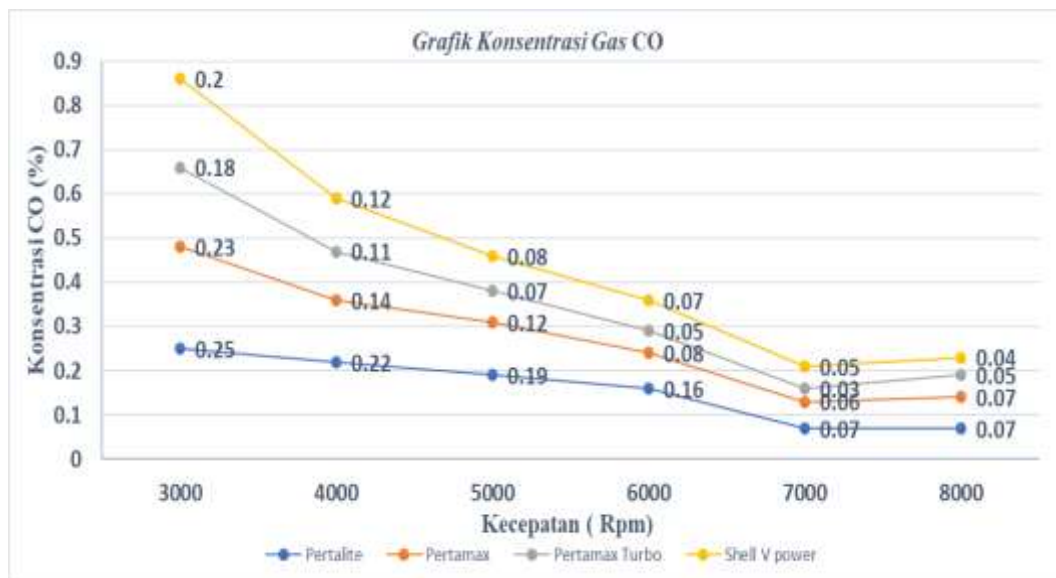
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah tolak untuk hipotesis jenis bahan bakar dikarenakan $F_{hitung} 6,73 > F_{tabel} 2,901$, kemudian untuk variasi putaran terima $F_{hitung} 1,204 > F_{tabel} 3,287$. Hasil hipotesis yang ditarik kesimpulan variasi jenis bahan bakar mempengaruhi nilai AFR yang dihasilkan. dan variasi putaran tidak mempengaruhi nilai AFR yang dihasilkan.

4.2 Analisa Data

4.2.1 Karbon Monoksida

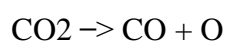
Pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan hasil data dari pengujian dengan perbedaan putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 Rpm, serta variasi bahan bakar (pertalite, pertamax, pertamax turbo dan shell V power). Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan kemudian hasil tersebut dirata rata kemudian data penelitian yang telah didapat disajikan pada gambar grafik 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik konsentrasi gas CO

(Sumber : Dokumen Pribadi)

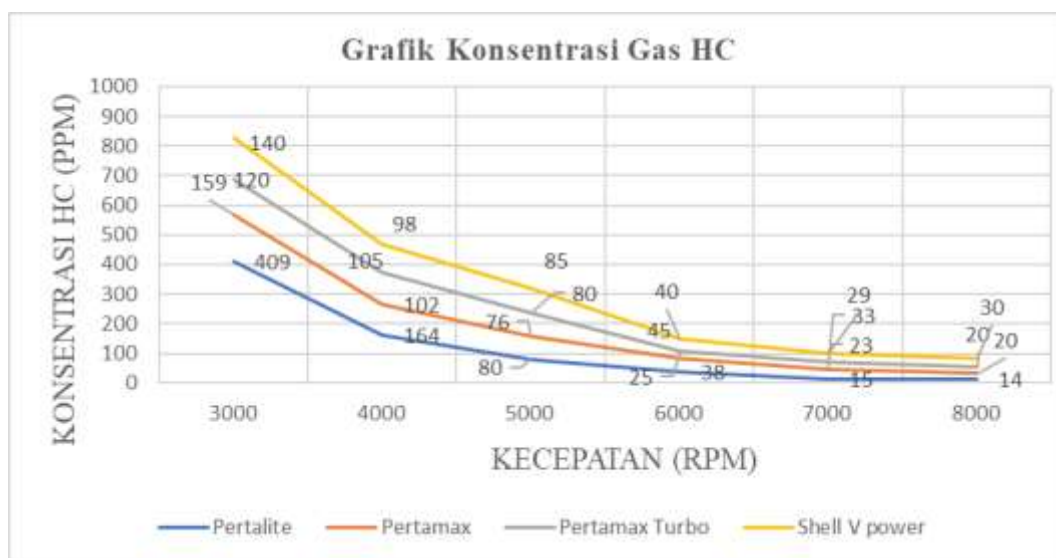
Nilai tertinggi gas CO yang dihasilkan pada putaran 3000 rpm sebesar 0.25% CO pada bahan bakar pertalite sedangkan nilai gas CO terendah pada putaran yang sama menggunakan jenis bahan bakar pertamax turbo sebesar 0,18%. Kemudian nilai konsentrasi gas CO tertinggi pada putaran 8000 rpm dihasilkan pada jenis bahan bakar pertalite yaitu sebesar 0,07% sedangkan nilai terendah pada jenis bahan bakar pertamax turbo sebesar 0,03%. Menurunnya kadar CO pada setiap jenis bahan bakar hal ini dikarenakan semakin tinggi putaran mesin maka pembakaran didalam ruang bakar semakin sempurna. Kemudian pada putaran 7000 rpm ke 8000 rpm konsentrasi gas CO mengalami kenaikan hal ini disebabkan karena kenaikan putaran mesin sehingga berakibat naiknya suhu mesin. Kenaikan suhu mesin pada saat reaksi pembakaran akan menghasilkan panas berlebih sehingga membantu terjadinya penguraian (disosiasi) gas CO₂ menjadi gas CO mengikuti reaksi berikut ini:



Semakin tinggi suhu hasil pembakaran maka jumlah gas CO₂ yang terdisosiasi menjadi CO dan O akan semakin banyak. Suhu tinggi merupakan pemicu terjadinya gas CO (Wardhana, 2004)

4.2.2 Hidro Karbon (HC)

Pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan data dari pengujian dengan perbedaan putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 rpm, serta variasi bahan bakar (pertalite, pertamax, pertamax turbo dan shell V power). Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan kemudian hasil tersebut dirata rata kemudian data penelitian yang telah didapat disajikan pada grafik 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik konsentrasi gas HC

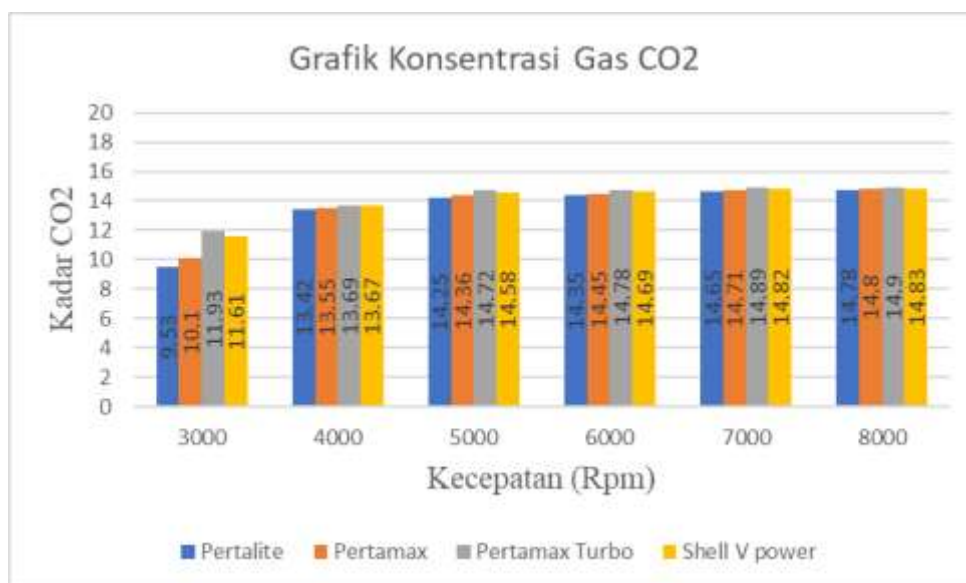
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Emisi gas HC tertinggi yang dihasilkan pada bahan bakar pertalite dengan putaran 3000 rpm sedangkan nilai gas buang terendah dihasilkan oleh bahan bakar pertamax turbo pada putaran 8000 rpm. Penggunaan jenis bahan bakar, baik pertalite, pertamax, shell v power, maupun pertamax turbo mengalami penurunan yang linear pada setiap variasi putaran. Namun pada bahan bakar shell v power pada putaran

7000 rpm ke 8000 rpm mengalami kenaikan, hal ini disebabkan adanya penambahan jumlah campuran bahan bakar dan udara baru akibat kenaikan putaran mesin di dalam proses untuk meningkatkan daya, sehingga pembakaran sempurna tidak dapat tercapai. (Bosch, 1990)

4.2.3 Karbon Dioksida

Pada pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan hasil dari pengujian dengan perbedaan putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 Rpm, serta variasi bahan bakar (pertalite, pertamax, pertamax turbo dan shell v power). Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan kemudian hasil tersebut dirata rata kemudian data penelitian yang telah didapat disajikan pada gambar grafik 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik rata rata konsentrasi gas CO2

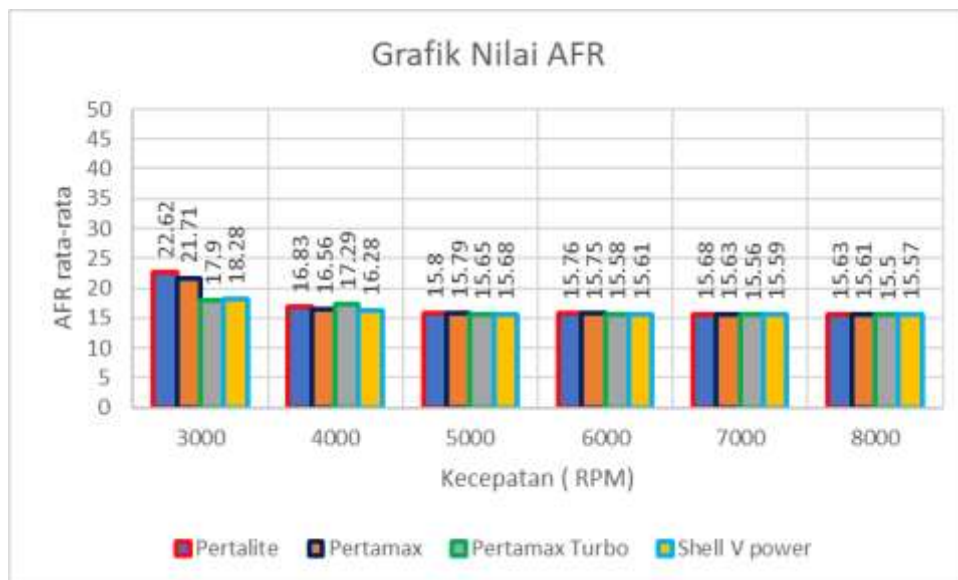
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 4.3 merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan konsentrasi CO2 berdasarkan kecepatan dan jenis bahan bakar. Dilihat dari grafik tersebut rata CO2 berdasarkan kecepatan dan jenis bahan bakar. Dilihat dari grafik tersebut rata CO2 yang dihasilkan mengalami kenaikan secara linear dengan kenaikan putaran mesin. Kadar CO2 tertinggi dihasilkan pada putaran 8000 rpm dengan nilai 14,87

% sehingga dapat dikatakan pembakaran paling sempurna pada bahan bakar pertamax turbo.

4.2.4 AFR

Pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan hasil dari pengujian dengan perbedaan putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 rpm, serta variasi bahan bakar (pertalite, pertamax, pertamax turbo dan shell v power). Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan kemudian hasil tersebut dirata rata kemudian data penelitian yang telah didapat disajikan pada grafik :



Gambar 4. 4 Grafik nilai AFR

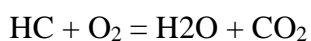
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 4.4 Yang merupakan grafik hasil pembacaan AFR dari setiap bahan bakar dapat dilihat bahwasanya nilai AFR melebihi nilai 14,7. Hal ini menunjukkan bahwa pembakaran didalam ruang bakar tidak ideal. Berdasarkan hasil pengujian nilai AFR yang mendekati ideal yaitu pada bahan bakar pertamax turbo dengan nilai AFR 15,5. Adapun penyebab nilai AFR yang tidak ideal yaitu disebabkan faktor

perawatan kendaraan yang kurang rutin sehingga menyebabkan performa kendaraan yang kurang optimal.

4.3 Hubungan Antar Variabel

Data yang diambil dapat dilihat secara keseluruhan menunjukkan hubungan antara data yang diteliti. HC merupakan bahan bakar yang tidak terbakar sempurna didalam ruang bakar yang kemudian dikeluarkan lewat knalpot. Konsentrasi HC yang dihasilkan saat pembakaran mempunyai hubungan dengan konsentrasi gas CO₂. Jika konsentrasi HC tinggi yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna, sehingga konsentrasi gas CO₂ yang dihasilkan rendah. Hal ini dapat dilihat pada reaksi pembakaran dibawah ini:



Konsentrasi gas CO₂ juga mempunyai hubungan dengan gas CO, dimana gas CO₂ merupakan gas hasil pembakaran. Konsentrasi gas CO yang tinggi dapat dijadikan indicator pembakaran tidak sempurna. Ketidaksempurnaan pembakaran disebabkan oleh campuran bahan bakar dan udara yang tidak iséal. Campuran bahan bakar dengan udara biasa disebut dengan Air Fuel Ratio (AFR). Pada pembakaran sempurna nilai AFR mempunyai nilai 14,7. Hasil pengujian menunjukan bahwasanya bahan bakar pertamax turbo mempunyai hasil emisi yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar lainnya seperti pertalite, pertamax mapun shell v power.

4.4 Perbandingan Antara Emisi Gas Buang Dengan Ambang Batas

Berdasarkan Permen LH no. 05 tahun 2006 yang menyatakan bahwa sepeda motor 2 langkah dan 4 langkah dengan tahun pembuatan diatas 2010 ambang batas yang diijinkan untuk emisi gas buang CO sebesar 4.5% dan gas HC 2000 ppm dengan metode uji pada putaran idle. Emisi gas buang CO₂ tidak ambang batas

yang mengaturnya. Kadar CO rata rata yang dihasilkan untuk bahan bakar pertalite sebesar 0,96 %. Kadar CO rata rata yang dihasilkan untuk bahan bakar pertamax sebesar 0,7 %. Kadar CO rata rata yang dihasilkan untuk bahan bakar shell v power sebesar 0,56% sedangkan kadar CO rata rata yang dihasilkan untuk bahan bakar pertamax turbo sebesar 0,51 % sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa gas CO hasil pembakaran untuk semua jenis bahan bakar uji masih dibawah ambang batas yang telah ditentukan yaitu sebesar 4,5 %.

Kadar HC hasil pengujian untuk bahan bakar pertalite sebesar 120 ppm kemudian untuk bahan bakar pertamax 72,5 ppm sedangkan untuk bahan bakar shell v power dan pertamax turbo mempunyai kadar HC sebesar 70 ppm dan 64 ppm. Data yang telah didapatkan untuk emisi gas buang dapat dinyatakan bahwa emisi yang dikeluarkan oleh knalpot masih dibawah ambang batas.

4.5 Pengaruh Nilai Oktan dengan Emisi Gas Buang

Penggunaan jenis bahan bakar harus sesuai dengan rasio kompresi kendaraan pabrikan. Bahan bakar yang mempunyai nilai oktan tinggi harus digunakan pada kendaraan dengan rasio kompresi yang tinggi pula. Rasio kompresi mempunyai hubungan dengan nilai oktan. Rasio kompresi adalah nilai yang dihasilkan dari perbandingan volume silinder ketika piston berada di titik paling atas dan paling bawah.

Bahan bakar yang beroktan tinggi akan memberikan performa yang lebih baik bagi kendaraan. Namun, penggunaannya ternyata harus tetap mengikuti rasio kompresi. Dampak negatif apabila kendaraan yang memiliki rasio kompresi yang tinggi menggunakan BBM dengan oktan yang rendah. Pada keadaan ini, BBM akan terbakar pada waktu yang kurang tepat. Ini juga dapat menyebabkan peningkatan

pada emisi gas buang. kemudian pemborosan bahan bakar akan terjadi jika menggunakan BBM dengan oktan tinggi pada kendaraan yang memiliki rasio kompresi rendah. Ini disebabkan oleh adanya pembakaran yang tidak sempurna. Selain itu, akan terjadi peningkatan polusi dan lost power.

Hal ini sejalan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan dimana motor yang dilakukan pengujian mempunyai rasio kompresi 10,4 : 1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan bahan bakar yang cocok untuk motor dengan rasio kompresi 10,4 yaitu shell v power berdasarkan kadar emisi gas HC yang dihasilkan yang mempunyai nilai terendah dengan nilai yaitu 20 ppm. Gas HC sendiri dapat dijadikan indikator apakah bahan bakar terbakar sempurna atau tidak. Shell V power sendiri mempunyai teknologi Dynaflex yang mempunyai keunggulan dapat mengurangi gesekan dan dapat mengurangi gesekan.

4.6 Perhitungan Faktor Emisi

Faktor Emisi (FE) adalah besarnya emisi yang dilepaskan ke udara ambien dari suatu kegiatan untuk setiap satuan bahan bakar yang digunakan. Faktor emisi dihitung dalam satuan g/kg dan g/km.kendaraan, dimana gram menyatakan banyaknya pencemar yang akan diemisikan, kg menyatakan kuantitas bahan bakar yang digunakan, dan km menyatakan jarak tempuh kendaraan dalam kurun waktu tertentu.(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010)

4.4.1 Faktor Emisi (g/kg)

Perhitungan faktor emisi (g/kg) didapat dari rumus persamaan gas ideal. Konsentrasi masing-masing gas dan nilai AFR didapatkan dari hasil pembacaan gas analyzer. Contoh perhitungan menggunakan bahan pertalite dengan putaran 3000 rpm.

Data:

Suhu	= 30°C
Tekanan	= 1.009 hPa
ρ udara	= 1,166 kg/m ³ U
CO	= 0.25%
HC	= 409 ppm
C	= 9,53%
O ₂	= 4.69 %
AFR	= 22,62 g udara/g Pertalite
λ	= 1,242

Perhitungan:

a. Konversi Satuan Suhu

30 °C	= 30 + 273,15
	= 29 + 273,15
	= 303,15
Tekanan	= 1.009 hPa
	= 1.009 x 0,000987
	= 1,0048 atm
CO	= 0,25 %
	= 0,25 x 10.000
	= 2.500 ppm
HC	= 409 ppm
CO ₂	= 9,53%
	= 9,53 x 10.000

$$= 95.300 \text{ ppm}$$

b. Konversi Konsentrasi

$$\frac{\text{Gas } g}{m^3 \text{ Udara}} = \frac{\text{Konsentrasi Gas (ppm)} \times \text{BM} \left(\frac{g}{mol} \right) \times 0,001 \left(\frac{g \cdot L}{g} \right) \times P \text{ (atm)}}{0,0821 \left(L \cdot \frac{atm}{mol \cdot K} \right) \times T \text{ (}^\circ K \text{)}}$$

$$\text{CO} = \frac{2.500 \text{ (ppm)} \times 28 \left(\frac{g}{mol} \right) \times 0,001 \left(\frac{g \cdot L}{g} \right) \times 1,0048 \text{ (atm)}}{0,0821 \left(L \cdot \frac{atm}{mol \cdot K} \right) \times 303,15 \text{ (}^\circ K \text{)}}$$

$$= 2,82 \text{ g CO/m}^3 \text{ udara}$$

$$\text{HC} = \frac{409 \text{ (ppm)} \times 13 \left(\frac{g}{mol} \right) \times 0,001 \left(\frac{g \cdot L}{g} \right) \times 1,0048 \text{ (atm)}}{0,0821 \left(L \cdot \frac{atm}{mol \cdot K} \right) \times 303,15 \text{ (}^\circ K \text{)}}$$

$$= 0,21 \text{ g HC/m}^3 \text{ udara}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{95.300 \text{ (ppm)} \times 44 \left(\frac{g}{mol} \right) \times 0,001 \left(\frac{g \cdot L}{g} \right) \times 1,0048 \text{ (atm)}}{0,0821 \left(L \cdot \frac{atm}{mol \cdot K} \right) \times 303,15 \text{ (}^\circ K \text{)}}$$

$$= 169,29 \text{ g CO}_2/\text{m}^3 \text{ udara}$$

c. Perhitungan Emisi per Kg BBM

$$\text{FE} \left(\frac{g \text{ Gas}}{\text{Kg.BBM}} \right) = \frac{g \text{ Gas } m^3 \text{ udara} \times \text{AFR} \left(\frac{g \text{ gas}}{g \text{ BBM}} \right)}{\text{berat jenis udara} \left(\frac{kg}{m^3} \right)}$$

$$\text{CO} = \frac{2,826 \frac{g \text{CO}}{m^3 \text{U}} \times 22,62 \text{ gU} / \text{g Peralite}}{1,166 \left(\frac{kg \text{U}}{m^3} \right)}$$

$$= 54,88 \text{ g CO/kg Peralite}$$

$$\text{HC} = \frac{0,214 \frac{g \text{HC}}{m^3 \text{U}} \times 22,62 \text{ gU} / \text{g Peralite}}{1,166 \left(\frac{kg \text{U}}{m^3} \right)}$$

$$= 4,15 \text{ g HC/kg Peralite}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{169,291 \frac{g \text{CO}_2}{m^3 \text{U}} \times 22,62 \text{ gU} / \text{g Peralite}}{1,166 \left(\frac{kg \text{U}}{m^3} \right)}$$

$$= 3.282 \text{ g CO}_2/\text{kg Peralite}$$

Perhitungan dilakukan pada jenis bahan bakar. Berdasarkan perhitungan emisi rata-rata yang dihasilkan setiap bahan bakar, didapatkan faktor emisi untuk bahan bakar pertalite, pertamax, shell v power dan pertamax turbo.

Tabel 4. 9 Hasil perhitungan rata rata factor emisi

Pencemar	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
CO (gCO/kg)	35,08	25,58	20,46	18,89
HC (gHC/kg)	1,222	0,738	0,055	0,049
CO ₂ (gCO ₂ /kg)	4651,06	4707,92	4836	4876,78

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Menurut Corinair (2009) ambang batas untuk kadar CO adalah 497,7 gCO/kg dapat dilihat faktor emisi yang dihasilkan oleh motor 4 langkah 150cc pada setiap jenis bahan bakar masih dibawah ambang batas. Sedangkan untuk menurut KLH (2010) standar faktor emisi untuk gas CO₂ sebesar 3.180 g CO₂ /kg sedangkan nilai faktor emisi pertamax turbo yang didapat mempunyai angka terbesar untuk pencemar CO₂ dengan nilai 4.876,78 g CO₂ /kg. Hal ini menjukan bahwa semakin tinggi emisi CO₂ yang dihasilkan maka pembakaran bahan bakar semakin sempurna

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Nilai faktor emisi pada pencemar CO bahan bakar pertalite mempunyai nilai tertinggi dengan nilai 35,087 gCO/Kg, sedangkan nilai terendah didapat pada bahan bakar pertamax turbo 18,89gCO/Kg.
2. Nilai Faktor Emisi pada pencemar CO₂ bahan bakar pertalite mempunyai nilai terendah 4561,052 gCO₂/kg. sedangkan bahan bakar pertamax mempunyai faktor emisi pencemar CO₂ tertinggi dengan nilai 4876,78 CO₂/kg.
3. Nilai faktor emisi pada pencemar gas CO masih dibawah batas yang ditentukan yaitu 487,1 gCO/Kg. sedangkan untuk pencemar gas CO₂ sudah melebihi batas ambang batas yang ditentukan oleh pemerintah 3.180 g CO/kg (KLH 2010)
4. Konsentrasi gas CO₂ juga mempunyai hubungan dengan gas CO, dimana gas C merupakan gas hasil pembakaran. Konsentrasi gas CO yang tinggi dapat dijadikan indicator pembakaran tidak sempurna. Ketidaktempurnaan pembakaran disebabkan oleh campuran bahan bakar dan udara yang tidak ideal.
5. Gas buang yang dihasilkan oleh motor 150 cc dengan variasi jenis bahan bakar dan putaran didapatkan hasil bahan bakar pertamax turbo mempunyai kadar gas buang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar yang lain .

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto, 2002, Penggerak Mula Motor Bakar Torak, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Badan Pengelolaan Hidup Daerah Jakarta, 2013. Zat – zat Pencemar Udara.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1. Japan: IGES.
- Kabib, Masruki. 2009. Pengaruh pemakaian campuran premium dengan champor terhadap performasi dan emisi gas buang mesin Toyota kijang seri 4K. Jurnal Sain dan Teknologi. Vol. 2 No. 2. Hal : 1-17
- Kolar, F., Fott, P., dan Svitilova, J. (2004). Emission of Carbon Dioxide of Gaseous Fuels Calculated from Their Composition. Acta Geodyn. Geomater, 1 (2). Hal. 279-287.
- Kresna, Y. H., Boedisantoso, R., dan Hermana, J. (2015). Penentuan Faktor Emisi Spesifik (FES) untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Sektor Industri dan Transportasi di Wilayah Kabupaten Sidoarjo. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII. Surabaya, 24 Januari 2015. Hal. A-61- 1 – A-61-7. ISBN: 978-602-70604-1-8.
- Kusuma, Y. (2013). Pengaruh Bahan Bakar pada Aktivitas Transportasi terhadap Pencemaran Udara. Sigma-Mu, 5 (1). Hal. 88-101.
- Lestari, P. (2005). Inventori Emisi Kendaraan Bermotor di Propinsi Jawa Barat Tahun 2005. LPPM ITB.
- Nugraha, B. S. dan Sriyanto, J. (2007). Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor. Jurnal

Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan, 5 (2). Hal 692 – 706.

Sayoga, I. M. A. (2011). Pengaruh Masa Pakai dan Tingkat Transmisi terhadap Kadar Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda Astrea Grand. *Dinamika Teknik Mesin*, 1 (1). Hal. 1-6.

Toyota Astra Motor. 1995. *New Step Training Manual*. Jakarta: PT Toyota Astra Motor.

User Manual of Gas Board 5020 Automotive Emission Gas Analyzer

LAMPIRAN

Lampiran 1

1. Tabel Rata rata konsentrasi gas CO

No	Putaran (RPM)	Pertalite CO [%]	Pertamax CO [%]	Shell V Power CO [%]	Pertamax Turbo CO [%]
1	3000	0.25	0.23	0.2	0.18
2	4000	0.22	0.14	0.12	0.11
3	5000	0.19	0.12	0.08	0.097
4	6000	0.16	0.08	0.07	0.05
5	7000	0.07	0.06	0.05	0.03
6	8000	0.07	0.07	0.04	0.05

2. Tabel Konversi Satuan Gas CO

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	2500	2300	2000	1800
2	4000	2200	1400	1200	1100
3	5000	1900	1200	800	970
4	6000	1600	800	700	500
5	7000	700	600	500	300
6	8000	700	700	400	500

3. Tabel Konversi Konsentrasi CO

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	2.826	2.600	2.261	2.035
2	4000	2.487	1.583	1.356	1.243
3	5000	2.148	1.356	0.904	1.097
4	6000	1.809	0.904	0.791	0.565
5	7000	0.791	0.678	0.565	0.339
6	8000	0.791	0.791	0.452	0.565

Lampiran 2

4. Tabel Perhitungan Emisi per Kg BBM gas CO

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	54.824	50.438	43.859	39.473
2	4000	48.245	30.701	26.316	24.123
3	5000	41.666	26.316	17.544	21.272
4	6000	35.087	17.544	15.351	10.965
5	7000	15.351	13.158	10.965	6.579
6	8000	15.351	15.351	8.772	10.965

5. Tabel Rata Rata Konsentrasi Gas HC

No	Putaran (RPM)	Pertalite HC (ppm)	Pertamax HC (ppm)	Shell V Power HC	Pertamax Turbo HC
1	3000	409	159	140	120
2	4000	164	102	98	105
3	5000	80	76	85	80
4	6000	38	45	40	25
5	7000	15	33	29	23
6	8000	14	20	30	20

6. Tabel Konversi satuan gas HC

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	409	159	140	120
2	4000	164	102	98	105
3	5000	80	76	85	80
4	6000	38	45	40	25
5	7000	15	33	29	23
6	8000	14	20	30	20

Lampiran 3

7. Tabel Konversi Konsentrasi gas HC

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	0.2147	0.0834	0.0057	0.0048
2	4000	0.0861	0.0535	0.0040	0.0042
3	5000	0.0420	0.0399	0.0034	0.0032
4	6000	0.0199	0.0236	0.0016	0.0010
5	7000	0.0079	0.0173	0.0012	0.0009
6	8000	0.0073	0.0105	0.0012	0.0008

8. Tabel Perhitungan Emisi per Kg BBM gas HC

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	4.164	1.619	0.110	0.094
2	4000	1.670	1.039	0.077	0.082
3	5000	0.815	0.774	0.067	0.063
4	6000	0.387	0.458	0.031	0.020
5	7000	0.153	0.336	0.023	0.018
6	8000	0.143	0.204	0.023	0.016

9. Tabel Konsentrasi Rata Rata gas CO₂

No	Putaran (RPM)	Pertalite CO ₂ [%]	Pertamax CO ₂ [%]	Shell V Power CO ₂ [%]	Pertamax Turbo CO ₂ [%]
1	3000	9.53	10.1	11.61	11.93
2	4000	13.42	13.55	13.67	13.69
3	5000	14.25	14.36	14.58	14.72
4	6000	14.35	14.45	14.69	14.78
5	7000	14.65	14.71	14.82	14.89
6	8000	14.78	14.8	14.83	14.9

10. Tabel Konversi satuan gas CO2

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	95300	101000	116100	119300
2	4000	134200	135500	136700	136900
3	5000	142500	143600	145800	147200
4	6000	143500	144500	146900	147800
5	7000	146500	147100	148200	148900
6	8000	147800	148000	148300	149000

11. Tabel Konversi Konsentrasi gas CO2

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	169.29	179.41	206.24	211.92
2	4000	238.39	240.70	242.83	243.18
3	5000	253.13	255.09	258.99	261.48
4	6000	254.91	256.68	260.95	262.55
5	7000	260.24	261.30	263.26	264.50
6	8000	262.55	262.90	263.43	264.68

12. Tabel Perhitungan Emisi per Kg BBM gas CO2

No	Putaran (RPM)	Pertalite	Pertamax	Shell V Power	Pertamax Turbo
1	3000	3284.12	3480.54	4000.90	4111.18
2	4000	4624.64	4669.44	4710.79	4717.69
3	5000	4910.67	4948.57	5024.39	5072.63
4	6000	4945.13	4979.59	5062.29	5093.31
5	7000	5048.51	5069.19	5107.09	5131.22
6	8000	5093.31	5100.20	5110.54	5134.66

13.13.

Lampiran 4



Automotive Emission Analyzer

CO	1.96	%
HC	168	ppm
CO2	12.84	%
O2	20.94	%
λ	1.922	
AFR	28.25	
TEMP	----	°C
RPM	0	rpm

2022-04-21 12-23-55

Automotive Emission Analyzer

CO	0.88	%
HC	48	ppm
CO2	13.43	%
O2	20.85	%
λ	1.992	
AFR	29.28	
TEMP	----	°C
RPM	0	rpm

2022-04-21 13-20-55

Automotive Emission Analyzer

CO	0.88	%
HC	48	ppm
CO2	13.43	%
O2	20.85	%
λ	1.992	
AFR	29.28	
TEMP	----	°C
RPM	0	rpm

2022-04-21 13-20-55