

TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR
BERBAHAN BAKAR PERTALITE DENGAN VARIASI
CAMPURAN BAHAN BAKAR DAN UDARA

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

Disusun oleh :

AZMI HAKIM HASIBUAN
1307230073



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


LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR
BERBAHAN BAKAR PERTALITE DENGAN VARIASI
CAMPURAN BAHAN BAKAR DAN UDARA

Disusun Oleh :

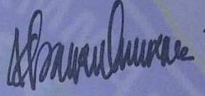
AZMI HAKIM HASIBUAN
1307230073

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing - I


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

Pembimbing - II


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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T)

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

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR
BERBAHAN BAKAR PERTALITE DENGAN VARIASI
CAMPURAN BAHAN BAKAR DAN UDARA


Disusun Oleh :

AZMI HAKIM HASIBUAN
1307230073

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 19 oktober 2017

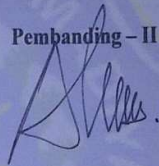
Disetujui Oleh :

Pembanding - I



(Munawar A Siregar, S.T., M.T)

Pembanding - II



(Sudirman Lubis, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



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



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Halaman ini merupakan surat im agar disebutkan
nama dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : Azmi Hakim Hasibuan
NPM : 1307230073
Semester : IX
SPESIFIKASI :

Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar
Pertalite Dengan Variasi Bahan Bakar dan Udara

Diberikan Tanggal : 20 Juli 2017
Selesai Tanggal : 10 Oktober 2017
Asistensi : seminggu sekali
Tempat Asistensi : Fakultas Teknik UMSU

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 12 Oktober 2017
Dosen Pembimbing – I



(Affandi, S.T.)

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



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -
6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Hal yang web surat ini agar disebutkan
nomor dan tanggalnya

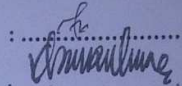
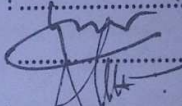
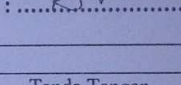
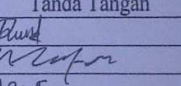
DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA


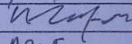



NAMA : Azmi Hakim Hasibuan PEMBIMBING - I : H. Muharnif M, S.T.,M.Sc
NPM : 1307230073 PEMBIMBING - II : Khairul Umurani, S.T.,M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	20-Juni-2017	Perbawen susunan dan Grafisam	f
2.	3-Agustus-2017	masalah - Perbawen Bab 2	f
3.	6-September-2017	- Perbawen Grafis Bab 4	f
4.	7-September-2017	- Perbawen Analisa perbawen	f
5.	19-September-2017	- Perbawen keperluan	f
6.	27-September-2017	- Perbawen keperluan	f
7.	3-October-2017	- Perbawen keperluan	f
8.	20-October-2017	Acc seminar	f

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar
 Nama : Azmi Hakim Hasibuan
 NPM : 1307230073
 Judul Tugas Akhir : Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Pertalite Dengan Variasi Campuran Bahan Bakar Dan Udara.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pembimbing – II : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230268	Rizky Maulana Siregar	
2	1207230048	Abdullah Fadli Amot	
3	1207230073	ADIFIN ILTAS	Adifin
4	1207230258	Dedi Ansori Lubis	
5	1307230215	Zulfahmi	
6	1307230291	HENDRA SAPUTRA	
7			
8			
9			
10			

Medan, 29 Muharram 1439 H
19 Oktober 2017 M

Ketua Prodi. T Mesin


Affandi S. T.



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Azmi Hakim Hasibuan
NPM : 1307230073
Judul T.Akhir : Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Perta-
Lite Dengan Variasi Campuran Bahan Bakar Dan Udara.

Dosen Pembimbing - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.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 :

Perbaikan: Jurnal, tabel, gambar, referensi, dan judul
Faktor-faktor pembakaran jenis BB yg diperbaiki
di sarankan adanya jurnal utk peninjauan dan perbaikannya

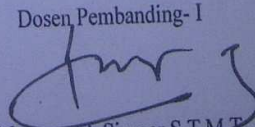
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 29 Muharram 1439H
19 Oktober 2017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Afandi.S.T.

Dosen Pembanding- I

Munawar A Siregar.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Azmi Hakim Hasibuan
NPM : 1307230073
Judul T.Akhir : Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Perta-
Lite Dengan Variasi Campuran Bahan Bakar Dan Udara.

Dosen Pembimbing - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

Perbaikan grafik

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 29 Muharram 1439H
19 Oktober 2017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II

Sudirman Lubis
Sudirman Lubis.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Azmi Hakim Hasibuan
Tempat/Tgl Lahir : Indrapura 30 Maret 1995
NPM : 1307230073
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

ANALISA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBAHAN BAKAR PERTALITE DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR DAN UDARA.

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

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

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

Medan,2017

Saya yang menyatakan,



Azmi Hakim Hasibuan

ABSTRAK

Analisa gas buang adalah penguraian atau pengamatan tentang sisa hasil pembakaran didalam mesin kendaraan yang menggunakan bahan bakar cair. Biasanya gas buang ini terjadi karena adanya pembakaran yang tidak sempurna dari dalam silinder, sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut.

Pengujian ini dilakukan untuk mencari hasil dari analisa gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar Pertalite, selain itu juga pengujian ini ditujukan untuk mencari hasil dari analisa gas buang dengan variasi campuran bahan bakar dan udara pada putaran mesin 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm.

Kata Kunci : Gas buang, bahan bakar dan udara

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan daripada dosen pembimbing merencanakan sebuah

“ANALISA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBAHAN BAKAR PERTALITE DENGAN VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR DAN UDARA”

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Azrun Bakti Hasibuan dan Ibunda Tini Misky telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak H. Muharnif M, S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Chandra A Siregar, S.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
9. Kepada sahabat saya (Putri Novia Sari, Tri Revi Rinaldo, Muhammad Mursin Tambunan, S.T, Muhammad Rizal Lubis) dan seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do'a yang tulus kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan,Oktober 2017

Penulis

AZMI HAKIM HASIBUAN

1307230073

DAFTAR ISI

LEMBAR PRNGESAHAN I	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Teori Analisis Gas Buang	6
2.1.1 Penyebab Terjadinya Gas Buang	9
2.1.2 Persyaratan Alat Uji Emisi Berbahan Bakar Bensin	11
2.1.3 Standart Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor Di Indonesia	11
2.2 Teori Bahan Bakar Pertalite	12
2.2.1 Bahan Bakar	12
2.2.2 Pertalite	13
2.2.3 Proses Pembakaran	16
2.2.3 Aspek pendukung proses pembakaran	18
2.2.4 Reaksi pembakaran	18
2.3 Campuran Bahan Bakar Dan Udara	23
2.4 Alat yang digunakan	25
2.4.1 Diagnostik Tool	25
2.4.2 Gas Analyzer	25
BAB 3. METODE PERANCANGAN	
3.1 Tempat dan Waktu Pengujian	26
3.2 Alat Yang Digunakan	26
3.2.1 Alat Diagnostik Tool	26
3.2.2 Alat Gas Analiser	27
3.3 Jenis Spesimen Alat Yang Diuji	32
3.4 Setting Alat	33
3.4.1 Setting Alat Diagnostik Tool	33
3.4.2 Setting alat Gas Analyzer	33
3.5 Langkah Kerja	33
3.5.1 Langkah Kerja Diagnostik Tool	33
3.5.2 Langkah Kerja Gas Analyzer	34

3.6 Penjelasan perhitungan	35
3.7 Diagram Alir Proses Pengujian	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian	37
4.2 Hasil Perhitungan	46
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 grafik emisi dengan AFR	20
Gambar 3.1 Diagnostik Tool	27
Gambar 3.2 Kertas printer	29
Gambar 3.3 Zero filter	29
Gambar 3.4 Dust filter	30
Gambar 3.5 Main Filter	30
Gambar 3.6 Kabel power	31
Gambar 3.6 Selang probe	31
Gambar 3.7 Probe	32
Gambar 4.1 Grafik CO, CO ₂ dan HC pada putaran 1000 rpm	37
Gambar 4.2 Grafik CO, CO ₂ dan HC pada putaran 1500 rpm	38
Gambar 4.3 Grafik CO, CO ₂ dan HC pada putaran 2000 rpm	39
Gambar 4.4 Grafik CO, CO ₂ dan HC pada putaran 2500 rpm	40
Gambar 4.5 Grafik CO, CO ₂ dan HC pada putaran 3000 rpm	41
Gambar 4.6 Grafik CO, HC, CO ₂ standar pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm	42
Gambar 4.7 Grafik CO, HC, CO ₂ miskin pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm	44
Gambar 4.8 Grafik CO, HC, CO ₂ kaya pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor Tipe L	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Pertalite	15
Tabel 2.3 Perbandingan udara dan bahan bakar	22
Tabel 3.1 Spesifikasi Gas Analiser	28
Tabel 3.2 Spesifikasi sepeda motor 150 cc	33
Tabel 4.1 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 1000 rpm	37
Tabel 4.2 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 1500 rpm	38
Tabel 4.3 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 2000 rpm	39
Tabel 4.4 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 2500 rpm	40
Tabel 4.5 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 3000 rpm	41
Tabel 4.6 Data hasil pengujian CO, HC, CO ₂ standar pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm	42
Tabel 4.7 Data hasil pengujian CO, HC, CO ₂ miskin pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm	43
Tabel 4.8 Data hasil pengujian CO, HC, CO ₂ kaya pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm	44

DAFTAR NOTASI

NO	Simbol	Besaran
1.	C	Carbon
2.	CO	Carbon Monoksida
3.	CO ₂	Carbon Dioksida
4.	H	Hydrogen
5.	HC	Hidro Carbon
6.	Λ	Lambda
7.	O ₂	Oksigen
8.	N ₂	Nitrogen

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia industri otomotif, terutama yang menggunakan bahan bakar (PERTALITE) sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor seperti pada mobil, kendaraan dan sepeda motor.

Kendaraan bermotor yang sering digunakan oleh masyarakat selama ini memiliki efek negatif melalui gas buang kendaraan bermotor itu sendiri yang mengandung zat-zat berbahaya antara lain karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NOx).

Bahan bakar Peralite merupakan bahan bakar minyak (BBM) jenis baru yang diproduksi Pertamina. Jika dibandingkan dengan Premium, Peralite memiliki kadar Research Oktan Number (RON) 90. Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Sudirman Said, Peralite merupakan produk yang lebih bersih, ramah lingkungan, dan lebih bagus, serta diproduksi untuk segala jenis kendaraan bermotor.

Keunggulan Peralite adalah membuat tarikan mesin kendaraan menjadi lebih ringan. Zat adiktif yang diberikan pada BBM Peralite yang membuat kualitasnya berada diatas Premium dan bersaing dengan Pertamax.

Inilah beberapa keunggulan Peralite versi Pertamina :

1. Lebih bersih dibandingkan dengan Premium karena memiliki RON diatas 88
2. Diabandrol dengan harga lebih murah dari Pertamax
3. Memiliki warna hijau dengan penampilan visual jernih dan terang

4. Tidak ada kandungan timbal setara memiliki kandungan sulfur maksimal 0,05 persen atau setara dengan 500 ppm.

Proses pembakaran berbahan bakar pertalite bermula dari masuknya bahan bakar kedalam ruang bakar yang bercampur dengan udara yang terjadinya pembakaran secara optimal mulai dari langkah hisap, kompresi, usaha dan buang.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan melakukan analisa gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar Pertalite dengan variasi campuran bahan bakar dan udara dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana cara mencari hasil dari gas buang bahan bakar pertalite.
2. Mengetahui bagaimana variasi campuran bahan bakar dan udara.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya masalah yang akan di uji, maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan pengujian, antara lain :

1. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil dari analisa gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar Pertalite.
2. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil dari analisa gas buang dengan variasi campuran bahan bakar dan udara.
3. Pengujian dilakukan pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500, dan 3000 rpm.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan akan dilakukan pada penelitian ini yaitu tujuan umum dan tujuan khusus

1.4.1 Tujuan Umum

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menganalisa gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar pertalite dengan variasi campuran bahan bakar dan udara.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus pada penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisa emisi gas buang dengan campuran standar.
2. Untuk menganalisa emisi gas buang dengan campuran kaya.
3. Untuk menganalisa emisi gas buang dengan campuran miskin.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian analisa gas buang ini adalah:

1. Untuk penerapan atau pembelajaran tentang analisa gas buang.
2. Sebagai bahan penelitian untuk menganalisa gas buang berbahan bakar pertalite dengan variasi campuran bahan bakar dan udara.
3. Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan tentang analisa gas buang.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mencapai tujuan penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu. Metode dan prosedur pelaksanaannya secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan. Dalam bab ini diuraikan secara jelas latar belakang penulisan melakukan penelitian, serta maksud dan tujuan penelitian tersebut untuk dijadikan landasan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori-teori serta rumus-rumus dari beberapa sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Bab ini juga berisi teori-teori yang didapat dari sumber lainnya seperti internet yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tentang langkah-langkah kerja yang akan dilakukan dan cara memperoleh data yang penelitian ini. Dalam bab ini juga diterangkan secara jelas pengambilan data, pengolahan data.

Data yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data primer, yaitu data-data yang berhubungan langsung dari penelitian yang dilakukan.
2. Data sekunder, yaitu data-data yang bersumber dari instansi yang terkait, dan teori-teori yang di peroleh dar internet dan sumber lainnya.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini merupakan sajian data penerapann teknis analisa yang sesuai dengan objek studi. Kemudian data-data tersebut dibahas dan dianalisa guna mencapai tujuan dan sarana studi yang dimaksud.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data dan bukti yang disajikan sebelumnya, yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Analisis Gas Buang

Analisa atau analisis adalah suatu usaha untuk mengamati secara detail sesuatu hal atau benda dengan cara menguraikan komponen-komponen pembentuknya atau penyusunnya untuk di pelajari lebih lanjut. Analisa berasal dari *kata Yunani kuno analisis* yang artinya melepaskan. Analisis terbentuk dari dua suku kata, yaitu ana yang berarti kembali, dan luein yang berarti melepas sehingga jika di gabungkan maka artinya adalah melepas kembali atau menguraikan. *Kata analisis* ini di serap kedalam bahasa Inggris menjadi *analysis* yang kemudian di serap juga ke dalam bahasa Indonesia menjadi *analisis*.

Analisa gas buang adalah penguraian atau pengamatan tentang sisa hasil pembakaran didalam mesin kendaraan yang menggunakan bahan bakar cair. Biasanya gas buang ini terjadi karena adanya pembakaran yang tidak sempurna dari dalam silinder, sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut.

Proses pembakaran bahan bakar dari kendaraan bermotor menghasilkan gas buang yang bersifat mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara. Secara teoritis gas buang mengandung unsur-unsur senyawa antara lain:

1. Emisi senyawa Hidro Carbon (HC)

Hidrokarbon (HC) merupakan unsur senyawa bahan bakar bensin, HC yang ada pada gas buang adalah dari senyawa bahan bakar yang tidak terbakar habis dalam

proses pembakaran motor, HC diukur dalam satuan ppm (part permillion) (Robert, 1993. Weller, 1989. Spuller, 1987.).

2. Emisi senyawa Carbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida merupakan unsur gas yang relatif tidak stabil dan memiliki kecenderungan bereaksi dengan unsur yang lain, Carbon Monoksida sebenarnya bisa dengan mudah berubah menjadi Carbon Dioksida apabila tercampur dengan sedikit oksigen dan panas, jika rasio AFR pada mesin yang bekerja bisa tepat, emisi gas buang sistem injeksi pada ujung knalpot berkisar antara 0.5% - 1% sedangkan pada carburator sebesar 2.5%.

3. Emisi senyawa Carbon Dioksida (CO₂)

Banyaknya kandungan karbon dioksida yang keluar dari knalpot motor sebenarnya menunjukkan proses pembakaran diruang bakar, jika kandungan semakin tinggi, maka artinya pembakaran semakin sempurna, jika AFR berada diangka ideal, emisi karbon dioksida akan berkisar antara 12% - 15%, namun jika AFR terlalu kurus atau kaya maka 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 yang dipengaruhi CC, jika kadar CO₂ rendah namun kadar CO dan HC normal, artinya ada kebocoran pada knalpot.

4. Emisi senyawa Oksigen (O₂)

Konsentrasi O₂ diruang bakara 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% atau lebih kecil hingga mendekati 0%.

5. Emisi senyawa Nox

Senyawa Nox sebenarnya tidak terlalu penting dalam diagnose mesin, pada dasarnya Nox merupakan ikatan kimia antara nitrogen dan oksigen, dalam kondisi atmosphere normal, nitrogen merupakan gas inert yang sangat stabil dan tidak berikatan dengan unsur senyawa lainnya, namun saat mesin dalam kondisi panas, suhu tinggi dan tekanan tinggi akan mempengaruhi unsur nitrogen sehingga senyawa ini terpecah ikatannya dan tercampur dengan oksigen. Nox 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.

2.1.1 Penyebab Terjadinya Gas Buang

Penyebab terjadinya gas buang ada tiga yaitu :

A. Gas Buang Berwarna Hitam

Terjadi karena tidak sempurnanya pembakaran. Bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna berubah menjadi carbon dan bercampur dengan gas buang sehingga gas

buang menjadi hitam. Umumnya kehitaman gas buang meningkat secara dengan meningkatnya beban engine.

Akibat yang terjadi bila gas buang berwarna hitam adalah

a. Efisiensi hisapan udara rendah

Jika jumlah udara yang dihisap kedalam silinder kurang, ketidak sempurnaan pembakaran akan menyebabkan gas buang berwarna hitam, tenaga turun, temperature gas buang meningkat tinggi, piston dan silinder head menjadi over heat.

Penyebabnya efisiensi hisapan udara rendah adalah :

1. Ketinggian tempat (Altitude)
2. Hambatan masuk (Suction Resistance)
3. Gangguan pada turbocharger

b. Kebocoran udara

Jika udara yang masuk kedlam silinder bocor saat dikompresi maka akan terjadi pembakaran tidak sempurna.

Kebocoran tersebut terjadi karena :

1. Kebocoran karena kehausan silinder dan piston ring.
2. Kedudukan intake dan exhause valve tidak rapat.
3. Valve clearance tidak standart.
4. Silinder head deformasi dan gasket rusak.

c. Penyemprotan bahan bakar

Jika jumlah bahan bakar yang disemprotkan kedalam silinder tidak baik, maka akan menyebabkan timbulnya asap hitam, maksudnya semakin kuat tekanan injeksinya maka partikel pengkabutan semakin halus dan terjadinya turbolensi pencampuran partikel

udara murni dan bahan bakar semakin merata untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna.

B. Gas Buang Berwarna Kebiru-biruan

Dalam kondisi normal sejumlah oli ikut terbakar dengan bahan bakar terutama yang membentuk lapisan film pada dinding linner. Kalau jumlahnya berlebihan, maka gas buang menjadi kebiru-biruan. Jumlah oil yang berlebihan tersebut disebabkan oleh kebocoran dari :

1. Valve stem intake dan exhaust.
2. Turbo Charge.
3. Ring piston dan linner.

C. Gas Buang Berwarna Putih

Yang menyebabkan gas buang berwarna putih adalah:

1. Timming injeksi tidak tepat, dalam hal ini ada dua kemungkinan yaitu engine mengalami Engine Denotasi atau Timming injeksi lambat dan Engine Knocking Timming terlalu awal. Gas buang akan berwarna putih biasanya pedih dimata dan berefek penurunan tenaga pada engine tersebut.
2. Air ikut terbakar, biasanya sering terjadi pada dinding linner yang retak sehingga air masuk keruang bakar, jika ini terjadi maka gas buang akan berwarna putih tebal dan tidak pedih dimata.

2.1.2 Persyaratan Alat Uji Emisi Berbahan Bakar Bensin

Menurut kementerian lingkungan hidup (dalam warju, 2009:124) persyaratan alat uji emisi kendaraan berbahan bakar bensin adalah sebagai berikut:

1. Alat uji harus memenuhi standart ISO 3930/OIML R-99 tentang standart alat uji emisi kendaraan bermotor.
2. Alat uji harus mampu mengukur konsentrasi CO, CO₂, HC, O₂ dan lamda (λ) pada putaran stasioner (*idle*).
3. Pastikan alat uji emisi memiliki sertifikat kalibrasi yang masih berlaku.
4. Peralatan uji harus mendapatkan perawatan rutin 6 bulan sekali.

2.1.3 Standart Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor Di Indonesia

Sesuai dengan peraturan menteri negara lingkungan hidup nomor 05 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama, batas maksimum emisi gas buang berbahaya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor Tipe L

Kategori	Tahun	Parameter		Metode
	Pembuatan	CO (% Vol)	HC (ppm)	Uji
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4.5	12000	Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5.5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	\geq 2010	4.5	2000	Idle

Sumber : kemen LH No.05 tahun 2006

2.2 Teori Bahan Bakar Pertalite

2.2.1 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang dapat dirubah menjadi energi. Umumnya bahan bakar mengandung energi panas yang bisa dilepaskan serta dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan melalui proses pembakaran (reaksi redoks) dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara. Hidrokarbon (termasuk didalamnya bensin dan solar) sejauh ini merupakan bahan bakar yang paling sering digunakan manusia. Bahan lainnya yang biasa dipakai adalah rogam radiaktif, maka dari itu bahan bakar minyak terutama, solar, premium, dan pertamax menjadi bahan bakar yang banyak dicari masyarakat luas dan menjadi bahan bakar unggulan yang dibeli setiap hari sebagai bahan bakar kendaraan.

Menurut supraptono, bahan bakar adalah bahan – bahan yang digunakan dalam proses pembakaran. Tanpa adanya bahan bakar proses pembakaran tidak mungkin berlangsung. Menurut asalnya bahan bakar dibagi menjadi tiga golongan, yaitu bahan bakar nabati, bahan bakar mineral dan bahan bakar fosil. Sedangkan ditinjau menurut bentuknya bahan bakar dibagi menjadi tiga jenis yaitu, bahan bakar berbentuk padat, cair dan gas.

Menurut Arismunandar dalam pratama (2010:8), nilai oktan suatu bahan bakar merupakan suatu bilangan yang menyatakan persen volume iso - oktana dan heptana normal yang mempunyai kecenderungan berdetonasi sama dengan bahan bakar tersebut.

2.2.2 Pertalite

Pertalite merupakan bahan bakar minyak yang diproduksi dan diluncurkan oleh Pertamina pada tanggal 24 Juli 2015 yang lalu dengan RON 90 sebagai varian baru gasoline bagi konsumen para pengguna kendaraan bermotor yang menginginkan bahan bakar minyak yang menghasilkan pembakaran yang jauh lebih baik pada mesin kendaraan bermotor jika dibandingkan dengan premium dan dengan harga yang relatif terjangkau (lebih murah dari Pertamax tapi dengan kualitas diatas Premium).

Di kilang minyak, bahan bakar minyak ini dihasilkan dari proses penambahan zat aditif dalam pengolahannya. Pertalite sangat direkomendasikan untuk jenis kendaraan dengan kompresi antara 9,1 hingga 10,1, terutama bagi kendaraan bermotor yang telah menggunakan teknologi yang setara dengan Catalytic Converter (pengubah katalitik) dan Electronic Fuel Injection (EFI).

Pertalite ini diproduksi untuk menghapus secara bertahap bahan bakar minyak jenis Premium. Diprediksi pada tahun 2017 sudah tidak ada lagi SPBU yang menjual Premium. Hal ini dikarenakan sesuai dengan instruksi Menteri ESDM Sudirman Said yang memberikan tenggat waktu dua tahun kepada PT. Pertamina untuk selambat-lambatnya menghapus premium RON 88.

Ada beberapa keunggulan Pertalite jika dibandingkan dengan Premium. Misalnya untuk 1 liter pemakaian Premium bisa untuk menempuh jarak sejauh 10km, sedangkan 1 liter Pertalite sanggup menempuh jarak sejauh 11,6 km. Dalam hal ini Pertalite terbukti jauh lebih irit jika dibandingkan dengan Premium.

Berikut ini beberapa keunggulan bahan bakar minyak jenis Pertalite jika dibandingkan dengan premium:

1. Pertalite memiliki kadar oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Premium dan lebih rendah jika dibandingkan dengan Pertamax. Dengan kadar oktan tersebut, menghasilkan pembakaran mesin yang jauh lebih optimal dibandingkan dengan Premium.
2. Bahan bakar minyak jenis Pertalite ini lebih bersih, sehingga membuat mesin kendaraan lebih awet, dan tetap terjaga kebersihannya.
3. Pertalite memiliki kandungan Ron yang ramah lingkungan dan jauh lebih baik dari premium.

Tabel 2.2 Spesifikasi Pertalite

Pertalite				
NO	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1.	Angkat Oktan Riset (RON)	RON	90,0	-
2.	Stabilitas oksidasi	Menit	360	-
3.	Kandungan sulfur	% m/m	-	0,05
4.	Kandungan timbal	Gr/1	Dilaporkan (injeksi timbale tidak diizinkan)	
5.	Kandungan logam	Mg/1	Tidak terdeteksi	
6.	Kandungan oksigen	% m/m	-	2,7
7.	Kandungan olefin	% v/v	Dilaporkan	-
8.	Kandungan aromatic	% v/v		
9.	Kandungan benzena	% v/v		
10.	Distilasi : 10% vol. Penguapan 50% vol. Penguapan 90% vol. Penguapan Titik didih akhir Residu	°C	-	74
		°C	88	125
		°C	-	180
		°C	-	215
		% v/v	-	2,0
11.	Sendimen	mg/1		1
12.	Unwashed gum	mg/100ml		70
13.	Washed gum	mg/100ml	-	5
14.	Tekanan uap	Kpa	45	60

15.	Berat jenis (pada suhu 15°C)	Kg/m ³	715	770
16.	Korosi billah tembaga	Menit	Kelas 1	
17.	Sulfur marcaptan	% massa	-	0,002
18.	Penampilan visual		Jernih dan terang	
19.	Warna		Hijau	
20.	Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13

(Sumber: PT. Pertamina, 2015)

2.2.3 Proses Pembakaran

Proses pembakaran merupakan reaksi kimia yang berlangsung sangat cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang menimbulkan panas sehingga mengakibatkan tekanan dan temperatur gas yang tinggi. Oksigen untuk keperluan pembakaran di peroleh oleh udara yang merupakan campuran antara oksigen dan nitrogen serta beberapa gas lain dengan persentase yang relatif kecil dan dapat diabaikan. Terdapat dua macam fenomena pembakaran yaitu :

1. pembakaran normal

Pembakaran ini terjadi apabila penyalaan campuran udara dan bahan bakar semata-mata diakibatkan oleh percikan bunga api yang berasal dari busi. Adapun nyala api akan menyebar secara merata dalam ruang bakar dengan kecepatan normal sehingga campuran udara dan bahan bakar terbakar pada suatu periode yang sama (ref:heywood,hal375).

2. pembakaran abnormal

Terjadi sebagian campuran bahan bakar mengalami penyalaan sendiri yang biasanya tidak disebabkan oleh percikan bunga api dari busi. Hal ini di karenakan temperatur campuran bahan bakar udara terlalu tinggi yang salah satunya disebabkan hasil dari langkah kompresi hingga mencapai titik nyalanya sehingga menyebabkan campuran tersebut akan menyala dengan sendirinya. Ataupun titik panas pada permukaan ruang bakar yang menimbulkan percikan api dengan sendirinya baik sebelum ataupun sesudah penyalaan.

Campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder mula-mula terbakar ketika busi mengeluarkan api listrik, yaitu pada saat beberapa derajat engkol sebelum torak mencapai TMA. Kemudian nyala api merambat ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi (25-50 m/det), sementara itu campuran dibagian yang terjauh dari busi masih menunggu giliran untuk terbakar. Akan tetapi ada kemungkinan bagian campuran tersebut terakhir, karena terdesak oleh penekanan torak maupun oleh gerakan nyala api pembakaran yang merambat dengan cepat itu temperaturnya dapat melampaui temperatur penyalaan sendiri sehingga akan terbakar dengan cepat (meledak). Proses terbakar sendiri dari bagian campuran yang terakhir (terjauh dari busi).

Hasil yang di dapat dari reaksi pembakaran dapat di bedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan jenis pembakaran nya, yaitu :

1. Pembakaran Sempurna

Setiap pembakaran sempurna pasti akan menghasilkan karbondioksida dan H₂O. Reakis pembakaran sempurna ini hanya dapat berlangsung jika campuran udara dan bahan bakar sesuai dengan kebutuhan dan campuran stokiometris (nilai stokiometris 14,7) dan cukup waktu untuk pembakaran campuran bahan bakar dan udara.

2. Pembakaran Tidak Sempurna

Pembakaran tidak sempurna terjadi apabila kebutuhan oksigen untuk pembakaran tidak cukup ($AFR = \text{udara} < 14,7$). Yang dihasilkan dari proses pembakaran ini adalah hidrokarbon yang tidak terbakar dan apabila sebagian dari hidrokarbon yang terbakar maka aldehid, ketone, asam karbosiklis dan karbon monoksida akan menjadi polutan dalam gas buang

3. Pembakaran Dengan Udara Berlebih

Pada kondisi temperatur yang tinggi, nitrogen dan oksigen yang terdapat dalam udara pembakaran akan bereaksi dan akan membentuk oksida nitrogen (NO dan NO_2) > 14,7.

2.2.3 Aspek pendukung proses pembakaran

1. Rasio perbandingan antara volume bahan bakar dan debit udara.
2. Kualitas bahan bakar dan kualitas udara.
3. Pengoptimalan bahan bakar (carburation).
4. Homogenisasi campuran bahan bakar dan udara.
5. Hambatan proses pembakaran (tidak tepatnya waktu penyulutan (ignited)).
6. Mekanisme engine atau mesin.
7. Teknologi sistem bahan bakar dan pengapian.

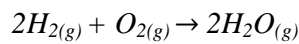
2.2.4 Reaksi pembakaran

Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia antara unsur bahan bakar dengan oksigen. Oksigen didapat dari udara luar yang merupakan campuran dari beberapa senyawa kimia antara lain oksigen (O), nitrogen (N), argon (Ar), karbondioksida (CO_2)

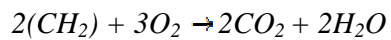
dan beberapa gas lainnya. Dalam proses pembakaran maka tiap macam pembakaran selalu membutuhkan sejumlah udara tertentu agar bahan bakar dapat dibakar secara sempurna. Rumus kimia bahan bakar adalah $C_n H_m$. Dalam pembakaran dibutuhkan perbandingan udara dengan bahan bakar dimana besarnya udara yang dibutuhkan dalam silinder untuk membakar bahan bakar. Perbandingan bahan bakar atau AFR (*air fuel ratio*).

Berdasarkan bahan bakar :

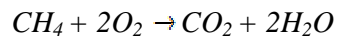
a. Hidrogen



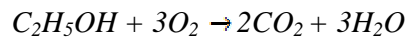
b. Bahan bakar minyak



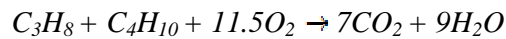
c. Metana



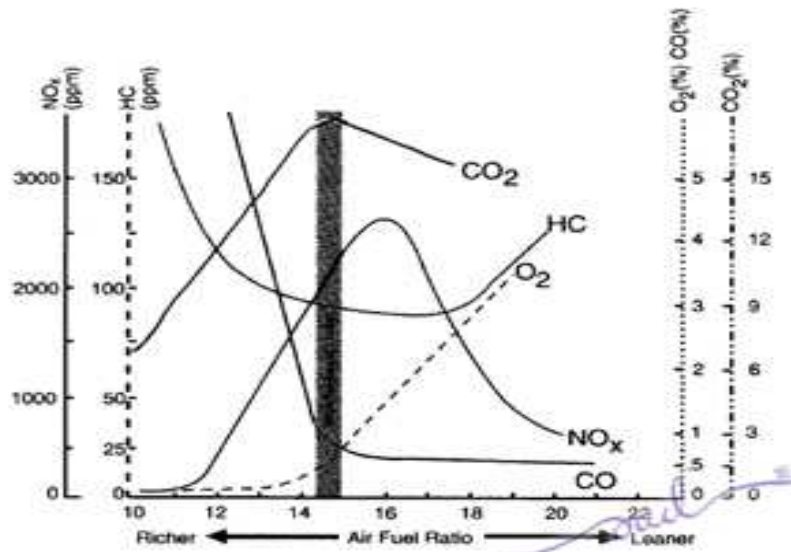
d. Etanol



e. LPG



(Elsa, dkk. 2010).



Gambar 2.1 grafik emisi dengan AFR

sumber : Obert, Edward F (1973)

Kita sudah tak lazim dalam mengendarai sepeda motor. Dalam sehari-hari kita selalu mengendarai sepeda motor dalam segala aktifitas seperti kuliah, ke kantor, dan masih banyak lainnya. Karena selalu disibukkan dengan segudang aktifitas kita kurang memperhatikan dalam kondisi kendaraan yang digunakan sehari-hari. Pasti teman-teman sering dan pernah mengalami motor yang dipakai lebih boros bahan bakarnya. Agar pembakaran yang terjadi tetap efisien disini akan membahas penyebab campuran bahan bakar ideal, campuran kaya dan campuran miskin.

Campuran Ideal

Campuran antara bahan bakar dan udara yang sesuai dengan kebutuhan kinerja mesin atau bisa disebut juga sesuai dengan standart pabrik.

Perbandingan campuran ideal adalah satu gram berbanding 12 sampai dengan 17 gram udara (1 : 12-17)

Penyebab campuran ideal :

1. Campuran bahan bakar dan udara yang pas sesuai dengan spesifikasi.
2. Komponen karburator dalam keadaan bersih (tidak ada hambatan)

Akibat campuran ideal :

1. Bahan bakar jadi irit
2. Tenaga maksimal
3. Mesin mudah hidup
4. Gas buang tidak pedih atau berasap

Campuran kaya

Campuran bahan bakar dan udara terlalu kaya adalah campuran bahan bakar dan udara yang mana perbandingan jumlah bahan bakar lebih banyak dari perbandingan yang normal.

Campuran bahan bakar yang terlalu kaya dapat disebabkan oleh :

1. Cuk macet dalam keadaan tertutup.
2. Katup pelampung tidak bekerja dengan baik atau sudah haus, ganti katup pelampung yang sudah haus.
3. Pelampung terlalu rebdah sehingga ruang pelampung terisi bahan bakar yang terlalu banyak. Setel tinggi pelampung sesuai dengan spesifikasi.
4. Spuyer udara tersumbat, bersihkan spuyer udara semprot lubang salura.
5. Elemen saringan udara dalam keadaan kotor, bersihkan elemen saringan udara.

Campuran miskin

Campuran bahan bakar dan udara terlalu miskin adalah campuran bahan bakar dan udara yang mana perbandingan jumlah bahan bakar lebih sedikit dari perbandingan yang normal.

Campuran bahan bakar dan udara terlalu miskin disebabkan oleh :

1. Spuyer karburator tersumbat, bersihkan spuyer dan semprot lubang Spuyer karburator tersumbat, bersihkan spuyer dan semprot lubang salurannya sampai lancar.
2. Katup pelampung tidak bekerja dengan baik.
3. Tinggi pelampung terlalu tinggi.
4. Saluran bahan bakar terhambat, bersihkan saluran bahan bakar tersebut.
5. Selang pernapasan karburator tersumbat, bersihkan selang pernapasan yang tersumbat.

Berikut ini dapat dilihat pada tabel perbandingan udara dan bahan bakar, seperti berikut:

Tabel 2.3 Perbandingan udara dan bahan bakar

Kondisi Kerja Mesin	Perbandingan Udara dan Bahan Bakar
Saat start temperatur 0 ^o Cara kerja	Kira-kira 1 : 1
Saat start temperatur 20 ^o Cara kerja	Kira-kira 5 : 1
Saat <i>idling</i>	Kira-kira 11 : 1
Putaran lambat	12 - 13 : 1
Akselerasi	Kira-kira 8 : 1
Putaran max (beban penuh)	12 - 13 : 1
Putaran sedang (ekonomis)	16 - 18 : 1

(New Step 1 Toyota Astra Motor, halaman 3 - 51)

2.3 Campuran Bahan Bakar Dan Udara

Campuran yang dibutuhkan untuk membakar 14.7 kg udara membutuhkan 1 kg bahan bakar yang kemudian disebut perbandingan campuran udara dan bahan bakar stoikiometri 14.7 : 1 (bosch 2001: 6).

Perbandingan antara campuran bahan bakar dengan udara sangat mempengaruhi emisi gas buang yang dihasilkan, untuk mengetahui kadar emisi gas buang alat uji emisi harus dilengkapi dengan pengukuran nilai λ (lambda) atau AFR (*air-fuel-ratio*) yang dapat mengindikasikan campuran tersebut. (Swisscontact, 2000). Lamda adalah suatu perbandingan antara kebutuhan teoritis udara dan kondisi nyata dari suatu campuran bahan bakar dengan udara. (Warju, 2006)

Dikatakan pada teori *stoichimetric*, dimana membakar 1 kg bensin dengan sempurna dibutuhkan 14,7 kg udara. Dengan kata lain perbandingan campuran ideal adalah 14,7 : 1. Perbandingan ini disebut AFR atau λ . Secara sederhana untuk membandingkan antara teori dan kondisi nyata dituliskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{Teori Stoichiometri}}$$

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7 maka :

$$\lambda = \frac{14,7}{14,7 : 1}$$

$$\lambda = \frac{14,7}{14,7}$$

$$\lambda = 1$$

keterangan :

$\lambda = 1$ campuran ideal

$\lambda > 1$ campuran kurus atau miskin

$\lambda < 1$ campuran gemuk atau kaya

Hubungan antara AFR dengan gas buang diasumsikan mesin dalam kondisi normal dengan kecepatan konstan, pada kondisi AFR kurus dimana konsentrasi CO dan HC menurun pada saat NOx meningkat, sebaliknya AFR kaya NOx menurun tetapi CO dan HC meningkat. Hal ini berarti pada mesin bensin sangat sulit untuk mencari upaya penurunan emisi CO, HC dan NOx pada waktu bersamaan, apalagi dengan mengubah campurannya saja

Pada dasarnya campuran bahan bakar dengan udara itu harus selalu mendekati 1 untuk menjaga dari emisi gas buang yang tinggi selain itu juga mudah untuk perawatan dan pemeliharaan mesinnya.

Untuk mengetahui apakah campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar mempunyai ratio yang tepat kita bisa melihat kondisi motor dibagian ruang bakar dan feporma saat dinyalakan. Campuran yang tepat akan menghasilkan pembakaran yang sempurna.

Besarnya campuran bahan bakar dan udara dimana mesin dapat bekerja tanpa mengalami gangguan pada rentang 8:1 hingga 18.5:1 hal tersebut dapat dijelaskan:

1. 8 bagian udara berdasarkan berat dikombinasikan dengan 1 bagian bahan bakar (8:1) merupakan campuran paling kaya yang dapat diterima oleh mesin dan masih dapat melakukan pengapian.

2. 18.5 bagian udara dicampur dengan 1 bagian bahan bakar (18.5:1) merupakan campuran paling miskin. Campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya atau terlalu miskin menyebabkan pembakaran tidak normal atau mesin tidak dapat berjalan sama sekali (halderman & linder, 2006)

2.4 Alat yang digunakan

2.4.1 Diagnostik Tool

- a. Untuk mengetahui kondisi putaran mesin dan kerusakan pada yang terjadi disistem fuel injection (Mode “NORMAL”).
- b. Untuk memeriksa kondisi kerja komponen fuel injection (Mode “DIAG”).
- c. Untuk memeriksa dan menyetel tingkat CO (Mode “CO”).

2.4.2 Gas Analyzer

Gas analyzer adalah suatu alat yang digunakan untuk mencari nilai Monoksida (CO), Karbondioksida (CO₂), Hidrokarbon (HC), Oksigen (O₂), dan Lambda (λ) yang didapat dari pengujian gas buang pada kendaraan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pengujian

- a. Laboraturium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan. Kapten Muchtar Basri Medan.
- b. Senin 25 September 2017 jam 15.00 sampai dengan 18.30 WIB.
- c. Selasa 26 September 2017 jam 17.00 sampai dengan 20.25 WIB.

3.2 Alat Yang Digunakan

3.2.1 Alat Diagnostik Tool

- a. Diagnostik Tool

Berfungsi sebagai mendeteksi kerusakan pada sistem injeksi sepeda motor dan untuk menyetel CO irit dan borosnya bahan bakar pada kendaraan.



Gambar 3.1 Diagnostik Tool

3.2.2 Alat Gas Analiser

Tabel 3.1 Spesifikasi Gas Analiser

Measuring Item	CO, HC, CO ₂ , O ₂ , Lambda, AFR, NOX (Optional)
Measuring Method	CO, HC, CO ₂ : NDIR Method O ₂ : Electrochemical Method
Measuring Range	CO : 0.00-9.99% HC : 0-9999ppm CO ₂ : 0.0-20.2% O ₂ : 0.0-25.0% Lambda : 0.000-2.000 AFR : 0.0-99.0%
Resolution	CO: 0.01% HC : 1ppm CO ₂ : 0.1% O ₂ : 0.01% Lambda : 0.001 AFR : 0.1
Function	The air leakage check, The zero / span calibration The residual HC test The selection of fuel type : 1.Gasoline 2. LPG 3.CNG 4.Alkohol Hvc and Ovc conversation Data printer : Date / Time
Warming-up time	About 2 – 8 minutes
Voltage use	AC110V or AC220V ± 10%, 50/60Hz
Power consumption	Approx. 50W
Operating temperature	00c -40oC
Dimension	285(W) x 410(D) x 155(H)
Weight about	4.5 kg
Included Accessories	Probe Hose, Emergency Fuse, Water Leak, Testing Cap, Emergency Filter, Instruction Manual, Power Cord, Ground Wire, and Type Approval, Certificate
Optional Accessories	Pprinter, Printer Paper, RS232

a. Kertas printer

Berfungsi sebagai mencetak data hasil pengujian



Gambar 3.2 Kertas printer

b. Zero filter

Fungsinya sebagai penyaring gas buang yang masuk ke alat Gas Analiser



Gambar 3.3 Zero filter

c. Dust filter

Berfungsi sebagai penyaring debu yang masuk ke Gas Analiser



Gambar 3.4 Dust filter

d. Main filter

Berfungsi sebagai penyaring utama dari Gas Analiser



Gambar 3.5 Main Filter

e. Kabel power

Berfungsi sebagai pengantar arus untuk menghidupkan Gas Analiser



Gambar 3.6 Kabel power

f. Selang probe

Berfungsi sebagai penyalur gas buang dari kenalpot ke Gas

Analise



Gambar 3.6 Selang probe

g. Probe

Berfungsi sebagai jalur utama masuknya gas buang dari knalpot ke Gas Analiser

Gambar 3.7 Probe



3.3 Jenis Spesimen Alat Yang Diuji



Tabel 3.2 Spesifikasi sepeda motor 150 cc

Dimensi (PxLxT)	2.010x705x1.030 mm.
Jarak Sumbu Roda	1.300 mm.
Jarak Terendah Ke Tanah	165 mm.
Ketinggian Tempat Duduk	790 mm.
Berat Isi	129 kg.
Sistem Pelumasan	Basah.
Suspensi Depan	Teleskopik.
Suspensi Belakang	Lengan ayun, link suspensi monocross.
Ukuran Ban Depan	90/80-17M/C 46P.
Ukuran Ban Belakang	120/70-17/C 58P.
Rem Depan	Cakram hidrolik, piston ganda.
Rem Belakang	Cakram hidrolik, piston tunggal.
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	12 Liter.
Kapasitas Minyak Pelumas Mesin	1,15 Liter total. Penggantian berkala : 0,95 liter. Filter oli : 1 liter
Tipe Rangka	Deltabox (pressed backbone).
Tipe Mesin	4 stroke, 4 katup SOHC, silinder tunggal/tegak
Sistem Pendinginan	Berpendingin cairan.
Sistem Suplay Bahan Bakar Injeksi	Fuel Injektion.
Diameter x Langkah	57.0 x 58.7 mm.
Kapasitas Mesin	149,8 cc.
Daya Maksimum	12,2 KW(16.59 PS)@8500rpm.
Torsi Maksimum	14,5 Nm(1.48 kgf.m)@7500rpm.
Perbandingan Kompresi	10.4 : 1
Kopling	Tipe basah, multiplat,kopling manual.
Transmisi	Manual, Return 5 kecepatan.
Pola Perpindahan Gigi	1-N-2-3-4-5.
Starter	Electric.
Sistem Pengapian	Transistor Control Ignition (TCI)
Aki	YTZ4/GTZ4V (MF Battery)
Busi	CR8E (NGK)/U24ESR-N (DENSO).

3.4 Setting Alat

3.4.1 Setting Alat Diagnostik Tool

- a. Buka tempat duduk kendaraan yang akan diuji
- b. Cari kabel DLC(Diagnostic Link Connector) yang berwarna hijau
- c. Sambungkan kabel DLC (Diagnostic Link Connector) pada alat Diagnostik Tool
- d. Sambungkan kabel merah ke arus Positif dan kabel hitam ke arus Negatif baterai kendaraan

3.4.2 Setting alat Gas Analyzer

- a. Pasang kabel power pada emission analyzer
- b. Pasangkan selang probe ke probe
- c. Pasangkan selang probe ke emission analyzer

3.5 Langkah Kerja

3.5.1 Langkah Kerja Diagnostik Tool

- a. Tekan tombol MODE pada alat Diagnostik Tool
- b. Hidupkan kontak kendaraan pada posisi ON
- c. Selanjutnya atur alat pada settingan CO pada tombol MODE
- d. Setting CO kendaraan sesuai pengujian
- e. CO (0) untuk pengujian campuran bahan bakar ideal
- f. CO (+7) untuk pengujian campuran bahan bakar kaya
- g. CO (-7) untuk pengujian campuran bahan bakar miskin

- h. Setelah CO diatur sesuai pengujian maka tekan tombol MODE dan tombol OFF pada kunci kontak untuk mematikan alat Diagnostik Tool
- i. Lepaskan kabel Injeksi, Positif dan Negatif yang tersambung pada alat
- j. Pasang kembali tempat duduk kereta dengan baik
- k. Selesai

3.5.2 Langkah Kerja Gas Analyzer

- a. Pasangkan kabel power ke arus listrik
- b. Pasangkan probe ke knalpot/gas buang
- c. Tekan tombol ON pada emission analyzer
- d. Tunggu 2 sampai 3 menit sampai status alat ready
- e. Putar kontak ON lalu starter mesin
- f. Tekan tombol (MEAS) untuk memulai
- g. Tunggu 1 hingga 2 menit sampai data menunjukkan angka stabil
- h. Tekan tombol PRINT 3 kali untuk hasil pengujian
- i. Putar kontak ke OFF untuk mematikan mesin
- j. Tekan tombol OFF pada emission analyzer
- k. Keluarkan probe dari knalpot
- l. Selesai

3.6 Penjelasan perhitungan

Setiap naik satu angka pada alat diagnostic tool nilainya adalah 0,05 cc/detik pertahap dan pengujian dilakukan selama 2 menit dan jumlah tahapan yang dilakukan adalah 7 tahapan.

Laju reduksi CO

(% emisi CO standar x \square gas buang standar) – (% emisi CO eksp x \square gas buang eksp)

Laju reduksi HC

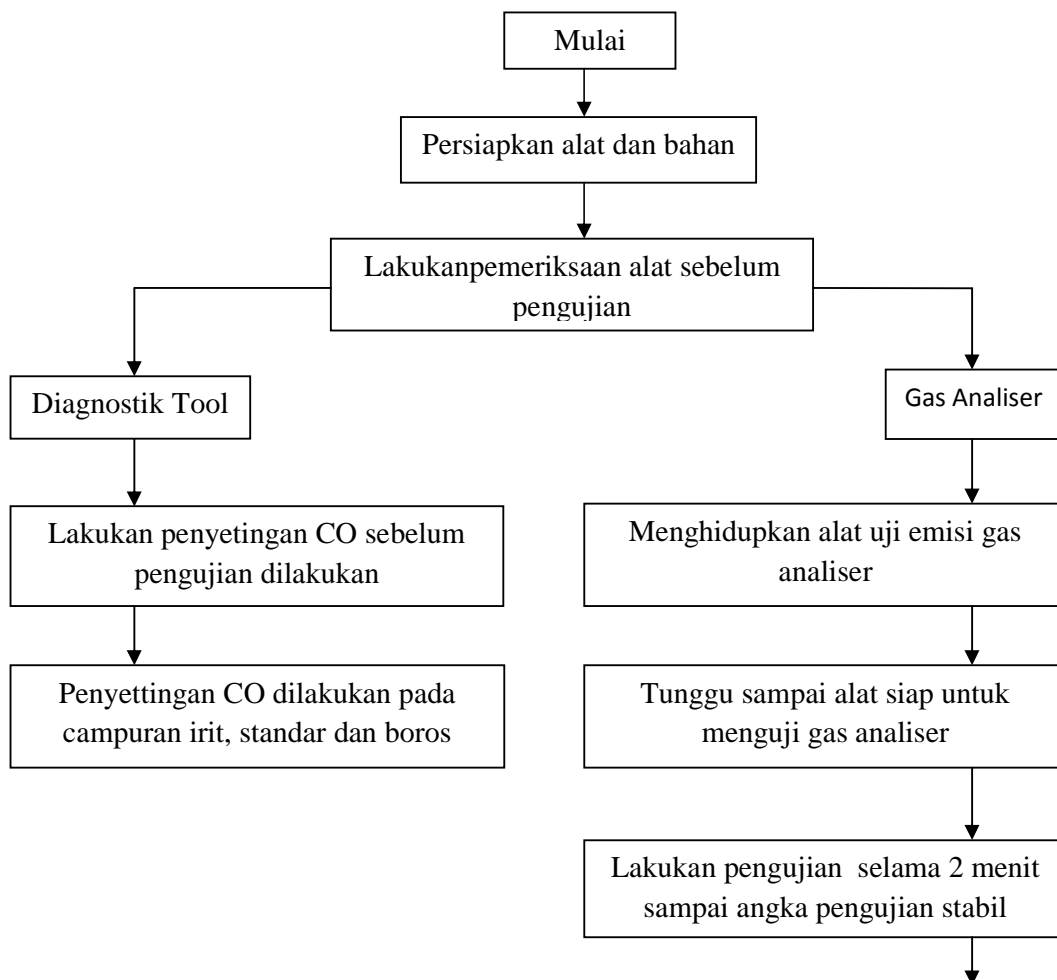
(% emisi HC standar x \square gas buang standar) – (% emisi HC eksp x \square gas buang eksp)

$\square = Q . P$

$Q = 0,05 \times$ waktu pengujian x tingkat tahapan bahan bakar

$P =$ Massa jenis bahan bakar

3.7 Diagram Alir Proses Pengujian



Setelah angka pengujian stabil selanjutnya lakukan pencetakan hasil pengujian dengan cara tekan 3 kali pada tombol Hold Print



Setelah selesai pengujian rapikan dan bersihkan alat dan bahan



Selesai

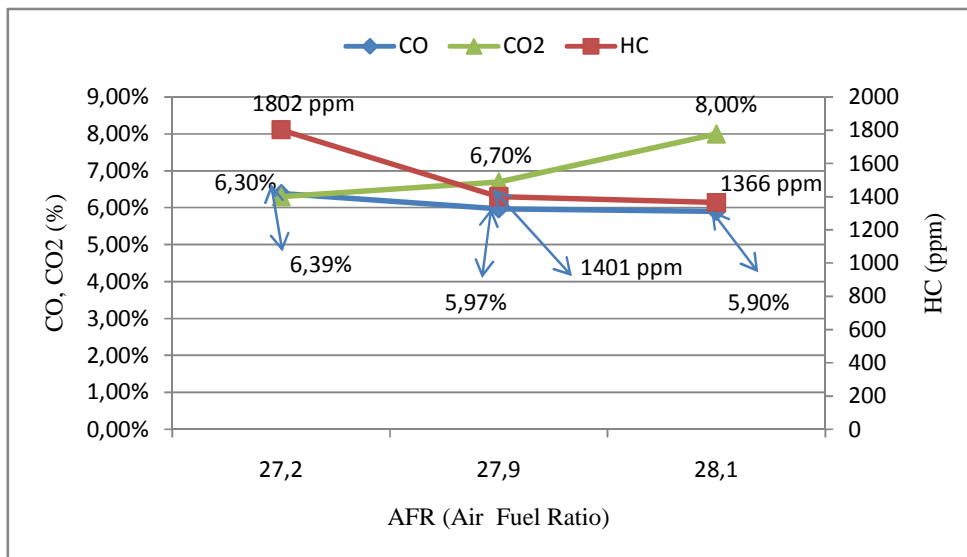
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 1000 rpm

Data hasil pengujian gas analiser			
Sepeda motor 150 cc berbahan bakar Pertalite pada putaran 1000 rpm			
Gas buang	Bahan bakar campuran kaya (+7)	Bahan bakar campuran standart	Bahan bakar campuran miskin (-7)
CO	6.39%	5.97%	5.90%
HC	1802 ppm	1401 ppm	1366 ppm
CO ₂	6.30%	6.70%	8.00%
AFR	27.2	27.9	28.1



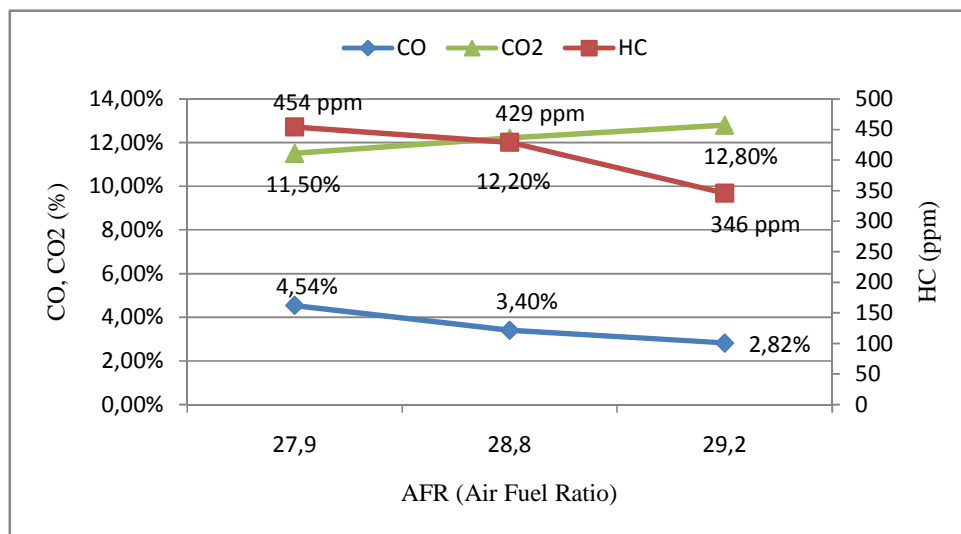
Gambar 4.1 Grafik CO, CO₂ dan HC pada putaran 1000 rpm

Pada grafik ini menjelaskan pada AFR 27,2 campuran kaya pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 6,39% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 6,30% dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 1802 ppm. Pada AFR 27,9 campuran standar pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 5,97% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 6,70% dan pada garis

yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 1401 ppm. Pada AFR 28,1 campuran miskin pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 5,90% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 8,00 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 1366 ppm.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 1500 rpm

Data hasil pengujian gas analiser			
Sepeda motor 150 cc berbahan bakar Pertalite pada putaran 1500 rpm			
Gas buang	Bahan bakar campuran kaya (+7)	Bahan bakar campuran standart	Bahan bakar campuran miskin (-7)
CO	4.54%	3.40%	2.82%
HC	454 ppm	429 ppm	12.80 ppm
CO ₂	11.50%	12.20%	12.80%
AFR	27.9	28.8	29.9



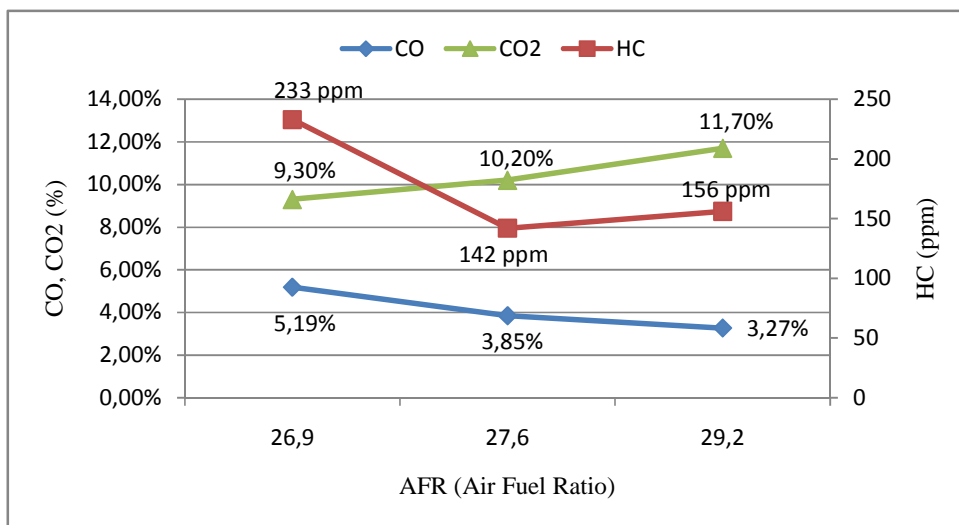
Gambar 4.2 Grafik CO, CO₂ dan HC pada putaran 1500 rpm

Pada AFR 27,9 campuran kaya pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 4,54% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 11,50 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 454 ppm. Pada AFR 28,8 campuran standar pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 3,40% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 12,20 % dan pada garis yang HC garis yang

berwarna merah nilainya adalah 429 ppm. Pada AFR 29,9 campuran miskin pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 2,82% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 12,80 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 1280 ppm.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 2000 rpm

Data hasil pengujian gas analiser			
Sepeda motor 150 cc berbahan bakar Pertalite pada putaran 2000 rpm			
Gas buang	Bahan bakar campuran kaya (+7)	Bahan bakar campuran standart	Bahan bakar campuran miskin (-7)
CO	5.19%	3.85%	3.27%
HC	223 ppm	142 ppm	156 ppm
CO ₂	9.30%	10.20%	11.70%
AFR	26.9	27.6	29.2



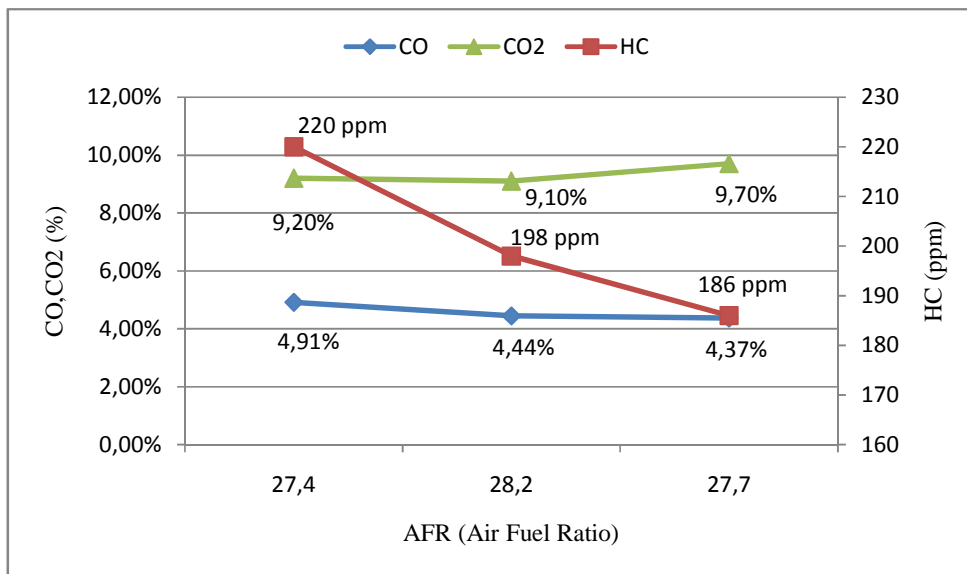
Gambar 4.3 Grafik CO, CO₂ dan HC pada putaran 2000 rpm

Pada AFR 26,9 campuran kaya pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 5,19% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 9,30 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 223 ppm. Pada AFR 27,6 campuran standar pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 3,85% dan pada CO₂ garis yang

berwarna hijau nilainya adalah 10,20 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 142 ppm. Pada AFR 29,2 campuran miskin pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 3,27% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 11,70 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 156 ppm.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 2500 rpm

Data hasil pengujian gas analiser			
Sepeda motor 150 cc berbahan bakar Pertalite pada putaran 2500 rpm			
Gas buang	Bahan bakar campuran kaya (+7)	Bahan bakar campuran standart	Bahan bakar campuran miskin (-7)
CO	4.91%	4.44%	4.37%
HC	220 ppm	198 ppm	186 ppm
CO ₂	9.20%	9.10%	9.70%
AFR	27.4	28.2	27.7



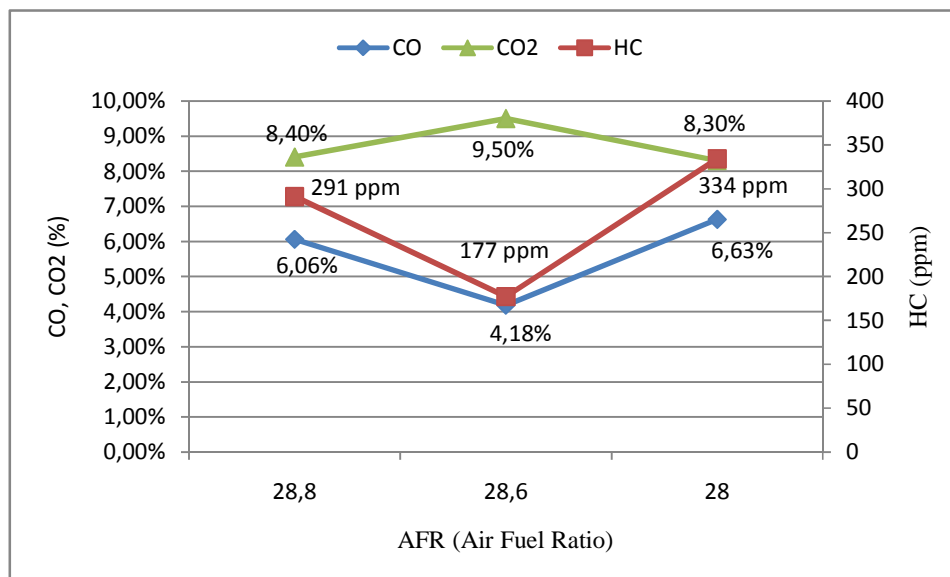
Gambar 4.4 Grafik CO, CO₂ dan HC pada putaran 2500 rpm

Pada AFR 27,4 campuran kaya pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 4,19% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 9,20 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 220 ppm. Pada AFR 28,2 campuran standar

pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 4,44% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 9,10 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 198 ppm. Pada AFR 27,7 campuran miskin pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 4,37% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 9,70 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 186 ppm.

Tabel 4.5 Data hasil pengujian gas buang pada putaran 3000 rpm

Data hasil pengujian gas analiser			
Sepeda motor 150 cc berbahan bakar Pertalite pada putaran 3000 rpm			
Gas buang	Bahan bakar campuran kaya (+7)	Bahan bakar campuran standart	Bahan bakar campuran miskin (-7)
CO	6.06%	4.18%	6.63%
HC	291 ppm	177 ppm	334 ppm
CO ₂	8.40%	9.50%	8.30%
AFR	28.8	28.6	28



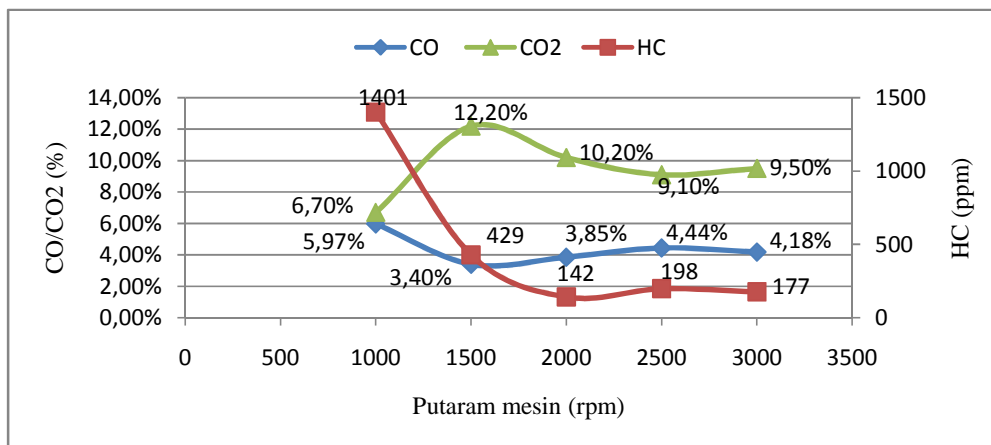
Gambar 4.5 Grafik CO, CO₂ dan HC pada putaran 3000 rpm

Pada AFR 28,8 campuran kaya pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 6,06% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 8,40 % dan pada garis yang HC

garis yang berwarna merah nilainya adalah 291 ppm. Pada AFR 28,6 campuran standar pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 4,18% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 9,50 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 177 ppm. Pada AFR 28 campuran miskin pada CO yang garis warna biru nilainya adalah 6,63% dan pada CO₂ garis yang berwarna hijau nilainya adalah 8,30 % dan pada garis yang HC garis yang berwarna merah nilainya adalah 334 ppm.

Tabel 4.6 Data hasil pengujian CO, HC dan CO₂ standar pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm

Data CO,HC,CO ₂ standar pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm					
Gas buang	1000	1500	2000	2500	3000
CO	5.97%	3.40%	3.85%	4.44%	4.18%
HC	1401	429	142	198	177
CO ₂	6.70%	12.20%	10.20%	9.10%	9.50%

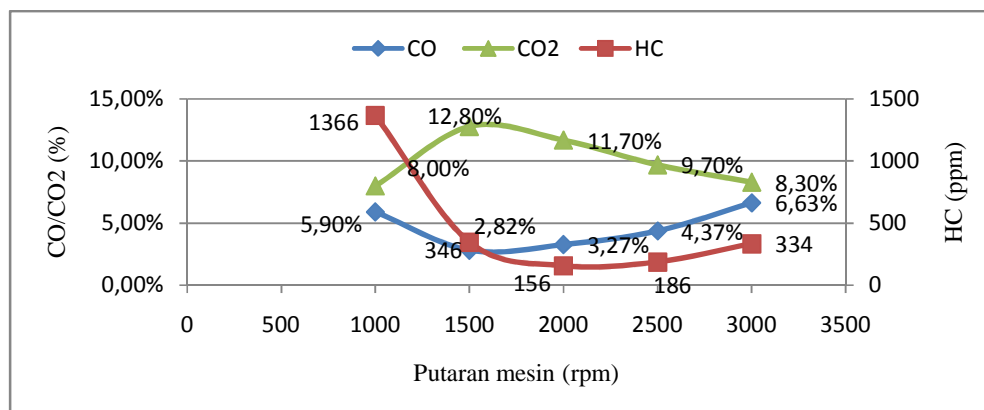


Gambar 4.6 Grafik CO,HC,CO₂ standar pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm

Pada putaran 1000 rpm campuran standar pada garis CO nilainya adalah 5,97%, pada garis HC nilainya adalah 1401 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 6,70%. Pada putaran 1500 rpm campuran standar pada garis CO nilainya adalah 3,40%, pada garis HC nilainya adalah 429 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 12,20%. Pada putaran 2000 rpm campuran standar pada garis CO nilainya adalah 3,85%, pada garis HC nilainya adalah 142 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 10,20%. Pada putaran 2500 rpm campuran standar pada garis CO nilainya adalah 4,44%, pada garis HC nilainya adalah 198 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 9,10%. Pada putaran 3000 rpm campuran standar pada garis CO nilainya adalah 4,18%, pada garis HC nilainya adalah 177 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 9,50%.

Tabel 4.7 Data hasil pengujian CO, HC dan CO₂ miskin pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm

Data CO,HC,CO ₂ pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm					
gas buang	1000	1500	2000	2500	3000
CO	5.90%	2.82%	3.27%	4.37%	6.63%
HC	1366	346	156	186	334
CO ₂	8.00%	12.80%	11.70%	9.70%	8.30%



Gambar 4.7 Grafik CO, HC, CO₂ miskin pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm

Pada putaran 1000 rpm campuran miskin pada garis CO nilainya adalah 5,90%, pada garis HC nilainya adalah 1366 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 8,00%.

Pada putaran 1500 rpm campuran miskin pada garis CO nilainya adalah 2,82%, pada garis HC nilainya adalah 346 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 12,80% Pada

putaran 2000 rpm campuran miskin pada garis CO nilainya adalah 3,27%, pada garis HC nilainya adalah 156 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 11,70%. Pada putaran

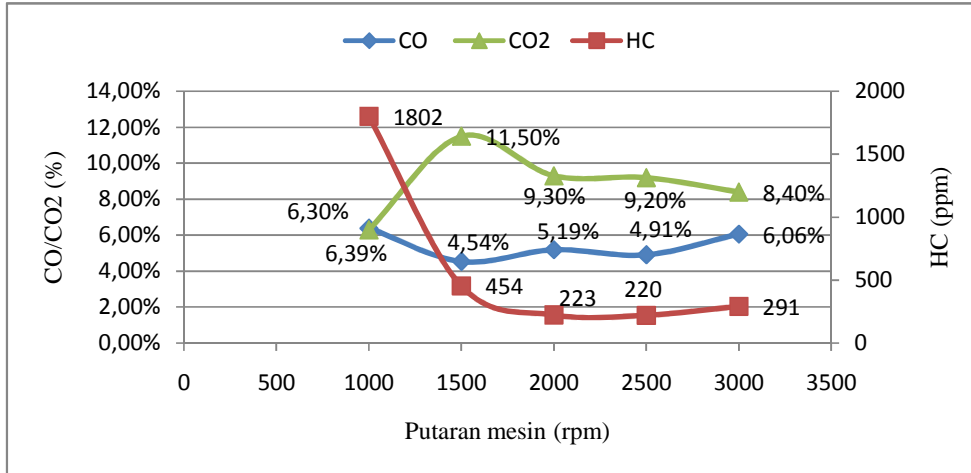
2500 rpm campuran miskin pada garis CO nilainya adalah 4,37%, pada garis HC nilainya adalah 186 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 9,70%. Pada putaran 3000

rpm campuran miskin pada garis CO nilainya adalah 6,63%, pada garis HC nilainya adalah 334 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 8,30%

.

Tabel 4.8 Data hasil pengujian CO, HC dan CO₂ kaya pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm

Data CO, HC, CO ₂ pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm					
Gas buang	1000	1500	2000	2500	3000
CO	6.39%	4.54%	5.19%	4.91%	6.06%
HC	1802	454	223	220	291
CO ₂	6.30%	11.50%	9.30%	9.20%	8.40%



. Gambar 4.8 Grafik CO, HC, CO₂ kaya pada putaran 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000 rpm

Pada putaran 1000 rpm campuran kaya pada garis CO nilainya adalah 6,39%, pada garis HC nilainya adalah 1802 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 6,30%.

Pada putaran 1500 rpm campuran kaya pada garis CO nilainya adalah 4,54%, pada garis HC nilainya adalah 454 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 11,50%.

Pada putaran 2000 rpm campuran kaya pada garis CO nilainya adalah 5,19%, pada garis HC nilainya adalah 223 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 9,30%.

Pada putaran 2500 rpm campuran kaya pada garis CO nilainya adalah 4,91%, pada garis HC nilainya adalah 220 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 9,20%.

Pada putaran 3000 rpm campuran miskin pada garis CO nilainya adalah 6,06%, pada garis HC nilainya adalah 291 ppm, pada garis CO₂ nilainya adalah 8,40%.

4.2 Hasil Perhitungan

$$\square = Q \cdot P$$

$$Q = 0,05 \text{ cc/detik} \times 7 = 0,35 \text{ cc} \times 120 \text{ detik} = 42 \text{ cc}$$

$$= 2 \text{ menit} \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} = \frac{2}{60} \text{ jam}$$

$$= 42 \text{ cc} \times \frac{0,001 \text{ liter}}{1} = 0,042 \text{ liter} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ liter}} = 42 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0,000042 \times 60}{2 \text{ jam}} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P = 715 \text{ kg/m}^3 = Q \cdot P$$

$$\square = (1,26 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam}) \times (715 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,9009 \text{ kg/jam}$$

a. CO Pada putaran 1000 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,851$$

$$\text{kadar emisi CO eksperimen} = 6,39\%$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,902$$

$$\text{kadar emisi CO standar} = 5,97\%$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times A/F \text{ stochiometri} \times \square \text{ bb eskp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,851 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24,5132 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ udara stan} &= (\lambda \text{ stan} \times A/F \text{ stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,902 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,1886 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ gas buang eksp} &= (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam} \\ &= (24,5132 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,4141 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ gas buang stan} &= (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (25,1886 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 26,0895 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Laju reduksi CO :

$$(\% \text{ emisi CO standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi CO eksp} \times \square \text{ gas buang eksp})$$

$$= (0,0597 \times 26,0895 \text{ kg/jam}) - (0,0639 \times 25,4141 \text{ kg/jam})$$

$$= (1,5575 - 1,6239)$$

$$= (-0,0664) \text{ kg/jam}$$

b. HC pada putaran 1000 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,851$$

$$\text{kadar emisi HC eksperimen} = 1802 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,902$$

$$\text{kadar emisi HC standar} = 1401 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\begin{aligned}\square \text{ udara eksp} &= (\lambda \text{ eks} \times A/F \text{ stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,851 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 24,5132 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\square \text{ udara stan} &= (\lambda \text{ stan} \times A/F \text{ stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,902 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,1886 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\square \text{ gas buang eksp} &= (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam} \\ &= (24,5132 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,4141 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\square \text{ gas buang stan} &= (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (25,1886 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 26,0895 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Laju reduksi HC

$$\begin{aligned}&(\% \text{ emisi HC standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi HC eksp} \times \square \text{ gas buang eksp}) \\ &= (1401 \times 26,0895 \text{ kg/jam}) - (1802 \times 25,4141 \text{ kg/jam}) \\ &= (36551,3895 - 45796,2082) \\ &= (-9244,8187) \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

c. CO pada putaran 1500 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,904$$

$$\text{kadar emisi CO eksperimen} = 4,54\%$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,965$$

$$\text{kadar emisi CO standar} = 3,40\%$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,904 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,2151 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ udara stan} = (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,965 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,0229 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (25,2151 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,116 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang stan} = (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (26,0229 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,9238 \text{ kg/jam}$$

Laju reduksi CO :

$$(\% \text{ emisi CO standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi CO eksp} \times \square \text{ gas buang eksp})$$

$$= (0,034 \times 26,9238 \text{ kg/jam}) - (0,0454 \times 26,116 \text{ kg/jam})$$

$$= (0,9154 - 1,1856)$$

$$= (-0,2701) \text{ kg/jam}$$

d. HC pada putaran 1500 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,904$$

$$\text{kadar emisi HC eksperimen} = 454 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,965$$

$$\text{kadar emisi HC standar} = 429 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,904 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,2151 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ udara stan} = (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,965 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,0229 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (25,2151 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,116 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang stan} = (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (26,0229 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,9238 \text{ kg/jam}$$

Laju reduksi HC :

(% emisi HC standar x □ gas buang standar) – (% emisi HC eksp x □ gas buang eksp)

$$= (429 \times 26,9238 \text{ kg/jam}) - (454 \times 26,116 \text{ kg/jam})$$

$$= (11550,3102 - 11865,664)$$

$$= (-315,3538) \text{ kg/jam}$$

e. CO pada putaran 2000 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,883$$

$$\text{kadar emisi CO eksperimen} = 5,19\%$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,881$$

$$\text{kadar emisi CO standar} = 3,85\%$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,883 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24,9370 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ udara stan} = (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,881 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24,9105 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (24,9370 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,8379 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ gas buang stan} &= (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (24,9105 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,8114 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Laju reduksi CO :

$$\begin{aligned} &(\% \text{ emisi CO standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi CO eksp} \times \square \text{ gas buang eksp}) \\ &= (0,0385 \times 25,8114 \text{ kg/jam}) - (0,0519 \times 25,8379 \text{ kg/jam}) \\ &= (0,9937 - 1,3409) \\ &= (-0,3471) \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

f. HC pada putaran 2000 rpm

Diketahui :

$$\begin{aligned} \lambda \text{ eksperimen} &= 1,883 \\ \text{kadar emisi HC eksperimen} &= 233 \text{ ppm vol} \\ \square \text{ bb eksperimen} &= 0,9009 \text{ kg/jam} \\ \lambda \text{ standar} &= 1,881 \\ \text{kadar emisi CO standar} &= 142 \text{ ppm vol} \\ \square \text{ bb standar} &= 0,9009 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

penyelesaian :

$$\begin{aligned} \square \text{ udara eksp} &= (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,883 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 24937,0020 \text{ kg/jam} \\ \square \text{ udara stan} &= (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,881 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 24910,5156 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (24937,0020 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24937,902 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang stan} = (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (24910,5156 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24911,4156 \text{ g/jam}$$

Laju reduksi HC :

$$(\% \text{ emisi HC standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi HC eksp} \times \square \text{ gas buang eksp})$$

$$= (142 \times 24911,4156 \text{ kg/jam}) - (233 \times 24937,902 \text{ kg/jam})$$

$$= (3537421,015 - 5810531,166)$$

$$= (-2273110,151) \text{ kg/jam}$$

g. CO pada putaran 2500 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,890$$

$$\text{kadar emisi CO eksperimen} = 4,37\%$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,921$$

$$\text{kadar emisi CO standar} = 4,44\%$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\begin{aligned} \square \text{ udara eksp} &= (\lambda \text{ eks} \times A/F \text{ stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,890 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,0297 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ udara stan} &= (\lambda \text{ stan} \times A/F \text{ stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (1,921 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,4402 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ gas buang eksp} &= (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam} \\ &= (25,0297 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 25,9306 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ gas buang stan} &= (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam} \\ &= (25,4402 + 0,9009) \text{ kg/jam} \\ &= 26,3411 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Laju reduksi CO :

$$\begin{aligned} &(\% \text{ emisi CO standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi CO eksp} \times \square \text{ gas buang eksp}) \\ &= (0,0444 \times 26,3411 \text{ kg/jam}) - (0,0437 \times 25,9306 \text{ kg/jam}) \\ &= (1,1695 - 1,1331) \\ &= 0,0364 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

h. HC pada putaran 2500 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,866$$

$$\text{kadar emisi HC eksperimen} = 220 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,921$$

$$\text{kadar emisi HC standar} = 198 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,866 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24,9767 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ udara stan} = (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,921 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,4402 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (24,9767 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,8776 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang stan} = (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (25,4402 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,3411 \text{ kg/jam}$$

Laju reduksi HC :

$$(\% \text{ emisi HC standar} \times \square \text{ gas buang standar}) - (\% \text{ emisi HC eksp} \times \square \text{ gas buang eksp})$$

$$= (198 \times 26,3411 \text{ kg/jam}) - (220 \times 25,8776 \text{ kg/jam})$$

$$= (5215,5378 - 1293,072)$$

$$= 3922,4658 \text{ kg/jam}$$

i. CO pada putaran 3000 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,961$$

$$\text{kadar emisi CO eksperimen} = 6,06\%$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,875$$

$$\text{kadar emisi CO standar} = 4,18\%$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb esk}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,961 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,9699 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ udara stan} = (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,875 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24,8310 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (25,9699 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,8708 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang stan} = (\square \text{ udara stan} + \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (24,8310 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,7319 \text{ kg/jam}$$

Laju reduksi CO :

(% emisi CO standar x □ gas buang standar) – (% emisi CO eksp x □ gas buang eksp)

$$= (0,0418 \times 25,7319 \text{ kg/jam}) - (0,0606 \times 26,8708 \text{ kg/jam})$$

$$= (1,0755 - 1,6283)$$

$$= (-0,5527) \text{ kg/jam}$$

j. HC pada putaran 3000 rpm

Diketahui :

$$\lambda \text{ eksperimen} = 1,961$$

$$\text{kadar emisi HC eksperimen} = 291 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb eksperimen} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

$$\lambda \text{ standar} = 1,875$$

$$\text{kadar emisi HC standar} = 177 \text{ ppm vol}$$

$$\square \text{ bb standar} = 0,9009 \text{ kg/jam}$$

penyelesaian :

$$\square \text{ udara eksp} = (\lambda \text{ eks} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb esk}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,961 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,9699 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ udara stan} = (\lambda \text{ stan} \times \text{A/F stochiometri} \times \square \text{ bb stan}) \text{ kg/jam}$$

$$= (1,875 \times 14,7 \times 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 24,8310 \text{ kg/jam}$$

$$\square \text{ gas buang eksp} = (\square \text{ udara eksp} + \square \text{ bb eksp}) \text{ kg/jam}$$

$$= (25,9699 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 26,8708 \text{ kg/jam}$$

$$Q_{\text{gas buang stan}} = (Q_{\text{udara stan}} + Q_{\text{bb stan}}) \text{ kg/jam}$$

$$= (24,8310 + 0,9009) \text{ kg/jam}$$

$$= 25,7319 \text{ kg/jam}$$

Laju reduksi HC :

$$(\% \text{ emisi HC standar} \times Q_{\text{gas buang standar}}) - (\% \text{ emisi HC eksp} \times Q_{\text{gas buang eksp}}$$

)

$$= (177 \times 25,7319 \text{ kg/jam}) - (291 \times 26,8708 \text{ kg/jam})$$

$$= (4554,5463 - 7819,4028)$$

$$= (-3264,8565) \text{ kg/jam}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisa data diperoleh bahwa semakin banyaknya campuran bahan bakar pada ruang pembakaran maka nilai HC menjadi lebih tinggi.
2. Semakin sedikit campuran bahan bakar pada ruang pembakaran maka nilai CO₂ menjadi lebih tinggi.
3. Dari data hasil perhitungan bahwa nilai yang didapat tidak sesuai dengan standarnya yang mengakibatkan pembakaran tidak sempurna karena terlalu sedikitnya bahan bakar yang masuk ke ruang bakar kurang dari 1 kg.

5.2 Saran

1. Sebaiknya nilai CO pada kendaraan bernilai 0,5% - 1% untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna.
2. Sebaiknya melakukan pengujian gas analiser sebanyak 3 kali untuk mencegah terjadinya perubahan data hasil pengujian.
3. Diharapkan pengujian dilakukan lebih baik lagi agar mendapatkan nilai yang sesuai dengan standarnya

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. 2013. *Analisis Penurunan Emisi Gas CO dan Efisiensi BBM pada Kendaraan Roda Dua yang Menggunakan Alat Penghemat dan Pencampuran Biotanol*. Tesis. IlmuLingkungan Undip: Semarang.
- Angela, Y. 2013. *Analisis Konsentrasi CO di Udara Ambien Roadside Jaringan Jalan Sekunder Kota Padang*. Tugas Akhir. Teknik LingkunganUnand: Padang.
- Abdullah, N, 2015. *BBM Peralite Makin Diminati di Tangerang Selatan*. Diambil Dari M Bisnis.Compada Tanggal 6 April 2016.
- Arismunandar, 1988. *Motor Bakar*, ITB, Bandung.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Azmi Hakim Hasibuan
NPM : 130723007
Tempat/ Tanggal Lahir : Indrapura, 30 Maret 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Dusun II
 Kel/Desa : Hessa Air Genting
 Kecamatan : Air Batu
 Kabupaten : Asahan
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP : 0823 6008 4273
Nama Orang Tua
 Ayah : Azrun Bakti Hasibuan
 Ibu : Tini Misky

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : MIS Islamiyah Hessa Air Genting
2007-2010 : MTs Negri Kisaran
2010-2013 : SMK Negri 2 Kisaran
2013-2017 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara