



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PERBANDINGAN *VENTURI MIXER BLUFF BODY*
CYCLONE DENGAN VARIASI SUDUT PENGARAH PADA
BUKAAN KATUP REGULATOR 270 DAN 360 DERAJAT**

SKRIPSI

MICHAEL ALDRYAN

0606073360

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JUNI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

Analisis perbandingan *venturi mixer bluff body cyclone* dengan variasi sudut pengarah pada bukaan katup regulator 270 dan 360 derajat

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

MICHAEL ALDRYAN

0606073360

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

KEKHUSUSAN TEKNIK MESIN

DEPOK


JUNI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Michael Aldryan

NPM : 0606073360

Tanda Tangan : 

Tanggal : 21-6-2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Michael Aldryan
NPM : 0606073360
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis perbandingan *venturi mixer bluff body cyclone*
dengan variasi sudut pengarah pada bukaan katup
regulator 270 dan 360 derajat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

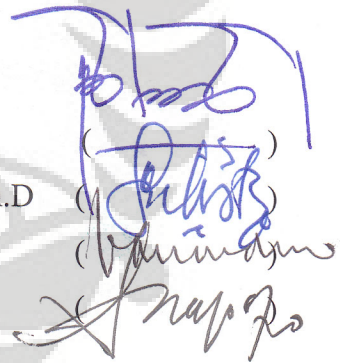
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng.

Penguji : Prof. Dr. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.Sc., Ph.D

Penguji : Dr. Ir. Danardono A. S

Penguji : Dr. Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) **Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) **Pembimbing Akademis, dosen-dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin FTUI** yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
- (3) Pihak **SPORTISI MOTORSPORT** yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (4) Kedua orang tua saya dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) Novianti, orang yang memberi semangat dan dukungan dalam hidup saya;
- (6) Abraham Asha Perdana, partner skripsi yang telah bersama dalam menyelesaikan skripsi;
- (7) Teman-teman Mesin angkatan 2006 dan semua yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2010



Michael Aldryan

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Michael Aldryan

NPM : 0606073360

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

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

**ANALISIS PERBANDINGAN *VENTURI MIXER BLUFF BODY CYCLONE*
DENGAN VARIASI SUDUT PENGARAH PADA BUKAAN KATUP
REGULATOR 270 DAN 360 DERAJAT**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : Depok

Pada tanggal : Juni 2010

Yang menyatakan\



(Michael Aldryan)

ABSTRAK

Nama : Michael Aldryan
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis perbandingan *venturi mixer bluff body cyclone* dengan variasi sudut pengarah pada bukaan katup regulator 270 dan 360 derajat

Modifikasi dilakukan untuk mendapatkan peningkatan performa mesin sepeda motor dan mengurangi konsumsi bahan bakar yang optimal. Penelitian dilakukan dengan cara menggunakan sepeda motor 4-tak/125 cc yang berbahan bakar pertamax (oktan 92) serta dilakukan perubahan mekanisme pencampuran antara LPG (propana 10,6% dan butana 78,16%) dan udara sebelum masuk ke dalam karburator dengan menggunakan metode pencampuran yang lebih baik menggunakan *venturi mixer* 12 lubang menyilang dengan bentuk *bluff body* silinder dengan penggunaan *cyclone* yang sudut pengarahnya divariasikan (15° , 30° , 45°). Tujuannya adalah untuk menciptakan campuran yang lebih homogen dibandingkan *venturi mixer bluff body* diameter 11 mm.

Kata Kunci : Modifikasi, LPG, Bahan Bakar, Sepeda Motor, *Venturi Mixer*, *Cosmos Flow*, *Bluff Body*, *cyclone*

ABSTRACT

Name : Michael Aldryan
Study Program: Mechanical Engineering
Title : Comparation Analysis of bluff body venturi mixer with variative cyclone steering angle for the regulator valve aperture 270° and 360°

Modification performs to increase motorcycle engine performance and reduce the fuel consumption the optimal way. Research performs by using a 4-stroke/125cc engine motorcycle which is use *Pertamax* petrol (octane 92) and performs a change of the mechanism of the mixing between the LPG gas (propane 10,6 % and butane 78,16%) and air before it's entering inside the carburettor with better mixing method using venturi mixer 12 crossing holes which has a cilinder bluffbody and using the cyclone that has variation of its guide vane degree (15° , 30° , 45°). The objective are get more homogeny mixture than venturi mixer bluff body 11 mm diameter.

Key Word : Modification, Fuel, Motorcycle, Venturi mixer, Cosmos Flow, Bluff Body, Cyclone

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Metodologi Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
2. DASAR TEORI.....	7
2.1 Motor Otto.....	7
2.2 Parameter Prestasi Mesin	12
2.3 Pembakaran dan Emisi pada Motor Otto.....	14
2.4 Terbentuknya Polutan pada Gas Buang.....	15
2.4.1 Karbon Monoksida (CO).....	15
2.4.2 Hidrokarbon (HC).....	16
2.4.3 Nitrogen Oksida (NO _x).....	17
2.4.4 Udara Berlebih (Excess Air).....	17
2.5 Karakteristik Bahan Bakar Cair LPG	18
2.5.1 Butana.....	19
2.5.2 Propana.....	20
2.6 Pengaruh Aliran LPG Sebagai Penambah Tenaga	22
2.6.1 Perbandingan Udara Bahan Bakar (A/F) atau AFR.....	23
2.7 Mixer.....	23
2.8 Cyclone	25
2.9 Teori Pencampuran.....	26
2.9.1 Pencampuran Gas.....	26
2.9.2 Hukum Dalton untuk Pencampuran Gas Ideal: Penambahan Tekanan Parsial	29
2.10 Dinamometer Dynojet.....	32
2.10.1 Perhitungan yang Berhubungan dengan Inersia Chassis Dinamometer	32

2.10.2 Pengukuran Tenaga Mesin	33
2.10.3 Cara Kerja Inersia pada Dinamometer Jenis Rolling Road.....	35
2.11 Simulasi Pencampuran Gas.....	37
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	38
3.1 Proses Pembuatan Desain Awal <i>Cyclone</i>	39
3.1.1 Menentukan Jenis <i>Cyclone</i>	39
3.1.2 Menentukan Ukuran Komponen <i>Cyclone</i>	39
3.2 Proses Simulasi Dengan Menggunakan <i>Software Cosmos Flow</i>	39
3.3 Proses Pembuatan <i>Cyclone</i>	46
3.3.1 Desain <i>Venturi Mixer Cyclone</i> Berdasarkan <i>Cosmos Flow</i>	46
3.3.2 Proses Pembuatan	47
3.4. Proses Pengerjaan Sistem Pemasukan Gas Dan Pencampuran Gas Dengan Bahan Bakar.....	48
3.5 Instalasi Alat Uji	50
3.6 Pemeriksaan Dan Kalibrasi Alat	56
3.7 Pelaksanaan Pengujian.....	59
3.7.1 Pengujian Kadar Emisi/ Gas Buang	59
3.7.2 Pengujian Percepatan Sepeda Motor.....	60
3.7.3 Pengujian Torsi dengan Dynamometer	62
3.7.4 Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	63
4. PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA.....	68
4.1 Perhitungan Konsumsi LPG.....	68
4.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar	71
4.3 Perhitungan Laju Aliran Massa Campuran Bahan Bakar	75
4.4 Perhitungan Akselerasi	90
5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	92
5.1 Analisis Prestasi Mesin	92
5.1.1 Analisis Perbandingan BHP	92
5.1.2 Analisis Perbandingan Torsi.....	95
5.2 Analisis Emisi Gas Buang.....	97
5.2.1 Analisis Kadar CO ₂ (karbon dioksida)	97
5.2.2 Analisis Kadar CO (karbon monoksida)	98
5.2.3 Analisis Kadar HC (hidro karbon).....	100
5.2.4 Analisis Kadar O ₂ (oksigen)	101
5.3 Analisis Konsumsi Bahan Bakar	103
5.3.1 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Bensin.....	103
5.3.2 Analisa Konsumsi LPG.....	110
6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	116
6.1 Kesimpulan.....	116
6.2 Saran	117
DAFTAR ACUAN	118
DAFTAR PUSTAKA	119
DAFTAR LAMPIRAN.....	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Butana.....	20
Tabel 2.2	Sifat Propana	21
Tabel 4.1	Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 15° ...	69
Tabel 4.2	Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 15° ...	69
Tabel 4.3	Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 30° ...	70
Tabel 4.4	Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 30° ...	70
Tabel 4.5	Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 45° ...	71
Tabel 4.6	Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 45° ...	71
Tabel 4.7	Konsumsi Bahan Bakar Tanpa Campuran LPG.....	72
Tabel 4.8	Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaannya Katup 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 15°	72
Tabel 4.9	Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaannya Katup 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 15°	73
Tabel 4.10	Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaannya Katup 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 30°	73
Tabel 4.11	Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaannya Katup 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 30°	74
Tabel 4.12	Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaannya Katup 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Cyclone</i> Sudut pengarah 45°	74

Tabel 4.13 Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaannya Katup 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyalang Dengan Cyclone Sudut pengarah 45°	75
Tabel 4.14 BHP Tanpa LPG.....	77
Tabel 4.15 BHP Penambahan LPG Bukaannya Katup 270° (<i>Bluff Body 11mm tanpa cyclone, Cyclone</i> sudu 15°, 30°, dan 45°)	78
Tabel 4.16 BHP Penambahan LPG Bukaannya Katup 360° (<i>Bluff Body 11mm tanpa cyclone, Cyclone</i> sudu 15°, 30°, dan 45°)	82
Tabel 4.17 Akselerasi Sepeda Motor Pada Bukaannya Katup 270°	90
Tabel 4.18 Akselerasi Sepeda Motor Pada Bukaannya Katup 360°	91
Tabel 5.1 Konsumsi Bahan Bakar Bensin pada Bukaannya 270°	103
Tabel 5.2 Perubahan Konsumsi Bahan Bakar Bensin pada bukaannya 270°	105
Tabel 5.3 Tabel konsumsi bahan bakar bensin pada Bukaannya 360°	106
Tabel 5.4 Perubahan Konsumsi Bahan Bakar Bensin pada bukaannya 360°	108
Tabel 5.5 Tabel konsumsi LPG pada Bukaannya 270°	109
Tabel 5.6 Penghematan konsumsi bensin pada Bukaannya 270°	111
Tabel 5.7 Tabel konsumsi LPG Venturi pada bukaannya 360°	112
Tabel 5.8 Penghematan konsumsi bensin Pada Bukaannya 360°	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta perjalanan perkembangan penelitian DTM UI terhadap pengaruh modifikasi penambahan LPG pada sepeda motor 4 tak/ 125 cc	3
Gambar 1.2 Metodologi penelitian	5
Gambar 2.1 Proses Kerja Motor Otto Empat Langkah	9
Gambar 2.2 Diagram P-V dan T-S Ideal Motor Otto Empat Langkah	10
Gambar 2.3 Venturi	25
Gambar 2.4 Hukum Dalton	31
Gambar 3.1 Penyebaran Spesies <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 15 derajat pada simulasi <i>Cosmos Flow</i>	40
Gambar 3.2 Analisis Tekanan <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 15 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	41
Gambar 3.3 Vektor Kecepatan <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 15 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	41
Gambar 3.4 Penyebaran Spesies <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 30 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	42
Gambar 3.5 Analisis Tekanan <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 30 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	43
Gambar 3.6 Vektor Kecepatan <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 30 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	43
Gambar 3.7 Penyebaran Spesies <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 45 derajat pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	44
Gambar 3.8 Analisis Tekanan <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 45 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	45
Gambar 3.9 Vektor Kecepatan <i>Cyclone</i> sudut <i>guide vane</i> 45 derajat Pada Simulasi <i>Cosmos Flow</i>	45
Gambar 3.10 <i>Venturi Mixer</i> 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Bluff Body</i> Silinder <i>Cyclone</i> sudu 15 (atas), sudu 30 (tengah), dan sudu 45 (bawah)	46
Gambar 3.11 Bagian-bagian cyclone	47

Gambar 3.12 Geometri <i>Guide Vane</i>	47
Gambar 3.13 Geometri Poros.....	47
Gambar 3.14 Geometri Silinder luar dan sambungan	48
Gambar 3.15 <i>Venturi Mixer</i> 12 Lubang Menyilang Dengan <i>Bluff Body</i> Silinder <i>Cyclone</i> sudu 15, sudu 30, dan sudu 45 (Hasil Proses manufaktur). 48	
Gambar 3.16 (a) Sistem penyaluran gas LPG model lama, (b) Penempatan sistem penyaluran gas LPG pada sepeda motor model baru (<i>venturi mixer</i>)	49
Gambar 3.17 (a) Kompor Gas Portabel, (b) <i>Venturi mixer</i> , (c) Katup Penghubung	52
Gambar 3.18 <i>Dynojet model 250i</i>	55
Gambar 3.19 Skema Pencampuran Bahan Bakar.....	56
Gambar 3.20 Pengikatan motor dan penempatan diatas <i>roller</i>	57
Gambar 3.21 <i>gas analyzer</i>	57
Gambar 3.22 Skema Pengujian Percepatan	61
Gambar 3.23 Proses Pengambilan Data Dengan Dynamometer.....	63
Gambar 3.24 Pengukuran Massa Gas.....	64
Gambar 3.25 Pengukuran uji konsumsi bahan bakar	67
Gambar 5.1 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 270°.....	92
Gambar 5.2 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 360°	93
Gambar 5.3 Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 270°	94
Gambar 5.4 Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 360°	95
Gambar 5.5 Perbandingan CO ₂ antar <i>venturi mixer</i>	96
Gambar 5.6 Perbandingan CO antar <i>venturi mixer</i>	98
Gambar 5.7 Perbandingan HC antar <i>venturi mixer</i>	99
Gambar 5.8 Perbandingan O ₂ antar <i>venturi mixer</i>	101
Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Konsumsi Rata-Rata Bensin Pada Bukaan 270°	104

Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Konsumsi Rata-Rata Bensin Pada Bukaan 360° 107

Gambar 5.11 Grafik perbandingan konsumsi rata-rata LPG pada Bukaan 270° . 110

Gambar 5.12 Grafik perbandingan konsumsi rata-rata LPG Pada Bukaan 360° . 112



DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Dimensi
AFR	Perbandingan massa udara – bahan bakar	
AF _s	Perbandingan massa udara–bahan bakar (isooktana) stoikiometris	
M	Berat molekul	gr/mol
N	Jumlah molekul	mol ⁻¹
Q _{in}	Kalor masuk	Joule
Q _{HV}	Nilai kalor pembakaran bahan bakar	kJ/kg
R	Konstanta gas ideal	
T	Temperatur	K
V	Volume	m ³
a	Akselerasi	m/s ²
c	Fraksi massa	
g	Percepatan gravitasi	m/s ²
k	Konstanta Boltzmann	J K ⁻¹
m	Massa	kg
\dot{m}_f	Laju aliran massa bahan bakar	kg/s
n	densitas jumlah partikel	mol ^l
l m ⁻³		
p	Tekanan	bar
t	Waktu	s
y	Fraksi mol	
μ _H	Massa satu atom hidrogen	kg
ρ	Massa jenis	kg/m ³
ρ _f	Massa jenis bahan bakar	kg/m ³
Q _{in}	Kalor masuk	Joule
Q _{HV}	Nilai kalor pembakaran bahan bakar	kJ/kg
BFC	<i>Brake Fuel Consumption</i>	l/h
\dot{m}_f	Laju aliran massa bahan bakar	kg/s

V_f	Volume bahan bakar	cc
t	Waktu	s
T	Torsi	N.m
F	Gaya pembebanan	N
\dot{m}_a	Laju aliran massa udara	kg/s
\dot{m}_i	Laju aliran massa yang melewati intake	kg/s
\dot{m}_{LPG}	Laju aliran massa LPG	kg/s
L	Lengan brake	m
BHP	Daya mesin yang terukur pada brake	HP
BSFC	Konsumsi bahan bakar spesifik	gr/hp.h
ρ_f	Massa jenis bahan bakar	kg/m ³
λ	Lambda	
Φ	Rasio ekivalensi	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi dan ilmu pengetahuan yang terus berkembang menghasilkan inovasi-inovasi radikal maupun inkremental yang mengarah pada optimasi dan efisiensi sistem. Salah satu bidang dengan tingkat inovasi inkremental yang cukup tinggi adalah bidang otomotif. Inovasi inkremental ini ditunjukkan melalui berbagai modifikasi yang dilakukan untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan dari para pengendara kendaraan bermotor dalam rangka mencapai performa yang paling optimal dan efisien.

Selain itu, sebagai kaum *engineering*, kita ditantang untuk menciptakan modifikasi-modifikasi baru untuk mencapai performa yang optimal dan efisien. Kendaraan bermotor selalu dituding sebagai penyebab pencemaran udara dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi. Dengan proses modifikasi, maka akan dihasilkan kendaraan dengan tingkat konsumsi bahan bakar yang minimal, dan gas buang yang bebas polutan. Selain efisiensi dari segi konsumsi bahan bakar dan gas buang, modifikasi juga dapat menambah torsi dan akselerasi.

Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia telah melakukan beberapa jenis modifikasi yang bertujuan untuk meningkatkan performa dan menurunkan tingkat emisi dari kendaraan bermotor. Jenis-jenis modifikasi yang dilakukan antara lain penambahan LPG di ruang bakar, penggunaan *ventury mixer*, dan penambahan *bluff body* secara berturut-turut. Tentunya dalam penelitian mengenai modifikasi tersebut diberikan variasi untuk tiap modifikasi untuk menentukan komposisi yang paling optimal. Dari penelitian-penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa modifikasi yang dilakukan mampu memberikan peningkatan torsi yang cukup signifikan.

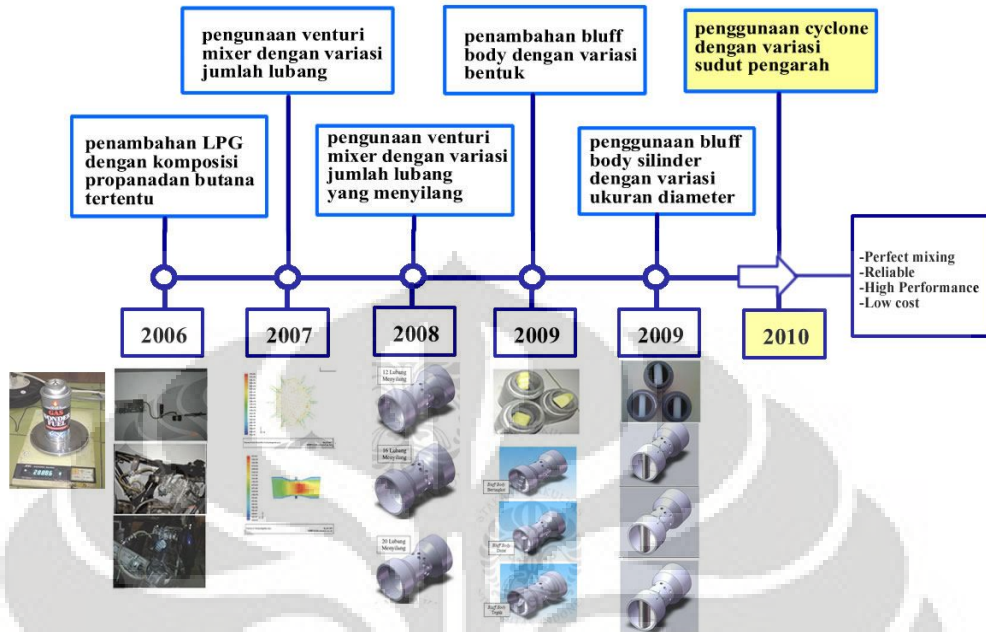
Penelitian mengenai modifikasi yang terakhir, yaitu menambahkan bluff body silinder dengan diameter yang bervariasi pada kendaraan bermotor yang telah ditambah dengan LPG dan *Venturi Mixer* dengan variasi tertentu memberikan hasil peningkatan torsi hingga 9.2 HP. Angka yang signifikan ini menunjukkan bahwa modifikasi yang dilakukan dapat memberikan kontribusi bagi industri otomotif di dunia.

Pada kenyataannya, masih banyak modifikasi yang dapat dilakukan dan memiliki potensi yang cukup besar terhadap peningkatan optimasi system kendaraan bermotor, bahkan mungkin lebih baik daripada modifikasi yang lebih ada, baik dari segi performa maupun biaya. Pada penelitian kali ini dilakukan modifikasi penggunaan *cyclone* dengan sudut pengarah yang bervariasi dengan tetap mempertahankan modifikasi yang telah dilakukan sebelumnya. Teknologi *cyclone* telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas pencampuran bahan bakar dan udara. Teknologi *cyclone* saat ini hanya digunakan untuk kendaraan beroda empat atau lebih.

Pada penelitian kali ini, teknologi *cyclone* akan dicoba untuk diterapkan pada sepeda motor 4 langkah/125 cc. Hasil dari penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh dari penambahan cyclone pada kendaraan sepeda motor yang telah ditambahkan dengan LPG dan *venture mixer* serta pada sudut pengarah berapakah cyclone akan memberikan hasil yang terbaik.

Berikut adalah *Roadmap* dan Tabel perkembangan penelitian yang dilakukan Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia mengenai pengaruh modifikasi sepeda motor terhadap performa dan emisi sepeda motor 4 langkah/125 cc.

Analisa pengaruh modifikasi terhadap performa dan emisi sepeda motor 4-langkah/125 CC



Gambar 1.1 Peta perjalanan perkembangan penelitian DTM UI terhadap pengaruh modifikasi penambahan LPG pada sepeda motor 4 tak/ 125 cc

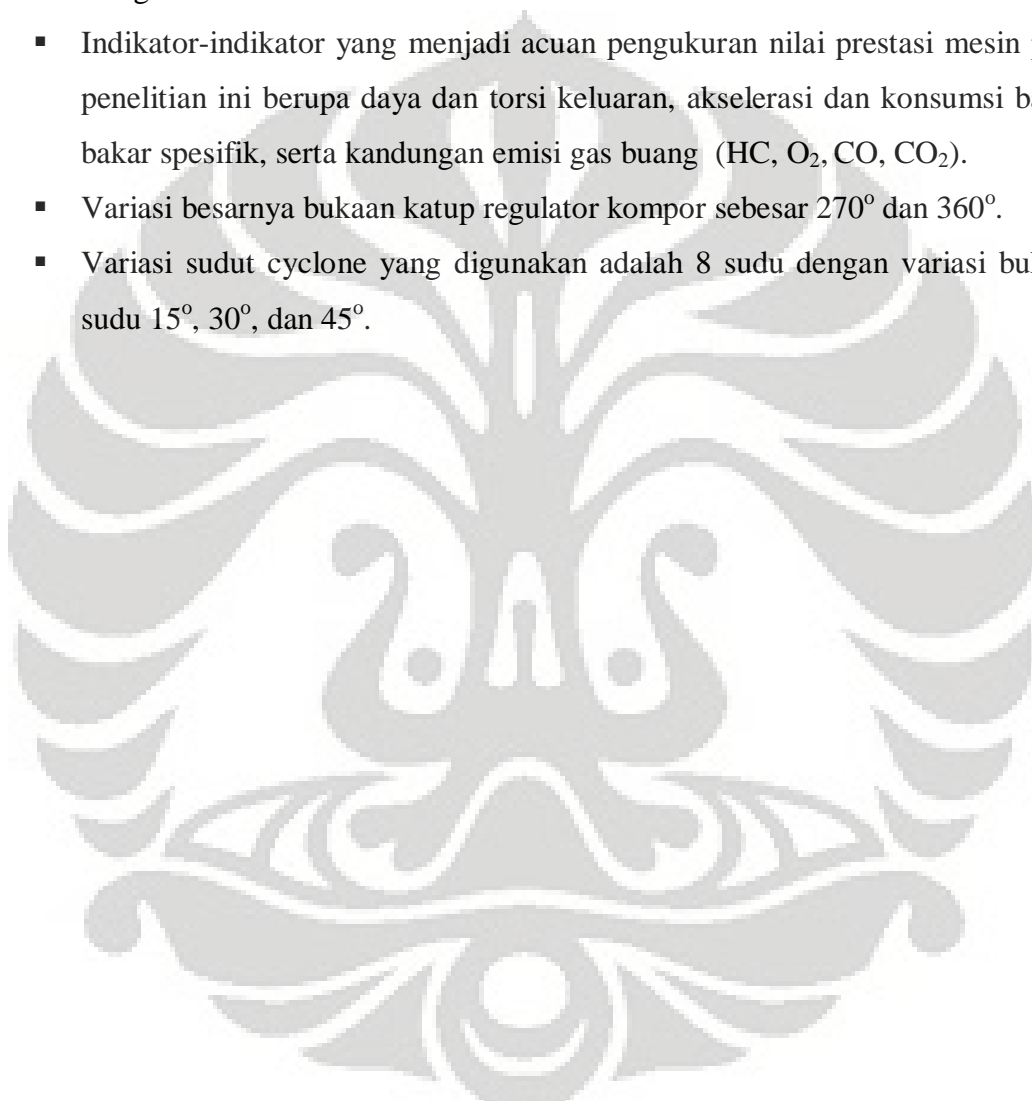
1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk melihat tingkat signifikansi modifikasi yang dilakukan dengan melakukan pengukuran nilai prestasi mesin sepeda motor Suzuki Thunder 125cc 4 langkah dengan indikator meliputi *horse power*, torsi, *Air Fuel Ratio* (AFR), *fuel consumption* serta kadar polutan dalam gas buang (CO, NO_x, CO₂, HC). Indikator tersebut menjadi dasar perbandingan antara mesin tanpa penambahan LPG dengan mesin yang dimodifikasi dengan berbagai variasi, yaitu pemakaian LPG sebagai tambahan bahan bakar, *venturi mixer*, *bluff body* dan modifikasi baru yang ditambahkan dalam penelitian ini, yaitu *cyclone*. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui variasi modifikasi *cyclone* yang terbaik. Oleh karena itu pengujian dilakukan dengan berbagai variasi pengujian, antara lain variasi besar bukaan katup regulator, besar sudut pengarah aliran pada *cyclone* yang terdapat pada *venturi mixer* 12 lubang menyilang.

1.3 Pembatasan Masalah

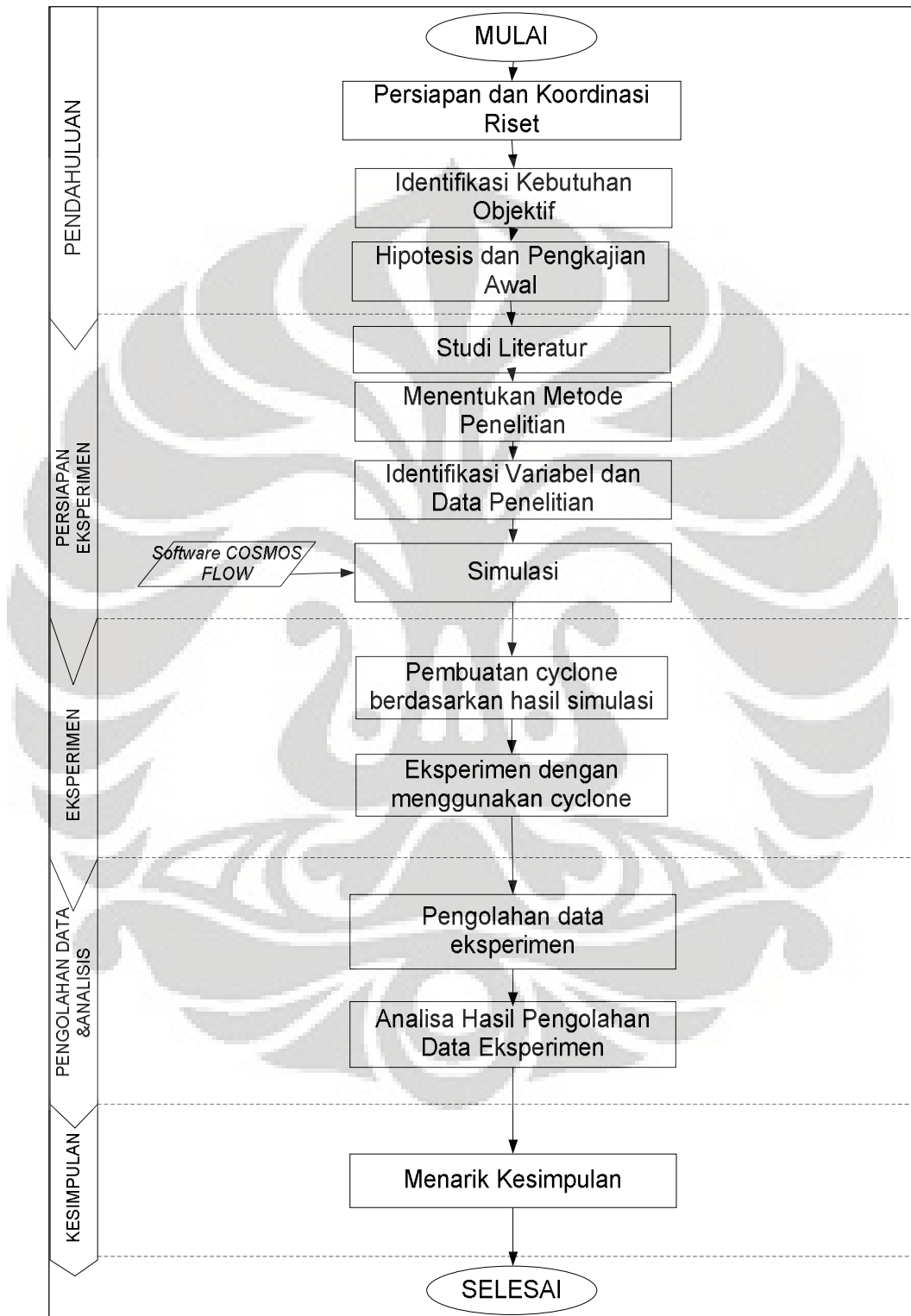
Adapun pembatasan masalah yang penulis tentukan agar penelitian ini bersifat terarah dan fokus pada bahasannya adalah:

- Pembahasan dilakukan pada hal-hal yang berkaitan dengan motor bensin 125 cc / 4 langkah dengan spesifikasi merek Suzuki Thunder produksi tahun 2007 Dengan bahan bakar Pertamina.
- Indikator-indikator yang menjadi acuan pengukuran nilai prestasi mesin pada penelitian ini berupa daya dan torsi keluaran, akselerasi dan konsumsi bahan bakar spesifik, serta kandungan emisi gas buang (HC, O₂, CO, CO₂).
- Variasi besarnya bukaan katup regulator kompor sebesar 270° dan 360°.
- Variasi sudut cyclone yang digunakan adalah 8 sudu dengan variasi bukaan sudu 15°, 30°, dan 45°.



1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rangkaian urutan kegiatan sebagai berikut:



Gambar 1.2 Metodologi penelitian

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun dalam urutan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang masalah, tujuan dilakukannya penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang konsep motor pembakaran dalam empat langkah, parameter prestasi mesin, gas buang kendaraan bermotor, karakteristik bahan bakar cair LPG, langkah-langkah pemasangan gas LPG pada motor bakar satu silinder empat langkah, penjelasan mengenai *chasis dynamometer dynojet*, penjelasan mengenai kelebihan dari penambahan *cyclone* pada *venturi mixer* 12 lubang menyilang *cyclone*, serta simulasi pencampuran LPG dan udara pada *venturi mixer*.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini memaparkan urutan proses instalasi alat uji, persiapan pengujian, tahap pengujian, serta prosedur pengambilan data.

BAB IV : PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data hasil dari percobaan, perhitungan dan pengolahan dari data yang telah diambil dari pengujian. Hasil pengolahan akan ditampilkan dalam bentuk tabel terpadu.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil pengujian yang telah dilakukan dan disajikan adalah dalam bentuk tabel dan grafik.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapat dari pengujian sepeda motor silinder 125 cc 4 langkah

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Motor Otto

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) merupakan mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme pada mesin seperti torak, batang torak, dan poros engkol.

Berdasarkan metode penyalaan campuran bahan bakar—udara, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi *spark ignition engine* dan *compression ignition engine*. Dalam melakukan proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor yang telah disebutkan di atas akan melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja.

Berdasarkan siklus langkah kerjanya, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi motor 2 langkah dan motor 4 langkah. Berdasarkan pembatasan masalah, peralatan uji yang digunakan adalah motor *Otto* berbahan bakar bensin (*spark ignition engine*) dengan sistem 4 langkah. Motor *Otto* merupakan motor pembakaran dalam karena motor *Otto* melakukan proses pembakaran gas dan udara di dalam silinder untuk melakukan kerja mekanis.

Motor *Otto* dengan sistem *Spark Ignition* menggunakan bantuan bunga api untuk menyalakan atau membakar campuran bahan bakar—udara. Bunga api yang digunakan berasal dari busi. Busi akan menyala saat campuran bahan bakar—udara mencapai rasio kompresi, temperatur, dan tekanan tertentu sehingga akan terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong torak bergerak bolak-balik. Siklus langkah kerja yang terjadi pada mesin jenis ini dinamakan siklus *Otto* dengan menggunakan bahan bakar bensin.

Siklus Kerja Motor Otto

Komponen-komponen utama dari sebuah motor *Otto* adalah:

1. Katup Masuk (*intake valve*)

Katup masuk adalah katup yang berfungsi untuk mengontrol pemasukan campuran udara-bahan bakar ke dalam silinder mesin dan mencegah terjadinya aliran balik ke dalam saluran masuk campuran udara-bahan bakar (*intake manifold*).

2. Katup Buang (*exhaust valve*)

Katup buang adalah katup yang mengontrol pengeluaran hasil pembakaran dari silinder mesin untuk dibuang keluar dan menjaga agar arah aliran yang mengalir hanya satu arah.

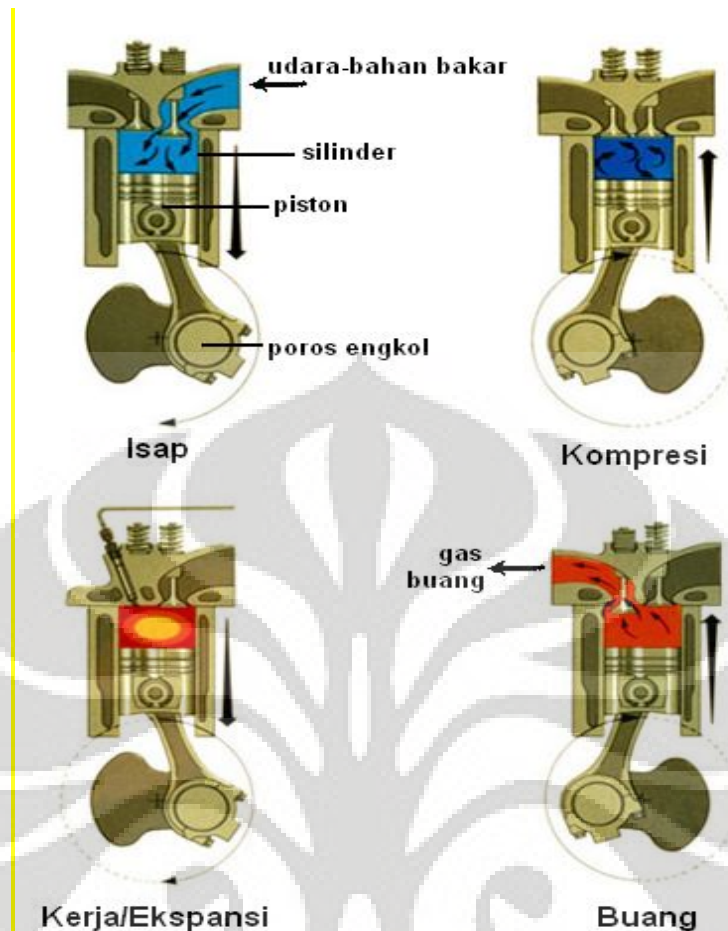
3. Torak

Torak adalah komponen berbentuk silinder yang bergerak naik turun di dalam silinder, dan berfungsi untuk mengubah tekanan di dalam ruang bakar menjadi gerak rotasi poros engkol.

4. Busi

Busi adalah komponen listrik yang digunakan untuk memicu pembakaran campuran udara-bahan bakar dengan menciptakan percikan listrik bertegangan tinggi pada celah elektroda.

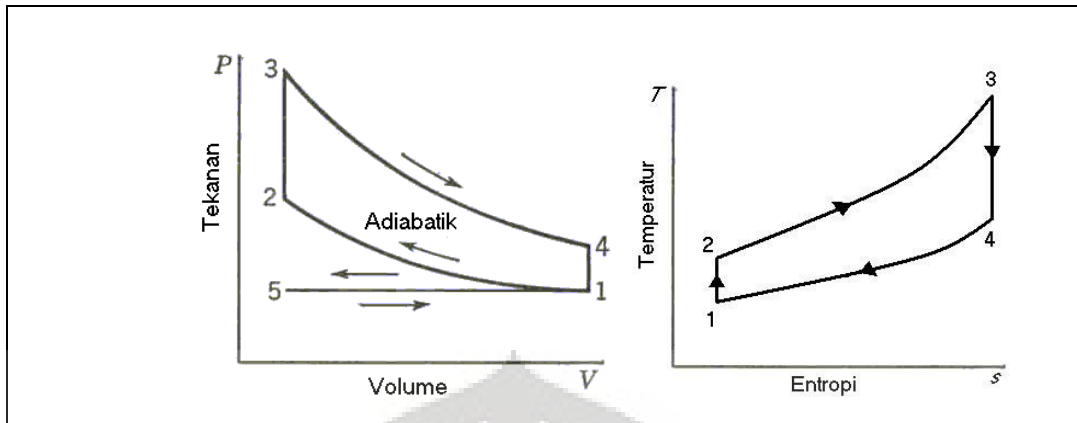
Pada mesin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik dalam silinder dari Titik Mati Bawah (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sebanyak 4 kali atau 2 putaran engkol untuk memenuhi 1 siklus kerja. Jarak yang ditempuh torak selama gerakan bolak-balik disebut dengan *stroke* atau langkah torak. Langkah-langkah yang terdapat pada motor bensin 4 langkah adalah langkah isap, kompresi, kerja, dan buang.



Gambar 2.1. Proses Kerja Motor Otto Empat Langkah

Pada motor *Otto* 4 langkah ini, gas pembakaran hanya mendorong torak pada langkah ekspansi saja. Oleh karena itu, untuk memungkinkan gerak torak pada tiga langkah lainnya maka sebagian energi pembakaran selama langkah ekspansi diubah dan disimpan dalam bentuk energi kinetis roda gila (*flywheel*).

Siklus kerja motor *Otto* dapat digambarkan pada diagram indikator, yaitu diagram P-V (tekanan-volume) dan diagram T-S (tekanan-entropi). Diagram indikator ini berguna untuk melakukan analisis terhadap karakteristik internal motor *Otto*.



Gambar 2.2. Diagram P-V dan T-S Ideal Motor Otto Empat Langkah

Empat langkah dari siklus tersebut adalah hisap, kompresi, kerja dan buang. Masing-masing merupakan satu langkah translasi penuh dari piston, karena itu siklus penuh 4-langkah membutuhkan dua putaran dari *crankshaft*.

1. Langkah Isap (*intake*)

Selama langkah isap torak bergerak dari TMA menuju TMB, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Gerakan torak memperbesar volume ruang bakar dan menciptakan ruang hampa (*vacuum*) dalam ruang bakar. Akibatnya campuran udara dan bahan bakar terisap masuk ke dalam ruang bakar melalui katup masuk. Langkah isap berakhir ketika torak telah mencapai TMB.

2. Langkah kompresi (*compression*)

Selama langkah kompresi katup isap tertutup dan torak bergerak kembali ke TMA dengan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Gerakan torak tersebut mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar yang ada di dalam ruang bakar tertekan akibat volume ruang bakar yang diperkecil, sehingga tekanan dan temperatur di dalam silinder meningkat.

3. Pembakaran (*combustion*)

Pada akhir langkah kompresi, busi pijar menyala sehingga campuran udara-bahan bakar yang telah memiliki tekanan dan temperatur tinggi terbakar. Pembakaran yang terjadi mengubah komposisi campuran udara-bahan bakar menjadi produk pembakaran dan menaikkan temperatur dan tekanan dalam ruang bakar secara drastis.

4. Langkah kerja/ekspansi (*expansion/power*)

Tekanan tinggi hasil dari proses pembakaran campuran udara-bahan bakar mengakibatkan torak terdorong menjauhi TMA. Dorongan ini merupakan kerja keluaran dari siklus mesin *Otto*. Dengan Bergeraknya torak menuju TMB, volume silinder meningkat sehingga temperatur dan tekanan dalam ruang bakar turun.

5. Langkah buang (*exhaust*)

Katup buang terbuka ketika torak telah mencapai TMB. Torak terus bergerak kembali menuju TMA sehingga gas hasil pembakaran tertekan keluar dari ruang bakar melalui katup buang.

Berdasarkan gambar 2.2. perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan siklus ini adalah sebagai berikut :

Proses 1-2 kerja kompresi isentropik :

$$q_{1-2} = 0 \text{ dan } w_{1-2} = c_v (T_1 - T_2) \quad (2.1)$$

Proses 2-3 pemasukan kalor pada volume konstan :

$$\begin{aligned} w_{2-3} &= 0 \\ Q_{2-3} &= Q_{in} = m_f Q_{Hv} \eta_c \text{ atau} \\ m_m c_v (T_3 - T_2) &= (m_a + m_f) c_v (T_3 - T_2) \\ q_{2-3} &= c_v (T_3 - T_2) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Proses 3-4 kerja ekspansi isentropik yang dihasilkan :

$$\begin{aligned} q_{3-4} &= 0 \\ w_{3-4} &= c_v (T_3 - T_4) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Proses 4-1 pengeluaran gas buang pada volume konstan :

$$\begin{aligned} w_{4-1} &= 0 \\ q_{4-1} &= q_{out} = c_v (T_4 - T_1) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Dari perhitungan didapat :

$$W_{net} = W_{3-4} + W_{1-2} = q_{in} - q_{out} \quad (2.5)$$

besarnya efisiensi termal :

$$\eta_{th} = w_{net} / q_{in} = 1 - (q_{out} / q_{in}) \quad (2.6)$$

Nilai efisiensi diatas hanya merupakan nilai *indicated* dari nilai perhitungan termodinamikanya.

2.2 Parameter Prestasi Mesin

Karakteristik unjuk kerja suatu motor bakar torak dinyatakan dalam beberapa parameter diantaranya adalah konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik, perbandingan bahan bakar—udara, daya keluaran. Berikut ditampilkan rumus-rumus dari beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan unjuk kerja motor bakar torak:

Konsumsi Bahan Bakar / Fuel Consumption (FC)

$$BFC = \frac{V_f}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \quad (2.7)$$

Keterangan:

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

V_f = konsumsi bahan bakar selama t detik (mL)

t = interval waktu pengukuran konsumsi bahan bakar (detik)

Laju Aliran massa Bahan Bakar (\dot{m}_f)

$$\dot{m}_f = \frac{BFC \cdot \rho_f}{3600 \cdot 1000} \quad (2.8)$$

Keterangan:

\dot{m}_f = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m³)

Laju aliran massa Udara (\dot{m}_a)

$$\dot{m}_a = \frac{AFR \cdot BFC \cdot \rho_f}{3600 \cdot 1000} \quad (2.9)$$

Keterangan :

AFR = rasio massa udara—bahan bakar (kg udara / kg bahan bakar)

\dot{m}_a = laju aliran massa udara (kg/s)

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m³), dalam hal ini adalah bensin = 754,2 kg/m³

Torsi (T)

$$T = F \cdot r \quad (2.10)$$

Keterangan :

T = torsi keluaran mesin (FtLbs)

F = pembebanan mesin (Lbs)

r = panjang lengan torsi (Ft)

Daya Keluaran / Brake Horse Power (BHP)

Satuan daya keluaran yang digunakan dalam perhitungan bukan merupakan satuan *British unit* karena hasil yang didapatkan pada pengukuran dengan menggunakan dynamometer menggunakan pengukuran *British unit*.

$$BHP = \frac{Torsi(ft / lbs) \cdot rpm}{5252} \quad (2.11)$$

Keterangan :

BHP = daya keluaran mesin (hp)

T = torsi keluaran mesin (FtLbs)

rpm = putaran mesin / N

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{BFC}{BHP} \cdot \rho_f \quad (2.12)$$

Keterangan :

$BSFC$ = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/hp.h)

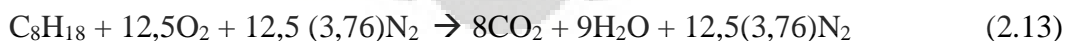
BFC = konsumsi bahan bakar (l/h)

BHP = daya keluaran mesin (hp)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m^3)

2.3 Pembakaran Dan Emisi Pada Motor Otto

Bahan bakar yang digunakan pada Motor Pembakaran Dalam – jenis *Otto* biasanya sejenis Hidro Karbon (HC). Dengan menganggap bahwa bahan bakar yang digunakan adalah *isooctane* maka reaksi pembakaran yang terjadi sebagai berikut :



Nilai 3,76 di dapat dari perbandingan % vol N_2 dengan % vol O_2 pada udara bebas yaitu $79\% / 21\% = 3,76$ dengan menganggap gas lainnya seperti argon, CO_2 dan lainnya sangat kecil.

Reaksi pembakaran tersebut terjadi di dalam ruang bakar pada tekanan dan suhu yang tinggi. Motor Bakar Dalam yang baik mempunyai komposisi gas buang

berupa CO₂, H₂O, N₂ seperti reaksi diatas, tetapi ada kalanya terjadi pembakaran yang kurang sempurna sehingga menghasilkan emisi gas berupa CO dan HC. Gas tersebut juga bersifat beracun. Agar dapat terjadi pembakaran yang sempurna diperlukan perbandingan yang tepat antara massa bahan-bakar per massa udara (*Air Fuel Ratio*). Jika reaksi tersebut diatas terjadi sempurna maka perbandingannya :

Massa bahan bakar (m_f) adalah 1 kmol (114 kg/kmol) = 114 kg

Massa udara (m_a) adalah 12,5 (4,76) kmol (29 kg/kmol) = 1725,5 kg , sehingga nilai AFR untuk reaksi tersebut

$$AFR = m_a / m_f = 1725,5 / 114 = 15,13 \quad (2.14)$$

Nilai perbandingan inilah yang nantinya dipakai pada lembar data untuk nilai AFR stoikiometrinya.

2.4 Terbentuknya Polutan Pada Gas Buang

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor di bedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuangkan ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O₃) dan peroksiasetil nitrat (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

2.4.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida selalu terdapat didalam gas buang pada saat proses penguraian dan hanya ada pada knalpot kendaraan. CO merupakan produk dari pembakaran yang tidak tuntas yang disebabkan karena tidak seimbangny jumlah udara pada rasio udara-bahan bakar (AFR) atau waktu penyelesaian pembakaran yang tidak tepat. Pada campuran kaya, konsentrasi CO akan meningkat dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna untuk menghasilkan CO₂. Pada beberapa hasil, konsentrasi CO yang terukur lebih besar dari konsentrasi

kesetimbangan. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi pembentukan yang tidak sempurna pada langkah ekspansi.

Untuk menurunkan emisi CO dapat dilakukan dengan menjalankan mesin dengan campuran kurus yang menyebabkan hilangnya tenaga atau dengan cara menambahkan alat pada knalpot untuk mengoksidasi CO yang dihasilkan mesin. Secara teoritis, kadar CO pada gas buang dapat dihilangkan dengan menggunakan AFR lebih besar dari 16:1. Namun pada kenyataannya kadar CO akan selalu terdapat pada gas buang walaupun pada campuran yang kurus sekalipun.

Persentase CO pada gas buang meningkat pada saat *idle* dan menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan dan pada saat kecepatan konstan. Pada saat perlambatan dimana terjadi penutupan *throttle* yang menyebabkan berkurangnya suplai oksigen ke mesin akan mengakibatkan tingginya kadar CO yang dihasilkan.

2.4.2 Hidrokarbon (HC)

Emisi hidrokarbon yang tidak terbakar merupakan hal berkaitan langsung dengan pembakaran yang tidak sempurna. Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variable disain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbon merupakan proses rantai dengan hasil lanjutan berupa aldehid. Beberapa jenis aldehid bersifat stabil dan keluar bersama gas buang. Sumber utama dari pembentukan hidrokarbon adalah *wall quenching* yang diamati pada saat api menjalar kearah dinding, terdapat lapisan tipis yang tidak terjadi reaksi kimia kecuali terjadinya pemecahan bahan bakar. Lapisan tipis ini mengandung hidrokarbon yang tidak terbakar atau disebut juga *quench distance*.

Besarnya *quench distance* ini bervariasi antara 0,008 sampai 0,038 cm yang dipengaruhi oleh temperature campuran, tekanan, AFR, temperatur permukaan dinding dan endapan pembakaran. Besarnya konsentrasi hidrokarbon didalam gas buang sama dengan besar konsentrasi CO, yaitu tinggi pada saat campuran kaya dan berkurang pada titik temperatur tertinggi.

2.4.3 Nitrogen Oksida (NO_x)

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor di bedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O₃) dan peroksi asetil nitrat (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

Komponen utama dari NO_x adalah nitrogen oksida (NO) yang dapat dikonversikan lagi menjadi nitrogen dioksida (NO₂) dan nitrogen tetraoksida (N₂O₄). Oksida-oksida nitrogen (NO_x) biasanya dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi dari bahan bakar gas, minyak atau batu bara. Suhu yang tinggi pada ruang bakar akan menyebabkan sebagian N₂ bereaksi dengan O₂. Jika terdapat N₂ dan O₂ pada temperatur lebih dari 1800 °C, akan terjadi reaksi pembentukan gas NO sebagai berikut:



Di udara, NO mudah berubah menjadi NO₂. Komposisi NO_x di dalam gas buang terdiri dari 95 % NO, 3—4 % NO₂, dan sisanya adalah N₂O serta N₂O₃.

Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif yang tinggi terhadap kesehatan manusia, NO merupakan gas inert dan 'hanya' bersifat racun. Sama halnya dengan CO, NO mempunyai afinitas yang tinggi terhadap oksigen dibandingkan dengan hemoglobin dalam darah. Dengan demikian pemaparan terhadap NO dapat mengurangi kemampuan darah membawa oksigen sehingga tubuh kekurangan oksigen dan mengganggu fungsi metabolisme. Namun NO₂ dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru.

2.4.4 Udara Berlebih (Excess Air)

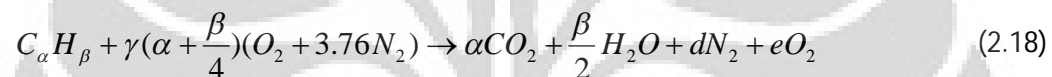
Perhitungan-perhitungan pembakaran harus terkait dengan persyaratan perlengkapan pembakaran aktual di mana perlengkapan tersebut masih laik pakai. Nilai udara stoikiometri mendefinisikan suatu proses pembakaran dengan efisiensi 100%, sehingga tidak ada lagi udara yang terbuang. Pada kenyataannya, untuk mencapai pembakaran sempurna, harus disediakan sejumlah udara yang lebih

besar daripada kebutuhan stoikiometri. Hal ini disebabkan oleh sulitnya mendapatkan pencampuran yang memuaskan antara bahan bakar dengan udara pada proses pembakaran aktual. Udara perlu diberikan dalam jumlah berlebih untuk memastikan terbakarnya seluruh bahan bakar yang ada secara sempurna.

$$\% \text{ udara teoritis} = \left(\frac{m_{ua}}{m_{us}} \right) 100 = \left(\frac{N_{ua}}{N_{us}} \right) 100 \quad (2.16)$$

$$\% \text{ udara lebih} = \% \text{ udara teoritis} - 100 \quad (2.17)$$

dengan persentase volume udara berlebih, pembakaran akan terjadi pada kondisi bahan bakar yang “kurus” (*lean*), sehingga udara berlebih (*excess air*) yang belum tereaksikan oleh bahan bakar muncul pada produk pembakaran.



Untuk pembakaran bahan bakar yang berwujud gas, total kebutuhan udara yang diperlukan cukup 5% di atas kebutuhan stoikiometri. Sehingga nilai γ adalah $(100 + 5) \% = 1,05$

2.5 Karakteristik Bahan Bakar Cair LPG

Liquefied Petroleum Gas atau LPG merupakan campuran dari berbagai hidrokarbon yang dikenal sebagai butana, propana, isobutana atau campuran antara butana dengan propana, sebagai hasil sampingan minyak mentah, berbentuk gas. Dengan menambah tekanan atau menurunkan suhunya membuat menjadi cairan. Sifat-sifat umum LPG adalah sebagai berikut:

- Massa jenis butana dua kali lebih besar dari massa jenis udara.
- Massa jenis propana satu setengah kali lebih besar dari massa jenis udara.
- LPG tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal.
- LPG merupakan *solvent* yang baik terhadap karet sehingga kemasan atau tabung yang digunakan harus diperhatikan.
- LPG tidak memiliki warna, baik dalam bentuk cairan maupun dalam bentuk gas.

- LPG tidak memiliki bau. Umumnya LPG komersial ditambahkan zat yang berbau (*odor*) untuk alasan keselamatan. Zat berbau yang biasa digunakan adalah *Ethyl Mercaptane*, yang memiliki bau menyengat seperti petai.
- LPG tidak mengandung racun.
- Bila menguap di udara bebas, LPG akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga terdapat aliran gas.

Selain digunakan sebagai bahan bakar, gas LPG digunakan pula sebagai bahan penekan. LPG banyak digunakan untuk hasil produksi yang berjenis *spray* seperti *deodorant*, minyak wangi *spray*, cat semprot, dan kosmetik yang digunakan dalam bentuk *spray*.

Zat berbau yang dicampurkan dengan LPG membantu agar kebocoran gas dapat diketahui. Bau yang dihasilkan sangat menusuk hidung sehingga kebocoran gas dapat ditanggulangi secepatnya.

Dalam proses pembakaran, LPG tidak menghasilkan sisa pembakaran sehingga kebersihan lingkungan sekitar dapat terjamin.

2.5.1 Butana

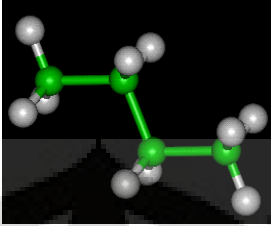
Butana, yang sering juga disebut sebagai n-butana, adalah alkana yang memiliki empat atom Karbon ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$). Butana sangat mudah terbakar, tidak berwarna dan mudah untuk dicairkan (*liquified gases*). Pada pembakaran dengan jumlah oksigen yang banyak, butana akan berubah menjadi karbon dioksida dan uap air. Persamaan reaksi pembakaran butana adalah:



Jika kadar oksigen yang tersedia terbatas, karbon monoksida kemungkinan akan terbentuk.

Gas butana biasanya dijual dalam bentuk LPG, dimana gas butana dicampur dengan propana dan gas-gas hidrokarbon lain. Gas butana biasa digunakan untuk keperluan rumah tangga dan perkemahan. Butana juga biasa digunakan sebagai *feedstock* untuk produksi kimia dasar dalam *steam cracking*, sebagai bahan bakar pada korek api dan sebagai propelan pada alat penyemprot. Karakteristik butana antara lain sebagai berikut:

Tabel 2.1. Sifat Butana

Butana (CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃)	
	
Sifat	
<i>Specific Gravity</i> (15°C)	0.582 (<i>liquid</i>), 2.01 (<i>gas</i>)
<i>Solubility in water</i>	6.1 mg/100 ml (20 °C)
<i>Melting point</i>	-138.3 °C (134.9 K)
<i>Boiling point</i>	-0.5 °C (272.7 K)
<i>Flash point</i>	-60 °C
<i>Autoignition temperature</i>	287 °C
<i>Explosive limits</i>	1.8–8.4%
<i>Calorific value :</i>	
(MJ/m ³) <i>dry</i>	112.9
(Btu/ft ³) <i>dry</i>	3 030
(MJ/kg)	45.8
(Btu/lb)	19 700
<i>Mole weight</i>	58.12 kg/kmol

2.5.2 Propana

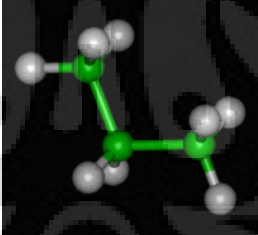
Propana adalah alkana yang memiliki tiga atom Karbon (C₃H₈) dan merupakan gas yang tidak berwarna. Propana diperoleh dari proses pemisahan gas tersebut dengan produk petroleum yang lain selama proses pengolahan minyak atau gas bumi. Propana secara umum digunakan sebagai sumber panas pada mesin, alat panggang dan perumahan. Propana dijual dalam bentuk LPG sebagai

bahan bakar, yang merupakan campuran propana dengan propilen, butana, dan butilen dalam jumlah yang lebih kecil dan ditambahkan pembau. Reaksi pembakaran propana dengan udara akan menghasilkan CO₂ dan H₂O dengan persamaan reaksi:



Karena massa jenisnya lebih besar daripada udara, propana akan jatuh dan berada di atas permukaan lantai jika dilepaskan ke udara bebas. Propana cair akan berubah menjadi uap pada tekanan atmosfer dan berwarna putih karena mengembun. Propana memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2.2 Sifat Propana

Propana (CH₃CH₂CH₃)	
	
Sifat	
<i>Specific Gravity (15°C)</i>	0.54 (<i>liquid</i>), 1.5 (<i>gas</i>)
<i>Melting point</i>	-187.6 °C (85.5 K)
<i>Boiling point</i>	-42.09 °C (231.1 K)
<i>Solubility in water</i>	0.1 g/cm ³ (37.8°C)
<i>Flash point</i>	-104 °C
<i>Autoignition temperature</i>	432 °C
<i>Explosive limits</i>	2.1–9.5%
<i>Calorific value :</i> (MJ/m ³) <i>dry</i>	86.1

(Btu/ft ³) <i>dry</i>	2 310
(MJ/kg)	46.3
(Btu/lb)	19 900
<i>Mole weight</i>	44.10 kg/kmol

2.6 Pengaruh Aliran LPG Sebagai Penambah Tenaga

Gas LPG yang telah dicampurkan dengan udara akan mempermudah proses pembakaran di dalam ruang bakar. Campuran udara dan gas LPG akan bercampur dengan bensin di karburator yang kemudian dibakar di ruang bakar. Campuran udara, gas LPG, dan bensin akan lebih mudah terbakar daripada campuran yang hanya terdiri atas udara dan bensin. Hal ini disebabkan karena gas LPG yang tercampur dengan udara akan lebih dulu terbakar dibandingkan dengan bahan bakar cair yang belum sepenuhnya menguap. Pembakaran LPG yang lebih awal akan membantu terjadinya pembakaran bahan bakar minyak (bensin) yang sempurna.

Reaksi pembakaran yang sangat cepat akan mengakibatkan terjadi gangguan dalam sistem pembakaran, seperti terjadi *autoignition*, besarnya kadar bahan bakar yang tidak terbakar. Hal ini disebabkan oleh :

- Angka *Oktan* yang terlalu rendah
- Penyetelan sudut pengapian yang tidak tepat
- Busi terlalu panas
- Kurangnya sistem pendinginan
- *Reignition* terhadap hasil pembakaran sebelumnya
- Kurangnya oksigen (udara)

Oleh karena itu untuk pembakaran yang baik diperlukan keadaan:

- Angka *Oktan* yang lebih tinggi
- Jumlah campuran udara dan bensin yang tepat
- Temperatur pembakaran yang sesuai
- Waktu pembakaran yang cukup

2.6.1 Perbandingan Udara Bahan Bakar (A/F) atau AFR

Perbandingan antara massa campuran udara dan LPG serta bahan bakar , sangat berpengaruh pada kualitas pembakaran. Setiap bahan bakar memiliki standard tersendiri, berapa rasio perbandingan udara dan bahan bakar yang minimum, sehingga reaksi pembakaran dapat berlangsung secara sempurna. Rasio standard bahan bakar disebut AFR teoritis.

$$(A/F)_{\text{teoritis}} = m_{\text{udara}} / m_{\text{bahan bakar}}$$

(2.21)

Pada pembakaran reaksi aktual , sulit untuk mencapai $(A/F)_{\text{teoritis}}$, tergantung dari setingan mesin dan pengendara kendaraan bermotor dalam memacu kendaraannya.

2.7 Mixer

Venturi mixer ialah suatu konstruksi pencampuran sederhana, yaitu sebuah venturi yang diletakkan sebelum karburator. *Mixer* ini digunakan untuk mencampurkan gas dengan udara sebelum dicampur dengan bensin. Bentuk venturi akan mempengaruhi kualitas pencampuran dan jenis aliran yang dihasilkan, sehingga akan berpengaruh terhadap proses pembakaran nantinya.

Dalam perancangan *mixer* yang perlu diperhatikan ialah:

1. *Mixer* dapat menghasilkan campuran yang homogen sehingga siap untuk dibakar dalam ruang bakar mesin.
2. *Mixer* mudah dipasang pada mesin konvensional serta pemeliharaan mudah serta murah.
3. *Dual Fuel* tidak akan mengganggu kerja karburator utama.
4. *Mixer* dapat menghasilkan campuran dengan perbandingan yang tepat agar dapat menghasilkan unjuk kerja yang optimum pada berbagai kondisi

Terdapat dua jenis *mixer* dalam penelitian ini, yaitu:

1. Jet Fuel (Model Lama)

Model ini merupakan *mixer* sederhana. Pada *mixer* ini udara mengalir melalui saluran udara yang berbentuk venturi, tekanan udara turun sehingga terjadi kevakuman, bersamaan dengan itu gas disemburkan melalui jet fuel/nozzle. Kelemahan pada sistem ini yaitu aliran udara tertahan oleh jet fuel sehingga udara tidak mengalir sempurna dan campuran yang dihasilkan kurang homogen.

2. Mixer Ring

Pada *mixer* jenis ini gas masuk melalui lubang-lubang di sekeliling saluran udara. Keuntungan dengan menggunakan *mixer* jenis ini ialah aliran udara tidak terganggu oleh *nozzle*, dan juga lubang-lubang di sekeliling saluran udara memungkinkan tumbukan antara molekul gas dengan udara lebih banyak terjadi sehingga kemungkinan campuran yang dihasilkan untuk mencapai keadaan homogen lebih besar. Kekurangannya antara lain terdapat kemungkinan aliran tidak merata karena tekanan dan kecepatan yang mengalir ke dalam lubang *mixer* mengalami *losses* pada daerah terjauh dari inlet gas masuk.

Venturi mixer memanfaatkan efek venturi, yaitu fenomena terjadinya kevakuman pada venturi. Fenomena ini terjadi ketika udara mengalir melalui pembatas (*constriction*), dan pada saat itu (vakum) gas akan mengalir ke dalam saluran udara.

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa rasio aliran (flow rate) pada sisi kiri suatu saluran fluida harus sama dengan rasio aliran pada sisi kanan saluran tersebut.

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.22)$$

Persamaan Bernoulli menunjukkan bahwa perubahan kecepatan aliran berpengaruh pada besar kecilnya tekanan pada aliran tersebut.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2 \quad (2.23)$$

$$P_2 = \left\{ \frac{\rho}{2} (V_1^2 - V_2^2) \right\} + \left\{ g (Z_1 - Z_2) \right\} + P_1 \quad (2.24)$$

dimana

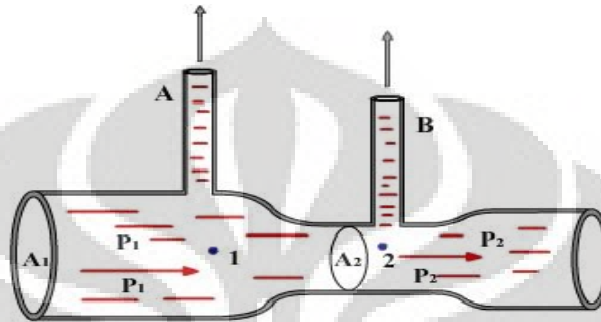
v = kecepatan fluida sepanjang aliran

g = percepatan gravitasi

h = tinggi fluida

p = tekanan sepanjang aliran

ρ = massa jenis fluida



Gambar 2.3. Venturi

Persamaan di atas menyatakan bahwa semakin cepat suatu fluida bergerak, semakin kecil tekanannya. Fluida yang mengalir melalui saluran pipa akan mengalami kenaikan kecepatan ketika melewati pipa yang diameternya mengecil sesuai dengan persamaan kontinuitas. Fluida yang mengalir dalam hal ini adalah udara. Ketika kecepatan udara yang melewati pipa bertambah besar, tekanannya berkurang sehingga membuat terjadinya tekanan rendah atau kevakuman pada venturi sesuai dengan hukum kekekalan energi. Kevakuman ini membuat fluida yang lain dapat mengalir mengisi ruang vakum melalui saluran yang ada. Fluida kedua yang digunakan dalam penelitian ini adalah LPG.

2.8 Cyclone

Cyclone merupakan alat tambahan yang ditempatkan pada saringan udara sebelum masuk karburator dan ada juga yang diletakkan pada saluran intake manifold sesuai dengan jumlah silinder atau saluran *intake manifold* yang ada pada motor bensin/diesel. Pada umumnya *cyclone* terbuat dari bahan yang tahan karat serta memiliki sudu-sudu yang membentuk kemiringan tertentu, dimana sudu-sudu tersebut berfungsi agar udara yang melewati sudu-sudu tersebut akan

berbentuk pusaran sehingga dengan terbentuknya aliran pusaran udara tersebut pencampuran bahan bakar-udara menjadi lebih homogen dan aliran pencampuran bahan bakar-udara langsung menuju pusat pembakaran pada ruang bakar akibatnya pembakaran menjadi lebih sempurna yang pada akhirnya akan meningkatkan performansi/unjuk kerja dari motor bensin/diesel.

Berikut adalah faktor yang mempengaruhi kinerja dari cyclone :

- Besarnya sudut yang dibentuk oleh sudu pengarah (*guide vane*)
- Jumlah atau banyaknya sudu yang digunakan
- Bentuk atau profil daun sudu dari *cyclone*
- Posisi pemasangan *cyclone* dari karburator
- Pengaruh lain akibat sifat dari mesin dan manusia (*machine and human errors*)

2.9 Teori Pencampuran

2.9.1 Pencampuran Gas

Banyak aplikasi termodinamika melibatkan pencampuran pada beberapa zat murni. Udara merupakan campuran antara berbagai macam gas. Bahan bakar ditambahkan ke dalam udara pada proses pembakaran yang berakibat pada terjadinya beberapa gas baru seperti karbon dioksida, uap air dan nitrogen oksida. Selain itu, sifat-sifat termodinamika dari zat-zat murni yang digunakan sebagai komponen pencampuran diketahui, haruslah dikembangkan suatu aturan yang dapat menentukan sifat-sifat campuran yang terjadi dan berkaitan dengan komposisi campuran dan sifat-sifat dari masing-masing komponen.

Campuran yang digunakan terdiri atas $\alpha = 1, \dots, v$ zat-zat murni yang berbeda, dalam hal ini merupakan komponen-komponen. Massa setiap komponen, yang secara umum dapat diidentifikasi dengan huruf Yunani, α , diberikan dengan m_α . Jika berat molekul dilambangkan dengan M_α dan jumlah seluruh molekul zat adalah N_α , dapat ditulis:

$$m_\alpha = N_\alpha M_\alpha \mu_H \quad (2.25)$$

dengan μ_H adalah massa dari satu atom hidrogen:

$$\mu_H = 1,67 \cdot 10^{-27} \quad (2.26)$$

Total massa dari campuran diberikan oleh persamaan:

$$m_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v (N_{\alpha} M_{\alpha} \mu_H) \quad (2.27)$$

dan, jika tidak terjadi reaksi kimia, jumlah total molekul dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan:

$$N_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} \quad (2.28)$$

Seringkali kita ingin mendefinisikan berat molekul rata-rata, M_{mix} , dari suatu campuran. Dengan persamaan (2.23) kita dapat mendefinisikan:

$$m_{mix} = N_{mix} M_{mix} \mu_H \quad (2.29)$$

Dengan mengombinasikan persamaan (2.27) dan (2.23), diperoleh persamaan:

$$N_{mix} = \frac{m_{mix}}{M_{mix} \mu_H} = \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{m_{\alpha}}{M_{\alpha} \mu_H} \quad (2.30)$$

Dengan demikian:

$$M_{mix} = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^v \left(\frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} \frac{1}{M_{\alpha}} \right)} \quad (2.31)$$

Rasio massa suatu komponen, m_{α} , terhadap massa campuran, m_{mix} , disebut fraksi atau konsentrasi massa, c_{mix} :

$$c_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} \quad (2.32)$$

dan dapat ditulis dengan cara alternatif untuk memperoleh berat molekul rata-rata campuran:

$$M_{mix} = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^v \left(\frac{c_{\alpha}}{M_{\alpha}} \right)} \quad (2.33)$$

Kuantitas yang seringkali dihitung dalam teori pencampuran termasuk:

- jumlah mol komponen α :

$$v_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{N_{Avo}} \quad (2.34)$$

dengan N_{avo} adalah bilangan Avogadro yang merupakan suatu konstanta dan merepresentasikan jumlah molekul/atom yang diperlukan untuk mengetahui satu mol substansi:

$$N_{avo} = 6,023 \cdot 10^{23} \quad (2.35)$$

- fraksi mol y_{α} :

$$y_{\alpha} = \frac{v_{\alpha}}{v_{mix}} \equiv \frac{N_{\alpha}}{N_{mix}}, \text{ dimana } v_{mix} = \frac{N_{mix}}{N_{Avo}} \quad (2.36)$$

- densitas massa parsial dan volume spesifik komponen α :

$$\rho_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{V_{mix}}, v_{\alpha} = \frac{1}{\rho_{\alpha}} = \frac{V_{mix}}{m_{\alpha}} \quad (2.37)$$

dengan V_{mix} menyatakan volume yang ditempati campuran zat-zat, dan

- densitas jumlah partikel komponen α :

$$n_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{V_{mix}} \quad (2.38)$$

Kuantitas-kuantitas di atas menyatakan identitas-identitas tertentu. Sebagai contoh, jumlah dari semua fraksi massa dan semua fraksi mol sama dengan satu:

$$\sum_{\alpha=1}^v c_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} = \frac{1}{m_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} = \frac{m_{mix}}{m_{mix}} = 1, \quad (2.39)$$

$$\sum_{\alpha=1}^v y_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{v_{\alpha}}{v_{mix}} = \frac{1}{v_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v v_{\alpha} = \frac{1}{N_{mix} / N_{Avo}} \sum_{\alpha=1}^v \frac{N_{\alpha}}{N_{Avo}} =$$

$$\frac{1}{N_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} = \frac{N_{mix}}{N_{mix}} = 1$$
(2.40)

Densitas jumlah partikel dan densitas massa komponen α dihubungkan dengan cara sebagai berikut:

$$\rho_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} = \frac{M_{\alpha} N_{\alpha} \mu_H}{V_{mix}} = M_{\alpha} \mu_H \frac{N_{\alpha}}{V_{mix}} = M_{\alpha} \mu_H n_{\alpha}$$
(2.41)

Densitas massa campuran diberikan oleh jumlah densitas massa parsial:

$$\rho_{mix} = \frac{m_{mix}}{V_{mix}} = \frac{1}{V_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{m_{\alpha}}{V_{mix}} = \sum_{\alpha=1}^v \rho_{\alpha}$$
(2.42)

Perlu diketahui bahwa persamaan ini merupakan jenis aturan yang ingin ditemukan. Densitas massa campuran diikuti dengan penambahan sederhana dari densitas massa parsial dari unsur-unsur pokok atau, dengan kata lain, suatu sifat campuran dengan mudah ditentukan oleh sifat-sifat zat-zat murni, yang dapat diketahui.

Selain itu, konservasi massa juga memperbolehkan ditemukannya persamaan alternatif berikut untuk menghitung berat molekul rata-rata, M_{mix} :

$$m_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} \Leftrightarrow M_{mix} \mu_H N_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v (M_{\alpha} \mu_H N_{\alpha})$$

$$M_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v \left(M_{\alpha} \frac{N_{\alpha}}{N_{mix}} \right) = \sum_{\alpha=1}^v (M_{\alpha} y_{\alpha})$$
(2.43)

2.9.2 Hukum Dalton untuk Pencampuran Gas Ideal: Penambahan Tekanan Parsial

Suatu gas ideal terdiri atas molekul-molekul dengan energi potensial rata-rata di antaranya besarnya jauh lebih kecil daripada energi kinetik rata-ratanya. Dengan kata lain, jarak antara molekul-molekul pada gas ideal secara komparatif besar dan molekul-molekul tersebut merasakan kehadiran satu sama lain hanya

pada waktu singkat ketika terjadi tubrukan. Kita mengetahui bahwa pada gas ideal, yang diidentifikasi dengan indeks α , tekanannya, p_α , temperatur, T , dan densitas, ρ_α , berhubungan satu sama lain sesuai dengan persamaan keadaan termal, hukum gas ideal.

$$p_\alpha = \rho_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T, \quad (2.44)$$

R melambangkan konstanta ideal gas dan M_α merupakan berat molekul gas. Sekarang persamaan (2.35) dan (2.39) dapat digunakan untuk densitas partikel dan persamaan dapat ditulis kembali seperti persamaan berikut:

$$p_\alpha = \rho_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T = M_\alpha \mu_H n_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T = n_\alpha k T, \quad k = \mu_H R = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \quad (2.45)$$

Jika gas ideal ini terdistribusi secara homogen di dalam volume V_{mix} , persamaan tersebut secara alternatif dapat ditulis sebagai berikut:

$$p_\alpha = \frac{N_\alpha}{V_{\text{mix}}} k T \quad (2.46)$$

dimana k merupakan *konstanta Boltzmann*. Konstanta tersebut dapat dilihat sebagai “konstanta gas atomik” per atom hidrogen dan untuk memperoleh nilai numeriknya dibutuhkan pengetahuan tentang massa dari satu atom tersebut. Sekarang ini nilai numerik untuk massa satu atom hidrogen dapat dengan mudah diperoleh pada buku-buku fisika. Faktanya, Albert Einstein sendiri yang pada pertama kali di tahun 1905 menentukan nilai k secara numerik dalam tesis *Ph.D*-nya pada pergerakan Brownian.

Dengan mengacu pada situasi persamaan (2.42), beberapa gas ideal, yang masing-masing berada dalam volume yang sama (V_{mix}), dikombinasikan untuk membentuk sebuah campuran (tak bereaksi). Dapat diasumsikan bahwa pencampuran tidak mempengaruhi waktu interaksi dan waktu tubrukan antara atom-atom, yaitu bahwa kehadiran atom-atom/molekul-molekul lain yang serupa atau yang tidak serupa tidak terasa sama sekali. Secara atomistik, tekanan merupakan perubahan momentum atom-atom yang memantul pada sebuah

dinding dan tidaklah mengejutkan untuk menyatakan bahwa tekanan parsial, p_α , dari setiap komponen gas ideal, α , dapat dengan mudah ditambahkan untuk menghasilkan tekanan total campuran tersebut, p_{mix} , yang sekali lagi dapat dianggap sebagai gas ideal:

$$p_{\text{mix}} = \sum_{\alpha=1}^v p_\alpha, \quad (2.47)$$

$$p_\alpha = \rho_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T = \frac{m_\alpha}{V_{\text{mix}}} \frac{R}{M_\alpha} T = n_\alpha kT = \frac{N_\alpha}{V_{\text{mix}}} kT, \quad (2.48)$$

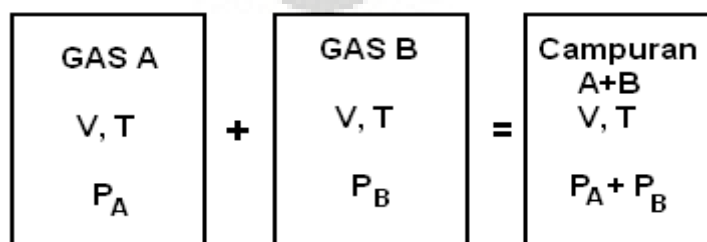
$$p_{\text{mix}} = \rho_{\text{mix}} \frac{R}{M_{\text{mix}}} T = \frac{m_{\text{mix}}}{V_{\text{mix}}} \frac{R}{M_{\text{mix}}} T = n_{\text{mix}} kT = \frac{N_{\text{mix}}}{V_{\text{mix}}} kT \quad (2.49)$$

Dua persamaan terakhir menunjukkan beberapa kemungkinan penulisan persamaan gas ideal yang akan lebih atau kurang berguna tergantung pada permasalahan. Persamaan tersebut konsisten dalam arti jika kita menjumlahkan persamaan (2.46) dengan mempertimbangkan semua komponen, dapat diperoleh persamaan berikut:

$$\sum_{\alpha=1}^v p_\alpha = \frac{kT}{V_{\text{mix}}} \sum_{\alpha=1}^v N_\alpha = \frac{kT}{V_{\text{mix}}} N_{\text{mix}} \quad (2.50)$$

Orang yang pertama menyatakan "hukum" ini secara jelas adalah ahli kimia Inggris John Dalton yang berpendapat demikian:

Tekanan pada campuran gas ideal sama dengan penjumlahan setiap tekanan gas ideal dan akan menekan keberadaannya sendiri pada temperatur dan volume campuran.



Gambar 2.4. Hukum Dalton

Batas-batas pada validasi hukum Dalton akan terjadi khususnya jika gas-gas tersebut bertambah tebal dan gaya-gaya intermolekul menjadi lebih signifikan.

2.10 Dinamometer Dynojet

Alat dinamometer yang digunakan bertipe **Dynojet dynamometer tipe 250i**, dengan kemampuan pembacaan daya maksimum oleh *roller* sebesar 750 hp. Alat dinamometer ini hanya dapat digunakan oleh kendaraan beroda dua (sepeda motor) yang bersifat *real time*.

Data yang didapatkan saat *snap shot* : Tampilan layar *snap shot* merekam informasi pada setiap saat operator menekan tombol yang ada pada *remote* modul. *Autograph snap shot* secara otomatis mengambil data *snap shot* sesuai dengan yang ditentukan antara kecepatan atau RPM selama grafik terbentuk. Ketika tombol *snap shot* sistem akan merekam secara *real time* nilai yang dipilih oleh operator. Data yang dihasilkan akan disimpan pada file pengambilan data dalam *format file .drf* (untuk *software* WINPEP 7) namun dapat pula dengan program yang lainnya. Data bisa dimasukkan ke dalam *spreadsheet*, *database*, atau program *word processor* yang diinginkan.

2.10.1 Perhitungan yang Berhubungan dengan Inersia Chassis Dinamometer

$$\text{Linear Inertia (kg)} = \frac{\text{Tractive Effort (N)} \times 3.6}{\text{Ramp Rate (km/h)}} \quad (2.51)$$

$$\text{Linear Inertia (kg)} = \frac{\text{Power (kW)} \times 12960}{\text{Speed (km/h)} \times \text{Ramp Rate (km/h)}} \quad (2.52)$$

$$\text{Tractive Effort (N)} = \frac{\text{Linear Inertia (kg)} \times \text{Ramp Rate (km/h)}}{3.6} \quad (2.53)$$

$$\text{Power (kW)} = \frac{\text{Linear Inertia (kg)} \times \text{Ramp Rate (km/h)}}{12960} \quad (2.54)$$

Perlu diketahui bahwa Dynojet bukan merupakan suatu alat yang dapat melakukan segala dan bukan merupakan akhir dari segala penyetelan (*tuning*). Alat dinamometer efektif jika sang operator handal dalam mengoperasikannya, seperti halnya perlengkapan lainnya.

2.10.2 Pengukuran Tenaga Mesin

Pada faktanya tidak ada cara yang secara langsung dapat mengukur tenaga mesin, segala macam dinamometer mengukur torsi dan daya keluaran melakukan perhitungan dengan rumus BHP. Persamaan ini merupakan persamaan dasar yang mendasari segala jenis mesin, modifikasi, dan penyetelan (*tuning*). Dua metode utama yang digunakan dalam industri mesin adalah : (1) Pengukuran pada *crankshaft* dari mesin, atau (2) *Roller road* dynamometer (pengukuran pada roda).

Berikut ini kita bahas mengenai perbedaan dari kedua metode tersebut:

(1) **Dinamometer mesin**

Apabila kita hanya ingin mengetahui *power* dari mesin maka kita menggunakan dinamometer khusus untuk mesin. Ini menyerupai pada manufaktur *output shaft* dari mesin kendaraan. Mesin diletakkan pada dudukannya kemudian dihubungkan pada dynamometer, biasanya menggunakan *Propeler Shaft* (as kopel) yang dihubungkan pada bagian belakang dari poros engkol (atau pada roda gila). Gambaran dari *power* yang diukur dengan cara ini umumnya disebut sebagai “flywheel power”. Alat Dinamometer memerlukan pengereman (*rem*) dimana digunakan untuk mengetahui torsi (atau beban) dari mesin tersebut. Pada saat mesin ditahan pada kecepatan tetap dengan beban yang diberikan oleh dinamometer kemudian torsi yang telah diberikan oleh dinamometer harus dengan tepat menyamakan dengan torsi yang dihasilkan oleh mesin.

Sebagai contoh, apabila kita ingin mengetahui torsi mesin pada saat *wide open throttle* (WOT) di rpm 4000. *Throttle* secara perlahan-lahan akan membuka dan pada saat yang bersamaan beban yang diberikan oleh dinamometer juga bertambah – kemungkinan dengan memainkan besaran dari beban yang diberikan

kita mencapai keadaan dimana skep karburator dibuka penuh dan rpm tetap pada 4000. Torsi yang diberikan dicatat kemudian pengoperasian diulang pada interval lain seperti rpm 5000. Dengan meneruskan proses ini kita akan mendapatkan grafik torsi dari keseluruhan putaran mesin. Tentu saja kita juga bisa melakukan pengukuran dengan bukaan skep karburator yang tidak full bila diinginkan. Alat dinamometer yang modern dikontrol oleh sistem komputer dan bisa menghasilkan kurva tenaga dan torsi dengan cepat dan seorang operatornya pun tidak perlu bersusah payah untuk mengatur throttle dan kontrol beban secara manual. Hal itu bisa diprogram untuk mengukur di setiap kelipatan rpm, sebagai contoh pada setiap penambahan 250 atau 500 rpm.

(2) **Rolling Road Dynamometer**

Biasa disebut dengan chassis dinamometer, digunakan untuk mengukur tenaga yang dihasilkan pada roda kendaraan. Alat ini diciptakan agar kita tidak perlu bersusah payah untuk melepaskan mesin dari kendaraannya hanya untuk tujuan melakukan *tuning* modifikasi yang telah ada. Bagaimanapun juga, hal ini berarti gambaran *power* yang terbentuk akan lebih rendah dibandingkan dengan *flywheel power* karena adanya *frictional losses* pada transmisi dan ban. Selanjutnya kita terangkan cara kerja *rolling road* dynamometer. Kendaraan dinaikkan keatas *chassis* dyno dan letakkan roda tepat diatas roller kemudian di ikat menggunakan *strap*. Torsi diukur pada kecepatan yang berbeda akan tetapi tepat sama seperti pada mesin dinamometer kecuali torsi pada *roller* lebih baik daripada torsi pada *flywheel*. Beban pengereman dihasilkan oleh salah satu *roller* dengan menggunakan hidrolis (*water brake*) atau dengan sistem elektrik sama pada engine dyno yang mengaplikasikan torsi pada crankshaft dari mesin. Perhitungan umum yang sama, $BHP = \text{Torsi (ft/lbs)} \times \text{rpm} / 5252$, bisa digunakan untuk menghitung bhp pada *roller* dengan mengetahui torsi dan rpm pada *roller* (bukan rpm pada mesin). Tapi bila rpm mesin diukur secara serentak atau berbarengan maka kita juga dapat mengetahui bhp di *roller* pada rpm mesin utama.

Masalah besar yang kita hadapi pada dinamometer tipe seperti ini adalah bila terjadinya slip pada ban. Kita ketahui bahwa permukaan dari *roller* adalah besi yang memiliki *grip* halus, dimana lama kelamaan akan menjadi licin. Kita

bisa bayangkan perbedaan *grip* yang dihasilkan antara besi dibandingkan dengan permukaan aspal. Efek dari slipnya ban ini cukup kompleks sehingga grafik yang dihasilkan akan terlihat tidak bagus, namun hal ini bisa diminimalisir dengan menggunakan ban yang memiliki tapak permukaan yang lebar dan dengan tekanan ban yang tepat.

2.10.3 Cara Kerja Inersia pada Dinamometer Jenis Rolling Road

Sebagian besar jenis *dyno rolling road* yang sering dipakai untuk menentukan kekuatan bentuk di US adalah *dynamometer inersia*. *Inersia dyno* tidak secara langsung mengukur gaya pada perputaran roller *dyno* ke dalam penentuan kekuatan bentuknya. Dari beberapa sistem tersebut untuk melakukan perhitungan gaya (*force*) dalam perputaran digunakan rumus :

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (2.55)$$

dimana *F* merupakan gaya (N), *m* adalah massa (kg), dan *a* adalah percepatan (m/s²)

Massa dan sistem inertia dari perputaran *dyno* telah kita ketahui sebelumnya. Dimana untuk menghitung kekuatan yang digunakan, *dyno inersia* mengukur kecepatan dari perputaran berdasarkan pengukuran peningkatan dalam aliran dan *voltage* yang dihasilkan ketika *dyno eddy* mengalir secara retarders di pakai sebagai generator pembangkit dari pada *power* yang diserap (dipakai sebagai penahan beban *dynamometer* ketika melakukan penyetelan mesin).

Gaya pada *roller* dimana massa *roller* dikalikan oleh percepatan ditentukan oleh *voltage output*. Gaya ini dikalikan oleh radius dari perputaran itu sendiri untuk memberikan torsi pada roda, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana $T = \text{torsi};$

F = gaya : dan

r = radius atau jarak yang diaplikasikan.

Power ditentukan dengan rumus

$$\text{BHP} = \text{Torsi (ft/lbs)} \times \text{rpm} / 5252 \quad (2.57)$$

Rumus ini kemudian digunakan untuk mengukur *power* pada roda. Apabila *point-point power* yang terjadi pada mesin ini digunakan sebagai acuan, maka gambaran *power* ini bisa dijadikan plot kurva *power*. Untuk menggambarkan *power* yang terjadi pada *flywheel*, penurunan *coast* prosedur dipakai untuk mengukur deselerasi pada *roller*, dan memakai gambaran ini sebagai kecepatan negatif dan rumus $F = ma$ kembali digunakan untuk mengetahui *power* yang hilang melalui transmisi.

Masalah besar yang dihadapi adalah ketika perubahan terjadi pada setiap sistem yang mengalami perputaran. Dalam hal ini termasuk didalamnya seperti kopling, *flywheel*, atau roda. Bagian-bagian tersebut tidak mempengaruhi *power* pada mesin, akan tetapi bagaimanapun juga hal tersebut akan merubah atau mempengaruhi hasil pengukuran *output power* dalam inersia dyno. Ini merupakan alasan lain mengapa angka yang dihasilkan oleh dinamometer tidak dapat menjamin keakuratannya lebih dari 5%.

2.11 Simulasi Pencampuran Gas

Hasil simulasi dilakukan dengan menggunakan software Cosmos Flow ,maka akan dapat diketahui dan terlihat karakteristik dari hasil pencampuran LPG dan udara pada *mixer*. Parameter yang akan diamati ialah :

- Vektor kecepatan
- Tekanan Statis
- Fraksi massa spesies (butana dan oksigen)



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Rangkaian metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap pendahuluan, persiapan pengujian/eksperimen, dan pelaksanaan pengujian dengan rincian seperti di bawah ini:

- Tahap pendahuluan
 - melakukan studi literatur
 - mengidentifikasi variabel dan data penelitian
- Tahap persiapan pengujian
 - membuat desain awal *cyclone*
 - melakukan simulasi dengan menggunakan software cosmos flow
 - melakukan pembuatan *cyclone*
 - menentukan proses pengerjaan sistem pemasukan gas yang digunakan
 - menginstalasi alat uji
 - Alat uji kadar emisi
 - Alat uji percepatan
 - Alat uji torsi
 - Alat uji konsumsi bahan bakar
 - Melakukan kalibrasi alat uji
- Tahap pelaksanaan pengujian
 - Pengujian kadar emisi
 - Pengujian percepatan
 - Pengujian torsi
 - Pengujian konsumsi bahan bakar
 - mengolah data hasil eksperimen
 - menganalisa hasil pengolahan data
 - menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data

Pada bab ini akan dibahas 2 tahap terakhir, yaitu persiapan dan pelaksanaan pengujian karena tahap pendahuluan telah dibahas pada bab sebelumnya.

3.1 Proses Pembuatan Desain Awal *Cyclone*

3.1.1 Menentukan Jenis *Cyclone*

Jenis *cyclone* yang digunakan dalam percobaan ini adalah *Cyclone 8* sudu dengan *guide vane* yang dapat divariasikan sudutnya. Jenis ini dipilih karena berbagai pertimbangan, yaitu:

- Eksperimen ini membutuhkan beberapa variabel yang nantinya akan menentukan keadaan venturi *mixer cyclone* yang menghasilkan daya, torsi, serta hasil lainnya yang optimal.
- Proses manufaktur yang cenderung mudah.

Komponen-komponen dalam *cyclone* adalah sebagai berikut:

- *Guide vane*
- Poros utama
- Silinder luar (*shell*)

3.1.2 Menentukan Ukuran Komponen *Cyclone*

Ukuran geometri *cyclone* tergantung pada ukuran saluran masuk pada karburator sepeda motor yang digunakan dan ruang yang tersedia. Besarnya ukuran untuk masing-masing komponen berdasarkan perbandingan proporsional yang mendapatkan hasil optimal.

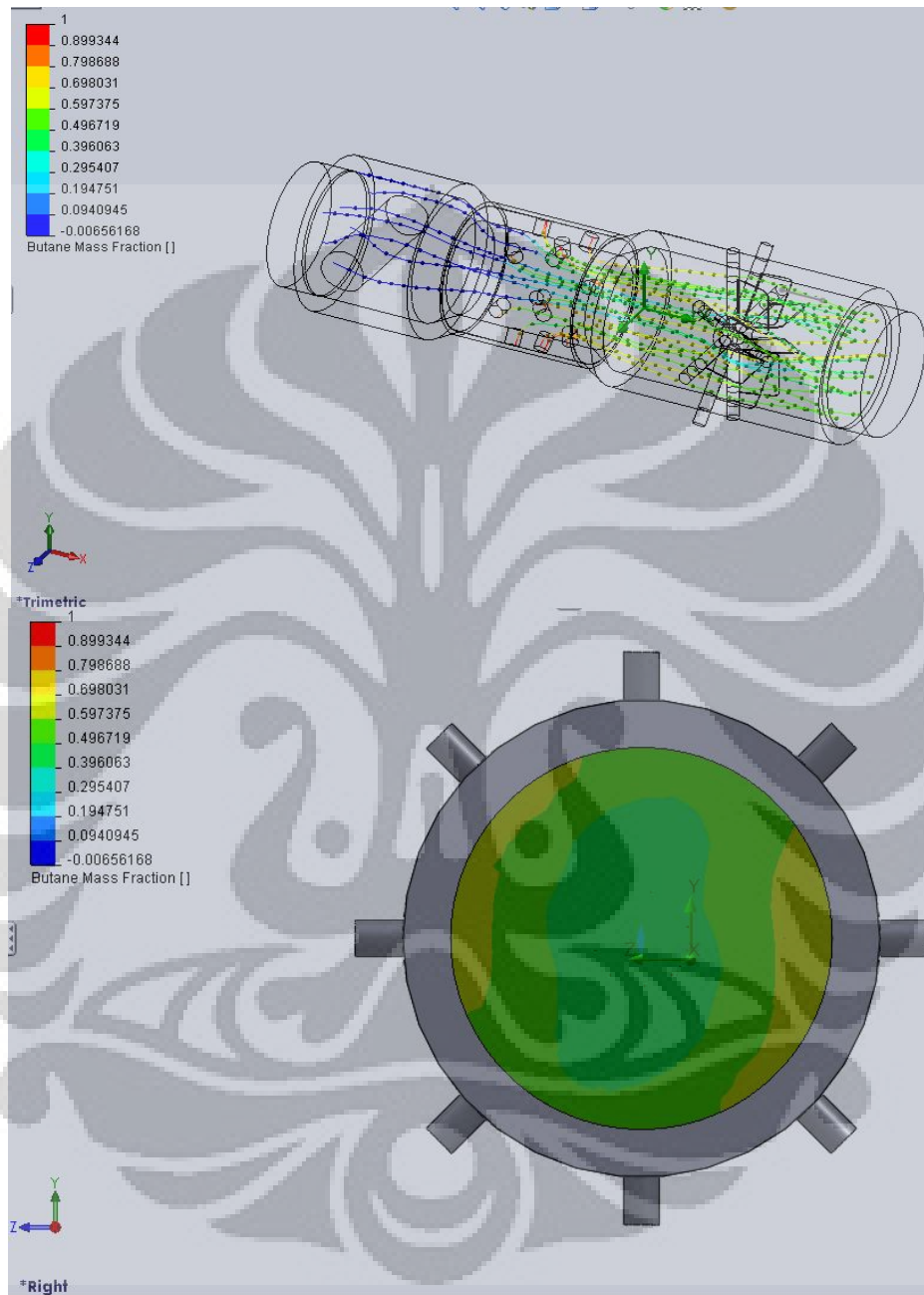
3.2 Proses Simulasi Dengan Menggunakan *Software Cosmos Flow*

Sebelum melakukan pengujian, sebaiknya dilakukan simulasi untuk menguji kelayakan desain dan perkiraan hasil dari pengujian yang sebenarnya. Selain itu, melalui simulasi ini juga akan didapatkan konfigurasi-konfigurasi yang perlu diuji dalam eksperimen karena perkiraan hasilnya cukup signifikan.

Berikut adalah hasil simulasi dengan menggunakan *software cosmos flow*:

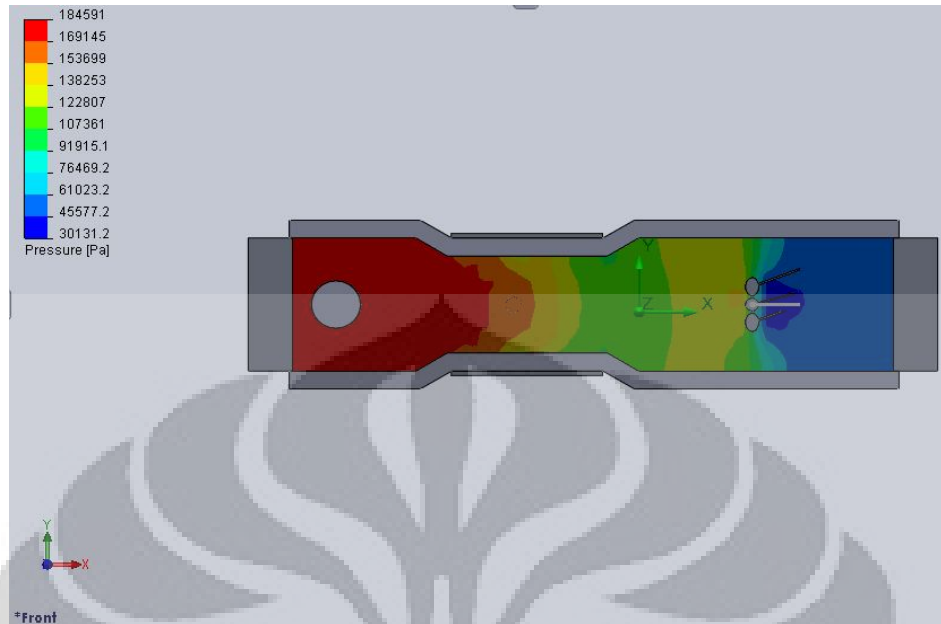
Cyclone sudut *guide vane* 15 derajat

Penyebaran Fraksi Massa :



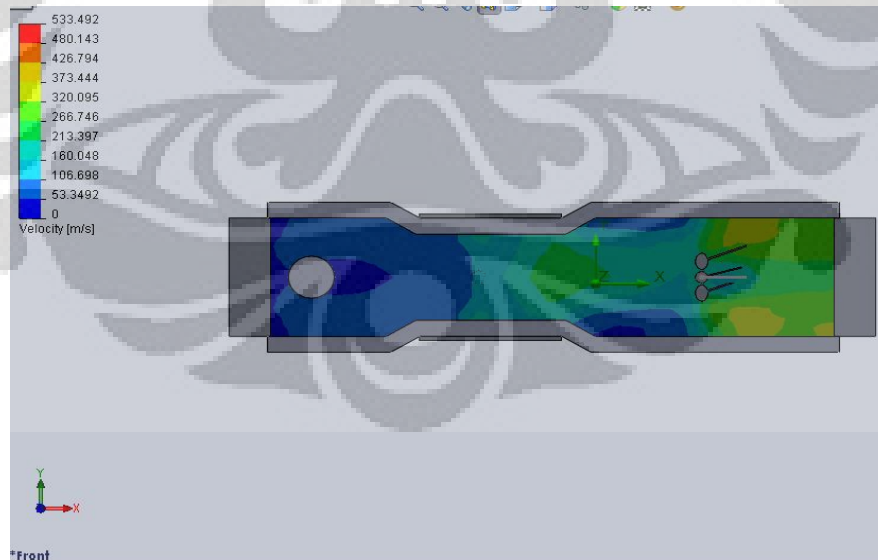
Gambar 3.1. Penyebaran Spesies *Cyclone* sudut *guide vane* 15 derajat pada simulasi *Cosmos Flow*

Analisis Tekanan :



Gambar 3.2. Analisis Tekanan *Cyclone* sudut *guide vane* 15 derajat Pada Simulasi *Cosmos Flow*

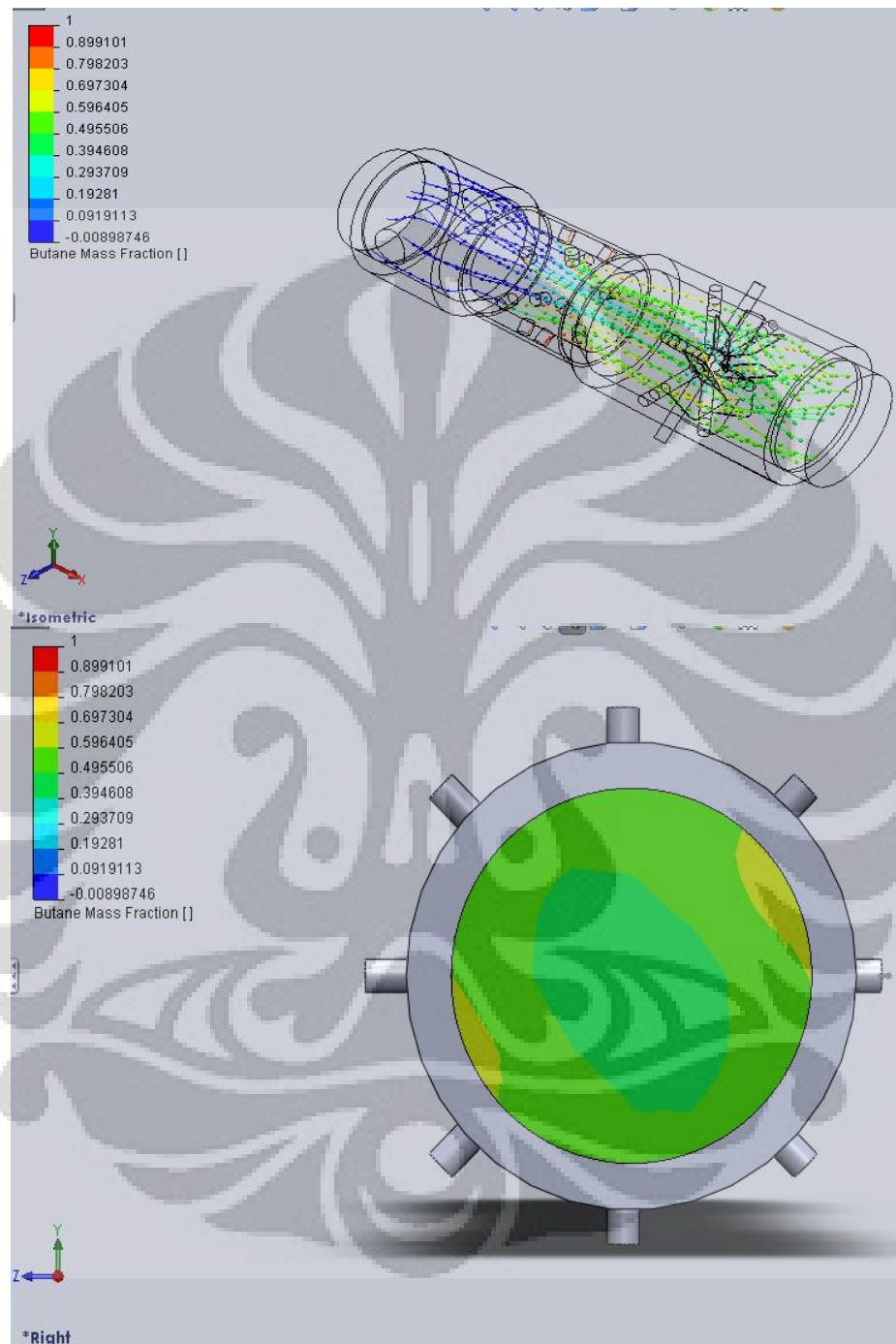
Analisis Vektor Kecepatan :



Gambar 3.3. Vektor Kecepatan *Cyclone* sudut *guide vane* 15 derajat Pada Simulasi *Cosmos Flow*

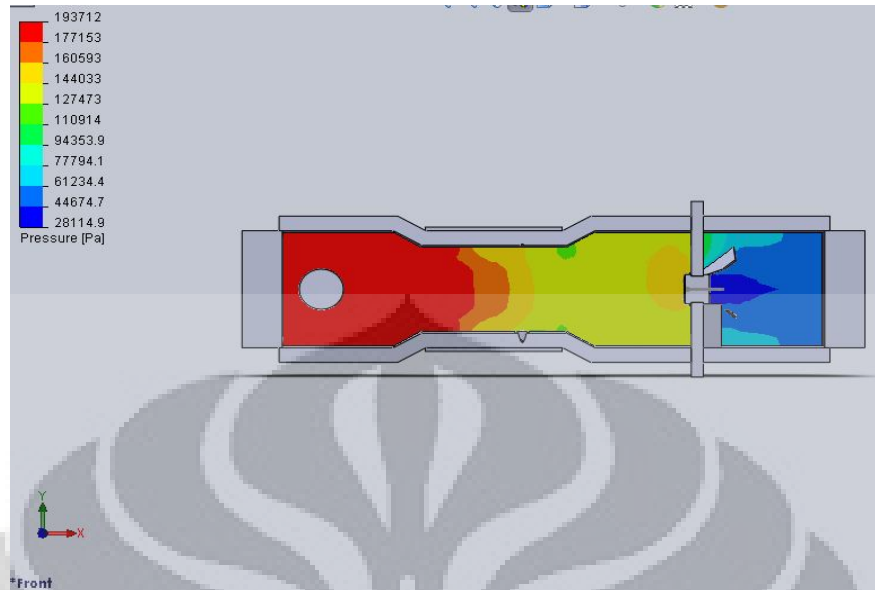
Cyclone sudut guide vane 30 derajat

Penyebaran Fraksi Massa :



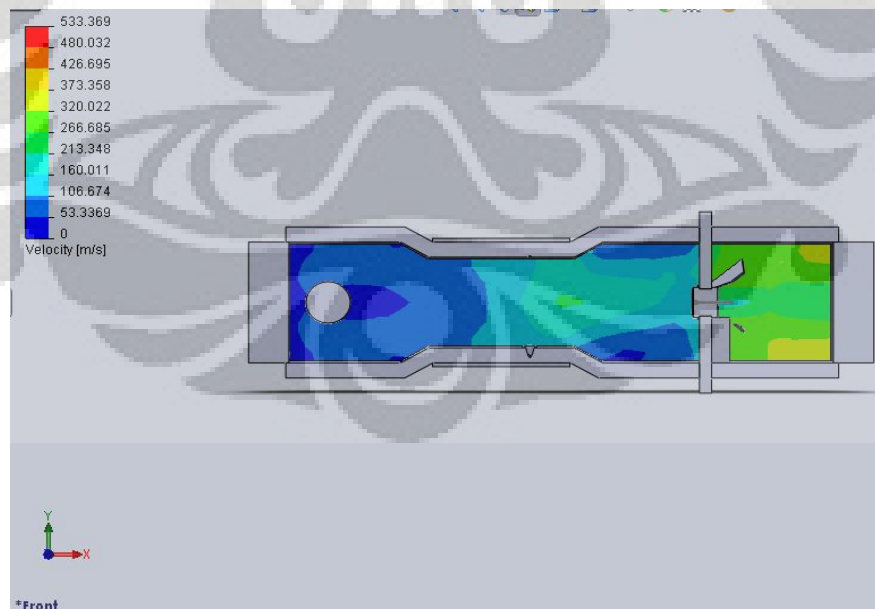
Gambar 3.4. Penyebaran Spesies *Cyclone* sudut *guide vane* 30 derajat Pada Simulasi *Cosmos Flow*

Analisis Tekanan :



Gambar 3.5. Analisis Tekanan *Cyclone* sudut *guide vane* 30 derajat Pada Simulasi *Cosmos Flow*

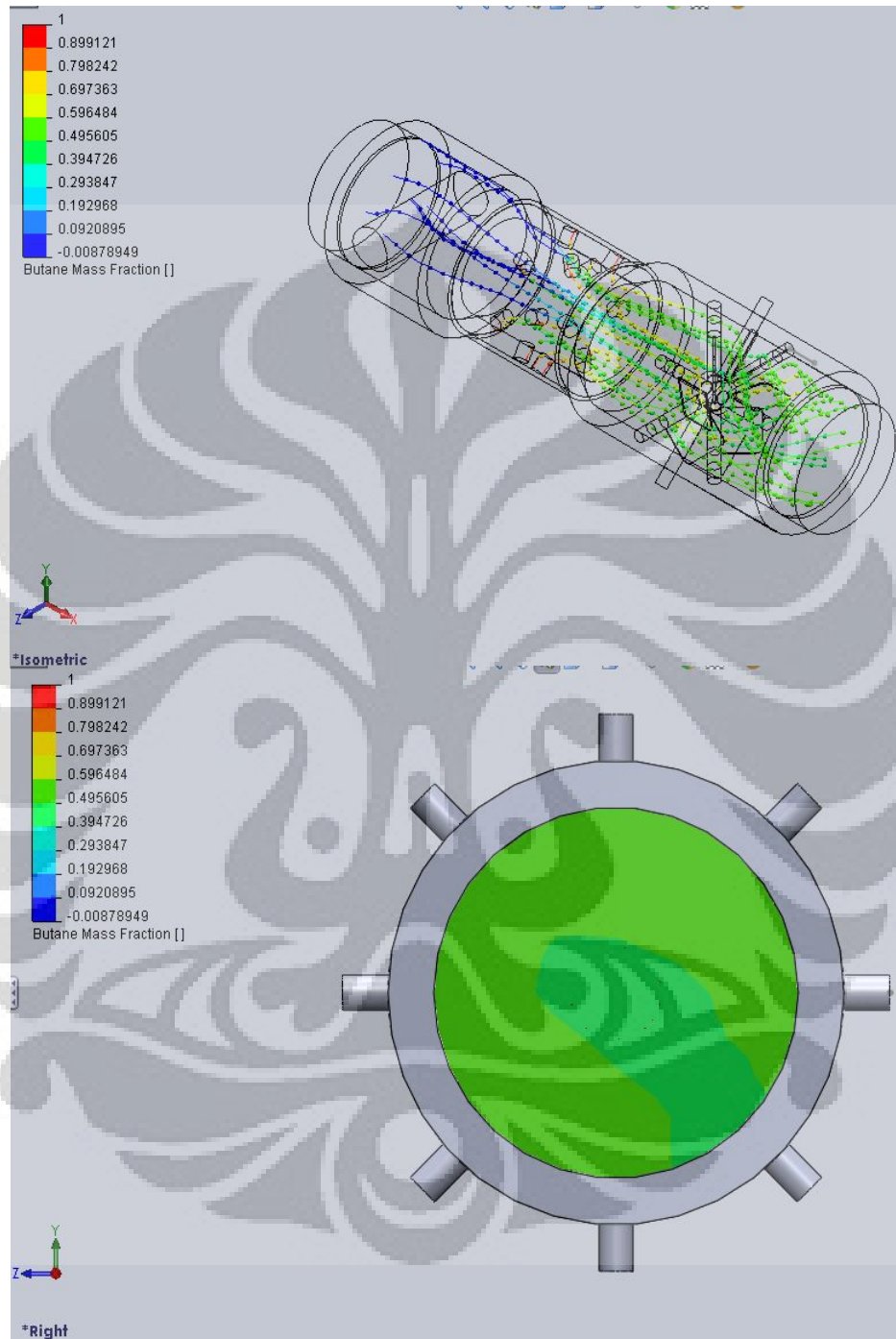
Analisis Vektor Kecepatan :



Gambar 3.6. Vektor Kecepatan *Cyclone* sudut *guide vane* 30 derajat Pada Simulasi *Cosmos Flow*

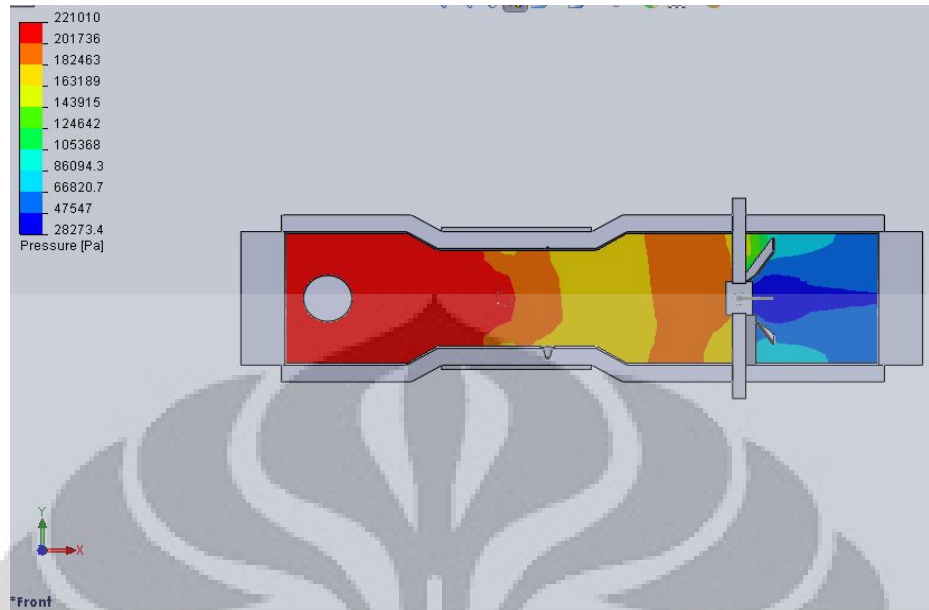
Cyclone sudut guide vane 45 derajat

Penyebaran Fraksi Massa :



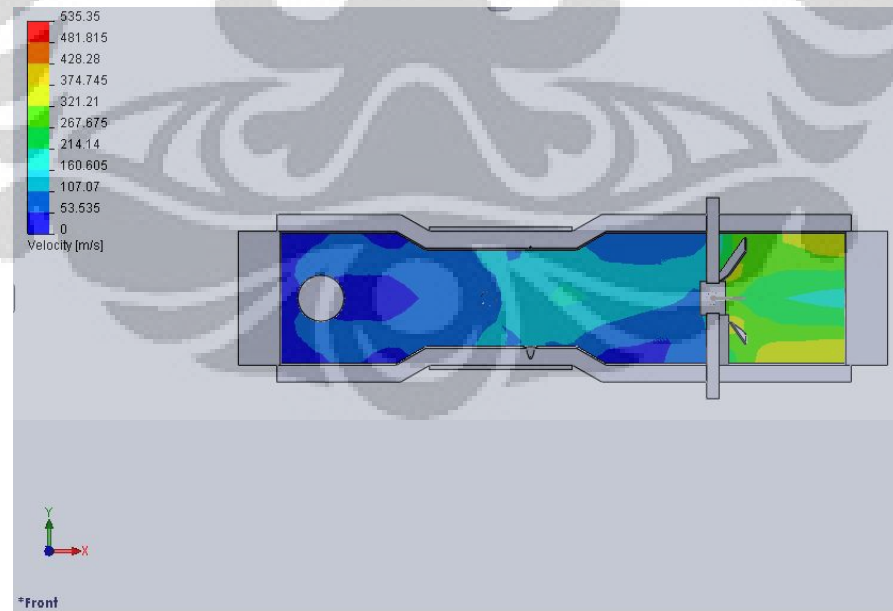
Gambar 3.7. Penyebaran Spesies *Cyclone* sudut *guide vane* 45 derajat pada Simulasi *Cosmos Flow*

Analisis Tekanan :



Gambar 3.8. Analisis Tekanan Cyclone sudut guide vane 45 derajat Pada Simulasi Cosmos Flow

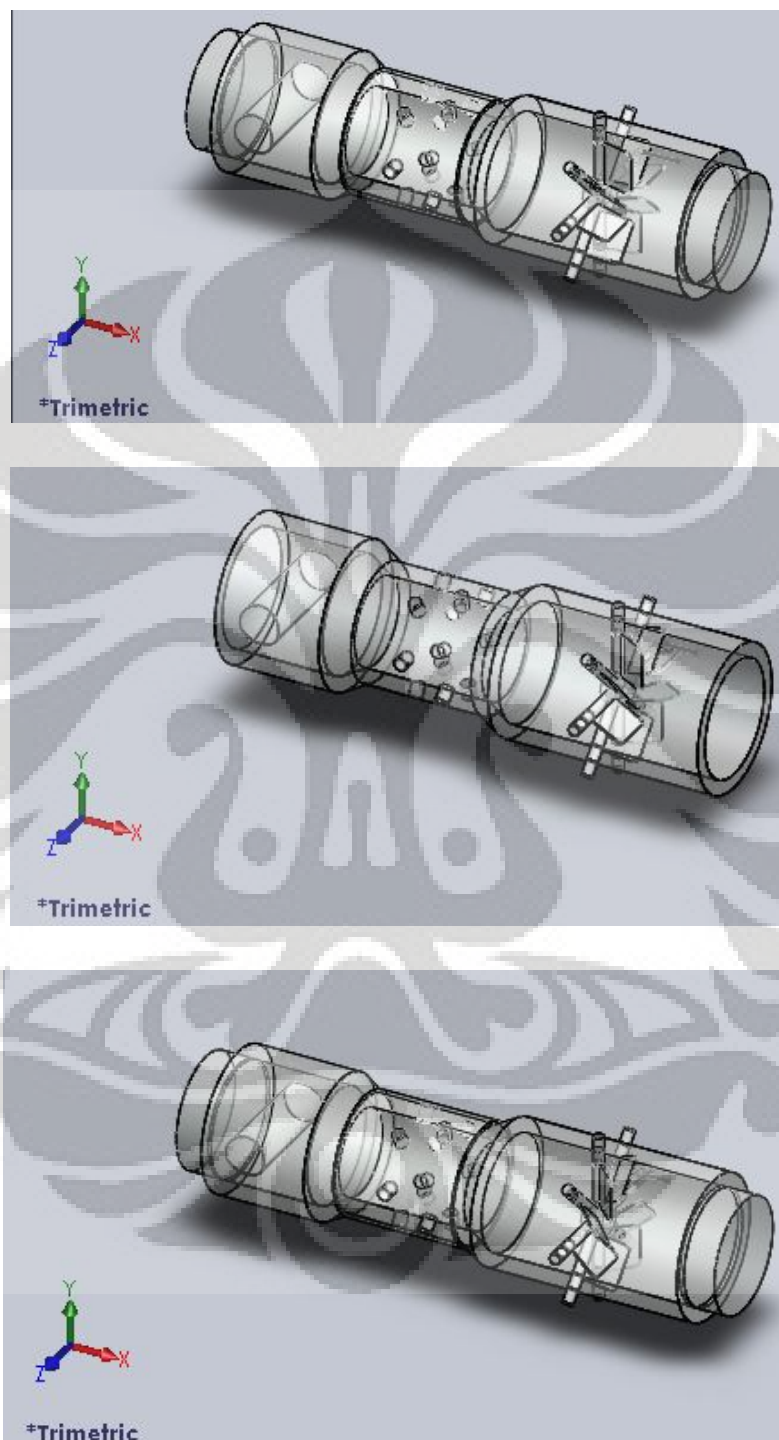
Analisis Vektor Kecepatan :



Gambar 3.9. Vektor Kecepatan Cyclone sudut guide vane 45 derajat Pada Simulasi Cosmos Flow

3.3 Proses Pembuatan Cyclone

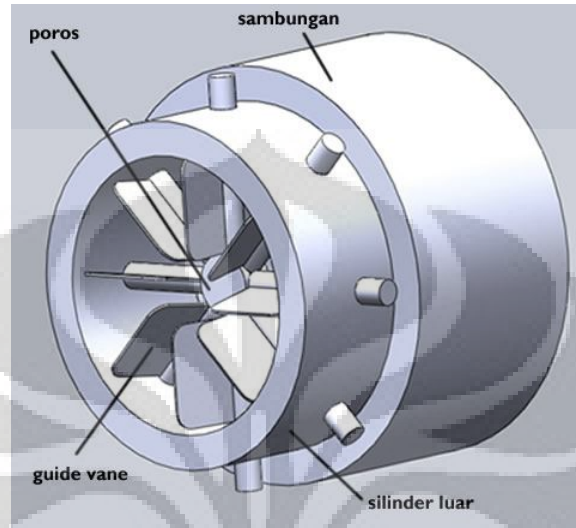
3.3.1 Desain Venturi Mixer Cyclone Berdasarkan Cosmos Flow



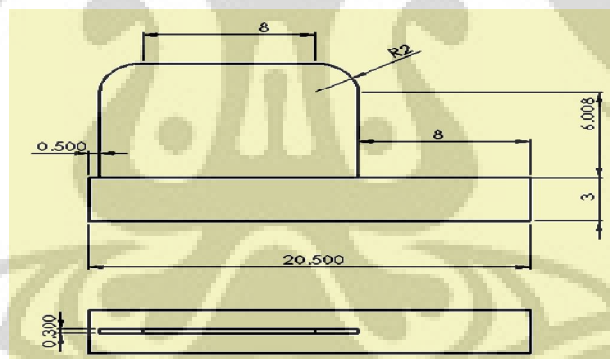
Gambar 3.10. *Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Bluff Body Silinder Cyclone* sudu 15 (atas), sudu 30 (tengah), dan sudu 45 (bawah)

3.3.2 Proses Pembuatan

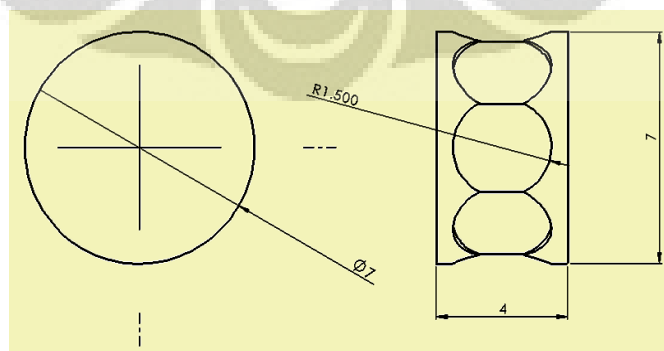
Proses pembuatan *cyclone* terdiri dari 4 tahap pembuatan, yaitu pembuatan *guide vane*, poros, silinder luar, dan sambungan ke venturi *mixer* lama.



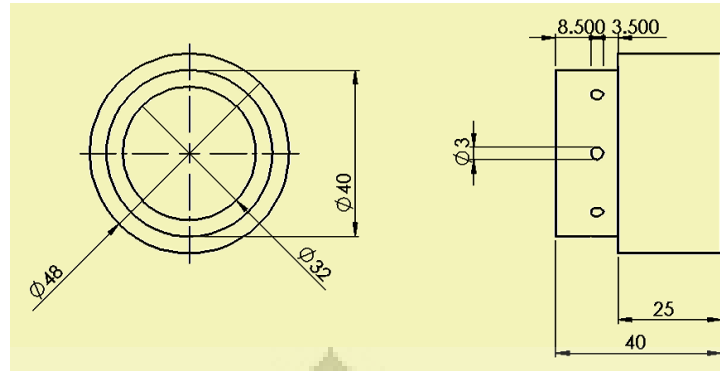
Gambar 3.11. Bagian-bagian cyclone



Gambar 3.12. Geometri Guide Vane



Gambar 3.13. Geometri Poros



Gambar 3.14. Geometri Silinder luar dan sambungan



Gambar 3.15. Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Bluff Body Silinder Cyclone sudu 15, sudu 30, dan sudu 45 (Hasil Proses manufaktur)

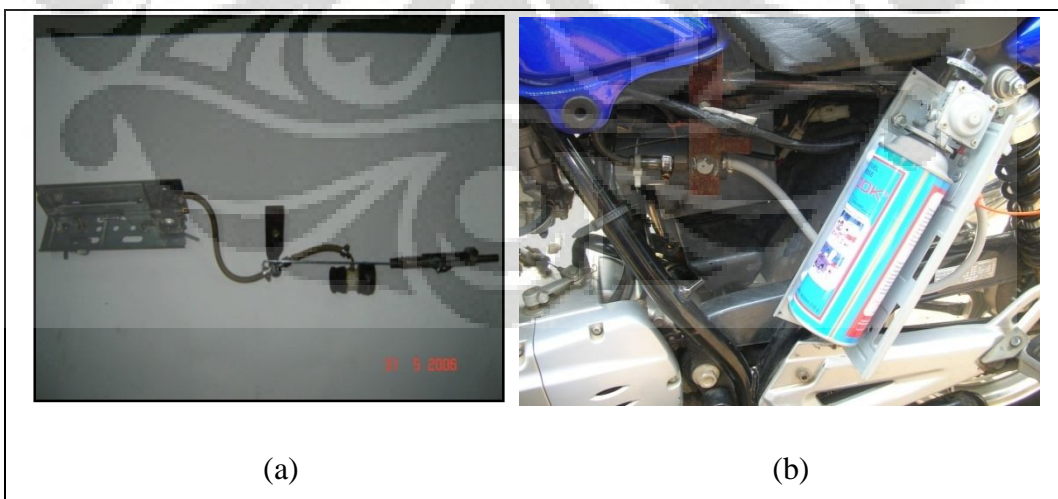
3.4. Proses Pengerjaan Sistem Pemasukan Gas Dan Pencampuran Gas Dengan Bahan Bakar

Sistem pemasukan LPG yang digunakan yaitu dengan menggunakan mekanisme yang memungkinkan pemasukkan gas terjadi pada saat putaran tertentu sesuai dengan besarnya putaran grip. Dengan mekanisme ini besarnya aliran gas akan semakin besar seiring dengan besarnya putaran grip. Pada sistem ini kawat yang berasal dari grip dibuat bercabang. Satu cabang dihubungkan

dengan karburator dan cabang yang lain dihubungkan dengan mekanisme pemasukkan gas.

Sistem pemasukan LPG yang digunakan pada penelitian sebelumnya diperbaiki dengan menambahkan *venturi mixer* pada sistem tersebut. Sehingga sistem pemasukkan gas yang digunakan terdiri atas kompor gas *portable*, katup penghubung, selang bahan bakar, nosel dan *venturi mixer*. Kompor gas *portable* digunakan sebagai tempat meletakkan tabung gas yang akan diuji dan sebagai pengatur aliran gas awal. Katup penghubung digunakan sebagai alat yang terhubung dengan mekanisme yang memungkinkan katup ini terbuka seiring dengan putaran grip.

Selang bahan bakar digunakan sebagai saluran gas LPG yang digunakan yang menghubungkan kompor gas portable dengan katup dan antara katup dengan nosel. Mekanisme dibuat sedemikian rupa sehingga memungkinkan terbukanya katup gas seiring dengan putaran grip. Pada motor, *venturi mixer* disambungkan ke karburator dengan menggunakan karet dan klep pengencang. Saluran gas disambungkan ke *venturi mixer* melalui satu lubang yang telah dibuat di pipa lurus. *Venturi mixer* ini dipasang untuk menggantikan pipa yang digunakan pada penelitian sebelumnya sebagai tempat bercampurnya udara dan LPG. Gambar penempatan saluran aliran gas elpiji dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.16. (a) Sistem penyaluran gas LPG model lama, (b) Penempatan sistem penyaluran gas LPG pada sepeda motor model baru (*venturi mixer*)

3.5 Instalasi Alat Uji

Peralatan uji yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Peralatan yang digunakan untuk semua jenis pengujian berikut spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Motor Suzuki Thunder 125 cc

Spesifikasi Mesin Suzuki Thunder 125

Kapasitas : 124 cc 4 langkah

Tipe mesin : satu silinder

Diameter x langkah : 57 x 48,8 mm

Rasio kompresi : 9,2 : 1

Gigi Transmisi : 5 speed

Sistem pengapian : CDI

Kopling : Manual, constant mesh

Kapasitas pelumas : 1,1 liter

Sistem Starter : kick starter dan listrik

- Sistem penyaluran gas LPG

Spesifikasi Sistem penyaluran gas LPG

Kompor gas portabel : bagian yang digunakan adalah sistem penyaluran gas yang terdiri dari dudukan tabung dan katup.

Mekanisme : bagian ini berfungsi sebagai sistem yang memungkinkan penyaluran gas terjadi

sesuai dengan besarnya putaran throttle, dan dapat diatur saat gas terbuka.

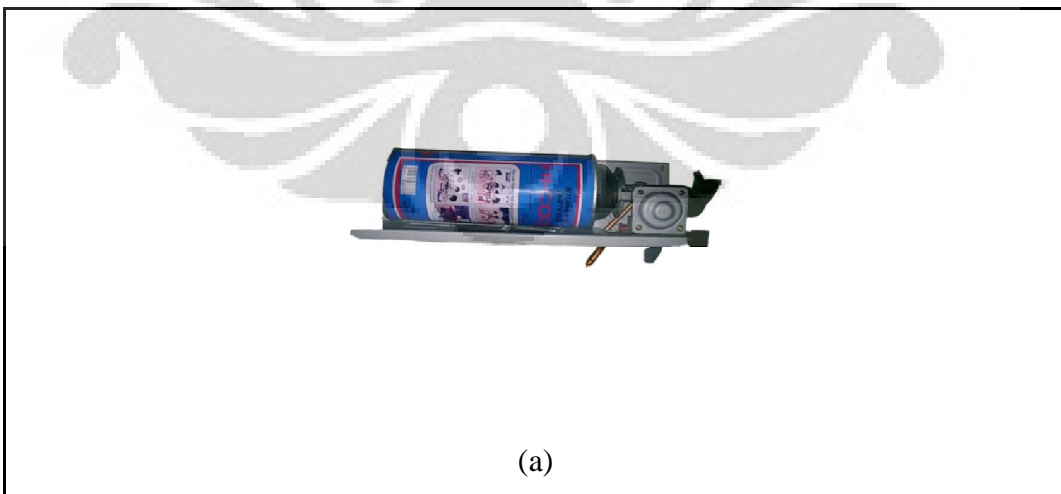
Selang : Selang menyalurkan gas dengan menghubungkan kompor gas portable dengan katup dan antara katup dengan nosel.

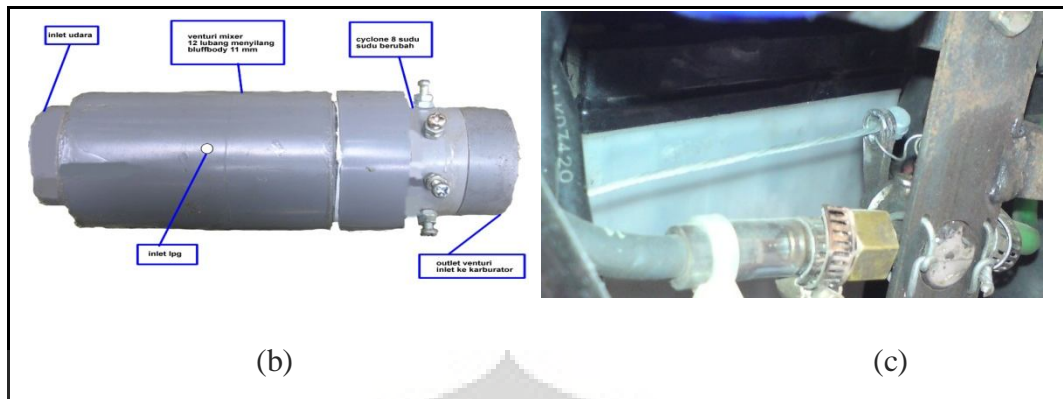
Nosel : mulut pipa yang merupakan bawaan kompor gas.

Katup penghubung : bagian ini merupakan katup regulator yang biasa digunakan pada sistem bahan bakar.

Venturi mixer : bagian ini berfungsi untuk mencampur udara dan LPG

Cyclone : bagian ini untuk menyempurnakan pencampuran udara





Gambar 3.17. (a) Kompur Gas Portabel, (b) Venturi mixer, (c) Katup Penghubung

- Gas LPG kecil (*Hi-Cook*) sebagai bahan bakar gas
 - *Venturi mixer cyclone*
- Peralatan yang digunakan untuk masing-masing jenis pengujian adalah sebagai berikut berikut spesifikasinya:

- Alat uji emisi:

- *Multigas Infra Red Gas Analyzer*

Spesifikasi *Gas Analyzer*

Merek : *Tecnotest*

Model : 488

Jenis : *Multigas Tester* dengan infra merah

Negara pembuat : Italia

Tahun produksi : 1997

Jangkauan pengukuran

- CO : 0 – 9,99 % Vol res 0,01

- CO₂ : 0 – 19,99 % Vol res 0,1

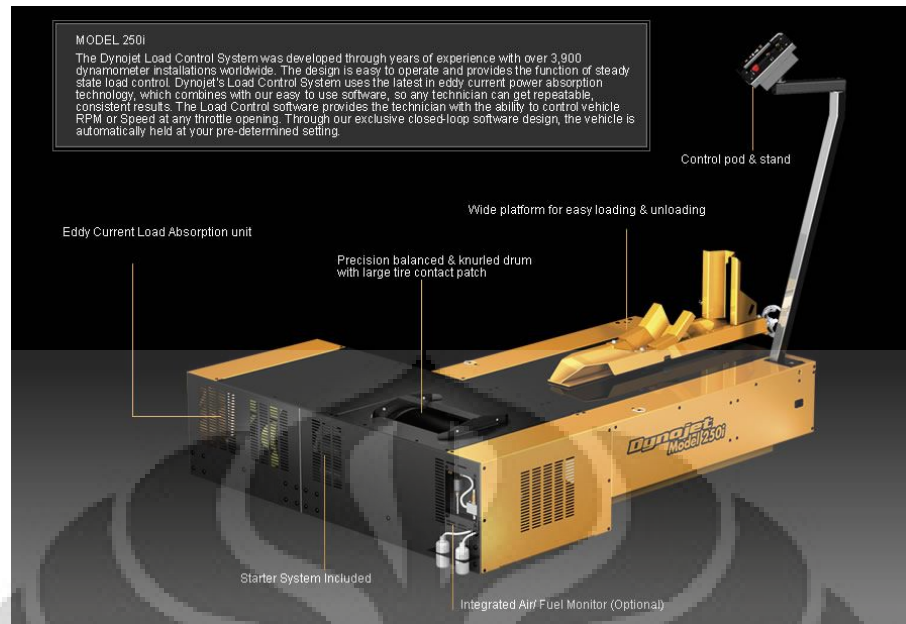
- HC	: 0 – 9999	ppm vol res 1
- O ₂	: 0 – 4	% Vol res 0,01
	: 4 – 25,0	% Vol res 0,1
- NO _x	: 0 – 2000	ppm Vol res 5
- Lambda	: 0,500 – 2,000	res 0,001
- Temp. operasi	: 5 – 40 °C	
Hisapan gas yang dites	: 8 L/menit	
Waktu respons	: < 10 detik (untuk panjang probe 3 m)	
Dimensi	: 400 x 180 x 420 mm	
Berat	: 13,5 kg	
Waktu pemanasan	: maksimal 15 menit	
Sumber tegangan	: 110/220/240 V, 50/60 Hz	
Tes kebocoran dan kalibrasi otomatis.		
Kontrol aliran internal dan kalibrasi secara otomatis.		

Prinsip Kerja *Infra Red Gas Analyzer*

Gas Analyzer akan menganalisis kandungan gas buang dan menghitung campuran udara-bahan bakar (*lambda*). Gas buang diukur dengan memasukkan probe ke dalam gas buang kendaraan. Gas buang yang dianalisis telah dipisahkan dari kandungan airnya melalui saringan kondensasi yang lalu diteruskan ke sel pengukuran.

Pemancar akan menghasilkan sinar infra merah yang dikirim melalui filter optis ke penerima sinar infra merah untuk menganalisis kandungan gas buang berupa CO, HC, CO₂, yang lalu diteruskan ke *amplifier* dan selanjutnya ditampilkan di *display*. Gas yang terdapat pada sel ukur akan menyerap sinar infra merah dengan panjang gelombang yang berbeda tergantung dari masing-masing konsentrasi gas. Gas H₂, N₂, dan O₂ (memiliki nomor atom yang sama) akan membentuk komposisi molekul dan tidak menyerap sinar infra merah. Sehingga pengukuran ketiga komponen tersebut melalui sensor kimia.

- Alat uji konsumsi bahan bakar
 - Timbangan digital merk AND tipe EK-300i
 - Gelas ukur dengan ukuran maksimum 1000 ml dan ketelitian 10 ml
 - Gelas ukur dengan ukuran maksimum 250 ml dan ketelitian 10 ml
- Alat uji percepatan
 - *Stopwatch*
 - Speedometer, and tachometer
- Alat uji torsi:
 - Dinamometer Dynojet
 - Merk : Dynojet
 - Model : 250 i
 - Spesifikasi
 - - *Max. Power* : 750HP
 - - *Max. Torque* : 750 ft lb
 - - *Max. Speed* : 200 mph
 - - *Wheel Base Max.* : 213.4 cm



Gambar 3.18. Dynojet model 250i

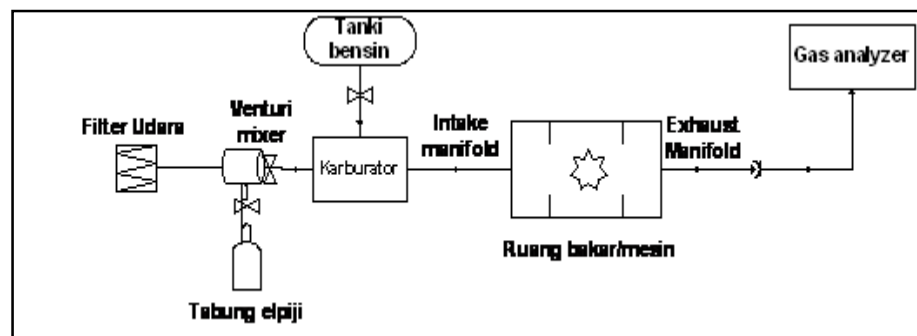
Perhitungan-perhitungan yang dapat dihasilkan antara lain

1. Tenaga yang dihasilkan
2. *Tractive Effort*
3. Torsi mesin
4. *Air Fuel Ratio* atau *lambda*
5. Kecepatan roda
6. Kecepatan putaran mesin
7. Temperatur udara masuk
8. *Odometer*

Jenis kendaraan yang dapat di diagnosa oleh dinamometer *dynodynamics*

1. Sepeda motor (roda dua)

Kemudian seluruh peralatan uji tersebut dirangkai seperti yang tergambar dalam skema berikut ini:



Gambar 3.19. Skema Pencampuran Bahan Bakar

Perlu diketahui, data-data prestasi mesin yang diperoleh dari eksperimen dengan alat uji di atas pada penelitian ini merupakan data-data terukur karena tidak mewakili nilai sebenarnya dari suatu parameter yang diukur sehingga analisis hasil pengolahan data dilakukan dengan membandingkannya dalam bentuk persen untuk tiap perubahan variabel gas elpiji.

3.6 Pemeriksaan Dan Kalibrasi Alat

Kegiatan persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pengujian dimaksudkan untuk memperoleh data terukur yang lebih akurat dan presisi. Persiapan-persiapan tersebut mencakup beberapa pemeriksaan dan pemanasan alat uji seperti:

- Pemeriksaan kondisi motor secara umum dan pemeriksaan sambungan-sambungan pada sistem penambahan elpiji.
- Menempatkan sepeda motor diatas sasis *dyno test*, kemudian mengikatnya menggunakan *strap* yang kuat agar posisi ban belakang dari sepeda motor tepat diatas bantalan *roller*.



Gambar 3.20. Pengikatan motor dan penempatan diatas roller

- Melakukan kalibrasi antara rasio gigi terhadap kecepatannya, dalam hal ini percobaan dilakukan menggunakan persneling gigi 3 dengan pertimbangan agar kerja kopling motor tidak terlalu berat. Perlu diketahui bahwa posisi gigi 3 ataupun gigi yang lainnya sama-sama menghasilkan *output* yang sama.
- Pemeriksaan *filter*, *probe*, sambungan selang, dan sambungan listrik *gas analyzer*.



Gambar 3.21. gas analyzer

- Pemanasan mesin hingga dicapai kondisi operasi dan putaran idle selama kurang lebih lima menit.
- Pemanasan *gas analyzer* maksimal selama 15 menit.

Prosedur Menghidupkan *Gas Analyzer*

1. Menghubungkan kabel utama *Gas Analyzer* ke sumber listrik.
2. Menekan tombol '**ON/OFF**' di bagian belakang untuk menyalakan *gas analyzer*.
3. Setelah alat menyala, pada display kiri atas muncul kode '**01**' yang berarti proses pemanasan alat yang berlangsung maksimal 15 menit.
4. Selanjutnya, pada display akan muncul kode '**21**' yang berarti sedang berlangsung proses kalibrasi otomatis selama ± 2 menit.
5. Setelah proses kalibrasi selesai, alat akan mengukur kandungan O₂ di udara bebas (sekitar 21 % vol), kemudian menekan tombol '**pump**' untuk menampilkan kode '**03**' yang berarti *gas analyzer* berada dalam kondisi *stand by* dan siap untuk digunakan.

Prosedur Pengoperasian *Gas Analyzer*

1. Memasang kabel pengukur kecepatan putaran mesin pada kabel busi dengan memperhatikan arah tanda panah.
2. Memasukkan *probe* ke dalam knalpot lalu menekan tombol '**pump**' dan alat segera akan melakukan pengukuran.
3. Menunggu hingga seluruh komponen gas buang sudah tampil dan menunjukkan nilai yang stabil, lalu menekan tombol '**print**' untuk mencetak hasil pengukuran.
4. Mengeluarkan *probe* dari knalpot.
5. Menekan tombol '**pump**' setelah proses mencetak selesai agar alat kembali kepada posisi *stand by*.
6. Hal-hal yang perlu diperhatikan:
 - Bila pada alat muncul kode '**71**' (*vacuum too low*) atau '**72**' (*vacuum too high*) berarti aliran gas dari knalpot yang masuk ke dalam alat mengalami penyumbatan yang kemungkinan disebabkan selang terjepit, tertekuk, atau terjadi kebocoran. Hal ini dapat diatasi dengan memeriksa kondisi alat dan menyempatkan aliran udara kompresor pada selang dan probe.

- Kode '81' (*voltage too high*) dan kode '82' (*voltage too low*) akan muncul bila tegangan listrik terlalu tinggi / rendah.
- Kode '92' (*span O₂ factor*) akan muncul bila sensor oksigen terlepas atau masa pakai sudah habis dan perlu diganti (1-2 tahun).
- Kode '00' akan muncul jika alat perlu diset ulang dengan mematikan alat selama 10 detik lalu dihidupkan kembali.
- Kode '61' berarti alat sedang melakukan tes kebocoran. Apabila setelah itu muncul kode '65', maka alat mengalami kebocoran.

Prosedur Mematikan *Gas Analyzer*

1. Memastikan alat berada pada kondisi *stand by* (pada *display* muncul kode '03') dan kemudian alat dimatikan dengan menekan tombol '*ON/OFF*'.
2. Melepaskan kabel utama dari sumber listrik.
3. Membersihkan embun pada selang dan filter pemisah kondensasi serta sisa karbon pada *probe* dengan menyemprotkan aliran udara kompresor agar tidak mampat saat digunakan lagi.

3.7 Pelaksanaan Pengujian

Dalam proses pengujian motor dengan penambahan LPG ini, diperlukan data-data yang digunakan untuk proses penganalisisan hasil pengujian. Data-data tersebut antara lain adalah laju aliran massa LPG, konsumsi bahan bakar, daya dan torsi mesin, gas buang, serta akselerasi. Kesemuanya diambil dengan memvariasikan bukaan katup regulator kompor LPG dan jumlah lubang pada *venturi mixer*.

3.7.1 Pengujian Kadar Emisi/ Gas Buang

Untuk pencatatan data gas buang, pengambilan data ini dilakukan tanpa dan dengan penambahan LPG pada ketiga variasi bukaan katup, putaran mesin yang diuji mulai dari rpm 3000 sampai dengan 8000 pada kenaikan tiap 1000 rpm. *Probe* dimasukkan kedalam knalpot dan ketika putaran mesin yang dipilih telah stabil maka data emisi di catat ketika beberapa gas telah menunjukkan % *vol* dan

ppm yang stabil. Pada proses pengambilan data ini putaran *gearbox* diposisikan pada persneling gigi 1 dengan perbandingan rasio 222,2 : 1.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian ini adalah Pemasangan *probe* ke dalam knalpot paling sedikit sedalam 20 cm. Pengambilan data dengan mengisi tabel pada lembar pengambilan data.

3.7.2 Pengujian Percepatan Sepeda Motor

Pengujian percepatan sepeda motor dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk setiap titik pengujian, yaitu 50 m, 100 m, dan 200 m.

Pengujian dilakukan dengan mengambil 2 sampel untuk setiap variasi *venturi mixer* dan variasi bukaan katup gas. Pengujian ini merujuk pada SNI 09-1400-1995 tentang Cara uji percepatan sepeda motor roda dua:

Ruang Lingkup

Standar ini meliputi kondisi uji, alat uji dan cara uji percepatan untuk sepeda motor roda dua

Kondisi Uji

Pengujian ini harus dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

- Berat pengendara 55 ± 5 kg
- Kecepatan angin < 3 m/detik
- Kondisi sepeda motor harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan sebelum dilakukan pengukuran, sepeda motor harus sudah beroperasi pada suhu normalnya.
- Tempat uji meliputi jalan lurus, rata, datar dan dikeraskan.

Alat Uji

Alat uji percepatan sepeda motor roda dua meliputi:

- Alat pengukur jarak

- Alat pencatat waktu otomatis/manual dengan ketelitian minimal 1/100 detik

Cara Uji

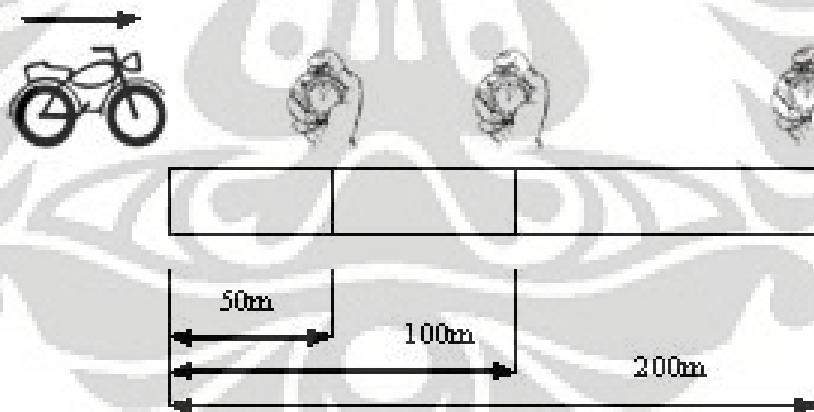
Uji percepatan, dengan kecepatan awal = 0 km/jam

Pengujian ini dilakukan dari sepeda motor dalam keadaan berhenti ($v = 0$ km/jam), kemudian dijalankan dengan kecepatan penuh, mulai dari gigi yang paling kecil hingga gigi tertentu, untuk menghasilkan percepatan sesegera mungkin dan kecepatan paling optimal sampai titik akhir percepatan.

Pencatatan waktu tempuh dapat dilakukan pada jarak 50 m, 100 m, hingga 200 m dari titik awal 0.

Data hasil uji dicatat pada tabel uji

Data-data hasil dari pengujian dituliskan ke dalam tabel uji.



Gambar 3.22. Skema Pengujian Percepatan

Hasil dari pengujian ini adalah waktu tempuh yang dibutuhkan sepeda motor untuk mencapai setiap titik pengukuran. Dengan pengujian ini dapat diketahui percepatan sepeda motor untuk setiap titik pengujian (50 m, 100 m, dan 200 m).

3.7.3 Pengujian Torsi dengan Dynamometer

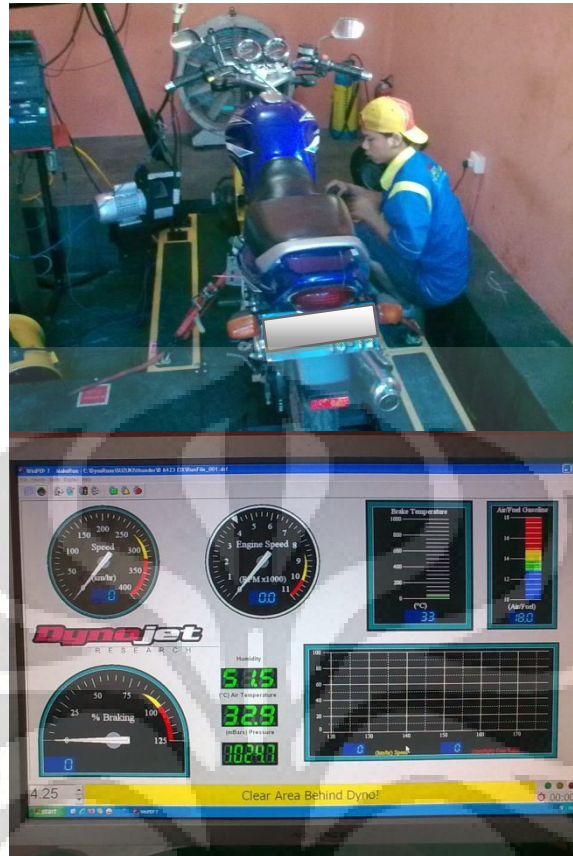
1. Seluruh pengambilan data dilakukan diatas mesin *dyno test* dimana terlebih dahulu kita harus memposisikan sepeda motor tepat diatas bantalan *roller* yang telah ditentukan. Pengambilan data ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pada saat motor dalam keadaan standar, tanpa tambahan LPG dan pada saat dilakukan penambahan LPG. Hasil dari pengambilan data ini adalah :

- a. Putaran mesin (RPM), range yang diuji adalah 3000 sampai dengan 10000 rpm
- b. Rasio antara 3rd gear dengan kecepatan kita dapatkan 139,16 : 1
- c. Nilai *lambda* (λ)

Dari pengujian tersebut di atas akan didapat data-data daya mesin, torsi, dan AFR.

2. Pengambilan data tahap pertama dimulai dengan pengetesan motor tanpa tambahan LPG, range RPM yang diuji adalah 3000 sampai dengan 10000. Pengambilan data ini dilakukan sebanyak tiga kali dengan kondisi yang sama untuk mendapatkan data yang valid dan kemudian diambil data yang paling akurat.

3. Sedangkan tahap kedua dilakukan pengetesan dengan melakukan penambahan LPG pada motor. Pada tahap yang kedua ini dilakukan tiga variasi bukaan katup regulator kompor yakni pada bukaan 270⁰ dan 360⁰. Pada masing variasi bukaan katup, data diambil juga data sebanyak tiga kali.



Gambar 3.23. Proses Pengambilan Data Dengan Dynamometer

3.7.4. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur sesuai standar yang ada. Prosedur pengambilan data ini merujuk dari SNI 09-4405-1997 untuk uji unjuk kerja jalan dan SNI 09-1400-1995 untuk uji percepatan. Data yang diperoleh merupakan data konsumsi bahan bakar dan percepatan sepeda motor. Selain itu, konsumsi LPG juga diukur.

Pengambilan data dilakukan di lingkungan kampus Universitas Indonesia Depok dengan melakukan pengujian jalan terhadap sepeda motor yang diuji. Pengambilan data dilakukan dengan variasi *venturi mixer* dan bukaan katup gas.

Hasil pengambilan data pada penelitian ini merupakan data terukur. Hal ini disebabkan karena data-data ini tidak mewakili nilai sebenarnya dari suatu parameter yang diukur. Dengan demikian, analisis yang dilakukan terhadap data-

data tersebut berdasarkan nilai persentase pengaruh yang dihasilkan untuk setiap variasi *venturi mixer*.

Sebelum dilakukan pengujian, beberapa persiapan perlu dilakukan supaya data yang diperoleh lebih terukur, lebih akurat dan presisi. Persiapan-persiapan tersebut mencakup beberapa pemeriksaan dan pemanasan alat uji seperti :

1. Pemeriksaan kondisi motor secara umum dan pemeriksaan sambungan-sambungan pada sistem penambahan LPG dan saluran bahan bakar.
2. Pemanasan mesin hingga dicapai kondisi operasi dan putaran *idle* selama lebih kurang lima menit.
3. Pengukuran temperatur lingkungan, temperatur oli dan temperatur busi. Pencatatan ini dilakukan setiap sebelum dan sesudah satu set putaran.
4. Pengukuran massa gas LPG. Pencatatan ini dilakukan setiap sebelum dan sesudah satu set putaran.



Gambar 3.24. Pengukuran Massa Gas

Prosedur pengambilan data konsumsi bahan bakar pada penelitian ini merujuk pada SNI 09-4405-1997 tentang Cara uji unjuk kerja jalan sepeda motor:

Ruang Lingkup

Standar ini meliputi kondisi uji, alat uji dan cara uji untuk kerja jalan untuk sepeda motor

Kondisi Uji

Pengujian ini harus dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

1. Berat pengendara 55 ± 5 kg
2. Kondisi sepeda motor harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan sebelum dilakukan pengukuran, sepeda motor harus sudah beroperasi pada suhu normalnya.
3. Tempat uji meliputi jalan datar, tanjakan landai, tanjakan tinggi, tikungan, jalan beton, jalan berbatu dan sebagainya.

Alat Uji

Alat uji unjuk kerja jalan sepeda motor meliputi:

1. Perlengkapan pengukuran konsumsi bahan bakar
2. Alat pencatat waktu otomatis/manual dengan ketelitian minimal 1/100 sekon.
3. Alat pengukur jarak
4. Alat pengukur suhu

Cara Uji

1. Untuk uji unjuk kerja jalan sepeda motor, jarak yang ditempuh 100 km meliputi jalan datar, tanjakan landai, tanjakan tinggi, tikungan, jalan beton, jalan berbatu dan sebagainya.
2. Pengukuran dilakukan pada setiap kondisi jalan dan pada total kondisi jalan.
3. Pada awal pengujian dan pada setiap perhentian harus diukur dan dicatat mengenai waktu, jarak, konsumsi bahan bakar, suhu besi, suhu minyak pelumas mesin dan transmisi, kondisi jalan dan suhu udara sekitar serta cuaca.

4. Pada saat pengujian, harus diperhatikan terutama pada mesin, kopling, pergantian gigi, pengereman, kemampuan pengendalian, stabilitas kendaraan, percepatan, kenyamanan berkendara dan kondisi jalan.
5. Hasil harus diperhatikan dan dicatat adanya perubahan dari komponen sepeda motor setelah pengujian.
6. Hasil uji harus dimasukkan dalam tabel uji.

Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali pemberhentian untuk setiap variasi *venturi mixer* dan variasi bukaan katup dengan jarak total minimum 100 km. Pada pengujian ini, jarak tempuh setiap pemberhentian adalah 21,3 km dengan jarak total 106,5 km.

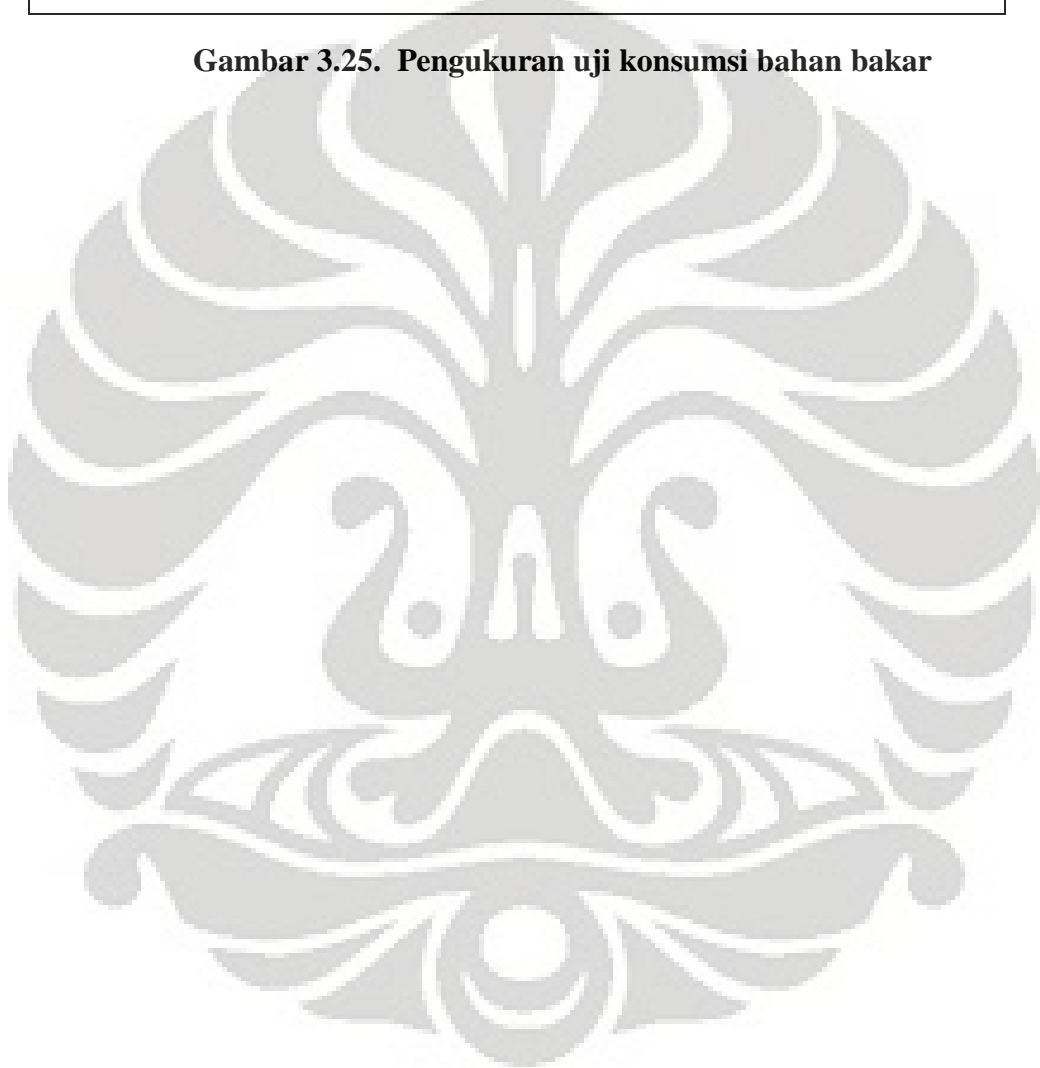
Pengujian dilakukan dengan kondisi dimana katup gas mulai membuka pada putaran mesin 4000 rpm dengan kecepatan rata-rata 40 km/jam. Katup gas akan semakin terbuka jika putaran mesin semakin besar sehingga penambahan gas LPG bergantung pada putaran mesin. Semakin besar putaran mesin, semakin besar penambahan gas LPG.

Bukaan katup gas LPG divariasikan sebanyak dua macam bukaan katup, yaitu bukaan 270° dan 360°. Metode pengukuran konsumsi bahan bakar minyak dalam setiap pemberhentian adalah dengan mengisi penuh reservoir uji bahan bakar sebelum pengujian, melakukan pengujian, kemudian mengisi kembali tangki bahan bakar dengan gelas ukur dan melihat konsumsi bahan bakar minyak untuk dimasukkan sebagai data. Untuk mengukur konsumsi gas LPG digunakan timbangan digital dengan mengurangi hasil pengukuran berat gas LPG sebelum pengujian dan setelah pengujian dilakukan.

Hasil dari pengujian yang dilakukan adalah data konsumsi bahan bakar minyak, konsumsi gas, jarak tempuh dan waktu tempuh untuk setiap set putaran. Data-data yang diambil merupakan data untuk setiap variasi *venturi mixer* dan variasi bukaan katup gas.



Gambar 3.25. Pengukuran uji konsumsi bahan bakar



BAB 4

PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA

Peninjauan prestasi mesin pada mesin motor bakar 4-Tak yang mengalami penambahan bahan bakar berupa gas LPG perlu dilakukan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan sistem tersebut pada mesin pengujian. Penambahan gas LPG ini pada awalnya bertujuan untuk mempercepat akselerasi, mengurangi kadar emisi gas buang dan mengurangi penggunaan bahan bakar bensin.

4.1 Perhitungan Konsumsi LPG

Percobaan untuk mengetahui laju aliran massa LPG dilakukan dengan memasang instalasi sistem penginjeksian LPG pada motor uji. Dengan alat bantu berupa timbangan digital merek AND tipe EK-300i dan stopwatch, data laju aliran gas diambil dengan menggunakan uji unjuk kerja jalan dengan variasi bukaan katup regulator kompor sebesar 270° dan 360°. LPG yang digunakan terdiri dari Propana (4,58%), Butana (83,14%) dan gas lain (12,28%) yang diasumsikan sebagai Etana (10,6%) dan Pentana (78,16%). Massa jenis LPG yang digunakan sebesar:

$$\begin{aligned}\rho_{LPG} &= (10,6\% \cdot \rho_{\text{Propana}}) + (78,16\% \cdot \rho_{\text{Butana}}) + (6,12\% \cdot \rho_{\text{Etana}}) + (6,12\% \cdot \rho_{\text{Pentana}}) \\ \rho_{LPG} &= (0.106 \cdot 585) + (0.7816 \cdot 601) + (0.0612 \cdot 572) + (0.0612 \cdot 626) \\ \rho_{LPG} &= 605.0692 \text{ gr/L}\end{aligned}$$

Tabel 4.1. Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 15°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	laju aliran (gr/s)
0 - 21.3	1984	0.15	0.007042254	7.5605E-05
21.3 - 42.6	2290	0.04	0.001877934	1.7467E-05
42.6 - 63.9	2047	0.96	0.045070423	0.00046898
63.9 - 85.2	2189	0.03	0.001408451	1.3705E-05
85.2 - 106.5	1975	0.53	0.024882629	0.00026835
TOTAL	10485	1.71	0.08028169	0.00084411
RATA-RATA	2097	0.342	0.016056338	0.00016882

Tabel 4.2. Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 15°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	laju aliran (gr/s)
0 - 21.3	2034	0.4	0.018779343	0.0001967
21.3 - 42.6	1903	0.36	0.016901408	0.0001892
42.6 - 63.9	1973	0.87	0.04084507	0.000441
63.9 - 85.2	2061	2.14	0.100469484	0.0010383
85.2 - 106.5	2246	1.81	0.084976526	0.0008059
TOTAL	10217	5.58	0.261971831	0.002671
RATA-RATA	2043.4	1.116	0.052394366	0.0005342

Tabel 4.3. Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 30°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	laju aliran (gr/s)
0 - 21.3	1848	0.03	0.001408451	1.623E-05
21.3 - 42.6	1889	0.95	0.044600939	0.0005029
42.6 - 63.9	2183	0.7	0.03286385	0.0003207
63.9 - 85.2	2350	0.45	0.021126761	0.0001915
85.2 - 106.5	2355	0.8	0.037558685	0.0003397
TOTAL	10625	2.93	0.137558685	0.001371
RATA-RATA	2125	0.586	0.027511737	0.0002742

Tabel 4.4. Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 30°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	laju aliran (gr/s)
0 - 21.3	2049	3.33	0.156338028	0.00162518
21.3 - 42.6	2281	3.75	0.176056338	0.00164402
42.6 - 63.9	2113	3.96	0.185915493	0.00187411
63.9 - 85.2	1970	1.93	0.090610329	0.0009797
85.2 - 106.5	2291	4.79	0.224882629	0.00209079
TOTAL	10704	17.76	0.833802817	0.0082138
RATA-RATA	2140.8	3.552	0.166760563	0.00164276

Tabel 4.5. Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 45°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	laju aliran (gr/s)
0 - 21.3	2174	0.87	0.04084507	0.00040018
21.3 - 42.6	2072	1.92	0.090140845	0.00092664
42.6 - 63.9	2306	1.03	0.048356808	0.00044666
63.9 - 85.2	2211	0.86	0.040375587	0.00038896
85.2 - 106.5	2097	0.21	0.009859155	0.00010014
TOTAL	10860	4.89	0.229577465	0.00226259
RATA-RATA	2172	0.978	0.045915493	0.00045252

Tabel 4.6. Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 45°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	laju aliran (gr/s)
0 - 21.3	1967	5.77	0.270892019	0.0029334
21.3 - 42.6	2116	4.12	0.19342723	0.0019471
42.6 - 63.9	1864	5.92	0.277934272	0.003176
63.9 - 85.2	1939	3.12	0.146478873	0.0016091
85.2 - 106.5	2093	6.67	0.31314554	0.0031868
TOTAL	9979	25.6	1.201877934	0.0128523
RATA-RATA	1995.8	5.12	0.240375587	0.0025705

4.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Proses pengambilan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan uji unjuk kerja jalan sepeda motor. Data diambil pada kondisi motor tanpa

penambahan LPG dan dengan penambahan LPG pada dua variasi bukaan katup, 270^o dan 360^o. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7. Konsumsi Bahan Bakar Tanpa Campuran LPG

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	2209	410	0.019248826	0.0001856
21.3 - 42.6	2061	430	0.020187793	0.00020864
42.6 - 63.9	2234	410	0.019248826	0.00018353
63.9 - 85.2	2006	440	0.020657277	0.00021934
85.2 - 106.5	2105	420	0.01971831	0.00019952
TOTAL	10615	2110	0.099061033	0.00099664
RATA-RATA	2123	422	0.019812207	0.00019933

Tabel 4.8. Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahan LPG Dengan Bukaan Katup 270^o Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 15^o

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	1984	360	0.016901408	0.00018145
21.3 - 42.6	2290	350	0.016431925	0.00015284
42.6 - 63.9	2047	370	0.017370892	0.00018075
63.9 - 85.2	2189	380	0.017840376	0.0001736
85.2 - 106.5	1975	380	0.017840376	0.00019241
TOTAL	10485	1840	0.086384977	0.00088104
RATA-RATA	2097	368	0.017276995	0.00017621

Tabel 4.9. Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambah LPG Dengan Buka Katup 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 15°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	2034	370	0.017370892	0.0001819
21.3 - 42.6	1903	390	0.018309859	0.0002049
42.6 - 63.9	1973	400	0.018779343	0.0002027
63.9 - 85.2	2061	390	0.018309859	0.0001892
85.2 - 106.5	2246	380	0.017840376	0.0001692
TOTAL	10217	1930	0.090610329	0.000948
RATA-RATA	2043.4	386	0.018122066	0.0001896

Tabel 4.1. Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambah LPG Dengan Buka Katup 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 30°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	1848	380	0.017840376	0.0002056
21.3 - 42.6	1889	370	0.017370892	0.0001959
42.6 - 63.9	2183	380	0.017840376	0.0001741
63.9 - 85.2	2350	360	0.016901408	0.0001532
85.2 - 106.5	2355	380	0.017840376	0.0001614
TOTAL	10625	1870	0.087793427	0.0008901
RATA-RATA	2125	374	0.017558685	0.000178

Tabel 4.2. Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahkan LPG Dengan Bukaannya Katup 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 30°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	2049	390	0.018309859	0.00019034
21.3 - 42.6	2281	380	0.017840376	0.00016659
42.6 - 63.9	2113	370	0.017370892	0.00017511
63.9 - 85.2	1970	360	0.016901408	0.00018274
85.2 - 106.5	2291	350	0.016431925	0.00015277
TOTAL	10704	1850	0.08685446	0.00086755
RATA-RATA	2140.8	370	0.017370892	0.00017351

Tabel 4.3. Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahkan LPG Dengan Bukaannya Katup 270° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 45°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	2174	320	0.015023474	0.00014719
21.3 - 42.6	2072	330	0.015492958	0.00015927
42.6 - 63.9	2306	310	0.014553991	0.00013443
63.9 - 85.2	2211	320	0.015023474	0.00014473
85.2 - 106.5	2097	330	0.015492958	0.00015737
TOTAL	10860	1610	0.075586854	0.00074299
RATA-RATA	2172	322	0.015117371	0.0001486

Tabel 4.4. Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambah LPG Dengan Bukaan Katup 360° Untuk Venturi Mixer 12 Lubang Menyilang Dengan Cyclone Sudut pengarah 45°

Jarak tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (ml)	Konsumsi rata-rata (liter/km)	laju aliran (liter/s)
0 - 21.3	1967	380	0.017840376	0.0001932
21.3 - 42.6	2116	390	0.018309859	0.0001843
42.6 - 63.9	1864	400	0.018779343	0.0002146
63.9 - 85.2	1939	380	0.017840376	0.000196
85.2 - 106.5	2093	390	0.018309859	0.0001863
TOTAL	9979	1940	0.091079812	0.0009744
RATA-RATA	1995.8	388	0.018215962	0.0001949

4.3 Perhitungan Laju Aliran Massa Campuran Bahan Bakar

Untuk penghitungan laju aliran massa campuran bahan bakar dan laju aliran massa udara dibutuhkan penghitungan parameter-parameter, berikut contoh perhitungannya:

a) Daya Keluaran / Brake Horse Power (BHP)

$$BHP = \frac{Torsi(ft/lbs) \times rpm}{5252} \quad (hp)$$

Torsi = $F \cdot r$; dengan $F = \text{tractive effort (lb)}$

$r = \text{lengan momen} = 0,75 \text{ ft}$

$$Torsi_{TANPA \text{ LPG}} = 5,9 \cdot 0,75 = 4.425 \text{ ft/lbs}$$

$$Torsi_{270^\circ \text{ cyclone sudu } 45} = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ ft/lbs}$$

$$Torsi_{360^\circ \text{ cyclone sudu } 45} = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ ft/lbs}$$

Akan dihasilkan BHP sebesar:

$$BHP_{TANPA\ LPG} = \frac{4.425 \times 7000}{5252} = 5.5 \text{ hp}$$

$$BHP_{270^\circ \text{ cyclone sudu } 45} = \frac{6 \times 7000}{5252} = 7.99 \text{ hp}$$

$$BHP_{360^\circ \text{ cyclone sudu } 45} = \frac{6 \times 7000}{5252} = 7.99 \text{ hp}$$



Tabel 4.14. BHP Tanpa LPG
tanpa LPG

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
RPM	HP	ft lb	RPM	HP	ft lb
3500	3.13	4.7	7100	6.51	4.45
3600	3.26	4.76	7200	6.9	5.03
3700	3.49	4.95	7300	5.74	4.13
3800	3.61	4.99			
3900	3.79	5.1			
4000	3.92	5.14			
4100	4.04	5.18			
4200	4.25	5.31			
4300	4.43	5.41			
4400	4.6	5.49			
4500	4.73	5.52			
4600	4.86	5.55			
4700	5	5.59			
4800	5.15	5.64			
4900	5.32	5.7			
5000	5.42	5.7			
5100	5.58	5.75			
5200	5.79	5.85			
5300	5.87	5.82			
5400	5.95	5.79			
5500	6.05	5.78			
5600	6.1	5.72			
5700	6.05	5.57			
5800	6.12	5.54			
5900	6.27	5.58			
6000	6.44	5.64			
6100	6.54	5.63			
6200	6.52	5.52			
6300	6.38	5.32			
6400	6.4	5.35			
6500	6.5	5.4			
6600	6.9	5.49			
6700	6.86	5.38			
6800	6.61	5.1			
6900	6.79	5.17			
7000	6.6	4.43			

Tabel 4.15. BHP Penambahan LPG Buka an Katup 270° (Bluff Body 11mm tanpa cyclone, Cyclone sudu 15°, 30°, dan 45°)

Bluff body 11mm

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
	HP	N.m		HP	N.m
3300	3.24	7	6600	7.64	8.24
3400	3.44	7.2	6700	7.6	8.08
3500	3.54	7.2	6800	7.67	8.03
3600	3.66	7.23	6900	7.87	8.12
3700	3.76	7.24	7000	7.85	7.99
3800	3.89	7.28	7100	7.7	7.73
3900	4	7.29	7200	7.91	7.82
4000	4.12	7.33	7300	7.98	7.78
4100	4.29	7.44	7400	7.87	7.58
4200	4.45	7.55	7500	7.76	7.38
4300	4.59	7.61	7600	7.99	7.48
4400	4.73	7.66	7700	8.09	7.48
4500	4.93	7.81	7800	8.01	7.31
4600	5.08	7.86	7900	8.02	7.23
4700	5.24	7.95	8000	7.76	6.91
4800	5.39	8	8100	7.89	6.89
4900	5.55	8.07	8200	7.88	6.83
5000	5.74	8.16	8300	7.88	6.78
5100	5.91	8.24	8400	7.42	6.29
5200	5.98	8.19	8500	7.57	6.35
5300	6.12	8.23	8600	7.28	6.03
5400	6.28	8.28	8700	7.91	6.47
5500	6.37	8.26			
5600	6.51	8.28			
5700	6.65	8.3			
5800	6.67	8.19			
5900	6.79	8.2			
6000	6.9	8.19			
6100	7.01	8.18			
6200	7.06	8.11			
6300	7.13	8.07			
6400	7.28	8.09			
6500	7.49	8.22			

cyclone sudu 15 derajat

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
	HP	N.m		HP	N.m
3400	3.13	6.55	6700	7.66	8.15
3500	3.23	6.56	6800	7.7	8.07
3600	3.35	6.62	6900	7.71	7.96
3700	3.5	6.74	7000	7.89	8.03
3800	3.62	6.78	7100	7.73	7.76
3900	3.72	6.79	7200	7.79	7.71
4000	3.86	6.87	7300	8.16	7.96
4100	4.04	7.02	7400	8.25	7.95
4200	4.21	7.15	7500	8.22	7.81
4300	4.36	7.21	7600	8.23	7.71
4400	4.48	7.24	7700	8.24	7.62
4500	4.6	7.28	7800	8.3	7.58
4600	4.82	7.47	7900	8.28	7.46
4700	5	7.57	8000	8.49	7.57
4800	5.19	7.7	8100	8.36	7.35
4900	5.38	7.81	8200	8.55	7.42
5000	5.54	7.89	8300	8.58	7.36
5100	5.7	7.96	8400	8.5	7.2
5200	5.84	8	8500	8.29	6.94
5300	5.96	8.01	8600	8.52	7.05
5400	6.12	8.07	8700	8.46	6.93
5500	6.21	8.04	8800	8.71	7.05
5600	6.36	8.08	8900	8.51	6.82
5700	6.57	8.22	9000	8.68	6.87
5800	6.69	8.2	9100	8.49	6.64
5900	6.73	8.12	9200	8.59	6.64
6000	6.87	8.16	9300	8.5	6.51
6100	7.05	8.23	9400	8.36	6.33
6200	7.22	8.28	9500	8.51	6.39
6300	7.25	8.19	9600	8.31	6.16
6400	7.38	8.22	9700	8.23	6.05
6500	7.43	8.13	9800	8.31	6.03
6600	7.5	8.09	9900	8.13	5.84

cyclone 30 derajat

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
	HP	N.m		HP	N.m
3200	2.85	6.33	6500	7.3	7.95
3300	3.14	6.77	6600	7.4	7.86
3400	3.31	6.94	6700	7.6	7.86
3500	3.44	7	6800	7.71	8
3600	3.51	6.94	6900	7.72	7.97
3700	3.62	6.97	7000	7.75	7.89
3800	3.73	6.98	7100	7.9	7.92
3900	3.85	7.02	7200	8.03	7.95
4000	3.96	7.05	7300	8.3	8.09
4100	4.1	7.12	7400	8.2	7.89
4200	4.24	7.2	7500	8.31	7.89
4300	4.4	7.28	7600	8.4	7.88
4400	4.6	7.44	7700	8.32	7.69
4500	4.72	7.47	7800	8.5	7.76
4600	4.9	7.58	7900	8.46	7.62
4700	5.07	7.67	8000	8.51	7.58
4800	5.19	7.69	8100	8.3	7.29
4900	5.34	7.76	8200	8.46	7.35
5000	5.54	7.89	8300	8.47	7.27
5100	5.69	7.95	8400	8.61	7.29
5200	5.84	7.99	8500	8.63	7.23
5300	5.94	7.99	8600	8.66	7.17
5400	6.09	8.03	8700	8.67	7.1
5500	6.29	8.13	8800	8.63	6.98
5600	6.36	8.09	8900	8.82	7.04
5700	6.44	8.04	9000	8.74	7.19
5800	6.59	8.09	9100	8.5	6.75
5900	6.61	7.97	9200	8.6	6.68
6000	6.77	8.04	9300	8.53	6.54
6100	6.95	8.11	9400	8.53	6.45
6200	6.89	7.9	9500	8.59	6.44
6300	6.97	7.89	9600	8.24	6.11
6400	7.19	7.99			

cyclone sudu 45 derajat

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
	HP	N.m		HP	N.m
3300	3.27	7.05	6600	7.67	8.27
3400	3.42	7.16	6700	7.72	8.2
3500	3.44	7	6800	7.96	8.32
3600	3.53	6.97	6900	8.05	8.32
3700	3.61	6.96	7000	8.07	8.13
3800	3.73	6.98	7000	8.1	8.09
3900	3.88	7.09	7100	8.2	8.07
4000	4.03	7.19	7200	8.23	8.05
4100	4.18	7.25	7300	8.24	8.04
4200	4.36	7.39	7400	8.25	7.95
4300	4.51	7.47	7500	8.27	7.9
4400	4.66	7.55	7600	8.3	7.86
4500	4.82	7.63	7700	8.32	7.81
4600	5	7.74	7800	8.32	7.82
4700	5.2	7.88	7900	8.35	7.69
4800	5.39	8	8000	8.34	7.63
4900	5.57	8.09	8100	8.36	7.44
5000	5.73	8.16	8200	8.42	7.31
5100	5.87	8.19	8300	8.44	7.21
5200	5.98	8.19	8400	8.47	7.06
5300	6.13	8.23	8500	8.42	6.97
5400	6.35	8.37	8600	8.5	6.96
5500	6.46	8.37	8700	8.78	7.1
5600	6.47	8.23	8800	8.65	6.93
5700	6.6	8.23	8900	8.58	6.79
5800	6.72	8.28	9000	8.61	6.74
5900	6.99	8.42	9100	8.67	6.71
6000	7	8.54	9200	8.48	6.49
6100	7.17	8.77			
6200	7.3	8.34			
6300	7.37	8.32			
6400	7.58	8.43			
6500	7.61	8.32			

Tabel 4.16. BHP Penambahan LPG Buka-an Katup 360° (Bluff Body 11mm tanpa cyclone, Cyclone sudu 15°, 30°, dan 45°)

bluff body 11mm

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
RPM	HP	ft lb	RPM	HP	ft lb
3200	2.34	3.84	6600	7.54	6
3300	2.93	4.67	6700	7.72	6.05
3400	3.22	4.98	6800	7.78	6.01
3500	3.48	5.22	6900	7.88	6
3600	3.64	5.31	7000	7.81	5.86
3700	3.8	5.39	7100	7.58	5.6
3800	3.92	5.42	7200	7.74	5.65
3900	4.01	5.4	7300	7.76	5.58
4000	4.17	5.47	7400	7.71	5.47
4100	4.28	5.49	7500	7.99	5.59
4200	4.42	5.52	7600	7.92	5.47
4300	4.56	5.57	7700	8.05	5.49
4400	4.74	5.65	7800	7.61	5.13
4500	4.84	5.65	7900	7.99	5.31
4600	4.91	5.6	8000	7.72	5.07
4700	5.05	5.64	8100	7.75	5.02
4800	5.25	5.74	8200	7.64	4.89
4900	5.51	5.91	8300	7.94	5.03
5000	5.71	6	8400	7.85	4.91
5100	5.83	6	8500	6.57	4.06
5200	6	6.06	8600	7.54	4.6
5300	6.22	6.16	8700	7.72	4.66
5400	6.32	6.15	8800	7.05	4.21
5500	6.41	6.12	8900	7.41	4.37
5600	6.55	6.15	9000	7.2	4.2
5700	6.67	6.15	9100	7.72	4.46
5800	6.73	6.09	9200	7.22	4.12
5900	6.78	6.03			
6000	6.87	6.01			
6100	7.01	6.04			
6200	6.96	5.89			
6300	7.18	5.99			
6400	7.46	6.12			
6500	7.49	6.05			

cyclone sudu 15

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
RPM	HP	ft lb	RPM	HP	ft lb
3200	3.1	5.09	6600	7.76	6.17
3300	3.21	5.11	6700	7.8	6.11
3400	3.32	5.13	6800	7.94	6.15
3500	3.43	5.15	6900	7.99	6.04
3600	3.53	5.15	7000	8	6.15
3700	3.68	5.22	7100	8.09	6.26
3800	3.8	5.25	7200	8.14	5.93
3900	3.93	5.29	7300	8.26	5.93
4000	4.08	5.35	7400	8.46	6.01
4100	4.21	5.39	7500	8.28	5.8
4200	4.36	5.45	7600	8.47	5.85
4300	4.52	5.52	7700	8.55	5.83
4400	4.7	5.62	7800	8.43	5.68
4500	4.85	5.66	7900	8.45	5.62
4600	5.01	5.72	8000	8.54	5.6
4700	5.17	5.77	8100	8.52	5.52
4800	5.3	5.8	8200	8.44	5.41
4900	5.5	5.9	8300	8.62	5.45
5000	5.72	6.01	8400	8.58	5.36
5100	5.86	6.04	8500	8.7	5.38
5200	6	6.06	8600	8.49	5.2
5300	6.1	6.04	8700	8.72	5.25
5400	6.21	6.04	8800	8.7	5.1
5500	6.45	6.16	8900	8.69	5.09
5600	6.58	6.17	9000	8.71	5.09
5700	6.68	6.16	9100	8.69	5.02
5800	6.83	6.18	9200	8.55	4.89
5900	6.97	6.2	9300	8.59	4.85
6000	7	6.13	9400	8.58	4.79
6100	7.13	6.14	9500	8.43	4.66
6200	7.18	6.09	9600	8.26	4.51
6300	7.26	6.06			
6400	7.34	6.02			
6500	7.66	6.19			

cyclone sudu 30

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
RPM	HP	ft lb	RPM	HP	ft lb
3300	3.01	4.78	6700	6.82	5.34
3400	3.21	4.96	6800	6.68	5.16
3500	3.35	5.02	6900	6.72	5.11
3600	3.47	5.06	7000	6.98	5.24
3700	3.59	5.09	7100	6.85	5.07
3800	3.71	5.13	7200	6.71	4.89
3900	3.91	5.27	7300	6.79	4.85
4000	4.04	5.31	7400	6.77	4.8
4100	4.15	5.31	7500	6.72	4.73
4200	4.25	5.32	7600	6.88	4.77
4300	4.44	5.42	7700	6.6	4.51
4400	4.6	5.49	7800	6.84	4.61
4500	4.73	5.52	7900	6.91	4.59
4600	4.83	5.52	8000	7.27	4.77
4700	4.94	5.52	8100	7.58	4.91
4800	5.1	5.58	8200	8.13	5.21
4900	5.24	5.62	8300	8.36	5.29
5000	5.38	5.65	8400	8.64	5.4
5100	5.55	5.72			
5200	5.66	5.72			
5300	5.76	5.71			
5400	5.85	5.69			
5500	5.99	5.72			
5600	6.15	5.77			
5700	6.19	5.71			
5800	6.26	5.67			
5900	6.36	5.66			
6000	6.36	5.57			
6100	6.47	5.57			
6200	6.55	5.55			
6300	6.59	5.5			
6400	6.68	5.48			
6500	6.75	5.45			
6600	6.7	5.33			

cyclone sudu 45

RPM	Power	Torsi	RPM	Power	Torsi
RPM	HP	ft lb	RPM	HP	ft lb
3300	3.48	5.54	6700	7.82	6.12
3400	3.38	5.22	6800	7.89	6.08
3500	3.41	5.12	6900	8	6.05
3600	3.5	5.1	7000	8	6
3700	3.62	5.13	7100	8	5.95
3800	3.75	5.19	7200	7.89	5.77
3900	3.9	5.25	7300	8.19	5.89
4000	4.05	5.32	7400	8.33	5.91
4100	4.17	5.34	7500	8.2	5.74
4200	4.32	5.4	7600	8.27	5.72
4300	4.49	5.48	7700	8.34	5.69
4400	4.66	5.56	7800	8.36	5.63
4500	4.81	5.62	7900	8.27	5.5
4600	4.99	5.7	8000	8.5	5.58
4700	5.16	5.76	8100	8.52	5.52
4800	5.31	5.81	8200	8.54	5.47
4900	5.47	5.86	8300	8.6	5.44
5000	5.67	5.96	8400	8.15	5.1
5100	5.84	6.01	8500	8.43	5.21
5200	5.94	6	8600	8.35	5.1
5300	6.1	6.04	8700	8.82	5.33
5400	6.28	6.11	8800	8.73	5.21
5500	6.44	6.15	8900	8.63	5.09
5600	6.52	6.11	9000	8.74	5.1
5700	6.65	6.13	9100	8.5	4.91
5800	6.8	6.16	9200	8.72	4.98
5900	6.87	6.12	9300	8.22	4.64
6000	6.97	6.1			
6100	7.08	6.1			
6200	7.31	6.19			
6300	7.42	6.19			
6400	7.39	6.06			
6500	7.56	6.11			
6600	7.58	6.04			

b) **Pertamax**

Laju aliran bahan bakar ($\dot{m}_{f_{ben\ sin}}$)

$$\dot{m}_{f_{ben\ sin}} = \frac{L}{s} \times 3600 \quad (\text{L/h})$$

sehingga

$$\dot{m}_{f_{ben\ sin\ TANPA\ LPG}} = 0.00020 \times 3600 = 0.717 \text{ L/h}$$

$$\dot{m}_{f_{ben\ sin\ 270\ cyclone\ sudu\ 15}} = 0.00018 \times 3600 = 0.634 \text{ L/h}$$

$$\dot{m}_{f_{ben\ sin\ 360\ cyclone\ sudu\ 15}} = 0.00019 \times 3600 = 0.683 \text{ L/h}$$

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik / Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)

$$BSFC = \frac{\dot{m}_{f_{ben\ sin}}}{BHP} \times \rho_f \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana $\rho_{f_{ben\ sin}} = \text{massa jenis bensin} = 742.5 \text{ gr/L}$

sehingga :

$$BSFC_{TANPA\ LPG} = \frac{0.717}{6.6} \times 742.5 = 80.73 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{270\ cyclone\ sudu\ 15} = \frac{0.634}{7.89} \times 742.5 = 59.7 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{360\ cyclone\ sudu\ 15} = \frac{0.683}{8} \times 742.5 = 63.3 \text{ gr/hp.h}$$

c) **Liquid Petroleum Gas (LPG)**

$$\dot{m}_{f_{gas}} = \frac{FC \cdot 3600}{\rho_{LPG}} \quad (\text{L/h})$$

sehingga didapat nilai FC LPG sebesar:

$$\dot{m}_{f_{gas}}^{270^\circ \text{ cyclone sudu } 15} = \frac{0.0000168 \times 3600}{605.0692} = 0.001 \text{ L/h}$$

$$\dot{m}_{f_{gas}}^{360^\circ \text{ cyclone sudu } 15} = \frac{0.000534 \times 3600}{605.0692} = 0.00318 \text{ L/h}$$

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{\dot{m}_{f_{gas}}}{BHP} \times \rho_{f_{gas}} \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana ρ_f = massa jenis LPG = 605.0692 gr/L

sehingga :

$$BSFC_{LPG 270^\circ \text{ cyclone sudu } 15} = \frac{0.001}{7.89} \times 605.0692 = 0.077 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{LPG 360^\circ \text{ cyclone sudu } 15} = \frac{0.00318}{8} \times 605.0692 = 0.24 \text{ gr/hp.h}$$

Laju aliran massa yang masuk kedalam ruang bakar merupakan penjumlahan dari laju aliran massa bahan bakar dan laju aliran udara.

• **Laju aliran massa campuran bahan bakar**

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_{f_{ben \text{ sin}}} \times \rho_{ben \text{ sin}}}{3600 \times 1000} + \frac{\dot{m}_{f_{LPG}} \times \rho_{LPG}}{3600 \times 1000}$$

$$\dot{m}_f^{\circ} \text{ TANPA LPG} = \frac{0.718 \times 742.5}{3600 \times 1000} = 0.000148 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_f^{\circ} \text{ LPG 270}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15} = \frac{0.634 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.001 \times 605.0652}{3600 \times 1000}$$

$$= 0.000131 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_f^{\circ} \text{ LPG 360}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15} = \frac{0.683 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.0032 \times 605.0652}{3600 \times 1000}$$

$$= 0.000141 \text{ kg/s}$$

- **laju aliran massa udara**

$$\dot{m}_a^{\circ} = AFR \times \dot{m}_f^{\circ}$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ TANPA LPG} = 10.78 \times 0.000148 \text{ kg/s} = 0.0016 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ LPG 270}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15} = 12.15 \times 0.000131 \text{ kg/s} = 0.0016 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ LPG 360}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15} = 18 \times 0.000141 \text{ kg/s} = 0.0025 \text{ kg/s}$$

Sehingga laju aliran massa yang melewati *intake* adalah :

$$\dot{m}_i^{\circ} \text{ TANPA LPG} = \dot{m}_f^{\circ} \text{ TANPA LPG} + \dot{m}_a^{\circ} \text{ TANPA LPG}$$

$$= 0.000148 \text{ kg/s} + 0.0016 \text{ kg/s}$$

$$= 0.00174 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_i^{\circ} \text{ LPG 270}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15} = \dot{m}_f^{\circ} \text{ LPG 270}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15} + \dot{m}_a^{\circ} \text{ LPG 270}^{\circ} \text{ cyclone sudu 15}$$

$$= 0.000131 \text{ kg/s} + 0.0016 \text{ kg/s}$$

$$= 0.00172 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_{i \text{ LPG } 360^{\circ} \text{ cyclone } \text{ sudu } 15} &= \dot{m}_{f \text{ LPG } 360^{\circ} \text{ cyclone } \text{ sudu } 15} + \dot{m}_{a \text{ LPG } 360^{\circ} \text{ cyclone } \text{ sudu } 15} \\ &= 0.000141 \text{ kg/s} + 0.0025 \text{ kg/s} \\ &= 0.00268 \text{ kg/s}\end{aligned}$$



4.4 Perhitungan Akselerasi

Proses pengambilan data akselerasi sepeda motor dilakukan dengan melakukan uji percepatan sepeda motor roda dua sesuai dengan SNI 09-1400-1995. Data diambil pada kondisi motor tanpa penambahan LPG dan dengan penambahan LPG pada tiga variasi bukaan katup, 270^0 dan 360^0 .

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17. Akselerasi Sepeda Motor Pada Bukaan Katup 270^0

Jarak (m)	Waktu	tanpa LPG	sudu 15	sudu 30	sudu 45
50	t1 (s)	6.64	6.92	6.63	6.55
	t2 (s)	6.63	6.9	6.64	6.52
	t3 (s)	6.65	6.94	6.62	6.55
	Rata-Rata (s)	6.64	6.92	6.63	6.54
	a (m/s^2)	2.27	2.09	2.27	2.34
100	t1 (s)	9.14	9.08	9.15	8.32
	t2 (s)	9.18	8.7	9.23	8.36
	t3 (s)	9.13	9.1	9.25	8.43
	Rata-Rata (s)	9.15	8.96	9.21	8.37
	a (m/s^2)	2.39	2.49	2.36	2.85
200	t1 (s)	15.08	14.57	13.90	13.41
	t2 (s)	15.22	14.55	13.94	13.38
	t3 (s)	15.24	14.53	13.95	13.38
	Rata-Rata (s)	15.18	14.55	13.93	13.39
	a (m/s^2)	1.74	1.89	2.06	2.23

Tabel 4.18. Akselerasi Sepeda Motor Pada Bukaannya Katup 360°

Jarak (m)	Waktu	tanpa LPG	sudu 15	sudu 30	sudu 45
50	t1 (s)	6.64	6.65	6.61	6.61
	t2 (s)	6.63	6.63	6.63	6.57
	t3 (s)	6.65	6.64	6.62	6.59
	Rata-Rata (s)	6.64	6.64	6.62	6.59
	a (m/s ²)	2.27	2.27	2.28	2.30
100	t1 (s)	9.14	9.12	9.15	8.72
	t2 (s)	9.18	9.05	9.05	8.77
	t3 (s)	9.13	8.86	9.16	8.67
	Rata-Rata (s)	9.15	9.01	9.12	8.72
	a (m/s ²)	2.39	2.46	2.40	2.63
200	t1 (s)	15.08	13.27	13.73	14.10
	t2 (s)	15.22	13.3	13.78	14.07
	t3 (s)	15.24	13.15	13.68	14.22
	Rata-Rata (s)	15.18	13.24	13.73	14.13
	a (m/s ²)	1.74	2.28	2.12	2.00

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Prestasi Mesin

Grafik-grafik yang akan ditampilkan berikut ini adalah hasil grafik *snapshot* yang bekerja secara *real time* terhadap karakter dari mesin yang diuji. Segala perhitungan yang diinginkan seperti halnya *horse power*, rpm, torsi, AFR (*Air/Fuel Ratio*) dan sebagainya dapat secara langsung dihasilkan oleh alat *dyno test dynojet model 250i* ini, sehingga hasil data yang didapat bisa dikatakan merupakan hasil prestasi mesin yang sesungguhnya.

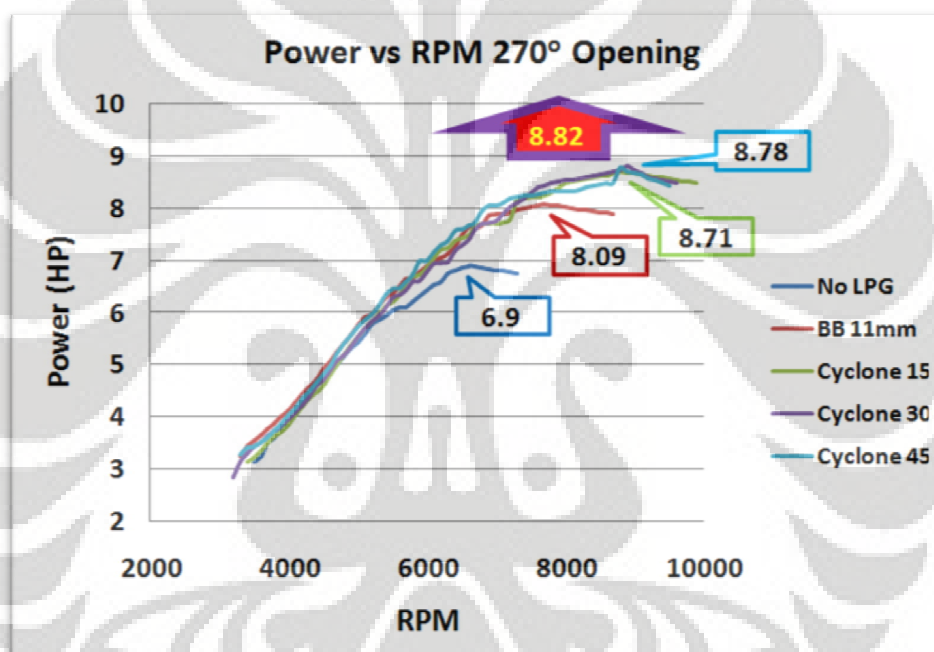
5.1.1 Analisis Perbandingan BHP

Hasil perhitungan daya mesin yang dihasilkan oleh dinamometer berupa BHP (*Brake Horse Power*) yang merupakan perhitungan daya kuda yang dikeluarkan oleh roda terhadap *roller* dinamometer. BHP adalah daya kuda yang dihasilkan oleh motor setelah dikurangi kerugian (*losses*) yang terjadi selama penyaluran daya, baik dari *heat loss* pada mesin atau juga yang dapat disebabkan gesekan ban dengan *roller* maupun antara rantai dengan sproket dan kerugian-kerugian yang lainnya.

Sedangkan torsi yang digunakan pada analisis didapat dengan cara mengalikan nilai *tractive effort* yang terdapat pada *snapshot* dengan besarnya lengan momen pada *roller* dinamometer (sebesar 0,75 ft). Hal ini dikarenakan pada *snapshot* tidak didapatkan nilai torsi yang dicapai dan *tractive effort* yang terdapat pada *snapshot* merupakan gaya yang dikeluarkan oleh dinamometer untuk menahan gaya yang dihasilkan oleh roda. Sehingga besarnya torsi yang dihasilkan oleh *roller* akan sama dengan torsi yang dihasilkan oleh roda.

Pada tabel-tabel BHP menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daya maksimum dan torsi mesin pada saat penambahan LPG baik dengan menggunakan *venturi mixer* 12 lubang menyilang *bluff body* silinder maupun

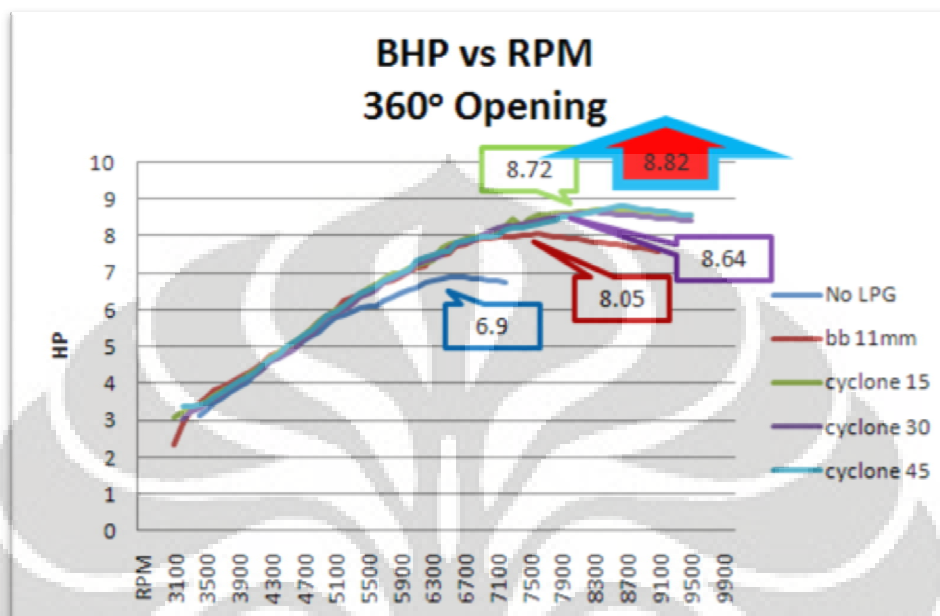
dengan menggunakan *cyclone* dengan variasi bukaan sudu pada tiap-tiap bukaan katup (270° dan 360°) dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG. Hal ini sesuai dengan teori, karena saat penambahan LPG diharapkan pembakaran didalam ruang bakar terjadi lebih cepat karena LPG memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dan didalam ruang bakar LPG akan terbakar lebih dulu dibandingkan bensin karena LPG berbentuk gas sehingga cepat bercampur dengan udara dibandingkan bensin yang berbentuk cair dan butuh pengabutan yang baik didalam karburator.



Gambar 5.1 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 270°

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa penambahan LPG pada bukaan katup 270° membuat keluaran daya motor menjadi lebih besar dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG. Namun, daya maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 8,82 HP pada RPM 8900 dengan menggunakan *cyclone* sudu 30° . Daya yang dihasilkan oleh venturi *mixer* dengan *cyclone* sudu 15° , *cyclone* sudu 45° , dan *Bluff Body* silinder 11mm tanpa *cyclone* diperoleh daya masing-masing sebesar 8.71 HP, 8.78 HP, dan 8.09 HP. Ada beberapa hal yang menyebabkan *Power* mesin pada *cyclone* sudu 30° menjadi lebih besar dibandingkan *cyclone* sudu 45° .

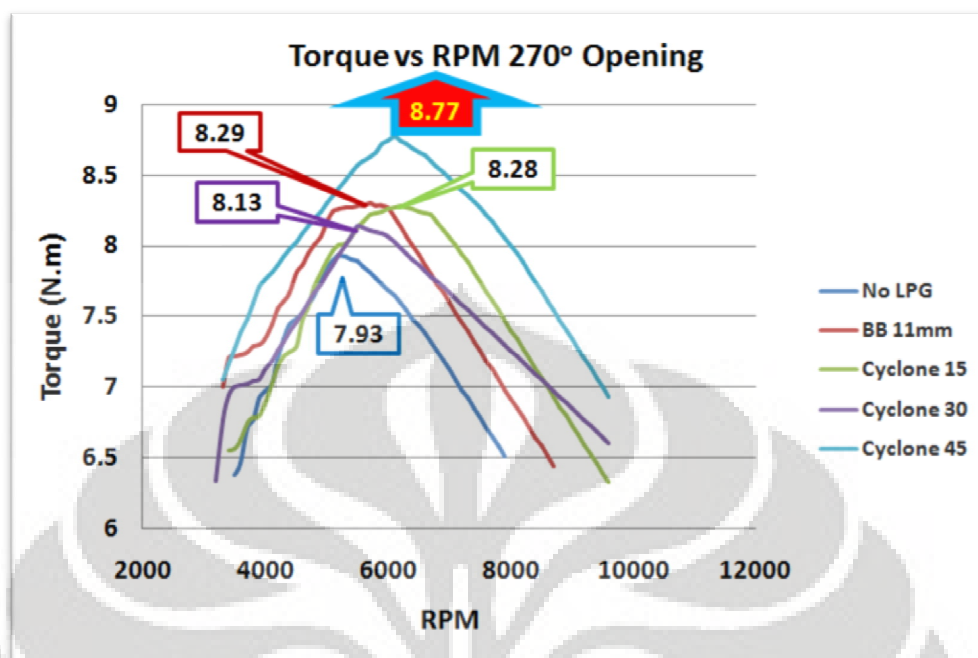
Salah satunya adalah nilai AFR yang terlalu *rich* pada *cyclone* sudu 45° dibanding *cyclone* sudu 30°, kemungkinan lainnya adalah campuran gas dan udara yang belum sempurna pada bukaan 270°.



Gambar 5.2 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 360°

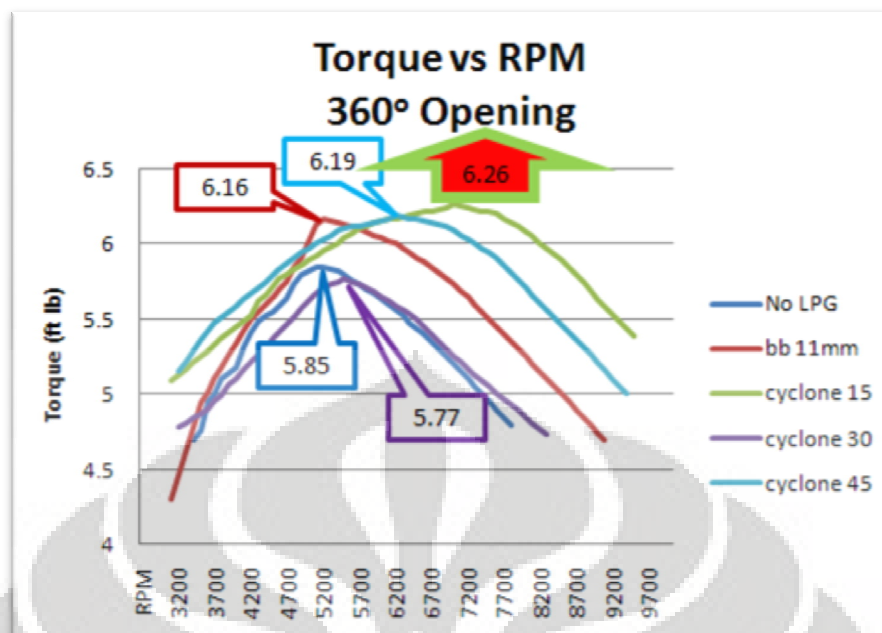
Dari grafik di atas, terlihat bahwa daya yang dihasilkan oleh motor dengan penambahan LPG pada bukaan 360° lebih besar daripada motor tanpa penambahan LPG. Hal tersebut membuktikan bahwa pada bukaan 360°, gas dan udara telah bercampur baik yang menyebabkan pembakaran dalam ruang bakar mesin meningkat sehingga menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan motor tanpa penambahan LPG. Daya yang paling besar dihasilkan oleh *venturi mixer* dengan *cyclone* sudu 45° yaitu sebesar 8.82 HP, sedangkan pada *cyclone* sudu 15°, *cyclone* sudu 30°, dan *Bluff Body* silinder 11mm tanpa *cyclone* diperoleh daya masing-masing sebesar 8.72 HP, 8.64 HP, dan 8.05 HP. Hal ini dapat dikarenakan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar pada *venturi mixer* dengan *cyclone* sudu 45° lebih merata dari pada *venturi mixer* lainnya.

5.1.2 Analisis Perbandingan Torsi



Gambar 5.3 Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 270°

Grafik perbandingan torsi di atas memperlihatkan torsi pada bukaan katup 270° yang diperoleh oleh motor dengan penggunaan venturi *mixer* pada semua lubang lebih tinggi dari motor tanpa penambahan LPG. Nilai torsi yang dihasilkan tanpa penambahan gas LPG didapat 7.93 N.m pada RPM 5200. Hal ini membuktikan bahwa penambahan gas berpengaruh pada peningkatan torsi yang didapatkan. Dari grafik di atas terlihat torsi terbesar dicapai pada penggunaan venturi *mixer* dengan *cyclone* sudu 45° yaitu sebesar 8.77 N.m pada RPM 6100, sedangkan pada venturi *mixer* dengan *cyclone* sudu 15°, *cyclone* sudu 30°, dan *bluff body* silinder 11 mm tanpa *cyclone* masing – masing bernilai 8.28 N.m, 8.13 N.m, dan 8.29 N.m. Nilai torsi pada bukaan katup 270° adalah nilai torsi yang tertinggi dari semua bukaan katup dan variasi sudu pengarah. Torsi maksimum juga didapat dengan cepat pada RPM 6100. Walaupun nilai HP *cyclone* 45° pada bukaan katup 270° lebih rendah dibandingkan dengan *cyclone* 30°, namun nilai torsi tetap lebih unggul. Hal inilah yang menjelaskan nilai percepatan terbaik dicapai pada venturi *mixer* dengan *cyclone* sudu 45° bukaan 270°.

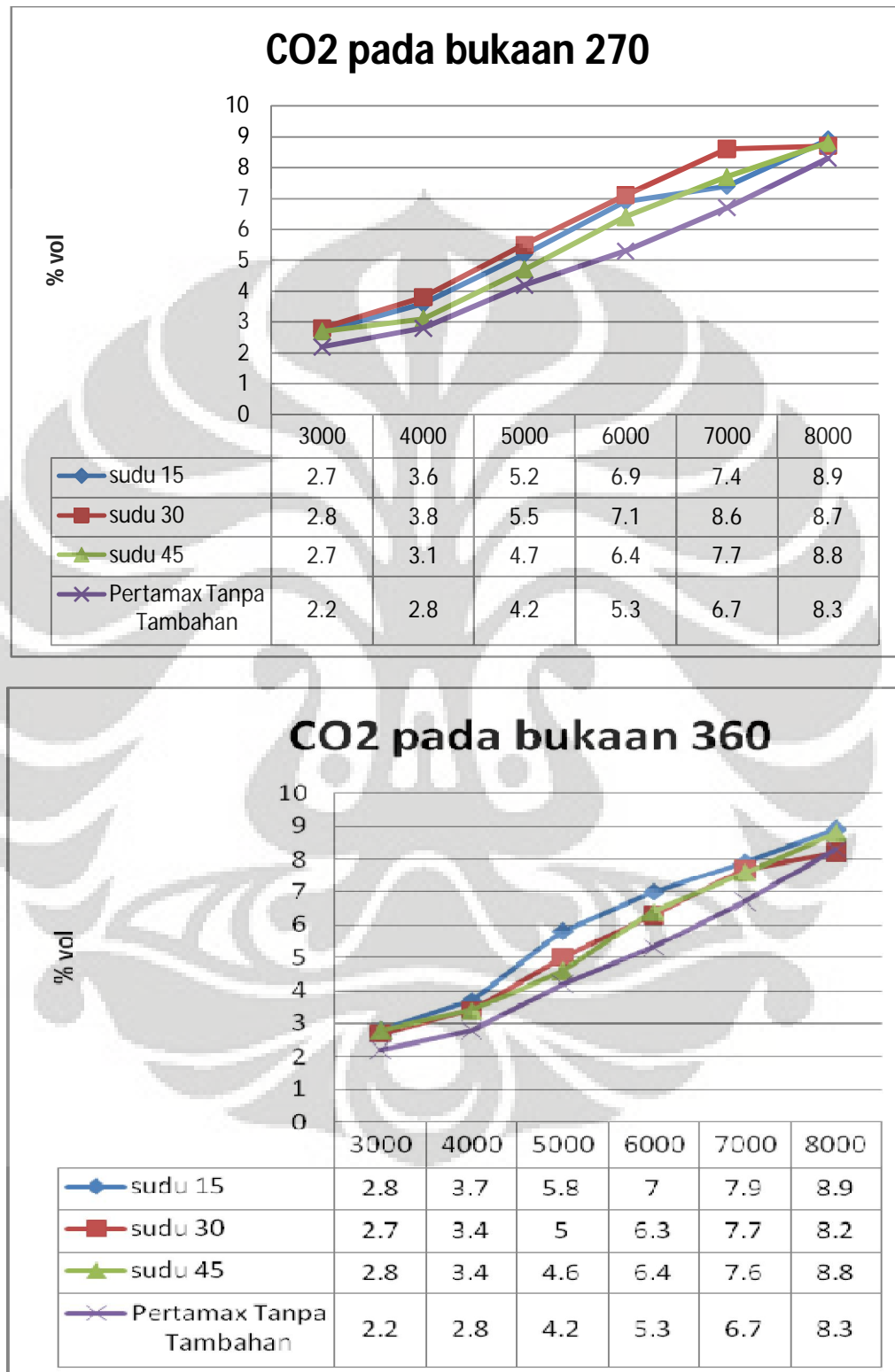


Gambar 5.4. Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 360°

Grafik perbandingan torsi diatas memperlihatkan torsi pada bukaan katup 360° yang diperoleh oleh motor dengan penggunaan *venturi mixer* pada semua lubang lebih tinggi dari motor tanpa penambahan LPG. Hal ini membuktikan bahwa penambahan gas berpengaruh pada peningkatan torsi yang didapatkan. Dari grafik di atas terlihat torsi terbesar dicapai pada penggunaan *venturi mixer* dengan *cyclone* sudu 15° yaitu sebesar 6.26 ft lb, sedangkan pada *venturi mixer* dengan *cyclone* sudu 30°, *cyclone* sudu 45°, dan *bluff body* silinder 11 mm tanpa *cyclone* masing – masing bernilai 5.77 ft lb, 5.85 ft lb, dan 6.16 ft lb.. Hal ini karena laju kenaikan daya dan torsi adalah berbanding lurus karena di pengaruhi oleh hal yang sama yaitu homogenitas campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar secara merata.

5.2 Analisis Emisi Gas Buang

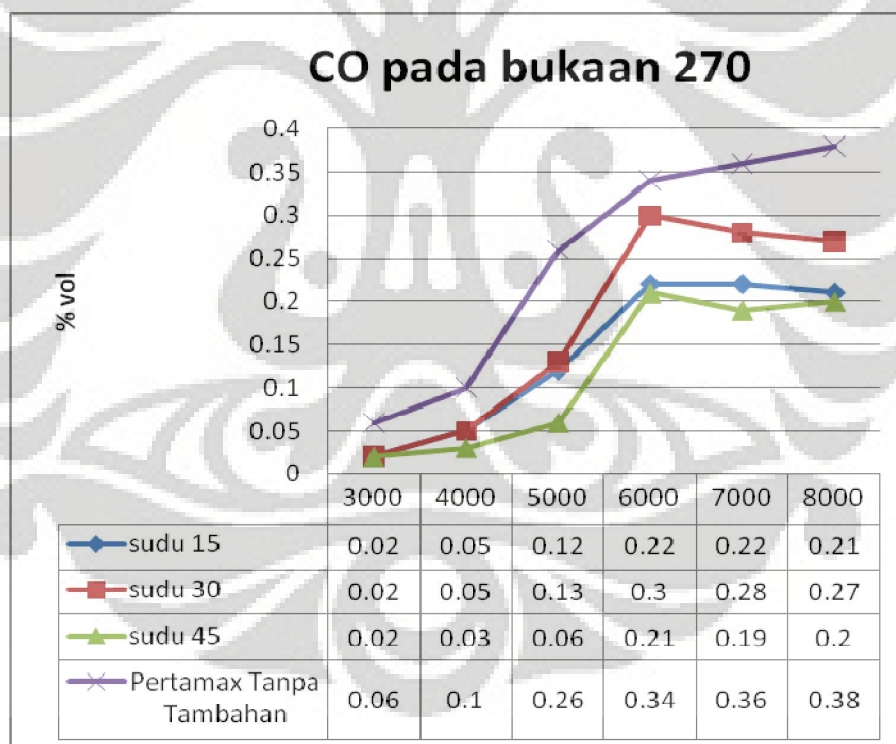
5.2.1 Analisis CO₂ (karbon dioksida)

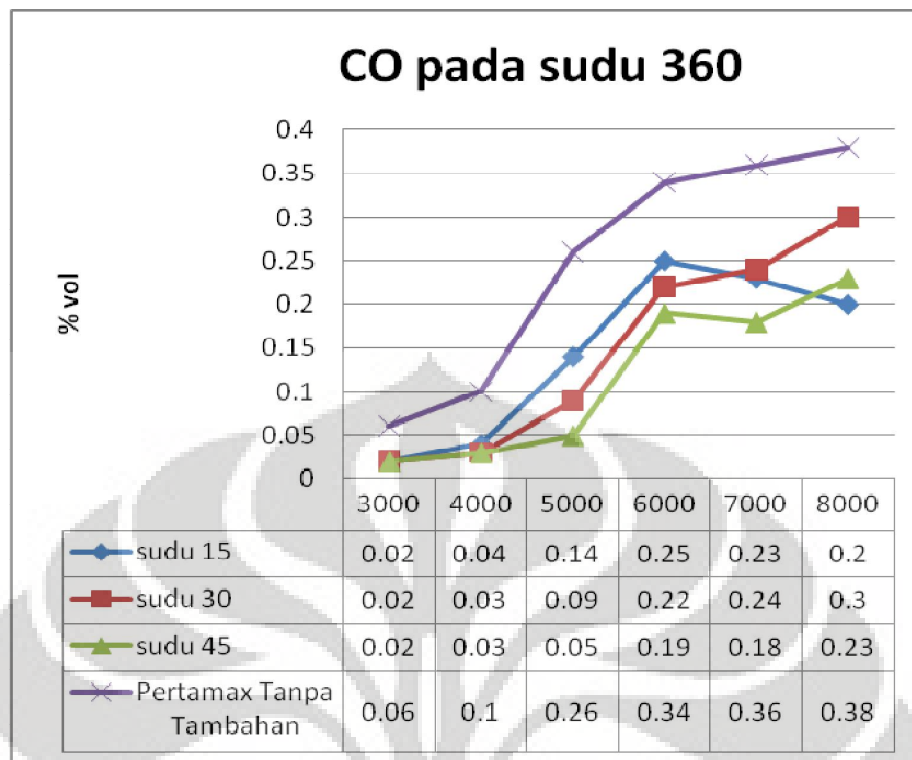


Gambar 5.5 Perbandingan CO₂ antar *venturi mixer*

Gambar 5.5 diatas menunjukkan perbandingan CO₂ pada gas buang antara kondisi tanpa LPG dan kondisi dengan penambahan LPG dari keempat jenis *venturi mixer* 12 lubang menyilang dengan variasi *cyclone* dengan bukaan katupnya masing-masing yang menunjukkan hasil optimal dari tiap *venturi mixer* yang digunakan. Penambahan LPG memberikan pengaruh yang baik terhadap pembakaran. Hal ini dapat dilihat berdasarkan grafik di atas bahwa dengan penambahan LPG pada tiap-tiap bukaan katup (270⁰ dan 360⁰), grafik menunjukkan kecenderungan kenaikan CO₂ pada gas buang dibandingkan kondisi tanpa penambahan LPG. Kecenderungan kenaikan CO₂ pada gas buang memperlihatkan tingkat pembakaran yang semakin baik.

5.2.2 Analisis CO (karbon monoksida)



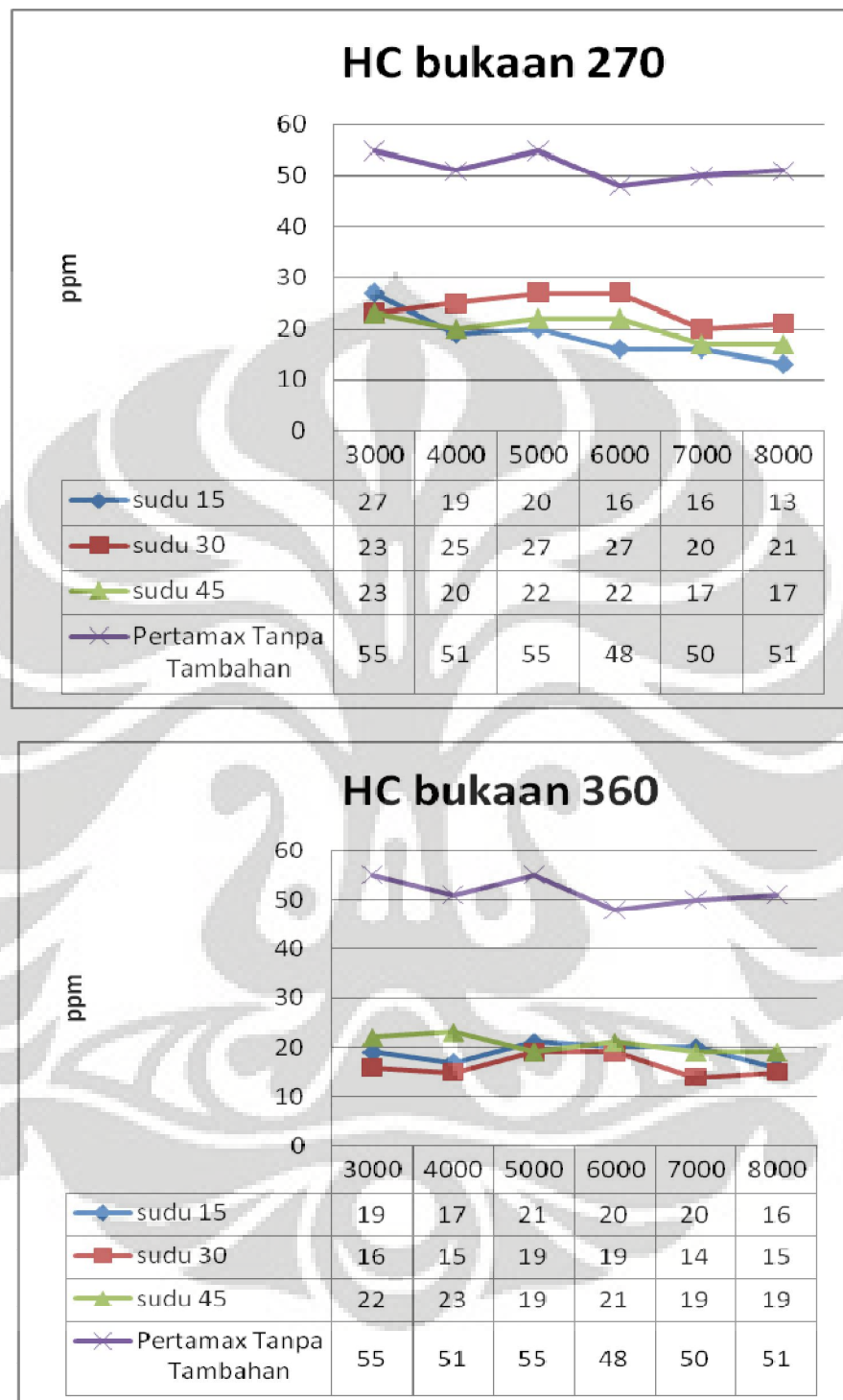


Gambar 5.6 Perbandingan CO antar venturi *mixer*

Gambar 5.6 diatas menunjukkan perbandingan CO pada gas buang antara kondisi tanpa LPG dan kondisi dengan penambahan LPG dari keempat jenis *venturi mixer* 12 lubang menyilang dengan variasi *cyclone* dengan bukaan katupnya masing-masing yang menunjukkan hasil optimal dari tiap *venturi mixer* yang digunakan. Secara keseluruhan, grafik tersebut memperlihatkan kecenderungan penurunan CO.

Terlihat bahwa untuk daerah-daerah tertentu pada semua jenis *venturi mixer* (antara 3000-6000 rpm), CO pada emisi sepeda motor mengalami kenaikan dibandingkan dengan kondisi tanpa penambahan LPG. Hal ini dapat dijelaskan secara teori bahwa pada daerah tersebut terjadi pembakaran yang tidak sempurna, yang secara langsung berdampak pada kenaikan CO, penurunan CO₂, dan kenaikan O₂. Secara teori bahwa dengan penambahan LPG dalam jumlah yang tepat akan menghasilkan pembakaran yang semakin baik sehingga menurunkan kadar CO.

5.2.3 Analisis HC (hidro karbon)

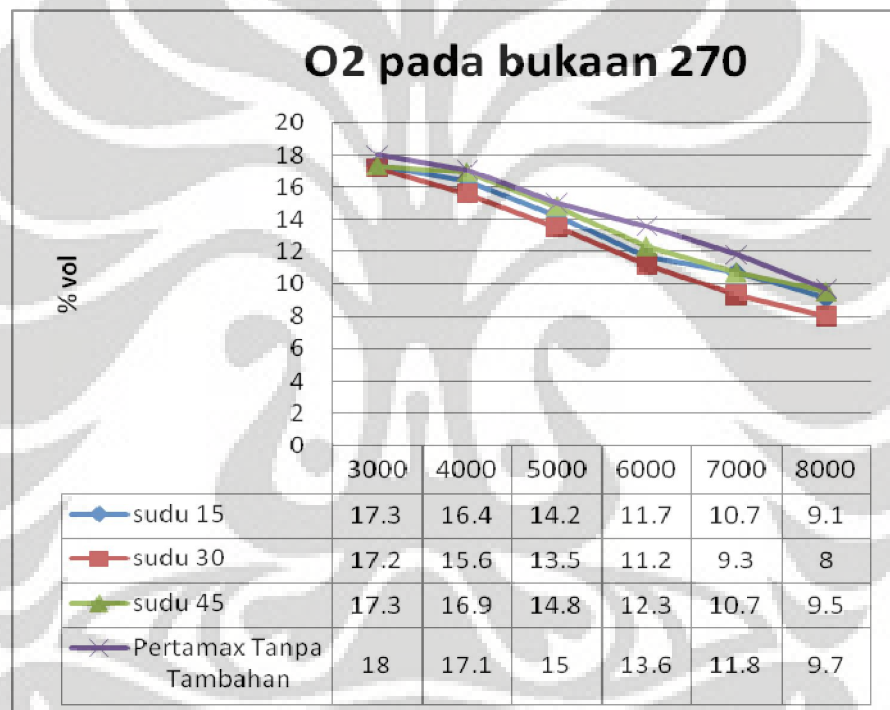


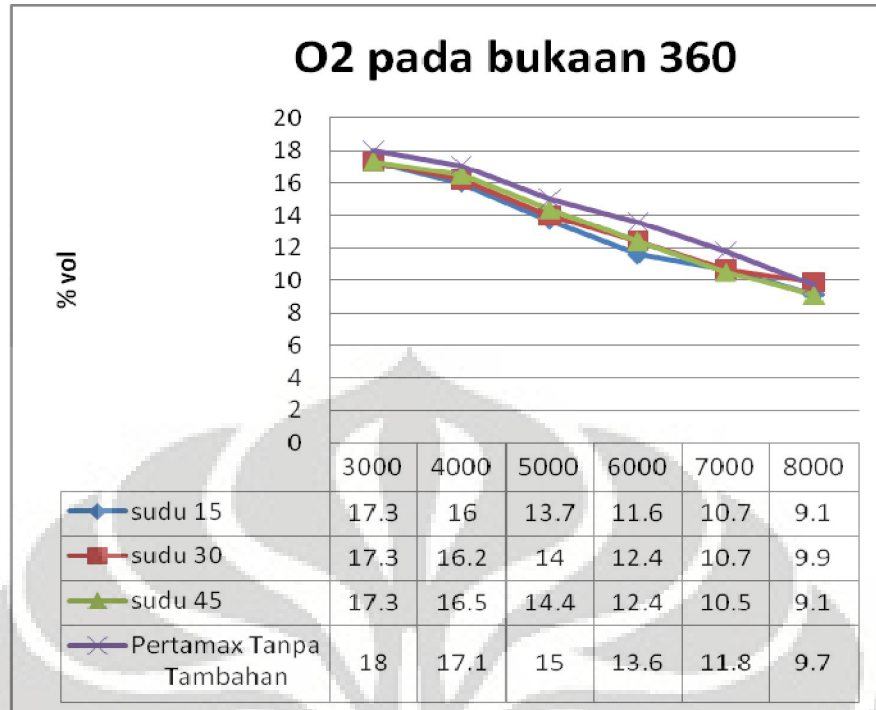
Gambar 5.7 Perbandingan HC antar venturi *mixer*

Pada **gambar 5.7** terlihat bahwa dengan melakukan penambahan LPG pada semua jenis venturi mixer yang diujikan dan semua bukaan katup,

kandungan hidrokarbon yang terbentuk cenderung berada dibawah kondisi pada saat motor tidak mengalami penambahan LPG. Kondisi ini sesuai dengan teori bahwa untuk pencapaian gas buang yang ideal, kandungan hidrokarbon yang terdapat dalam gas buang harus mengalami penurunan. Dengan penambahan LPG yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dan lebih mudah terbakar karena sifatnya yang lebih mudah menguap dibandingkan bensin, membuat kualitas pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih baik.

5.2.4 Analisis O₂ (oksigen)





Gambar 5.8. Perbandingan O₂ antar venturi mixer

O₂ menandakan tingkat penggunaan udara (oksigen) dalam proses pembakaran dimana semakin rendah O₂ semakin banyak udara yang dipergunakan untuk proses pembakaran yang berarti pembakaran yang terjadi semakin baik, namun sebaliknya jika O₂ tinggi maka banyak udara masuk yang tidak dipergunakan pada proses pembakaran yang berarti reaksi pembakaran kurang sempurna dan akan menghasilkan CO (karbon monoksida) pada gas buang, yang seharusnya menjadi CO₂.

Dari **gambar 5.8** dapat terlihat bahwa dengan penambahan LPG untuk semua venturi mixer pada semua bukaan, O₂ yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG. Hal ini menunjukkan dengan penambahan LPG maka pembakaran yang terjadi semakin mendekati sempurna.

5.3 Analisis Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar sepeda motor dapat diketahui dengan melakukan uji jalan unjuk kerja sepeda motor sesuai dengan SNI 09-4405-1997 tentang cara uji unjuk kerja jalan sepeda motor roda dua. Data yang didapat dari pengujian merupakan data konsumsi bahan bakar yang didapat secara *real time* sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh SNI. Data yang diperoleh meliputi waktu tempuh, jarak tempuh, kecepatan rata-rata, konsumsi bahan bakar bensin. Karena pengujian ini juga menggunakan LPG sebagai tambahan pada bahan bakar, maka konsumsi LPG juga diambil sebagai data. Analisa dilakukan terhadap grafik konsumsi bahan bakar, baik konsumsi bahan bakar bensin maupun konsumsi LPG, pada saat keadaan tanpa penambahan LPG dan juga saat LPG ditambahkan dengan bukaan katup regulator 270⁰ dan 360⁰.

5.3.1. Analisa Konsumsi Bahan Bakar Bensin

Penambahan LPG pada ruang bakar akan mempercepat dan mempermudah proses pembakaran dalam ruang bakar, karena LPG mengalir dalam fase gas sehingga lebih cepat terbakar dibanding bensin yang perlu mengalami proses pengabutan terlebih dahulu dalam karburator sebelum terbakar. Fenomena terbakarnya LPG yang lebih cepat tersebut akan membantu terbakarnya bensin sehingga terjadi pembakaran yang lebih sempurna.

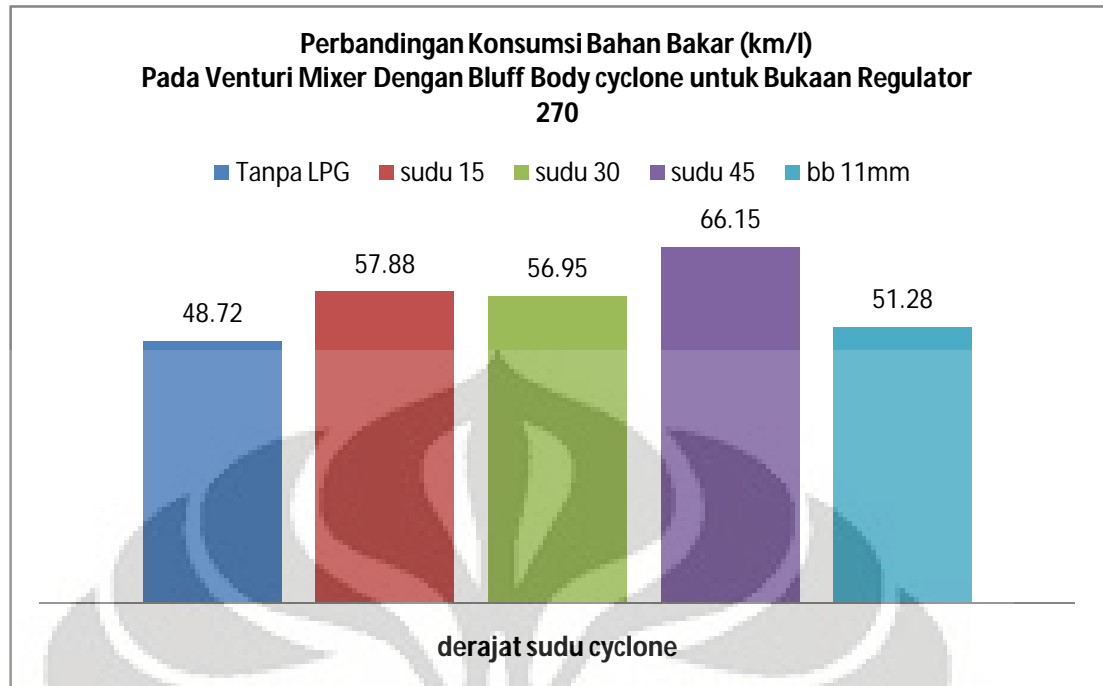
Dengan terjadinya proses pembakaran yang lebih sempurna, akan meningkatkan performa mesin dan mengurangi emisi gas buang, seperti yang telah dibuktikan pada penelitian sebelumnya. Hal ini juga bisa memberikan pengaruh penghematan bensin sehingga konsumsi bensin dapat berkurang.

Bukaan 270°**Tabel 5.1 Konsumsi Bahan Bakar Bensin pada Bukaan Katup 270°**

Jarak tempuh (km)	Konsumsi Bahan Bakar Bensin (mL)				
	Tanpa LPG	sudu 15	sudu 30	sudu 45	bb 11mm
21.3	442	360	380	320	484
42.6	876	710	750	650	895
63.9	1324	1080	1130	960	1297
85.2	1764	1460	1490	1280	1688
106.5	2186	1840	1870	1610	2077

Pada tabel 5.1 menunjukkan konsumsi bahan bakar bensin venturi mixer dengan *cyclone* untuk jarak tempuh 106.5 km (5 x 21.3 km) dengan kondisi tanpa LPG dan kondisi dengan penambahan LPG untuk variasi sudut *guide vane*.

Dari tabel 5.3 di atas, pada venturi mixer dengan penambahan *cyclone* secara umum dapat menekan konsumsi bahan bakar bensin secara signifikan dengan penambahan LPG untuk bukaan katup 270°. Hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan LPG konsumsi bahan bakar bensin dapat ditekan secara signifikan. Penambahan *cyclone* pada venturi *mixer* dengan *bluff body* silinder juga memberikan dampak yang lebih baik.



Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Konsumsi Rata-Rata Bensin Pada Bukaan 270°

Dari gambar 5.9 dapat diketahui konsumsi rata-rata bensin pada bukaan 270° untuk variasi sudu. Pada kondisi cyclone sudu 45° dengan penambahan LPG menghasilkan konsumsi rata-rata bensin paling irit yaitu 66.15 km/L, artinya untuk 1 liter bensin mampu menempuh jarak sejauh 66.15 km. Sedangkan tanpa penambahan LPG, konsumsi rata-rata 48.72 km/L, artinya untuk 1 liter bensin hanya mampu menempuh jarak sejauh 48.72 km.

Tabel 5.2. Perubahan Konsumsi Bahan Bakar Bensin Pada Bukaannya Katup 270°

	Konsumsi bahan bakar bensin (km/l)	Pengaruh	%
Pertamax	48.72	-	-
Silinder 11mm	51.28	▲	5.25%
Sudu 15	57.88	▲	18.80%
Sudu 30	56.95	▲	16.89%
Sudu 45	66.15	▲	35.78%

Dari tabel 5.2 penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 45° mampu menekan konsumsi rata-rata bensin sebesar 35.78 %. Konsumsi bahan bakar dengan bukannya katup 270° dengan tambahan *cyclone* sudu 45° adalah konsumsi bahan bakar yang paling baik dibandingkan dengan yang lain. Penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 15° dan *cyclone* sudu 30° dapat menekan konsumsi rata-rata bensin menjadi 57.88 km/L dan 56.95 km/L.

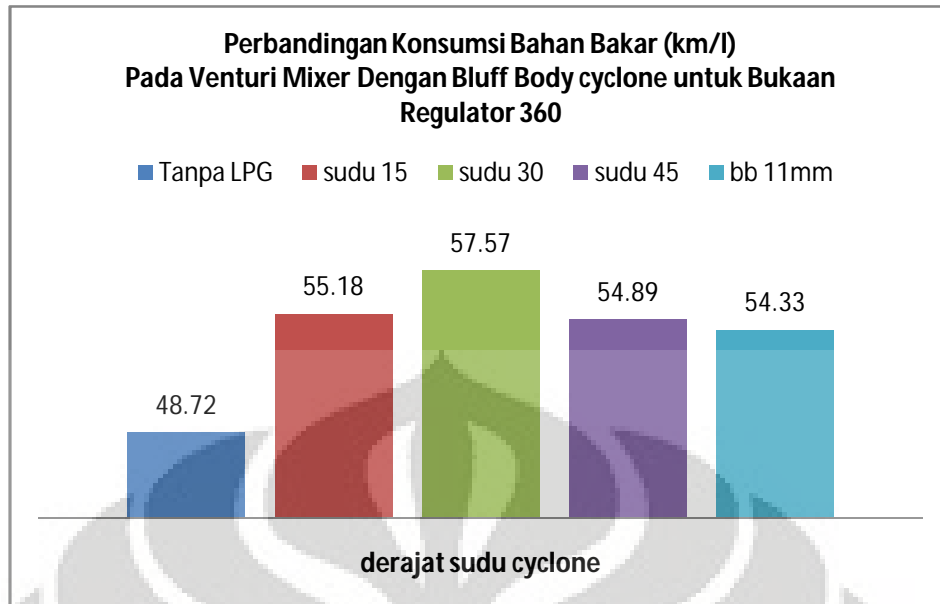
Bukaan 360°**Tabel 5.3 Tabel konsumsi bahan bakar bensin pada Bukaan 360°**

Jarak tempuh (km)	Konsumsi Bahan Bakar Bensin (mL)				
	Tanpa LPG	sudu 15	sudu 30	sudu 45	bb 11mm
21.3	442	370	390	380	394
42.6	876	760	770	770	776
63.9	1324	1160	1140	1170	1178
85.2	1764	1550	1500	1550	1566
106.5	2186	1930	1850	1940	1960

Pada tabel 5.3 menunjukkan konsumsi bahan bakar bensin venturi mixer dengan *cyclone* untuk jarak tempuh 106.5 km (5 x 21.3 km) dengan kondisi tanpa LPG dan kondisi dengan penambahan LPG untuk variasi sudut *guide vane*.

Dari tabel 5.3 di atas, pada venturi mixer dengan *cyclone* secara umum dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar bensin dengan penambahan LPG untuk bukaan katup 360° menjadi lebih sedikit jika dibandingkan dengan keadaan tanpa penambahan LPG. Hal ini memberi arti bahwa dengan adanya penambahan LPG dapat mengurangi konsumsi bahan bakar bensin secara signifikan.

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan LPG dengan *cyclone* sudu 30° menghasilkan konsumsi bensin yang paling sedikit yaitu sebesar 1850 mL untuk menempuh jarak sejauh 106.5 km, dibandingkan dengan kondisi tanpa LPG yaitu sebesar 2186 mL untuk jarak tempuh yang sama, penambahan LPG dengan bukaan 360° untuk *cyclone* sudu 30° memberikan penurunan konsumsi bensin paling signifikan.



**Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Konsumsi Rata-Rata Bensin Pada Bukaannya
360°**

Dari gambar 5.10 dapat diketahui konsumsi rata-rata bensin pada bukaannya 360° untuk variasi diameter. Ternyata kondisi dengan penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 30° menghasilkan konsumsi rata-rata bensin paling irit yaitu 57.57 km/L, artinya untuk 1 liter bensin bisa mencapai jarak tempuh sejauh 57.57 km. Padahal untuk kondisi tanpa LPG, menghasilkan konsumsi rata-rata 48.72 km/L, artinya untuk 1 liter bensin hanya bisa mencapai jarak tempuh sejauh 48.72 km.

Tabel 5.4. Perubahan Konsumsi Bahan Bakar Bensin pada bukaan 360°

	Konsumsi bahan bakar bensin (km/l)	Pengaruh	%
Pertamax	48.72	-	-
Silinder 11mm	54.33	▲	11.51%
Sudu 15	55.18	▲	13.26%
Sudu 30	57.57	▲	18.17%
Sudu 45	54.89	▲	12.66%

Dari tabel 5.4 penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 30° bisa meningkatkan konsumsi rata-rata bensin sebesar 18.17 %. Penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 15° dan *cyclone* sudu 45° menghasilkan konsumsi rata-rata 55.18 km/L dan 54.89 km/L.

5.3.2. Analisa Konsumsi LPG

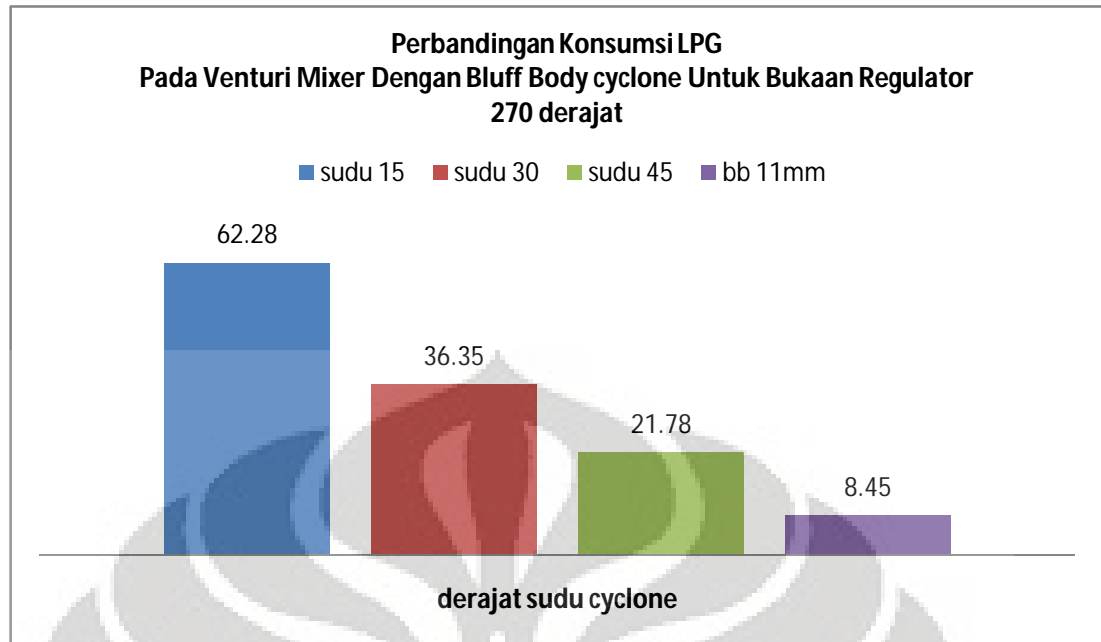
LPG mengalir dari tabung menuju ruang bakar melalui selang dan mekanisme penyalur LPG. Hal ini bisa terjadi karena adanya gaya dorong dari tekanan dalam tabung LPG, juga karena adanya gaya hisap dari ruang bakar melalui karburator. Dengan adanya variasi bukaan katup regulator maka konsumsi LPG pun akan bervariasi.

Bukaan 270°

Tabel 5.5 Konsumsi LPG pada Bukaan Katup 270°

Jarak tempuh (km)	Konsumsi LPG (gram)			
	sudu 15	sudu 30	sudu 45	bb 11mm
21.3	0.15	0.03	0.87	3
42.6	0.19	0.98	2.79	5.3
63.9	1.15	1.68	3.82	7.8
85.2	1.18	2.13	4.68	9.7
106.5	1.71	2.93	4.89	12.6

Pada tabel 5.5 menunjukkan konsumsi LPG untuk jarak tempuh 106.5 km (5x 21.3 km) untuk variasi sudu pada bukaan katup 270°. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan LPG dengan *cyclone* sudu 15° menghasilkan konsumsi LPG yang paling sedikit yaitu sebesar 1.71 gram untuk menempuh jarak sejauh 106.5 km.



Gambar 5.11 Grafik perbandingan konsumsi rata-rata LPG pada Bukaan 270°

Dari gambar 5.11 dapat diketahui konsumsi rata-rata LPG untuk setiap bukaan sudu *cyclone*. Dengan penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 15° menghasilkan konsumsi rata-rata LPG paling irit yaitu 62.28 km/gram, artinya untuk 1 gram LPG mampu menempuh jarak sejauh 62.28 km. Untuk *cyclone* sudu 30° dan *cyclone* sudu 45°, menghasilkan konsumsi rata-rata LPG sebesar 36.35 km/gram dan 21.78 km/gram.

Konsumsi LPG memiliki efek pada konsumsi bahan bakar bensin dimana konsumsi bensin akan menurun ketika diberi tambahan gas LPG. Hal ini juga bisa dilihat dengan membandingkan antara tabel dan grafik konsumsi bahan bakar bensin dengan tabel dan grafik konsumsi LPG.

Dari tabel konsumsi bahan bakar bensin, didapat konsumsi akumulatif bensin untuk penambahan LPG dengan *cyclone* sudu 15°, *cyclone* sudu 30°, dan *cyclone* sudu 45° yaitu 1840 mL, 1870 mL dan 1610 mL. Jika dibandingkan dengan konsumsi bensin tanpa LPG sebesar 2186 mL, maka penambahan LPG setiap variasi sudu bisa mengurangi konsumsi bensin sebesar 346 mL, 316 mL dan 576 mL.

Dari tabel konsumsi LPG, didapat konsumsi kumulatif LPG untuk *cyclone* sudu 15°, *cyclone* sudu 30°, dan *cyclone* sudu 45° yaitu 1.71 gram, 2.93 gram, dan 4.89 gram. Jika konsumsi LPG ini dibandingkan dengan pengurangan konsumsi bensin, maka bisa ditentukan campuran LPG-bensin yang paling sesuai. Untuk *cyclone* sudu 15°, 346 mL bensin setara dengan 1.71 gram LPG, artinya untuk penghematan 1 liter bensin diperlukan 4.94 gram LPG. Untuk *cyclone* sudu 30°, 316 mL bensin setara dengan 2.93 gram artinya untuk penghematan 1 liter bensin diperlukan 9.27 gram LPG. Untuk *cyclone* sudu 45°, 576 mL bensin setara dengan 4.89 gram LPG, artinya untuk penghematan 1 liter bensin diperlukan 8.49 gram LPG.

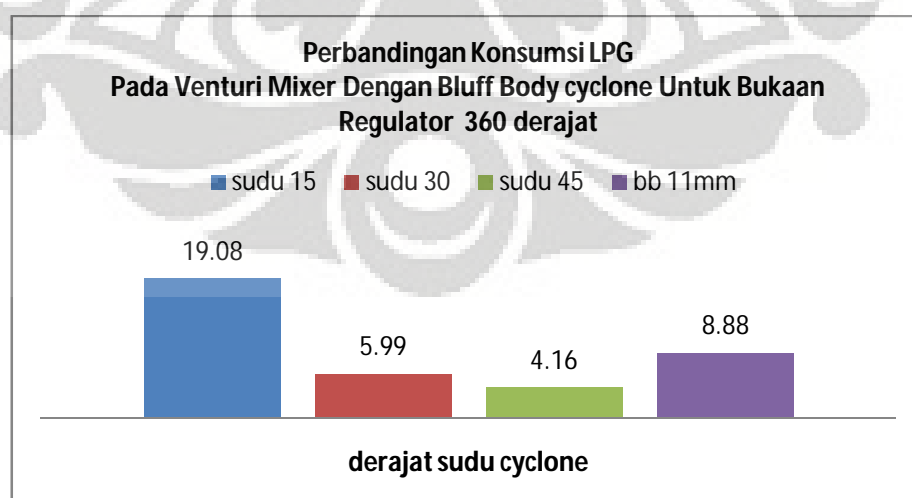
Tabel 5.6 Penghematan Konsumsi Bensin Pada Bukaannya Katup 270°

Jenis	Konsumsi Bensin (mL)	Penghematan Bensin (mL)	Konsumsi LPG (gram)	Jumlah LPG untuk penghematan 1 L bensin (gram)
Pertamax	2186	-	-	-
sudu 15	1840	346	1.71	4.94
sudu 30	1870	316	2.93	9.27
sudu 45	1610	576	4.89	8.49

Bukaan 360°**Tabel 5.7 Tabel konsumsi LPG Venturi pada bukaan 360°**

Jarak tempuh (km)	Konsumsi LPG (gram)			
	sudu 15	sudu 30	sudu 45	bb 11mm
21.3	0.4	3.33	5.77	2
42.6	0.76	7.08	9.89	4.4
63.9	1.63	11.04	15.81	7
85.2	3.77	12.97	18.93	9.1
106.5	5.58	17.76	25.6	12

Pada tabel 5.7 menunjukkan konsumsi LPG untuk jarak tempuh 106.5 km (5x 21.3 km) untuk variasi diameter pada bukaan katup 360°. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan LPG dengan *cyclone* sudu 15° menghasilkan konsumsi LPG yang paling sedikit yaitu sebesar 5.58 gram untuk menempuh jarak sejauh 106.5 km.

**Gambar 5.3 Grafik perbandingan konsumsi rata-rata LPG Pada Bukaan 360°**

Dari gambar 5.12 dapat diketahui konsumsi rata-rata LPG untuk setiap bukaan sudu *cyclone*. Ternyata kondisi dengan penambahan LPG untuk *cyclone* sudu 15° menghasilkan konsumsi rata-rata LPG paling irit yaitu 19.08 km/gram, artinya untuk 1 gram LPG bisa mencapai jarak tempuh sejauh 19.08 km. Untuk *cyclone* sudu 30° dan *cyclone* sudu 45°, menghasilkan konsumsi rata-rata LPG sebesar 5.99 km/gram dan 4.16 km/gram.

Konsumsi LPG memiliki efek pada konsumsi bahan bakar bensin dimana konsumsi bensin akan menurun ketika diberi tambahan gas LPG. Hal ini juga bisa dilihat dengan membandingkan antara tabel dan grafik konsumsi bahan bakar bensin dengan tabel dan grafik konsumsi LPG.

Dari tabel konsumsi bahan bakar bensin, didapat konsumsi akumulatif bensin untuk penambahan LPG dengan *cyclone* sudu 15°, *cyclone* sudu 30°, dan *cyclone* sudu 45° yaitu 1930 mL, 1850 mL dan 1940 mL. Jika dibandingkan dengan konsumsi bensin tanpa LPG sebesar 2186 mL, maka penambahan LPG setiap variasi sudu bisa mengurangi konsumsi bensin sebesar 256 mL, 336 mL dan 246 mL.

Dari tabel konsumsi LPG, didapat konsumsi kumulatif LPG untuk *cyclone* sudu 15°, *cyclone* sudu 30°, dan *cyclone* sudu 45° yaitu 5.58 gram, 17.76 gram, dan 25.6 gram. Jika konsumsi LPG ini dibandingkan dengan pengurangan konsumsi bensin, maka bisa ditentukan campuran LPG-bensin yang paling sesuai. Untuk *cyclone* sudu 15°, 256 mL bensin setara dengan 5.58 gram LPG, artinya untuk penghematan 1 liter bensin diperlukan 21.8 gram LPG. Untuk *cyclone* sudu 30°, 336 mL bensin setara dengan 17.76 gram artinya untuk penghematan 1 liter bensin diperlukan 52.86 gram LPG. Untuk *cyclone* sudu 45°, 246 mL bensin setara dengan 25.6 gram LPG, artinya untuk penghematan 1 liter bensin diperlukan 104.07 gram LPG.

Tabel 5.8 Penghematan konsumsi bensin Pada Bukaan 360°

Jenis	Konsumsi Bensin (mL)	Penghematan Bensin (mL)	Konsumsi LPG (gram)	Jumlah LPG untuk penghematan 1 L bensin (gram)
Pertamax	2186	-	-	-
sudu 15	1930	256	5.58	21.80
sudu 30	1850	336	17.76	52.86
sudu 45	1940	246	25.6	104.07



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap pengaruh penambahan LPG melalui *venturi mixer* dengan *cyclone* pada sistem bahan bakar motor empat langkah terhadap prestasi mesin dan gas buang yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada setiap jenis bukaan katup dengan variasi sudu yang berbeda-beda didapat bahwa sudu *cyclone 30°* mendapatkan nilai daya paling maksimal 8,82 HP pada bukaan katup 270°. Nilai torsi maksimal 8,77 N.m didapat dengan penggunaan *cyclone 45°* dengan bukaan katup 270°. Hal tersebut dikarenakan *cyclone* memberikan pengaruh terhadap aliran udara dan gas yang masuk ke karburator menjadi lebih terpola dan merata. Pola aliran yang baik dan merata akan memperhalus butiran bahan bakar dan memisahkan gumpalannya sehingga tersebar merata ke dalam ruang bakar dan selanjutnya akan memaksimalkan daya yang dihasilkan.
2. Walaupun nilai HP tertinggi didapat dengan variasi sudu *cyclone 30°* pada bukaan 270°. Percepatan terbaik ($2,85\text{m/s}^2$) didapat dengan variasi *cyclone 45°* pada bukaan regulator 270°. Hal ini menandakan bahwa performa yang baik tidak hanya ditentukan oleh tingginya HP, namun nilai torsi maksimum yang dapat diperoleh dengan cepat.
3. Penambahan LPG pada sistem bahan bakar menggunakan *venturi mixer bluff body* dengan *cyclone* menekan kadar emisi CO sampai 50%, dan kadar HC sampai 74%. Selain itu pembakaran juga menjadi lebih sempurna dengan nilai CO_2 yang semakin tinggi dan kadar O_2 yang semakin rendah.
4. Penambahan gas LPG pada sistem penyaluran bahan bakar menggunakan *venturi mixer bluff body* dengan *cyclone 45°* pada bukaan regulator 270° dapat menekan konsumsi bahan bakar bensin sampai 35,78%.

5. Dengan konsumsi LPG sebesar 8,45km/g maka tabung akan habis pada jarak tempuh 1900km. Hal ini menunjukkan dengan penambahan LPG yang relatif kecil konsumsi bahan bakar dapat ditekan secara optimal.
6. Penambahan LPG yang terlalu banyak kedalam ruang bakar tidak selalu membuat karakteristik prestasi mesin menjadi lebih baik. Karena campuran udara bahan bakar yang tidak seimbang menyebabkan mesin tersendat dan tidak dapat menghasilkan tenaga yang maksimal akibat kuantitas bahan bakar yang terlalu kaya (*rich*). Sehingga perlu adanya pengontrol untuk mengatur kuantitas LPG yang masuk ke ruang bakar agar didapat campuran bahan bakar dan gas yang optimal.
7. Secara umum penambahan LPG dapat memberikan hasil yang baik pada pembakaran. Hal ini dapat terlihat dari hasil uji emisi sepeda motor yang diberi penambahan LPG dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian mengenai penambahan LPG ke dalam ruang bakar dengan menggunakan *cyclone*, maka masukan yang dapat dilakukan kedepannya sehingga optimalisasi hasil dapat tercapai antara lain:

1. Perlu adanya alat pengontrol otomatis kuantitas laju aliran LPG yang masuk ke ruang bakar agar terjadi pembakaran sempurna karena untuk mendapatkan kadar uji emisi yang rendah dan kenaikan torsi yang signifikan diperlukan kuantitas laju aliran LPG yang cukup sesuai dengan kebutuhan ruang bakar.
2. Pembesaran diameter venturi sebaiknya dilakukan supaya udara yang masuk ke dalam ruang bakar akan semakin banyak sehingga masalah AFR yang terlalu *rich* dapat terselesaikan.
3. Penambahan *velocity stack* pada mulut *venturi mixer* untuk peningkatan performa sebaiknya dipertimbangkan.

DAFTAR ACUAN

- [1] Ardi Mardika. “(ANALISIS PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 4 LUBANG TERHADAP PERUBAHAN PERFORMA DAN EMISI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007.
- [2] David Parmonang. “(ANALISIS PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 4 LUBANG TERHADAP KONSUMSI BENSIN DAN AKSELERASI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007, hal. 89-91.
- [3] Ridho Ridwan Algrage. ”(ANALISA KONSUMSI BAHAN BAKAR BENSIN DAN AKSELERASI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007.
- [4] Ahmad Fauzie. “(ANALISIS PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 12 LUBANG MENYILANG TERHADAP PERUBAHAN PERFORMA DAN EMISI PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2008.
- [5] Jesuito Richardo Yomanto. ”(ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 12 LUBANG MENYILANG BLUFF BODY BERTINGKAT DENGAN VARIASI BLUFF BODY LAINNYA)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2009.
- [6] Edward Harrison. ”(ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 12 LUBANG MENYILANG BLUFF BODY SILINDER DIAMETER 11 MM DENGAN VARIASI DIAMETER)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2009.
- [7] Bambang Irwanto, ‘(STUDI ANALISIS PEMILIHAN SUDUT OPTIMUM BESERTA FAKTOR LAINNYA PADA PENGGUNAN

CYCLONE TERHADAP UNJUK KERJA MESIN OTTO)”. Skripsi,
Program Sarjana fakultas Teknik UI, Depok, 1997.



DAFTAR PUSTAKA

- Alternate Energy Systems, Inc. *Technical Data for Propane, Butane and LPG mixture.*
- Benson, Rowland and N.D. Whitehouse. *Internal Combustion Engine Volume 1.* Pergamon Press. 1983.
- Cengel, Yunus A., and Michael A. Boles. *Thermodynamics An Engineering Approach Second Edition.* New York : McGraw Hill International Editions. 1994.
- Garreth, T.K. Newton, K. Steeds, w. *The Motor Vehicle 13th.* Read Educational and Profesional Publishing. 2001
- Komarudin, *Tesis Analisa Pola Pencampuran pada Mixer BBG dengan Berbantuan Komputer,* Universitas Indonesia. 2001
- Mathur M.L. and R.P. Sharma. *A Course In Internal Combustion Engines.* Delhi, 1980
- Mokhtar, Ali. *Tesis Kaji Experimental Perubahan Geometri Ventury Mixer Untuk Menaikan Performance Engine Berbahan Bakar gas.* Universitas Indonesia. 2003
- Munson, Bruce R., Young, Donald F., and Okiishi, Theodore H. *Mekanika Fluida edisi ke 4 Jilid*, terj Harinaldi dan Budiarmo. Jakarta : Erlangga, 2003.
- Sugiarto, Bambang. *Motor Pembakaran Dalam.* ISBN 979-97726-7-2
- <http://www.howstuffworks.com>
- <http://www.wikipedia.org>
- <http://www.e-lpg.com>
- <http://www.lpgconversionsltd.co.uk/lpgbenefits>
- <http://www.bankspower.com>

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I: SNI

1. SNI 09-4405-1997 tentang cara uji unjuk kerja jalan sepeda motor
2. SNI 09-1400-1995 tentang cara uji percepatan sepeda motor roda dua




SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 09 - 4405 - 1997

ICS.



**Cara uji unjuk kerja
jalan sepeda motor**

Dewan Standardisasi Nasional - DSN



12
A. C. M. S.
SNI 09-4405-97

PENDAHULUAN

Standar Cara Uji Unjuk Kerja Jalan Sepeda Motor, disusun untuk mengetahui kondisi dari pada sepeda motor setelah melakukan unjuk kerja jalan sepeda motor.

Penyusunan Standar Industri ini melalui Rapat-rapat Teknis, rapat Pra Konsensus Nasional dan rapat Konsensus Nasional yang diselenggarakan di Jakarta di tempat yang sama pada tanggal 30 Oktober 1995, disusun oleh PT. Honda dan dibantu oleh PT. Yamaha, PASMI, PT. ISI, Balai PLJSKB Bekasi, Dit.Jen. Hub. Darat, PT. KGD Indonesia, Dit.Latas POLRI, Pustan dan Dit.Jen. ILME, Industri ALat Angkut Departemen Perindustrian.

Sebagai acuan :

JIS D. 1040 - 1982

*Mopeds and motorcycles - Method
of running test*

DAFTAR ISI

PENDAHULUAN	i
DAFTAR ISI	ii
1. RUANG LINGKUP	1
2. KONDISI UJI	1
3. ALAT UJI	1
4. CARA UJI	2



4. CARA UJI

4.1 Untuk uji unjuk kerja jalan sepeda motor, jarak yang ditempuh 100 km meliputi jalan datar, tanjakan landai, tanjakan tinggi, tikungan, jalan beton, jalan berbatu dan sebagainya.

4.2 Pengukuran dilakukan pada setiap kondisi jalan dan pada total kondisi jalan.

4.3 Pada awal pengujian dan pada setiap perhentian harus diukur dan dicatat mengenai waktu, jarak, konsumsi bahan bakar, suhu busi, suhu minyak pelumas mesin dan transmisi, kondisi jalan dan suhu udara sekitar serta cuaca.

4.4 Pada saat pengujian, harus diperhatikan terutama pada mesin, kopling, pergantian gigi, pengereman, kemampuan pengendalian, stabilitas kendaraan, percepatan, kenyamanan berkendara dan kondisi jalan.

4.5 Hasil harus diperhatikan dan dicatat adanya perubahan dari komponen sepeda motor setelah pengujian.

4.6 Hasil uji harus dimasukkan dalam tabel berikut ini.

CARA UJI UNJUK KERJA JALAN SEPEDA MOTOR

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi kondisi uji, alat uji dan cara uji unjuk kerja jalan untuk sepeda motor.

2. KONDISI UJI

2.1 Berat Pengendara (55 ± 5) kg

2.2 Kondisi sepeda motor harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan sebelum dilakukan pengujian, sepeda motor sudah harus beroperasi pada normalnya.

2.3 Tempat uji meliputi jalan datar, tanjakan landai, tanjakan tinggi, tikungan, jalan beton, jalan berbatu dan sebagainya.

3. ALAT UJI

3.1 Perlengkapan Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar

3.2 Alat pencatat waktu otomatis/manual dengan ketelitian minimal 1/100 sekon.

3.3 Alat Pengukur Jarak

3.4 Alat Pengukur Suhu




SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 09-1400-1995

ICS



**Cara uji percepatan sepeda motor
roda dua**

Dewan Standardisasi Nasional

DAFTAR ISI

	Halaman
Pendahuluan	
1. Ruang Lingkup	1
2. Kondisi Pengujian	1
3. Alat Uji	1
4. Cara Uji	1
4.1. Uji Percepatan Dengan Kecepatan Awal = 0 Km/jam	1
4.2. Uji Percepatan Dengan Kecepatan Awal = n Km/jam	1
5. Data Hasil Uji	Lampiran



CARA UJI PERCEPATAN SEPEDA MOTOR RODA DUA

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi kondisi uji, alat uji dan cara uji percepatan sepeda motor roda dua.

2. KONDISI PENGUJIAN

Pengujian percepatan harus dilakukan dengan kondisi sebagai berikut :

- 2.1. Berat pengendara, 55 ± 5 kg
- 2.2. Kecepatan angin < 3 m/sekon
- 2.3. Kondisi sepeda motor harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan sebelum dilakukan pengukuran, sepeda motor harus sudah beroperasi pada suhu normalnya.
- 2.4. Tempat pengujian mempunyai lintasan jalan lurus, rata, datar dan dikeraskan.

3. ALAT UJI

Alat uji percepatan sepeda motor roda dua meliputi :

- 3.1. Alat pengukur jarak
- 3.2. Alat pengukur waktu otomatis/manual, dengan ketelitian minimal 1/100 sekon

4. CARA UJI

- 4.1. Uji percepatan, dengan kecepatan awal = 0 km/jam.

Pengujian ini dilakukan dari sepeda motor dalam keadaan berhenti ($v = 0$ km/jam), kemudian dijalankan dengan kecepatan penuh, mulai dari gigi yang paling kecil hingga gigi tertentu, untuk menghasilkan percepatan sesegera mungkin dan kecepatan paling optimal sampai titik akhir pencatatan.

Pencatatan waktu tempuh dapat dilakukan pada jarak 50 m, 100 m, 200 m hingga 400 m dari titik awal 0.

- 4.2. Uji percepatan, dengan kecepatan awal = n km/jam.

Pengujian ini dilakukan mulai dari sepeda motor dalam kecepatan awal tetap/konstan = $n + 2$ km/jam, pada posisi gigi transmisi tertinggi.

Sampai pada titik awal pencatatan (0 m), dilakukan percepatan penuh untuk menghasilkan percepatan yang sesegera mungkin, dan kecepatan paling optimal sampai pada titik akhir pencatatan.

Pencatatan waktu tempuh dilakukan dengan jarak pencatatan seperti pada point 4.1. Jika pengujian pada awal titik pencatat (0 m) dilakukan pada posisi gigi transmisi selain dari posisi gigi tertinggi, kondisi ini harus dicatat pada lembar data.

Kecepatan awal tetap/konstan yang ditentukan ($n + 2$ km/jam) harus dapat dicapai, dengan pemantauan kecepatan awal pada jarak 1 m atau 2 m jika menggunakan alat penghitung waktu otomatis, atau 50 m jika menggunakan alat manual.

5. DATA HASIL UJI DITULIS SEPERTI LAMPIRAN.



