

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR *LIQUIFIED*
PETROLEUM GAS (LPG) DENGAN BAHAN BAKAR BENSIN
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS
BUANG CO DAN HC PADA SEPEDA MOTOR VARIO TECHNO
110 CC TAHUN 2011**

SKRIPSI

*Diajukan kepada tim penguji Skripsi Jurusan Teknik Otomotif sebagai salah
satu persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Strata 1 Pendidikan
Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



Oleh

**RAHMAN HIDAYAT
NIM. 13833/2009**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

PERSETUJUAN SKRIPSI

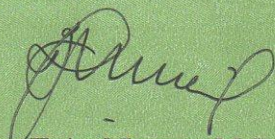
**PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR *LIQUIFIED*
PETROLEUM GAS (LPG) DENGAN BAHAN BAKAR BENSIN
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG CO
DAN HC PADA SEPEDA MOTOR VARIO TECHNO 110 CC TAHUN 2011**

Nama : Rahman Hidayat
NIM : 13833/2009
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 28 April 2016

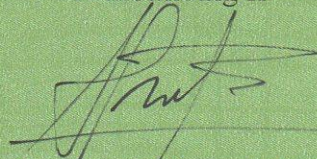
Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. Faisal Ismet, M.Pd
NIP.19491215 197602 1 002

Pembimbing II



Dwi Sudarno Putra, ST, MT
NIP. 19820625 200812 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Otomotif



Drs. Martias, M.Pd
NIP.19640801 199203 1 003

PENGESAHAN SKRIPSI

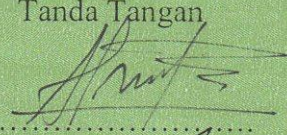
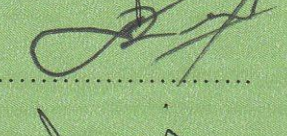
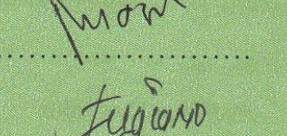
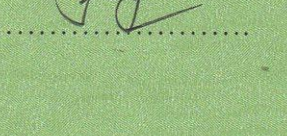
*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*

Judul : **Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011**

Nama : Rahman Hidayat
Nim / Bp : 13833 / 2009
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 28 April 2016

Tim Penguji:

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dwi Sudarno Putra, ST,MT	1..... 
2. Sekretaris	: Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	2..... 
3. Anggota	: Drs. Erzeddin Alwi, M.Pd	3..... 
4. Anggota	: Drs. M. Nasir, M.Pd	4..... 
5. Anggota	: Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si	5..... 



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751), 7055922, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax. 7055644
e-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Rahman Hidayat**
NIM/TM : 13833/2009
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul **"Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011"**. Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 28 April 2016

Saya yang menyatakan,



Rahman Hidayat
NIM. 13833/2009

ABSTRAK

Rahman Hidayat: Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Liquified Petroleum Gas (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011.

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan perbandingan penggunaan bahan bakar *liquified petroleum gas* dengan bahan bakar bensin terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor vario techno 110 CC tahun 2011. Penelitian tersebut dirumuskan masalah seberapa besar perbandingan penggunaan bahan bakar *liquified petroleum gas* dengan bahan bakar bensin terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor vario techno 110 CC tahun 2011. Hipotesis penelitian ini adalah terdapat perbandingan yang signifikan dalam penggunaan bahan bakar *liquified petroleum gas* dengan bahan bakar bensin terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor vario techno 110 CC tahun 2011.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian dilakukan tanggal 28 Oktober 2015 menggunakan sepeda motor Vario Techno. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan pada putaran 1700 rpm, 2700 rpm, dan 3700 rpm, sedangkan Pengujian emisi gas buang dilakukan pada putaran 1700 rpm, 2100 rpm, dan 2500 rpm. Pengujian dilakukan dengan dua pengujian, yaitu pengujian standar dan pengujian eksperimen menggunakan bahan bakar LPG pada sepeda motor Vario Techno 110 CC.

Dari hasil penelitian yang dilakukan terdapat konsumsi bahan bakar terjadi penurunan yang signifikan. Penurunan yang terjadi yaitu sebesar 16,13% pada putaran 1700 rpm, 13,22% pada putaran 3700 rpm kecuali pada putaran 2700 rpm sebesar 6,38%. Pada gas CO dan HC juga terjadi penurunan yang signifikan saat pemakaian gas LPG. Untuk gas CO penurunannya sebesar 69,44% pada putaran 1700 rpm, 62,96% pada putaran 2100 rpm dan 59,09% pada putaran 2500 rpm. Sedangkan untuk gas HC penurunannya sebesar 74,06% pada putaran 1700 rpm, 26,29% pada putaran 2100 rpm dan 28,66% pada putaran 2500 rpm.

Kata Kunci: Gas LPG, bensin, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang CO dan HC, sepeda motor Techno 110 CC tahun 2011.

ABSTRAK

Rahman Hidayat: Comparison Of The Use Of Liquified Petroleum Gas Fuel (LPG) With Gasoline Fuel Against fuel consumption and exhaust emissions of CO and HC On Motorcycles Vario Techno 110 CC in 2011

This study aims to reveal the comparative use of liquified petroleum gas fuel with gasoline fuel against fuel consumption and exhaust emissions of CO and HC on motorcycles vario techno 110 CC in 2011. The study was formulated matter how much a comparison of the use of liquified petroleum gas fuel with gasoline on fuel consumption and exhaust emissions of CO and HC on motorcycles vario techno 110 CC in 2011. The hypothesis of the research is there a significant comparison in the use of liquified petroleum gas fuel with gasoline fuel against fuel consumption and exhaust emissions of CO and HC on motorcycles vario techno 110 CC in 2011.

This research uses experimental research methods. Research is done on 28 October 2015 using motorcycles Vario Techno. Fuel consumption testing done at round 1700 rpm, 2700 rpm, and 3700 rpm, while the exhaust emission Test done at round 1700 rpm, 2100 rpm, and 2500 rpm. Testing is done with two tests, namely testing standards and testing experiments using LPG fuel on the motorcycle Vario Techno 110 CC.

From the research conducted there fuel consumption decreased significantly. The decline that occurred in the amount of 16.13 % at 1700 rpm rotation , 13.22 % at 3700 rpm rotation except at 2700 rpm rotation of 6.38%. In gas CO and HC was also a significant decline in current use LPG gas. CO gas amounted to 69.44% decline in the round 1700 rpm, 62.96% at 2100 rpm rotation and 59.09% at 2500 rpm rotation. As for the HC gas amounted to 74.06% decline in the round 1700 rpm, 26.29% at 2100 rpm rotation and 28.66% at 2500 rpm rotation.

Keywords: Gas LPG, gasoline, fuel consumption, emissions of CO and HC, Techno 110 CC motorcycle in 2011.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011”**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Otomotif. Salawat beserta salam senantiasa tercurahkan selalu kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad S.A.W.

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan secara moril maupun materil, terutama dalam setiap menghadapi kesulitan, hambatan dan rintangan yang penulisan skripsi. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, terutama kepada:

1. Bapak Drs. Syahril, MSCE ,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif.
4. Bapak Drs. M Nasir, M.Pd selaku Penasehat Akademik.

5. Bapak Drs. Faisal Ismet, M.Pd selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dengan segala ketulusan hati dan penuh kesabaran dalam membimbing penelitian untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dwi Sudarno Putra, ST, MT selaku pembimbing II yang telah membimbing dan meluangkan waktunya untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP atas Ilmu Pengetahuan yang telah diberikan.
8. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta selalu memberikan semangat.
9. Rekan-rekan Mahasiswa seperjuangan Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif angkatan 2009.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan penulis, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini selanjutnya.

Padang, April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	7
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian.....	8
F. Asumsi Penelitian.....	8
G. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Deskripsi Teori.....	10
B. Penelitian Relevan.....	31
C. Kerangka Konseptual	32
D. Hipotesis.....	33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian.....	34
B. Defenisi Operasional.....	35
C. Objek Penelitian	37
D. Jenis Dan Sumber Data	37
E. Instrumen Pengumpulan Data	38
F. Prosedur Penelitian.....	39
G. Teknik Pengumpulan Data.....	41
H. Teknik Analisis Data.....	43

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data	45
B. Analisa Data Hasil Penelitian	49
C. Pembahasan	52

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	58
B. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA.....	60
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	63
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor	1
2. Perkembangan Harga BBM Dari Tahun 2013 - 2016.....	3
3. Fraksi Hidrokarbon Hasil Penyulingan Minyak Bumi.....	16
4. Spesifikasi Bahan Bakar.....	17
5. Spesifikasi Gas LPG	19
6. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah terhadap kesehatan manusia	26
7. Pola Penelitian.....	34
8. Spesifikasi Dari Sepeda Motor Vario Techno 110 CC	37
9. Data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Bensin	41
10. Data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Gas LPG	42
11. Data Pengujian Kandungan Emisi Gas Menggunakan Bahan Bakar Bensin.	42
12. Data Pengujian Kandungan Emisi Gas Menggunakan Bahan Bakar Gas.....	42
13. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar bensin (ml)	45
14. Konversi Satuan Hasil Pengujian Bahan Bakar Bensin milliliter (ml) Kedalam Satuan Kilogram (Kg)	46
15. Hasil Pengujian Bahan Bakar LPG (Kg)	46
16. Hasil Pengujian Kandungan Emisi Gas Buang CO Bahan Bakar Bensin	47
17. Hasil Pengujian Kandungan Emisi Gas Buang CO Bahan Bakar LPG (<i>Liquefied Petroleum Gas</i>)	47
18. Hasil Pengujian Kandungan Emisi Gas Buang HC Bahan Bakar Bensin	48

19. Hasil Pengujian Kandungan Emisi Gas Buang HC Berbahan Bakar	
LPG (<i>Liquefied Petroleum Gas</i>)	48
20. Hasil Uji T_{Hitung} Konsumsi Bahan Bakar	50
21. Hasil Uji T_{Hitung} Emisi Gas Buang CO	51
22. Hasil Uji T_{Hitung} Emisi Gas Buang HC	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kosentrasi CO di Perkotaan Tahun 2011-2012	4
2. Kosentrasi HC di Perkotaan Tahun 2011-2012.....	4
3. Proses Pembakaran Normal.....	12
4. Proses Pembakaran Yang Mengalami Detonasi.....	14
5. Hubungan Antara Pemakaian Bahan Bakar, Putaran Mesin	23
6. Kerangka Konseptual	33

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
1. Perkembangan Konsumsi <i>Energy Final</i> Per Jenis Bahan Bakar	2
2. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Liquefied Petrolim Gas Dan Bahan Bakar Bensin	53
3. Perbandingan Emisi Gas Buang CO Yang Dihasilkan Dari Bahan Bakar LPG Dan Bensin	54
4. Perbandingan Emisi Gas Buang HC Yang Dihasilkan Dari Bahan Bakar LPG Dan Bensin	56

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	HALAMAN
1. Surat Izin Penelitian Dari Jurusan	63
2. Surat Izin Penelitian Dari Fakultas Teknik	64
3. Surat Izin Penelitian Dari Dinas Pendidikan Kota Padang.....	65
4. Bukti Surat Telah Melaksanakan Penelitian.....	66
5. Data Hasil Penelitian	67
6. Konversi Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Bensin Dalam Satuan (Kg)	69
7. Analisis Persentase Penurunan Konsumsi Bahan Bakar	72
8. Analisis Standar Deviasi	75
9. Uji Menggunakan Rumus T test Hitung	78
10. T _{Tabel} Lipson	87
11. Hasil Scan Pengujian Emisi Gas Buang Emisi Gas Buang Bahan Bakar Bensin	88
12. Hasil Scan Pengujian Emisi Gas Buang Emisi Gas Buang Bahan Bakar LPG	90
13. Dokumentasi Penelitian	92
14. Skema Modifikasi Karburator Gas LPG	94

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri otomotif pada saat ini berkembang cukup pesat setiap tahunnya jumlah kendaraan terus bertambah. Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia berdasarkan data dari badan pusat statistik (BPS) menurut jenis dari tahun 2008-2013 dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1 : Perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis dari tahun 2012-2013

Tahun	Mobil Penumpang	Bis	Truk	Sepeda Motor	Jumlah
2012	10 432 259	2 273 821	5 286 061	76 381 183	94 373 324
2013	11 484 514	2 286 309	5 615 494	84 732 652	104 118 969

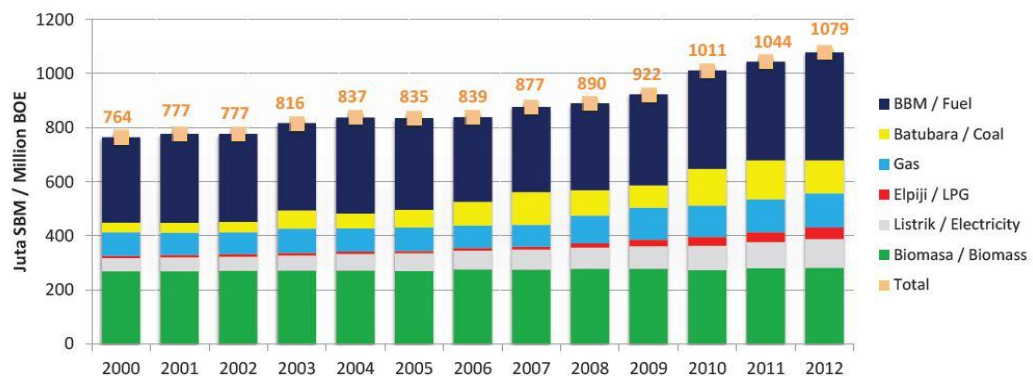
Sumber: <http://www.bps.go.id>

Seiring bertambahnya jumlah kendaraan akan diikuti dengan bertambahnya konsumsi bahan bakar dan meningkatnya polusi yang ditimbulkan oleh kendaraan. Indonesia masih menggunakan bahan bakar yang berasal dari bahan bakar fosil atau minyak bumi hampir semua kendaraan saat ini menggunakan bahan bakar minyak. Dengan terus di eksploranya minyak bumi dan sifat minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui maka persediaan cadangan minyak bumi akan terus menipis dan akan berakibat terjadinya krisis energi.

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Outlook Energi Indonesia 2014

(2014 : 12) menyatakan bahwa:

Konsumsi energi final menurut jenis selama tahun 2000-2012 masih didominasi oleh BBM. Pada tahun 2000, konsumsi minyak solar termasuk minyak diesel mempunyai pangsa terbesar (42%) disusul minyak tanah (23%), bensin (23%), minyak bakar (10%), dan avtur (2%). Selanjutnya pada tahun 2012 urutannya berubah menjadi bensin (50%) hal ini merupakan sektor yang memiliki pertumbuhan tertinggi (6,92%). Minyak solar (37%), avtur (7%), minyak tanah (4%), dan minyak bakar (2%).



Grafik 1. Perkembangan Konsumsi *Energy Final* Per Jenis Bahan Bakar.
Sumber: Outlook Energi Indonesia 2014

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat dari konsumsi bahan bakar di dominasi oleh pengguna bahan bakar minyak yang mengalami pertumbuhan tertinggi mencapai 6,92% pangsa pasar 42%. Semakin meningkatnya kebutuhan kendaraan, sedangkan penyediaan minyak semakin terbatas. Untuk memenuhi kebutuhan minyak dalam negeri Indonesia harus mengimpor minyak, baik dalam bentuk minyak mentah maupun dalam bentuk produk kilang atau bahan bakar minyak (BBM) seperti minyak solar, bensin, dan minyak tanah. Meningkatnya import minyak akan semakin berat beban dan biaya yang harus ditanggung pemerintah Indonesia dalam pengadaan minyak dalam negeri. Menurut Subekti,

dkk dalam anton (2013: 1) bahwa: “Hal tersebut sangat memberatkan pemerintah karena subsidi BBM yang ditanggung pemerintah menjadi lebih besar. Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya pemanfaatan bahan bakar alternatif pada kendaraan”.

Sementara itu cadangan bahan bakar gas sebagai bahan bakar alternatif masih cukup banyak tersedia, yang pemanfaatannya sangat minim digunakan untuk kendaraan bermotor. Pasokan cadangan bahan bakar minyak telah berkurang. Berikut perkembangan harga BBM dari tahun 2013 – 2016 mengalami kenaikan, dapat dilihat pada tabel 2.

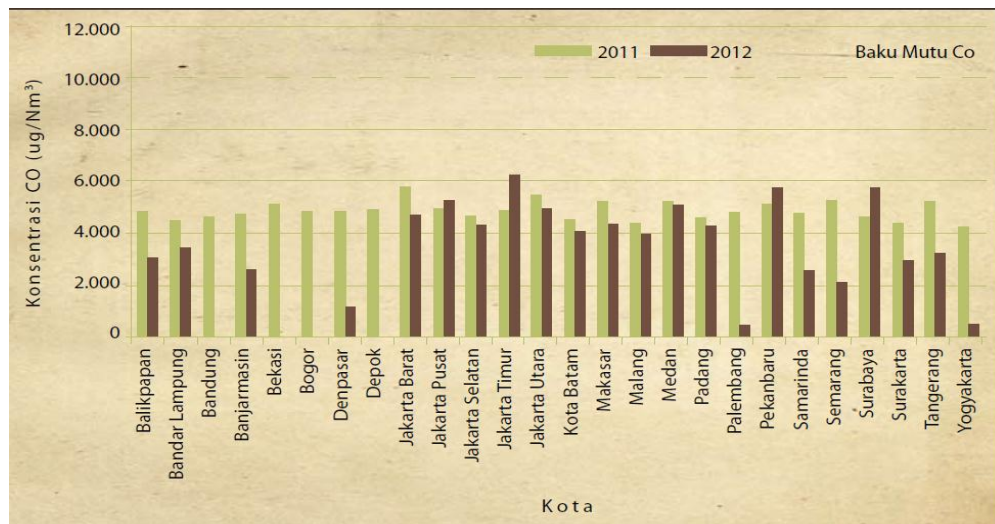
Tabel 2 : Perkembangan harga BBM dari tahun 2013 - 2016

Berlaku		Harga (Rupiah per Liter)	
Tahun	Tanggal	Bensin Premium	Minyak Solar
2016	1 April	6.450,00	5.150,00
	5 Januari	6.950,00	5.650,00
2015	28 Maret	7.300,00	6.900,00
	1 Maret	6.800,00	6.400,00
	19 Januari	6.700,00	6.400,00
	1 Januari	7.600,00	7.250,00
2014	18 November	8.500,00	7.500,00
2013	22 Juni	6.500,00	5.500,00

Sumber: <http://id.wikipedia.org>

Meningkatan jumlah kendaraan juga berdampak negatif terhadap lingkungan, salah satunya berupa pencemaran udara dan kemacetan lalu lintas. Pencemaran udara yang umum dihasilkan dari proses pembakaran mesin dengan bahan bakar bensin adalah Karbon Monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC). Menurut data dari Kementerian Lingkungan hidup dalam buku Status Lingkungan

Hidup Indonesia 2012 (2012: 9). Dibawah ini dapat kita lihat konsentrasi CO, dan HC dari beberapa kota di Indonesia.



Gambar 1. Kosentrasi CO di perkotaan tahun 2011-2012 (KLH, 2012: 15)



Gambar 2. Kosentrasi HC di perkotaan tahun 2011-20112 (KLH, 2012: 17)

Pengukuran kualitas udara di jalan raya meliputi parameter Karbon Monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC). Dibandingkan hasil pemantauan pada tahun 2011 di 22 kota, konsentrasi CO cenderung menurun, kecuali di empat kota (Gambar 1). hidrokarbon telah melebihi baku mutu di 8 kota (Gambar 2), walaupun cenderung menurun dibandingkan pada tahun 2011.

Emisi gas buang sebagian besar merupakan gas yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia apabila masuk ke dalam tubuh melebihi batas normal yang ditetapkan. Menurut Srikandi (1992: 95) “Sumber polusi yang utama berasal dari sektor transportasi, di mana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari *Karbon Monoksida* (CO) dan sekitar 15% terdiri dari *Hidrokarbon* (HC)”. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan emisi gas buang yang dihasilkan juga cenderung meningkat sehingga perlu adanya tindakan nyata untuk mencegah pencemaran udara yang semakin memburuk yaitu dengan mencari energi alternatif yang sudah ada saat sekarang ini seperti, penggunaan Gas LPG sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor.

Bahan bakar gas seperti LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) telah juga banyak dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif untuk pengganti bahan bakar minyak. Di Indonesia, penggunaan bahan bakar gas ini sebagai bahan alternatif masih mengalami kendala diantaranya masih kurangnya minat dan pengetahuan masyarakat mengenai pemanfaatan gas LPG untuk penggunaan bahan bakar pada sepeda motor. Disertai juga dengan bahan bakar gas LPG yang mudah meledak dan gampang terbakar maka dari itu masyarakat takut menggunakan bahan bakar gas LPG dilihat dari keunggulan gas LPG itu sendiri dapat mengurangi emisi gas buang terutama pada kendaraan yang menghasilkan gas buang yang ramah lingkungan, tidak membahayakan lingkungan hidup dan hemat bahan bakar.

Sementara itu dilihat dari fasanya gas akan dengan sangat mudah untuk bercampur dengan udara sehingga didapat campuran yang *Homogen* dan banyak kemungkinan hasil pembakarannya lebih sempurna dibandingkan bensin yang

mempunyai fase cair. Penelitian relevan menyatakan bahwa menggunakan bahan bakar *Liquefied Petroleum Gas* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar bensin, dan juga menggunakan bahan bakar *Liquefied Petroleum Gas* menghasilkan emisi CO, dan HC yang lebih rendah jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar bensin.

Berdasarkan dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa masih dibutuhkan penelitian kembali namun menggunakan rumus analisis T_{Test} Lipson penggunaan bahan bakar *Liquefied Petroleum Gas* memiliki perbedaan yang tidak signifikan terhadap emisi dan konsumsi bahan bakar, karena pengaruh yang ditimbulkan belum dapat ditentukan kesignifikan pada penggunaan bahan bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Berdasarkan dari permasalahan yang telah terungkap pada halaman sebelumnya. Peneliti ingin mengetahui seberapa besar pengurangan emisi gas buang CO dan HC dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor dengan memodifikasi sistem bahan bakar bensin dengan bahan bakar gas sebagai bahan bakar alternatif. Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang timbul adalah sebagai berikut:

1. Semakin menipisnya bahan bakar minyak bumi seiring dengan meningkatnya kebutuhan kendaraan bermotor.
2. Tingginya jumlah kendaraan memberi dampak negatif terhadap lingkungan salah satunya pencemaran udara dan kemacetan lalu lintas.
3. Masih kurangnya minat dan pengetahuan masyarakat mengenai pemanfaatan gas LPG untuk penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor.
4. Masih tingginya emisi gas buang HC dan CO yang dihasilkan oleh bahan bakar bensin.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, maka peneliti membatasi masalah yang diteliti yakni “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011”.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Seberapa besar perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011”.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Dengan Bahan Bakar Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang CO Dan HC Pada Sepeda Motor Vario Techno 110 CC Tahun 2011”.

F. Asumsi Penelitian

Agar tujuan penelitian dapat dicapai sesuai harapan maka peneliti mengaasumsikan beberapa keadaan pada penelitian ini, yaitu:

1. Alat ukur yang dipergunakan adalah alat ukur yang telah di standarkan dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Kondisi operasi mesin pada waktu pengukuran dianggap telah mewakili kondisi sebenarnya di lapangan.
3. Kondisi temperatur mesin saat pengujian dianggap telah sesuai dengan temperatur kerja operasional mesin yaitu pada 85⁰C.
4. Jumlah aliran gas LPG yang masuk kedalam karbulator yang tidak bisa diukur.

G. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang ingin dicapai adalah :

1. Sebagai bahan referensi bagi Jurusan Teknik Otomotif untuk lebih mengembangkan penelitian tentang bahan bakar selanjutnya.
2. Dengan menggunakan bahan bakar Gas LPG dapat mengurangi atau meminimalisir pencemaran udara yang dihasilkan dari emisi gas buang kendaraan bermotor.
3. Sebagai wacana baru untuk membantu program pemerintah melakukan penekanan mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang berbahaya bagi lingkungan hidup dan kesehatan manusia.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Proses Pembakaran Motor Bensin

Menurut Turns (2000: 6) menyatakan “*Definition of combustion as rapid oxidation generating heat or both light and heat also slow oxidation accompanied by relatively little heat and no light* (Definisi dari pembakaran sebagai oksidasi cepat menghasilkan panas dan cahaya, dan juga oksidasi lambat disertai dengan relatif sedikit panas dan tidak ada cahaya)”. Berdasarkan pendapat Heywood (1988: 372) menyatakan bahwa “*The combustion process into four distinct phases: (1) spark ignition; (2) early flame development; (3) flame propagation; and (4) flame termination* (Pembakaran terbagi menjadi empat tahap yang berbeda yaitu (1) pemicu pengapian, (2) pengembangan awal api, (3) perambatan api, (4) pemutusan api)”. Sedangkan menurut Gupta (2009: 158) menyatakan bahwa “*The combustion in a gaseous fuel-air mixture ignited by a spark is characterized by a rapid development of a flame that starts from the point of ignition and spreads outwards in a continuous manner* (Pembakaran dalam silinder terjadi ketika campuran udara dan bahan bakar yang dinyalakan oleh percikan bunga api dan ditandai dengan cepatnya rambatan bunga api yang mulai dari titik pengapian dan menyebar keseluruhan ruangan pembakaran)”.

Berdasarkan Pendapat para ahli diatas dapat diambil kesimpulan bahwa pembakaran adalah sebuah proses oksidasi cepat yang menghasilkan panas dan cahaya yang diikuti oleh oksidasi lambat dengan sedikit panas dan cahaya.

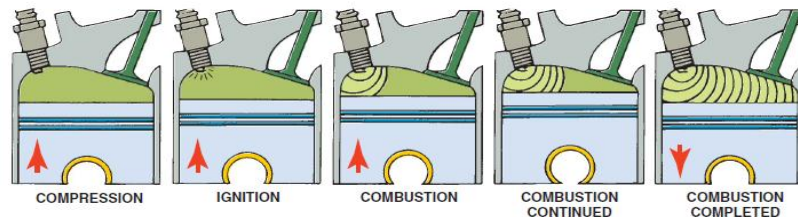
Proses tersebut terjadi didalam silinder ketika campuran bahan bakar dan udara yang dinyalakan oleh percikan bunga api yang berasal dari busi. Bunga api akan merambat keseluruh ruang bakar dan membakar seluruh campuran udara dan bahan bakar.

a. Pembakaran Sempurna (Normal)

Menurut Wardan (1989: 248) menyatakan bahwa, “Pembakaran normal apabila pembakaran di dalam silinder terjadi karena nyala api yang ditimbulkan oleh percikan bunga api oleh busi yang dengan bunga api ini proses terbakarnya bahan bakar berlangsung hingga seluruh bahan bakar yang ada di dalam silinder terbakar habis dengan kecepatan yang relatif konstan”. Sedangkan menurut Heywood (1988: 371) menyatakan bahwa *“Under normal operating conditions, combustion is initiated towards the end of the compression stroke at the spark plug by an electric discharge. Following inflammation, a turbulent flame develops, propagates through this essentially premixed fuel, air, burned gas mixture until it reaches the combustion chamber walls, and then extinguishes* (Pembakaran normal dimulai pada akhir langkah kompresi, busi akan memercikan bunga api. Percikan api dari busi tersebut akan merambat dan akan membakar seluruh campuran bahan bakar dan udara sampai mencapai dinding ruang bakar hingga campuran tersebut terbakar habis”.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa, mekanisme pembakaran yang normal dimulai saat terjadinya loncatan api pada busi. Selanjutnya api akan membakar campuran antara bahan bakar

dengan udara pada ruang bakar dan terus menjalar keseluruh bagian sampai semua campuran bahan bakar dan udara terbakar habis. Dalam pembakaran normal api mulai merambat dari titik api dari busi dan terus menyebar keseluruh ruang bakar secara merata dengan kecepatan yang konstan.



Gambar 3. Proses pembakaran normal
Sumber James D. Helman (2012: 85)

Pada saat campuran bahan bakar dan udara di kompressikan, tekanan dan suhunya menjadi naik, sehingga terjadi reaksi kimia di mana molekul-molekul *hydrocarbon* terurai dan bergabung dengan oksigen. Bentuk ruang bakar yang dapat menimbulkan turbolensi pada gas tadi akan membuat gas bakar tersebut dapat bercampur dalam keadaan homogen.

b. Pembakaran Tidak Sempurna

1) Detonasi/*knocking*/ketukan

Menurut Turns (2000: 598) menyatakan bahwa *Detonation is shock wave sustained by the energy released by combustion* (Detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan oleh energi yang dilepaskan dari proses pembakaran)”.

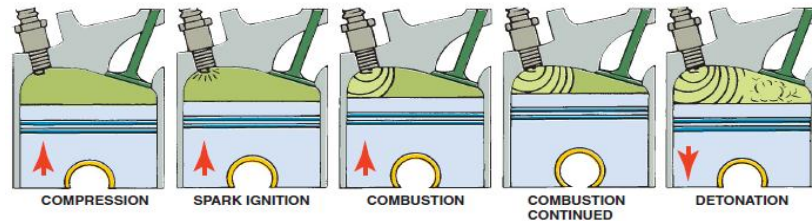
Menurut Bonnick (2008: 185) menyatakan bahwa :

Detonation is characterised by knocking and loss of engine performance. The knocking arises after the spark has occurred and it is caused by regions of high pressure that arise when the flame-spread throughout the charge in the cylinder is uneven. Uneven flame-spread leads to pockets of high pressure and temperature that cause elements of the charge to burn more rapidly than the main body of the charge. Detonation is influenced by engine design factors such as turbulence, heat flow, and combustion chamber shape. The quality of the fuel, including octane rating, also has an effect Detonation may lead to increased emissions of CO and NOx and HC (Detonasi ditandai dengan bunyi ketukan dan kehilangan performa mesin. Ketukan itu muncul setelah percikan bunga api dari busi terjadi dan hal itu disebabkan oleh daerah tekanan tinggi yang muncul ketika api menyebar seluruh muatan dalam silinder secara tidak merata. Api menyebar ke daerah bertekanan tinggi dan temperatur yang menyebabkan unsur untuk membakar lebih cepat daripada ledakan muatan utama. Detonasi dipengaruhi oleh Faktor desain mesin seperti turbulensi, panas aliran, dan bentuk ruang pembakaran. Kualitas bahan bakar, termasuk nilai oktan, juga memiliki efek. Detonasi dapat menyebabkan peningkatan emisi CO, NOx dan HC)''.

Berdasarkan pendapat para ahli diatas maka dapat disimpulkan bahwa detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan dari proses pembakaran yang ditandai dengan hilangnya tenaga mesin dengan dan adanya bunyi ketukan. Ketukan ini terjadi setelah percikan bunga api dari busi yang disebabkan oleh tingginya temperatur sehingga sebaran api tidak merata. Detonasi terjadi disebabkan oleh desain mesin seperti

turbulensi, aliran panas dan bentuk ruang bakar. Kualitas bahan bakar dan angka oktan juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya detonasi.

Gambar di bawah ini menunjukkan proses pembakaran yang mengalami *detonasi*, dimana terdapat dua titik api :



Gambar 4. Proses pembakaran yang mengalami *detonasi*
James D. Helman (2012: 85)

2) Pre-ignition

Menurut Gupta (2009: 173) menyatakan bahwa “*Ignition of the mixture by some hot surface within the combustion space, before the normal spark ignition occurs is called preignition* (Pre-ignition adalah penyalan campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh permukaan panas didalam ruang pembakaran sebelum terjadinya pengapian normal)”.

Menurut Bonnick (2008: 185-186) menyatakan bahwa, “*Pre-ignition is characterised by a high-pitched ‘pinking’ sound, which is emitted when combustion occurs prior to the spark, this being caused by regions of high temperature.* (pre-ignition ditandai dengan suara lengkingan yang tinggi, yang dikeluarkan saat pembakaran terjadi sebelum percikan api dari busi, disebabkan oleh daerah suhu tinggi)”.

Berdasarkan pendapat para ahli diatas maka dapat disimpulkan bahwa *pre-ignition* adalah pembakaran campuran bahan bakar dan

udara yang terjadi akibat suhu tinggi. Hal ini disebabkan dengan adanya permukaan panas diruang bakar sebelum adanya percikan bunga api yang berasal dari busi.

2. Bahan bakar bensin

Menurut James D. Halderman (2012: 81) menyatakan bahwa, *“Gasoline is a term used to describe a complex mixture of various hydrocarbons refined from crude petroleum oil for use as a fuel in engines.* (Bensin adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan campuran kompleks berbagai hidrokarbon yang halus dari minyak mentah untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin)”. Menurut Michael Purba (2007: 92) mengatakan bahwa, “Bensin adalah suatu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, atau empat”. Menurut Jalius Jama (2008) menyatakan bahwa, “Bahan bakar bensin merupakan persenyawaan hidrokarbon yang diolah dari minyak bumi. Premium adalah bensin dengan mutu yang telah diperbaiki/disempurnakan, bahan bakar yang umum digunakan untuk sepeda motor adalah bensin”.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa bahan bakar bensin banyak digunakan untuk kendaraan bermotor yang nantinya akan menghasilkan senyawa yang berbahaya seperti karbon monoksida dan hidrokarbon. Bensin berasal dari minyak bumi yang berasal dari pelapukan jasad hewan-hewan yang terjadi berpuluh-puluh ribu tahun yang lalu. Untuk mendapatkan bensin yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor maka minyak bumi tersebut dilakukan penyulingan-penyulingan. Dari

hasil penyulingan tersebut tidak hanya bensin saja yang dihasilkan tapi banyak lagi jenis bahan bakar yang lainnya yang dapat dimanfaatkan. Seperti yang diterangkan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Fraksi Hidrokarbon Hasil Penyulingan Minyak Bumi

Fraksi	Ukuran molekul	Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	Kegunaan
Gas	$\text{C}_1 - \text{C}_5$	- 160 – 30	Bahan bakar (LPG) sumber hidrogen
Eter petroleum	$\text{C}_5 - \text{C}_7$	30 – 90	Pelarut, binatu kimia (<i>dry cleaning</i>)
Bensin (<i>gasoline</i>)	$\text{C}_5 - \text{C}_{12}$	30 – 200	Bahan bakar motor
Kerosin, minyak diesel/solar	$\text{C}_{12} - \text{C}_{18}$	180 – 400	Bahan akar mesin diesel, bahan bakar industri, untuk cracking
Minyak pelumas	C_{16} ke atas	350 ke atas	Pelumas
Parafin	C_{20} ke atas	Merupakan zat dengan titik cair rendah	Lilin
Aspal	C_{25} ke atas	Residu	Bahan bakar dan pelapis jalan raya

Sumber : Michael Purba (2007:93)

Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas yaitu nilai kalor (*Calorific Value*) yang merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan kecepatan penguapan (*Volatility*) yang mengukur seberapa mudah menguap pada suhu rendah. Dua hal tadi perlu dipertimbangkan karena semakin naik nilai kalor, *Volatility*-nya akan menjadi turun yang menyebabkan bensin susah terbakar.

Menurut Sitorus (2002: 3) Menyatakan bahwa “bahan bakar gas lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar premium. Adapun tingkat pengurangan emisi tertentu untuk kendaraan bahan bakar gas jika dibandingkan dengan bahan bakar bensin adalah CO 60% - 80%, CO₂ 30% dan reaktifitas

pengasil ozon 80% - 90%”. Adapun tabel mengenai sifat bahan bakar premium dan LPG dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Spesifikasi Bahan Bakar

No.	Karakteristik	Premium	LPG	CNG
1	Komposisi	C8H18	C3H8	CH4
2	Densitas	752 kg/m ³	1,5 kg/m ³	0,6 kg/m ³
3	Berat molekul	114,8 kg/kmol	44,09kg/kmol	17,51 kg/kmol
4	Nilai Kalor	45950 kJ/kmol	46360 kJ/kmol	47476 kJ/kmol
5	AFR Stoikiometri	14,57	15,6	16,15
6	Temperatur Penyalaan Min.	360°C	460°C	521,4°C
7	Kecepatan Nyala	20 - 40 m/s	0,82 m/s	0,66 m/s
8	Angka Oktan	88	110	130

Sumber: Tinjauan Pengembangan BBG Sebagai BB Alternatif
(Sitorus: 2002)

Kawano (2012:III-73) menyatakan bahwa:

Bahan bakar gas cair terdiri dari C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀ dan komposisi C₂H₄, C₃H₆, C₄H₈ gas yang dicairkan terdiri dari komponen utama propane, butana dan olefin. Dalam temperatur dan tekanan atmosfer berbentuk gas dengan sedikit tekanan dan temperatur rendah sangat mudah menjadi cair.

Menurut Pulkrabek (2004: 143) menyatakan bahwa, “*The fuel property that describes how well a fuel will or will not self-ignite is called the octane number or just octane.* (Perlengkapan bahan bakar yang menggambarkan seberapa baik bahan bakar atau ukuran dari kualitas bahan bakar)”. Dengan kata lain semakin tinggi angka oktannya makin berkurang kemungkinan terjadinya *knocking*. Kemampuan bahan bakar untuk menahan terjadinya *knocking* sangat penting karena *knocking* itu sangat merugikan terhadap kinerja mesin dan dapat mempercepat kerusakan pada komponen mesin.

Berdasarkan pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa angka oktan adalah sebuah ukuran dari bahan bakar bensin untuk mengetahui kualitas dan ketahanan

bahan bakar terhadap ketukan mesin dengan pengapian sendiri (*self ignition*). Semakin tinggi angka oktan kemungkinan akan berkurang juga terjadinya knocking pada mesin dan juga memperpanjang umur komponen-komponen mesin kendaraan.

3. Bahan Bakar Gas

Menurut Arends dan Berenschot dalam Anton (2013: 9) bahwa, “LPG adalah gas minyak tanah yang dicairkan. Bahan bakar LPG motor terdiri dari campuran *propan* dan *butane*”. Menurut Mufti Mubarak (2010: 1) Menyatakan bahwa, “LPG adalah kependekan dari *Liquefied Petroleum Gas*, merupakan gas hasil produksi dari kilang minyak atau kilang gas, yang komponen utamanya adalah gas *propane* C_3H_8 dan *butane* C_4H_{10} yang dicairkan”.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa LPG (*Liquified Petroleum Gas*) adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Elpiji merupakan gas hidrokarbon hasil produksi dari kilang minyak bumi dan kilang gas dengan komponen utama gas *Propane* (C_3H_8) dan *Butane* (C_4H_{10}).

a. Jenis-jenis LPG Berdasarkan Komposisi :

Menurut Mufti Mubarak (2010: 1) menyatakan bahwa:

“Jenis gas LPG berdasarkan komposisi yaitu:

- 1) LPG *propane* terdiri dari C_3 , yang sebagian besar dipergunakan di industri-industri sebagai pending, bahan bakar pemotong, untuk menyemprot cat dan lainnya.
- 2) LPG *butane* terdiri dari C_4 , dipergunakan oleh masyarakat umum untuk bahan bakar masak.
- 3) Mix LPG dipergunakan oleh masyarakat umum untuk bahan bakar memasak merupakan campuran dari *propane* dan *butane*”.

Pada penelitian ini jenis LPG yang dipergunakan adalah jenis Mix LPG dikarenakan jenis gas ini sudah banyak beredar dilingkungan masyarakat dan sudah banyak dipergunakan sebagai kebutuhan rumah tangga serta untuk mendapatkannya pun tidak terlalu rumit. Ada pun spesifikasi gas LPG terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5. Spesifikasi Gas LPG

Test	Min	Max	Methode
<i>Spesific Gravity at 60/60 °F</i>	<i>To be repoted</i>		ASTM D-1657
<i>Vapour Pressure 100 °F,psig</i>	-	210	ASTM D-1267
<i>Weathering Test 36 Â °F,%vol</i>	95	-	ASTM D-1837
<i>Copper Corrosion 1 hr, 100 °F</i>	-	No. 1	ASTM D-1838
<i>Total Sulfur. Grain/100 cuft</i>	-	15 *)	ASTM D-2784
<i>Composition</i>			
• C4 % volume	97.5		ASTM D-2163
• C5 % volume		2.5	
• C6 % volume		NIL	
<i>Ethyl or Buthyl mercaptan added, ml/100 AG</i>	50		

Sumber: Mufti Mubarak (2010: 2)

b. Sifat Khas Gas LPG

Menurut Mufti Mubarak (2010: 1) menyatakan bahwa:

“Sifat khas gas LPG ada beberapa jenis gas LPG yang perlu diketahui sifat khasnya yaitu:

- 1) Sensitif terhadap api.
- 2) Mempunyai daya pemanasan yang tinggi karena mempunyai nilai kalor yang relatif lebih tinggi per satuan beratnya dibanding bahan bakar lain untuk kegunaan yang sama.
- 3) Bersih, tidak berwarna dan tidak menyebabkan pengkaratan pada besi dan tabung kemasan”.

c. Sifat Umum Gas LPG

Menurut Mufti Mubarak (2010: 1) menyatakan bahwa:

“Sifat umum gas LPG ada beberapa yang perlu diketahui sifatnya umumnya yaitu:

- 1) Berat jenis gas LPG lebih besar dari udara, yaitu:
 - a) *Butana* mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara.
 - b) *Propana* mempunyai berat jenis satu setengah kali berat udara.
- 2) Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar.
- 3) Gas tidak mengandung racun, dan berbau menyengat mudah mendeteksi bila adanya kebocoran.
- 4) Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat
- 5) Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah”.

4. Keunggulan dan Kekurangan Dari Penggunaan Bahan Bakar Gas LPG

Keunggulan dari penggunaan bahan bakar gas LPG dibandingkan dengan jenis bahan bakar yang lainya. Menurut Pulkrabek (2004: 158) menyatakan:

Octane number of 120, which makes it a very good SI engine fuel. One reason for this high octane number is a fast flame speed. Engines can operate with a high compression ratio. Low engine emissions, Less than with methanol. It can be made from coal but this would make it more costly.

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar gas memiliki banyak keuntungan yang tidak dapat dari penggunaan bahan bakar premium, Pulkrabek (2004: 158) menyatakan bahwa penggunaan gas alam memiliki angka oktan 120 sehingga dapat memiliki rasio kompresi yang tinggi dan memiliki emisi gas buang yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan methanol. Energy gas juga dapat diproduksi menggunakan batu bara. Menurut Muji Setiyo (2012: 5), menyatakan: “Gas LPG memiliki nilai oktan 120 RON. Nilai oktan 120 memungkinkan untuk diterapkan pada mesin

dengan perbandingan kompresi yang lebih tinggi sehingga memberikan efisiensi yang lebih tinggi lanjut lagi keunggulan LPG sebagai berikut:

- a. Biaya operasional mesin LPG lebih rendah dan memiliki karakteristik ramah lingkungan.
- b. LPG menjadi alternatif energi yang populer sebagai pengganti bahan bakar bensin.
- c. Ruang bakar lebih bersih sehingga umur mesin meningkat.
- d. Kandungan karbon LPG lebih rendah dari pada bensin sehingga menghasilkan CO yang lebih rendah.

Berdasarkan dari beberapa keunggulan diatas, LPG memiliki beberapa kelemahan. Mesin berbahan bakar gas LPG menghasilkan daya yang lebih rendah dari mesin bensin. Penurunan daya yang terjadi sekitar 5% - 10%. Sistem pengapian harus lebih besar sehingga penyalan mesin menjadi lebih berat, hal ini menyebabkan suhu mesin lebih panas dibandingkan penggunaan bahan bakar bensin.

5. Konsumsi Bahan Bakar

Menurut Jalius Jama dkk (2008: 28) menyatakan, “Konsumsi bahan bakar adalah angka menunjukan berapa banyak kilometer yang dapat ditempuh oleh motor dengan 1 liter bensin”. Sedangkan menurut Yesung (2011: 3) “Pemakaian bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per satuan waktu”. Menurut Toyota Engine Group Step 2 juga menyatakan (1972: 1-8) “Pemakaian bahan bakar adalah angka yang menunjukkan jarak tempuh kendaraan tiap 1 liter bahan bakar”.

Berdasarkan kutipan para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar yaitu jarak yang dapat ditempuh oleh mesin dengan menggunakan 1 liter bahan bakar atau banyaknya jumlah bahan bakar per satuan waktu, dan dapat diukur selama proses pembakaran berlangsung.

Pemakaian bahan bakar pada sebuah mesin selayaknya mendapat pengontrolan secara berkala dari pemilik kendaraan. Salah satu cara untuk mengukur pemakaian bahan bakar adalah dengan menghitung banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam operasi sebuah mesin dalam satuan waktu tertentu.

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$mf = \frac{V}{t} \cdot \rho_{bb} \cdot \frac{3600}{1000} \text{ kg/jam} \quad (\text{H.N Gupta 2009:504})$$

Dimana:

mf = pemakaian bahan bakar (kg/jam)

V = jumlah bahan bakar (cc/detik)

t = waktu yang digunakan (detik)

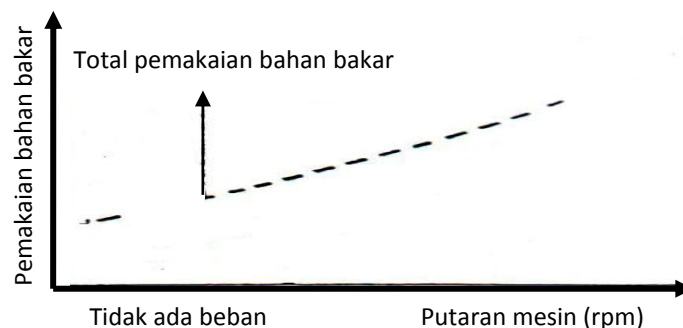
ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar (bensin $0,7329 \text{ gr/cm}^3$)

$\frac{3600}{1000}$ = bilangan konversi

Konsumsi bahan bakar erat kaitannya dengan efisiensi kendaraan. Tingkat konsumsi sebuah mesin terhadap bahan bakar sering kali menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pemilihan sebuah mesin. Usaha yang dilakukan oleh para ahli otomotif saat ini adalah mendapatkan mesin dengan konsumsi bahan bakar rendah (irit) dengan menghasilkan tenaga yang maksimal.

6. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Bahan Bakar

Menurut Arends Barendschot (1980: 17), "Bahwa pemakaian bahan bakar pada motor yang masih dingin adalah lebih tinggi dari pada yang sudah panas". Sedangkan menurut Marsudi (2010: 57), "Kebutuhan campuran udara dan bensin di dalam motor tergantung pada temperatur. Untuk putaran stasioner, beban berat, percepatan tinggi, membutuhkan campuran kaya sedang untuk putaran *engine* normal dan beban ringan maka dibutuhkan campuran miskin. Hal yang sama juga dikatakan Toyota step 2 (1972: 8-33), "Bila putaran mesin bertambah maka jumlah bahan bakar yang dipakai cenderung bertambah". Adapun hubungan antara pemakaian bahan bakar dan putaran mesin ini dapat dilihat pada (Gambar 5).



Gambar 5. Hubungan antara pemakaian bahan bakar, putaran mesin Toyota Step 2 (1972: 3-18)

Menurut Daryanto (2004: 36), konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah:

1. Pemakaian kendaraan:
 - a) Kendaraan digunakan dengan kecepatan tinggi terus-menerus.
 - b) Mesin dijalankan dengan kecepatan lambat kemudian kencang secara tiba-tiba.

- c) Kendaraan seringkali dihidupkan atau dimatikan secara mendadak di jalan karena lalu lintas macet.
 - d) Kendaraan hanya digunakan pada jarak pendek saja.
2. Keadaan komponen mesin.
- a) Pengapian tidak beres disebabkan oleh:
 - (1) Pengaturan waktu pengapian tidak tepat terutama waktu pengapian terlambat.
 - (2) Koil pengapian lemah.
 - (3) Jarak antara busi kurang baik atau tidak tepat.
 - (4) Saringan udara dan karburator sebagian tersumbat.
 - (5) Kompresi mesin rendah.
3. Penyetelan karburator tidak tepat.
- a) Permukaan pelampung terlalu tinggi.
 - b) Pelampung bocor dan sebagian terisi oleh bahan bakar.
 - c) Penyetelan pompa percepatan tidak baik.
 - d) Pada dasar pipa penyiram utama tersumbat, atau paking rusak.

Berdasarkan kutipan di atas dapat disimpulkan bahwa, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar diantaranya adalah temperatur mesin, putaran mesin, beban yang diberikan pada mesin, cara pemakaian kendaraan, keadaan komponen mesin, dan penyetelan karburator tidak tepat.

7. Emisi Gas Buang Kendaraan

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang dibakar didalam ruang bakar pada kendaraan bermotor. Wardan (1989: 345) menyatakan bahwa, “Emisi gas buang adalah merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan, adapun emisi tersebut adalah *hidrokarbon* (HC), *karbon monoksida* (CO)”.

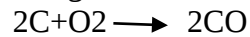
Adapun penjelasan mengenai emisi gas buang CO dan HC adalah sebagai berikut:

a) Emisi Karbon Monoksida (CO)

Menurut Wardan (1989: 345) mengatakan “Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan”. Gas buang kendaraan yang dimaksudkan disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Terdapat empat emisi pokok yang dihasilkan oleh kendaraan. Adapun keempat emisi tersebut adalah senyawa *Hidrocarbon* (HC), *Karbon Monoksida* (CO), *Karbondioksida* (CO₂) dan partikel-partikel yang keluar dari gas buang. Dari keseluruhan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan, gas CO memiliki efek yang paling berbahaya bila dibandingkan dengan emisi gas yang lain.

Menurut Wardan Suyanto (1989: 345)

Karbon Monoksida (CO) terciptadari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya/gemuk (kekurangan oksigen)". Unsur Carbon di dalam bahan bakar dalam suatu proses sebagai berikut:



CO yang di keluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin.

Menurut Srikandi (1992: 94) mengatakan, "*Karbon Monoksida (CO)* adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa dan berbahaya. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air".

Dampak pencemaran dari emisi gas buang karbon monoksida (CO) terhadap kesehatan dapat dilihat pada tabel, berikut:

Tabel 6. Pengaruh Gas CO Pada Hemoglobin (HB) di Dalam Darah Terhadap Kesehatan Manusia

Konsentrasi COHB dalam darah (%)	Pengaruhnya terhadap kesehatan
< 1.0	Tidak ada pengaruh
1.0 – 2.0	Penampilan/sikap tidak normal
2.0 – 5.0	Pengaruhnya terhadap sistem syaraf sentral, penglihatan kabur
≥ 5.0	Perubahan fungsi jantung dan pulmonary
10.0 – 80.0	Kepala pusing, mual, berkunang – kunang

Sumber: Srikandi (1992: 100)

b) Emisi Hidrokarbon (HC)

Dikutip dari Wisnu (2004: 51) menyatakan “Hidrokarbon (HC) adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan atau padatan”. Menurut Srikandi (1992: 113) menyatakan bahwa “Hidrokarbon merupakan polutan udara primer karena dilepaskan ke udara secara langsung”. Selanjutnya Srikandi juga (1992: 115) menyatakan, “Hidrokarbon yang diproduksi oleh manusia yang terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya misalnya dari pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses-proses industri, pembuangan sampah, kebakaran hutan dan ladang dan sebagainya”.

Wisnu (2004: 54) menyatakan, ”Hidrokarbon terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen, maka hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buangan hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara”.

Dampak pencemaran Hidrokarbon (HC) terhadap kesehatan ini dinyatakan oleh Wisnu (2004: 125) bahwa:

“Sebenarnya HC dalam jumlah sedikit tidak begitu membahayakan kesehatan manusia, walaupun HC juga bersifat toksik. Namun kalau HC berada di udara dalam jumlah banyak dan tercampur dengan bahan pencemar lain maka sifat toksinnya akan meningkat. Sifat toksin HC akan lebih tinggi kalau berupa bahan pencemar gas, cairan dan padatan. Hal ini karena padatan HC (partikel) dan HC cairan akan membentuk ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya. Ikatan baru ini disebut sebagai *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH merasak terbentuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru”.

8. Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang Kendaraan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi emisi gas buang pada kendaraan salah satunya adalah komposisi campuran bahan bakar dan udara, timing pengapian, kecepatan mesin, rasio kompresi.

a. Komposisi campuran bahan bakar dan udara

Menurut Daryanto (2013: 66), "Perbandingan campuran udara dan besin yang ideal adalah 15 Kg udara dengan 1 Kg bensin". Menurut Beni (2007) mengatakan, "Perbandingan campuran yang ideal adalah sebesar 1 (C_8H_{18}) : 14,7 (O_2) (dalam satuan berat)". Hal serupa juga dikatakan Awal (2006: 263) menyatakan, "Untuk membakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 udara". Selanjutnya Beni (2007) juga menambahkan, "jika campuran terlalu kurus, NO_x akan menurun, akan tetapi HC akan meningkat secara mendadak karena adanya kegagalan proses pembakaran. Untuk campuran kaya, kadar NO_x akan menurun tetapi kadar CO dan HC meningkat". Pendapat yang sama juga dikatakan oleh Awal (2006: 264), pada kondisi AFR kurus dimana konsentrasi CO dan HC menurun pada saat NO_x meningkat, sebaliknya AFR kaya NO_x menurun tetapi CO dan HC meningkat".

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa, campuran bahan bakar dan udara yang ideal sebesar 14,7 – 15 udara dengan 1 bahan bakar dalam satuan berat. Campuran bahan bakar kaya (kekurangan oksigen) akan menyebabkan kandungan gas karbonmonoksida (CO) dan gas Hidrokarbon (HC) meningkat. Jika campuran bakar bakar kurus (kelebihan

oksigen) akan membuat kandungan gas karbon monoksida (CO) dan gas hidrokarbon (HC) menurun, tetapi gas nitrogen oksida (NO_x) meningkat.

b. Waktu Pengapian

Menurut Suratman (2001) dalam Tomy Candra (2015: 23), “Efek dari saat penyalaan bahan bakar yang tepat dapat dilihat dari jumlah Hidrokarbon dan Karbon Monoksida yang dikeluarkan dari lubang knalpot”. Menurut Gunadi (2010), “Waktu pengapian yang tidak tepat mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga akan menyebabkan kecenderungan emisi gas buang yang dihasilkan menjadi tinggi”. Selanjutnya Gunadi (2010), juga menyatakan, “Perubahan waktu pengapian akan mempengaruhi kandungan emisi yang dihasilkan. Untuk bahan bakar bensin, memundurkan pengapian akan berdampak pada menurunnya emisi gas buang. Ketika pengapian dimajukan, maka HC meningkat dratis”.

Berdasarkan kutipan didapat disimpulkan bahwa, waktu pengapian dapat mempengaruhi jumlah kandungan emisi gas buang, karena saat pengapian yang tidak tepat dapat membuat proses pembakaran didalam ruang bakar tidak terjadi secara sempurna sehingga emisi gas buang dari sisa pembakaran campuran bahan bakar dan udara menjadi tinggi.

c. Kecepatan mesin

Menurut Gupta (2009: 552) mengungkapkan bahwa:

“An increase in the engine speed improves the combustion process within the cylinder by increasing turbulent mixing and eddy diffusion. This promotes after-oxidation of the quenched layer and reduces HC concentrations. At higher speeds, the exhaust port turbulence also increases which promotes exhaust system oxidation reactions of HC through better mixing, resulting in reduced HC. Speed has no effect on CO concentrations because oxidation of CO in the exhaust is kinetically limited rather than mixing limited at the normal exhaust temperatures (Meningkatnya kecepatan mesin dapat meningkatkan proses pembakaran dalam silinder dengan meningkatnya turbulensi campuran dan menyebabkan menurunnya konsentrasi HC dan lapisan oksidasi. Kecepatan tidak berpengaruh pada konsentrasi CO karena oksidasi CO Dalam knalpot kinetik terbatas dibanding campuran pada suhu knalpot normal)”.

Menurut Marlok (1992) dalam Donny Fernandez (2009: 81), menyatakan: “Semakin tinggi kecepatan kendaraan yang digunakan pada suatu kendaraan bermotor, maka jumlah HC dan CO yang dikeluarkan semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan NO₂, dimana semakin tinggi kecepatan kendaraan yang digunakan pada suatu kendaraan bermotor, maka jumlah NO₂ yang dikeluarkan semakin besar”.

Berdasarkan kutipan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan mesin maka proses pembakaran dalam silinder akan meningkat dan turbulensi campuran antara bahan bakar dan udara juga akan meningkat yang menyebabkan menurunnya konsentrasi HC dan CO, tetapi berbanding terbalik dengan NO₂ semakin tinggi kecepatan mesin maka NO₂ yang dikeluarkan semakin besar.

d. Rasio kompresi

Menurut Gupta (2009: 552) menyatakan bahwa : *“Because HC emissions arise primarily from quenching at the wall surfaces of the combustion chamber, a reduced S/V ratio reduces the concentration of HC emissions. CO concentration is not affected by changes in the S/V ratio* (karena emisi HC yang dihasilkan terutama dari pemadaman pada dinding permukaan dari ruang pembakaran, berkurangnya rasio kompresi akan mengurangi pemusatan dari emisi HC. Pemusatan CO tidak berpengaruh oleh rasio kompresi)”.

B. Penelitian Relevan

Untuk mendukung atau mempertegas teori-teori yang telah dikemukakan dalam kajian teori ini, peneliti mengambil dari penelitian-penelitian yang peneliti anggap relevan dengan penelitian ini.

Anton (2013), “Perbandingan Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin Dan LPG Dengan *Konverter Kit Dual Fuel* Sebagai Pengatur LPG Pada Motor Bermesin 150 Cc”. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut, mengalami penurunan yang signifikan pada kadar emisi gas buang terutama CO, dan HC. Penurunan emisi CO tertinggi sebesar 97,54% didapatkan pada putaran 5000 rpm. Penurunan emisi HC tertinggi sebesar 79,29% didapatkan pada putaran 3000 rpm.

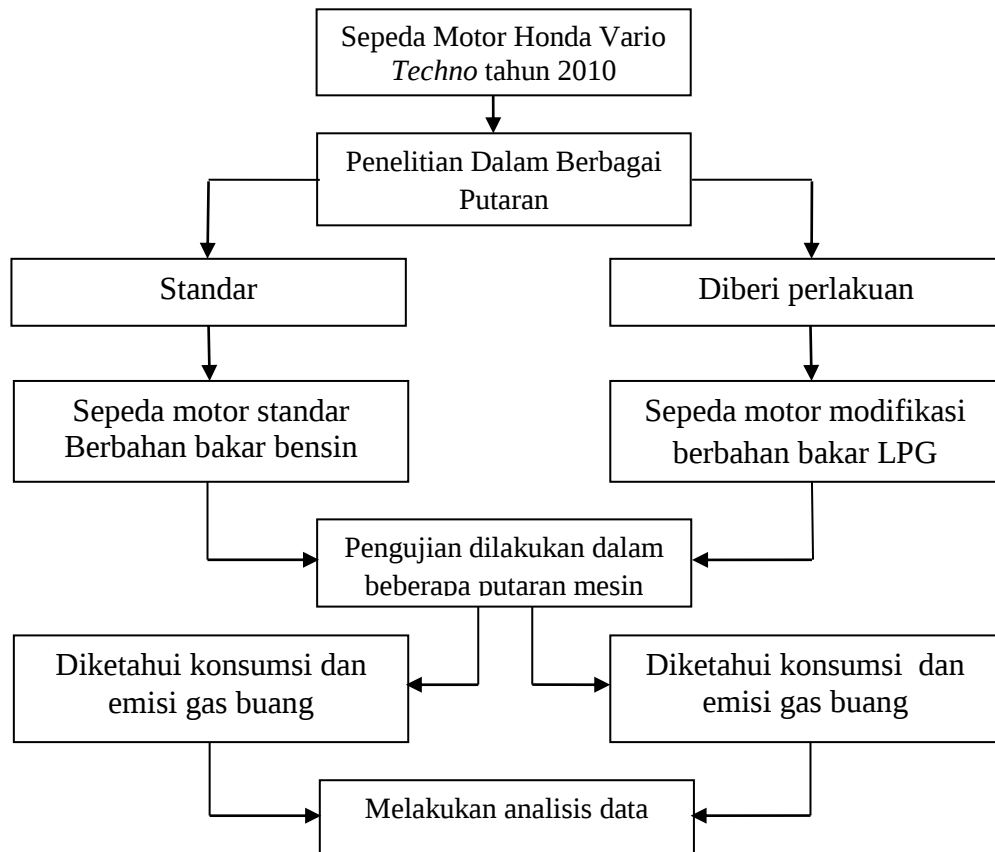
Jevi Gismoro (2010), Penelitian dilakukan pada sepeda motor Honda CS One 125 CC dengan judul “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Langkah”. Berdasarkan dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang tidak signifikan pada penggunaan bahan bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Berdasarkan dari penelitian diatas menggunakan motor dengan tipe manual dengan volume mesin 150 CC dan CS One 125 CC sedangkan pada penelitian, peneliti menggunakan motor tipe matic dengan volume mesin lebih kecil yaitu 110 CC maka peneliti tertarik untuk meneliti sebesar apakah perbandingan konsumsi bahan bakar bensin dengan bahan bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) dan emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan oleh sepeda motor yang berkapasitas 110 CC dengan posisi mesin yang horizontal.

C. Kerangka Konseptual

Penelitian ini bermaksud untuk melakukan analisa terhadap data hasil pengujian motor berbahan bakar LPG dan bensin. Analisa dilakukan dengan melihat polutan yang dihasilkan oleh bahan bakar LPG dan bensin. Selain menganalisa emisi, dalam penelitian ini juga menganalisa konsumsi bahan bakar LPG dan bensin, dari uraian diatas maka dapat ditentukan suatu paradigma analisis jalur penelitian sebagai berikut.

Secara lebih jelas kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram kerangka konseptual seperti berikut:



Gambar 6. Kerangka Konseptual

D. Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah: Terdapat perbandingan yang signifikan dalam penggunaan bahan bakar *liquified petroleum gas* (LPG) dengan bahan bakar bensin terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor vario techno 110 tahun 2011.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Penggunaan bahan bakar gas LPG terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor honda vario *techno* setelah dianalisa terjadi penurunan konsumsi bahan bakar. Penurunan yang terjadi yaitu sebesar 16,13% pada putaran 1700 rpm, 6,38% pada putaran 2700 rpm dan 13,22% pada putaran 3700 rpm. Setelah dilakukan analisa data pada rpm 1700 dan 3700 konsumsi bahan bakar dengan menggunakan uji t , maka diketahui bahwa hipotesis yang penulis ajukan dapat diterima karena rata-rata t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} . Dan pada rpm 2700 t_{hitung} nya lebih kecil dari t_{tabel} maka H_a diterima dengan penggunaan bahan bakar gas LPG pada sepeda motor vario *techno* memberikan dampak yang signifikan kecuali pada rpm 2700 dengan taraf signifikan 5%.
2. Semakin tinggi putaran mesin, semakin rendah kandungan emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan oleh sepeda motor vario *techno*. Terdapat penurunan saat penggunaan bahan bakar gas LPG. Untuk gas CO penurunannya sebesar 69,44% pada putaran 1700 rpm, 62,96% pada putaran 2100 rpm dan 59,09% pada putaran 2500 rpm. Untuk gas HC penurunannya sebesar 74,06% pada putaran 1700 rpm, 26,29% pada putaran 2100 rpm dan 28,66% pada putaran 2500 rpm. Setelah dilakukan analisa data secara keseluruhan pada gas CO dan HC dengan menggunakan uji t , maka diketahui bahwa hipotesis yang penulis ajukan dapat diterima karena rata-rata t_{hitung}

lebih besar dari t_{tabel} , Sehingga dengan penggunaan bahan bakar gas LPG pada sepeda motor vario techno memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan kadar CO dan HC dengan taraf signifikan 5%.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya melihat seberapa besar pengaruh penggunaan bahan bakar *liquified petroleum gas* terhadap tenaga yang dihasilkan mesin.
2. Dalam mendesain konverter kit bahan bakar *liquified petroleum gas* yang dilakukan komponen kurang berkualitas dan tidak memenuhi standar keselamatan, sebaiknya dilakukan dengan menggunakan komponen yang berkualitas dalam mendesain konverter kit agar memenuhi standar keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, (2013). *Perbandingan Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin Dan Lpg Dengan Konverter Kit Dual Fuel Sebagai Pengatur Lpg Pada Motor Bermesin 150 Cc*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Arends Berenschot. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta: Erlangga.
- Awal Syahrani. 2006. "Analisis Kinerja Mesin Berdasarkan Hasil Uji Emisi". *Journal SMARTEK*. Vol. 4. No. No Hlm. 260-266.
- Badan Pusat Statistik (2013). "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987 – 2013". <http://bps.go.id>. Diakses tanggal 23 Desember 2014.
- Beni Setya Nugraha. 2007. "Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor". *Journal Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta*. Vol 5 No 2. Halaman 696-706.
- Bonnick, Allan. (2008). *Automotive Science and Mathematics*. Burlington: Elsevier.
- Daryanto. (2013). *Prinsip Dasar Mesin Otomotif*. Cv Afabeta
- Djoko Yudisworo, (2009). *Studi Alternatif Penggunaan BBG Gas Elpiji Untuk Bahan Bakar Mesin Bensin Konvensional*. Cirebon.
- Donny Fernandez. (2009). *Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO)*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Gunadi. (2010). "Pengaruh Waktu Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mobil Dengan Sistem Bahan Bakar Sistem Injeksi (EFI)". *Laporan Penelitian FT UNY*. Hlm. 1-19.
- Gupta, H N. (2009). *Fundamental Of Internal Combustion Engines*. Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Heywood, Jhon B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United States OF Amerika: McGraw-Hill.James
- D. Halderman. (2012). *Automotive Fuel And Emission Control System*. New Jersey. Pearson Education, Inc.
- Jalius Jama dan Wagino. (2008). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.