



**PENGARUH VARIASI RASIO KOMPRESI TERHADAP PRESTASI  
MESIN MOTOR BAKAR 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR LPG**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
Guna Memenuhi Syarat-Syarat Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Oleh

**YOHANES CHRISTIAN S**

**NIM 111910101025**

**PROGRAM STUDI STRATA 1**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2016**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah saya Lukas A. Susanto yang telah berjuang mendidik saya, dan Ibuku Emi Ernawati tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batasnya hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh kasih;
2. Adik-adikku Albert Christian S, Andreanes Christian S yang selalu setia menyemangati serta memberikan motivasi dan doanya.
3. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat untukku dan untuk pribadi masing-masing.
4. Dosen terbaik Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. Dan Dr. Salahudin Junus.,S.T, M.T. yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing.
5. Saudaraku Teknik Mesin '11 Universitas Jember, M. Syaifudin Ihsan, Pemi Juni Setiawan, M. Dahlaz Dzuhro, Bangkit Nurul Akmal, Febrian Rhama Putra, Farihen, Ahmad Mahfud, Saddam Husein, M. Agung Fauzi, Muhammad Mukri, Arief Hidayatullah, Shofiyen Lesmana, Anton Cahyono, Muslih Muhammad Asa, Imron Rosyadi Octora Rosyadi, Achmad Alifiyan Sobirin, Angga Rahmanto, Luki Agung Prayitno, Irsyadul Absor, M. Arif Ramdhoni, Mei Novan Dani Setyopambudi, Ahmad Sofyan Hadi, Mar'iy Muslih Muttaqin, Muhammad Asrofi, Faisal Karamy, Sofyan Hadi, Ahmad Amril Nurman, Adam Malik, Setyo Pambudi, Muhammad Kahlil Gibran, Dwi Sujatmiko, Sigit Jatmiko, Rizki Erizal, Febri Anggih Setiawan, Nurudin Hamid, Wildan Gobez, Wildan Didi, Hegar, Dimas Triadi, Annas Widadtyawan Firdaus, Jupri, Niko Putra Kurniawan, Agung Widodo, Arisyabana, Lutfi Hilman, Naufal Firas, Dani Bachtiar, Anugrah V Ilannuri, Aunur Rofik, Agus Widiyanto, M. Mirza Rosid Sudrajat, Tito Diaz, Itok Denis, Hendri, Arif Rahmat, Hanif Hermawan,

Muhammad Abduh, Hafid, Yulius, Erda, Saiful Rizal, Adi, Wildan, Aryo Kristian, Yurike Elok Purwanti, Aisyatul Khoiriyah, Novia Dwi Triana, Kiki Ermawati, Ikawati, Upit Fitria, dan lain-lain, yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bias berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surganya kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian;

6. Saudara-saudara Teknik serta adik-adik angkatan yang dirasa membantu dalam proses kuliah dan kehidupan.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

## MOTTO

*“Learn from yesterday, Live for today, Hope for tomorrow”*

(Albert Einstein)

*“Jika kamu memiliki keberanian untuk memulai, kamu juga memiliki keberanian untuk sukses”*

(David Viscoot)

*“Pekerjaan besar tidak dihasilkan dari kekuatan, melainkan oleh ketekunan”*

(Samuel Johnson)

*“Visi tanpa tindakan hanyalah sebuah mimpi. Tindakan tanpa visi hanyalah membuang waktu. Visi dengan tindakan akan mengubah dunia”*

(Joel Arthur Barker)

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yohanes Christian S

NIM : 111910101025

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH RASIO KOMPRESI TERHADAP PRESTASI MESIN MOTOR BAKAR 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR LPG” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember 6 Januari 2016

Yang menyatakan,

(Yohanes Christian S)  
NIM 111910101025

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI RASIO KOMPRESI TERHADAP PRESTASI MESIN  
MOTOR BAKAR 4 LANGKAH BERBAHAN BAKAR LPG**

Oleh  
**Yohanes Christian S**  
**NIM 111910101025**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Salahudin Junus. S.T.,M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Prestasi Mesin Motor Bakar 4 Langkah Berbahan Bakar LPG” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 6 Januari 2016

Tempat : Ruang Ujian Dekanat Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP 19680617 199501 1 001

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.  
NIP 19751006 200212 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutcahyono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Dr. R. Koekoeh K.W., S.T, M.Eng.  
NIP 19670708 199412 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Prestasi Mesin Motor Bakar 4 Langkah Berbahan Bakar LPG;** Yohanes Christian S, 111910101025; 2016; 34 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ ). Komposisi Propana dan Butana sendiri berbanding 60% dan 40%.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari rasio kompresi yang sesuai untuk motor bakar 4 langkah menggunakan bahan bakar LPG agar memiliki prestasi mesin yang maksimum dan juga konsumsi bahan bakar yang minimum.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Mesin Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Politeknik Jember.

Dari hasil penelitian diperoleh data prestasi mesin dengan daya maksimum tertinggi pada rasio kompresi 10,8:1 dengan daya 1,38 HP pada 4500 rpm, torsi maksimum tertinggi pada rasio kompresi 10,8:1 sebesar 0,23 kgm pada 4000 rpm, dan konsumsi bahan bakar 142,85 Rp/km di rasio kompresi 10,8:1.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Prestasi Mesin Motor Bakar 4 Langkah Dengan Bahan Bakar LPG”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus telah memberikan berkat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini;
2. Ayah saya Lukas yang telah berjuang mendidik saya, dan Ibuku Emi tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh Kasih;
3. Adik-adikku tersayang Albert Christian dan Andreanes Christian yang selalu setia menyemangati serta memberikan motivasi
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat untukku dan untuk pribadi masing-masing serta berkat Bapak/Ibu;
5. Dosen tersabar dan terbaik Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. dan Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Saudaraku Teknik Mesin '11 Universitas Jember, M. Syaifudin Ihsan, Pemi Juni Setiawan, M. Dahlaz Dzuhro, Bangkit Nurul Akmal, FebrianRhama Putra, Farihen, Ahmad Mahfud, Saddam Husein, M. Agung Fauzi, Muhammad Mukri, Arief Hidayatullah, Shofiyah Lesmana, Anton Cahyono, Muslih Muhammad

Asa, Imron Octora Rosyadi, Achmad Alifiyan Sobirin, Angga Rahmanto, Luki Agung Prayitno, Irsyadul Absor, M. Arif Ramdhoni, Mei Novan Dani Setyopambudi, Ahmad Sofyan Hadi, Mar'iy Muslih Muttaqin, Muhammad Asrofi, Faisal Karamy, Sofyan Hadi, Ahmad Amril Nurman, Adam Malik, Setyo Pambudi, Muhammad Kahlil Gibran, Dwi Sujatmiko, Sigit Jatmiko, Rizki Erizal, Febri Anggih Setiawan, Nurudin Hamid, Wildan Gobez, Wildan Didi, Hagar, Dimas Triadi, Annas Widadtyawan Firdaus, Jupri, Niko Putra Kurniawan, Agung Widodo, Arisyabana, Lutfi Hilman, Naufal Firas, Dani Bachtiar, Anugrah V Ilannuri, Aunur Rofik, Agus Widiyanto, M. Mirza Rosid Sudrajat, Tito Diaz, Itok Denis, Hendri, Arif Rahmat, Hanif Hermawan, Muhammad Abduh, Hafid, Yulius, Erda, Saiful Rizal, Adi, Wildan, Aryo Kristian, Yurike Elok Purwanti, Aisyatul Khoiriyah, Novia Dwi Triana, Kiki Ermawati, Ikawati, UpitFitria, dan lain-lain, yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bias berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi dan juga cerita kesuksesan kita bersama kelak;

7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 6 Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	v
<b>PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	4
<b>1.6 Hipotesa</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Liquified Petroleum Gasses (LPG)</b> .....	5
<b>2.2 Motor Bensin Empat Langkah</b> .....	6
2.2.1 Siklus Motor Bakar Bensin 4 Langkah.....	7
2.2.2 Siklus Ideal dan Suklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah.....	9
2.2.3 Karakteristik Pembakaran Motor Bensin 4 LAngkah.....	11
<b>2.3 Rasio Kompresi Mesin</b> .....	12

<b>2.4 Unjuk Kerja mesin Otto</b> .....	14
2.4.1 Torsi.....	15
2.4.2 Daya Efektif.....	15
2.4.3 Komsumsi Bahan Bakar.....	15
<b>2.5 Karburator</b> .....	16
2.5.1 Karburator Standart.....	17
2.5.2 Konverter Kit LPG.....	17
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	19
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	19
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	19
3.2.1 Tempat Penelitian .....	19
3.2.2 Waktu Penelitian.....	19
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	19
<b>3.4 Variabel Penelitian</b> .....	20
3.4.1 Variabel Bebas.....	20
3.4.2 Variabel Terikat .....	21
<b>3.5 Prosedur Penelitian</b> .....	21
<b>3.6 Diagram Alir Pengujian</b> .....	24
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
<b>4.1 Uji Daya dan Torsi</b> .....	25
<b>4.2 Uji konsumsi bahan bakar</b> .....	32
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	34
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	34
<b>5.2 Saran</b> .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	35
<b>LAMPIRAN B. FOTO PENELITIAN</b> .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Keseimbangan energi pada motor bakar.....	8
Gambar 2.2	Urutan siklus kerja motor bakar 4 langkah.....	10
Gambar 2.3	Siklus ideal.....	11
Gambar 2.4	Perbandingan siklus ideal dan aktual mesin bensin.....	12
Gambar 2.5	Karburator yang telah dimodifikasi.....	20
Gambar 4.1	Daya Efektif (Ne) pada Rasio Kompresi 9,3:1.....	30
Gambar 4.2	Torsi pada rasio kompresi 9,3:1.....	31
Gambar 4.3	Daya efektif pada rasio kompresi 9,8:1.....	32
Gambar 4.4	Torsi pada Rasio kompresi 9,8:1.....	33
Gambar 4.5	Daya efektif pada variasi rasio kompresi 10,3:1.....	34
Gambar 4.6	Torsi rasio kompresi 10,3:1.....	35
Gambar 4.7	Daya pada rasio kompresi 10,8:1.....	36
Gambar 4.8	Torsi rasio kompresi 10,8:1.....	37
Gambar 4.9	Perbandingan Daya tiap Rasio Kompresi.....	38
Gambar 4.10	Perbandingan Torsi tiap Rasio Kompresi.....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Torsi Rata-rata .....	26
Tabel 3.2 Data Daya Efektif Rata-rata.....	26

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Produksi bahan bakar minyak dunia telah mencapai titik puncaknya sementara kebutuhan energi seluruh dunia meningkat dengan pesat. Bahan bakar gas merupakan sumber energi penting sebagai substitusi unggul dan mampu menyumbangkan andil untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar rumah tangga. Pengelolaan limbah pertanian dan peternakan dilakukan untuk meminimalisir dampak negatifnya dan memaksimalkan dampak keuntungan serta tetap memperhatikan keseimbangan sistem produksi dengan lingkungan hidup (Elizabeth, 2007).

Konversi bahan bakar menjadi BBG khususnya LPG telah berjalan melihat jumlah bahan bakar fosil mulai menipis. Beberapa jenis BBG diantaranya adalah *Liquid Petroleum Gas* (LPG), *Compression Natural Gas* (CNG), *Liquid Natural Gas* (LNG) dan gas hydrogen (Pranadji, 2010).

Perkembangan konversi BBM ke BBG di Indonesia hingga saat ini belum terlihat secara nyata. Infrastruktur utama seperti stasiun pengisian bahan bakar gas yang belum mendukung merupakan kendala dalam pengembangan ini. Mobil berbahan bakar gas dapat berkembang jika tersedia stasiun pengisian BBG yang tersebar di seluruh wilayah (Setiyo,2012).

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ ). Komposisi Propana dan Butana sendiri berbanding 60% dan 40% (Lestari, 2012).

Kendaraan pada umumnya dirancang untuk bahan bakar bensin atau solar maka untuk mengembangkan penggunaan lain sebagai bahan bakar alternatif, perlu dilakukan penelitian tentang ketahanan bahan mesin terhadap bahan bakar selain premium dan solar (Silaholo, 2009).

Peningkatan performa mesin dapat diperoleh dari beberapa cara, salah satunya adalah peningkatan rasio kompresi. Tingginya rasio kompresi meningkatkan kepadatan campuran udara dan bahan bakar dan aliran turbulensi di ruang pembakaran, meningkatnya tekanan pada titik mati atas dan kecepatan pembakaran (Costa, 2011).

Perbandingan kompresi merupakan suatu harga perbandingan antara besarnya volume total silinder dengan volume ruang pembakaran. Tingginya perbandingan kompresi menentukan besarnya tekanan pembakaran campuran bahan bakar dan udara didalam silinder. Menurut Nurliansyah perubahan perbandingan rasio kompresi ruang bakar mempengaruhi torsi dan daya pada motor bakar 4 langkah (Nurliansyah, 2007).

Motor bakar 4 langkah adalah suatu mekanisme yang merubah energi kimia menjadi energi panas kemudian dirubah menjadi energi mekanik dengan empat proses yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah ekspansi dan langkah buang (Krishna, 2009).

Berdasarkan keterangan-keterangan tersebut maka pemakaian bahan bakar LPG harus diikuti dengan peningkatan rasio kompresi agar efisiensi mesin dapat optimal. Pada penelitian sebelumnya oleh Dendi Handiman mengalami kesulitan modifikasi karburator dan input udara yang digunakan untuk campuran LPG. Cara meningkatkan rasio kompresi bisa dilakukan dengan cara mensekrap silinder mesin atau mengurangi pack pada mesin yang bertujuan mengurangi volume sisa.

Dengan adanya pemanfaatan LPG sebagai bahan bakar alternatif diharapkan memiliki nilai tambah dalam kebutuhan konsumsi bahan bakar. Dan sebagai bahan bakar pengganti BBM.

Dalam penelitian ini diharapkan dengan memvariasikan rasio kompresi pada ruang bakar motor bakar 4 langkah dengan bahan bakar LPG bisa didapatkan rasio kompresi yang sesuai dengan mendapatkan daya dan torsi yang maksimal.

## **1.2.Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana daya motor bensin 4 langkah menggunakan bahan bakar LPG dengan variasi perbandingan kompresi ruang bakar.
- b. Bagaimana torsi motor bensin 4 langkah menggunakan bahan bakar LPG dengan variasi perbandingan kompresi ruang bakar.
- c. Bagaimana pengaruh berbanding kompresi ruang bakar terhadap konsumsi bahan bakar motor bakar 4 langkah menggunakan bahan bakar LPG.

## **1.3.Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan adalah:

1. Pengujian dilakukan pada satu jenis motor bakar 4 langkah 115 cc dengan menggunakan *motorcycle dynamometer*;
2. Bahan bakar menggunakan LPG 3 kg (60% propana dan 40% butana);
3. Unjuk kerja meliputi torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar;
4. Tariasi perbandingan kompresi didapat dengan pembubutan pada blok silinder dan menambah atau mengurangi pack;
5. Tidak menguji nilai oktan;
6. Tidak menganalisa modifikasi pada karburator;
7. Tidak menguji AFR (*Air Fuel Ratio*)

## **1.4. Tujuan dan Manfaat**

### **1.4.1. Tujuan**

Penelitian ini bermaksud mengetahui dan menganalisis pengaruh bahan bakar menggunakan LPG terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah 115 cc dengan variasi perubahan rasio kompresi.

Penelitian ini memiliki tujuan khusus meliputi:

1. Apakah variasi rasio kompresi berpengaruh terhadap daya motor bakar 4 langkah dengan bahan bakar LPG?
2. Apakah variasi rasio kompresi berpengaruh terhadap torsi motor bakar 4 langkah dengan bahan bakar LPG?
3. Apakah variasi rasio kompresi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar motor bakar 4 langkah dengan bahan bakar LPG?

#### 1.4.2. Manfaat

Manfaat secara khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu meningkatkan kualitas ilmu pengetahuan, khususnya sebagai pertimbangan penelitian tentang pemanfaatan LPG sebagai bahan bakar dan penyesuaian prestasi mesin motor bensin terhadap semua suplemen bahan bakar di masyarakat.
2. Dapat dimanfaatkan oleh pemerintah dalam upaya penanggulangan polusi udara.
3. Dapat memaksimalkan peran LPG sebagai bahan bakar alternatif pada motor bakar.

#### 1.5. Hipotesa

Semakin tinggi rasio kompresi pada penelitian motor bakar 4 langkah ini maka semakin tinggi atau semakin baik unjuk kerja yang dihasilkan oleh motor tersebut. Karena pembakaran pada ruang mesin semakin baik karena angkat oktan LPG yang lebih tinggi cocok untuk rasio kompresi lebih tinggi dan mengakibatkan semakin sedikit energi yang terbuang maka konsumsi bahan bakar yang diperlukan semakin rendah.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. **Liquified Petroleum Gasses (LPG)**

#### 2.1.1. Liquified Petroleum Gasses (LPG)

LPG adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ ). LPG juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana ( $C_2H_6$ ) dan pentane ( $C_5H_{12}$ ) (Arijanto, 2015).

Dalam kondisi atmosfer, LPG akan berbentuk gas. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu LPG dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*thermal expansion*) dari cairan yang dikandungnya, tabung LPG tidak diisi secara penuh, hanya sekitar 80 - 85% dari kapasitasnya. Rasio antara volume gas bila menguap dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan dan temperatur (Hidayat, 2012).

Tekanan di mana LPG berbentuk cair, dinamakan tekanan uapnya, juga bervariasi tergantung komposisi dan temperatur; sebagai contoh, dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2.2 bar) bagi butana murni pada 20 °C (68 °F) agar mencair, dan sekitar 2,2 MPa (22 bar) bagi propane murni pada 55 °C (131 °F). Menurut spesifikasinya, LPG dibagi menjadi tiga jenis yaitu LPG campuran, LPG propana dan elpiji butana (Norazlan, 2008). Spesifikasi masing-masing elpiji tercantum dalam keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor: 25K/36/DDJM/1990.

#### 2.1.2. Cara Pembuatan LPG

Minyak bumi atau minyak mentah sebelum masuk kedalam kolom fraksinasi (kolom pemisah) terlebih dahulu dipanaskan dalam aliran pipa dalam *furnace* sampai dengan suhu  $\pm 350^\circ\text{C}$ . Minyak mentah yang sudah dipanaskan tersebut kemudian masuk kedalam kolom fraksinasi. Untuk menjaga suhu dan tekanan dalam kolom

maka dibantu pemanasan dengan steam (uap air panas dan bertekanan tinggi) (Norazlan, 2008).

Karena perbedaan titik didih setiap komponen hidrokarbon maka komponen-komponen tersebut akan terpisah dengan sendirinya, dimana hidrokarbon ringan akan berada dibagian atas kolom diikuti dengan fraksi yang lebih berat dibawahnya. Pada tray (sekat dalam kolom) komponen itu akan terkumpul sesuai fraksinya masing-masing (Hidayat, 2012).

Minyak bumi atau minyak mentah diambil dari dalam bumi kemudian dikirim ke tempat produksi. Minyak mentah yang sudah dipanaskan tersebut kemudian masuk kedalam kolom fraksinasi. Dimana gas merupakan hidrokarbon ringan berada di atas atau pemisahan gas dari minyak (*associatde gas*) dan masuk ke dalam tangki pengolahan gas (Norazlan, 2008).

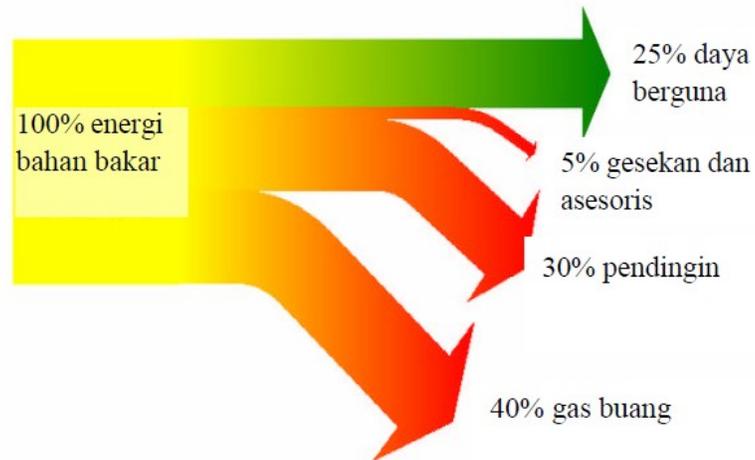
## **2.2. Motor Bensin Empat Langkah**

Motor bensin merupakan motor pembakaran dalam yaitu mesin yang memanfaatkan fluida kerja berupa gas panas hasil pembakaran, dimana antara medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah (Sulistiono, 2010).

Motor bakar bensin terdiri dari dua jenis motor yaitu motor bensin 2 langkah dan motor bensin 4 langkah, motor bensin termasuk mesin pembakaran dalam yang merupakan motor dengan konversi energi tidak langsung. Artinya energi kimia dari bahan bakar diubah melalui proses pembakaran dalam silinder tertutup menjadi energi termis yang kemudian diubah menjadi energi mekanis. Bahan bakar standar motor bensin adalah premium yaitu terdiri dari heptana dan isooktana ( $C_8H_{18}$ ) (Siregar, 2009).

Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Dari gambar terlihat daya berguna bagiannya hanya 25% yang artinya mesin hanya mampu menghasilkan 25% daya berguna yang biasa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya dipakai untuk

menggerakkan aksesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan, dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang melalui air pendingin (Widodo dan Doni, 2008). Dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Keseimbangan energi pada Motor Bakar (Khrisna, 2009)

### 2.2.1. Siklus Motor Bakar Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah merupakan motor pembakaran dalam yang bekerja dalam satu siklus pembakaran terjadi 4 kali penggerak torak atau 2 kali putaran poros engkol (Hidayat, 2012). Prinsip kerja atau siklus yang terjadi secara periodik pada motor bakar bensin 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Langkah Pemasukkan (*Intake*)

Dimulai dengan torak bergerak dari titik mati atas (TMA) dan berakhir ketika torak mencapai titik mati bawah (TMB). Untuk menaikkan massa yang terhisap katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Karena pergerakan piston tersebut, tekanan pada ruang bakar menurun maka campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk ke dalam ruang bakar.

b. Langkah Kompresi (*compression*)

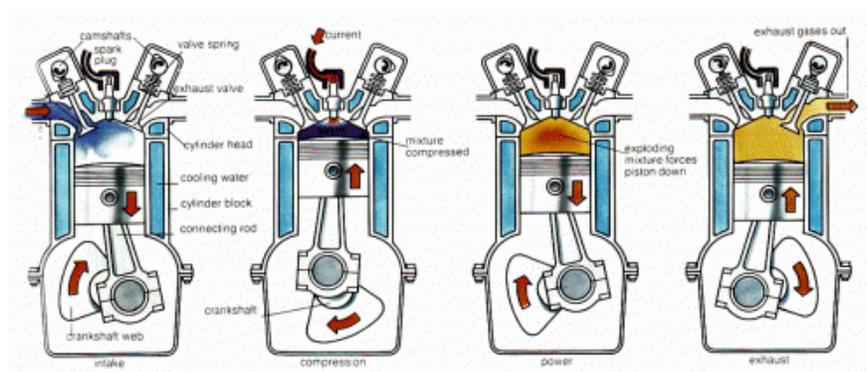
Torak bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas) dengan katup hisap dan katup buang tertutup. Sehingga terjadi proses kompresi yang mengakibatkan tekanan dan temperatur di dalam silinder naik.

c. Langkah Ekspansi (*expansion*)

Sesaat sebelum torak mencapai TMA (Titik Mati Atas) pada langkah kompresi, busi dinyalakan sehingga terjadi proses pembakara. Akibatnya tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi, sehingga torak mampu melakukan langkah kerja atau langkah ekspansi. Langkah kerja dimulai dari dari posisi torak pada TMA (Titik Mati Atas) dan berakhir pad posisi TMB (Titik Mati Bawah) saat katup buang sudah mulai terbuka pada awal langkah buang. Langkah ekspansi sering disebut juga langkah kerja (*power stroke*).

d. Langkah Buang (*exhaust*)

Dimulai dengan torak bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas), katup hisap tertutup dan katup buang terbuka, sehingga gas hasil pembakaran berbuang. Ketika katup buang terbuka, torak menyapu keluar sisa gas pembakaran hingga torak mencapai TMA. Ketika torak mencapai TMA, katup masuk membuka, katup buang tertutup dan siklus dimulai lagi. Keterangan gambar dapat dilihat di gambar 2.2.



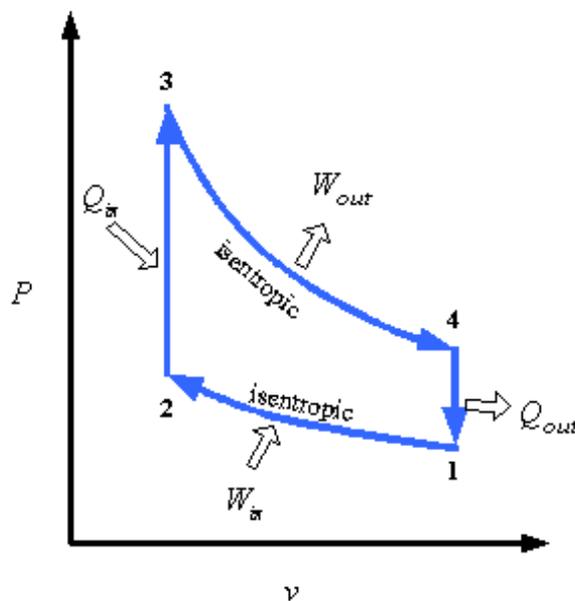
Gambar 2.2 Urutan Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah (Khrisna, 2009)

### 2.2.2. Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

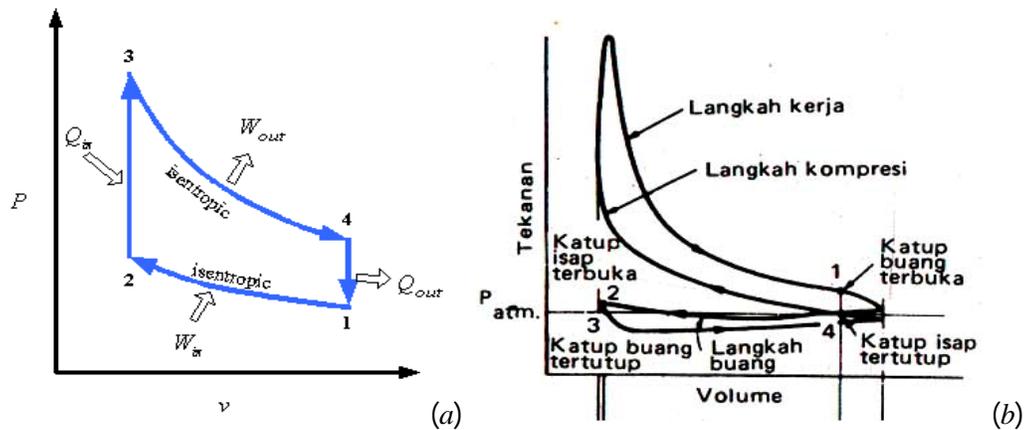
Dalam bukunya (Arismunandar, 2005), Proses teoritis (Ideal) motor bensin adalah proses yang bekerja berdasarkan siklus otto pada gambar 2.3 dimana proses pemasukkan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang ditetapkan dalam hal ini adalah:

1. Kompresi berlangsung isentropik;
2. Pemasukkan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu;
3. Ekspansi isentropik;
4. Pembuangan kalor pada volume konstan;
5. Fluida kerja udara adalah dengan sifat gas ideal dan selama proses, panas jenis konstan;

Efisiensi siklus aktual jauh lebih rendah dibandingkan dengan siklus teoritis karena berbagai kerugian pada operasi mesin aktual yang disebabkan oleh beberapa kasus penyimpangan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Siklus ideal (Khrisna, 2009)



Gambar 2.4 (a) Siklus ideal dan (b) aktual mesin bensin (Khrisna, 2009)

Beberapa penyimpangan dari siklus ideal pada Gambar 2.4 terjadi karena beberapa factor yaitu:

- Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- Katup tidak dapat terbuka dan tertutup tepat pada saat TMA dan TMB karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja, kerugian itu dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan besarnya beban dan kecepatan torak;
- Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- Pada motor bakar yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA tidak terdapat proses pemasukkan kalor seperti pada siklus udara. Pemasukkan kalor disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara dalam silinder;
- Proses pembakaran memerlukan waktu untuk memulai pembakaran. Pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena bergerak torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sesudah torak kembali bergerak kembali ke TMA menuju TMB. Jadi pembakaran tidak dapat berlangsung

pada volume dan tekanan konstan. Kenyataan pembakaran tidak pernah terjadi pada kondisi sempurna;

- f. Terjadi kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- g. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- h. Terdapat kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

### 2.2.3. Karakteristik Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah

Pembakaran didefinisikan sebagai kombinasi kimia yang relatif cepat antara hydrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen yang menghasilkan pembebasan energi dalam bentuk panas. Energi panas diperoleh dari pembakaran campuran sejumlah bahan bakar dan udara dengan diawali oleh percikan bunga api dari busi (*spark plug*). Pada proses tersebut terjadi reaksi kimia yang cepat antara hydrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen yang terkandung dalam udara. Total energi yang dilepaskan oleh proses pembakaran sekitar 20% digunakan untuk menggerakkan motor, sisanya hilang karena *friction*, *aerodynamic drag*, *accessory operation*, atau hilang karena perpindahan panas ke sistem pendingin (Sulistiono, 2010).

Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen, yaitu bahan bakar, oksigen, dan panas. Pembakaran sempurna diasumsikan bahwa semua bahan bakar terbakar sempurna dengan perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1. Pembakaran sempurna menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan uap air (H<sub>2</sub>O) seperti pada reaksi kimia di bawah ini (Nugraha, 2007).



Pada kenyataannya, (Swisscontact dalam Nugroho, 2004) menjelaskan bahwa pembakaran mesin tidak pernah terjadi sempurna hal ini disebabkan:

- a. Waktu pembakaran yang singkat;
- b. Overlapping katup;
- c. Udara yang masuk tidak murni oksigen;
- d. Bahan bakar yang masuk tidak murni oktan ( $C_8H_{18}$ );
- e. Kompresi tidak terjamin rapat sempurna.

Pembakaran adalah kombinasi kimia relatif cepat antara hidrokarbon pada bahan bakar dengan oksigen di udara dan penyalaan dari api yang kemudian menghasilkan energi dalam bentuk panas. Adapun syarat terjadinya pembakaran adalah adanya campuran yang dapat terbakar, adanya sesuatu yang menyulut pembakaran dan stabilitas dari api dalam ruang bakar (Siregar, 2009).

### **2.3. Rasio Kompresi Mesin**

Perbandingan kompresi merupakan suatu harga perbandingan antara besarnya volume total silinder dengan volume ruang bakar. Perbandingan kompresi yang tinggi menentukan besarnya tekanan pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Peningkatan kompresi dapat dilakukan dengan memperkecil volume ruang bakar dengan cara menskrap silinder atau kepala silinder. Pemotongan silinder atau kepala silinder mengakibatkan volume ruang bakar menjadi lebih kecil sehingga temperatur dan tekanan pembakaran. menjadi lebih tinggi yang akan berpengaruh terhadap tenaga atau daya yang dihasilkan. Cara ini cukup efisien tetapi resikonya bila penskrapan terlalu banyak maka piston akan membentur katup yang dapat mengakibatkan katup bengkok dan resiko terjadinya detonasi menjadi lebih besar (Prabowo, 2015).

Sebagian besar investigasi tekanan silinder biasanya diukur dengan transduser tekanan piezoelektrik. Dalam studi ini, profil silinder diselidiki menggunakan perangkat lunak simulasi komputasi dari data mesin pengapian kompresi yang nyata kemudian dikonversi ke mesin CNG injeksi port spark pengapian. Perangkat lunak

ini telah digunakan dalam penelitian ini adalah GT-POWER perangkat lunak. GT-POWER adalah alat simulasi mesin terkemuka yang digunakan oleh pembuat mesin dan kendaraan dan perlengkapan dan cocok untuk analisis dari berbagai masalah mesin (Dayang, 2014).

Tekanan kompresi motorik ini adalah tekanan yang sering di ukur oleh mekanik dengan alat *compression gauge* dengan satuan kPa, psi atau bar. Tekanan motorik akhirnya lebih dikenal dengan tekanan kompresi. Tekanan ini membaca tekanan kompresi di ruang bakar tanpa adanya penyalaan busi, caranya dengan memasang *compression gauge* pada lubang busi kemudian handle gas kita tarik penuh (*full open throttle*) kemudian kita engkol dengan kick starter hingga jarum bergerak naik dan berhenti pada angka tertentu. Nilai yang di dapat adalah tekanan kompresi motorik. Tekanan motorik ini kisaran 900 kPa hingga 1400 kPa untuk motor standar, atau 9 – 13 psi (Siregar, 2009).

Yang kedua adalah tekanan ruang bakar. Tekanan ini dihitung saat mesin menyala atau terjadi proses pembakara. Pengukuran ini tidak menggunakan alat *compression gauge* lagi, namun memakai sensor pressure yang ditanam di silinder head. Tekanan kompresi pembakaran ini biasa mencapai 10 kali lipat dari tekanan motorik (Sulistiono, 2010).

Perbandingan kompresi adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan volume antara volume total silinder dan volume ruang bakar. Volume silinder sering kita sebut dengan simbol V2 (contoh 100 cc, 160 cc, 200 cc) sedangkan volume ruang bakar kita beri simbol V1. Sehingga rumus perbandingan kompresi sebagai berikut:

$$Cr = \frac{(V1+V2)}{V2} \dots \dots \dots (2.1)$$

- Dimana:
- Cr = rasio kompresi
  - V1 = volume silinder atau volume langkah (mm<sup>3</sup>)
  - V2 = volume ruang bakar atau volume sisa (mm<sup>3</sup>)

Semakin tinggi rasio kompresi, semakin sempit V1 atau pula semakin besar V2, semakin tinggi pula tenaga yang dihasilkan. Logikanya semakin kecil volume ruang bakar berarti pemadatan bahan bakar dan udara semakin padat, sehingga ledakan pembakaran semakin besar dan semakin besar pula tenaganya. Motor-motor balap *hight performance engine* memiliki rasio kompresi dari 11 : 1 hingga 16 : 1 (Sulistiono, 2010).

Dari ketiga kata kompresi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tekanan kompresi baik motorik dan pembakaran dihitung pada saat langkah kompresi.
2. Tekanan kompresi tinggi tidak selalu identik atau sama dengan rasio kompresi tinggi.
3. Rasio kompresi tinggi terkadang menyebabkan tekanan kompresi juga tinggi (tergantung rasio kompresi aktual).

#### **2.4. Unjuk Kerja Mesin Otto**

Tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluaran kerja dan keandalan dari mesin. Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri (Hidayat, 2012).

Parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam motor otto empat langkah adalah:

1. Torsi (T);
2. Daya efektif (Ne);
3. Konsumsi bahan bakar;

##### **2.4.1. Torsi (T)**

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya torsi dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer*. Besarnya Torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = I.\alpha \text{ [N.m]} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan:  $T$  = momen gaya yang dihasilkan (N.m)  
 $I = 0,5.M.r^2$  = inersia roller (N/m<sup>2</sup>)  
 $\alpha$  = percepatan sudut (rad/sec<sup>2</sup>)

#### 2.4.2. Daya efektif (Ne)

Dalam bukunya (Hidayat, 2012) daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi yaitu daya yang dihasilkan torak. Daya efektif didapatkan dengan mengalihkan Torsi ( $T$ ) dengan kecepatan enguler poros ( $\omega$ ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ne = T.\omega = \frac{T.2.\pi.n}{60.75} = \frac{T.n}{716,2} \text{ (hp)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan  $Ne$  = daya efektif (hp)  
 $T$  = torsi (Nm)  
 $\omega$  = kecepatan angular poros (rad/s)  
 $n$  = potaran poros engkol (rpm)

#### 2.4.3. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah ukuran banyak atau sedikitnya bahan bakar yang digunakan suatu mesin untuk menempuh jarak tertentu. Campuran bahan bakar yang dihisap masuk ke dalam silinder akan mempengaruhi tenaga yang dihasilkan karena jumlah bahan bakar yang dibakar menentukan besar panas dan tekanan akhir pembakaran yang digunakan untuk mendorong torak dari TMA ke TMB pada saat langkah usaha (Anton, 2013).

Perhitungan konversi konsumsi bahan bakar dalam rupiah adalah sebagai berikut:

$$H = K \times \text{HARGA BBM}$$

$H$  = harga pemakaian bahan bakar (Rp)  
 $K$  = konsumsi bahan bakar (ml untuk premium, gr untuk LPG)  
 Harga BB = Rp/ml untuk premium Rp/gr untuk LPG

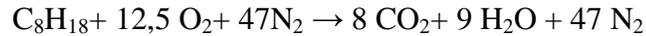
## 2.5. Karburator

### 2.5.1. Karburator Standar

Untuk beberapa dekade, karburator digunakan pada motor bensin untuk menambahkan bahan bakar ke udara masuk. Prinsip dasar karburator sangat sederhana, beda dengan ketika injektor bahan bakar akhirnya menggantikannya sebagai sistem pemasukan bahan bakar, ia dikembangkan menjadi sistem yang kompleks, canggih, dan mahal (Budianto, 2014).

Saat udara masuk mesin karena adanya penurunan tekanan antara udara atmosfer dan kevakuman dalam silinder selama langkah masuk, ia mempercepat ke kecepatan tinggi dalam *throat* dari venturi karburator. Dengan prinsip Bernoulli's, karena tekanan dalam throat P2 diturunkan nilainya kurang dari tekanan P1 (sekitar 1 atm). Tekanan diatas bahan bakar dalam bak bahan bakar sama dengan tekanan atmosfer sebagaimana bak di beri ventilasi ke sekitar ( $P3 = P1 > P2$ ). Untuk itu penurunan tekanan melalui pipa *capiler supply* bahan bakar, gaya bahan bakar mengalir ke throat venturi. Ketika bahan bakar mengalir keluar ujung pipa kapiler, ia pecah menjadi butiran yang sangat kecil yang terbawa oleh udara kecepatan tinggi. Butiran kemudian menguap dan bercampur dengan udara dalam saluran masuk (Kudhori, 2010).

Pembakaran di dalam silinder merupakan reaksi kimia antara unsur yang terkandung di dalam campuran bahan bakar dan udara, yaitu hydrocarbon dengan oksigen yang diikuti dengan timbulnya tekanan dan panas. Tekanan dan panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga. Proses pembakaran di dalam silinder dipengaruhi banyak faktor, diantaranya adalah tekanan kompresi, sistem pengapian, konstruksi ruang bakar, mekanisme katup, dan perbandingan campuran bahan bakar dan udara. Perbandingan teoritis campuran bahan bakar dan udara yang ideal adalah sebesar 1 ( $C_8H_{18}$ ) : 14,7 ( $O_2$ ) (dalam satuan berat). Secara kimiawi, proses pembakaran terjadi secara sempurna apabila unsur-unsur yang menghasilkan gas sisa pada proses pembakaran pada motor bensin dirumuskan sebagai berikut :



Proses pembakaran yang ideal akan menghasilkan emisi gas buang yang rendah. Dalam sebuah motor bensin, pembakaran campuran yang tidak sempurna seringkali mengakibatkan sisa campuran bahan bakar yang belum terbakar terbuang ke udara bebas sehingga masih mengandung unsur unsur yang berbahaya bagi kesehatan (Nugraha, 2007).

### 2.5.2. Konverter Kit LPG

Konverter kit adalah alat yang digunakan sebagai pengganti karburator pada kendaraan. Konverter kit sendiri adalah karburator yang telah dimodifikasi agar sesuai digunakan untuk LPG sebagai bahan bakar. Tujuan dari Modifikasi ini adalah mengubah Karburator Bensin agar bisa digunakan sebagai Karburator gas LPG. Dua point penting pada Modifikasi adalah menyediakan saluran masuk untuk udara dan gas LPG (Kudhori, 2010).

Karburator pada Konverter Kit LPG mempunyai saluran gas untuk mensuplai udara dan gas LPG pada saat Putaran load running atau sepeda motor bergerak dengan beban dari berat motor itu sendiri dan berat pengendara. Perbedaannya terdapat pada ukuran jarum skep (*Jet Needle*) yang digunakan. Jarum skep kita ganti dengan ukuran diameter yang lebih besar (Khakim, 2012).

Pada modifikasi Karburator Venturi untuk putaran load running ini kita masih menggunakan piston atau kep, *Needle Jet* dari bawaan karburatornya, sedangkan main jet dan pilot jet tidak digunakan lagi. Lihat pada gambar 2.5:



Gambar 2.5. Karburator yang telah dimodifikasi (Kudhori, 2010)



## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Yaitu metode yang digunakan untuk menguji dan menemukan variasi yang tepat terhadap penelitian yang sudah dilakukan dengan menambahkan beberapa perlakuan variasi.

### **3.2. Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Mesin Jurusan Teknik Otomotif Politeknik Negeri Jember. Waktu penelitian dimulai dari bulan Agustus 2015 sampai dengan bulan November 2015.

### **3.3. Alat dan Bahan**

#### **3.3.1. Alat**

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Motor bensin 4 langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Merk mesin : Yamaha Vega ZR 115cc
  - Siklus : 4 langkah
  - Pencampuran bahan bakar : Karburator
  - Jumlah silinder : 1 silinder
  - Volume langkah : 115 cc
  - Diameter silinder : 50,0 mm
  - Panjang langkah torak : 57,9 mm
  - Daya maksimal : 6,0 kW/7500 rpm
  - Torsi maksimal : 8.0 Nm/4500 rpm
  - Sistem transmisi : Roda gigi manual

- Perbandingan kompresi : 9,3 : 1
  - Pendingin : Air Cooled
  - Berat kendaraan : 97,0 kg
  - Negara pembuat : Jepang
  - Tahun pembuatan : 2010
2. Motor cycle dynamometer dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Merk mesin : Rextor
  - Tipe : Pro-FixDyno (Kalibrasi ISO 1585)
3. Buret
4. Gelas ukur
5. Stopwatch
6. Perangkat computer
7. Blower
8. Mesin bubut
9. Ampelas

### 3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu LPG sebagai bahan bakar motor bakar 4 langkah.

## 3.4. Variabel Pengukuran

### 3.4.1. Variabel Bebas

Yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### a. Variasi Perlakuan

Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi perbandingan kompresi yang digunakan 9,3 : 1, 9,8 : 1, 10,3 : 1, 10,8 : 1;

b. Putaran Mesin

Metode yang digunakan pada pengujian dengan menggunakan *dynotest* menggunakan putaran dari rendah ke tinggi sesuai kemampuan mesin yaitu dari 3500 rpm sampai 5500 rpm.

3.4.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian motor bakar 4 langkah. Tujuan pengujian motor bakar 4 langkah ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja mesin tersebut dengan menganalisa data-data sebagai berikut:

- a. Waktu pemakaian bahan bakar (detik);
- b. Torsi (N.m);
- c. Daya efektif motor (hp).

### 3.5. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan peralatan *dynotest* dan terlebih dahulu memosisikan sepeda motor dengan benar diatas *dynotest* dengan posisi roda belakang tepat diatas *roller*.

3.5.1. Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu mempersiapkan dahulu silinder yang akan divariasikan sesuai rasio kompresi yang diinginkan dengan cara membubut silinder sesuai ukuran agar sesuai dengan rasio kompresi 10,8 : 1, 10,3 : 1, 9,8 : 1, dan 9,3:1 dengan menggunakan seker standar yang digunakan sepeda motor. Kemudian menyiapkan bahan bakar LPG yang ditimbang terlebih dahulu. Kemudian dilakukan pengecekan alat-alat lainnya seperti buret, blower, kondisi mesin dan kondisi mesin uji yaitu *dynotest* seperti perangkat komputer dan *roller*.

3.5.2. Tahapan penelitian

Tahapan yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahapan Persiapan pengujian

Setelah semua alat telah tersedia dilakukan proses penyusunan alat dan motor uji sesuai dengan petunjuk dan dilakukan pengecekan pada kondisi mesin sesuai prosedur. Kemudian dilakukan pengecekan pada sensor dan kabel pada *dynotest* supaya tidak ada masalah saat pengujian.

b. Tahap Pengujian

Tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengatur volume gas dan udara yang masuk pada karburator
2. Menghidupkan mesin dan memposisikan bukaan throttle hingga mencapai putaran 3500 rpm dengan rasio kompresi 9,3 : 1
3. Mencatat hasil uji yang ada pada komputer
4. Menaikan putaran mesin pada putaran 4000, 4500, 5000 dan 5500 rpm dengan mengulangi langkah 2 - 3 pada mengujian;
5. Mematikan motor
6. Mengganti variasi rasio kompresi dengan cara mengganti seker dengan rasio kompresi berikutnya (9,8 : 1, 10,3 : 1, 10,8 : 1) dan mengulangi langkah 1-5 pada percobaan;
7. Untuk menguji konsumsi bahan bakar dilakukan dengan bahan bakar LPG dengan menggunakan LPG sebesar 100 gram pada setiap variasinya dengan memperoleh jarak tempuh.

c. Akhir Pengujian

Setelah proses pengujian dan pengambilan data selesai yang harus dilakukan adalah:

1. Memastikan semua data telah diperoleh dan valid;
2. Mematikan semua alat elektronik yang digunakan selama pengujian;
3. Melepaskan semua sensor-sensor dan perlengkapan lainnya dari mesin uji;
4. Menurunkan motor dan memeriksa seluruh keadaan bagian mesin uji serta motor uji.

d. Pengolahan Data

Hasil dari pengujian akan diperoleh data-data sebagai berikut:

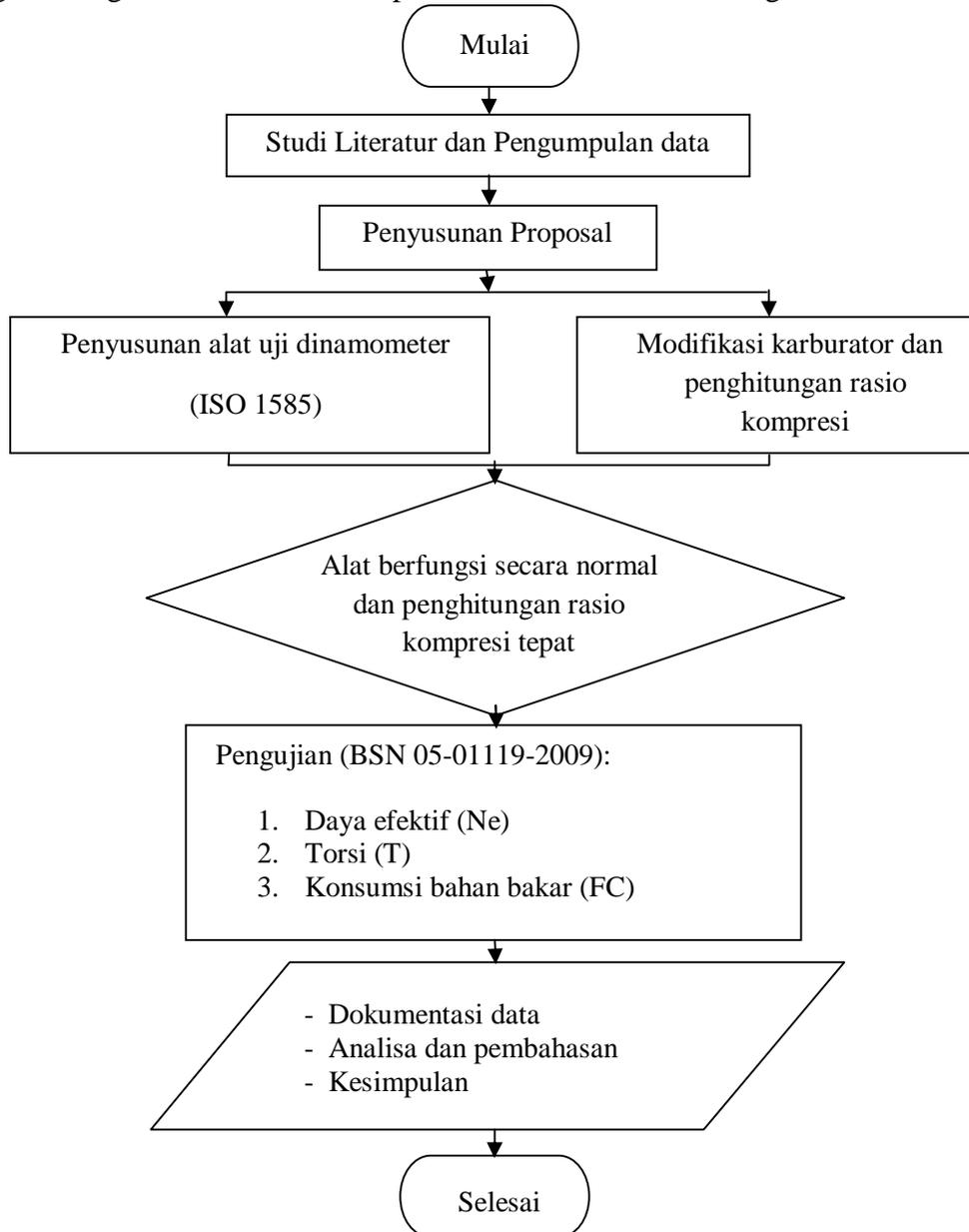
1. Putaran mesin ( $n$ );
2. Massa roller dynamometer ( $M$ );
3. Inersia roller dynamometer ( $I$ );
4. Diameter roller dynamometer ( $D$ );
5. Percepatan sudut roller dynamometer ( $\alpha$ );
6. Berat spesifik bahan bakar ( $\gamma_f$ );
7. Berat konsumsi bahan bakar rata-rata (kg);
8. Torsi ( $T$ );
9. Daya efektif motor ( $N_e$ )

Dari data-data diatas maka dapat diperoleh perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar dalam bentuk grafik. Data yang didapat berupa nilai sebagai berikut:

1. Torsi ( $T$ );
2. Daya efektif ( $N_e$ );
3. Pemakaian bahan bakar;

### 1.7. Diagram Alir Pengujian

Diagram alir penelitian pengaruh rasio kompresi terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah dengan bahan bakar LPG pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengujian