



**PENGARUH PEMAJUAN WAKTU PENGAPIAN
DAN PENINGKATAN RASIO KOMPRESI
TERHADAP DAYA DAN TORSI SEPEDA MOTOR
SUPRA FIT DENGAN BAHAN BAKAR LPG**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

UNNES
oleh
Mahfudz Anwar
5202412064

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

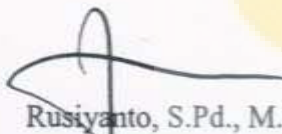
Skripsi dengan judul Pengaruh Pemajuan Waktu Pengapian dan Peningkatan Rasio Kompresi terhadap Daya dan Torsi Sepeda Motor Supra Fit dengan Bahan Bakar LPG telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 10 Maret 2017.

Oleh

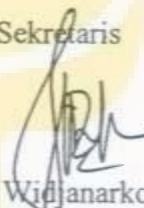
Nama : Mahfudz Anwar
NIM : 5202412064
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Panitia Ujian

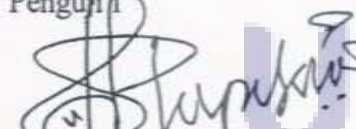
Ketua Panitia


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

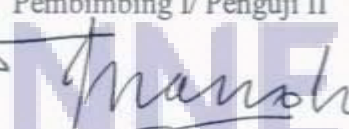
Sekretaris


Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT.
NIP. 196901061994031003

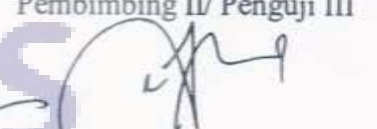
Penguji I


Drs. Suprpto, M.Pd.
NIP. 195508091982031002

Pembimbing I/ Penguji II


Drs. Winarno D.R., M.Pd.
NIP. 195210021981031001

Pembimbing II/ Penguji III


Wahyudi, S.Pd., M.Eng.
NIP. 198003192005011001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES


Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Mahfudz Anwar
NIM : 5202412064
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif, S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Pemajuan Waktu Pengapian dan Peningkatan Rasio Kompresi terhadap Daya dan Torsi Sepeda Motor Supra Fit dengan Bahan Bakar LPG”** ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, 24 - Maret - 2017

Yang membuat pernyataan


Mahfudz Anwar

5202412064

ABSTRAK

Anwar, Mahfudz. 2017. Pengaruh Pemajuan Waktu Pengapian dan Peningkatan Rasio Kompresi terhadap Daya dan Torsi Sepeda Motor Supra Fit dengan Bahan Bakar LPG. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd. dan Wahyudi, S.Pd., M.Eng.

Kata kunci: waktu pengapian, rasio kompresi, daya dan torsi, dan LPG.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan, antara rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang ditingkatkan, serta antara kondisi standar dengan kondisi waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu dengan menguji daya dan torsi sepeda motor berbahan bakar LPG pada *dynotester*. Adapun analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis data statistik deskriptif, yaitu dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Waktu pengapian standar dalam penelitian ini adalah 15° sebelum TMA, sedangkan waktu pengapian yang dimajukan adalah 18° dan 21° sebelum TMA. Rasio kompresi standar dalam penelitian adalah 8,8 : 1, sedangkan rasio kompresi yang ditingkatkan meliputi rasio kompresi 9,3 : 1 dan 9,8 : 1. Kondisi standar merupakan kondisi pada kendaraan dengan waktu pengapian dan rasio kompresi standar. Sedangkan untuk kondisi rasio kompresi yang ditingkatkan dan waktu pengapian yang dimajukan meliputi, rasio kompresi 9,3 : 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA, dan rasio kompresi 9,8 : 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan daya dan torsi ketika waktu pengapian standar dimajukan menjadi 18° dan 21° sebelum TMA, dan ketika rasio kompresi standar ditingkatkan menjadi 9,3 : 1 dan 9,8 : 1. Daya dan torsi juga mengalami peningkatan ketika rasio kompresi 9,3 : 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA dibandingkan dengan kondisi standar, namun mengalami penurunan ketika rasio kompresi 9,8 : 1 dengan waktu pengapian 18° dan 21° sebelum TMA dibandingkan dengan kondisi standar.

Saran dari penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar LPG pada sepeda motor hendaknya dengan memajukan waktu pengapian atau meningkatkan rasio kompresi, seperti dengan memajukan waktu pengapian menjadi 21° sebelum TMA dengan kompresi standar, atau dengan meningkatkan rasio kompresi menjadi 9,3 : 1 dengan waktu pengapian standar, karena pada kondisi tersebut menghasilkan daya dan torsi terbaik. Selain itu, bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat menguji emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar kendaraan.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah Swt yang telah mengangkat harkat derajat manusia dengan ilmu dan amal atas seluruh alam. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad, pemimpin seluruh umat manusia, dan semoga pula tercurah atas keluarga dan para sahabatnya yang menjadi sumber ilmu dan hikmah.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif S-1, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Judul yang penulis ajukan adalah "Pengaruh Pemajuan Waktu Pengapian dan Peningkatan Rasio Kompresi terhadap Daya dan Torsi Sepeda Motor Supra Fit dengan Bahan Bakar LPG".

Penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak dapat dilepaskan dari bantuan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati ingin menyampaikan salam hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Rusiyanto, S.Pd., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT., selaku Ketua Prodi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

4. Bapak Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu bijak memberikan bimbingan, nasehat, serta waktunya dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Wahyudi, S.Pd., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II sekaligus dosen wali yang senantiasa memberikan perhatian, bimbingan, dan pengarahan yang sangat berarti bagi penulis.
6. Bapak Suprpto, M.Pd., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya yang sangat berharga untuk memberikan saran dan masukan dalam skripsi ini.
7. Kepala Laboratorium Teknik Mesin UNNES beserta staf yang telah membantu dalam penelitian skripsi ini.
8. Kepala Bengkel Hyperspeed beserta staf yang telah menyediakan tempat bagi penulis untuk melakukan penelitian.
9. Kedua orang tua yang telah dengan tulus memberikan kasih sayang, biaya, dan dukungan yang sangat berarti kepada penulis.
10. Rekan-rekan PTO angkatan 2012 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan bimbingan moril kepada penulis.

Pepatah mengatakan "tak ada gading yang tak retak". Seolah ungkapan tersebut menggambarkan penulisan skripsi ini yang senantiasa memerlukan kritik dan saran dari para pembaca agar menjadi makin baik dan memberi kemanfaatan.

Semarang, 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	7
1. Waktu Pengapian	7
2. Rasio Kompresi	10

3. LPG (<i>Liquefied Petroleum Gas</i>).....	13
4. Proses Pembakaran	14
5. Konverter Kit LPG	20
6. Daya dan Torsi.....	20
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	22
C. Kerangka Pikir Penelitian	24
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Bahan Penelitian	26
1. Tempat Penelitian	26
2. Bahan Penelitian	26
B. Alat dan Skema Penelitian.....	26
1. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	26
2. Skema Penelitian	27
C. Prosedur Penelitian	27
1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	27
2. Pemajuan Waktu Pengapian	29
3. Peningkatan Rasio Kompresi.....	30
4. Proses Penelitian.....	33
BAB IV. HASIL PENELITIAN	
A. Hasil Penelitian	38
1. Perbedaan Daya dan Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18°, dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8 : 1.....	38

2. Perbedaan Daya dan Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18°, dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 9,3 : 1.....	40
3. Perbedaan Daya dan Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18°, dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 9,8 : 1.....	42
4. Perbedaan Daya dan Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 15° Sebelum TMA....	44
5. Perbedaan Daya dan Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 18° Sebelum TMA....	46
6. Perbedaan Daya dan Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 21° Sebelum TMA....	48
B. Pembahasan	50
1. Perbedaan Daya dan Torsi Sepeda Motor Berbahan Bakar LPG antara Waktu Pengapian Standar dengan Waktu Pengapian yang Dimajukan.....	50
2. Perbedaan Daya dan Torsi Sepeda Motor Berbahan Bakar LPG antara Penggunaan Rasio Kompresi Standar dengan Rasio Kompresi yang Ditingkatkan.....	55
3. Perbedaan Daya dan Torsi Sepeda Motor Berbahan Bakar LPG antara Penggunaan Waktu Pengapian yang Dimajukan dan Rasio Kompresi yang Ditingkatkan dengan Kondisi Standar ..	60
C. Keterbatasan Penelitian.....	67
 BAB V. PENUTUP	
A. Simpulan	68

B. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	74



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
$^{\circ}\text{C}$	Celcius (Satuan Suhu)
λ	Lambda (Perbandingan Bahan Bakar dengan Udara)
π	Pi (Perbandingan Keliling Lingkaran Dengan Diameternya)
S	Tinggi Langkah
D	Diameter
V_L	Volume Langkah
V_S	Volume Sisa
c	Rasio Kompresi
F	Gaya (N)
T	Torsi (Nm)
N_e	Daya Poros (KW atau HP)
Singkatan	Arti
BPS	Badan Pusat Statistik
BBM	Bahan Bakar Minyak
BPPT	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
BBG	Bahan Bakar Gas
LNG	<i>Liquefied Natural Gas</i>
CNG	<i>Compressed Natural Gas</i>
NGV	<i>Natural Gas for Vehicle</i>
LGV	<i>Liquefied Gas for Vehicle</i>
LPG	<i>Liquefied Petroleum Gas</i>
TMA	Titik Mati Atas
AFR	<i>Air Fuel Ratio</i> (Perbandingan Bahan Bakar dengan Udara)

OHC	<i>Over Head Camshaft</i>
RPM	<i>Rotary Per Minute</i> (Jumlah Putaran dalam Satu Menit)
Nm	<i>Newton-meter</i>
HP	<i>Horse Power</i>
MPa	<i>Mega Pascal</i>
TDC	<i>Top Dead Centre</i> (Titik Mati Atas)
BDC	<i>Bottom Dead Centre</i> (Titik Mati Bawah)
BTDC	<i>Before Top Dead Centre</i> (Sebelum Titik Mati Atas)
EVO	<i>Exhaust Valve Opening</i> (Pembukaan Katup Buang)
RK	Rasio Kompresi



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Rasio Kompresi dan Kebutuhan Nilai Oktan.....	12
Tabel 2.2. Karakteristik Fisika dan Kimia LPG.....	13
Tabel 3.1. Spesifikasi Kendaraan Honda Supra Fit	26
Tabel 3.2. Lembar Pengambilan Data Penelitian.....	36
Tabel 4.1. Hasil Daya antara Waktu Pengapian 15°, 18° dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8 : 1.....	38
Tabel 4.2. Hasil Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18° dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 8,8 : 1.....	39
Tabel 4.3. Hasil Daya antara Waktu Pengapian 15°, 18° dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 9,3 : 1.....	40
Tabel 4.4. Hasil Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18° dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 9,3 : 1.....	41
Tabel 4.5. Hasil Daya antara Waktu Pengapian 15°, 18° dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 9,8 : 1.....	42
Tabel 4.6. Hasil Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18° dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi 9,8 : 1.....	43
Tabel 4.7. Hasil Daya antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 15° Sebelum TMA	44
Tabel 4.8. Hasil Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 15° Sebelum TMA	45

Tabel 4.9. Hasil Daya antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 18° Sebelum TMA	46
Tabel 4.10. Hasil Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 18° Sebelum TMA	47
Tabel 4.11. Hasil Daya antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 21° Sebelum TMA	48
Tabel 4.12. Hasil Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian 21° Sebelum TMA	49



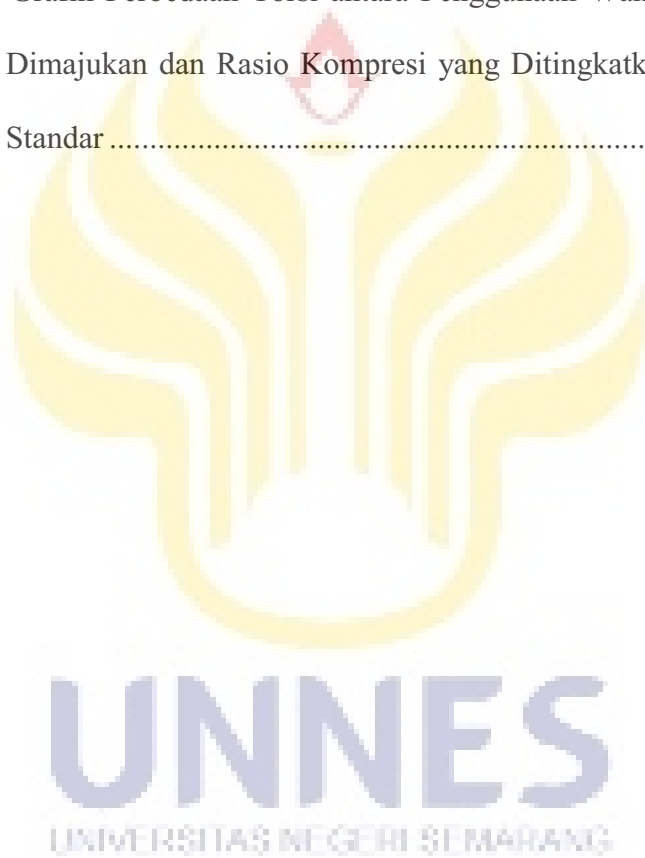
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses Pembakaran pada Mesin Bensin	8
Gambar 2.2. Proses Waktu Pengapian	9
Gambar 2.3. Grafik Efisiensi terhadap Rasio Kompresi Mesin Otto.....	11
Gambar 2.4. Rasio Kompresi terhadap Karakteristik Diagram Tekanan-Sudut Engkol.....	12
Gambar 2.5. Fase Pembakaran dalam Mesin Bensin.....	18
Gambar 2.6. Kerangka Pikir Penelitian.....	24
Gambar 3.1. Skema Instalasi Pengujian Daya dan Torsi.....	27
Gambar 3.2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	28
Gambar 3.3. Magnet Sepeda Motor	29
Gambar 3.4. Rasio Kompresi	30
Gambar 3.5. Posisi Torak dengan Rasio Kompresi Standar 8,8 : 1	31
Gambar 3.6. Posisi Torak dengan Rasio Kompresi 9,3 : 1	32
Gambar 3.7. Posisi Torak dengan Rasio Kompresi 9,8 : 1	33
Gambar 4.1. Grafik Perbedaan Daya antara Waktu Pengapian 15°, 18°, dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi Standar	52
Gambar 4.2. Grafik Perbedaan Torsi antara Waktu Pengapian 15°, 18°, dan 21° Sebelum TMA dengan Rasio Kompresi Standar	53
Gambar 4.3. Grafik Perbedaan Daya antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan 9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian Standar	56

Gambar 4.4. Grafik Perbedaan Torsi antara Rasio Kompresi 8,8 : 1, 9,3 : 1, dan
9,8 : 1 dengan Waktu Pengapian Standar 58

Gambar 4.5. Grafik Perbedaan Daya antara Penggunaan Waktu Pengapian yang
Dimajukan dan Rasio Kompresi yang Ditingkatkan dengan Kondisi
Standar 61

Gambar 4.6. Grafik Perbedaan Torsi antara Penggunaan Waktu Pengapian yang
Dimajukan dan Rasio Kompresi yang Ditingkatkan dengan Kondisi
Standar 65



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Penelitian.....	74
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	110
Lampiran 3. Surat Ijin Penelitian	118
Lampiran 4. Surat Keterangan Selesai Penelitian di Bengkel Hyperspeed	119
Lampiran 5. SK Pembimbing Skripsi	120



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang makin berkembang telah membawa dampak bagi sektor transportasi di Indonesia. Salah satu dampak yang terjadi adalah jumlah kendaraan bermotor yang terus mengalami peningkatan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2014, jumlah mobil penumpang mencapai 12.599.038 unit, bis mencapai 2.398.846 unit, sedangkan mobil barang mencapai 6.235.136 unit, dan sepeda motor mencapai jumlah 92.976.240 unit. Jumlah total dari seluruh kendaraan adalah 114.209.260 unit, meningkat 9,6% dari tahun 2013 yang berjumlah 104.118.969 unit kendaraan (BPS, 2016).

Tingkat pertumbuhan jumlah kendaraan yang makin besar harus diimbangi dengan ketersediaan bahan bakar yang memadai. Namun pada kenyataannya produksi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia terus mengalami penurunan, sedangkan kebutuhan akan BBM terus mengalami kenaikan. Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dalam *Outlook Energi Indonesia 2015*, bahwa konsumsi energi final BBM meningkat dari 315 juta barel pada tahun 2000 menjadi 399 juta barel pada tahun 2013. Hal ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan konsumsi BBM rata-rata 1,83% per tahun (BPPT, 2015: 12). Akan tetapi, cadangan minyak bumi di Indonesia hanya 3,6 miliar barel. Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, maka minyak bumi

akan habis dalam waktu 13 tahun (BPPT, 2015: 15). Dewan Energi Nasional dalam *Outlook Energi Indonesia 2014*, menambahkan bahwa kebutuhan minyak bumi nasional saat ini adalah 1,2 juta barel per hari. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, peningkatan kapasitas minyak mentah yang menjadi bahan baku harus dilakukan. Akan tetapi, lapangan-lapangan minyak di Indonesia kondisinya sudah tua, sehingga sebagian minyak mentah harus dipenuhi melalui impor (Dewan Energi Nasional, 2014: 109). Hal ini mengindikasikan bahwa ke depan perlu adanya bahan bakar alternative sebagai pengganti BBM, terutama pada kendaraan bermotor di Indonesia.

Bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti BBM adalah bahan bakar gas (BBG). Jenis bahan bakar gas yang lazim digunakan di dunia adalah bahan bakar gas jenis *liquefied natural gas* (LNG), *compressed natural gas* (CNG), *natural gas for vehicle* (NGV), *liquefied gas for vehicle* (LGV), dan *liquefied petroleum gas* (LPG). Bahan bakar LPG dirasa lebih efektif digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor khususnya sepeda motor, karena ketersediaannya di pasaran masih cukup banyak (Fibria & Maymuchar, 2012: 36). Selain itu, penggunaan bahan bakar LPG pada sepeda motor dapat menurunkan kadar emisi gas buang seperti CO, HC, dan CO₂ (Romandoni & Siregar, 2013: 7).

Permasalahan yang terjadi ketika LPG diterapkan pada mesin motor bakar yang dirancang untuk bahan bakar bensin adalah pada segi unjuk kerja mesin. Karakteristik penyalaan antara keduanya yang berbeda, menyebabkan kondisi unjuk kerja mesin menurun (Yunianto, 2009b: 1). LPG mempunyai nilai oktan

sekitar 104 yang lebih tinggi dari bensin yang hanya 88 sampai 92 (Fibria & Maymuchar, 2012: 39-40). Selain itu, LPG mempunyai nilai *auto ignition temperature* yang cukup tinggi, yaitu 287 °C (Tesoro, 2012b). Nilai *auto ignition temperature* yang tinggi dapat mengakibatkan kecepatan pembakaran bahan bakar menjadi lebih lambat (Setiyono et al., 2013: 7). Nu'man dan Siregar (2013: 276) dalam penelitiannya juga menyimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG pada kendaraan menghasilkan daya dan torsi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar pertamax. Oleh sebab itu perlu adanya usaha agar unjuk kerja mesin menjadi lebih optimal.

Pencapaian unjuk kerja motor bakar yang baik harus mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya adalah rasio kompresi, campuran bahan bakar dan udara, saat pengapian, dan nilai oktan yang terkandung dalam bahan bakar tersebut (Supriyana & Hidayat, 2015: 231). Penelitian yang dilakukan Yuniyanto (2009b: 4) mengenai penggunaan LPG pada mesin dengan memvariasikan waktu pengapian, diperoleh data bahwa pemakaian LPG menghasilkan daya dan torsi rata-rata 25% lebih rendah dari yang dihasilkan oleh mesin dengan bahan bakar bensin. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Mara et al. (2014: 6) menghasilkan data bahwa penggunaan bahan bakar LPG mengalami peningkatan torsi dan daya pada waktu pengapian 17° sebelum TMA dibanding pada waktu pengapian standar (15° sebelum TMA). Akan tetapi, nilai ini masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar bensin dengan waktu pengapian standar (15° sebelum TMA). Kedua penelitian ini mengindikasikan bahwa dengan pengaturan waktu pengapian, daya dan torsi mesin berbahan bakar LPG masih

rendah dari mesin berbahan bakar bensin. Oleh sebab itu perlu penelitian lanjut agar daya dan torsi kendaraan yang menggunakan bahan bakar LPG menjadi lebih optimal.

Usaha lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja mesin adalah dengan mengubah rasio kompresi mesin. Setiyawan (2013: 8) menyimpulkan bahwa peningkatan rasio kompresi dapat meningkatkan unjuk kerja motor bakar dengan bahan bakar campuran etanol 85% dan premium 15% (E-85) bila dibandingkan dengan kondisi standar, meskipun masih di bawah unjuk kerja motor bakar dengan bahan bakar premium. Peningkatan rasio kompresi ini merupakan salah satu cara untuk meningkatkan daya kendaraan dengan bahan bakar E-85 yang memiliki nilai oktan 111.

Berdasarkan data penelitian-penelitian tersebut penulis ingin meneliti mengenai pengaruh pemajuan waktu pengapian dan peningkatan rasio kompresi terhadap daya dan torsi sepeda motor Supra Fit dengan bahan bakar LPG.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Cadangan BBM makin hari makin menipis, sedangkan kebutuhan BBM makin naik. Oleh sebab itu maka perlu bahan bakar alternatif sebagai pengganti.
2. Penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif masih memiliki masalah dari segi unjuk kerja, karena mesin motor dirancang untuk bahan bakar bensin bukan bahan bakar gas.

3. Pemajuan waktu pengapian pada mesin dengan bahan bakar LPG masih menghasilkan daya dan torsi yang lebih rendah dibanding dengan mesin dengan bahan bakar bensin.

C. Pembatasan Masalah

Penelitian mengenai pengaruh pemajuan waktu pengapian dan peningkatan rasio kompresi terhadap daya dan torsi sepeda motor Supra Fit dengan bahan bakar LPG merujuk pada identifikasi masalah ke-dua dan ke-tiga. Adapun pembatasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar yang digunakan adalah LPG ukuran 3 kg yang diproduksi oleh Pertamina.
2. Waktu pengapian yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu pengapian yang sudah dimajukan dari standar.
3. Perbandingan rasio kompresi yang digunakan pada penelitian ini adalah perbandingan rasio kompresi yang sudah ditingkatkan dari standar.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan pada uraian latar belakang adalah:

1. Adakah perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan?
2. Adakah perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang sudah ditingkatkan?

3. Adakah perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian berdasarkan pada rumusan masalah adalah:

1. Untuk mengetahui adanya perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan.
2. Untuk mengetahui adanya perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang sudah ditingkatkan.
3. Untuk mengetahui adanya perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih yaitu referensi keilmuan mengenai penggunaan bahan bakar LPG sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM.

2. Manfaat praktis

Bagi masyarakat, penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menggunakan LPG sebagai bahan bakar alternatif di tengah kelangkaan BBM.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

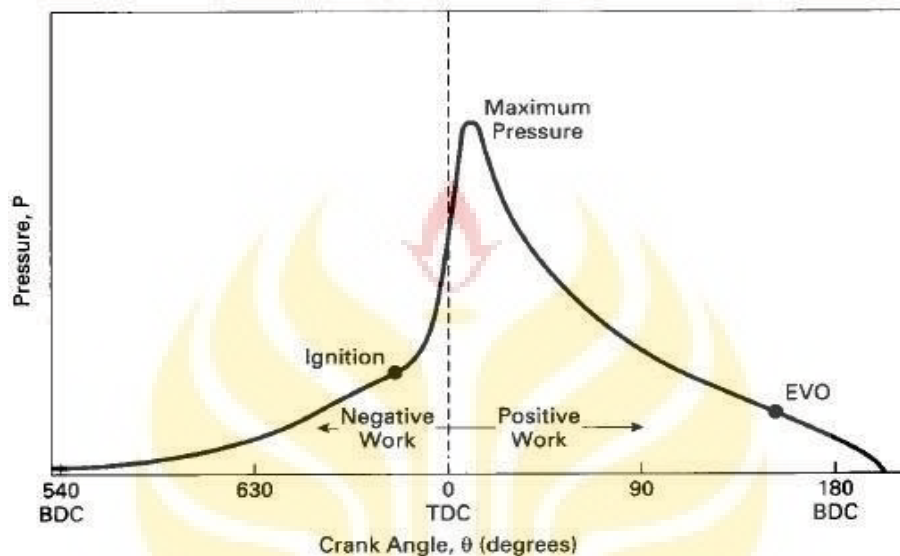
A. Kajian Teori

1. Waktu Pengapian

Sistem pengapian merupakan salah satu sistem pada motor bakar yang menjamin mesin dapat bekerja. Mesin pembakaran dalam dapat menghasilkan tenaga dengan cara membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder (Widodo, 2011: 9). Pada prinsip kerja motor bensin 4 tak, pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar terjadi pada akhir langkah kompresi, dengan cara busi memercikkan bunga api (Haryono, 1989: 57).

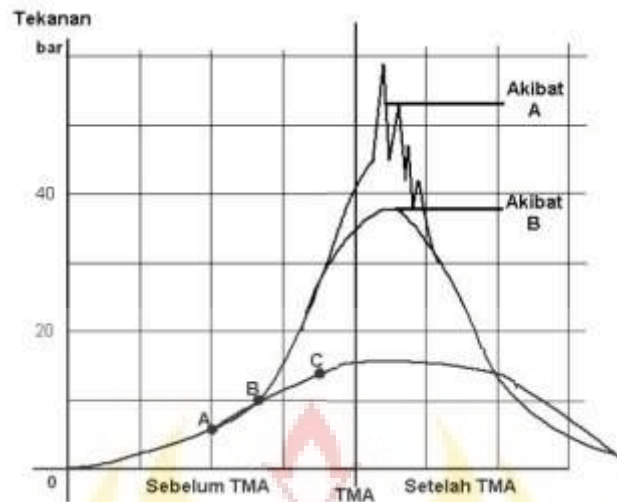
Adapun proses pembakaran pada mesin bensin dapat dibagi menjadi tiga periode. Periode pertama adalah periode penyalaan dan pengembangan api (*ignition and flame development*), periode kedua adalah periode perambatan api (*flame propagation*), dan periode ketiga adalah periode pemutusan api atau akhir pembakaran (*flame termination*) (Pulkrabek, 1985: 229). Periode pengembangan api (*flame development*) biasanya dianggap sebagai awal konsumsi 5-10% dari campuran bahan bakar dan udara. Selama periode tersebut, sangat sedikit kenaikan tekanan dalam silinder yang terjadi, sehingga hampir tidak ada daya berguna yang dapat dihasilkan. Hampir seluruh daya berguna dalam siklus mesin dihasilkan pada periode perambatan api (*flame propagation*) dengan tekanan maksimum pembakaran terjadi beberapa derajat setelah TDC (*top dead centre*) (lihat gambar 2.1). Periode ini merupakan periode ketika sebagian besar massa

bahan bakar dan udara yang dibakar yaitu sekitar 80-90%, tekanan dalam silinder menjadi sangat meningkat, sehingga memberikan gaya untuk menghasilkan kerja pada langkah ekspansi (Pulkrabek, 1985: 230).



Gambar 2.1. Proses Pembakaran pada Mesin Bensin (Pulkrabek, 1985: 230)

Sudut pengapian dapat diartikan sebagai waktu ketika loncatan bunga api terjadi di busi yaitu saat awal pembakaran. Waktu pengapian diatur agar dapat menghasilkan torsi maksimum (*maximum brake torque*) berdasarkan perhitungan terhadap kondisi operasi mesin. Sudut pengapian yang optimum harus mempertimbangkan beberapa variabel diantaranya adalah kecepatan mesin, dan campuran bahan bakar dan udara yang masuk ruang bakar (Yunianto, 2009: 15). Menurut Setiyo & Condro (2012: 8), waktu pengapian harus dirancang secara tepat, karena penyalaan yang terlalu awal akan menyebabkan kerja negatif, yaitu ekspansi gas pembakaran melawan gerakan piston yang bergerak menuju titik mati atas. Sedangkan penyalaan terlalu lambat menyebabkan tekanan puncak menurun sehingga kerja yang dihasilkan menurun.



Gambar 2.2. Proses Waktu Pengapian
(Yunianto, 2009b: 2)

Waktu pengapian yang dimajukan terlalu jauh (gambar 2.2. pada titik A) akan mengakibatkan tekanan pembakaran maksimum tercapai sebelum 10° sesudah titik mati atas (TMA). Tekanan pembakaran dan suhu di dalam silinder akan menjadi lebih tinggi daripada pembakaran dengan waktu yang tepat. Pembakaran campuran udara dengan bahan bakar yang spontan akan terjadi dan mengakibatkan *knocking* (Yunianto, 2009b: 2). *Knocking* merupakan fenomena ketuk yang timbul akibat terbakarnya campuran udara dengan bahan bakar di dalam mesin sebelum waktunya. Peristiwa ini akan berpotensi pada menurunnya daya mesin, bahkan dapat menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin (Muku & Sukadana, 2009: 26).

Pengapian yang dimundurkan terlalu jauh (gambar 2.2. pada titik C) akan menimbulkan tekanan pembakaran maksimum akan terjadi setelah 10° setelah TMA (ketika torak telah turun cukup jauh), sehingga tekanan dalam silinder akan menjadi rendah yang akan mengakibatkan *output* mesin menurun, sedangkan waktu pengapian yang tepat (gambar 2.2. pada titik B) akan menghasilkan tekanan

pembakaran yang optimal (Yunianto, 2009b: 2). Periode perambatan api harus diperhitungkan saat menentukan waktu pengapian, agar diperoleh *output* maksimum pada *engine* dengan tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi yaitu sekitar 10° setelah TMA (Machmud et al., 2013: 60).

2. Rasio kompresi

Rasio kompresi merupakan hasil bagi volume total dengan volume sisa ruang bakar (Muku & Sukadana, 2009: 28). Volume total merupakan isi ruang antara torak pada posisi TMB sampai tutup silinder, atau juga jumlah antara volume langkah dengan volume sisa. Sedangkan volume sisa adalah volume antara torak ketika berada pada TMA sampai tutup silinder. Jadi, perbandingan rasio kompresi adalah:

$$c = V_T / V_S$$

$$c = (V_L + V_S) / V_S$$

Keterangan:

c = rasio kompresi

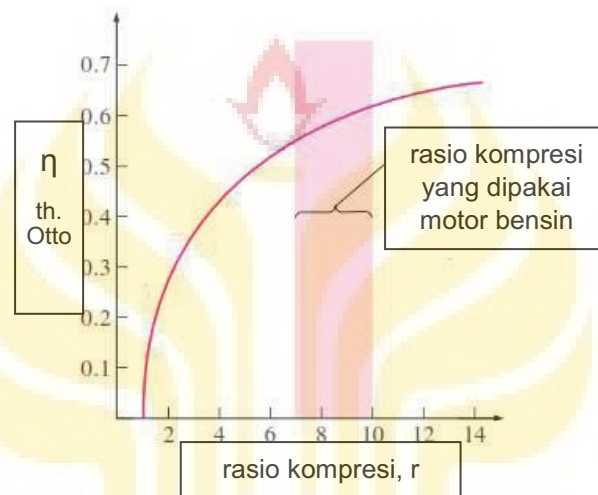
V_T = volume total (m^3)

V_L = volume langkah (m^3)

V_S = volume sisa (m^3)

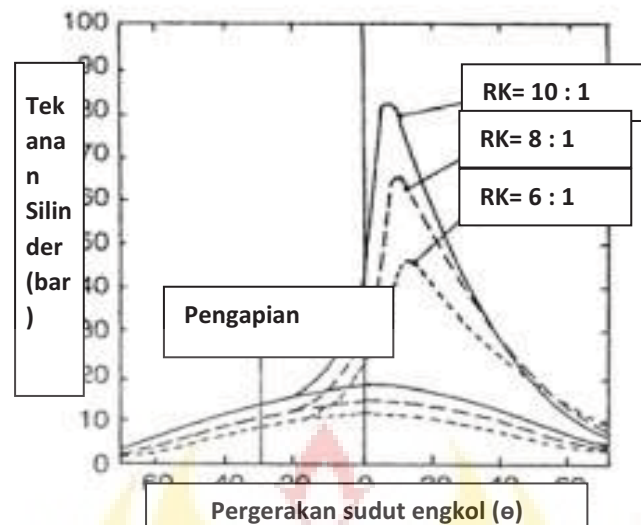
Nilai rasio kompresi yang makin tinggi akan mengakibatkan tekanan pembakaran menjadi bertambah dan mesin akan menghasilkan daya berguna yang lebih besar (Raharjo & Karnowo, 2008: 97). Hal ini dikarenakan efisiensi mesin akan naik ketika nilai rasio kompresi juga naik. Akan tetapi, kenaikan tekanan pembakaran di dalam silinder dibarengi dengan kenaikan temperatur pembakaran,

sehingga dapat menyebabkan pembakaran awal. Peristiwa tersebut dapat mengakibatkan terjadinya *knocking*. Peristiwa *knocking* merupakan suara berisik yang terjadi karena pembakaran spontan dari mesin. Hal ini akan mengakibatkan tenaga mesin menjadi rendah, sehingga efisiensi menjadi turun (Raharjo & Karnowo, 2008: 90)



Gambar 2.3. Grafik Efisiensi terhadap Rasio Kompresi Mesin Otto (Raharjo & Karnowo, 2008: 90)

Tekanan silinder yang makin tinggi akan mengakibatkan kenaikan pada temperatur silinder. Meningkatnya temperatur silinder juga akan mengurangi periode penundaan pengapian, sehingga waktu pengapian (tekanan puncak pembakaran) akan makin mendekati TMA. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4. (Kristanto, 2015: 166). Kondisi temperatur silinder yang meningkat juga akan mempengaruhi campuran bahan bakar di dalam silinder. Massa jenis bahan bakar akan menjadi makin rendah dan mengakibatkan kemampuan bahan bakar untuk mengikat oksigen pada udara makin meningkat, sehingga pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih sempurna (Tenaya et al. 2013: 111).



Gambar 2.4. Rasio Kompresi terhadap Karakteristik Tekanan-Sudut Engkol (Kristanto, 2015: 166)

Menurut Heywood (1988: 841), peningkatan rasio kompresi harus diimbangi dengan nilai oktan pada bahan bakar. Hal ini berarti, bahwa untuk membuat mesin bekerja dengan rasio kompresi yang tinggi, diperlukan syarat yaitu menggunakan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi pula. Bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi akan mengakibatkan periode penundaan (*delay period*) pada pembakaran menjadi lebih panjang (Muku & Sukadana, 2009: 31). Oleh karena itu, perbandingan rasio kompresi harus disesuaikan dengan nilai oktan. Hal tersebut diharapkan agar tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi, yaitu pada 10° setelah TMA (Machmud et al., 2013: 60). Berikut ini adalah tabel mengenai hubungan rasio kompresi dengan nilai oktan bahan bakar:

Tabel 2.1. Rasio Kompresi dan Kebutuhan Nilai Oktan (Mulyono et al., 2014).

Rasio kompresi	Kebutuhan Nilai Oktan
5: 1	72
6: 1	81
7: 1	87
8: 1	92
9: 1	96
10: 1	100

3. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*)

LPG merupakan gas yang dihasilkan dari kilang BBM dan kilang gas (LNG), yang sebagian besar terdiri dari gas butana (C_4H_{10}) dan gas propana (C_3H_8) sekitar 99% dan selebihnya adalah gas pentana (C_5H_{12}). Berat jenis dari LPG sendiri adalah 2.01 dibanding dengan udara, dan tekanan uap (berbentuk cair) dalam tabung antara 5.0 – 6.2 Kg/cm^2 (Arifin & Sukoco, 2009: 106).

Menurut Afrox (2015: 3), LPG merupakan senyawa hidrokarbon yang berupa uap dan dapat dicairkan dengan cara dikompresi. LPG terdiri dari campuran utama propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) dengan perbandingan perkiraan rasio 60 : 40 oleh massa. Namun, tidak menutup kemungkinan mengandung beberapa propilena, butilena, etana, pentana dan butadiena. Untuk mendeteksi kebocoran biasanya ditambah bahan berbau yaitu *ethyl mercaptan*.

Bahan bakar LPG termasuk ramah lingkungan, karena emisi CO dan HC relatif lebih kecil dibanding dengan bahan bakar lain (Arifin & Sukoco, 2009: 108). LPG mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi dari bensin, yaitu 104. Nilai oktan yang tinggi jika diaplikasikan pada mesin yang rasio kompresinya sama, akan menyebabkan panas mesin menjadi lebih tinggi daripada yang menggunakan bahan bakar bensin (Fibria & Maymuchar, 2012: 39-40).

Tabel 2.2 Karakteristik Fisika dan Kimia LPG (Tesoro, 2012b)

LPG	
<i>Freezing point</i>	-187 °C
<i>Flash point</i>	< -60 °C
<i>Evaporation rate</i>	High
<i>Flammability</i>	Gas
<i>Vapor pressure</i>	2,399.8 hPa at 20 °C
<i>Vapor density</i>	2.007 at 21.1 °C
<i>Auto ignition temperature</i>	287 °C

Adapun karakteristik dari LPG antara lain:

- a. Ditinjau dari segi volume, konsumsi bahan bakar relatif (*relative fuel consumption*) dari LPG sekitar 90% dibanding dengan bensin.
- b. LPG mempunyai nilai oktan yang tinggi dari bensin, yang memungkinkan rasio kompresi dan efisiensi termal yang lebih tinggi.
- c. Pendistribusian bahan bakar gas LPG ke dalam silinder dapat ditingkatkan, menjadikan akselerasi kendaraan menjadi lebih halus, kondisi *idle* kerja mudah dicapai dan konsumsi bahan bakar yang lebih baik.
- d. LPG disimpan di bawah tekanan atmosfer, dan ketika digunakan pada kendaraan membutuhkan tempat yang lebih besar dari pada tangki bensin.
- e. Penggunaan LPG dapat mengurangi *output* daya mesin.
- f. LPG memiliki kandungan karbon yang lebih rendah daripada bensin atau minyak diesel.
- g. Kendaraan berbahan bakar LPG memiliki konsentrasi udara beracun yang lebih rendah (Saraf et al., 2009: 279).

4. Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia ketika elemen tertentu dari bahan bakar bergabung dengan oksigen dan melepaskan sejumlah besar energi yang menyebabkan peningkatan suhu gas. Jumlah energi kimia yang dilepaskan (berupa kalor) dari bahan bakar terjadi ketika bereaksi (terbakar) dengan sejumlah oksigen dari udara dengan rasio tertentu untuk menghasilkan pembakaran (Kristanto, 2015: 61). Kerapatan udara atmosfer sedikit banyak berpengaruh pada proses pembakaran, karena pada perbedaan ini mempengaruhi jumlah

oksigen yang diperlukan dalam proses pembakaran. Selain itu, karakteristik pembakaran dari bahan bakar juga berperan dalam mempengaruhi proses pembakaran. Karakteristik bahan bakar yang mempengaruhi pembakaran antara lain:

a. Nilai Oktan

Nilai oktan merupakan karakteristik bahan bakar yang menggambarkan kemampuan bahan bakar akan/ tidak menyala sendiri (Kristanto, 2015: 70). Peringkat oktan didasarkan pada ukuran kemampuan bahan bakar menahan ketukan. Makin tinggi peringkat nilai oktan, maka makin kecil kemungkinan untuk menghasilkan ledakan dini (*pre-ignition*) atau penyalaan sendiri (*self-ignition*). Kecenderungan penyalaan sendiri menimbulkan gejala ketukan (*knocking*). Kecenderungan ini berhubungan dengan rasio kompresi motor.

Fenomena *knocking* ini berhubungan dengan rasio kompresi motor. Motor dengan rasio kompresi yang tinggi memerlukan bahan bakar dengan oktan yang tinggi pula untuk menghindari *knocking* (Muku & Sukadana, 2009: 28). Bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi juga mengakibatkan periode penundaan (*delay period*) menjadi lebih panjang (Muku & Sukadana, 2009: 31).

Menurut Fibria & Maymuchar (2012: 39-40), LPG mempunyai nilai oktan sekitar 104 yang lebih tinggi dari bensin yang hanya 88 sampai 92. Hal ini menunjukkan bahwa LPG mempunyai periode penundaan yang lebih lama dan lebih tahan pada ketukan dibandingkan dengan premium. Periode penundaan pengapian yang lebih lama pada LPG mengindikasikan bahwa LPG dapat digunakan pada kendaraan dengan rasio kompresi yang tinggi, karena rasio

kompresi yang tinggi dapat mengurangi periode penundaan pengapian, sehingga tekanan puncak pembakaran diharapkan terjadi pada waktu yang tepat. Selain itu, untuk mencapai tekanan puncak pembakaran tertinggi pada bahan bakar dengan periode penundaan yang lama dapat dilakukan pengajuan waktu pengapian.

b. *Auto Ignition Temperature*

Auto Ignition Temperature merupakan kondisi temperatur campuran bahan bakar dan udara yang tinggi, sehingga campuran tersebut dapat menyala sendiri tanpa membutuhkan percikan api dari busi (Pulkrabek, 1985: 139). Menurut Kristanto (2015: 73), kondisi campuran bahan bakar dan udara yang menyala sendiri tidak dikehendaki pada motor bensin, namun harus dinyalakan oleh busi pada saat yang tepat dalam siklusnya. Rasio kompresi mesin harus dibatasi sekitar 11: 1, untuk menghindari terjadinya penyalaan sendiri. Jika terjadi penyalaan sendiri pada motor bensin, maka akan dihasilkan pulsa tekanan tinggi yang lebih tinggi dari yang dikehendaki. Peristiwa ini dapat menyebabkan gangguan pada mesin, yaitu *knocking*.

Bahan bakar bensin (*gasoline*) memiliki nilai *auto ignition temperature* 250 °C (Tesoro, 2012a), sedangkan LPG yang memiliki nilai *auto ignition temperature* 287 °C (Tesoro, 2012b). Hal ini dapat disimpulkan bahwa, bahan bakar LPG mempunyai ketahanan yang lebih tinggi terhadap terjadinya penyalaan sendiri dibanding dengan bahan bakar premium. Akan tetapi, nilai *auto ignition temperature* LPG yang lebih tinggi, akan mengakibatkan kecepatan pembakarannya menjadi lebih lambat (Setiyono et al., 2013: 7). Oleh sebab itu, memerlukan perlakuan khusus ketika bahan bakar LPG diterapkan pada motor

yang dirancang untuk bahan bakar bensin. Perlakuan yang dapat dilakukan adalah dengan memajukan waktu pengapian atau meningkatkan rasio kompresi.

c. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah panas/ kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara (Wiratmaja, 2010: 148). Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (*density*). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor dari bahan bakar juga akan mempengaruhi kualitas *output* mesin. Menurut Kristanto (2015: 80), bahwa nilai kalor bahan bakar yang rendah, akan menghasilkan performansi yang rendah pula.

Menurut Burhanuddin (2011: 7), nilai kalor yang dimiliki oleh gas elpiji (LPG) adalah 11.254,61 Kcal/ kg atau 2701,1 MJ/ kg. Nilai ini sedikit rendah dari nilai kalor bensin (premium). Agrariksa et al. (2013: 203) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa nilai kalor premium murni adalah 11.414,453 kal/gram (11.414,453 Kcal/kg). Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan bahan bakar LPG pada kendaraan akan menghasilkan tenaga yang lebih kecil daripada penggunaan bahan bakar bensin.

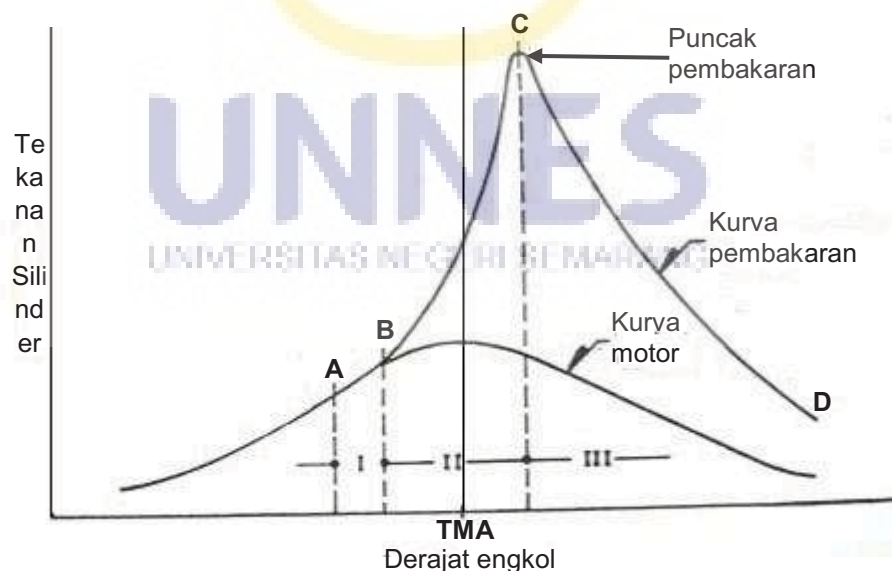
d. AFR (Air Fuel Ratio)

Air Fuel Ratio adalah ukuran standar jumlah udara dan bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran (Kristanto, 2015: 64). Menurut Arifin dan Sukoco (2009: 114), AFR (*Air Fuel Ratio*) biasa disebut dengan lambda (λ). Pembakaran yang sempurna membutuhkan campuran udara dengan bensin yang

ideal, yaitu 14,7 : 1. Sedangkan Tenaya & Hardiana (2011: 41) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa stoikiometri untuk pembakaran LPG adalah pada perbandingan volume udara dengan volume bahan bakar (AFR) 20 : 1.

Motor bakar dengan bahan bakar gas LPG mempunyai karakteristik yang berbeda dalam hal proses pembakaran yang disebabkan oleh perbedaan nilai AFR relatif (λ) dari bahan bakar (Yunianto, 2009a: 16). Perambatan nyala api antara bahan bakar bensin dan LPG dapat dibandingkan dengan melihat kondisi AFR relatifnya (λ). Perambatan nyala LPG akan lebih cepat dari pada bensin apabila kondisi $\lambda > 1$ atau campuran miskin. Tetapi apabila $\lambda < 1$ atau campuran bahan bakar kaya maka perambatan nyala dari bensin lebih cepat dari LPG.

Proses pembakaran dalam mesin bensin terjadi dalam tiga fase atau periode (gambar 2.5.), yaitu periode penundaan, periode kenaikan tekanan dengan cepat, dan periode setelah pembakaran (Kristanto, 2015: 166).



Gambar 2.5. Fase Pembakaran dalam Mesin Bensin
(Ques10, 2015)

Adapun keterangannya adalah sebagai berikut:

a. Periode penundaan (A-B)

Periode penundaan merupakan fase pertama yang meliputi periode awal ketika percikan api pada busi (yang kemudian menyalakan uap campuran bahan bakar dan udara) sampai saat terbentuknya nyala api untuk melepaskan energi kalor fraksi uap campuran bahan bakar dan udara yang terbakar (Kristanto, 2015: 166). Durasi periode ini bergantung pada temperatur nyala api pada busi, sifat alami bahan bakar, temperatur dan tekanan silinder, dan ketepatan pencampuran bahan bakar dan udara.

b. Periode kenaikan tekanan dengan cepat (B-C)

Periode ini dikenal sebagai periode perambatan nyala api, yaitu waktu antara permulaan nyala api dan dimulainya kenaikan tekanan (di atas tekanan kompresi normal) ke satu titik pada saat nyala api telah menyebar ke dinding silinder dan tekanan silinder telah mencapai nilai puncaknya (Kristanto, 2015: 167). Peningkatan tekanan silinder dengan laju yang lebih besar dibanding tekanan kompresi normal akan terjadi ketika energi yang dibebaskan dari pengembangan nyala api sudah cukup. Waktu yang dibutuhkan untuk periode ini utamanya bergantung pada intensitas turbulensi dari campuran bahan bakar dan udara.

c. Periode setelah pembakaran (C-D)

Setelah medan nyala api mencapai dinding silinder, masih terdapat sekitar 25% muatan yang sepenuhnya belum terbakar. Pada tahapan ini, sisa oksigen di dalam muatan menjadi lebih sulit untuk bereaksi dengan uap bahan bakar,

sehingga laju pembakaran melambat (Kristanto, 2015: 167). Selama fase terakhir ini, proporsi dari kalor yang hilang melalui dinding silinder, kepala silinder dan mahkota torak akan menjadi lebih besar dan secara bersamaan, torak yang turun meningkatkan volume *clearance* dengan konsekuensi mulai berkurangnya tekanan silinder dengan cepat.

5. Konverter Kit LPG

Konverter kit merupakan serangkaian alat tambahan pada motor bakar yang memungkinkan motor tersebut dapat menggunakan bahan bakar gas (Tirtoatmodjo & Willyanto, 1999: 2). Konverter kit berfungsi untuk mengonversi LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) menjadi bahan bakar pada sepeda motor (Romandoni & Siregar, 2013: 1).

Konverter kit terdiri dari beberapa komponen, yaitu regulator tekanan, selang LPG dan keran bahan bakar. Regulator tekanan, berfungsi untuk menurunkan tekanan LPG dari tabung menjadi tekanan *output*. Penurunan tekanan ini mengakibatkan perubahan fasa LPG dari cair ke gas (Setiyo & Condro, 2012: 6). Bagian kedua adalah selang LPG, yang berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar ke karburator. Bagian terakhir adalah keran bahan bakar yang berfungsi untuk menutup dan membuka aliran LPG ke karburator.

6. Daya dan Torsi

a. Daya

Daya merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan seberapa besar kerja yang dapat dilakukan dalam suatu periode waktu tertentu (Kristanto, 2015: 21). Pada motor bakar, daya yang dihasilkan dari proses pembakaran di

dalam silinder biasa disebut daya indikator. Daya indikator merupakan sumber tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin (Raharjo & Karnowo, 2008: 99). Selama bekerja, mesin mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan dan membentuk kesatuan yang kompak. Komponen-komponen mesin juga merupakan beban yang harus diatasi karena akan mengambil daya dari daya indikator. Sebagai contoh pompa air, pompa pelumas, kipas radiator, dan lain sebagainya.

Daya poros adalah daya efektif pada poros yang akan digunakan untuk mengatasi beban kendaraan (Raharjo & Karnowo, 2008: 111). Daya poros diperoleh dari pengukuran torsi pada poros yang dikalikan dengan kecepatan sudut putarnya atau dapat diketahui dengan rumus persamaan berikut :

$$N_e = T \times \omega \text{ Nm/s}$$

Keterangan :

N_e = Daya poros Nm/s (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut putar

b. Torsi UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Torsi merupakan suatu indikator dari kemampuan mesin untuk melakukan pekerjaan dengan baik. Hal ini didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu jarak dan memiliki satuan Nm (Newton meter) (Pulkrabek, 1985: 50). Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya (Raharjo & Karnowo, 2008: 98). Apabila suatu benda berputar dan mempunyai gaya sentrifugal sebesar F ,

benda berputar pada poros dengan jari-jari sebesar b , maka torsi dapat ditentukan dengan rumus:

$$T = F \times b \text{ (Nm)}$$

Keterangan :

T = Torsi (Nm)

F = gaya setrifugal dari benda yang berputar (N)

b = jarak benda ke pusat rotasi (m)

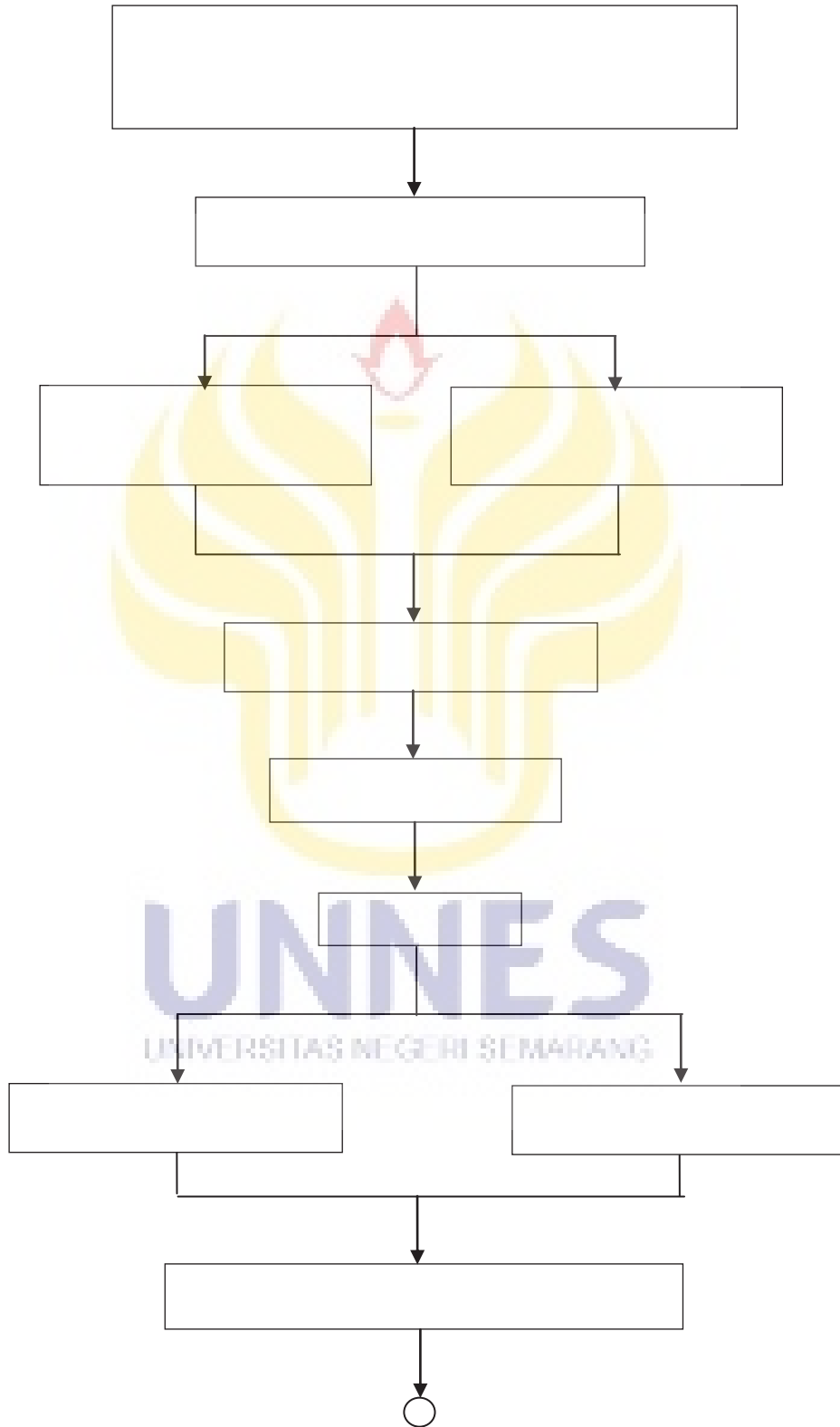
B. Kajian Penelitian yang Relevan

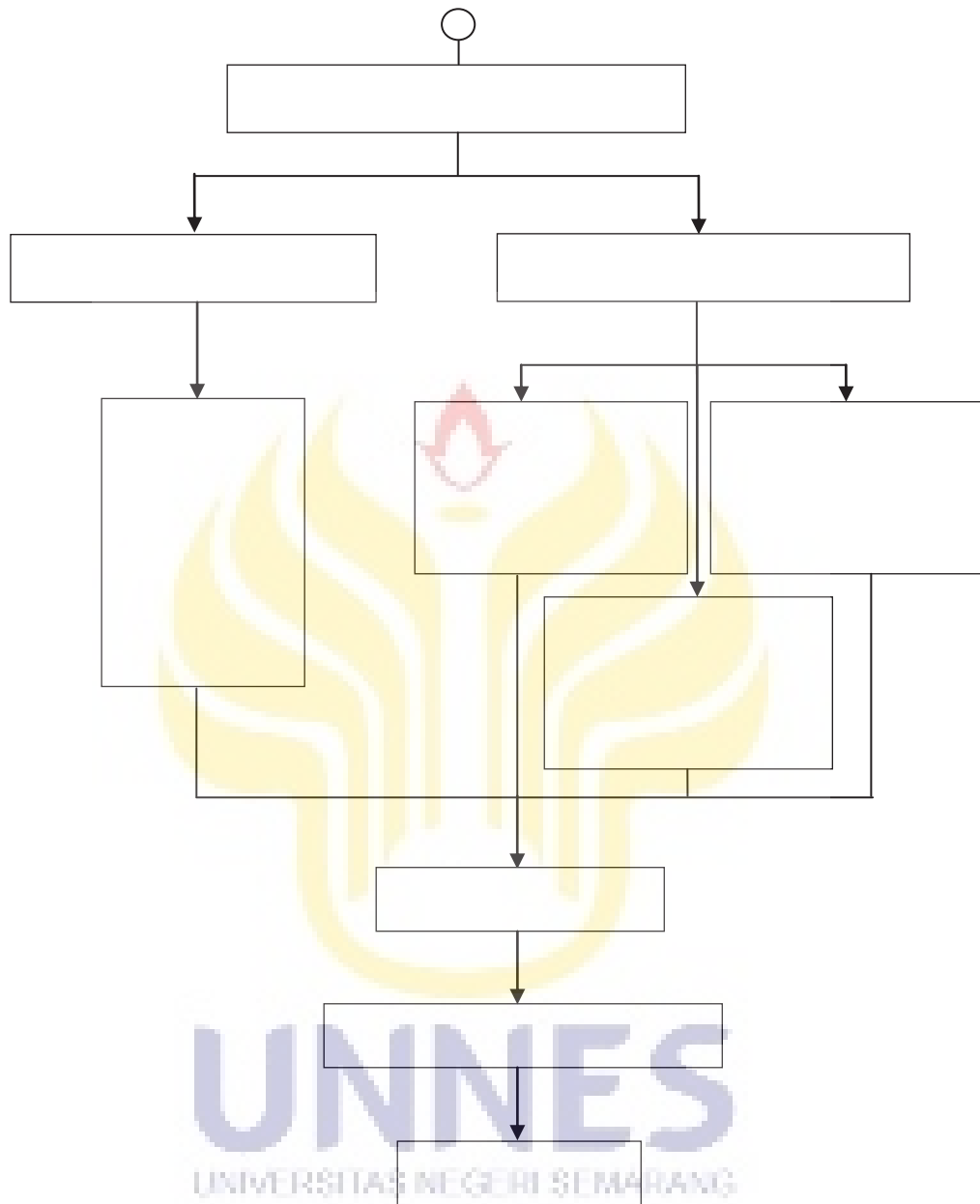
1. Penelitian yang dilakukan oleh Yunianto (2009b) tentang pengujian sistem pengapian berbahan bakar LPG pada motor Vario. Variabel yang diteliti adalah tentang perubahan saat pengapian dari mulai 11° , 14° , dan 17° sebelum TMA. Hasil dari penelitian ini adalah daya dan torsi terbesar dicapai pada sudut pengapian 11° sebelum TMA. Hal ini disebabkan pada kondisi $\lambda > 1$, LPG terbakar lebih cepat dari bensin, sehingga mengakibatkan tekanan puncak pembakaran menjadi lebih awal daripada bensin (standar 14° sebelum TMA).
2. Penelitian yang dilakukan oleh Setiyono et al., (2013) tentang pengaruh perubahan waktu penyalaan terhadap torsi dan daya sepeda motor Vega R 110 cc dengan bahan bakar LPG. Variabel penelitian ini adalah dengan memvariasikan waktu pengapian mulai dari 7° , 10° , dan 13° sebelum TMA. Hasil dari penelitian ini adalah torsi dan daya tertinggi dicapai pada waktu pengapian 13° sebelum TMA. Hal ini disebabkan karena temperatur

penyalan minimal LPG yang lebih tinggi dari premium, sehingga kecepatan pembakarannya menjadi lebih lambat.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Machmud et al., (2013) tentang pengaruh variasi pengapian terhadap unjuk kerja mesin pada motor Supra X. Variabel dalam penelitian ini adalah dengan memajukan titik pengapian sebesar 3° dan 6° dari standarnya yaitu 15° sebelum TMA. Hasil dari penelitian ini yaitu torsi dan daya tertinggi dicapai pada waktu pengapian dimajukan 6° dari standarnya. Hal ini disebabkan, ketika waktu pengapian dimajukan, maka proses pembakaran menjadi lebih panjang, sehingga pencampuran bahan bakar dan udara menjadi lebih baik dan menghasilkan tekanan hasil pembakaran yang lebih tinggi. Tekanan hasil pembakaran yang meningkat inilah yang menyebabkan torsi dan daya kendaraan menjadi lebih tinggi.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Muku dan Sukadana (2009) tentang pengaruh rasio kompresi terhadap unjuk kerja mesin empat langkah dengan bahan bakar arak bali. Variabel dalam penelitian ini adalah dengan memvariasikan rasio kompresi $8,8 : 1$, $8,9 : 1$, $9,0 : 1$, dan $9,3 : 1$. Hasil dari penelitian ini adalah makin besar rasio kompresi mesin menyebabkan unjuk kerja mesin menjadi makin besar. Hal ini karena nilai oktan dari arak bali yang tinggi yaitu 108 menyebabkan periode penundaan (*delay period*) yang lebih panjang dibandingkan dengan bensin, sehingga dengan peningkatan kompresi, hasil pembakaran menjadi lebih sempurna.

C. Kerangka Pikir Penelitian





Gambar 2.6. Kerangka Pikir Penelitian

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian tentang daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG dengan memajukan waktu pengapian dan meningkatkan rasio kompresi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan waktu pengapian standar dengan waktu pengapian yang dimajukan. Rata-rata daya ketika waktu pengapian standar adalah 2,2 HP, sedangkan rata-rata daya tertinggi ketika waktu pengapian dimajukan adalah 2,9 HP, diperoleh ketika waktu pengapian 21° sebelum TMA. Rata-rata torsi ketika waktu pengapian standar adalah 3,3 Nm, sedangkan rata-rata torsi tertinggi ketika waktu pengapian dimajukan adalah 4,3 Nm, pada kondisi waktu pengapian 21° sebelum TMA. Hasil daya dan torsi ketika waktu pengapian 21° sebelum TMA dengan kompresi standar merupakan hasil terbaik dibanding dengan hasil-hasil pada penelitian yang lain.
2. Terdapat perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan rasio kompresi standar dengan rasio kompresi yang sudah ditingkatkan. Rata-rata daya ketika rasio kompresi standar adalah 2,2 HP, sedangkan rata-rata daya tertinggi ketika rasio kompresi ditingkatkan adalah 2,8 HP, diperoleh pada rasio kompresi 9,3 : 1. Rata-rata torsi ketika rasio kompresi standar adalah 3,3 Nm, sedangkan rata-rata torsi tertinggi

ketika rasio kompresi ditingkatkan adalah 4,2 Nm pada kondisi rasio kompresi 9,3 : 1.

3. Terdapat perbedaan daya dan torsi sepeda motor Supra Fit berbahan bakar LPG antara penggunaan waktu pengapian yang dimajukan dan rasio kompresi yang ditingkatkan dengan kondisi standar. Rata-rata daya ketika kondisi standar adalah 2,2 HP, sedangkan rata-rata daya tertinggi ketika waktu pengapian dimajukan dan rasio kompresi ditingkatkan adalah 2,8 HP, diperoleh ketika waktu pengapian 18° sebelum TMA dengan rasio kompresi 9,3 : 1. Rata-rata torsi ketika kondisi standar adalah 3,3 Nm, sedangkan rata-rata torsi tertinggi ketika waktu pengapian dimajukan dan rasio kompresi ditingkatkan adalah 4,1 Nm, pada waktu pengapian 18° sebelum TMA dengan rasio kompresi 9,3 : 1.

B. Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan bahan bakar LPG pada sepeda motor Supra Fit hendaknya dengan memajukan waktu pengapian atau meningkatkan rasio kompresi. Hasil terbaik untuk diterapkan pada sepeda motor adalah dengan pemajuan waktu pengapian menjadi 21° sebelum TMA dengan kompresi standar, karena berdasarkan hasil penelitian, rata-rata daya dan torsi pada kondisi tersebut adalah yang paling tinggi.

2. Regulator yang digunakan pada converter kit LPG sebaiknya adalah regulator tekanan tinggi, karena tidak perlu melepas dan memasang pada tabung LPG ketika kendaraan dimatikan cukup lama.
3. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk meneliti juga emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar kendaraan.
4. Peneliti selanjutnya juga dapat mengembangkan dengan meneliti pada kendaraan dengan sistem bahan bakar yang modern, seperti kendaraan EFI (*Engine Fuel Injection*).



DAFTAR PUSTAKA

- African Oxygen Limited. 2015. *Product Refrence Manual*.
- Agrariksa, F. A., Susilo, B., & Nugroho, W. A. 2013. Uji Performansi Motor bakar Bensin (*On Chassis*) Menggunakan Campuran Premium dan Etanol. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3): 194-203.
- Arifin, Z. & Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2015. *Outlook Energi Indonesia 2015*. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2014*. (online), (www.bps.go.id) diakses pada 18 Maret 2016.
- Burhanuddin, H. 2011. Analisis Prestasi Lampu Petromax Berbahan Bakar LPG. *Jurnal Mechanical*, 2(2): 1-10.
- Dewan Energi Nasional. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Fibria, M., & Maymuchar. 2012. Pemanfaatan LPG Sebagai Bahan Bakar Sepeda Motor dan Karakteristik Minyak Lumasnya. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 46 (1): 35-42.
- Haryono, G. 1989. *Uraian Praktis Mengenal Motor Bakar*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, Book Inc.
- Kristanto, P. 2015. *Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Andi.
- Machmud, S., Surono, U. B., & Sitorus, L. 2013. Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin. *Jurnal Teknik*, 3(1): 58-64.
- Mara, I. M., Wirawan, M., & Ma'bud, T. 2014. Pengaruh Ignition Timing dengan Bahan Bakar LPG Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin Empat Langkah Satu Silinder. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(1): 1-6.

- Muku, I D. M., & Sukadana, I G. K. 2009. Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Unjuk Kerja Mesin Empat Langkah Menggunakan Arak Bali Sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 3(1): 26-32.
- Mulyono, S., Gunawan, & Maryanti, B. 2014. Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 1(2): 28-35.
- Nu'man & Siregar, I. H. 2013. Performa Mesin dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bahan Bakar LPG dengan Penambahan Gas HHO. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 1(2): 271-276.
- PT. Astra Honda Motor. Tanpa Tahun. *Buku Pedoman Reparasi*. Jakarta: PT. Astra Internasional.
- Pulkrabek, W. W. 1985. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey.
- Ques10. 2015. *Explain in detail the various stages of combustion in SI engine*. (online), (<http://www.ques10.com>) diakses pada 16 Maret 2017.
- Raharjo, W. D. & Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Romandoni, N., & Siregar, I. H. 2013. Studi Komparasi Performa Mesin dan Kadar Emisi Gas Buang Sepeda Motor Empat Langkah Berbahan Bakar Bensin dan LPG. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(2): 1-9.
- Saraf, R.R., Thipse, S.S., & Saxena, P.K. 2009. Comparative Emission Analysis of Gasoline/LPG Automotive Bifuel Engine. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 3(3): 279-282.
- Setiyawan, A. 2007. Pengaruh *Ignition Timing* dan *Compression Ratio* Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% dan Premium 15% (E-85). *Seminar Nasional Teknologi 2007*. Yogyakarta: Amikom
- Setiyo, M., & Condro, P. B. 2012. *Optimasi Pemanfaatan Energi LPG Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Melalui Penyetelan Converter Kits dan Saat Pengapian*. Laporan Penelitian. Magelang: UMM.
- Setiyono L., Subagsono, & Basori. 2013. Pengaruh Perubahan Waktu Penyalaan (*Ignition Timing*) terhadap Torsi dan Daya Pada Sepeda Motor Vega R 110 cc Tahun 2008 dengan Bahan Bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2): 1-9.

- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D (Research and Development)*. Bandung: Alfabeta.
- Supriyana, N., & Hidayat, T. 2015. Uji Performa Pengaruh *Ignition Timing* Terhadap Kinerja Motor Bensin Berbahan Bakar LPG. *Simetris*, 6(2): 231-236.
- Tenaya, I G. N. P., & Hardiana. 2010. Pengaruh *Air Fuel Ratio* Terhadap Emisi Gas Buang Berbahan Bakar LPG pada Ruang Bakar Model *Helle-Shaw Cell*. *Cakram*, 5(1): 39-45.
- Tenaya, I G. N. P., Sukadana, I G. K., & Pratama, I G. N. G. S. 2013. Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar terhadap Unjuk Kerja Mesin. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 6(2): 105-114.
- Tesoro. 2012a. *Safety Data Sheet Gasoline, Unleaded*.
- Tesoro. 2012b. *Safety Data Sheet LPG*.
- Tirtoatmojo, R. & Willyanto. 1999. Peningkatan Performance Motor Bensin 4 Tak 3 Silinder yang Menggunakan Bahan Bakar Gas dengan Penambahan Blower dan Sistem Injeksi. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(1): 1-7.
- Widodo, E. 2011. *Otomotif Sepeda Motor*. Bandung: Yrama Widya.
- Wiratmaja, I G. 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *Cakram*, 4(2): 145-154.
- Yunianto, B. 2009a. Pengaruh Perubahan Sudut Penyalaan (*Ignition Time*) Terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin Sepeda Motor 4 (Empat) Langkah dengan Bahan Bakar LPG. *Rotasi*, 11(4): 15-20.
- Yunianto, B. 2009b. Pengaruh Perubahan Sudut Penyalaan (*Ignition Time*) Terhadap Prestasi Mesin pada Sepeda Motor 4 (Empat) Langkah dengan Bahan Bakar LPG. *Rotasi*, 11(3): 1-4.