

LAPORAN AKHIR



Skema Pendanaan :
Penelitian Revitalisasi Visi Institusi (PRVI)

**INVESTIGASI *ENGINE COMPRESSION SETTING* PADA
PENGUNAAN *GASOLINE/ LPG FUEL* TERHADAP KARAKTERISTIK
EMISI GAS BUANG
STUDI KASUS PADA KENDARAAN *SINGLE PISTON***

Bidang Prioritas RIP :

RIP-05 : Energi baru dan terbarukan

Topik Penelitian :

05.02: Pengembangan teknologi pemanfaatan LPG, Hidrogen, dan Dimethyl Ether (DME)

Oleh :

- | | | |
|---------------------------------|------------------|-----------------|
| 1. Bagiyo Condro P., ST., M.Eng | NIDN. 0617017605 | Fakultas Teknik |
| 2. Drs. Noto Widodo, MPd | NIDN. | Fakultas Teknik |

Dibiayai LP3M UMMagelang
TAHUN ANGGARAN 2016/2017

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Tahun 2017

HALAMAN PENGESAHAN

- 1 Judul Penelitian : Investigasi *Engine Compression Setting* pada Penggunaan *Gasoline/ LPG Fuel* Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang studi kasus pada Kendaraan *Single Piston*
- Bidang RIP : RIP-05
- Topik RIP : 05.02
- 2 Peneliti/ Pelaksana
- a. Nama Lengkap : Bagiyo Condro P.,ST.,M.Eng
- b. Jenis Kelamin : Laki - laki
- c. NIK : 0617017605
- d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- e. Fakultas/ Program Studi : Teknik/Mesin Otomotif
- 3 Alamat ketua peneliti : Pasaranyar, Sumberejo, Mertoyudan, Magelang, Jawa Tengah.
- 4 Jumlah anggota peneliti : 1 orang
- 5 Mahasiswa yang dilibatkan : 2 orang
- 6 Lokasi Penelitian : Laboratorium Mesin Otomotif UMMagelang
- 7 Kerjasama dengan Institusi lain : -
- 8 Lama penelitian : 6 bulan
- 9 Biaya yang diperlukan
- a.LP3M UMM : Rp. 4.800.000,-
- b.Sumber lain : -



Mengetahui/menyetujui
Dekan

Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D
NIK. 98740813

Magelang, 18 November 2017

Ketua Peneliti

Bagiyo Condro P.,ST.,M.Eng
NIDN. 0617017605



Mengesahkan
Kepala LP3M

Dr. Heni Setyowati ER., S.Kp., M.Kes.
NIK. 937008062

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
RINGKASAN.....	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	8
1.1. Latar Belakang.....	8
1.2. Rumusan Masalah.....	9
1.3. Tujuan	9
1.4. Manfaat Penelitian.....	9
1.5. Batasan Masalah Penelitian	9
1.6. Targer Luaran.....	10
1.7. Kontribusi Terhadap Ilmu Pengetahuan.....	10
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1. Rekam Jejak (State of The Art) Penelitian.....	12
2.2. Engine	13
2.3. LPG (Liquied Petroleum Gas).....	13
2.4. Kerangka Konsep Penelitian	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Pengambilan Data.....	16
3.3 Compression Setting.....	16
3.4 Fuel Mixture Setting.....	16
3.5 Pengujian Engine Performance	16
3.6 Converter Kit.....	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1. Perubahan Emisi terhadap Penambahan Lambda	19
4.2. Perubahan Emisi terhadap Perubahan Putaran	21
BAB 5. KESIMPULAN	24

DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN.....	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 State of The Art Penelitian.....	12
Gambar 2.2 Konsep Pengujian Kendaraan	14
Gambar 3. 1. Flow chart Alur Proses Penelitian.....	15
Gambar 3. 2 Pengukuran Emisi Gas buang	17
Gambar 4. 1 Emisi CO terhadap Lambda	19
Gambar 4. 2 Emisi CO ₂ terhadap Lambda.....	20
Gambar 4. 3. Emisi O ₂ terhadap Lambda	20
Gambar 4. 4. Emisi HC terhadap Lambda	21
Gambar 4. 5. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 12,5 Bar.....	21
Gambar 4. 6. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 13 Bar.....	22
Gambar 4. 7. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 13,5 Bar.....	22
Gambar 4. 7. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 14 Bar.....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Target Capain.....	10
Tabel 4. 1. Emisi gas buang pada 12,5 Bar.....	18
Tabel 4. 2. Emisi gas buang pada 13 Bar.....	18
Tabel 4. 3. Emisi gas buang pada 13,5 Bar.....	18
Tabel 4. 4. Emisi gas buang pada 14 Bar.....	18

RINGKASAN

LPG sebagai bahan bakar alternatif yang sangat menjanjikan, banyak digunakan di sejumlah negara maju. Penggunaan LPG tersebut karena memiliki properties yang baik seperti nilai kalor, nilai oktan yang tinggi serta emisi yang lebih ramah lingkungan. Makalah ini mempelajari pengaruh tekanan kompresi terhadap emisi gas buang untuk kendaraan motor bensin satu silinder dengan menggunakan bahan bakar alternatif LPG. Pengujian dilakukan dengan variasi tekanan kompresi dari 12,5 Bar, 13 Bar, 13,5 Bar dan 14 Bar untuk setiap perubahan nilai lambda pada campuran kurus. Hasil pengujian berupa emisi gas buang (CO, CO₂ dan HC). Hasil pengujian menunjukkan secara umum bahwa nilai emisi gas buang yang terbaik adalah pada tekanan kompresi 13,5 Bar, baik untuk nilai CO, CO₂ dan HC dibanding dengan tekanan kompresi yang lain

Kata Kunci : *Engine performance, Gasoline, LPG, Compression engine setting.*

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai bahan bakar alternatif di sektor transportasi Liquefied Petroleum Gas (LPG) banyak digunakan di sejumlah negara maju. Negara-negara maju seperti Korea, Turki, Rusia dan Polandia selama tahun 2000 sampai 2010 menempati urutan teratas konsumsi bahan bakar LPG, namun secara umum konsumsi global terhadap bahan bakar LPG mencapai 22,9 juta ton pada tahun 2010. Pada kurun waktu 2000 sampai 2010 permintaan meningkat sebesar 8,5 Mt atau sekitar 59% (1).

Sebagai bahan bakar alternatif LPG mempunyai nilai oktan yang tinggi yaitu sekitar 112 sangat baik untuk jenis mesin bensin (spark ignited) (2). Untuk mengaplikasikan bahan bakar LPG tersebut di mesin bensin dibutuhkan seperangkat alat yang namanya converter kits. Penggunaan converter kits pada kendaraan baik mesin karburator maupun injeksi memiliki kelemahan dalam hal efisiensi volumetriknya menjadi sedikit menurun (3)(4).

Penggunaan bahan bakar LPG memiliki efek pada lingkungan yang lebih baik daripada penggunaan bahan bakar bensin, untuk semua kadar emisi CO, CO₂, HC, dan NO_x (5)(6)(7). Namun demikian penggunaan LPG menghasilkan performa kurang baik dibandingkan gasoline. Penurunan daya yang terjadi pada umumnya berkisar antara 5% sampai 20% (8).

Performa Mesin bensin yang dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar gas LPG mengalami penurunan. Penurunan ini terjadi dikarenakan karakteristik sifat bahan bakar bensin berbeda dengan LPG. Hal ini dapat diatasi dengan mengatur saat penyalaan sehingga lebih sesuai dengan karakteristik gas LPG. Pengaturan saat penyalaan 11° sebelum TMA, menghasilkan prestasi (Torsi dan Daya) yang dekat dengan prestasi motor bensin yaitu hanya selisih 3 %. Prestasi terbaik pada mesin bahan bakar bensin ataupun LPG berkisar pada putaran 4000 s.d 5000 rpm (9).

Karakteristik kinerja dan operasional kendaraan LPG lebih menguntungkan dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. LPG memiliki nilai oktan mencapai 112, lebih tinggi dari pertamax plus. Nilai oktan yang tinggi memungkinkan untuk

diterapkan pada mesin-mesin dengan rasio kompresi tinggi, yang dapat memberikan peningkatan efisiensi termal yang lebih baik, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan mereduksi emisi gas buang (10).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik emisi gas buang untuk berbagai variasi tekanan kompresi pada mesin bensin satu silinder dengan menggunakan bahan bakar LPG. Pengujian dilakukan terhadap perubahan nilai lambda dengan nilai emisi gas buang. Hasil pengujian ini diharapkan menjadi sebuah referensi dalam pengembangan kendaraan dengan menggunakan bahan bakar alternatif LPG.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan *engine compression setting* pada penggunaan *gasoline/LPG fuel* untuk mengetahui karakteristik emisi gas buang pada studi kasus kendaraan *single piston* ?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan *engine compression setting* yang optimal pada penggunaan *gasoline/LPG fuel* untuk mengetahui karakteristik emisi gas buang pada studi kasus kendaraan *single piston*.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Mendapatkan *engine compression setting* pada penggunaan *gasoline/LPG fuel* yang optimal
- b. Diperolehnya teknologi pemanfaatan LPG yg berorientasi pada produk lokal.
- c. Meningkatkan perkembangan teknologi kendaraan yang efisien serta lebih ramah lingkungan.
- d. Penguatan Misi dan Visi Program Studi.

1.5. Batasan Masalah Penelitian

- a. *Engine* yang digunakan dalam penelitian menggunakan *gasoline engine* pada kendaraan Honda Karisma 125 cc.
- b. Penelitian fokus pada experimental emisi gas buang.
- c. Bahan bakar yang digunakan *gasoline* (pertamax produksi PERTAMINA) dan LPG (produksi PERTAMINA)

1.6. Targer Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini seperti pada tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Target Capain.

NO	Jenis Luaran Wajib	Indikator Capaian
1.	Publikasi ilmiah di jurnal nasional dan <i>Proseeding</i>	<i>Published</i>
2.	Prototipe <i>engine setting</i>	<i>Compression engine setting</i> telah sesuai dengan pemanfaatan <i>LPG</i>

1.7. Kontribusi Terhadap Ilmu Pengetahuan

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dan dikembangkan untuk teknologi sistem konvensi energi pemanfaatan LPG yang dapat diaplikasikan dalam kendaraan *single piston*. Data penelitian yang dihasilkan akan dapat membantu produsen kendaraan *single piston* untuk menyeting *compression ratio engine* dengan tepat pada kendaraan *single piston* dengan bahan bakar LPG.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Akhir – akhir ini arah perkembangan teknologi *engine* kendaraan fokus pada beberapa tema, diantaranya pada efisiensi energi bahan bakar, emisi serta *engine performing* (Karagiorgis et al. 2007; Arsie et al. 2013). Perkembangan ini dilatarbelakangi adanya tuntutan kebutuhan baik skala nasional maupun internasional. Dalam bidang *automotive engineering*, energi menjadi target sasaran arah kebijakan perkembangan teknologi. Terbatasnya produksi minyak fosil dunia (Tverberg, 2012), tingginya harga bahan bakar (Knoema, 2017), menjadi pertimbangan utama dalam melakukan inovasi teknologi. Optimalisasi *engine performance* pada mesin pembakaran dapat dilakukan beberapa metode.

Metode pertama, pengaturan *engine performance* dengan *Air to Fuel Ratio- AFR* pada *engine* untuk pencapaian pembakaran optimal (sesuai *stoichiometry*) pada posisi *AFR* sekitar 14,67, metode ini telah dilakukan oleh (Ebrahimi et al, 2012 ; Ji et al., 2017). Studi ini melakukan pengontrolan *AFR* pada *gasoline engine* dengan menggunakan *compensator closed loop system* dengan variasi *time delay filter PID* dan telah mampu mengendalikan *AFR* sehingga kinerja *engine* mencapai optimal. *AFR* selain dapat digunakan untuk mengendalikan engine performa juga dapat digunakan untuk peningkatan efisiensi bahan bakar (Zhao & Xu, 2013).

Metode kedua, Pengontrolan *Spark Advance – SA* dengan *Artificial Neural Network – ANN* (Togun & Baysec, 2010a). Studi ini melakukan prediksi terhadap *engine performa* dan konsumsi bahan bakar bensin spesifik dengan pengajuan pengapian dengan *ANN*. Algoritma lain yang dapat digunakan untuk pengontrolan *SA* dengan aplikasi *Algoritma Genetik - GA* (Togun & Baysec, 2010b). Studi ini mengembangkan formulasi dengan *GA* dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar bensin dengan pengajuan pengapian.

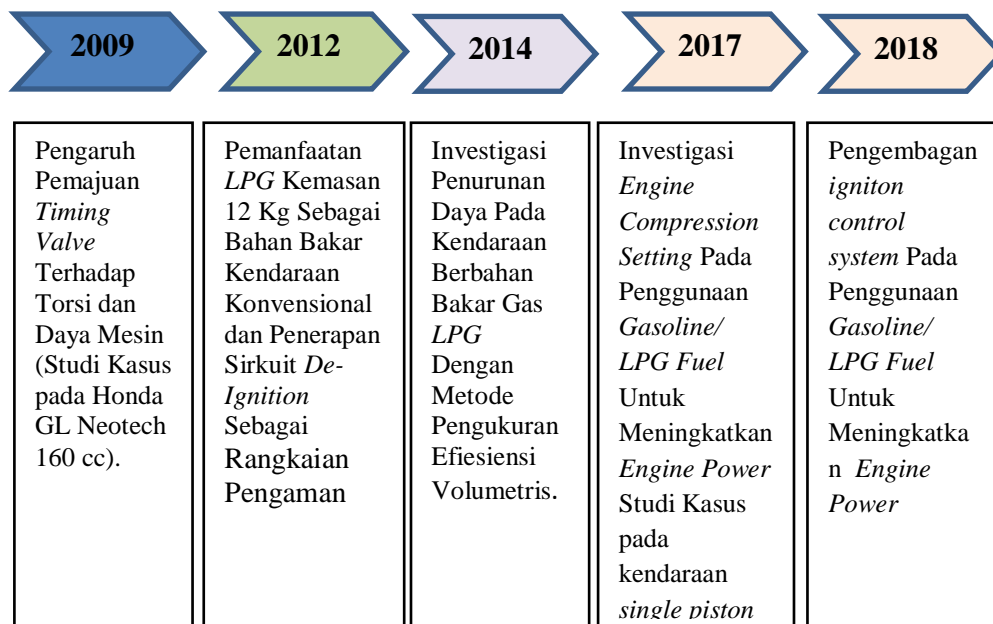
Metode ketiga, Aplikasi pemanfaatan energi alternatif (Thomas et al, 2016). Energi alternatif yang telah digunakan diantaranya, *ethanol* (Maurya & Agarwal, 2011), *methanol* (Pourkhesalian et al, 2010) maupun *LPG*. Perkembangan teknologi konvensi energi terutama aplikasi *LPG* pada kendaraan sudah pernah dilakukan (Wang et al. 2016). Konsep yang ditawarkan, *LPG* diaplikasikan

sebagai *ignition inhibitor* dalam mengendalikan pembakaran *engine* dan emisi yang dihasilkan. Perkembangan selanjutnya investigasi *LPG* sebagai bahan bakar yang dipengaruhi oleh geometri piston terhadap karakter *engine performa* dan emisi (Ravi & Porpatham, 2017). Penggunaan tipe bahan bakar dan *engine compression* sangat berpengaruh terhadap kualitas pembakaran (Tutak et al, 2015). *Engine compression* disamping berpengaruh terhadap kualitas pembakaran juga berpengaruh terhadap emisi dan *engine performa* (Sayin & Kemal, 2015; Patel et al. 2016; Fu et al., 2016). *Performa engine* disamping dipengaruhi oleh *compression engine* juga dipengaruhi oleh *volumetric efficiency* (Gumus, 2011).

Berdasarkan beberapa studi yang telah dilaksanakan penelitian, peningkatan *engine performance* berdasarkan pemanfaatan *LPG* dan *compression engine setting* pada *multi piston engine*, akan berbeda jika dilakukan pada *single piston engine*. Perbedaan tersebut dikarenakan efisiensi volumetric antara *multi piston engine* dengan *single piston engine* memiliki nilai yang berbeda. Dengan demikian diperlukan penelitian untuk mengetahui *engine performance* berdasarkan pemanfaatan *LPG* dan *compression engine setting* pada *single piston engine*.

2.1. Rekam Jejak (*State of The Art*) Penelitian

State of The Art dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2. 1 *State of The Art* Penelitian.

Penelitian pada Investigasi *Engine Compression Setting* pada pemanfaatan *Gasoline/LPG Fuel* untuk meningkatkan *engine power* yang akan dilaksanakan berdasarkan rekam jejak penelitian yang dilakukan sebelumnya.

2.2. Engine

Engine sebagai perangkat dari kendaraan yang menghasilkan daya untuk menggerakkan kendaraan. *Engine* juga berfungsi merubah energi kimia menjadi energi gerak dengan pemanfaatan pembakaran di dalam *engine*. *Internal Combustion Engine* terbagi menjadi beberapa tipe yaitu *gasoline engine*, *diesel engine* dan *jet engine*. *Gasoline engine* atau *spark ignition engine* dapat juga dikenal dengan mesin bensin. *Gasoline engine* merupakan mesin pembakaran dalam yang bekerja dengan pemanfaatan tenaga dihasilkan oleh hasil pembakaran bensin dengan udara.

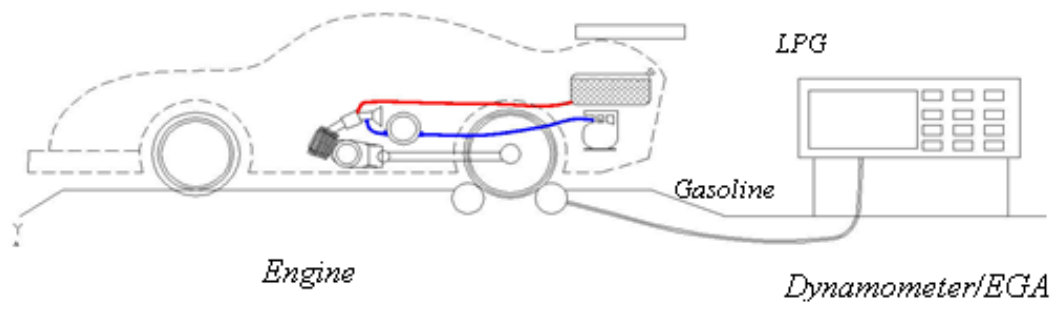
2.3. LPG (Liquied Petroleum Gas)

LPG sebagai bahan bakar alternative memiliki yang memiliki komponen utama berupa gas *propane* - C_3H_8 dan butane - C_4H_{10} (Pertamina, 2012). Nilai oktan tinggi yang dimiliki gas *LPG* memungkinkan dapat bekerja terhadap engine dengan kompresi tinggi, selain memiliki nilai oktan tinggi *LPG* juga menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan. *LPG* memiliki karakter mengalami perubahan fasa dari cair gas pada tekanan atmosfer.

LPG tersedia cukup banyak di pasar dalam kemasan 3 kg dan 12 kg. *LPG* memiliki turunan berupa *LGV (Liquefied Gas for Vehicle)* atau Vi-Gas. Energi ini dikemas dalam tabung yang juga berfungsi sebagai tanki bahan bakar. Dalam jangka menengah stasiun pengisi *LGV* untuk kendaraan akan dikembangkan.

2.4. Kerangka Konsep Penelitian

Konsep setting pengujian dengan yang akan dilakukan yang di sertai pengambilan data secara komputerisasi terlihat dalam gambar 2.2.

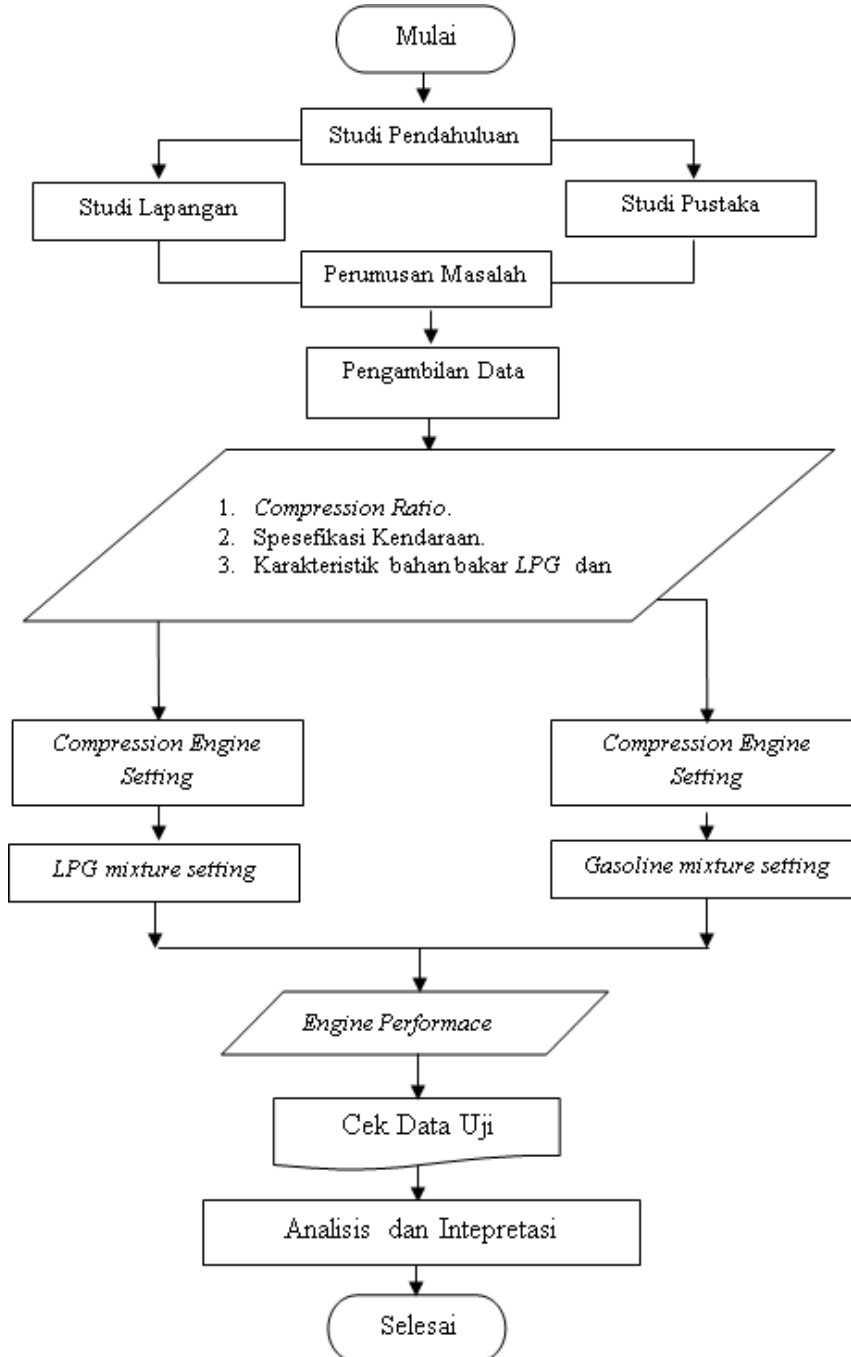


Gambar 2.2 Konsep Pengujian Kendaraan

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian direncanakan selama enam bulan. Lokasi penelitian di Laboratorium Teknik Otomotif.



Gambar 3. 1. *Flow chart* Alur Proses Penelitian.

3.2 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam *compression setting* ada beberapa data :

- a. Data *compression rasio* standar dari perusahaan pemegang merek.
- b. Spesifikasi kendaraan.
- c. Karakteristik bahan bakar *gasoline* dan *LPG* dari perubahan fasa, kandungan kimia penyusun, power yang dihasilkan dan emisi yang dihasilkan.

3.3 Compression Setting

Dalam melakukan *experimental seting compression rasio* dengan mengurangi permukaan pada *cylinder head* atau *block cylinder*. Kenaikan *compression pressure* akan diperoleh dengan berkurangnya volume ruang bakar. Hasil pembakaran dari *compression pressure setting* selanjutnya diukur dengan daya yang dihasilkan oleh *engine*.

3.4 Fuel Mixture Setting

Campuran antara udara dengan bahan bakar sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Kondisi campuran bahan bakar dan udara memiliki kondisi *lean*, *stoichimetry* dan *rich*. Proses *seting* pencampuran dilakukan pada *converter kits*. Campuran *rich* memiliki karakter pada kondisi tertentu menaikkan daya tetapi menghasilkan emisi gas buang lebih tinggi.

Proses *mixture setting* dilakukan dengan mengatur jumlah *LPG* atau bahan bakar yang akan dicampur dalam *mixture*. Bentuk geometris *mixture* sangat mempengaruhi proses homogenisasi bahan bakar, bahkan proses pemusaran udara masuk ke intake manifold akan menambah tingkat kehalusan pencampuran.

3.5 Pengujian Engine Performance

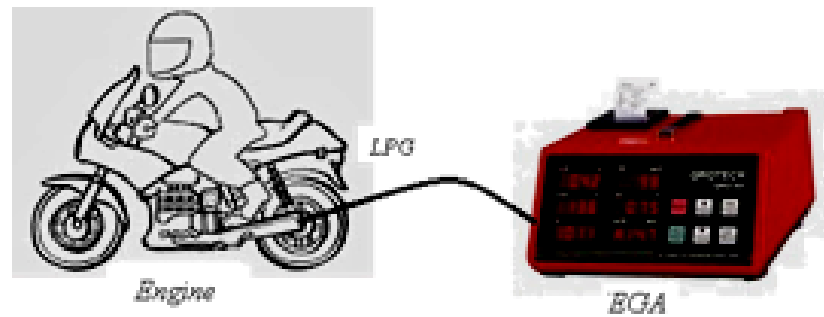
Engine Performance diukur menggunakan *dynamo meter* dan *engine gas analyser* (EGA) secara digital. Pengujian dilakukan secara integrasi pada unit kendaraan *single piston*. Pengujian dilakukan dengan variasi *rasio compression* dengan *output* berupa nilai daya, torsi dan emisi gas buang.

3.6 Converter Kit

Converter Kit sebagai alat yang digunakan dalam teknologi konversi bahan bakar minyak ke bahan bakar gas. Alat ini bekerja berdasarkan kevakuman

yang terjadi dalam intake manifold dalam engine serta menurunkan tekanan *LPG* sebesar 10 bar menjadi tekanan kerja 2 bar.

Parameter pengujian dalam penelitian ini adalah emisi gas buang. Pengujian dilakukan dengan bantuan alat Engine Gas analyzer (EGA) merk Qrotech. Data dari EGA kemudian dicetak sesuai dengan variasi nilai lambda (λ) dari 1,09 sampai 1,59. Pengambilan data dilakukan setiap kali perubahan nilai tekanan kompresi (12,5 bar; 13 bar; 13,5 dan 14 bar).



Gambar 3. 2 Pengukuran Emisi Gas buang

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1, tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4 berikut menunjukkan hasil pengukuran performa mesin/emisi gas buang dengan bahan bakar LPG pada setiap variasi tekanan kompresi. Pengambilan data dilakukan tiga kali untuk setiap tekanan kompresi. Data yang ditampilkan merupakan merupakan hasil pengukuran yang terbaik dari setiap tekanan kompresi.

Tabel 4. 1. Emisi gas buang pada 12,5 Bar

NO	LAMBDA	CO	CO2	O2	HC	RPM
		%	%	%	ppm	
1	1.09	4.56	3.3	9.78	4624	1000
2	1.158	5.21	4.2	8.1	1362	1100
3	1.313	3.64	5.8	7.89	290	1300
4	1.439	1.86	7.1	7.86	101	1900
5	1.509	1.08	7.5	7.97	79	2100

Tabel 4. 2. Emisi gas buang pada 13 Bar

NO	LAMBDA	CO	CO2	O2	HC	RPM
		%	%	%	ppm	
1	1.081	5.51	3.2	9.37	3475	950
2	1.153	4.65	3.1	9.02	2942	1000
3	1.313	4.02	4.1	9.31	1604	1200
4	1.431	3.72	4.3	9.53	751	1400
5	1.507	2.42	5.4	9.29	731	1800

Tabel 4. 3. Emisi gas buang pada 13,5 Bar

NO	LAMBDA	CO	CO2	O2	HC	RPM
		%	%	%	ppm	
1	1.099	5.71	4.4	6.54	320	1900
2	1.157	4.99	4.9	6.42	0	2200
3	1.311	2.7	6.7	6.72	0	2000
4	1.439	0.97	7.8	6.93	0	2100
5	1.503	0,2	8.2	7.01	0	2100

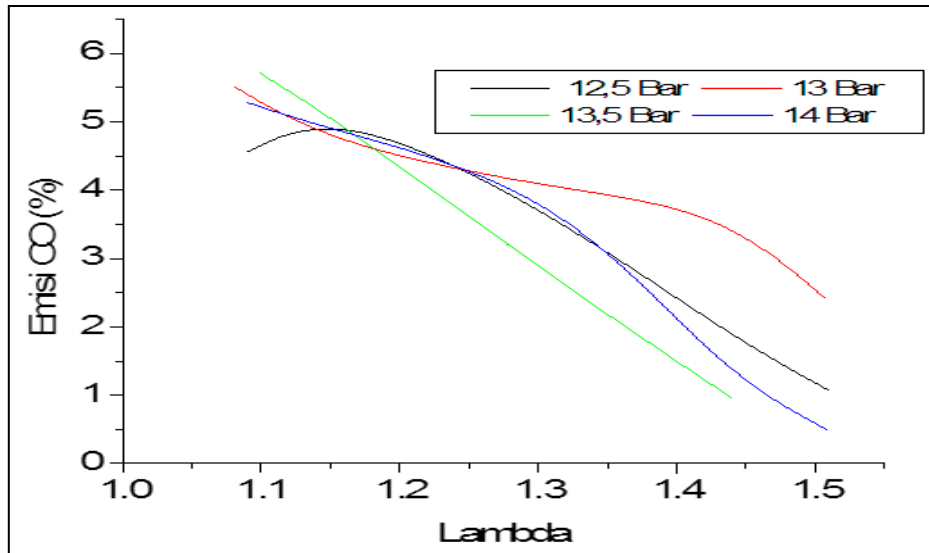
Tabel 4. 4. Emisi gas buang pada 14 Bar

NO	LAMBDA	CO	CO2	O2	HC	RPM
		%	%	%	ppm	
1	1.09	5.28	3.1	8.69	2899	975
2	1.146	4.91	4.5	8.05	1751	1100
3	1.317	3.99	4.6	8.36	677	1300
4	1.43	1.36	7.5	7.15	0	1900
5	1.509	0.49	7.9	7.28	0	2000

4.1. Perubahan Emisi terhadap Penambahan Lambda

a) Emisi CO

Gambar 4.1 berikut adalah kurva emisi gas CO terhadap perubahan lambda, untuk setiap tekanan kompresi. Emisi gas CO semakin besar memberikan informasi bahwa proses pembakaran tidak sempurna dimana banyak gas karbon (C) dalam bahan bakar tidak mendapat cukup oksigen (O_2) dalam proses pembakaran.

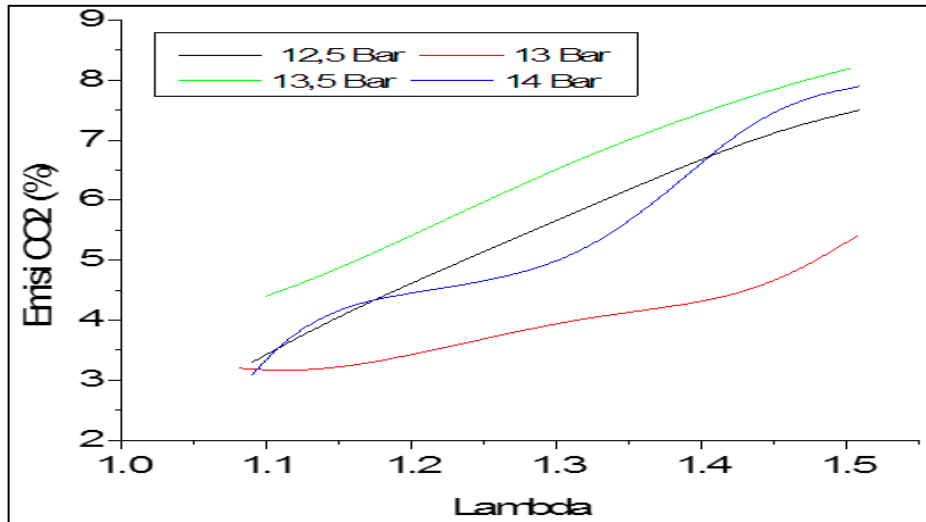


Gambar 4. 1 Emisi CO terhadap Lambda

Dari gambar 4.1 tersebut memberikan informasi bahwa setiap kenaikan nilai lambda akan diiringi dengan penurunan emisi CO, untuk setiap tekanan kompresi. Terdapat sedikit perbedaan untuk tekanan kompresi 12,5 Bar, dimana titik puncak emisi CO berada pada nilai lambda sekitar 1,15 sedangkan untuk tekanan kompresi yang lain masih dibawah 1,1.

b) Emisi CO₂

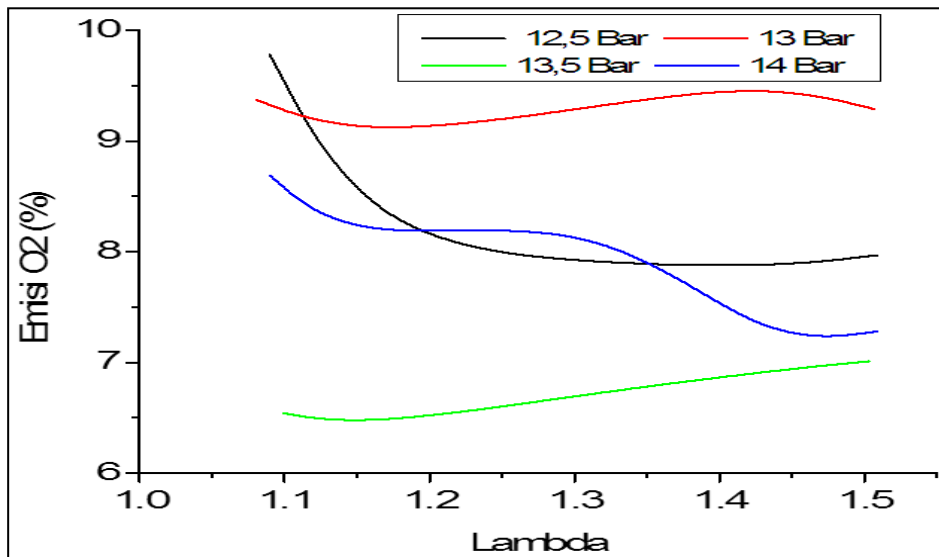
Gambar 4.2 berikut adalah kurva emisi gas CO₂ terhadap perubahan lambda, untuk setiap tekanan kompresi. Gambar tersebut memberikan informasi bahwa setiap kenaikan nilai lambda akan diiringi dengan kenaikan emisi CO₂, untuk setiap tekanan kompresi. Emisi CO₂ tertinggi dicapai untuk tekanan kompresi 13,5 Bar, hal ini menunjukkan bahwa proses pembakaran terjadi lebih sempurna, karena sebagian besar atom karbon dalam LPG terbakar semua. Sedangkan emisi CO₂ terkecil pada tekanan kompresi 13 Bar.



Gambar 4. 2 Emisi CO₂ terhadap Lambda

c) Emisi O₂

Gambar 4.3 berikut adalah kurva emisi gas O₂ terhadap perubahan lambda, untuk setiap tekanan kompresi.

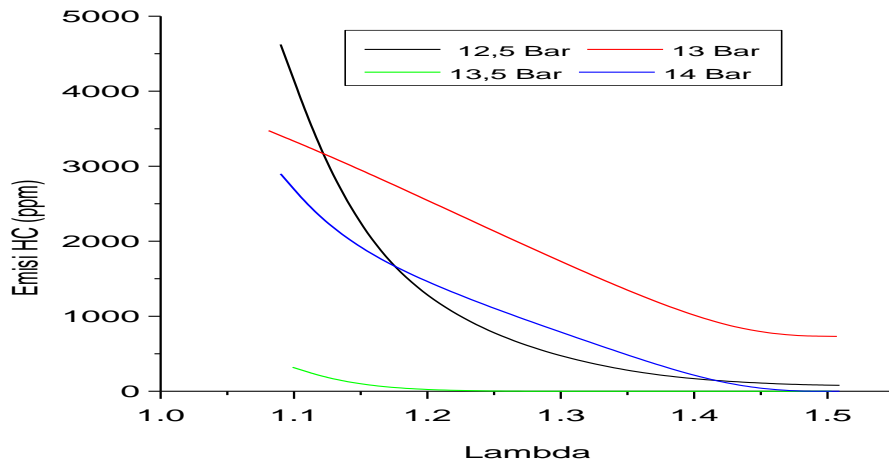


Gambar 4. 3. Emisi O₂ terhadap Lambda

Dari gambar 4.3 tersebut memberikan informasi bahwa setiap kenaikan nilai lambda akan diiringi dengan kenaikan emisi O₂, untuk tekanan kompresi 13 dan 13,5 Bar, sedangkan untuk tekanan kompresi 12 dan 14 Bar terjadi penurunan kadar O₂.

d) Emisi HC

Gambar 4.4 berikut adalah kurva emisi gas HC terhadap perubahan lambda, untuk setiap tekanan kompresi.

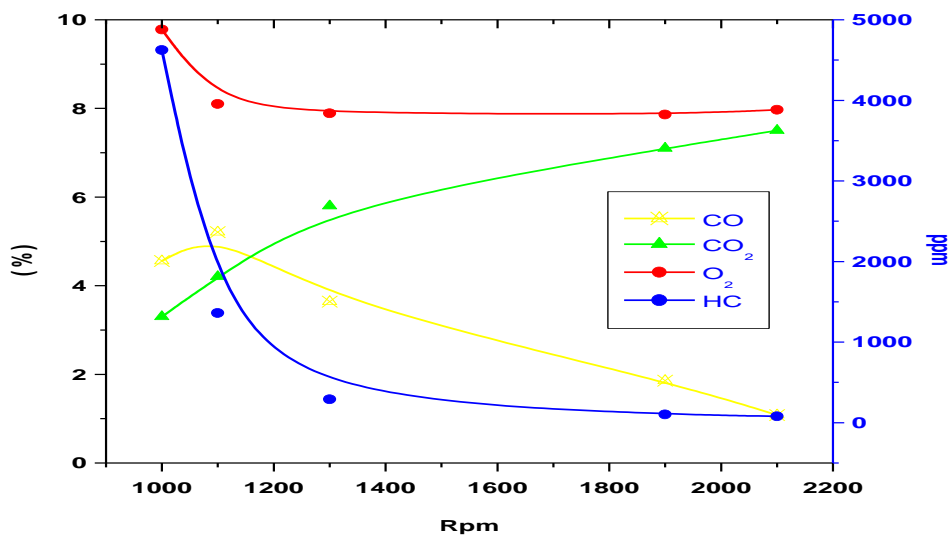


Gambar 4. 4. Emisi HC terhadap Lambda

Dari gambar 4.4 tersebut memberikan informasi bahwa setiap kenaikan nilai lambda akan diiringi dengan penurunan emisi HC, untuk setiap tekanan kompresi. Nilai HC terendah dihasilkan pada tekanan kompresi 13,5 Bar, sedangkan tertinggi pada tekanan kompresi 13 Bar. Emisi HC semakin besar menunjukkan dalam proses pembakaran terdapat sebagian bahan bakar tidak terjadi proses pembakaran. Dengan demikian untuk tekanan kompresi 13,5 Bar hanya sebagian kecil bahan bakar tidak terbakar.

4.2. Perubahan Emisi terhadap Perubahan Putaran

a) Kompresi rasio 12,5 Bar

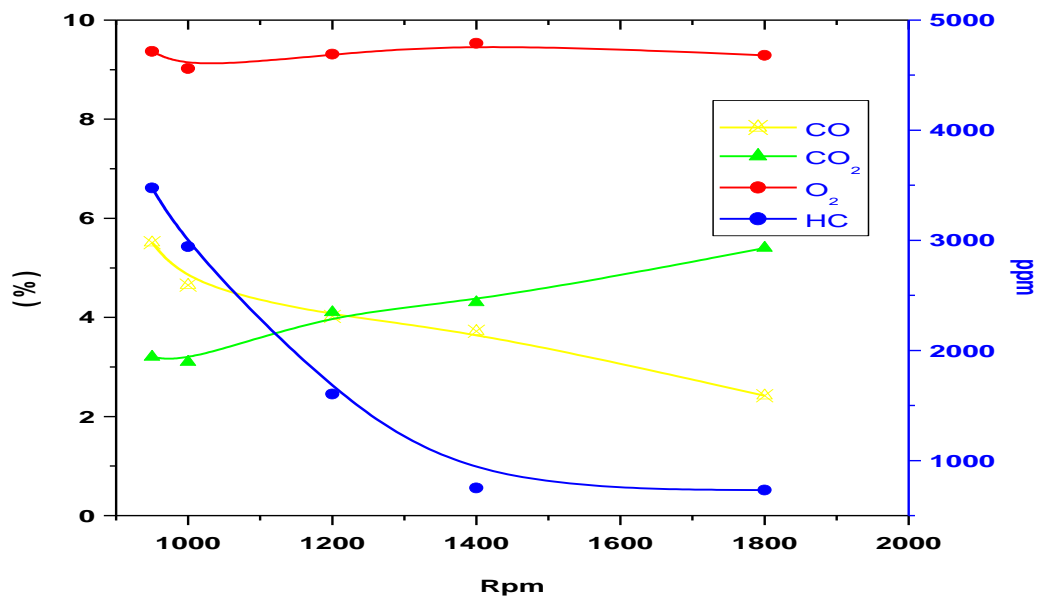


Gambar 4. 5. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 12,5 Bar

Gambar 4.5 diatas adalah kurva emisi gas buang terhadap perubahan putaran mesin, untuk tekanan kompresi 12,5 Bar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kenaikan putaran mesin akan diiringi dengan penurunan emisi CO, HC dan O₂ serta meningkatnya CO₂.

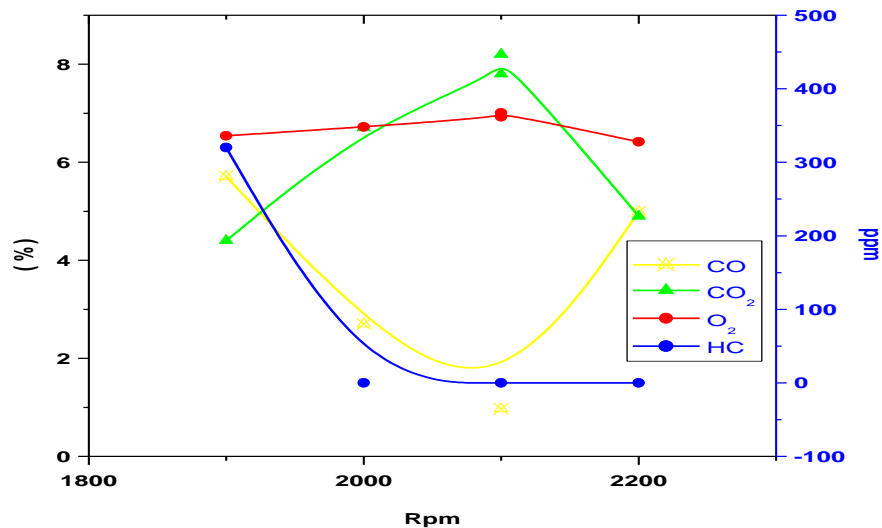
b) Kompresi rasio 13 Bar

Gambar 4.6 diatas adalah kurva emisi gas buang terhadap perubahan putaran mesin, untuk tekanan kompresi 13 Bar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kenaikan putaran mesin akan diiringi dengan penurunan emisi CO dan HC serta meningkatnya CO₂, sementara kadar O₂ stabil.



Gambar 4. 6. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 13 Bar

c) Kompresi rasio 13,5 Bar

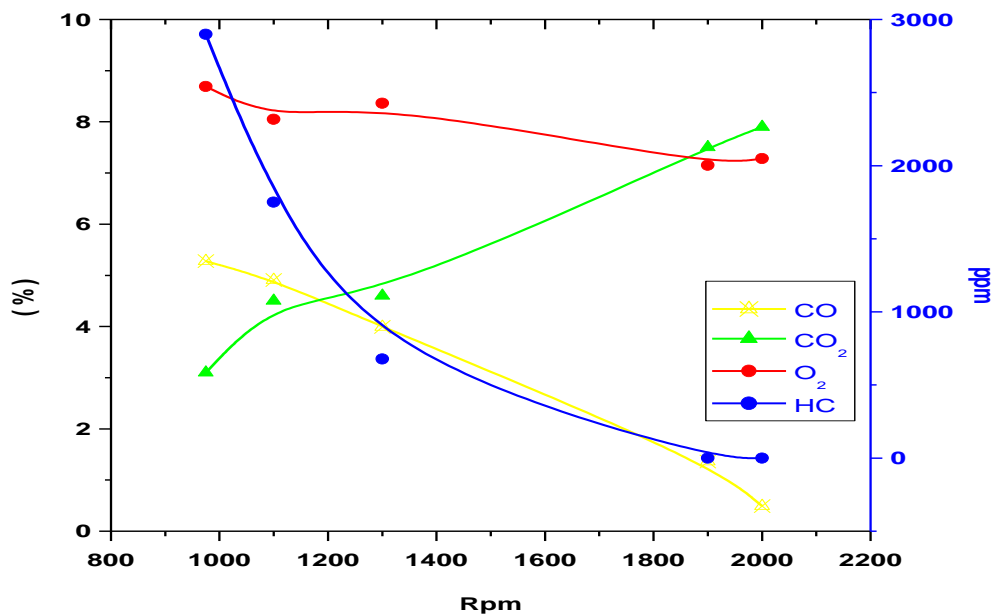


Gambar 4. 7. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 13,5 Bar

Gambar 4.7 diatas adalah kurva emisi gas buang terhadap perubahan putaran mesin, untuk tekanan kompresi 13,5 Bar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kenaikan putaran mesin akan diiringi dengan penurunan emisi HC dan CO namun hanya sampai 2100 rpm dan naik kembali, demikian juga untuk CO₂ meningkat dan sampai 2100 rpm dan naik kembali, sementara kadar O₂ kecenderungan stabil.

d) Kompresi rasio 14 Bar

Gambar 4.8 diatas adalah kurva emisi gas buang terhadap perubahan putaran mesin, untuk tekanan kompresi 13 Bar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kenaikan putaran mesin akan diiringi dengan penurunan emisi CO, O₂ dan HC serta meningkatnya CO₂.



Gambar 4. 8. Emisi terhadap putaran mesin untuk kompresi rasio 14 Bar

BAB 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan penelitian ini antara lain :

- a) Kadar emisi CO secara umum terendah dicapai pada tekanan kompresi 13,5 Bar dan tertinggi pada tekanan kompresi 13 Bar.
- b) Kadar emisi CO₂ tertinggi dicapai pada tekanan kompresi 13,5 Bar dan terendah pada tekanan kompresi 13 Bar.
- c) Kadar emisi HC terendah dicapai pada tekanan kompresi 13,5 Bar dan tertinggi pada tekanan kompresi 13 Bar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsie, I., Di, S., & Vaccaro, S. (2013). Experimental investigation of the effects of AFR, spark advance and EGR on nanoparticle emissions in a PFI SI engine. *Journal of Aerosol Science*, 64, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2013.05.005>
- Bayraktar, H., & Durgun, O. (2005). Investigating the effects of LPG on spark ignition engine combustion and performance, 46, 2317–2333. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.09.012>
- Ebrahimi, B., Tafreshi, R., Masudi, H., Franchek, M., & Mohammadpour, J. (2012). Control Engineering Practice A parameter-varying filtered PID strategy for air – fuel ratio control of spark ignition engines. *Control Engineering Practice*, 20(8), 805–815. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2012.04.001>
- Fu, J., Shu, J., Zhou, F., Liu, J., Xu, Z., & Zeng, D. (2016). Experimental investigation on the effects of compression ratio on in-cylinder combustion process and performance improvement of liquefied methane engine. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.048>
- Gumus, M. (2011). Effects of volumetric efficiency on the performance and emissions characteristics of a dual fueled (gasoline and LPG) spark ignition engine. *Fuel Processing Technology*, 92(10), 1862–1867. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.05.001>
- Ji, C., Shi, L., Wang, S., Cong, X., Su, T., & Yu, M. (2017). Investigation on performance of a spark-ignition engine fueled with dimethyl ether and gasoline mixtures under idle and stoichiometric conditions. *Energy*, 126, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.045>
- Karagiorgis, S., Glover, K., & Collings, N. (2007). Control Challenges in Automotive Engine Management. *European Journal of Control*, 13(2–3), 92–104. <https://doi.org/10.3166/ejc.13.92-104>
- Kim, T. Y., Park, C., Oh, S., & Cho, G. (2016). The effects of stratified lean combustion and exhaust gas recirculation on combustion and emission characteristics of an LPG direct injection engine. *Energy*, 115(x), 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.025>
- Knoema. (2017). Crude Oil Price Forecast: Long Term 2017 to 2030 | Data and Charts.
- Maurya, R. K., & Agarwal, A. K. (2011). Experimental investigation on the effect of intake air temperature and air – fuel ratio on cycle-to-cycle variations of HCCI combustion and performance parameters. *Applied Energy*, 88(4), 1153–1163. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.09.027>
- Patel, P. D., Lakdawala, A., Chourasia, S., & Patel, R. N. (2016). Bio fuels for compression ignition engine: A review on engine performance, emission and life cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 24–43. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.010>
- Pertamina. (2012). ELPIJI.

- Pourkhesalian, A. M., Shamekhi, A. H., & Salimi, F. (2010). Alternative fuel and gasoline in an SI engine : A comparative study of performance and emissions characteristics. *Fuel*, 89(5), 1056–1063. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.11.025>
- Pradesh-india, A., & Pradesh-india, A. (2008). Performance and Emission Characteristics of LPG-Fuelled Variable Compression Ratio SI Engine, 32, 7–12.
- Ravi, K., & Porpatham, E. (2017). Effect of piston geometry on performance and emission characteristics of an LPG fuelled lean burn SI engine at full throttle condition. *Applied Thermal Engineering*, 110, 1051–1060. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.09.039>
- Sayin, C., & Kemal, M. (2015). Effect of compression ratio on the emission , performance and combustion characteristics of a gasoline engine fueled with iso-butanol / gasoline blends. *Energy*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.064>
- Statistik, B. P. (2015). Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2013.
- Thomas, R., Sreesankaran, M., Jaidi, J., Paul, D. M., & Manjunath, P. (2016). Experimental evaluation of the effect of compression ratio on performance and emission of SI engine fuelled with gasoline and n-butanol blend at different loads □. *Perspectives in Science*, 8, 743–746. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.06.076>
- Togun, N., & Baysec, S. (2010). Genetic programming approach to predict torque and brake specific fuel consumption of a gasoline engine. *Applied Energy*, 87(11), 3401–3408. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.04.027>
- Tutak, W., Lukács, K., Szwaja, S., & Bereczky, Á. (2015). Alcohol – diesel fuel combustion in the compression ignition engine. *FUEL*, (April). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.03.071>
- Tverberg, G. E. (2012). Oil supply limits and the continuing financial crisis, 37, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.05.049>
- Wang, Y., Liu, H., Huang, Z., & Liu, Z. (2016). Study on combustion and emission of a dimethyl ether-diesel dual- fuel premixed charge compression ignition combustion engine with LPG (liquefied petroleum gas) as ignition inhibitor. *Energy*, 96(x), 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.056>
- Yunianto, B. (2010). PENGARUH PERUBAHAN SAAT PENYALAN (IGNITION TIMING) TERHADAP PRESTASI MESIN PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH DENGAN BAHAN. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 7, 242–247. Retrieved from <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/3771>
- Zhao, J., & Xu, M. (2013). Fuel economy optimization of an Atkinson cycle engine using genetic algorithm. *Applied Energy*, 105, 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.12.061>

**Karakteristik Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar
LPG untuk Mesin Bensin Single Piston**

Bagiyo Condoro Purnomo^{1*}, Noto Widodo², Sureto Munshar³, Muji Setiyo⁴, Budi Wahyu⁵.
^{1,2,3,4,5}Program Studi Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang
^{*}Email: bagiyo_condoro@ummg.ac.id

Keywords:
 LPG; Bahan Bakar
 Alternatif; Tekanan
 Kompresi; Emisi Gas
 Buang

Abstrak

LPG sebagai bahan bakar alternatif yang sangat menjanjikan, banyak digunakan di sejumlah negara maju. Penggunaan LPG tersebut karena memiliki properties yang baik seperti nilai kalor, nilai oktan yang tinggi serta emisi yang lebih ramah lingkungan. Makalah ini mempelajari pengaruh tekanan kompresi terhadap emisi gas buang untuk kendaraan motor bensin satu silinder dengan menggunakan bahan bakar alternatif LPG. Pengujian dilakukan dengan variasi tekanan kompresi dari 12,5 Bar, 13 Bar, 13,5 Bar dan 14 Bar untuk setiap perubahan nilai lambda pada campuran kurus. Hasil pengujian berupa emisi gas buang (CO , CO_2 dan HC). Hasil pengujian menunjukkan secara umum bahwa nilai emisi gas buang yang terbaik adalah pada tekanan kompresi 13,5 Bar, baik untuk nilai CO , CO_2 dan HC dibanding dengan tekanan kompresi yang lain.

1. PENDAHULUAN

Sebagai bahan bakar alternatif di sektor transportasi *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) banyak digunakan di sejumlah negara maju. Negara-negara maju seperti Korea, Turki, Rusia dan Polandia selama tahun 2000 sampai 2010 menempati urutan teratas konsumsi bahan bakar LPG, namun secara umum konsumsi global terhadap bahan bakar LPG mencapai 22,9 juta ton pada tahun 2010. Pada kurun waktu 2000 sampai 2010 permintaan meningkat sebesar 8,5 Mt atau sekitar 59% (1).

Sebagai bahan bakar alternatif LPG mempunyai nilai oktan yang tinggi yaitu sekitar 112 sangat baik untuk jenis mesin bensin (*spark ignited*) (2). Untuk mengaplikasikan bahan bakar LPG tersebut di mesin bensin dibutuhkan seperangkat alat yang namanya *converter*

kits. Penggunaan *converter kits* pada kendaraan baik mesin karburator maupun injeksi memiliki kelemahan dalam hal efisiensi volumetriknya menjadi sedikit menurun (3)(4).

Penggunaan bahan bakar LPG memiliki efek pada lingkungan yang lebih baik daripada penggunaan bahan bakar bensin, untuk semua kadar emisi CO , CO_2 , HC , dan NO_x (5)(6)(7). Namun demikian penggunaan LPG menghasilkan performa kurang baik dibandingkan gasoline. Pemurnan daya yang terjadi pada umumnya berkisar antara 5% sampai 20% (8).

Performa Mesin bensin yang dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar gas LPG mengalami pemurnan. Pemurnan ini terjadi dikarenakan karakteristik sifat bahan bakar bensin