

**PENGARUH ENGINE REMAP TERHADAP BEBERAPA PARAMETER OPERASI MOBIL BERBAHAN BAKAR LGV****Ahmad Khudhoibi\*, Nazaruddin Sinaga**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang, Semarang 50275

\*E-mail: ahmadkhudhoibi@gmail.com

**Abstrak**

Ketergantungan kendaraan bermotor pada konsumsi bahan bakar minyak menyebabkan transportasi menjadi sektor pengguna energi terbesar kedua setelah sektor industri sehingga dibutuhkan energi alternatif. Penggunaan LGV (*liquefied gas for vehicle*) sebagai bahan bakar alternatif untuk mobil telah dipelajari secara mendalam pada beberapa tahun terakhir. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh perubahan engine map terhadap beberapa parameter operasi dan emisi. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen pada kendaraan Mitsubishi Mirage yang menggunakan konverter kit Lovato Easy Fast untuk mesin 3-4 silinder. Engine remap dilakukan dengan menambahkan dan mengurangi nilai koefisien gas injection time sebesar 20 dari map autokalibrasi. Kendaraan uji dioperasikan diatas chassis dynamometer dengan engine scanner Auterra Dash Dyno yang terhubung OBD II port. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa perubahan nilai map autokalibrasi menjadi map 20 dan (-20) mempengaruhi parameter operasi mesin. Throttle position, laju udara dan laju bahan bakar pada LGV map 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan LGV autokalibrasi. Ignition timing semua bahan bakar LGV lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin. Pengapian map (-20) terjadi lebih lambat dan map 20 terjadi lebih cepat sebelum TMA dibandingkan map autokalibrasi. Emisi HC LGV map 20 lebih rendah dan map (-20) lebih tinggi dari bahan bakar bensin.

**Kata kunci:** bensin, emisi, engine remap, konsumsi bahan bakar, LGV.

**PENDAHULUAN****Latar Belakang**

Kebutuhan energi untuk mencukupi berbagai aktifitas di seluruh dunia saat ini sangat tinggi. Pada umumnya, pelaku industri dan masyarakat masih banyak menggunakan energi fosil, sementara itu cadangan minyak bumi yang digunakan sebagai sumber energi primer semakin menipis karena terus menerus dieksploitasi. Menurut data statistik cadangan gas bumi di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 150,7 TSCF (*trillion square cubic feet*) dan tersebar di seluruh daerah Indonesia (Kementerian ESDM, 2012). Berdasarkan hal tersebut, Pemerintah Indonesia melakukan beberapa kebijakan tentang peranan energi gas bumi menjadi lebih dari 30% (tiga puluh persen) terhadap konsumsi energi nasional. Sektor transportasi merupakan sektor pengguna energi final komersil terbesar kedua setelah sektor industri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan biaya penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca pada sektor transportasi darat adalah melakukan Teknik

Mengemudi *Smart Driving* yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar sekitar 40% (Sinaga, 2013). Selain itu, Pemerintah Indonesia melalui SK Dirjen MIGAS nomor 328/10/DJM.S/2012 menetapkan rencana kegiatan diversifikasi bahan bakar minyak ke bahan bakar gas untuk transportasi dan optimis penggunaan bahan bakar gas menjadi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak untuk kendaraan bermotor, terutama mobil penumpang yang meningkat jumlahnya tiap tahun. Terdapat dua jenis bahan bakar gas yaitu bahan bakar LGV (*liquefied gas for vehicle*) dan CNG (*compressed natural gas*). LGV adalah bahan bakar gas yang didapatkan dari penyulingan minyak bumi dan merupakan pengembangan dari LPG (*liquefied petroleum gas*) dengan mengubah campuran propana dan butana yang digunakan pada kendaraan bermotor, khususnya mobil penumpang. Pada umumnya masyarakat Indonesia tidak mengetahui penggunaan bahan bakar LGV dengan pengaturan yang tepat sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui

pengaruh *engine remap* terhadap parameter operasi pada kendaraan berbahan bakar LGV.

### Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh perubahan *engine map* terhadap beberapa parameter operasi mesin.
2. Mempelajari pengaruh *engine map* terhadap emisi HC.

### Tinjauan Pustaka

Penggunaan LGV sebagai bahan bakar alternatif untuk mobil telah dipelajari secara mendalam pada beberapa tahun terakhir. Banyak studi emisi dari LGV telah dilaporkan dalam beberapa literatur. LGV memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi dan karena itu peningkatan nilai ekonomi bahan bakar dapat diperoleh dari mesin pembakaran dalam yang menggunakan LGV dibandingkan dengan bensin tanpa timbal. Hal ini karena LGV memiliki nilai oktan lebih tinggi yang mencegah terjadinya ledakan pada rasio kompresi mesin yang tinggi. Oleh karena itu, mesin yang beroperasi dengan LGV dapat berjalan dengan aman pada rasio kompresi tinggi dibandingkan mesin setara yang beroperasi pada bensin tanpa timbal. Namun rasio kompresi pada mobil *bi-fuel* biasanya sudah ditentukan sesuai rancangannya, maka LGV dengan nilai oktan tinggi hanya dapat menguntungkan dengan mengoptimalkan pengaturan pengapian dan injeksi di *engine control module* (ECM) (Yoong dkk., 2001). Daya mesin pada LGV mengalami penurunan sebesar 2.44 – 4 % dibandingkan bahan bakar bensin, dikarenakan *volumetric efficiency* dari penggunaan bahan bakar propana rendah. Selain itu, konsumsi bahan bakar spesifik LPG meningkat serta fraksi mol CO dan NO propana lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin dengan penurunan sebesar 4 – 5.3% dan 5.3 – 30% (Bayraktar dkk., 2005). Penggunaan LPG sebagai pengganti bahan bakar bensin konvensional akan mengurangi *engine brake power*, *brake specific fuel consumption*, dan *pollutant emissions*, dengan kehilangan *power* sebesar 7%. Selain itu, pengurangan pada *brake specific fuel consumption* sebesar 20 - 30% (Salhab dkk., 2011). Emisi CO<sub>2</sub>, CO, dan HC menurun masing-masing sebesar 33.9%, 53.3%, dan 72,6% dibandingkan bahan bakar bensin. Emisi HC dan CO sangat berkaitan dengan temperatur silinder gas pada *post-flame*. LPG memiliki temperatur silinder gas lebih tinggi

dibandingkan bensin dan ini akan meningkatkan oksidasi HC dan CO pada *post-flame*. Faktor ini juga menyebabkan rendahnya nilai emisi HC dan CO (Gumus, 2011). Serta CO, HC dan CO<sub>2</sub> masing – masing menurun sebesar 30%, 30% dan 10% pada pengujian *urban cycle* (Tasic dkk., 2011). Mesin dengan bahan bakar LPG menunjukkan torsi maksimum 4% lebih rendah dibanding mesin berbahan bakar bensin. Pada pengukuran *volumetric efficiency* menegaskan bahwa kehilangan torsi sebagian besar dikarenakan perubahan volume dari bahan bakar gas. Di sisi lain, mesin yang menggunakan LPG menunjukkan efisiensi termal maksimum yang lebih tinggi. Selain itu, jarak kecepatan putaran mesin lebih lebar dimana mesin beroperasi pada efisiensi termal yang tinggi ketika mesin membakar LPG. Namun, pada data temperatur dan tekanan lokal dalam *evaporator* menunjukkan efek negatif pada performa mesin karena pemanasan yang berlebih dari evaporasi LPG (Masi dan Gobbato, 2012). BHP (*brake horse power*) LGV menurun sebesar 2.37% dari bahan bakar bensin (RON 91). Torsi yang dihasilkan bahan bakar gas lebih rendah sebesar 2.37% dibandingkan dengan bahan bakar bensin RON 88 dan RON 91. Bahan bakar gas menghasilkan CO lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil dikarenakan kandungan karbon pada bahan bakar gas lebih rendah dari bahan bakar fosil dan emisi HC bahan bakar gas pada SI *engine* juga lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin RON 91 (Anggarani dkk., 2015).

### METODOLOGI

#### Material Pengujian

Pada penelitian ini akan ditinjau pengaruh *engine remap* terhadap beberapa parameter, yaitu *throttle position*, laju bahan bakar, laju udara, *ignition time*, *air fuel ratio*, dan emisi HC.

**Tabel 1. Spesifikasi kendaraan uji (www.ktb.co.id)**

Spesifikasi Mitsubishi Mirage 2015	
Tipe mesin	3A92 3 In Line 12 Valve DOHC MIVEC
Sistem suplai bahan bakar	ECI - MPI
Kapasitas	1193 cc
Perbandingan kompresi	10,5 : 1

Daya maksimum	77 PS (57 Kw) / 6.000 rpm
Torsi maksimum	10,2 kg.m (100Nm) /4.000 rpm

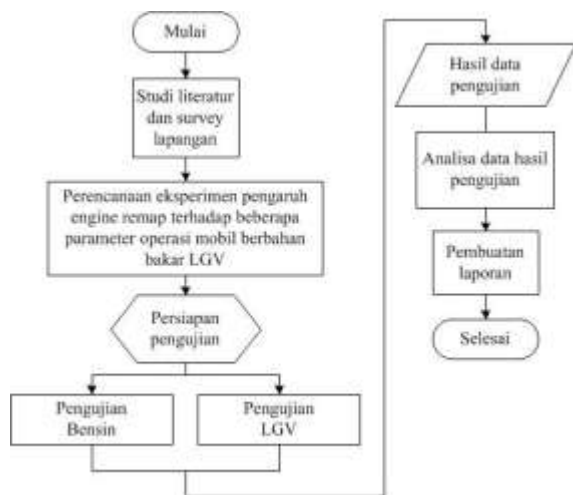
Kendaraan uji dioperasikan diatas *chassis dynamometer*, kemudian mesin kendaraan dihubungkan dengan *engine scanner* untuk mendapatkan paramater-parameter operasi mesin.

**Tabel 2. Spesifikasi bahan bakar uji (Lyons, 2011; Irzon, 2012; Mahendra, 2014; Anggarani, 2015;)**

Properties	Satuan	Bahan Bakar	
		Vigas	Premium
RON (Research Octane Number)		98	88
MON (Motor Octane Number)		88	-
Spesific Gravity (15 °C)		0.535	0.712
AFR stoikiometri		15,6	14,6
Lower Heating Value	MJ/kg	46,05	43,62

Bahan bakar LGV menggunakan produk Vi-Gas yang didapatkan dari SPBU PT. Pertamina. Sedangkan konverter kit LGV yang digunakan adalah Lovato Easy Fast untuk mesin 3-4 silinder.

**Metode Penelitian**

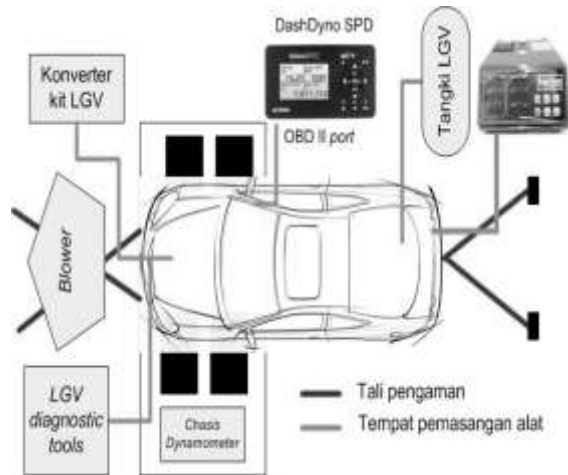


**Gambar 1. Diagram alir penelitian**

Engine remap dilakukan dengan mengubah nilai koefisien *gas injection time* dari *map* autokalibrasi. Penelitian ini melakukan

perubahan dengan menambahkan dan mengurangi nilai koefisien sebesar 20 dari *map* autokalibrasi. Kendaraan dihidupkan untuk memanaskan mesin dan pengujian ini dilakukan dengan variasi putaran mesin pada transmisi gigi 3. Pengujian emisi dilakukan dengan transmisi gigi 0.

**Experimental Setup**

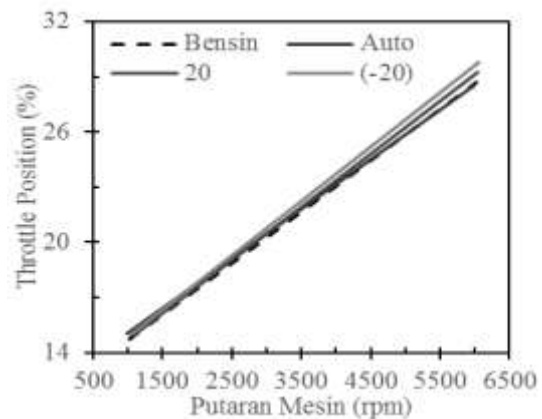


**Gambar 2. Experimental setup**

Alat ukur *engine scanner* yang digunakan pada pengujian ini adalah Auterra Dashdyno SPD. *Engine scanner* dihubungkan dengan OBD II *port* pada kendaraan uji. Alat ukur emisi gas buang yang digunakan pada pengujian ini adalah Sukyoung SY-GA401. *Probe gas analyzer* dimasukkan ke dalam knalpot mobil.

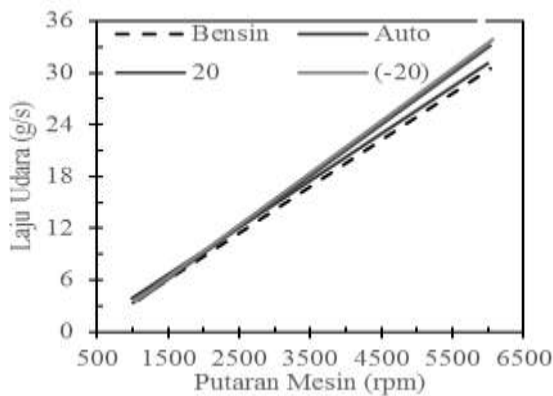
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian**



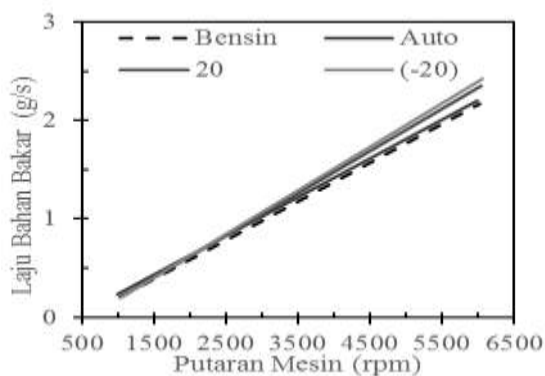
**Gambar 3. Grafik hubungan throttle position terhadap putaran mesin**

Grafik hubungan *throttle position* terhadap putaran mesin pada Gambar 3 menunjukkan perbandingan nilai putaran mesin dengan *throttle position* linier sehingga semakin besar bukaan *throttle* maka putaran mesin semakin meningkat. *Throttle position* pada bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar LGV *map* autokalibrasi pada putaran mesin yang sama.



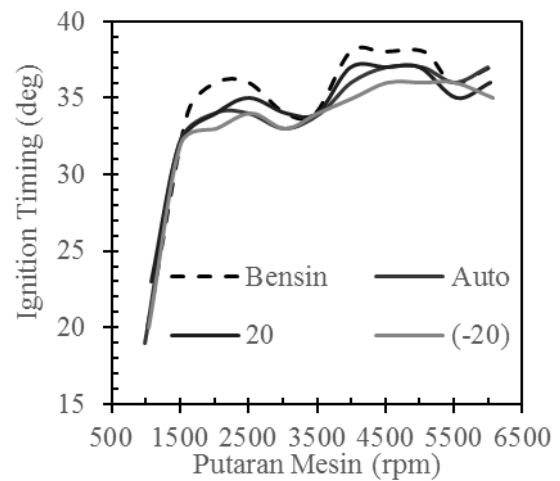
Gambar 4. Grafik hubungan laju udara terhadap putaran mesin

Dapat dilihat pada Gambar 4 grafik hubungan laju udara terhadap putaran mesin menunjukkan bahwa semakin besar putaran mesin maka laju udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran semakin besar. ECU (*engine control unit*) kendaraan akan mengatur AFR yang ditargetkan dari sinyal yang dikirimkan oleh TPS (*throttle position sensor*) sehingga semakin besar *throttle position* maka udara yang akan masuk ke ruang bakar menjadi meningkat juga. Laju udara yang dibutuhkan pada bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar LGV autokalibrasi.



Gambar 5. Grafik hubungan laju bahan bakar terhadap putaran mesin

Grafik hubungan laju bahan bakar terhadap putaran mesin pada Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar putaran mesin maka semakin besar juga bahan bakar yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Sinyal yang dikirimkan TPS ke ECU akan mengatur bahan bakar yang dikeluarkan pada injektor sesuai AFR yang ditargetkan. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa laju bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar LGV autokalibrasi. Hal ini mengindikasikan bahwa *map* 20 dan (-20) lebih tinggi konsumsi bahan bakar dibandingkan bahan bakar LGV autokalibrasi dan bensin.

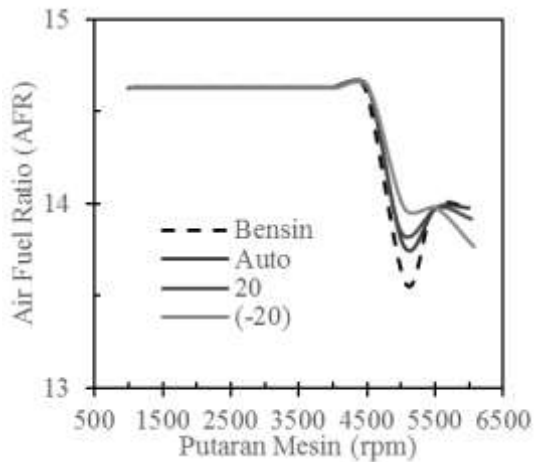


Gambar 6. Grafik hubungan *ignition timing* terhadap putaran mesin

Dapat dilihat Gambar 6 grafik hubungan *ignition timing* terhadap putaran mesin menunjukkan bahwa *ignition timing* semua bahan bakar LGV lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin. *Ignition timing map* (-20) lebih kecil dari *map* autokalibrasi, oleh karena itu pengapiannya sebelum TMA (titik mati atas) terjadi lebih lambat dibandingkan *map* autokalibrasi. Sedangkan pengapian pada *map* 20 terjadi lebih cepat sebelum TMA dibandingkan *map* autokalibrasi.

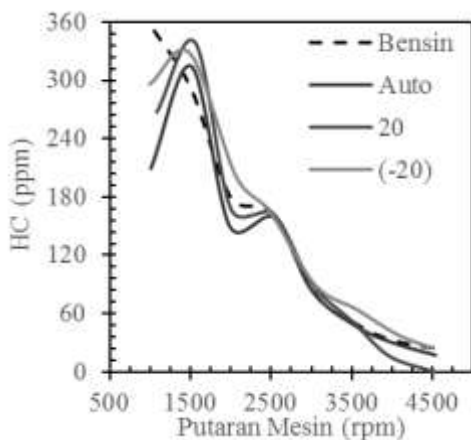
Dengan naiknya kecepatan *engine* maka laju pembakaran akan naik sehingga waktu penyalaan harus lebih lambat. Semakin kaya campuran bahan bakar udara maka pembakaran akan lebih cepat. Sehingga waktu penyalaan harus diperlambat mendekati TMA. *Ignition delay* akan bergantung jenis bahan bakar yang digunakan. Untuk mendapatkan tenaga yang maksimal maka pada bahan bakar dengan laju

pembakaran yang lambat waktu pengapian harus dimajukan (Nanlohy., 2015).



**Gambar 7. Grafik hubungan AFR terhadap putaran mesin**

Grafik pada Gambar 7 hubungan AFR terhadap kecepatan putaran mesin yang menunjukkan bahwa AFR semua bahan bakar selalu sama besarnya dari putaran mesin rendah sampai 4000 rpm dikarenakan masih berada pada kondisi *close loop*. Pada saat *close loop* ECU masih bisa mengatur AFR sesuai target sebesar 14.63 dengan pengiriman data dari sensor lambda. Saat putaran mesin sudah diatas 4000 rpm mengalami kondisi *open loop* dikarenakan kecepatan pengiriman data dari sensor lambda terlalu lambat dibandingkan putaran mesinnya sehingga ECU sudah tidak dapat mengatur AFR dengan target sebesar 14.63.



**Gambar 8. Grafik hubungan emisi HC terhadap putaran mesin**

Hubungan emisi HC terhadap putaran mesin dapat dilihat pada Gambar 8. emisi semakin menurun ketika putaran mesin semakin bertambah. Pada 1500 rpm untuk bahan bakar LGV lebih besar nilai emisi HC dibandingkan bahan bakar bensin. Nilai emisi HC LGV *map* autokalibrasi dan *map* 20 lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin. Emisi HC pada LGV *map* (-20) lebih tinggi dari bahan bakar bensin dikarenakan terjadinya *extra injection*.

Kadar emisi HC dipengaruhi oleh campuran bahan bakar dengan udara (AFR). Ketika komposisi bahan bakarnya lebih banyak, oksigen yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan karbon tidak cukup, hal ini menyebabkan tingginya kadar HC dan CO pada gas buang (Pulkrabek, 2004).

Emisi HC dan CO sangat berkaitan dengan temperatur silinder gas pada *post-flame*. LPG memiliki temperatur silinder gas lebih tinggi dibandingkan bensin dan ini akan meningkatkan oksidasi HC dan CO pada *post-flame*. Faktor ini juga menyebabkan rendahnya nilai emisi HC dan CO (Gumus, 2011)

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

Perubahan nilai *map* autokalibrasi menjadi *map* 20 dan (-20) mempengaruhi parameter-parameter operasi mesin.

*Throttle position* pada bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar LGV *map* autokalibrasi pada putaran mesin yang sama.

Laju udara yang dibutuhkan pada bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar LGV autokalibrasi.

Laju bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar LGV autokalibrasi sehingga konsumsi bahan bakar LGV *map* 20 dan (-20) meningkat dari bahan bakar LGV autokalibrasi.

*Ignition timing* semua bahan bakar LGV lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin. Pengapian *map* (-20) sebelum TMA (titik mati atas) terjadi lebih lambat dibandingkan *map* autokalibrasi. Sedangkan pengapian pada *map* 20 terjadi lebih cepat sebelum TMA dibandingkan *map* autokalibrasi.

AFR semua bahan bakar selalu sama besarnya dari putaran mesin rendah sampai

4000 rpm dikarenakan masih berada pada kondisi *close loop*.

Nilai emisi HC LGV *map* autokalibrasi dan *map* 20 lebih rendah dibandingkan bahan bakar bensin. Emisi HC pada LGV *map* (-20) lebih tinggi dari bahan bakar bensin.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk pak bagya purnama sebagai teknisi Autogas Indonesia telah memberikan penjelasan tentang instalasi alat konverter kit dan teman - teman dari Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi Universitas Diponegoro serta semua pihak yang telah mendukung penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggarani, R., Wibowo, C.S. and Sukaraharja, R., 2015. Performance and emission characteristics of dimethyl ether (DME) mixed liquefied gas for vehicle (LGV) as alternative fuel for spark ignition engine. *Energy Procedia*, 65, pp.274-281.
- Bayraktar, H., and Durgun, O., 2005. Investigating the effects of LPG on spark ignition engine combustion and performance. *Energy Conversion and Management*, 46(13), 2317-2333.
- 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.
- Irzon, R., 2012. Perbandingan calorific value beragam bahan bakar minyak yang dipasarkan di Indonesia menggunakan bomb calorimeter. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, ISSN 1829-5819 vol. 22 no.4, pp. 217-223.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral "Statistik Gas Bumi Indonesia" 2012.
- Lyons, W. C., and Plisga, G. J., 2011. *Standard handbook of petroleum and natural gas engineering*. Gulf Professional Publishing.
- Mahendra, M., 2014. Modeling of LGV supply chain system for land transportation sector. *Procedia Chemistry*, 9, pp.284-294.
- Masi, M., and Gobbato, P., 2012. Measure of the volumetric efficiency and evaporator device performance for a liquefied petroleum gas spark ignition engine. *Energy Conversion and Management*, 60, 18-27.
- Nanlohy, H.Y., 2015. Perbandingan variasi derajat pengapian terhadap efisiensi thermal dan konsumsi bahan bakar otto engine BE50. *DINAMIKA–Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2).
- Pulkrabek, W. W. 2004. *Engineering fundamentals of the internal combustion engine* (Vol. 249). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Salhab, Z., Qawasmi, M. G., Amro, H., Zalloum, M., Qawasmi, M. S., and Sharawi, N. 2011. Comparative performance and emission properties of spark-ignition outboard engine powered by gasoline and LPG. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5, 47-52.
- Sinaga, N., 2013. Pelatihan teknik mengemudi smart driving untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dan menekan biaya transportasi angkutan darat. *Proceeding SNTTM XII*, 421-428.
- Tasic, T., Pogorevc, P., and Brajlilh, T. 2011. Gasoline and LPG exhaust emissions comparison. *Advances in Production Engineering & Management*, 6(2), 87-94.
- Yoong, A.P.F. and Watkins, A.P., 2001. Study of liquefied petroleum gas (LPG) spray modelling. *Thermo Fluids, Division, Department of Mechanical, Aerospace & Manufacturing Engineering, UMIST, Manchester, M60 1QD, UK, ILASS-Europe*. [http://www.ktb.co.id/produk/spesifikasi/78\\_55/mirage-glx](http://www.ktb.co.id/produk/spesifikasi/78_55/mirage-glx) diakses pada tanggal 9 februari 2015.