

PENGARUH LGV TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG PADA MOBIL TRANSMISI MANUAL

Aris Budi Sulisty^{1)**}, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma²⁾, dan I Nyoman Budiarsa²⁾

⁽¹⁾S2 Teknik Mesin Program Pascasarjana, Universitas Udayana
Kampus Sudirman Denpasar Bali 80114

⁽²⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana,
Kampus Bukit Jimbaran Bali 80362

*E-mail : arieztank@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya laju pertumbuhan perekonomian masyarakat Indonesia menyebabkan kebutuhan masyarakat juga semakin tinggi. Liquefied Gas Vehicle (LGV) yang merupakan pengembangan dari Liquefied Petroleum Gas (LPG). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemakaian bahan bakar Liquefied Gas for Vehicle (LGV) terhadap torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan emisi gas buang kendaraan mobil dengan transmisi manual. Metode Analisis data yang digunakan pada penelitian adalah ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pengumpulan data dan tahap pengolahan data. Analisis ini juga membahas tentang konsumsi bahan bakar spesifik, kemudian trend analisis, termasuk juga optimasi dan analisis desain faktorial yang dijabarkan menggunakan software Sigmaplot.13. Hasil yang diperoleh adalah pemakaian bahan bakar Liquefied Gas for Vehicle (LGV) meningkatkan torsi, daya, dan menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik serta menurunkan emisi gas buang kendaraan. LGV bekerja dengan baik pada putaran tinggi. Hal ini berarti LGV hanya cocok digunakan pada pembebanan sedang dan putaran mesin tinggi. Penggunaan bahan bakar vigan cenderung menghasilkan daya dan torsi yang lebih baik dibanding bensin. Keunggulan LGV dibandingkan dengan bensin oktan 88 pada putaran tinggi mengindikasikan bahwa penghematan bahan bakar akan dicapai lebih baik pada penggunaan LGV dibandingkan dengan bensin oktan 88 pada kecepatan tinggi..

Kata Kunci : Daya, Torsi, Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc), Emisi Gas Buang.

Abstract

The increase of economic growth rate of Indonesian people results in the increase of people's necessity as well. Liquefied Gas for Vehicle (LGV) is the development of Liquefied Petroleum Gas (LPG). The aim of this research is to find out the effect of utilization of Liquefied Gas for Vehicle (LGV) fuel toward the torque, power, specific fuel consumption and exhaust gas emission in vehicles with manual transmission. Data analysis method being used in this research consisted of two stages, namely data sampling phase and data processing phase. This analysis also discussed about specific fuel consumption, and then trend analysis, including optimization and factorial design analysis which was described using Sigmaplot 13 software. The result obtained is that utilization of Liquefied Gas for Vehicle (LGV) fuel improves the torque, power, and reduces the specific fuel consumption as well as reducing vehicle's exhaust gas emission. LGV is working well in high rotation. It means that LGV is only suitable to be used in moderate loading and high machine rotation. The usage of vigan fuel tends to yield a better power and torque compared to gasoline. The advantage of LGV compared to octane 88 gasoline on high spin indicates that fuel saving will be better achieved in the usage of LGV compared than octane 88 gasoline on high speed..

Key Words : Power, Torque, specific fuel consumption (sfc), exhaust gas emission.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya laju pertumbuhan perekonomian masyarakat Indonesia menyebabkan kebutuhan masyarakat juga semakin tinggi. Salah satunya adalah dalam bidang sarana

* Penulis Korespondensi : arieztank@gmail.com

transportasi. Peran pemerintah dalam hal informasi energi berkelanjutan dan pengembangan penggunaan bahan bakar gas untuk sektor transportasi sangatlah diperlukan. Upaya diversifikasi energi dengan mengoptimalkan sumber energi lain diantaranya adalah konversi minyak tanah ke LPG sebagai bahan bakar kompor masak rumah tangga, seperti yang telah dilakukan pemerintah.

Saat ini pemerintah pun sudah mulai memperkenalkan Bahan Bakar Gas yaitu Liquefied Gas Vehicle (LGV) kepada masyarakat, sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak disektor transportasi. Liquefied Gas Vehicle (LGV) yang merupakan pengembangan dari Liquefied Petroleum Gas (LPG) dengan cara mengubah komposisi perbandingan antara Propana (C3) dan Butana (C4) dalam LPG, yang nantinya akan di gunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor, terutama mobil penumpang.

Dasar Teori

a. Motor Bensin

Motor bensin merupakan suatu motor yang menghasilkan tenaga dari proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Karena pembakaran ini berlangsung di dalam ruang bakar maka motor ini dikategorikan pesawat kalor dengan pembakaran dalam (Internal Combustion Engine).

b. Liquefied Gas Vehicle (LGV)

LGV merupakan bahan bakar gas yang diformulasikan untuk kendaraan bermotor yang menggunakan spark ignition engine terdiri dari campuran propane (C3) dan butane (C4). Singkatnya, LGV merupakan LPG untuk kendaraan. Adapun kualitas pembakaran LGV setara dengan bensin berkualitas RON 98 (pertamax plus) dan ramah lingkungan. Tekanannya berkisar antara 8-12 bar, jauh lebih kecil ketimbang CNG yang tekanannya mencapai 200 bar. LGV lebih fleksibel digunakan untuk daerah-daerah yang jauh dari sumber gas atau tidak memiliki pipa gas bumi. CNG memiliki tekanan 200 bar, dengan tangki yang lebih besar ketimbang LGV.

c. Daya poros efektif

Daya didefinisikan sebagai laju kerja dan sama dengan perkalian antara gaya dengan kecepatan linear atau torsi dengan kecepatan angular. Sehingga dalam pengukuran daya melibatkan pengukuran gaya atau torsi dan kecepatan.

$$\text{Daya (Bhp)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot nT}{60 \cdot 75} [\text{HP}] \dots \dots \dots (2.1).$$

d. Torsi

Torsi merupakan harga yang ditunjukkan oleh momen motor pada out put poros engkol (crank shaft). Torsi merupakan perkalian antara gaya yang dihasilkan dari tekanan hasil pembakaran pada torak dikalikan dengan jari-jari lingkaran poros engkol. Semakin sempurna pembakaran suatu motor, maka torsi yang terbangkit akan semakin maksimal. Bila radius tenaga yang bekerja adalah "r" (m) dan tenaga yang diberikan adalah "F" (kgf) maka momennya adalah:

$$T = F \cdot r \text{ (kgf.m)} \dots \dots \dots (2.2).$$

e. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (specific fuel consumption) didefenisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan satu satuan daya dalam waktu satu jam dan dirumuskan sebagai:

$$\text{SFC} = \frac{FC}{BHP} [\text{L/HP.h}] \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana untuk FC dapat dirumuskan sebagai :

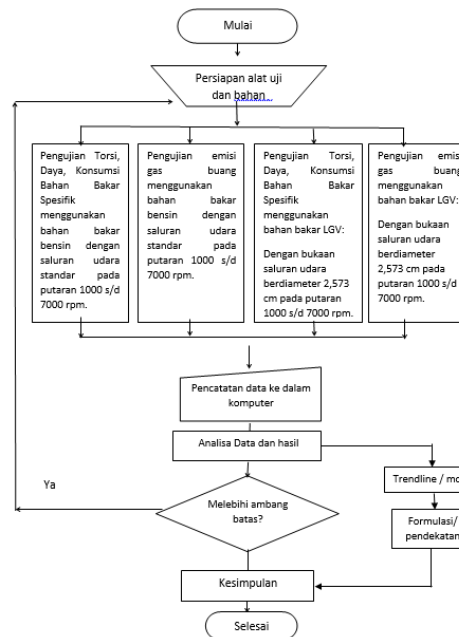
$$\text{FC} = \frac{V_f \times 8800}{t \times 1000} [\text{L/h}] \dots \dots \dots (2.4)$$

f. Pengukuran Gas Buang

Proses pembakaran menghasilkan empat macam gas buang berupa CO₂, CO, NO_x dan HC. Keempat macam gas buang ini terbentuk pada proses pembakaran sempurna dan tidak sempurna. Pada proses pembakaran sempurna, hasil pembakaran yang terbentuk adalah CO₂ dan H₂O. Sedangkan proses pembakaran tidak sempurna menghasilkan gas buang berupa CO, NO_x, HC dan partikulat pengotor lainnya

2. METODE

2.1 Diagram Alir Pengujian



Gambar 3.1 diagram alir penelitian yang akan dilakukan.

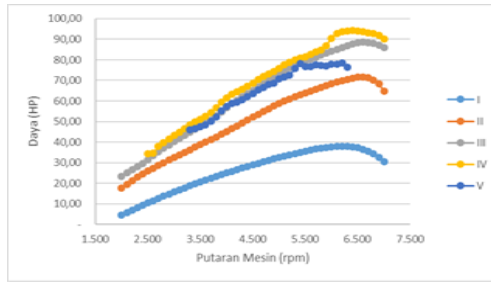
2.2 Proses Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil pengujian secara langsung. Pada penelitian ini terdapat tiga tahap pengujian, yaitu uji dyno, uji emisi dan konsumsi bahan bakar. Uji dyno dilakukan untuk mendapatkan data daya dan torsi. Uji emisi dilakukan untuk mendapatkan data CO, CO₂, dan O₂. Uji konsumsi bahan bakar dilakukan untuk mendapatkan konsumsi bahan bakar per satuan waktu.

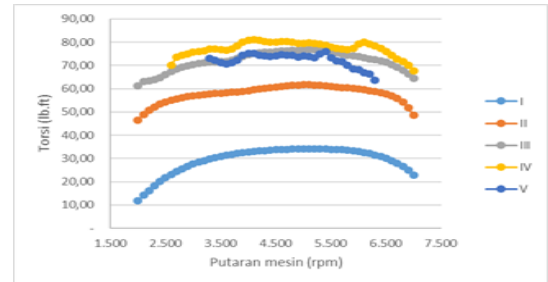
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Uji Torsi dan Daya

Pengukuran menghasilkan data berupa Grafik hasil running dyno test dengan menampilkan parameter X (horizontal) dan Y (Vertikal). Parameter X dapat diisi dengan satuan seperti Rpm, meter, detik dan lainnya. Parameter Y dapat diisi dengan satuan seperti: power, torsi, kecepatan dan lain-lain.



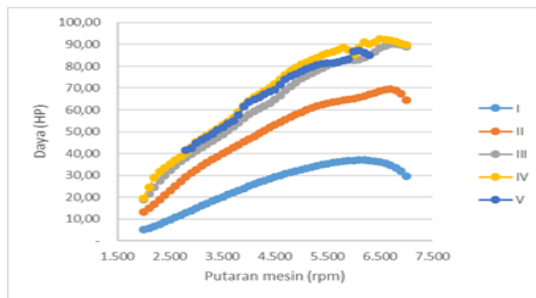
(4.1)



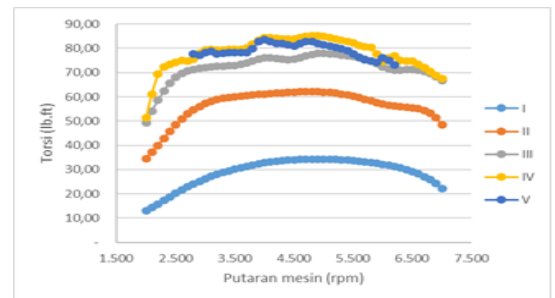
(4.2)

Gambar (4.1) Hasil Pengukuran Daya bensin (4.2) Hasil Pengukuran Torsi bensin

Pada tampilan grafik di atas dapat dilihat bahwa daya maksimal yang dapat diperoleh yakni pada beban ke IV. Hal ini disebabkan semakin tinggi persneling maka gerakan putaran yang ditimbulkan akan semakin cepat. Jika gerakan putaran engine semakin cepat maka bahan bakar masuk belum sempat bereaksi, akibatnya massa bahan bakar yang terbakar sempurna lebih kecil dibanding pada saat persneling IV. Semakin cepat putaran engine, maka semakin banyak bahan bakar yang terbuang. Massa bahan bakar yang terbakar sempurna itu mengecil, massa bahan bakar yang terbuang semakin banyak



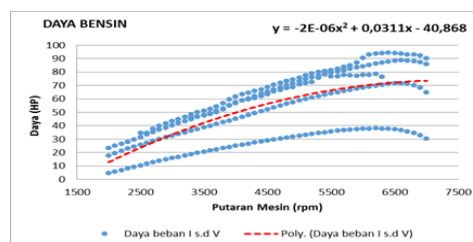
(4.3)



(4.4)

Gambar (4.3) Hasil Pengukuran Daya Vigas (4.4) Hasil Pengukuran Torsi Vigas

Untuk hasil pengukuran bahan bakar vigas diperoleh kurva grafik sebagaimana dijabarkan pada gambar di atas. Tampak bahwa persneling paling optimal pada pembebanan ke 4. Hal ini disebabkan bahan bakar yang digunakan pada pembebanan ke V terlalu boros sehingga banyak bahan bakar yang tidak terpakai dan mengakibatkan daya dan torsi yang dihasilkan lebih rendah dibanding persneling IV.



Gambar 4.5 Trendline Daya Bensin

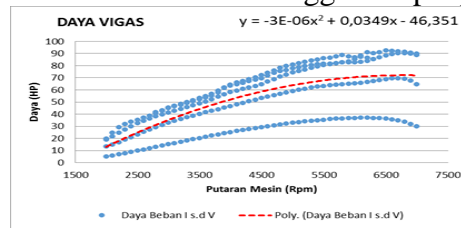
Tampak pada gambar 4.5 di atas, diperoleh formulansi / persamaan pada trend pengukuran daya pada bensin yaitu

$$y = -2E-06x^2 + 0,0311x - 40,868$$

$$Daya\ bensin\ (Hp) = ((-2 \times 10^{-6} \cdot n_{put.\ mesin}^2) + (0,0311 \cdot n_{put.\ mesin}) - 40,868$$

Persamaan ini diperoleh setelah membandingkan pengukuran pada tiap pembebanan, sebagai contoh beban I dengan beban V, beban II dengan beban IV, dan seterusnya. Dan hasil

trendline pembebanan tersebut dibuat trend/model sehingga didapat persamaan di atas.

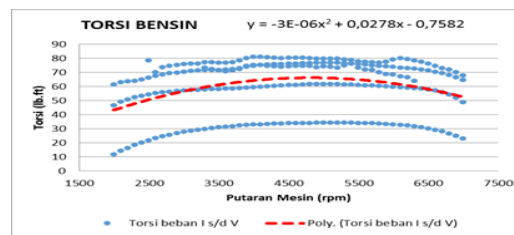


Gambar 4.6 Trendline Daya Vigas

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = -3E-06x^2 + 0,0349x - 46,351, \text{ dengan}$$

$$\text{Daya vigas (Hp)} = ((-3x10^{-6} \cdot n_{\text{put. mesin}}^2) + (0,0349 \cdot n_{\text{put. mesin}}) - 46,351$$

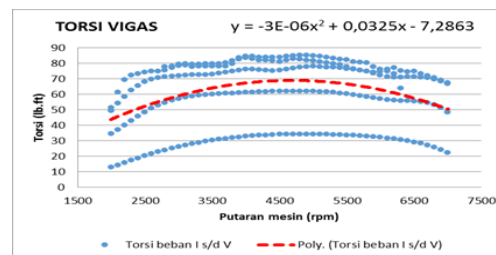


Gambar 4.7 Trendline Torsi Bensin

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = -3E-06x^2 + 0,0278x - 0,7582, \text{ dengan}$$

$$\text{Torsi bensin (lb.ft)} = ((-3x10^{-6} \cdot n_{\text{put. mesin}}^2) + (0,0278 \cdot n_{\text{put. mesin}}) - 0,7582$$



Gambar 4.8 Trendline Torsi Vigas

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = -3E-06x^2 + 0,0325x - 7,2863, \text{ dengan}$$

$$\text{Torsi vigas (lb.ft)} = ((-3x10^{-6} \cdot n_{\text{put. mesin}}^2) + (0,0325 \cdot n_{\text{put. mesin}}) - 7,2863$$

Jika diaplikasikan ke dalam software sigmaplot.13 hubungan non linier 3D menggunakan pendekatan plane guna memperoleh persamaan hasil. Persamaan yang didapat derajat determinasi (R) sebesar 1, artinya korelasi hubungan yang diperoleh sangat kuat, sedangkan untuk persamaan yang didapat untuk daya sebagai berikut :

$$f = 14,9510 - 0,0117x + 1,5y \text{ atau}$$

$\text{Daya torsi} = 14,9510 - 0,0117 \text{ Putaran Mesin rpm} + 1,5 \text{ Daya bensin}$ dan pengukuran torsi sebagai berikut :

$f = -6,5281 + 0,0047x + y$, dengan x merupakan nilai torsi pada bensin dan y merupakan nilai torsi pada vigas. Sebagai misal perhitungan formulansi pada torsi didapat persamaan sebagai berikut :

$\text{Torsi vigas} = -6,5281 + 0,0047 \text{ Putaran Mesin rpm} + \text{Torsi bensin}$; sebagai misal nilai x (rpm) = 2000; nilai y (torsi pada bensin) = 42,8418 lb.ft, maka didapat nilai f (nilai torsi vigas) sebagai berikut :

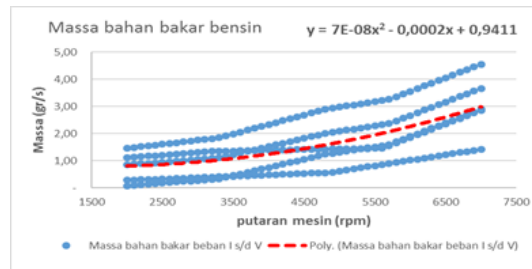
$$\begin{aligned} \text{Torsi vigas} &= -6,5281 + 0,0047 (2000) + (42,8418 \text{ lb.ft}) \\ &= -6,5281 + 9,4 + 42,8418.(\text{lb.ft}) \end{aligned}$$

$$= 45,713 \text{ (lb.ft)}$$

Jadi untuk putaran mesin 2000 rpm, nilai torsi bensin 42,84 lb.ft. didapat nilai torsi pada vigas sebesar 45,713 lb.ft.

3.2 Analisa Massa Bahan Bakar

Massa bahan bakar bensin lebih besar dibanding dengan vigas, hal ini disebabkan karena bensin memiliki massa jenis lebih besar dibanding vigas. Serta kemampuan menguap pada vigas lebih bagus dibandingkan bensin. Untuk trendline hasil pengukuran massa bahan bakar didapat trendline sebagai berikut :

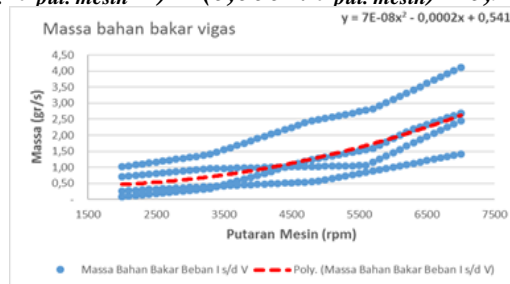


Gambar 4.9 Trendline Massa BB Bensin

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = 7E-08x^2 + 0,0002x - 0,9411, \text{ dengan}$$

$$\text{Massa bb bensin (gr/s)} = ((7 \times 10^{-8} \cdot n \text{ put. mesin}^2) + (0,0002 \cdot n \text{ put. mesin}) - 0,9411$$



Gambar 4.10 Trendline Massa BB Vigas

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = 7E-08x^2 + 0,0002x - 0,5412, \text{ dengan}$$

$$\text{Massa bb vigas (gr/s)} = ((7 \times 10^{-8} \cdot n \text{ put. mesin}^2) + (0,0002 \cdot n \text{ put. mesin}) - 0,5412$$

Sehingga jika diaplikasikan ke dalam software sigmaplot.13 guna memperoleh persamaan sebagai berikut :

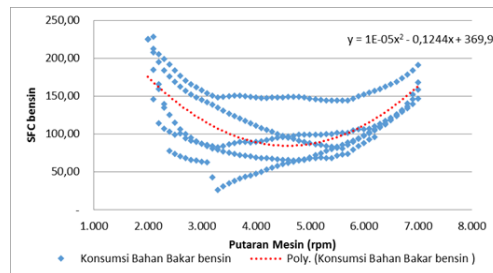
$f = - 0,3999 - 8,983x + y$, dengan x merupakan putaran engine (rpm) dan y merupakan nilai massa bahan bakar pada bensin. Dimana f adalah nilai massa bahan bakar pada vigas.

$$\text{Massa BB vigas} = - 0,3999 - 8,983 \text{ Putaran Mesin rpm} + \text{Massa BB bensin}$$

3.3 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Nilai konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) untuk bahan bakar bensin cenderung lebih tinggi, terutama persneling 3 ke atas. Grafik Perbandingan dan Pembahasan nilai SFC LGV terlihat adanya penghematan bila dibandingkan dengan bensin oktan 88. Terlihat bahwa LGV hemat pada putaran pada beban 3 ke atas, sementara pada putaran mesin pada beban di bawah 3 LGV akan memiliki kecenderungan pemakaian jumlah bahan bakar yang sama dengan bensin oktan 88. LGV pada putaran rendah (di bawah beban ke 3) cenderung sama dibandingkan bensin oktan 88. Sementara di atas putaran mesin beban ke 3, LGV memberikan prestasi yang lebih baik dibanding bensin oktan 88. Kondisi ini memberikan

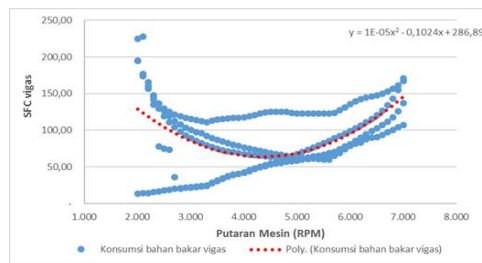
gambaran daerah operasi LGV yang lebih cocok pada putaran mesin tinggi atau kendaraan saat kecepatan tinggi. Keunggulan LGV dibandingkan dengan bensin oktan 88 pada putaran tinggi mengindikasikan bahwa penghematan bahan bakar akan dicapai lebih baik pada penggunaan LGV dibandingkan dengan bensin oktan 88 pada kecepatan tinggi.



Gambar 4.11 Trendline Konsumsi BB spesifik bensin

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = 1E-05x^2 + 0,1244x + 369,95 \text{ dengan } SFC_{\text{bensin}} = ((1 \times 10^{-5} \cdot n_{\text{put. mesin}})^2) + (0,1244 \cdot n_{\text{put. mesin}}) + 369,95$$



Gambar 4.12 Trendline Konsumsi BB spesifik vigas

Didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = 1E-05x^2 + 0,1024x + 286,89 \text{ dengan } SFC_{\text{vigas}} = ((1 \times 10^{-5} \cdot n_{\text{put. mesin}})^2) + (0,1024 \cdot n_{\text{put. mesin}}) + 286,89$$

Sehingga persamaan diaplikasikan ke dalam software sigmaplot.13 yang didapat sebagaimana berikut :

$$f = -83,06 + 0,022x + y, \text{ dengan } x \text{ merupakan putaran mesin (rpm) dan } y \text{ merupakan nilai konsumsi bahan bakar pada bensin dan } f \text{ merupakan nilai konsumsi bahan bakar pada vigas.}$$

3.4 Analisa Emisi Gas Buang

Kadar emisi gas buang CO₂ pada kendaraan berbahan bakar premium lebih tinggi dari kendaraan berbahan bakar LGV. Hal ini dikarenakan premium bisa terbakar lebih baik dimana hampir tidak ada HC yang terbentuk karena telah terkonversi menjadi CO₂. Sedangkan LGV yang menguap pada proses *injection delay* mengakibatkan banyak HC yang terbentuk sehingga sedikit yang terkonversi menjadi CO₂. Nilai HC untuk LGV lebih rendah dibandingkan bensin. Hal ini bisa diakibatkan oleh penguapan bahan bahan bakar LGV selama masa *injection delay* dalam jumlah yang relatif besar. Seiring putaran mesin yang semakin tinggi mengakibatkan temperatur ruang bakar menjadi semakin tinggi pula sehingga uap LGV jadi semakin berkurang karena terbakar lebih baik dibanding yang dihasilkan oleh bensin. Berikut hasil grafik olah data software sigmaplot.13 pada pengukuran emisi gas buang :

- Persamaan Perbandingan CO² bensin dan vigan :

$$f = 1,57 + 0,0001x + y, \text{ dengan } CO_2 \text{ vigan} = 1,57 + 0,0001 \text{ Put. Mesin rpm} + CO_2 \text{ bensin}$$

- Persamaan Perbandingan O² bensin dan vigan :

$$f = -0,3773 + 0,0002x + 0,9y, \text{ dengan } O_2 \text{ vigan} = -0,3773 + 0,0002 \text{ Put. Mesin rpm} + 0,9 O_2 \text{ bensin}$$

- Persamaan Perbandingan CO bensin dan vigan :

$$f = -1,0720 + 0,0004x + y, \text{ dengan } CO \text{ vigan} = -1,0720 + 0,0004 \text{ Put. Mesin rpm} + CO \text{ bensin}$$

- Persamaan Perbandingan HC bensin dan vigan :

$$f = 66,965 - 0,0121x + 0,5y, \text{ dengan } HC \text{ vigan} = 66,96 - 0,0121 \text{ Put. Mesin rpm} + 0,5 HC \text{ bensin}$$

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Keunggulan LGV dibandingkan dengan bensin oktan 88 pada putaran tinggi mengindikasikan bahwa penghematan bahan bakar akan dicapai lebih baik pada penggunaan LGV dibandingkan dengan bensin oktan 88 pada kecepatan tinggi. Untuk hasil emisi, secara keseluruhan vigan cenderung lebih baik. Hal disebabkan karena vigan (30% CH₈+ 70% C₄H₁₀) terdiri dari propana dan butana yang memiliki nilai RON di atas 98, dan merupakan gas yang ramah lingkungan. Pada pendekatan yang diperoleh pada pengukuran trendline daya dan torsi bahan bakar bensin dan vigan, didapat bahwa perbandingan daya maksimum didapat saat putaran mesin 6600 rpm, diperoleh nilai daya bensin 77,27 HP, dan nilai daya vigan 53,31. Sedangkan untuk perbandingan nilai torsi maksimum didapat saat putaran mesin 5000 rpm dengan nilai torsi bensin 63,24 lb.ft dan torsi vigan 80,21 lb.ft. Untuk perbandingan massa bahan bakar bensin dan torsi secara rata-rata didapat perbandingan 1,58 : 1 untuk tiap putaran mesin s/d 7000 rpm.

Pendekatan yang diperoleh dalam penelitian ini hanya sampai dengan putaran mesin 7000 rpm, maka dari itu kedepannya perlu penelitian lebih lanjut pada putaran mesin di atas 7000 rpm. Disamping itu diperlukan penelitian lebih lanjut terkait pengujian LGV pada penggunaan kendaraan bermotor transmisi otomatis. Perlunya analisa ekonomis terkait penggunaan LGV pada kendaraan bermotor untuk memastikan program konversi bahan bakar berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aryadi, Riki. 2010. Modification of Four Stroke Gasoline Engine Type 5K 1486 cc Become Dual Fuel Gasoline and LPG. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2]. Energi Sumber Daya Mineral, from <http://www.migas.esdm.go.id>
- [3]. Faisal Dasuki, 1977 Motor Bakar : PT. Astra Honda Motor.
- [4]. Gatra News 27 jan 2012, "LIPI: Cadangan Gas Indonesia Untuk 90 Tahun" diakses melalui <http://www.gatra.com> pada tanggal 13 Juli 2015.
- [5]. Hasil LITBANG LEMIGAS <http://www.lemigas.esdm.go.id/id/prdkpenelitian-262-.html> pada tanggal 12 Juli 2015
- [6]. Pertamina, Jakarta Indonesia, from <http://www.pertamina.com>.
- [7]. Samosir, A., 2010, Perlukah Pemerintah Memberikan Subsidi LGV/Vi-Gas Tahun 2011? Studi Kasus Angkutan Umum Taksi di Jakarta, Pusat Kebijakan APBN Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan RI.
- [8]. Sitorus, B., Hidayat, R. D. R., dan Prasetya, O., 2014, Pengelolaan Penggunaan Bahan Bakar Minyak yang Efektif pada Transportasi Darat, Jurnal Manajemen Transportasi &

Logistik (JMTransLog).

- [9]. Sugiyono, A. and Rahardjo, I. (2007). Pengembangan Moda Transportasi BBG untuk Sektor Transportasi di Pantura (BPPT karya ilmiah volume 19, no 10), Jakarta: BPPT.
- [10]. Sumber : <http://rengkodriders.wordpress.com> http://ppejawa.com/ekoplasa63_makna_hc_dan_co_uji_emisi_pada_mesin.html#sthash.F7E35St2.dpu
- [11]. Wang,P (2008). Studi Pengembangan Infrastruktur BBG untuk melayani sistem Transportasi umum di DKI Jakarta, Depok: UI.