

KAJI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN *LIQUID GAS FOR VEHICLE* (LGV) DENGAN PERTAMAX TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN 2000 cc

Muhamad As'adi¹, Yuhani Djaja²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Jakarta
Email: ¹adi_shiddiq@yahoo.com, ²yuhanidjaja@gmail.com

ABSTRAK -- APBN 2015 mengisyaratkan bahwa Pemerintah akan mengurangi subsidi Bahan Bakar Minyak dari 48 juta kilo liter menjadi 46 juta kilo liter, implikasi dari hal ini jelas akan berdampak pada kebijakan penggunaan BBM dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan sektor transportasi dan industri. Salah satu bahan bakar yang cadangannya masih cukup banyak dan pemanfaatannya masih terbatas pada kebutuhan rumah tangga serta usaha sector kuliner adalah Liquid Petroleum Gas (LPG). LPG mempunyai produk turunan dengan merk dagang Elpiji dan Liquid Gas for Vehicle (LGV atau sering disebut dengan Vigas). LGV mempunyai RON 98 setara dengan bahan bakar Pertamina dan mudah disimpan dalam tangki portabel karena tekanannya relatif rendah yaitu 8-15 bar, sedangkan tekanan bahan bakar Compressed Natural Gas (CNG) yang sering disebut dengan Bahan Bakar Gas (BBG) sekitar 200 bar. Perkembangan penggunaan LGV di masyarakat cenderung lambat hal ini disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur yang ada dan pemahaman masyarakat tentang penggunaan LGV untuk sektor transportasi masih kurang. Tujuan dan target penelitian ini adalah didapatkannya konstanta performa dari motor bensin yang berbahan bakar LGV dan Pertamina, sehingga dapat memberikan pengetahuan kepada masyarakat bahwa LGV bisa digunakan sebagai bahan bakar pada sektor transportasi dan lebih ekonomis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan mesin uji motor bensin 2000 cc yang berbahan bakar LGV dan Pertamina. Pengujian dilakukan dengan uji static diatas Dyno Test. Luaran data yang dihasilkan berupa performa mesin yang meliputi torsi, daya, konsumsi bahan bakar, selain uji static juga dilakukan uji emisi gas buang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan Liquid Gas For Vehicle (LGV) dengan merk dagang Vigas mampu menaikkan Daya mesin maksimum sebesar 20,86% dan daya rata-rata sebesar 14,1%, torsi maksimum yang dihasilkan oleh Motor berbahan bakar Vigas lebih kecil dari motor yang berbahan bakar Pertamina, penurunannya sebesar 0,94%. Penggunaan Vigas pada motor mampu menaikkan jarak tepuh sebesar 6,9% bila dibanding dengan motor berbahan bakar pertama Air Fuel Ratio (AFR) untuk kedua bahan bakar masih dibawah standar, sehingga terjadi pemborosan bahan bakar, khususnya pada putaran rendah. Penggunaan Vigas pada kendaraan bermotor mampu meurunkan emisi gas buang khususnya CO₂.

Kata Kunci: Motor Bensin, Vigas, Pertamina, Performa mesin, Emisi

1. PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan yang menggunakan BBM di Indonesia semakin meningkat, data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia mencatat, jumlah kendaraan yang masih beroperasi di seluruh Indonesia pada 2013 mencapai 104,211 juta unit, naik 11 persen dari tahun sebelumnya (2012) yang cuma 94,299 juta unit. Dengan kenaikan jumlah kendaraan, menyebabkan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) meningkat. Dengan semakin besarnya konsumsi BBM maka diperlukan produksi minyak yang lebih besar, tetapi dalam kenyataannya produksi minyak di dalam negeri sejak tahun 2000 mengalami penurunan, sehingga sejak tahun 2005, Indonesia menjadi importir minyak. Tingginya harga minyak mentah dunia, menyebabkan pemerintah harus memberikan subsidi BBM. Untuk tahun 2013. Menurut rencana, pemerintah pusat akan meningkatkan nilai subsidi BBM dalam APBN-Perubahan 2013 sebesar 46 juta kilo liter atau senilai dengan Rp 200. Sehingga semakin banyak populasi

kendaraan di Indonesia dimasa mendatang, menjadi semakin besar juga subsidi BBM yang harus dialokasikan pemerintah setiap tahunnya.

Selain masalah sumber energi dan subsidi tersebut juga muncul permasalahan pencemaran lingkungan dari hasil pembakaran BBM pada kendaraan, seperti gas CO₂, PM₁₀, dan Pb. Data dari Departemen Perhubungan, polusi CO₂ yang dihasilkan pada tahun 2003 dari sistem transportasi sebesar 168 juta ton, jika sejalan dengan bertambahnya kendaraan pada tahun 2007 menjadi sekitar 324 juta ton. Perkembangan pencemaran lingkungan tersebut memberikan dampak yang tidak baik bagi kesehatan penduduk. Sektor penyumbang emisi terbesar adalah sektor pembangkit listrik dan transportasi, sehingga diperlukan penanganan khusus. Presiden Susilo Bambang Yudhoyono dalam pidatonya pada pertemuan negara-negara berkembang (Group of 77), berjanji akan mengurangi emisi sebesar 26% pada tahun 2020. Untuk tindak lanjut dari pidato Presiden tersebut perlu kejelasan pembagian kontribusi pengurangan emisi disetiap sektor. Dari sektor

transportasi sumber masalah emisi adalah bahan bakarnya, BBM yang digunakan menghasilkan polusi yang besar. Untuk itulah perlu adanya penggantian bahan bakar yang ramah lingkungan, salah satunya adalah Liquid Petroleum Gas (LPG). Gas yang dimaksud di sini adalah Liquid Gas for Vehicle (LGV). LGV dipilih karena cadangannya yang masih sangat banyak seperti yang diutarakan dalam MP3EI (Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia) dengan cadangan gas alam sekitar 165 TCF.

Dilihat dari cadangan gas yang banyak dan harganya yang murah, polusi yang dihasilkan oleh LGV lebih kecil dibandingkan dengan bensin. Maka alternative untuk menggunakan LGV sebagai pengganti BBM merupakan salah satu pilihan yang perlu dilaksanakan oleh pemerintah.

Jumlah kendaraan berbahan bakar gas terus meningkat dari tahun 1987 sekitar 300 kendaraan dan pada tahun 2000 mencapai 6633 buah kendaraan, tetapi sejak tahun 2001 jumlahnya mulai menurun hingga mencapai 500 kendaraan pada tahun 2004, karena kurang siapnya infrastruktur yang ada. Oleh sebab itu Pemerintah pada tahun 2007 mulai mencanangkan lagi konversi BBM ke LGV pada kendaraan taksi, bus, dan bajaj dengan memberikan bantuan konverter kit khususnya di daerah Jakarta tetapi hasilnya belum sesuai dengan harapan sehingga pada tahun 2012 pemerintah mencanangkan kembali konversi dari BBM ke LGV untuk kendaraan roda empat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi thermal menjadi energi mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis energi kimia bahan bakar diubah dulu menjadi energi panas melalui pembakaran bahan bakar dengan udara. Pembakaran ini ada yang dilakukan di dalam mesin kalor itu sendiri dan ada pula yang dilakukan di luar mesin kalor. Motor bakar 4 langkah ini termasuk dalam kategori motor pembakaran dalam dimana mesin yang gerakannya dihasilkan dari pembakaran yang di hasilkan di dalam silinder. Mesin 4 langkah disebut juga *spark ignition engine* yaitu mesin yang penyalanya campuran bahan bakar-udara menggunakan bunga api dari busi.

2.2 Liquid Gas for Vehicle (LGV)

Liquid Gas for Vehicle (LGV) merupakan bahan bakar gas yang diformulasikan untuk kendaraan bermotor yang menggunakan Spark Ignition Engine, yang terdiri dari campuran propane (C3)

dan butane (C4). Beberapa kajian menyatakan bahwa LGV sangat sesuai digunakan pada kendaraan yang volume silindernya kecil seperti Bajaj, Taksi, angkot, kendaraan operasional kantor maupun pribadi, karena kapasitas tangkinya mempunyai daya muat yang banyak untuk menempuh jarak yang sama dengan Bahan Bakar Minyak (BBM). Serta mempunyai tekanan yang rendah (low pressure) lebih kurang 15 kg/cm².

Keunggulan LGV bila disbanding dengan CNG antara lain:

- LGV tersedia cukup banyak di dalam negeri,
- mempercepat program penggunaan gas di sektor transportasi,
- menghemat subsidi BBM Premium yang digantikan oleh LGV,
- pertumbuhan SPBG LGV lebih mudah daripada SPBG CNG/BBG
- memungkinkan diaplikasikan pada wilayah yang tidak atau belum terjangkau jaringan pipa gas,
- harga conversion kit LGV lebih murah daripada CNG atau BBG,
- tekanan kerja di mobil dan SPB LGV lebih rendah (maksimum 15 dari pada CNB atau BBG (200 bar).

LGV sejak lama telah digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor di berbagai negara, antara lain America, Mexico, Rusia, Belanda, Jerman, Irlandia, Swedia, Finlandia, Italis, India, Turkey, Jepang, China, Philipina, Thailand, Korea, Australia, dan New Zeland. Sedangkan di Indonesia LGV lebih cepat dapat dikembangkan sebagai energi substitusi BBM guna mendukung percepatan Program Langit Biru dan diversifikasi energi di samping CNG/BBG.

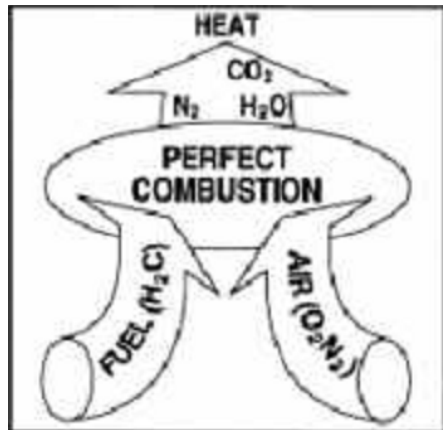
2.3 Teori Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi cepat antara bahan bakar dan oksigen yang menghasilkan panas dan cahaya. Salah satu syarat terjadinya pembakaran sempurna bahan bakar adalah tersedianya pasokan oksigen yang tepat. Ketersediaan Oksigen (O₂) di alam bebas jumlahnya mencapai 20,9% dari udara. Bahan bakar padat atau cair harus diubah ke bentuk gas dahulu sebelum dibakar di runag bakar. Biasanya diperlukan panas untuk mengubah cairan atau padatan menjadi gas. BBG akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup.

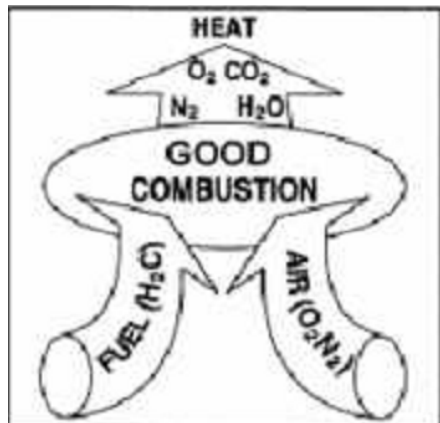
Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan tiga T pembakaran yaitu:

- a) *Temperature/* suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan dan menjaga penyalan bahan bakar,

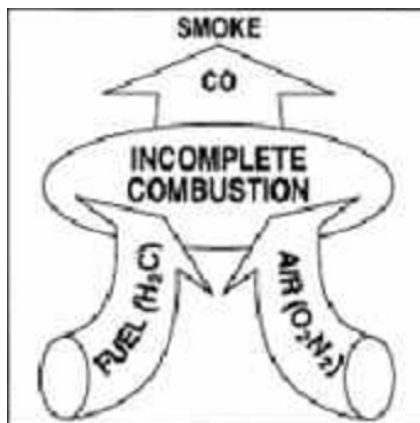
- b) *Turbulence*/ Turbulensi atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik, dan
- c) *Time*/ Waktu yang cukup untuk pembakaran yang sempurna.



Gambar 1a. Pembakaran sempurna



Gambar 1b. Pembakaran sempurna



Gambar 1c. Pembakaran tidak sempurna

Bahan bakar yang umum digunakan seperti gas alam dan propan biasanya terdiri dari karbon dan hidrogen. Uap air merupakan produk samping pembakaran hidrogen, yang dapat mengambil panas dari gas buang, yang mungkin dapat digunakan untuk transfer panas lebih lanjut. Gas alam mengandung lebih banyak hidrogen dan

lebih sedikit karbon per kg daripada bahan bakar minyak, sehingga akan memproduksi lebih banyak uap air. Sebagai akibatnya, akan lebih banyak panas yang terbawa pada pembuangan saat membakar gas alam. Terlalu banyak, atau terlalu sedikit nya bahan bakar pada jumlah udara pembakaran tertentu, dapat mengakibatkan tidak terbakarnya bahan bakar dan terbentuknya karbon monoksida. Jumlah O_2 tertentu diperlukan untuk pembakaran yang sempurna dengan tambahan sejumlah udara (udara berlebih) diperlukan untuk menjamin pembakaran yang sempurna. Walau demikian, terlalu banyak udara berlebih akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi. Gambaran tipe-tipe pembakaran seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

2.4 Performa Mesin

Performa suatu mesin merupakan ukuran seberapa besar efisiensi yang dihasilkan oleh mesin tersebut, sedangkan parameter performanya terdiri dari : a) torsi, b) daya, dan c) konsumsi bahan bakar spesifik. Untuk mengukur torsi dilakukan *test bed* pada dinometer dan dinyatakan dengan gaya (*force*) di kalikan dengan jarak dalam satuan N.m. Daya adalah besarnya kerja yang dihasilkan suatu sistem per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan Watt (SI) dan hp (British).

Laju konsumsi bahan bakar pada suatu mesin per satuan keluaran daya disebut juga dengan *specific fuel consumption* (sfc) dan dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar per satuan daya atau kg/kWh, dan ini juga merupakan indikator nilai nilai ekonomis dari operasi suatu mesin dalam menggunakan bahan bakar, semakin kecil nilai sfc nya maka kecil biaya yang diperlukan dan sebaliknya.

2.5 Emsisi Bas Buang

Emisi gas buang pada motor konvensional merupakan sesuatu yang mendapatkan perhatian yang cukup serius dari berbagai kalangan di dunia. Hal ini disebabkan efek dari gas buang yang dapat merusak lingkungan hidup. Efek dari gas buang ini juga dapat menimbulkan efek rumah kaca yang tidak kita harapkan.

Pada motor bakar konvensional emisi gas buang yang dihasilkan berupa HC, CO, CO_2 , O_2 , NO_x dan partikulat lain. Berbagai penelitian dilakukan untuk menurunkan kandungan emisi gas buang motor bakar konvensional itu sendiri. Emisi gas buang dihasilkan dari proses tidak sempurnanya pembakaran di ruang bakar, dimana hanya sebagian bahan bakar bereaksi dengan oksigen terutama di dekat dinding silinder antara torak dan silinder, hal ini pada umumnya disebabkan karena lemahnya api dan rendahnya temperatur pembakaran. Jika suhu pembakaran

rendah dan perambatan nyala api lemah serta luasan dinding ruang bakarnya yang bersuhu rendah agak besar, kondisi ini akan dijumpai pada saat motor baru dihidupkan atau pada putaran lambat (*idle*), secara alamiah motor akan banyak menghasilkan emisi gas buang yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan.

Beberapa parameter yang dapat ditimbulkan dari gas buang kendaraan bermotor adalah sebagai berikut:

- Hidrokarbon (HC) adalah gas buang yang diakibatkan karena bahan bakar yang tidak terbakar dan diukur dalam satuan part per million (ppm), massa molekulnya ringan, tidak dapat dilihat. Karena mempunyai sifat yang mampu mengikat hemoglobin sehingga berbahaya bagi kesehatan. Kandungan Hidrokarbon didalam gas buang semakin kecil atau sedikit akan semakin baik.
- Karbon dioksida (CO₂) adalah unsur yang mengindikasikan derajat panas pembakaran dan diukur dalam persentase, batas ideal jumlah persentase sekitar (11 – 16) %. Karbon dioksida ini mempunyai massa yang ringan tidak terlihat dan tidak berbahaya, tetapi berpotensi untuk menjadi gas kaca, tumbuhan-tumbuhan dan biota laut serta tanaman gambut memerlukan gas ini.
- Karbon monoksida (CO) adalah gas yang timbul sebagai reaksi dari pembakaran yang tidak sempurna, massanya ringan, tidak terlihat sehingga melayang di udara, berbahaya bagi kesehatan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), pemicu kanker, dan dapat mengakibatkan penurunan kecerdasan. Ukuran idealnya sekitar (0,3 – 3) %.
- Oksigen (O₂) adalah indikator dari kualitas pembakaran, nilainya idealnya kurang dari 2 %, bila nilai semakin kecil maka pembakarannya semakin baik, dan tidak berbahaya bagi kesehatan.
- Nitrogen Oksida (NO_x) adalah gas buang yang ditimbulkan oleh nitrogen yang teroksidasi karena tekanan dan panas pada saat proses kompresi. Gas ini bersifat racun sehingga berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan
- Partikulat. Partikulat ini cenderung akan mengendap dalam sel lapisan paru – paru sehingga fungsi fisiologis-nya terganggu dan menimbulkan warna hitam.

Metode untuk mengurangi dampak negatif dari emisi gas buang terhadap kualitas pembakaran, kesehatan, dan lingkungan yaitu:

- perbaikan desain dan sistem pembakaran,
- peningkatan kualitas bahan bakar.

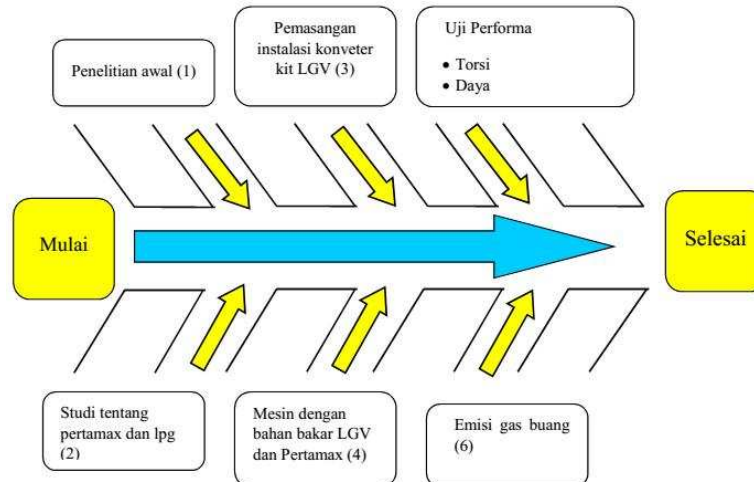
Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak negatif dari emisi gas buang adalah dengan menggunakan bahan bakar gas yang salah satunya adalah LGV.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penggunaan LGV pada motor bensin tanpa melakukan penyesuaian pada injection pressure dan injection timing menghasilkan karbon mono oksida, hidro karbon, oksigen yang lebih tinggi dibanding dengan bahan bakar premium, tetapi kadar lamda dan karbon dioksidanya lebih tinggi (Qadri Munzir, et.al. 2013). Penggunaan bahan bakar ganda (CNG-Solar) dapat menghasilkan daya keluaran mesin menyamai daya mesin diesel aslinya. Disamping itu dengan penggunaan bahan bakar ganda (CNG-Solar) dapat menurunkan emisi *smoke*, namun emisi hidrokarbon (HC) dan *Nox* meningkat dibandingkan dengan mesin ber-bahan bakar 100 % solar (Sumartono, H 2003), penelitian lainnya menyatakan penggunaan CNG sistem injeksi langsung dengan pengontrolan pembakaran, pengurangan ukuran nosel orifis dan sudut injeksi dapat memperbaiki kualitas percampuran bahan bakar. Hal ini menghasilkan efisiensi pembakaran yang meningkat meskipun menimbulkan *knocking* karena adanya sebagian campuran Udara-Bahan Bakar yang kaya pada daerah tertentu di dalam ruang bakar (Ishiyama, T et.al. 2005).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berbentuk eksperimen, dengan menggunakan mesin mobil yang identic kapasitas 2000 cc berteknologi karburator. Setelah dipasang converter kit mobil ini bersifat dual fuel artinya bisa menggunakan Bahan Bakar Cair dan Bahan Bakar Elpiji. Set Up mesin dilakukan pada kondisi optimum untuk kedua jenis bahan bakar, agar pada saat penggantian bahan bakar satu ke bahan bakar yang lain bisa berjalan dengan baik. Langkah selanjutnya melakukan uji performa dan emisi gas buang, uji performa dilakukan diatas Static Dyno, sedangkan uji konsumsi bahan bakar dilakukan dengan rod test. Alur Penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.1 Spesifikasi Mesin Uji

Tabel 1. Spesifikasi mesin uji

Type 4	Silinder (in line),SOHC
Volume silinder	2000 cc
Tenaga	102 HP/136 PS/5000 rpm
Torsi	200 Nm/18,6 kgm/4000 rpm
Sistim pendingin	Radiator
Berat	1.480 kg

3.2 Alat Ukur

Peralatan pengukuran sebelumnya telah dikalibrasi, masing-masing alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut:

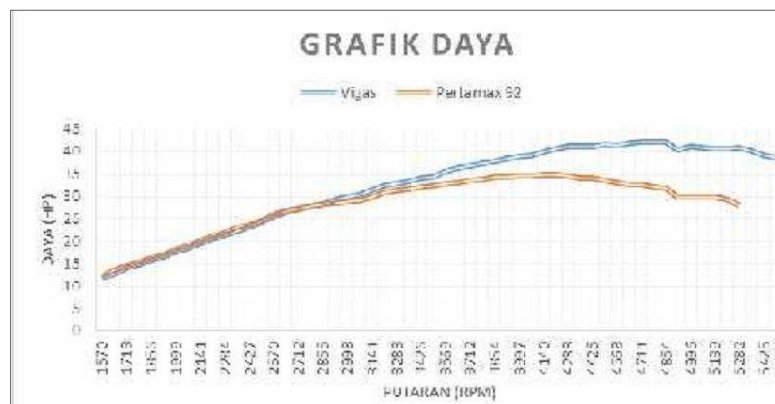
- Static dynamometer
- Alat ukur emisi,
- Stopwatch digital,
- Buret / alat ukur konsumsi bahan bakar solar dengan kapasitas 30 ml

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1 Daya

Merujuk hasil pengujian yang dilakukan diatas static dyno test, kecenderungan daya yang dihasilkan dapat dijelaskan bahwa daya maksimum yang terjadi pada motor dengan bahan bakar vigas sebesar 42,3 HP pada putaran 4782 rpm, sedangkan pada motor dengan bahan bakar pertamax daya maksimum sebesar 35 HP pada putaran 4211 rpm. Sehingga penggunaan bahan bakar vigas mampu menaikkan daya maksimum sebesar 20,86%, dan secara rata-rata penggunaan bahan bakar vigas mampu menaikkan daya sebesar 14,1%.

Kecenderungan Daya yang terjadi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



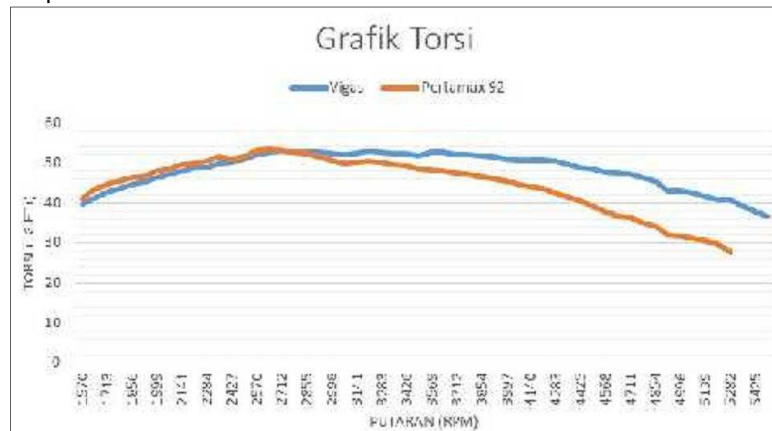
Gambar 3. Grafik daya motor berbahan bakar Vigas dan Pertamax

4.2 Torsi

Torsi rata-rata yang terjadi pada motor dengan bahan bakar vigas lebih besar dari motor dengan bahan bakar pertamax hal ini disebabkan oleh pembakaran yang cenderung stabil dan putaran

mesin bisa lebih tinggi dengan tidak menimbulkan knocking. Kenaikan torsi-ratanya sebesar 7,573%, tetapi torsi maksimum yang terjadi pada motor berbahan bakar vigas lebih kecil dibanding motor dengan bahan bakar pertamax, hasil pengujian menunjukkan penurunan torsi sebesar

0,94%, dan kecenderungan torsi yang terjadi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Torsi motor berbahan bakar vigas dan pertamax

4.3 Konsumsi Bahan Bakar

Setelah melakukan pengujian dan melakukan perhitungan terhadap alat pengering ikan yang menggunakan variasi waktu yaitu: 1 jam, 2 jam, dan 3 jam serta variasi konsumsi bahan bakar yaitu: 1 kg, 2 kg, dan 3 kg. Maka dapat ditabelkan untuk mempermudah langkah dan selanjutnya dalam membuat kurva karakteristik.

Pengukuran konsumsi bahan bakar seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Konsumsi bahan bakar

Pengukuran	Vigas (km/l)	Pertamax 92 (km/l)
1	7.5	7.3
2	7.8	7.2
3	7.7	7.4
4	7.9	7.2
5	7.8	7.3
6	7.8	7.2
7	7.6	7
8	7.8	7.2
9	7.9	7.2
10	7.5	7.3
Total	77.3	72.3
Rata-rata	7.73	7.23
Kenaikan	6.9	

Penggunaan Vigas mempunyai jarak tempuh lebih jauh dibanding dengan pertamax. Rata-rata jarak tempuh yang bisa dicapai oleh motor berbahan bakar Vigas sebesar 7,73 km/l, sedangkan bahan bakar pertamax mempunyai jarak tempuh 7,23 km/l, sehingga apabila dibandingkan kenaikan jarak tempuh mtr berbahan bakar vigas sebesar 6,9%. Hal ini bisa dimaklumi karena dalam proses pembakaran

vigas langsung bisa disemprotkan ke karburator tanpa melalui pengabutan.

4.4 Air Fuel Ratio

Air Fuel Ratio (AFR) yang terjadi pada kedua bahan bakar baik itu vigas maupun pertamax, masih dibawah standar yang ditentukan artinya terjadi pembakaran gemuk (too rich mixture), artinya masih terjadi pemborosan bahan bakar khususnya pada putaran rendah.

4.5 Emisi

Hasil pengujian emisi gas buang seperti diunjukkan apada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Uji emisi

Parameter	Vigas	Pertamax 92	Ambang batas (Permen LH 04/2009)
CO (g/km)	0.95	0.12	2.2
HC (g/km)	0.01	0.006	
NOx (g/km)	0	0.027	
CO ₂ (g/km)	182.5	206.8	

Penggunaan Vigas pada kendaraan bermotor mampu menurunkan gas rumah kaca CO₂ 13,3% dibanding motor dengan bahan bakar pertamax

5. KESIMPULAN

Merujuk dari hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penggunaan Liquid Gas For Vehicle (LGV) dengan merk dagang Vigas mampu menaikkan daya mesin maksimum sebesar 20,86% dan daya rata-rata sebesar 14,1%.
- Torsi maksimum yang dihasilkan oleh Motor berbahan bakar Vigas lebih kecil dari motor

- yang berbahan bakar pertamax, penurunannya sebesar 0.94%.
- Penggunaan Vigas pada motor mampu menaikkan jarak tepuh sebesar 6,9% bila dibanding dengan motor berbahan bakar pertamax.
 - Air Fuel Ratio (AFR) untuk kedua bahan bakar masih dibawah standar, sehingga terjadi pemborosan bahan bakar, khususnya pada putaran rendah. • Penggunaan Vigas pada kendaraan bermotor mampu meurunkan emisi gas buang khususnya CO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Chalilullah Rangkuti, (1995), *Perbandingan Udara Bahan-bakar dari Analisa Gas-buang pada Suatu Motor-bakar*, ISSN :0853.5175, Edisi No. 002.
- [2]. Ishiyama. T, H Kawanabe, K Ohashi, M Shioji, S Nakai, (2005), A study on premixed charge compression ignition combustion of natural gas with direct injection. *International Journal of Engine Research* ISSN: 1468-0874 DOI: 10.1243/146808705X30459 Volume 6, Number 5, Pages: 443 – 451
- [3]. John B Heywood, (1988), *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc Graw Hill, Singapore.
- [4]. LIM Pei Li, (2004), *The Effect of Compression Ratio on the CNG-Diesel Engine*. University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying. <http://www.usq.edu.au/>, diakses September 2006.
- [5]. Mangindaan, E.E, *Penggunaan Bahan Bakar Gas Jenis Compressed Natural Gas (CNG) pada Kendaraan Bermotor*, (2012), Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : PM 39.
- [6]. Newnan. D G. (1991), *Engineering Economic Analysis*, Binarupa Aksara, Jakarta, Qadri Munzir, et.all (2013), *Analisa Perbandingan Emisi Gas Buang Bahan Bakar LGV Dengan Premium Pada Daihatsu Grand Max Standar*, Simposium Nasional RAPI XII, UMS.
- [7]. Roger A. Strehlow, (1985), *Combustion Fundamentals*, Mc Graw Hill Book Company.
- [8]. Susanti. V, Hartanto. A, Subekti. R. A, Saputra.H.M, (2011), *Kebijakan Nasional Konversi BBM ke BBG Untuk Kendaraan*, LIPI Press .
- [9]. Sumartono, H, (2003), *Studi Pengaruh Waktu Injeksi Solar Terhadap Performa Mesin Diesel Ber-bahan Bakar Ganda CNG-Solar*, Tesis Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- [10]. Widodo B Santoso, Achmad Praptiyanto, Arifin Nur, (2006), *Pengaruh CNG-Ratio Terhadap Proses Pembakaran Pada Motor Diesel Berbahan bakar Ganda Solar-CNG, Prosiding Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronik*, hal. 283-287, ISBN :979-26- 2441-4.
- [11]. Yusaf T.F., Abd. Halim S., Yusoff A. & Ahmad Faris I. (1999), A study of dual fuel system using compressed natural gas for commercial diesel engine, *International Journal of Power and Energy Systems*, Vol. 19, No. 2. (ms 163-167)
- [12]. Zhiqiang Lin and Wanhua Su, (2011), A study on the amount of pilot injection and its effects on rich and lean boundaries of the premixed CNG/air mixture for a CNG/diesel dual-fuel engine, *International Journal of Global Energy Issues*, Vol. 20, Number 3/2003, Pages 290-301