

Karakteristik Kurva Daya Mesin EFI 1,5 L Berbahan Bakar LPG Pada Berbagai Jenis Vaporizer

Muji Setiyo

Program Studi Mesin Otomotif, Universitas Muhammadiyah
Magelang
Magelang, Indonesia
e-mail: setiyo.muji@gmail.com

Mohammad Husni

Departemen Ototronik
Vocational Education Development Center (VEDC)
Malang, Indonesia
e-mail : husnivedc@yahoo.com

Abstrak— LPG merupakan salah satu bahan bakar kendaraan yang memiliki nilai oktan tinggi dan memiliki sifat kunci yang diperlukan untuk mesin bensin (*spark ignition*). LPG pada umumnya memberikan efek positif terhadap emisi gas buang dan secara ekonomi, namun memberikan efek negatif terhadap performa mesin selama proses pemasukannya dengan sistem hisapan biasa. Penurunan daya yang terjadi pada umumnya berkisar antara 5% sampai 20% tergantung dari jenis kendaraan dan jenis *converter kits* yang digunakan. Sistem pemasukan LPG dengan *converter kits* konvensional dikendalikan oleh komponen *vaporizer* dan *mixer*. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi karakter kurva daya mesin pada tiga jenis *vaporizer* (Tesla A-100, Hansung C-081, dan Stefanelli 150 HP) yang dipasang pada mesin Toyota 5A FE 1,5 l dengan *mixer* yang memiliki diameter 35 mm. Pengujian daya dilakukan dengan *chassis dynamometer Hofmann Dynatest Pro 260 kW*, dengan kondisi awal setiap pengujian pada nilai λ 0,98 sampai 1,02. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa secara rata-rata daya yang dihasilkan mesin LPG sedikit lebih rendah dari mesin bensin. Hasil terbaik diberikan oleh *vaporizer* Tesla A-100 dengan output daya maksimal sebesar 80,3 hp pada 5550 rpm, sementara dengan mode operasi bensin menghasilkan output daya maksimal sebesar 81,6 hp pada 5550 rpm.

Kata Kunci—Kendaraan LPG, *vaporizer*, kurva daya mesin.

I. PENDAHULUAN

Liquefied Petroleum Gas (LPG) adalah bahan bakar alternatif yang paling banyak digunakan dan diterima di dunia sebagai pengganti bahan bakar minyak di sektor transportasi. Sejumlah negara saat ini memiliki perkembangan yang signifikan. Konsumsi global dari LPG mencapai 22,9 juta ton pada tahun 2010, dan meningkat sangat cepat. Permintaan meningkat sebesar 8,5 Mt, atau 59%, antara tahun 2000 sampai dengan tahun 2010. Walaupun demikian, permintaan yang besar terkonsentrasi hanya pada beberapa negara, belum mewakili dari keseluruhan negara di setiap benua. Korea, Turki, Rusia dan Polandia menjadi peringkat teratas dalam konsumsi LPG sebagai bahan bakar kendaraan selama periode tahun 2000 sampai tahun 2010 [1]. Tabel 1 berikut menyajikan profil jumlah kendaraan LPG, konsumsi, dan jumlah stasiun pengisian di beberapa negara.

TABEL 1. PROFIL PENGGUNAAN LPG DI BEBERAPA NEGARA

Negara	Jumlah Kendaraan	Konsumsi LPG (Ton)	Stasiun Pengisian
Turki	2394000	2490000	8700
Polandia	2325000	1660000	5900
Korea	2300000	4450000	1611
Itali	1700000	1227000	2773
Rusia	1282000	2300000	2000
Australia	655000	1147000	3200
Mexico	535000	837000	2100
Thailand	473000	922000	561
Jepang	288000	1202000	1900
China	143000	909000	310
Negara lain	5379000	5723000	28094
Jumlah di Dunia	17474000	22867000	57149

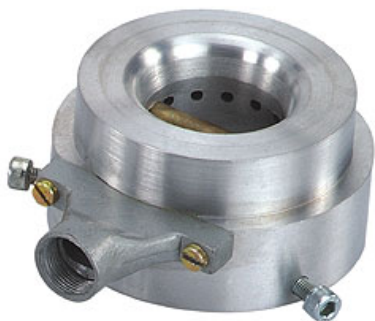
Sumber : WLPGA (2011)

LPG merupakan salah satu bahan bakar kendaraan yang memiliki nilai oktan tinggi dan memiliki sifat kunci yang diperlukan untuk mesin bensin (*spark ignited*). Untuk mengoperasikan kendaraan dengan LPG, baik sebagai bahan bakar khusus (*full dedicated*) atau dengan sistem bahan bakar ganda bensin-LPG (*bi-fuel*), hanya diperlukan sedikit modifikasi pada sistem bahan bakar tanpa melepas sistem yang sudah ada. Sampai saat ini kendaraan LPG telah umum digunakan dengan *converter kits* konvensional maupun dengan sistem injeksi *sequensial*. Pada *converter kits* konvensional, LPG dan udara dicampur pada komponen *mixer* seperti halnya karburator pada mesin bensin. Model *converter kits* ini sederhana dan memiliki aplikasi yang lebih luas, baik untuk mesin tipe karburator maupun tipe injeksi, meskipun efisiensi volumetriknya menjadi menurun [2].

Pemanfaatan LPG sebagai bahan bakar kendaraan pada umumnya memberikan efek positif terhadap emisi gas buang dan secara ekonomi. Kadar emisi CO, CO₂, HC, dan NO_x yang dihasilkan mesin LPG jauh lebih rendah daripada mode operasi bensin, baik pada pemakaian *urban cycle* maupun *extra urban cycle* [3]. Namun demikian karena sifat fisik yang dimiliki, LPG memberikan efek negatif terhadap performa mesin selama proses pemasukannya dengan sistem hisapan saja. Penurunan daya yang terjadi pada umumnya berkisar antara 5% sampai 20% [4].

Kelebihan lainnya seperti harganya yang stabil dan tidak terlalu terpengaruh harga gas internasional. Namun di Indonesia, penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif masih belum menggeliat. Jumlah pengguna LPG justru cenderung tetap atau menurun. Taksi yang telah menggunakan LPG masih menggunakan BBM bersubsidi sebagai bahan bakar kendaraannya [5].

Untuk mendapatkan output torsi dan daya yang optimal, diperlukan efisiensi volumetris yang besar, saat penyalaan yang tepat, dan kualitas campuran LPG-udara yang baik. Pada *converter kits* konvensional, proses pembentukan campuran dilakukan pada komponen *mixer*. Produsen *mixer* melakukan inovasi sampai menghasilkan desain terbaik untuk setiap mobil. Hasilnya, sebagian besar adalah bahwa *mixer* memberikan campuran yang tepat hanya pada beban parsial dan campuran kurus pada beban penuh. Desain *mixer* yang baik tidak hanya pada bentuknya, tetapi juga ukuran venturi. Semakin kecil diameter venturi, semakin tinggi sinyal vakum untuk *vaporizer* dan semakin akurat aliran LPG. Kerugiannya adalah efisiensi volumetrik mesin akan menurun karena diameter kecil. Ini seperti seolah-olah mesin hanya dapat bekerja setengah *throttle* dan kemungkinan besar akan mengalami kerugian daya hingga 20%. Ukuran ideal untuk venturi harus minimal 75% dari ukuran venturi karburator atau *throttle body* (jika mesin EFI). Lebih spesifik, ukuran venturi harus berkisar 7,5 mm² dan jika mungkin 10 mm² untuk setiap *horse power* (hp) daya mesin [6]. Gambar 1 berikut menyajikan salah satu bentuk *mixer* yang dipakai untuk *converter kits* konvensional.



Gambar 1. Mixer LPG

Upaya untuk menaikkan daya dilakukan dengan berbagai cara mulai dari perbaikan teknologi kontrol dan proses pemasukan sampai dengan optimasi penyetelan komponen *converter kits* dan penyesuaian beberapa komponen mesin. Kombinasi penyetelan *converter kits* dan penyesuaian saat pengapian yang tepat dapat menghasilkan daya yang setara dengan penggunaan bensin [7]. Namun demikian, kondisi ini sangat sensitif terhadap perubahan setiap variabel dan bersifat spesifik untuk salah satu jenis *vaporizer* dan jenis kendaraan.

Aspek keekonomian LPG yang lebih baik dari bahan bakar minyak membuat pertumbuhan kendaraan LPG dalam beberapa tahun terakhir meningkat dengan pesat. Hingga tahun

2012, diperkirakan mencapai lebih dari 17 juta kendaraan [1]. Seiring dengan pertumbuhan tersebut, berbagai model dan bentuk *vaporizer* diproduksi untuk memenuhi kebutuhan dengan berbagai fitur, ukuran, dan peruntukannya. Setiap jenis *vaporizer* memiliki karakteristik yang berbeda. Suatu model *vaporizer* mampu melayani mesin dengan kapasitas 1 liter sampai 4 liter, namun ada juga yang rentang penggunaannya spesifik. Jenis yang lain menawarkan performa yang baik untuk mesin putaran rendah, namun kurang mendukung untuk putaran tinggi dan sebaliknya. Gambar 2 berikut menyajikan salah satu bentuk *vaporizer*.



Gambar 2. Vaporizer LPG

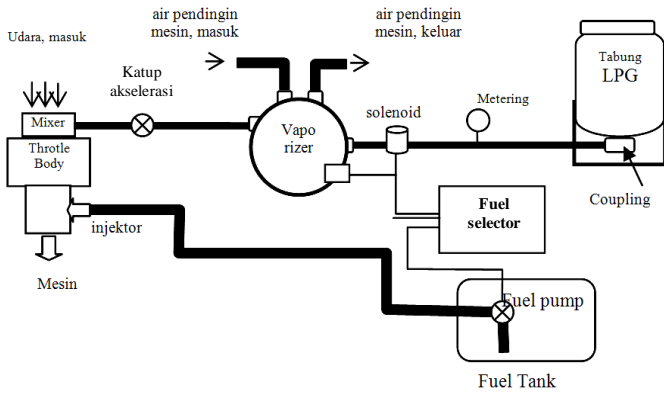
Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik kurva daya berbagai jenis *vaporizer* dan dibandingkan dengan kurva daya pada operasi bahan bakar bensin. *Vaporizer* yang diuji adalah jenis Tesla A-100, Hansung C-081, dan Stefanelli 150HP. *Mixer* yang diaplikasikan memiliki luasan venturi 960 mm². Kendaraan yang diuji adalah Toyota Soluna 1,5 l. Alat uji performa mesin yang digunakan adalah *chassis dynamometer* merk Hofmann tipe Dynatest pro 260 kW. Hasil pengujian ini diharapkan menjadi sebuah referensi dalam pemilihan *vaporizer*, meskipun suatu hasil yang berbeda dimungkinkan terjadi jika jenis kendaraan uji berbeda dan luasan venturi *mixer* memiliki ukuran yang lebih besar atau lebih kecil.

II. METODE

A. Modifikasi Sistem Bahan Bakar

Sebuah *converter kits* dipasang pada kendaraan dengan sistem *bi-fuel*. Mode operasi bahan bakar dapat diubah melalui *fuel selector*. LPG yang digunakan adalah LPG kemasan tabung 12 kg. Tegangan ke injektor bahan bakar dimatikan saat mesin beroperasi dengan LPG melalui sebuah sirkuit pengendali. Tiga buah *vaporizer* (Hansung C-081, Tesla A-100, dan Stefanelli 150HP) dipasang secara bergantian. Penyetelan AFR dilakukan dengan menyetel baut pegas lever

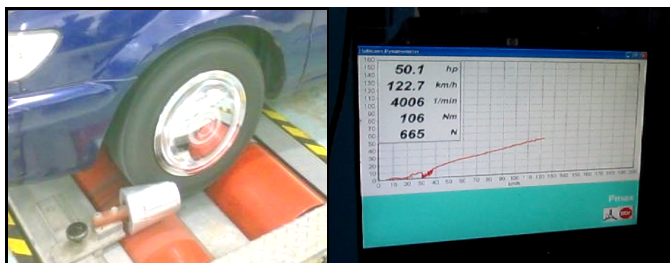
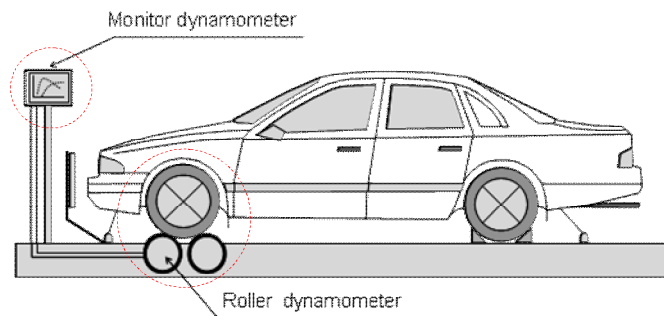
diafragma. Saat pengapian ditetapkan 5⁰ sebelum TMA untuk mode operasi bensin dan 15⁰ sebelum TMA pada mode operasi LPG. Skema pemasangan *converter kits* disajikan dalam gambar 3. berikut.



Gambar 3. Skema Instalasi Converter Kits

B. Pengukuran performa mesin

Parameter dalam pengujian ini adalah output daya (hp) yang diukur pada roda roda penggerak. Pengujian dilakukan pada *chassis dynamometer*. Sebuah kipas berdaya tiup besar dipasang didepan kendaraan untuk membantu mendinginkan mesin. Data dari *chassis dynamometer* ditampilkan dalam sebuah monitor. Kondisi awal pengujian (*initial set up*) ditentukan pada nilai lambda (λ) antara 0,98 sampai 1,02 yang terbaca pada *engine gas analyzer* untuk setiap kali perubahan jenis *vaporizer* dan setiap kali perpindahan mode operasi bahan bakar.



Gambar 4. Pengukuran Performa Mesin

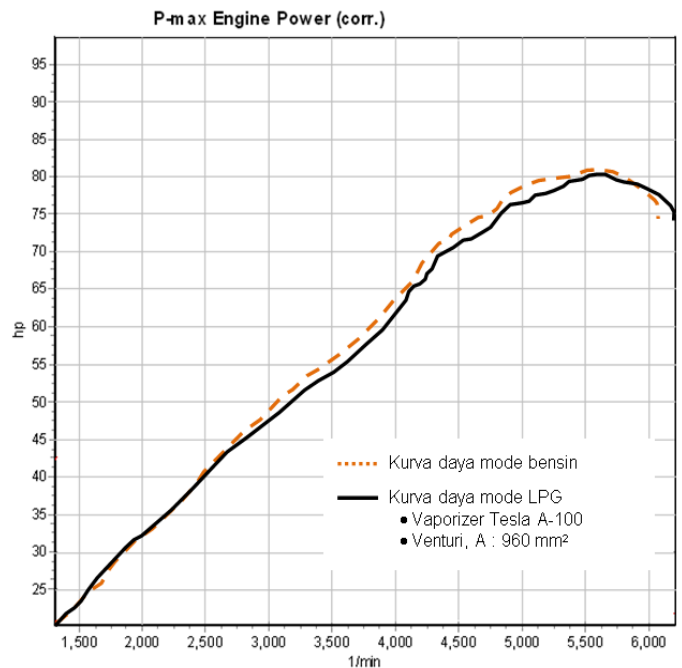
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 berikut menunjukkan hasil pengukuran performa mesin dengan mode operasi LPG pada setiap jenis penggunaan *vaporizer* dan performa mesin dengan mode operasi bensin.. Pengambilan data dilakukan tiga kali untuk setiap jenis *vaporizer*. Data yang ditampilkan merupakan data koreksi dari *dynamometer* dan merupakan hasil pengukuran yang terbaik dari setiap jenis *vaporizer*.

TABEL 2. HASIL PENGUKURAN PERFORMA MESIN

No. uji	Jenis <i>vaporizer</i>	venturi mixer (mm ²)	Parameter ukur	
			Daya (hp)	Rpm
1	Tesla A-100	35	80.3	5550
2	Hansung C-081	35	77.3	5746
3	Stafanelli 150HP	25	79.4	5451
4	Mode operasi bensin		81.6	5550

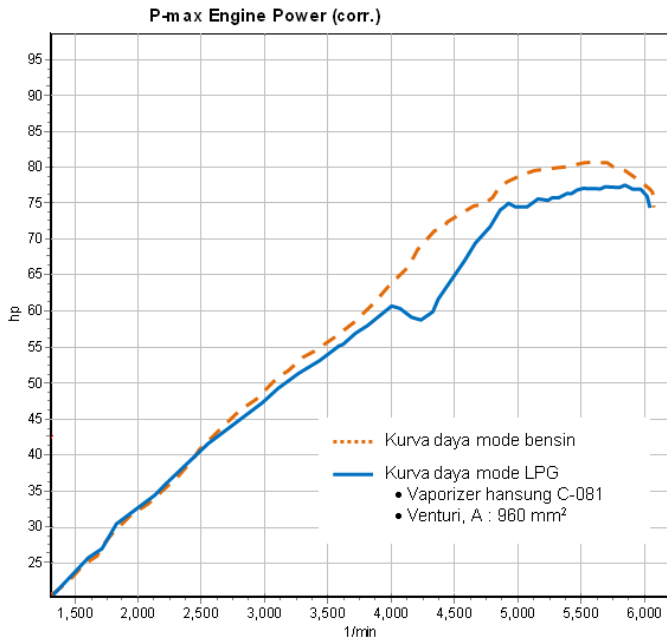
A. Kurva daya dengan *vaporizer* Tesla A-100



Gambar 5. Kurva daya dengan *vaporizer* Tesla A-100

Gambar 5 memberikan informasi dengan *vaporizer* Tesla A-100 menghasilkan daya yang setara dengan mode operasi bensin dan bahkan sedikit lebih tinggi pada putaran dibawah 2500 rpm. Pada putaran setelah 2500 rpm, kurva daya mode operasi LPG lebih rendah dari mode operasi bensin sampai pada kurva daya maksimal (*peak power*) yang dicapai sama sama pada kisaran ± 5550 rpm. Namun demikian kurva daya mode operasi LPG menurun lebih landai dari pada mode operasi bensin setelah keduanya mencapai *peak power*.

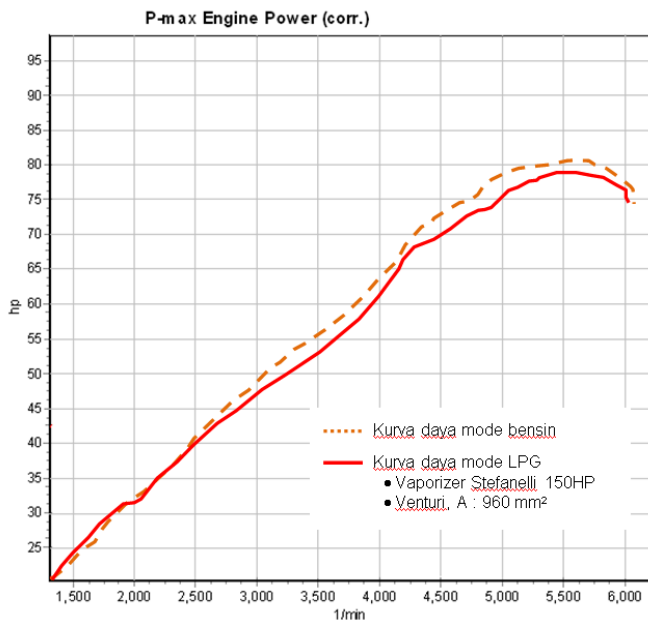
B. Kurva daya dengan vaporizer Hansung C-081



Gambar 6. Kurva daya dengan vaporizer Hansung C-081

Seperti halnya pada vaporizer Tesla A-100, Hansung C-081 menghasilkan daya yang lebih baik dari pada mode operasi bensin pada putaran dibawah 2500 rpm, namun menghasilkan daya yang lebih kecil pada putaran mesin diatas 2500 rpm. Suatu fenomena dari karakteristik kurva daya tidak normal ditunjukkan oleh vaporizer ini. Pada putaran ± 4000 rpm terjadi *power loss* yang menyerupai bentuk palung dan meningkat kembali normal pada putaran ± 4500 rpm.

C. Kurva daya dengan vaporizer Stafanelli 150HP



Gambar 7. Kurva daya dengan vaporizer Stafanelli 150HP

Karakter kurva daya dengan vaporizer Stefanelli 150HP pada putaran dibawah 4000 rpm seperti halnya kurva pada tesla dan hansung. Namun demikian pada putaran ± 4000 sampai ± 4500 rpm menunjukkan karakteristik kurva yang merupakan kebalikan dari kurva hansung. Jika vaporizer hansung menunjukkan *power loss* menyerupai bentuk palung, vaporizer stefanelli justru membentuk kurva positif dengan lengkungan keatas hingga berhimpit dengan kurva daya pada mode operasi bensin. Ini menunjukkan sebuah karakteristik performa yang baik, meskipun *peak power* yang dicapai sedikit lebih rendah dari mode operasi bensin.

Pada kondisi pengendaraan di jalan melalui pengamatan kualitatif, mode operasi LPG dengan ketiga jenis vaporizer ini memberikan akselerasi yang lebih lembut daripada mode operasi bensin. Nilai oktan LPG yang jauh lebih tinggi dari bensin menghasilkan *noise* mesin yang lebih rendah.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan penelitian ini antara lain :

1. Mode operasi LPG dengan vaporizer Tesla A-100, Hansung C-081, dan Stefanelli 150HP yang dikombinasikan dengan mixer yang memiliki luasan 960 mm² menghasilkan output daya mesin yang lebih baik pada putaran dibawah 2500 rpm, namun menghasilkan kurva daya yang lebih rendah pada putaran diatas 2500 rpm.
2. *Peak power* terbaik dihasilkan oleh vaporizer Tesla A-100 sebesar 80,3 hp pada 5550 rpm, sementara dengan mode operasi bensin menghasilkan *peak power* 81,6 pada 5550 rpm, sehingga selisih *peak power* yang dihasilkan hanya terpaut 1,6%.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] World LP Gas Association. *Autogas Incentive Policies*. Neuilly-sur-Seine : WLPGA, 2012.
- [2] Werpy, Marcy Rood, Burnham, Andrew and Bertram, Kenneth. *Propane Vehicles: Status, Challenges, and Opportunities*. Oak Ridge : Center for Transportation Research, Energy Systems Division, Argonne National Laboratory, 2010.
- [3] *Comparative Emission Analysis of Gasoline/LPG Automotive Bifuel Engine*. R.R. Saraf, S.S. Thipse and P.K. Saxena. 4, s.l. : International Journal of Civil and Environmental Engineering, 2009, Vol. 1.
- [4] *Cyclic variations on LPG and gasoline-fuelled lean burn SI engine*. M.A. Ceviz, F. Yuksel. 12, s.l. : Science Direct, 2006, Vol. 31.
- [5] Samosir, Agunan. *Perluakah Pemerintah Memberikan Subsidi LGV/Vi-Gas Tahun 2011? Studi Kasus Angkutan Umum Taksi di Jakarta*. 2010, Policy Paper No. 1.
- [6] H.V, Osch. *Technique-LPG-Instalatie*. [Online] [Cited: April 24, 2013.] [http:// www.chaosboyz.nl/rubriek/techniek/techlpg.htm](http://www.chaosboyz.nl/rubriek/techniek/techlpg.htm).
- [7] *Optimasi Prestasi Mesin Bensin 1500 cc Dengan Bahan Bakar LPG Melalui Penyetelan Converter Kits dan Penyesuaian Saat Pengapian*. Setiyo, Muji and Prawoto. Surabaya : Jurusan Teknik Mesin UK Petra, 2012.