

Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan LPG sebagai Bahan Bakar pada Motor Bensin Pembakaran dalam 5,5 HP

M. Zaki Latif A^{1*}, Djoko Prasetyo¹, Akhmad Nurfauzi¹, Yasser Arafat¹, Muhfizar¹
Rohyadi¹, Anasri²

¹ Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, Sorong 98401

² Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang

*Email: abrazky@gmail.com

Diterima : September 2016; Disetujui : 30 November 2016

Abstrak

Cadangan Bahan Bakar Minyak (BBM) khususnya bensin semakin berkurang dan tidak dapat diperbarui lagi sementara kebutuhan semakin bertambah dan akan berdampak pada krisis energi. Penelitian ini mengkaji penggunaan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM jenis bensin untuk mengoperasikan motor bensin siklus empat langkah. Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi pada bagian karburator menjadi saluran masuk untuk gas LPG. Percobaan yang dilakukan meliputi uji operasional, uji ketahanan operasi yang dilakukan hingga 100 jam operasi dengan memberikan variasi jumlah bahan bakar yang diberikan sebesar 3 Psi dan 4 Psi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa LPG jenis campuran dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM jenis bensin 4 tak.

Kata kunci: bahan bakar, LPG, motor bensin

PENDAHULUAN

Kelangkaan bahan bakar yang terjadi menyebabkan operasional dari pada nelayan terganggu [15] hal ini mengakibatkan harga BBM di level pengecer menjadi melambung. Saat bahan bakar minyak sulit didapat mengakibatkan harga bahan bakar di pengecer bertambah mahal hingga mencapai Rp.10.000,- dalam 1 liter. Hal ini cukup memberatkan untuk biaya operasional para nelayan untuk menangkap ikan. Jumlah nelayan di Indonesia hingga tahun 2009 tercatat 2.752.490 orang dengan total armada 596.230 unit. Dari jumlah nelayan tersebut 90% nya merupakan nelayan kecil [4], nelayan tersebut menggunakan motor bensin pembakaran dalam yang dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar bensin.

Pemerintah melalui Kemeterian Kelautan dan Kelautan dan Perikanan mengupayakan agar nelayan tetap dapat melaut dengan kondisi bahan bakar yang mahal. Upaya tersebut salah satunya adalah memberikan edukasi dan sosialisasi bagi

para nelayan untuk dapat menggunakan bahan bakar alternatif [14] sebagai pengganti bahan bakar bensin yang cukup mahal. Ada beberapa bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk motor pembakaran dalam. LPG, *Liquefied Petroleum Gas* adalah salah satu bahan bakar alternatif yang cukup populer dan dapat digunakan pada mesin pembakaran dalam [5] karena mudah didapat dan mudah digunakan pada tingkat pengguna. Salah satu keuntungan yang didapat bila menggunakan LPG adalah mesin dapat beroperasi dengan biaya bahan bakar yang lebih murah harganya dan irit dalam hal konsumsi [6] sehingga penggunaan bahan bakar LPG sebagai alternatif kelangkaan BBM cukup tepat pada bagi nelayan kecil.

LPG (*liquefied petroleum gas*) merupakan campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam atau kilang *crude oil* [17]. LPG adalah gas yang bersifat mudah terbakar [16], Gas LPG ini termasuk dalam katagori *flammable gas* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar

pada peralatan pemanas dan kendaraan [2]. LPG terdiri dari bermacam komponen, hanya saja sebagian besar komponen tersebut adalah *propane*, *butane* dan *propylene* [11], [9], [12]. Aroma yang kuat dari *Ethyl Mercaptan* juga ditambahkan [13] agar bila terjadi kebocoran mudah terdeteksi..

Nilai oktan untuk LPG sebagai bahan bakar mesin bensin. Penelitiannya membahas tentang RON dan MON pada LPG yang digunakan untuk bahan bakar mesin Otto dimana nilai oktan LPG lebih tinggi daripada oktan bahan bakar minyak jenis bensin [10]. Tingkatan oktan LPG lebih tinggi dengan *rating* 105-112 bila dibandingkan dengan bensin sebesar 91-97. Pengaruh bilangan oktan pada mesin pembakaran dalam adalah semakin tinggi nilai oktan yang dikandung dalam bahan bakar implikasinya adalah semakin tinggi temperatur titik nyala api sehingga mengakibatkan lambat pembakarannya [2]. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi mesin pembakaran dalam jenis Otto yang biasa digunakan oleh nelayan agar dapat dioperasikan dengan menggunakan LPG dan mengetahui pengaruhnya dari sisi operasional.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen yang dilakukan di bengkel latihan milik Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong.

Eksperimen ini menggunakan motor bensin 4 langkah, *overhead valve*, satu silinder dengan pendingin udara dengan spesifikasi teknis ditampilkan pada Tabel 1. Dalam penelitian ini untuk mengetahui kinerja mesin menggunakan pembebanan secara elektrik berupa generator listrik yang dikopel langsung dengan poros mesin generator.

Untuk mendapatkan data penelitian, peralatan yang digunakan adalah voltmeter yang dihubungkan pada generator listrik untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh generator, termometer digital digunakan untuk mengukur temperatur mesin pada saat dioperasikan, amper meter untuk mengukur berapa arus listrik yang digunakan oleh beban, beban non induktif hingga 3200W dan takometer untuk mengetahui putaran mesin saat beroperasi.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin.

No	Spesifikasi Mesin	
1	<i>Displacement</i>	163 cm ³
2	<i>Bore</i>	68 mm
3	<i>Stroke</i>	45 mm
4	Perbandingan kompresi	8,5 : 1
5	Sistim pendinginan	Sirkulasi udara
6	Efisiensi Kopleng	0.96
7	Sistim pengapian	CDI
8	Efisiensi Motor	0.8
9	Putaran maksimal	4500 RPM
10	Sistim bahan bakar	Karburator
11	Karburator	Horizontal, butterfly valve

LPG yang digunakan pada percobaan ini adalah LPG jenis campuran yang di distribusikan secara komersial khususnya di Indonesia. Komposisi LPG jenis ini sesuai ketentuan yaitu memiliki beberapa kandungan seperti di tunjukan pada Tabel 2 [3].

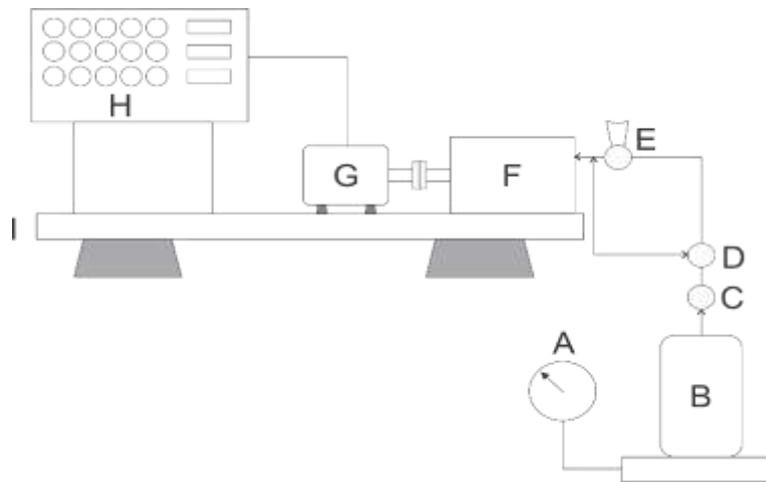
Tabel 2. Kandungan LPG jenis Campuran .

No	Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Berat jenis 60/60 °F		0.54
2	Tekanan uap 100 °F	Psig	145
3	<i>Weatering test</i> 36 °F	% vol	95
4	Korosi bilah tembaga	1jam/100 °F	
5	Kandungan sulfur	Grains/100cuft	15
6	Kandungan air	-	-
7	Komposisi		
	C2	% vol	0.8
	C3 dan C4	% vol	97.0
	C5+ (kandungan hidrokarbon lain yang lebih berat)	% vol	2.0
8	<i>Ethyl mercaptan</i>	ml/ 1000AG	50

Motor bensin yang diteliti menggunakan bahan bakar LPG jenis campuran diinstall seperti pada Gambar 1. LPG dari tangki bahan bakar (b) ditempatkan diatas timbangan (a) dengan tujuan untuk mengetahui berapa banyaknya LPG yang digunakan saat mesin beroperasi. Tabung LPG disambungkan dengan regulator tekanan rendah (c) dengan tujuan untuk menurunkan tekanan [8] yang masuk ke ruang bakar dalam tekanan yang dibutuhkan oleh mesin yakni sebesar 2kg/cm² dengan kapasitas aliran LPG 0-6 kg/jam [1]. Dengan menggunakan selang LPG, regulator tekanan rendah dihubungkan menuju katup fakum (d). Katup fakum (d) digunakan sebagai pengatur,

katup akan terbuka dengan memanfaatkan mekanisme fakum pada saluran hisap mesin [7]. Pada karburator (e), LPG akan dicampur dengan

sejumlah udara segar (oksigen) untuk selanjutnya masuk ke ruang pembakaran sebagai bahan bakar.



Gambar 1. Instalasi mesin dengan sistim bahan bakar LPG

Keterangan: (a).timbangan, (b).tabung LPG, (c).regulator tekanan tinggi, (d).katup fakum, (e).karburator, (f).motor bensin, (g).beban dinamo listrik, (h).beban, (i).dudukan mesin

Untuk mengukur kemampuan mesin untuk menerima bebanan maka pada poros mesin dikopel langsung dengan poros generator listrik (g). Generator listrik tersebut nantinya diberikan beban non induktif (h). Pembebanan dilakukan secara bertahap dalam rentang waktu 5 menit, tiap pembebanan dilakukan pencatatan tegangan kerja dengan menggunakan volt meter, arus listrik yang digunakan diukur dengan amper meter, putaran mesin diukur dengan menggunakan takometer pada bagian poros motor, temperatur mesin diukur dengan menggunakan termometer dengan sensor termokopel yang ditempatkan pada bagian bodi mesin.

Pada tahap analisis teknik untuk mengetahui kemampuan mesin yang dimodifikasi dengan menggunakan bahan bakar LPG, dari data yang didapat kemudian diolah untuk mendapatkan besarnya daya (P) dalam watt yang dihasilkan oleh beban generator yaitu dengan menggunakan persamaan matematis 1

$$P = \frac{VI}{\cos \alpha} \quad (1)$$

dimana V dan I adalah besarnya tegangan dalam Volt dan arus listrik dalam Amper yang dibangkitkan oleh generator, sementara besarnya $\cos \alpha$ sesuai dengan spesifikasi mesin didapat sebesar 0.8.

Dengan didapatnya besar daya yang dihasilkan generator maka selanjutnya menghitung berapa besarnya daya pada poros motor bakar (BHP) dengan menggunakan persamaan matematis 2. BHP adalah daya yang dihasilkan dalam satuan Watt, η_g adalah besarnya efisiensi pada generator, dan η_c adalah efisiensi pada kopling.

$$BHP = \frac{P}{\eta_g \eta_c} \quad (2)$$

dengan didapatnya nilai BHP, maka dapat menghitung besarnya torsi yang dihasilkan pada tiap tingkatan beban yang diberikan dilakukan dengan persamaan 3, dimana (T) dalam satuan Nm, BHP dalam Watt yang setara dengan Nm/s, dan f dalam RPM.

$$T = \frac{BHP}{2\pi f} \quad (3)$$

berapa banyaknya rerata tekanan efektif (BMEP) dalam satuan kPa mesin dengan menggunakan persamaan 4, dimana T adalah besarnya torsi dalam Nm, n adalah nilai siklus (untuk motor 4 tak adalah 2) dan V_d adalah volume ruang bakar dalam satuan m^3 .

$$BMEP = \frac{2\pi T n}{V_d} \quad (4)$$

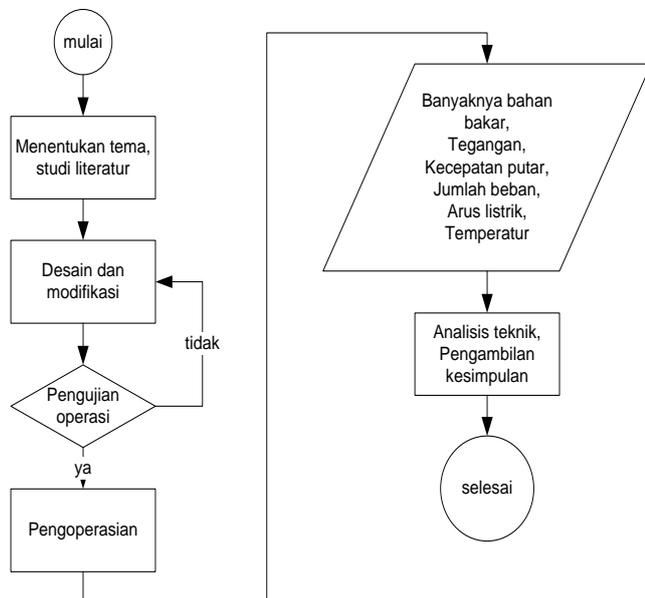
Konsumsi bahan bakar spesifik yang digunakan dapat dihitung dengan dua variabel yakni banyaknya konsumsi bahan bakar dalam waktu

berjalan dalam setiap daya yang dibangkitkan, secara matematis ditampilkan pada persamaan 5. Dimana m adalah jumlah bahan bakar yang digunakan dalam Kg/jam.

$$BSFC = \frac{\dot{m}}{BHP} \quad (5)$$

Setelah melakukan pendataan terkait performa mesin, selanjutnya dilakukan pemeriksaan secara visual terhadap sisa hasil pembakaran pada ruang bakar.

Setelah tahap analisis teknik didapatkan selanjutnya dilakukan pengambilan kesimpulan. Adapun tahapan penelitian ini secara grafis ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin yang sudah diinstal menggunakan bahan bakar LPG, yang pertama dilakukan adalah mengalirkan LPG ke dalam mesin untuk memeriksa dan memastikan sistim bahan bakar LPG yang sudah di instal sudah terpasang dengan baik dan tidak terdapat kebocoran. Mesin yang sudah diperiksa kondisinya dan dinyatakan baik kemudian dioperasikan secara stasioner selama 10 menit tanpa beban. Putaran stasioner ini digunakan untuk tes kemampuan bahwa mesin dapat dioperasikan menggunakan bahan bakar LPG.

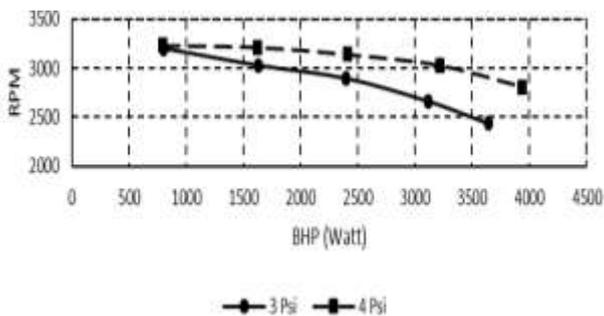
Saat pertama pelaksanaan uji operasional terdapat kesulitan mesin untuk dapat *start*, tindakan yang dilakukan agar mesin dapat dioperasikan adalah dengan menutup penuh katup *choke*, pada tarikan tali *recoil* pertama dan ke dua mesin belum mau beroperasi, tetapi saat tarikan *recoil* ketiga mesin baru dapat beroperasi, tetapi jika kondisi temperatur mesin sudah panas atau sudah dioperasikan sebelumnya, maka untuk proses start cukup mudah, yakni dengan satu kali tarik tali *recoil* dan mesin dapat beroperasi dengan lancar.

Pengoperasian mesin dengan bahan bakar LPG cukup mudah, sama seperti dengan menggunakan bahan bakar minyak. Untuk mendapatkan variasi putaran mesin cukup menambah atau mengurangi banyaknya LPG yang masuk ke dalam ruang bakar. Dengan bertambah banyaknya LPG yang masuk ke dalam ruang bakar dengan ditunjukkan tekanan LPG yang bertambah maka berdampak bertambahnya putaran mesin, begitu juga sebaliknya.

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan beban resistif. Mesin yang sebelumnya sudah beroperasi secara stasioner diberikan suplai LPG sebesar 3 Psi dan 4 Psi kemudian diberikan variasi beban listrik secara bertingkat hingga 5 tingkat pembebanan, dari percobaan tersebut ditampilkan pada penjelasan berikut.

RPM terhadap perubahan beban listrik

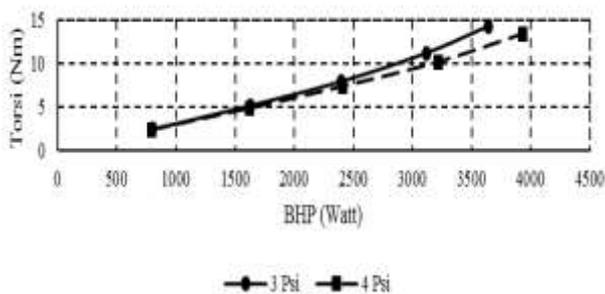
Pada percobaan tahap ini dilakukan pengamatan kecepatan putar mesin dalam satuan RPM terhadap perubahan beban listrik. Pada grafik Gambar 3 terlihat pembebanan yang ditingkatkan secara bertahap mengakibatkan jumlah kecepatan putar mesin juga berkurang secara bertahap, hal ini merupakan konsekuensi mesin untuk dapat terus berputar dengan beban yang bertambah sementara suplai bahan bakar mesin tetap.



Gambar 3. Respons RPM terhadap perubahan beban

Torsi terhadap perubahan beban listrik

Perbandingan torsi terhadap perubahan beban pada Gambar 4 terlihat semakin tinggi beban yang diberikan pada mesin, torsi yang dihasilkan oleh mesin secara linier juga ikut meningkat. Dalam percobaan ini dengan pembebanan yang diberikan secara bertahap torsi tertinggi didapat dengan memberikan tekanan pada suplai LPG untuk mesin sebesar 3 Psi dengan torsi maksimum hingga 14,28 Nm pada beban 3.206,75 BHP, sementara untuk dapat mengoperasikan mesin dengan beban tertinggi didapatkan dengan memberikan LPG sebesar 4 Psi dengan beban maksimum hingga 3.926,67 BHP dengan torsi sebesar 13,37 Nm. Fenomena ini terjadi karena penambahan beban yang mengakibatkan putaran mesin melambat sementara suplai bahan bakar tetap sehingga energi bahan bakar yang sudah terbakar lebih banyak digunakan untuk memutar beban daripada kecepatan putar mesin.

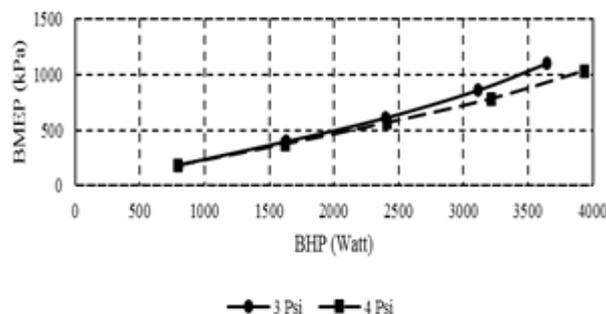


Gambar 4. Respons torsi terhadap perubahan beban listrik

BMEP terhadap perubahan beban listrik

Nilai BMEP tertinggi didapat dengan memberikan tekanan LPG sebesar 3 Psi dengan nilai sebesar 1.101,28 kPa pada beban sebesar 3.644,03 Watt. Sementara nilai BMEP pada tekanan LPG sebesar 4 Psi didapat 1.031,06 kPa pada beban 3.932,67 Watt.

Pengaruh kompresi mesin terhadap penambahan beban terlihat pada grafik Respons BMEP terhadap perubahan beban (Gambar 5). Pada kedua variasi jumlah suplai LPG yang diberikan terlihat semakin tinggi beban yang diberikan berdampak pada nilai BMEP yang juga ikut bertambah. Penambahan nilai BMEP ini terjadi karena dengan suplai bahan bakar yang konstan sementara beban bertambah dan torsi meningkat (Gambar 4) mengakibatkan melambatnya putaran mesin (Gambar 3). melambatnya putaran mesin ini mengakibatkan bertambahnya nilai kepadatan bahan bakar dan oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar untuk proses pembakaran sehingga mengakibatkan bertambahnya nilai BMEP. Hal ini merupakan kompensasi mesin untuk terus mampu beroperasi dengan beban yang lebih besar.

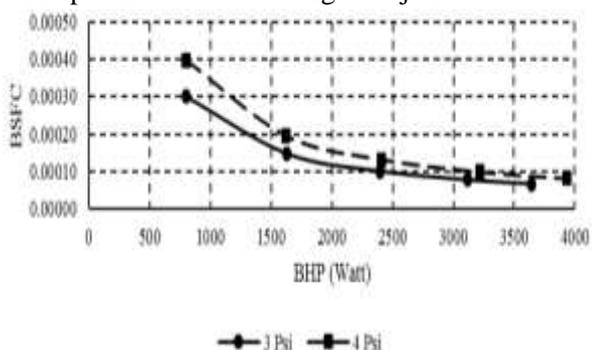


Gambar 5. Respons BMEP terhadap perubahan beban listrik

BSFC terhadap perubahan beban listrik

Pengaruh pemberian beban secara bertahap terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) terlihat pada grafik Gambar 6 dibawah ini. BSFC dapat didefinisikan sebagai laju aliran bahan bakar yang diperlukan untuk mendapatkan BHP. Seiring dengan penambahan beban terlihat pemakaian bahan bakar spesifik cenderung menurun secara eksponensial. Hal ini terjadi akibat karakter mesin yang merupakan mesin putaran stasioner dimana beban dapat bertambah sementara suplai bahan bakar cenderung tetap atau walaupun ada penambahan nilainya kecil. Untuk mengoperasikan mesin dengan beban hingga 3.932,67 Watt dapat memberikan tekanan LPG sebesar 4 Psi dengan pemakaian bahan bakar spesifik 8.0299.10⁻⁵ Kg/watt jam, sedangkan untuk mengoperasikan mesin dengan beban dibawah 3.644,03 Watt cukup memberikan suplai bahan

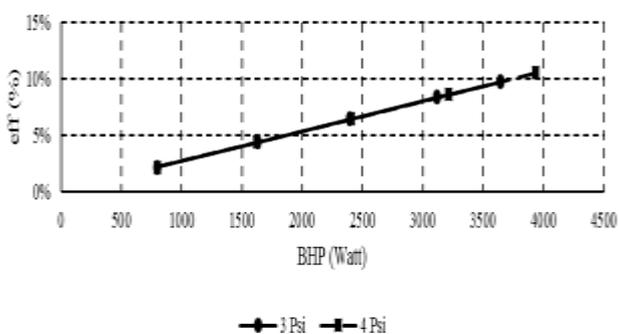
bakar LPG sebesar 3 Psi dengan pemakaian bahan bakar spesifik $6.5861 \cdot 10^{-5}$ Kg/watt jam.



Gambar 6. Respons BSFC terhadap perubahan beban listrik

Efisiensi termal terhadap perubahan beban listrik

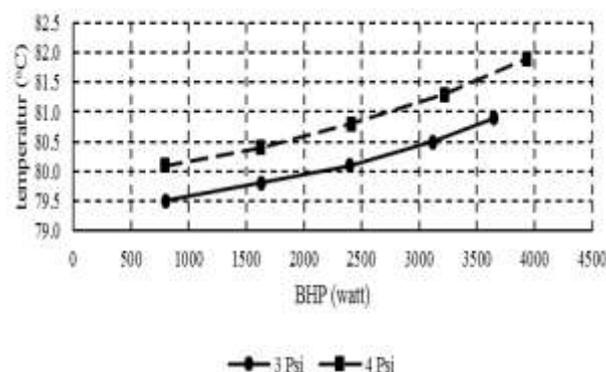
Efisiensi termal pada penelitian ini mengindikasikan seberapa besar energi dari bahan bakar yang dikonversi menjadi tenaga untuk menggerakkan beban, oleh karena itu erat kaitannya antara efisiensi efisiensi termal dengan pemakaian bahan bakar. Bila dilihat kembali grafik Respons BSFC pada Gambar 6, saat mesin diberikan beban tertinggi, BSFC berada pada titik terendah dan efisiensi termal berada pada angka tertinggi (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa dengan naiknya efisiensi termal maka semakin banyak bahan bakar yang dapat dikonversi menjadi tenaga untuk memutar poros mesin. Begitu juga sebaliknya, saat beban berkurang BSFC menunjukkan pada titik tertinggi dan efisiensi termal berada pada titik terendah, hal ini mengindikasikan bahwa banyak energi bahan bakar yang terbuang bersama gas sisa pembakaran karena tidak dikonversi menjadi tenaga.



Gambar 7. Respons efisiensi termal terhadap perubahan beban listrik

Temperatur terhadap perubahan beban listrik

Temperatur pada mesin merupakan indikasi terjadinya usaha/pembakaran di dalam mesin. Pada Gambar 8 terlihat semakin banyak beban yang diberikan berakibat pada semakin tinggi temperatur mesin. Kejadian ini karena beban yang bertambah mengakibatkan besarnya tekanan pada ruang bakar menjadi bertambah, implikasi dari kejadian ini saat mesin dalam langkah usaha (pembakaran) menimbulkan deposit kerak karbon yang membara sehingga menimbulkan panas yang bertambah.



Gambar 8. Respons temperatur mesin terhadap perubahan beban listrik

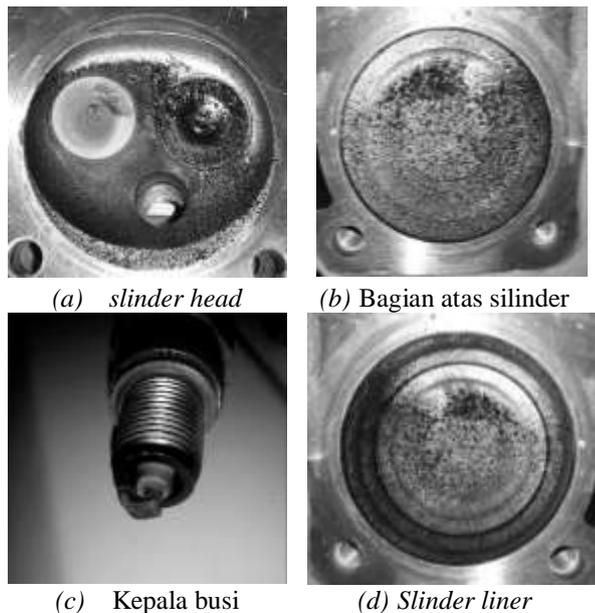
Test ketahanan operasional

Pemeriksaan yang dilakukan setelah mesin beroperasi selama 100 jam operasi hanya pemakaian bahan bakar dan kondisi fisik sistim bahan bakar, *intake manifold*, ruang pembakaran, *slinder head*, *slinder top*, *slinder liner*. Hasil pemeriksaan secara visual terlihat penumpukan karbon hasil sisa pembakaran dilakukan setelah mesin beroperasi selama 100 jam operasi dengan kondisi normal (adanya perubahan pembebanan). Pemeriksaan yang dilakukan hanya pada bagian yang berhubungan dengan proses pembakaran bahan bakar LPG.

Pemakaian bahan bakar LPG mulai pertama beroperasi, pengumpulan data dan tes performa dan operasional selama 100 jam operasi dengan perlakuan pembebanan yang bervariasi telah menggunakan LPG sebanyak 41 kg LPG, kondisi komponen sistim bahan bakar yang dimodifikasi seperti regulator tekanan tinggi, *pressure gauge*, *vacuum valve*, karburator, saluran *intake manifold* yang digunakan dapat beroperasi tanpa gangguan dan masih dalam kondisi yang baik tanpa terlihat

adanya kotoran akibat penggunaan LPG, hanya saja pada ruang pembakaran, *slinder head*, busi dan *exhaust manifold* terlihat adanya sisa hasil pembakaran.

Pemeriksaan dilakukan dengan membuka ruang pembakaran yang meliputi *slinder head*, atas silinder, busi dan *slinder liner*. Terlihat kondisi mesin tempat terjadinya proses pembakaran pada Gambar 9 di bawah.



Gambar 9. Karbon sisa pembakaran

Pada Gambar 9 diatas terlihat bahwa terjadi penumpukan karbon sisa pembakaran selama 100 jam operasi. Karbon sisa pembakaran berupa kotoran lunak menyerupai *gum* yang mudah lepas, dengan goresan cukup ringan kotoran ini mudah terlepas dan dibersihkan. Pada Gambar 9 (a) terlihat posisi katup saluran hisap dengan dimensi lingkaran yang besar dan katup buang dengan dimensi lebih kecil sementara tempat busi yang terletak di antara kedua katup. Pada gambar tersebut terlihat jelas penumpukan karbon yang lebih banyak daripada saluran buang, hal ini kemungkinan terjadi akibat LPG lebih banyak terkumpul dan terbakar di dekat saluran hisap sementara di dekat saluran buang lebih sedikit, kemungkinan ini menjadi lebih besar dengan melihat posisi katup hisap dengan banyak deposit yang lebih dekat dengan busi. Pada Gambar 9 (b) terlihat penumpukan karbon tepat pada posisi ujung busi (tengah sedikit ke atas) hal ini

merupakan bekas terjadi pembakaran LPG pada permukaan busi, pada permukaan piston terlihat penumpukan karbon tidak merata hal ini terjadi karena posisi busi yang tidak tegak lurus terhadap permukaan piston. Pada Gambar 8 (c) busi busi terlihat ada kerak sisa pembakaran menunjukkan permukaan busi terkena proses pembakaran. Dan pada Gambar 8 (d) secara visual menunjukkan silinder linear yang bersih bebas dari kotoran (kerak), hal ini karena permukaan *slinder liner* yang halus tidak ada goresan sehingga sisa pembakaran tidak ada yang menempel pada permukaan dinding *slinder liner*.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa motor bensin pembakaran dalam dengan desain mula menggunakan BBM jenis bensin ron 88 dapat dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar jenis LPG yang diproduksi oleh PT. Pertamina. Agar motor bakar ini dapat beroperasi dengan menggunakan LPG sebagai bahan bakar diperlukan modifikasi pada bagian karburator untuk menjadi . Modifikasi yang dilakukan adalah melepas pelampung dan menambahkan *nozzle* pada *mainjet* sebagai saluran suplai LPG.

Untuk mengoperasikan mesin dengan beban dibawah 50% dari kemampuan mesin dari sisi ekonomis LPG yang diberikan sebesar 3 Psi lebih irit, sementara untuk mengoperasikan mesin dengan beban lebih dari 50% mesin dapat beroperasi dengan baik Apabila diberikan LPG dengan tekanan 4 Psi. Pada pengoperasian untuk mendapatkan torsi maksimal dengan menggunakan LPG pengaturan jumlah bahan bakar yang diberikan sebesar 3 Psi, sedangkan untuk mendapatkan daya tertinggi dengan cara memberikan tambahan bahan bakar 4 Psi.

Selama pengoperasian mesin tidak mengalami kendala dalam operasional (berhenti mendadak saat dioperasikan). Kondisi mesin secara visual akibat penggunaan LPG sebagai bahan bakar pada ruang bakar, piston, katup, knalpot dan sistim bahan bakar tidak terlihat adanya kerusakan major.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, *SNI: Regulator Tekanan Rendah Untuk Tabung Baja LPG*. Indonesia, 2008.
- [2] D. Kalra and M. V. Kumar, "Effects of LPG on the performance and emission characteristics of SI engine - An Overview," vol. 2, no. 3, pp. 2997–3003, 2014.
- [3] Dirjen Minyak dan Gas Bumi, *KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI: STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR GAS JENIS LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) YANG DIPASARKAN DI DALAM NEGERI*. 2009, pp. 2–6.
- [4] E. Retnowati, "NELAYAN INDONESIA DALAM PUSARAN KEMISKINAN STRUKTURAL," *Perspektif*, vol. XVI, no. 3, pp. 149–159, 2011.
- [5] G. Mitukiewicz, R. Dychto, and J. Leyko, "Relationship between LPG fuel and gasoline injection duration for gasoline direct injection engines," *Fuel*, vol. 153, pp. 526–534, 2015.
- [6] H. Budya and M. Yasir Arofah, "Providing cleaner energy access in Indonesia through the megaproject of kerosene conversion to LPG," *Energy Policy*, vol. 39, no. 12, pp. 7575–7586, 2011.
- [7] I. W. Surata, T. G. T. Nindhia, I. K. A. Atmika, D. N. K. P. Negara, and I. W. E. P. Putra, "Simple Conversion Method from Gasoline to Biogas Fueled Small Engine to Powered Electric Generator," *Energy Procedia*, vol. 52, pp. 626–632, 2014.
- [8] J. Kim, K. Choi, C. L. Myung, and S. Park, "Experimental evaluation of engine control strategy on the time resolved THC and nano-particle emission characteristics of liquid phase LPG direct injection (LPG-DI) engine during the cold start," *Fuel Process. Technol.*, vol. 106, pp. 166–173, 2013.
- [9] K. J. Morganti, M. J. Brear, G. da Silva, Y. Yang, and F. L. Dryer, "The autoignition of Liquefied Petroleum Gas (LPG) in spark-ignition engines," *Proc. Combust. Inst.*, vol. 35, no. 3, pp. 2933–2940, 2014.
- [10] K. J. Morganti, T. M. Foong, M. J. Brear, G. Da Silva, Y. Yang, and F. L. Dryer, "The research and motor octane numbers of Liquefied Petroleum Gas (LPG)," *Fuel*, vol. 108, pp. 797–811, 2013.
- [11] L. Rosmayati, "Kajian Komposisi Hidrokarbon dan Sifat Fisika-Kimia LPG untuk Rumah Tangga," pp. 69–77, 2012.
- [12] L. Raslavi, S. Mockus, N. Ker, and M. Starevi, "Liquefied petroleum gas (LPG) as a medium-term option in the transition to sustainable fuels and transport," vol. 32, pp. 513–525, 2014.
- [13] M. Y. Sulaiman, M. R. Ayob, and I. Meran, "Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG," *Procedia Eng.*, vol. 53, pp. 579–585, 2013.
- [14] "MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN DORONG PENGGUNAAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF UNTUK NELAYAN • Warta Penyuluhan • PUSLUH BPSDM Kelautan dan Perikanan." [Online]. Available: http://pusluh.kkp.go.id/old/index.php/arsip/c/1760/MENTERI-KELAUTAN-DAN-PERIKANAN-DORONG-PENGGUNAAN-BAHAN-BAKAR-ALTERNATIF-UNTUK-NELAYAN/?category_id=1. [Accessed: 05-May-2015].
- [15] "Operasional Nelayan Terganggu Akibat Kelangkaan BBM :: Okezone Economy." [Online]. Available: <http://economy.okezone.com/read/2014/10/31/320/1059416/operasional-nelayan-terganggu-akibat-kelangkaan-bbm>. [Accessed: 05-May-2015].
- [16] P. Properties, "Liquefied Petroleum Gas (LPG) Safe Working Practices," no. June, pp. 2–5, 2001.
- [17] V. Leung, "Slow diffusion of LPG vehicles in China-Lessons from Shanghai, Guangzhou and Hong Kong," *Energy Policy*, vol. 39, no. 6, pp. 3720–3731, 2011.