

RANCANG BANGUN KONVERTER KIT *DUAL FUEL* (LPG – SOLAR) UNTUK MESIN DIESEL KAPAL NELAYAN TRADISIONAL

Ma'muri^{1*}, Ari Kuncoro², Susilo Wisnugroho³

Loka Perakayasaan Teknologi Kelautan, Balitbang KP
Jl. Ir. Soekarno No. 3 Wangi-Wangi, Wakatobi, Sulawesi Tenggara 93791
Email : masmuri_st@yahoo.com

ABSTRAK

Keterbatasan persediaan bahan bakar minyak (BBM), terutama solar untuk bahan bakar mesin penggerak kapal nelayan skala kecil (tradisional), sering mengakibatkan terhambatnya operasional melaut (penangkapan ikan) para nelayan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi untuk menghemat penggunaan solar dan pengembangannya dapat diaplikasikan pada mesin diesel penggerak kapal nelayan. Salah satunya dengan memanfaatkan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) sebagai bahan bakar mesin diesel. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sebuah konverter kit LPG yang dapat digunakan pada mesin diesel penggerak kapal nelayan sehingga mesin tersebut dapat beroperasi secara *dual fuel* (menggunakan bahan bakar solar dan LPG secara bersamaan). Perancangan dan pembuatan konverter kit menggunakan metode pendekatan perakayasaan, dengan acuan mesin diesel merek Dong-Feng tipe S-1115M. Hasilnya adalah sebuah konverter kit sistem membran yang berbentuk silinder bertingkat dengan dimensi keseluruhan Ø80 x 60 mm, menggunakan *housing* dari material *aluminium alloy*. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa laju aliran massa LPG cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran mesin. Dan penghematan konsumsi solarnya rata-rata 32,79%.

Kata kunci : solar, mesin diesel, konverter kit, LPG, *dual fuel*

ABSTRACT

The limited supply of fuel oil (BBM), particularly diesel fuel for the engine of the small-scale fishing vessels (traditional), often resulting in delays in operations at sea (fishing) the fishermen. Therefore, we need an innovation to conserve the use of diesel fuel and development can be applied to the diesel engine driving a fishing boat. One of them is by using LPG (Liquefied Petroleum Gas) as a fuel for diesel engines. The purpose of this study was to design and create an LPG converter kit that can be used in diesel engines driving fishing boats so that the machine can operate in dual fuel (using diesel fuel and LPG simultaneously). Design and manufacture of converter kit using engineering approach, with reference to the brand diesel engines Dong-Feng type S-1115M. The result is a membrane system converter kits with stratified cylindrical shaped, overall dimensions of Ø80 x 60 mm, the housing made of aluminum alloy material. Results of laboratory tests showed that the mass flow rate of LPG tends to increase with the engine rotation speed. The saving of diesel fuel consumption is about 32.79%.

Keywords : *diesel fuel, diesel engine, converter kit, LPG, dual fuel*

PENDAHULUAN

Pasokan bahan bakar minyak (BBM), terutama solar, ke daerah pesisir di pulau-pulau yang terpencil terkadang mengalami kendala sehingga tidak jarang ketersediaan solar untuk bahan bakar mesin kapal menjadi terbatas atau bahkan langka. Kondisi ini sering membuat para nelayan tradisional urung melaut karena pembelian solar dibatasi jumlahnya dan tidak sedikit yang menghentikan usaha penangkapan ikannya untuk sementara waktu. Para nelayan ini sangat tergantung kepada persediaan BBM di daerahnya masing-masing. Dalam rangka mengimplementasikan Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) sedang menggiatkan pengembangan sumber-sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada satu sumber energi yaitu melalui program konversi BBM ke BBG untuk kapal nelayan. Salah satu sasarannya adalah kapal-kapal nelayan tradisional (skala kecil) yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak. Jenis BBG yang digunakan adalah LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi untuk menghemat penggunaan solar dan pengembangannya dapat diaplikasikan pada mesin diesel penggerak kapal nelayan.

Ada 2 metode penggunaan LPG sebagai bahan bakar untuk motor diesel yaitu pertama merubah total mesin dengan mengurangi rasio kompresi dan menambah busi pada ruang bakar, dan yang kedua dengan menggunakan LPG dan solar secara bersamaan (*dual fuel*). Penggunaan metode yang pertama memang akan membuat mesin bisa beroperasi dengan 100% LPG atau tanpa solar sama sekali. Akan tetapi penggunaan metode ini membutuhkan biaya besar dan harus memperhatikan kondisi dari mesin yang akan dirubah. Sedangkan penggunaan metode yang kedua yaitu menggunakan LPG dan solar secara bersamaan (*dual fuel*). Metodenya pun cukup sederhana yaitu dengan memasukkan LPG ke mesin untuk dicampur dan dikompresi bersama dengan udara. Penggunaan metode ini akan menghemat penggunaan solar lebih dari 25%. Secara keseluruhan keuntungan penggunaan LPG sebagai bahan bakar selain menghemat solar dan suara mesin juga menjadi lebih tenang (getaran berkurang), mesin lebih mudah dihidupkan, asap hitam dan karbon dioksida hasil pembakaran berkurang.

Jadi pada metode *dual fuel*, LPG tidak menggantikan solar secara 100%. Metode ini cukup sederhana tanpa harus merubah kondisi mesin, hanya memerlukan sedikit modifikasi pada saluran udara masuk (*intake manifold*) yaitu membuat lubang untuk saluran masuk LPG ke mesin. Selain itu, metode ini juga dapat diterapkan secara fleksibel, artinya pada saat ketersediaan solar di daerahnya melimpah para nelayan bisa menggunakan solar 100% sebagai bahan bakar mesin kapalnya sedangkan pada saat ketersediaan solar terbatas para nelayan bisa menerapkan sistem *dual fuel* ini dengan menambahkan LPG. Untuk bisa menerapkan metode *dual fuel* ini, diperlukan penambahan alat yang disebut konverter kit.

Konverter Kit

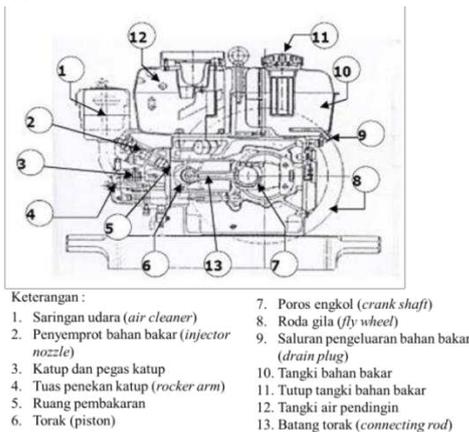
Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 64 Tahun 1993, konverter kit adalah seluruh peralatan yang digunakan pada sistem pemakaian BBG pada kendaraan bermotor yang terdiri dari tangki dan pengikatnya, pipa penyaluran, pengatur (*regulator*), pencampur (*mixer*) serta peralatan lainnya. Prinsip kerja konverter kit secara umum adalah menyalurkan BBG ke dalam mesin. BBG tersebut disimpan dalam tabung BBG pada tekanan tinggi. Sebelum memasuki konverter kit, tekanan BBG tersebut terlalu tinggi. Tekanan ini kemudian diturunkan oleh penurun tekanan (*regulator*) yang merupakan bagian dari konverter kit. Selanjutnya BBG dicampur dengan udara oleh pencampur udara (*mixer*). Berikutnya campuran BBG dan udara masuk ke ruang bakar (Ehsan & Bhuiyan, 2009).

Mesin Diesel

Motor diesel atau mesin diesel merupakan salah satu jenis motor bakar atau mesin pembakaran dalam/*internal combustion engine* (ICE) karena perubahan tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanik dilaksanakan di dalam mesin itu sendiri. Di dalam mesin diesel terdapat silinder yang di dalamnya terdapat piston yang bergerak bolak-balik (translasi). Di dalam silinder itu terjadi pembakaran antara bahan bakar solar dengan oksigen yang berasal dari udara. Gas yang dihasilkan oleh proses pembakaran mampu menggerakkan piston yang dihubungkan dengan poros engkol (*crank shaft*) oleh batang penggerak (*connecting rod*). Gerak translasi yang terjadi pada piston menyebabkan

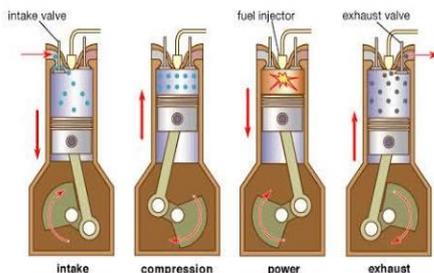
gerak rotasi pada poros engkol dan sebaliknya gerak rotasi tersebut mengakibatkan gerak bolak-balik piston (Heywood, 1998).

Perbedaan antara mesin bensin dan mesin diesel terletak pada sistem penyalaaan. Penyalaaan pada motor bensin terjadi karena loncatan bunga api listrik yang dipercikan oleh busi atau juga sering disebut juga *spark ignition engine*, sedangkan pada motor diesel tidak ada pengapian (*ignition*), penyalaaan terjadi karena kompresi yang tinggi di dalam silinder kemudian bahan bakar diinjeksikan oleh *nozzle* atau juga sering disebut *compression ignition engine*.



Gambar 1. Penampang samping mesin diesel (Sumber : BTMP – PUSPITEK)

Seperti halnya pada mesin bensin, mesin diesel juga ada dua jenis, yaitu 4 langkah dan 2 langkah, tetapi yang banyak digunakan di lapangan adalah jenis 4 langkah. Mesin diesel 4 langkah bekerja bila melakukan empat kali gerakan (dua kali putaran engkol) menghasilkan satu kali kerja.



Gambar 2. Siklus mesin diesel 4 langkah (Heywood, 1998)

Secara skematik, prinsip kerja mesin diesel 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Langkah hisap (*suction stroke*)

Pada langkah ini piston bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah), katup masuk (*intake valve*) membuka dan katup buang (*exhaust valve*) tertutup. Udara mengalir masuk ke dalam silinder.

2. Langkah kompresi (*compression stroke*)
Pada langkah ini kedua katup menutup, piston bergerak dari titik TMB ke TMA menekan udara yang ada dalam silinder sehingga tekanan dan temperaturnya naik. 5⁰ sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan melalui *nozzle* dalam tekanan tinggi.
3. Langkah ekspansi (*power stroke*)
Karena injeksi bahan bakar ke dalam silinder yang bertemperatur tinggi, bahan bakar terbakar dan berekspansi menekan piston untuk melakukan kerja sampai piston mencapai TMB. Kedua katup tertutup pada langkah ini.
4. Langkah buang (*exhaust stroke*)
Ketika piston hampir mencapai TMB, katub buang terbuka, katub masuk tetap tertutup. Ketika piston bergerak menuju TMA sisa pembakaran terbuang keluar ruang bakar. Akhir langkah ini adalah ketika piston mencapai TMA. Siklus kemudian berulang lagi (Heywood, 1998).

Diesel bahan bakar ganda atau *Diesel Dual Fuel* (DDF) adalah mesin standar diesel yang ditambahkan bahan bakar lain pada masukan udaranya dan penyalaaan bahan bakar dilakukan oleh semprotan solar yang disebut *pilot fuel*. Secara sederhana bahan bakar cair atau gas dapat dimasukkan dengan membuat lubang pada masukan udara (*intake manifold*) mesin diesel (Heywood, 1998). Tergantung dari jenis bahan bakar yang ditambahkan, apabila jenis liquid/cair yang digunakan seperti ethanol atau methanol maka perlu dibuatkan karburator seperti pada mesin bensin atau dipompa dengan tekanan tertentu dan dikabutkan saat masuk ke saluran udara masuk mesin diesel (Karim, 1983). Sedangkan untuk bahan bakar gas tidak diperlukan lagi karburator karena bahan bakar gas sudah mempunyai tekanan sendiri (Mansour et al, 2001).

Solar (*Diesel Fuel*)

Solar atau diesel umumnya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran pada mesin-mesin diesel, baik mesin kendaraan bermotor maupun mesin-mesin industri. Solar diperoleh dari proses distilasi minyak mentah pada suhu 200-300°C. Sifat umum solar yaitu tidak berwarna atau sedikit kekuning-kuningan, tidak mudah menguap pada temperatur normal, memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi bila dibanding dengan bensin dan kerosin. Selain itu, solar juga memiliki titik nyala yang jauh lebih tinggi, yakni antara 40-100°C.

Kualitas solar ditentukan berdasarkan beberapa aspek meliputi; pembakarannya hanya menimbulkan sedikit ketukan, mudah terbakar, kekentalan, kandungan sulfur (sekecil mungkin), dan stabil (tidak berubah dalam segi kualitas dan bentuk saat disimpan). Bahan bakar ini dibedakan dari besarnya angka *cetane*, yaitu angka yang menunjukkan kemampuan pembakaran serta kemampuan mengontrol jumlah ketukan yang terjadi pada mesin. Semakin tinggi angka *cetane* pada solar maka semakin tinggi pula kualitas solar tersebut. Umumnya, angka *cetane* pada solar yang ditujukan sebagai bahan bakar mesin kendaraan jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan angka *cetane* pada solar untuk mesin-mesin industri.

Liquified Petroleum Gas (LPG)

Secara umum, LPG merupakan salah satu produk hasil penyulingan minyak mentah berupa gas cair. Unsur utamanya berupa hidrokarbon ringan, seperti propana (C₃H₈), butana (C₄H₁₀), serta terdapat juga sejumlah kecil etana (C₂H₆) dan pentana (C₅H₁₂). Dari segi penggunaannya, LPG umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar industri dan rumah tangga. Bahkan, saat ini sudah ada kendaraan bermotor yang telah menggunakan gas terutama LPG sebagai bahan bakarnya.

Namun perlu juga diketahui bahwa, sebelum LPG dipasarkan telah terlebih dulu ditambahkan zat pembau (penambah bau) yaitu senyawa *merkaptan* (*ethyl mercaptan*). Tujuan penambahan senyawa *merkaptan* ini adalah untuk mempermudah konsumen menyadari apabila terjadi kebocoran gas. Jadi, bila tidak ditambahkan zat tersebut maka akan sangat beresiko menimbulkan bahaya, karena sifat dari gas ini bila terlepas ke udara akan mudah menyebar dan mudah terbakar.

Menurut spesifikasinya, LPG dibagi menjadi 3 jenis yaitu LPG Campuran (komposisi propana : 70-80%, butana : 20-30%), LPG Propana (komposisi propana : 95%) dan LPG Butana (komposisi butana : 97,5%). Jenis LPG yang dipasarkan Pertamina adalah LPG Campuran.

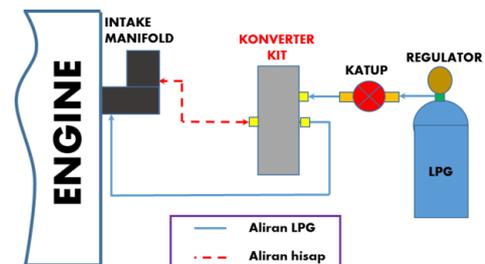
METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan perekayasa yang meliputi perancangan dan pembuatan prototipe konverter kit sistem membran serta melakukan pengujian skala laboratorium terhadap konverter kit yang telah dibuat untuk mengukur variabel yang telah ditentukan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian :

- Mesin diesel merk Dong-Feng tipe S-1115M,
- Tabung LPG ukuran 3kg (kondisi masih terisi penuh),
- *Regulator* LPG tekanan tinggi,
- Katup pengatur aliran LPG,
- Bahan bakar solar,
- Konverter kit yang telah dibuat,
- Selang gas,
- Bejana ukur untuk menakar/mengukur volume solar,
- *Digital timing tester* untuk mengukur putaran mesin,
- Timbangan digital untuk mengukur berat tabung LPG,
- *Stop-watch* (pada HP) untuk mengukur lamanya waktu pengujian/pengambilan data.

Skematik instalasi pengujiannya adalah sebagai berikut :

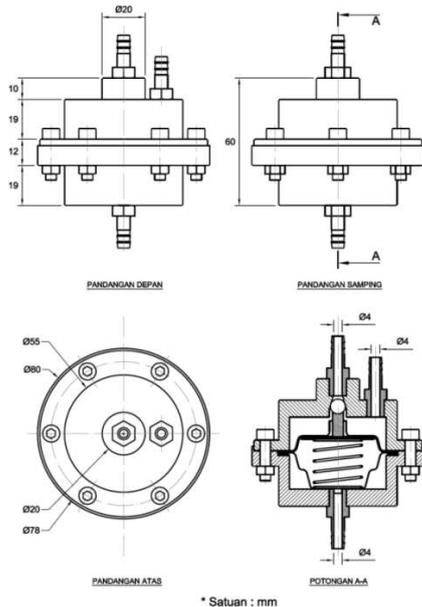


Gambar 3. Skematik instalasi pengujian konverter kit

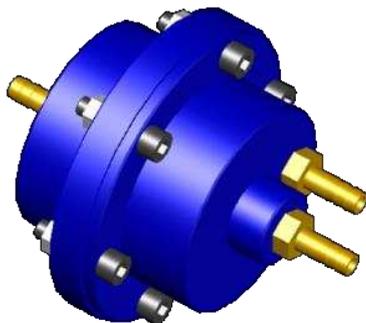
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil rancangan konverter kit yang akan dibuat adalah sebagai berikut :



(a) Detail ukuran



(b) Pandangan isometrik

Gambar 4. Rancangan konverter kit

Hasil pengujian konverter kit di laboratorium menggunakan bahan bakar solar dan LPG berupa putaran mesin (rpm), waktu penggunaan bahan bakar solar tiap 50cc serta berat tabung gas sebelum dan sesudah proses pengujian. Waktu penggunaan bahan bakar solar tiap 50cc kemudian dikonversi ke dalam satuan liter/jam sedangkan hasil bagi antara selisih berat tabung LPG sebelum dan sesudah proses pengujian/ pengambilan data dengan lamanya waktu pengujian dikonversi ke dalam satuan kg/jam.

Pengujian dilakukan dengan dua kondisi yaitu dengan menggunakan solar 100% dan dengan sistem *dual fuel* (solar-LPG).

Tabel 1. Laju aliran solar (tanpa konverter kit, solar 100%)

| No. | Putaran mesin (rpm) | Laju aliran solar (liter/jam) |
|-----|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 1000 | 0,55 |
| 2 | 1200 | 0,69 |
| 3 | 1400 | 0,83 |
| 4 | 1600 | 0,97 |

Tabel 2. Laju aliran solar dan LPG (dengan konverter kit, *dual fuel*)

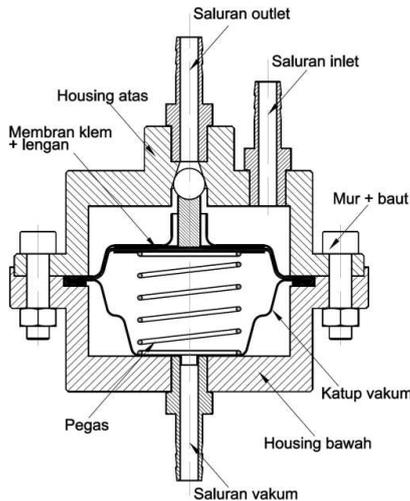
| No. | Putaran mesin (rpm) | Laju aliran bahan bakar | |
|-----|---------------------|-------------------------|--------------|
| | | Solar (liter/jam) | LPG (kg/jam) |
| 1 | 1000 | 0,39 | 0,45 |
| 2 | 1200 | 0,47 | 0,52 |
| 3 | 1400 | 0,53 | 0,64 |
| 4 | 1600 | 0,64 | 0,80 |

Pembahasan

Pada pembuatan prototipe konverter kit, material untuk *housing* dipilih menggunakan aluminium *alloy* karena material ini tahan terhadap karat dan mudah untuk diproses *machining*. Konverter kit ini nantinya akan diaplikasikan pada mesin diesel kapal nelayan yang kondisinya selalu berhubungan dengan lingkungan laut (kadar salinitas tinggi) sehingga material yang digunakan harus tahan terhadap karat. Secara keseluruhan, dimensi prototipe konverter kit yang dibuat adalah sesuai hasil rancangan sebelumnya yaitu berbentuk silinder bertingkat dengan diameter 80 mm dan panjang 60 mm.



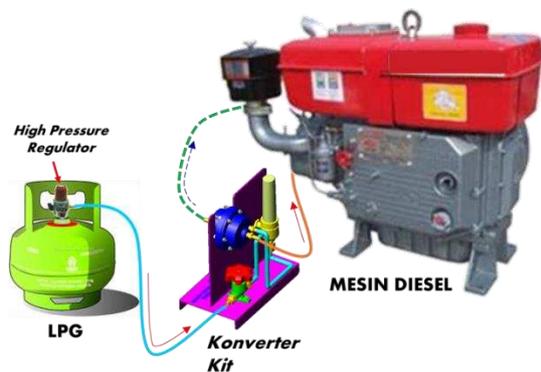
Gambar 5. Konverter kit yang telah dibuat



Gambar 6. Bagian-bagian pada konverter kit

Berdasarkan Gambar 6 dan 7, prinsip kerja konverter kit yang telah dibuat dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Saluran vakum dihubungkan dengan selang gas ke *intake manifold* mesin diesel, di area dekat dengan filter udara inlet. Pada saat langkah hisap, udara dari luar akan terhisap masuk ke dalam *intake manifold*. Pada saat yang bersamaan, daya hisap dari mesin ini juga akan mengakibatkan membran di dalam katup vakum mengalami hisapan sehingga pegas akan berdefleksi ke arah datangnya hisapan tersebut.



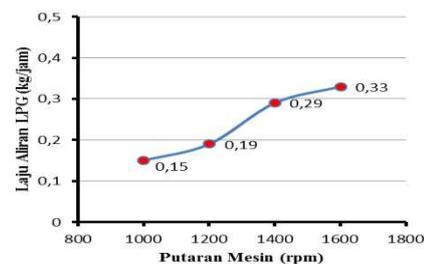
KETERANGAN :
 — selang aliran LPG
 - - - selang vakum hisap dari *intake manifold*
 — selang aliran LPG masuk ke *intake manifold*

Gambar 7. Instalasi konverter kit pada mesin diesel

- Terjadinya hisapan terhadap membran ini akan menggerakkan lengan membran sehingga saluran outlet akan terbuka.

- Saluran inlet dihubungkan dengan selang gas ke regulator LPG pada tabung LPG. Pada saat saluran outlet pada konverter kit terbuka, LPG yang sebelumnya sudah mengisi ruang kosong pada konverter kit akan mengalir melalui saluran outlet ini.
- Saluran outlet dihubungkan dengan selang gas ke *intake manifold* mesin diesel, di area dekat dengan ruang bakar. LPG yang keluar melalui saluran outlet konverter kit akan bercampur dengan udara di area *intake manifold* dekat ruang bakar. Kemudian udara yang sudah bercampur dengan LPG ini masuk ke dalam ruang bakar.
- Jadi proses masuknya LPG ke dalam ruang bakar mesin diesel bersamaan dengan masuknya udara pada saat langkah hisap. Setelah langkah hisap selesai, pegas di dalam katup vakum pada konverter kit akan kembali ke posisi awal sehingga lengan membran juga akan kembali pada posisinya yaitu menutup saluran outlet.

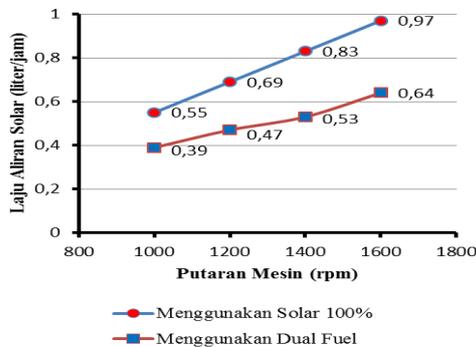
Berdasarkan data-data hasil pengujian konverter kit di laboratorium, diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik hubungan putaran mesin dengan laju aliran LPG

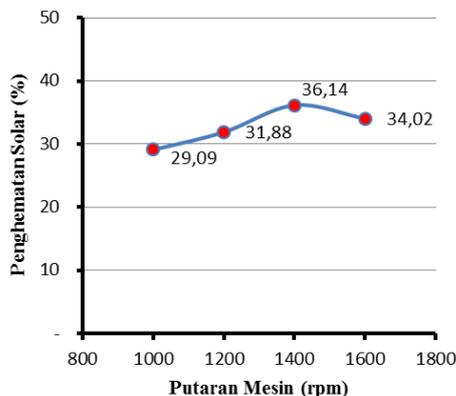
Dari grafik pada Gambar 8, terlihat bahwa laju aliran LPG yang masuk ke *intake manifold* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran mesin. LPG masuk ke dalam *intake manifold* bersama-sama dengan masuknya udara. Pada langkah hisap, piston akan bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) sehingga ruang pembakaran akan menjadi vakum karena volumenya semakin besar akibat pergerakan piston tersebut. Selain itu, katup masuk (*intake valve*) juga terbuka sehingga udara dapat terhisap mengalir melalui *intake manifold* masuk ke dalam ruang pembakaran. LPG masuk

bersama udara melalui lubang niple pada *intake manifold*. Semakin tinggi putaran mesin, maka semakin tinggi frekuensi piston dalam melakukan langkah hisap sehingga semakin besar juga kuantitas atau laju aliran udara yang masuk ke dalam mesin setiap satuannya. Begitu juga halnya dengan kuantitas atau laju aliran LPG yang masuk bersama dengan udara.



Gambar 9. Grafik hubungan putaran mesin dengan laju aliran solar

Dari grafik pada Gambar 9, terlihat bahwa laju aliran bahan bakar solar semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran mesin. Dan konsumsi bahan bakar solar pada saat menggunakan konverter kit (*dual fuel*) lebih sedikit daripada tidak menggunakan konverter kit (solar 100%). Hal ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan konverter kit untuk sistem *dual fuel* mesin diesel dapat menghemat konsumsi bahan bakar solar. Adapun besarnya prosentase penghematan bahan bakar solar yang diperoleh dalam pengujian konverter kit untuk sistem *dual fuel* mesin diesel adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik hubungan putaran mesin dengan prosentase penghematan solar

Dari grafik pada Gambar 10, terlihat bahwa prosentase penghematan bahan bakar solar pada saat menggunakan konverter kit untuk sistem *dual fuel* mesin diesel yang tertinggi diperoleh pada saat putaran mesin 1400rpm. Dari empat variasi kecepatan putaran mesin yang diujikan skala laboratorium, rata-rata penghematan bahan solarnya adalah sekitar 32,79%.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Konverter kit yang telah dibuat dalam kegiatan penelitian/perekayasaan ini berbentuk silinder bertingkat dengan dimensi total Ø80 x 60 cm. Material housing-nya menggunakan aluminium *alloy* dengan tujuan agar tahan terhadap korosi karena konverter kit ini ditujukan untuk penerapan pada mesin kapal nelayan yang selalu bersinggungan dengan lingkungan air laut.

Dari hasil pengujian skala laboratorium menunjukkan bahwa konverter kit yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik dan mampu mengalirkan LPG ke dalam mesin melalui *intake manifold*. Laju aliran LPG cenderung meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan putaran mesin. Dengan penerapan konverter kit ini, dapat menghemat konsumsi bahan bakar solar sekitar 32,79%.

Saran

Apabila konverter kit ini akan diaplikasikan pada mesin diesel kapal nelayan tradisional, nelayan tersebut perlu menyiapkan baut M8 (diameter ulir 8 mm) untuk menutup lubang bekas niple pada intake manifold pada saat tidak menggunakan sistem dual fuel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Loka Perekayasaan Teknologi Kelautan (LPTK) Balitbang KP, Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah mendanai kegiatan penelitian atau perekayasaan ini menggunakan DIPA LPTK Tahun Anggaran 2015. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan-rekan perkeraya dan teknisi litkayasa di LPTK yang telah membantu dalam perancangan, pembuatan dan pengujian konverter kit ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., & Tsuda, K. 1993. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: PT. Pradaya Paramita.
- Ehsan, Md. & Bhuiyan, S. 2009. *Dual-Fuel Performance of A Small Diesel Engine for Applications With Less Frequent Load Variations*. International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering 9(10).
- Heywood, J.B. 1998. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill Inc.
- Jaelani, A. 2010. *Pengaruh Penambahan LPG sebagai Bahan Bakar Ganda (Dual-Fuel) pada Mesin Diesel Jiandong (JD185NL) Type Direct Injection Generator Satu Silinder Terhadap Kinerja Mesin*. Diambil dari http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!@file_skripsi/Isi218918955782_9.pdf
- Karim, G.A., & Burn, K.S. 1980. *The Dual-Fuel Engine of The Compression Ignition Type – Prospects, Problems and Solutions – A Review*. SAE Paper 831073.
- Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 64 Tahun 1993, *Persyaratan Teknis Pemakaian Bahan Bakar Gas Pada Kendaraan Bermotor*.
- Mansour, C., Bounif, A., Aris, A., & Gaillard, F. 2001. *Gas-Diesel (Dual-Fuel) Modeling in Diesel Engine Environment*. International Journal Thermodynamics Science 40.
- Mulyatno, I.P., Sisworo, S.J., & Panuntun, D.S. 2013. *Kajian Teknis dan Ekonomis Penggunaan Dual Fuel System (LPG-Solar) pada Mesin Diesel Kapal Nelayan Tradisional*. Semarang: ejournal UNDIP 10(2). Diambil dari <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/5124>
- Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2006, *Kebijakan Energi Nasional*.
- Perbedaan Motor Bensin Dengan Motor Diesel*. 2015. Diambil dari <https://www.scribd.com/doc/270876673/Perbedaan-Motor-Bensin-Dengan-Motor-Diesel>
- Produk Hasil Olahan Minyak Bumi*. 2014. Diambil dari <http://www.prosesindustri.com/2014/12/hasil-olahan-minyak-bumi.Html>
- Sato, T. G., & Sugiarto, N. 1992. *Menggambar Mesin (Cetakan Kelima)*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Utari, T. 2014. *LPG Merupakan Bahan Bakar Berupa Gas Yang Dicairkan (Liquified Petroleum Gasses)*. Diambil dari <https://www.scribd.com/doc/212386081/LPG-Merupakan-Bahan-Bakar-Berupa-Gas-Yang-Dicairkan>