

LPG SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF UNTUK BAHAN BAKAR *DUAL-FUEL* MESIN DIESEL KAPAL NELAYAN TRADISIONAL

A. Kuncoro¹, Ma'muri², S. Wasis W.³, S. Wisnugroho⁴

Loka Perencanaan Teknologi Kelautan

Jl. Ir. Soekarno Km. 18 No. 03 Patuno, Wangi-wangi, Wakatobi, Sulawesi Tenggara

E-mail : arikuncoro21@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penggunaan Liquefied Petroleum Gas (LPG) sebagai bahan bakar alternatif pada mesin-mesin berbahan bakar minyak (BBM) di Indonesia sudah banyak dilakukan sebagai jawaban atas agenda penting pemerintah untuk mengurangi ketergantungan pemakaian BBM, namun belum banyak digunakan oleh nelayan tradisional. Oleh maka itu, perlu untuk memasyarakatkan pemakaian LPG kepada nelayan tradisional, dimana untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan banyak menggunakan mesin sebagai alat penggerak kapal. Salah satu jenis mesin yang banyak digunakan untuk penggerak kapal nelayan tradisional adalah mesin diesel. Pemakaian LPG pada mesin diesel dapat dilakukan dengan sistem bahan bakar ganda (*dual-fuel*). Penelitian sistem *dual-fuel* pada mesin diesel kapal nelayan tradisional yang dilakukan mempunyai tujuan untuk melihat efisiensi penggunaan solar pada saat pemakaian bahan bakar solar 100 % dibanding bahan bakar *dual-fuel* (solar dan LPG), dengan menguji penggunaan bahan bakar solar dan LPG terhadap kinerja mesin, meliputi konsumsi bahan bakar, kecepatan kapal, dan jarak tempuh. Pengujian dilakukan dengan menggunakan design prototype konverter kit yang sudah dibuat sebagai alat untuk mencampur LPG dengan udara yang akan di supply ke ruang bakar dan menggunakan mesin diesel Dongfeng S-1115M dengan empat variasi putaran mesin yaitu 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm yang diujicoba skala laboratorium dan aplikasi di lapangan. Berdasarkan hasil pengujian ini, penggunaan LPG secara *dual-fuel* mampu menggantikan konsumsi solar hingga 40,05 % dari konsumsi solar seluruhnya selama empat jam.

Kata Kunci : LPG, BBM, Mesin Diesel, *Dual Fuel*, Laboratorium

ABSTRACT

The Liquefied Petroleum Gas (LPG) used as an alternative fuel for engines in Indonesia, it's has been done a response for the government important agenda to reduce oil fuel usage dependence, but LPG has not been used by a lot of traditional fishermen. By then, it is necessary to promote the LPG used to the traditional fishermen, which is to conduct fishing activities using the engine ship propulsion. One type of a lot engine used for the propulsion traditional fishing boats are diesel engine. The LPG for diesel engines can be work with a dual-fuel system. Research a dual-fuel system for diesel engine fishing boat, it's do have to look the efficiency used of the 100 % diesel fuel than dual-fuel (diesel fuel and LPG), with to test of diesel fuel and LPG use on the performance of the engine, includes fuel consumption, speed boats, and mileage. The testing is using a prototype converter kit designed that has been created as a tool for mixing LPG with air which is will be supply to the combustion chamber and use a Dongfeng S-1115M diesel engine with four variations engine rotation in 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm and 1600 rpm, in laboratory scale and application with the boat. Based on these test results, the use of LPG as a dual-fuel system is capable to replace diesel fuel consumption up to 40.05% in all diesel fuel consumption entirely for four hours testing.

Keyword : LPG, Fuel, Diesel Engine, Dual-Fuel, Laboratory

PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Solusi alternatif akibat kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM) karena naiknya harga minyak dunia harus disiapkan oleh pemerintah agar sistem perekonomian Indonesia tetap baik dan tidak terganggu. Salah satu solusi dari Pemerintah adalah dengan mengembangkan bahan bakar gas (BBG) sebagai bahan bakar alternatif, sesuai dengan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi dan Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Hal ini diharapkan bisa mengurangi ketergantungan terhadap BBM seperti bensin dan solar yang harganya semakin lama semakin tinggi dan ketersediaannya semakin menipis.

Salah satu BBG yang ada di Indonesia adalah *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif pada mesin-mesin berbahan bakar minyak (BBM) di Indonesia sudah banyak dilakukan sebagai jawaban atas agenda penting pemerintah untuk mengurangi ketergantungan pemakaian BBM tersebut. Selain itu, pemakaian LPG juga ikut mengurangi dampak kelangkaan energi, perubahan iklim dunia, dan pemanasan global. LPG mempunyai potensi besar untuk menggantikan atau mengurangi penggunaan BBM sebagai bahan bakar mesin penggerak kapal nelayan tradisional. Hal ini didasarkan pada penggunaan LPG pada mesin-mesin di darat, yang banyak menggunakan mesin bensin atau mesin diesel. Sebagai salah satu target pemerintah untuk memakai solusi yang sudah ditawarkan di atas, maka perlu untuk memasyarakatkan pemakaian LPG kepada nelayan tradisional, dimana untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan banyak memakai mesin sebagai alat penggerak kapal. Salah satu mesin yang banyak digunakan untuk penggerak kapal nelayan tradisional adalah mesin diesel.

Permasalahan yang muncul ketika akan melakukan konversi pada mesin diesel berbahan bakar solar menjadi berbahan bakar LPG adalah perlunya modifikasi yang rumit sehingga ketika permasalahan tersebut dikemukakan kepada nelayan tradisional, kebanyakan mereka akan keberatan untuk melakukan konversi pada mesin diesel kapalnya. Namun hal ini dapat diatasi dengan memakai sistem bahan bakar ganda (*dual-fuel*), dengan mencampur bahan bakar solar dan LPG secara

bersama-sama, sehingga tidak harus melakukan modifikasi yang rumit seperti ketika bahan bakar dikonversi hanya menggunakan LPG.

Selain itu juga harus dipikirkan tentang pengelolaan LPG yang mudah diperoleh oleh nelayan tradisional dalam penyediaan, pemanfaatan, dan pengusahannya sehingga dapat dilaksanakan secara berkeadilan, berkelanjutan, optimal, dan terpadu sehingga meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan mereka. Tetapi sebelum digunakan secara luas oleh nelayan tradisional, pengujian lebih lanjut mengenai penggunaan LPG dengan sistem *dual-fuel* perlu dilakukan karena bermacam-macam jenis mesin diesel yang digunakan pada kapal nelayan tradisional untuk mesin penggerak.

II. Teori Dasar

LPG adalah bahan bakar berbentuk gas dari produksi sampingan pada penyulingan minyak bumi kasar yang dicairkan pada suhu biasa dalam tekanan sedang. Komponen utamanya adalah propane (C_3H_8), butane (C_4H_{10}) dan pentane (C_5H_{12}). Berdasarkan komposisi propane dan butane, LPG dapat dibedakan menjadi tiga macam:

- LPG propane, yang sebagian besar terdiri dari C_3 , untuk industri-industri sebagai pendingin, bahan bakar pemotong, untuk menyemprot cat dan lainnya.
- LPG butane, yang sebagian besar terdiri dari C_4 , untuk bahan bakar memasak.
- Mix LPG, yang merupakan campuran dari propane dan butane, untuk bahan bakar memasak.

Pada suhu kamar, LPG akan berbentuk gas. Perubahan bentuk LPG menjadi cair adalah untuk mempermudah pendistribusiannya. Berdasarkan cara pencairannya, LPG dibedakan menjadi dua, yaitu :

- LPG Pressurized adalah LPG yang dicairkan dengan cara ditekan ($4-5 \text{ kg/cm}^2$). LPG jenis ini disimpan dalam tabung atau tanki khusus bertekanan. LPG jenis ini digunakan dalam rumah tangga dan industri, karena penyimpanan dan penggunaannya tidak memerlukan penanganan khusus.
- LPG Refrigerated adalah LPG yang dicairkan dengan cara didinginkan (titik cair Propane $+42^\circ\text{C}$, dan titik cair Butane $+0.5^\circ\text{C}$). LPG jenis ini digunakan untuk mengapalkan LPG dalam jumlah besar (misalnya, mengirim LPG

dari negara Arab ke Indonesia). Dibutuhkan tanki khusus yang bisamendinginkan agar LPG tetap cair serta dibutuhkan proses khusus untuk mengubah LPG Refrigerated menjadi LPG Pressurized.

Di Indonesia LPG dipasarkan oleh PERTAMINA sejak tahun 1969 dengan merk dagang ELPIJI, dalam kemasan tabung dan curah yang merupakan LPG Pressurized. Dengan nilai kalor 21.000 BTU/lb. ELPIJI PERTAMINA ada beberapa jenis, yaitu yang dipasarkan dalam kemasan tabung (3 kg, 6 kg, 12 kg, 50 kg) dan curah merupakan LPG mix, dengan komposisi +/- 30% propane dan +/- 70% butane. Varian lain adalah LPG odourless (tidak berbau). Dalam LPG juga terdapat sejumlah kecil belerang dalam bentuk senyawa merkaptan yang mempunyai bau yang tidak sedap yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya kebocoran gas. (Hardjono, 2000).

Berdasarkan spesifikasi LPG yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 26525.K/10/DJM.T/2009, komposisi produk LPG minimal mengandung campuran Propane dan Butane sebesar 97% dan maksimum 2% merupakan campuran Pentane dan hidrokarbon yang lebih berat. Batasan komposisi Propane dan Butane dalam spesifikasi tersebut dibatasi dengan parameter maksimum tekanan uap yang ditentukan (145 psi). Komposisi campuran LPG Pertamina yang mengandung 50% Propane dan 50% Butane telah sesuai dengan ketentuan, baik dari aspek komposisi maupun tekanan uapnya yang telah diperhitungkan sesuai kalori/daya bakar yang diperlukan untuk kebutuhan memasak/rumah tangga.

Pembuatan LPG oleh Pertamina sangat memperhitungkan faktor keselamatan konsumen, sehingga komposisi tersebut paling optimum untuk kebutuhan rumah tangga. Komposisi tersebut telah digunakan sejak awal program konversi dan tidak mengalami perubahan dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku yang ada, mengingat Propane banyak dihasilkan oleh gas yang berasal dari lapangan minyak dan gas, sedangkan Butane dihasilkan dari kilang pengolahan minyak.

Dari sisi keselamatan, komposisi tersebut merupakan komposisi yang optimal, karena komposisi campuran tersebut dijaga pada level tekanan 120 psi atau 8 bar atau 8 kali tekanan udara luar. Tekanan ini sepertiga dari tekanan kerja yang dirancang untuk valve/katup LPG

(yang ada pada bagian atas tabung LPG 12 kg maupun 3 kg) sebesar 24 bar. Selain itu komposisi tersebut juga telah mempertimbangkan keamanan dan kemampuan LPG pada tekanan biasa, titik didih dari propane 420⁰ C dan butane 10⁰ C, dengan memberi tekanan gas-gas tersebut cair pada suhu biasa. Propane memerlukan 12 atmosfer sedang butane 3 atmosfer. Supaya lebih mudah mencairkan pada tekanan yang tidak terlalu tinggi harus memakai lebih banyak butane, atau menggunakan gas yang lebih banyak karbonnya lagi. Tetapi yang pasti LPG murah harganya, mudah diperoleh dan sangat ramah lingkungan sehingga juga dapat mengurangi polusi udara.

Beberapa hal yang terkait dalam penelitian disini, dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Kapal Perikanan

Kapal perikanan adalah alat transportasi untuk menangkap ikan, sedangkan menurut Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 45 Tahun 2009, tentang perikanan menyatakan bahwa kapal perikanan adalah kapal, perahu, atau alat apung lain yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan perekayasaan / eksplorasi perikanan. (UU No.45,2009)

Beberapa foto kapal yang banyak digunakan di Indonesia pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Kapal yang biasa digunakan oleh nelayan di Indonesia



Gambar 2. Kapal yang biasa digunakan oleh nelayan di Indonesia

b. Motor Penggerak

Motor penggerak adalah mesin yang menjadi sumber penggerak utama dari sistem pendorong kapal perikanan, dalam hal ini berupa motor diesel stasioner (stationery diesel engine) yang menggunakan BBM Solar. Motor diesel

sering disebut motor penyalaan-kompresi (Compression-Ignition Engine) oleh karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi. [Arismunandar, 1993]

Motor penggerak itu sendiri terbagi menjadi 2 berdasarkan letak dari mesin di kapal, yang terdiri dari inboard engine dan outboard engine. Inboard engine adalah motor penggerak kapal yang terletak di dalam lambung kapal (kasko) atau dibawah geladak atau di dalam kamar mesin, dan terpasang duduk pada pondasi mesin sehingga poros baling-baling (propelle shaft) menembus dinding buritan kapal atau linggi baling-baling, sedangkan outboard engine adalah motor penggerak kapal yang terpasang duduk pada transom buritan kapal atau pada salah satu sisi bulwark atau di atas sisi geladak buritan kapal.

Beberapa foto mesin kapal yang banyak digunakan di Indonesia pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Mesin yang biasa digunakan oleh nelayan di Indonesia



Gambar 4. Mesin yang biasa digunakan oleh nelayan di Indonesia

c. Sistem *Dual-Fuel* (LPG-Solar)

Sistem *dual-fuel* adalah sistem bahan bakar yang menggunakan dua jenis bahan bakar sekaligus didalam pembakaran motor penggerak yaitu menggunakan bahan bakar solar dan LPG, melalui sedikit modifikasi pada intake manifold dan menggunakan peralatan konverter kit untuk memasukkan LPG dari tabung LPG ke intake manifold, kemudian LPG yang sudah bercampur dengan udara di intake manifold masuk ke dalam silinder motor penggerak, kemudian dikompresi di ruang bakar motor penggerak untuk selanjutnya terbakar bersama solar untuk menggerakkan torak. Untuk sistem *dual-*

fuel yang dipakai sesuai dengan gambar 5 dan 6. (Oktavian, 2011)



Gambar 5. Sistem *dual-fuel*.



Gambar 6. Skema kerja sistem *dual-fuel*.

d. Solar (*Diesel Fuel*)

Bahan bakar diesel (solar) adalah fraksi minyak bumi yang mendidih pada suhu sekitar 175° C sampai 3700 C dan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Salah satu sifat bahan bakar solar yang terpenting adalah kualitas penyalaan. Kualitas penyalaan bahan bakar solar berhubungan dengan kelambatan penyalaan. Kualitas penyalaan bahan bakar solar dinyatakan dalam angka cetan. Angka cetan bahan bakar solar untuk mesin diesel dengan kecepatan tinggi mempunyai harga antara 40 – 60. Solar mempunyai spesifikasi umum sebagai berikut : (Hardjono, 2000)

- Berat Jenis : 815 s/d 860 Kg/m³
- Viscositas : 2 s/d 4,5 mm²/s
- Kandungan air : 500 mm/Kg
- Temperatur Penyalaan : 520⁰C

e. Peralatan Konverter Kit

Peralatan konverter kit adalah peralatan yang digunakan untuk menyalurkan gas dari tabung LPG ke dalam saluran udara mesin diesel untuk dicampur dengan solar di dalam ruang bakar.

III. Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka masalah penelitian yang diajukan adalah kemampuan LPG untuk menjadi energi alternatif mesin diesel kapal nelayan secara *dual-fuel*.

IV. Rencana Pemecahan Masalah

Penelitian dilakukan dari sudut pandang teknis dan ekonomis pemakaian LPG, dengan

melakukan ujicoba pada sampel mesin diesel kapal nelayan, pada skala laboratorium dan skala lapangan menggunakan bahan bakar solar 100 % dan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*.

V. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberi pemahaman kepada semua pihak terutama nelayan tradisional tentang keuntungan dan efisiensi penggunaan LPG secara *dual-fuel* pada mesin diesel kapal nelayan tradisional.

METODOLOGI PENELITIAN

I. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini difokuskan padahal teknis dan ekonomis pemakaian bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, dengan lokasi penelitian di workshop BLPT Yogyakarta dan di laut Patuno Kabupaten Wakatobi yang meliputi pengujian skala laboratorium dan skala lapangan. Ujicoba pengujian skala laboratorium dilakukan di workshop BLPT Yogyakarta pada tanggal 22 – 23 Oktober 2015 dan ujicoba skala lapangan dilakukan di laut Patuno Kabupaten Wakatobi pada tanggal 23 – 28 November 2015. Foto kantor BLPT tercantum pada gambar 7 dan peta Kabupaten Wakatobi tercantum pada gambar 8.



Gambar 7. Kantor BLPT. (Sumber BLPT)



Gambar 8. Peta Wakatobi. (Sumber COREMAP)

II. Cara Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif dengan melakukan observasi dan ujicoba skala laboratorium serta skala lapangan. Data yang diperoleh dari ujicoba kemudian diolah menjadi acuan dalam pembahasan. Pengujian dilakukan menggunakan mesin diesel kapal nelayan tradisional dengan daya mesin yang banyak

digunakan oleh nelayan tradisional serta menggunakan bahan bakar solar 100 % dan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*.

III. Sumber Data

a. Observasi

Melakukan pengamatan dengan menggunakan lembar pengamatan untuk mencatat hal-hal yang di amatinnya.

b. Ujicoba

Melakukan ujicoba pemakaian bahan bakar secara langsung pada mesin diesel kapal nelayan tradisional untuk memperoleh data jumlah konsumsi bahan bakar dengan pemakaian bahan bakar solar 100 % dan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*

c. Arsip dan Dokumentasi

Arsip dan dokumentasi merupakan sumber data yang di peroleh saat melakukan observasi dan ujicoba untuk mendukung hasil penelitian.

IV. Perhitungan Nilai Ekonomis Pemakaian Sistem *Dual-fuel*

Nilai ekonomis pemakaian bahan bakar LPG secara *dual-fuel* adalah besarnya nilai penghematan pemakaian bahan bakar LPG secara *dual-fuel* dibanding dengan menggunakan bahan bakar solar 100 %, untuk menjadi acuan dalam pembahasan. Nilai ekonomis dipengaruhi berikut :

Konsumsi LPG saat menggunakan bahan bakar *dual-fuel*, dalam satuan liter.

$$V_{LPG} = \frac{M_{LPG}}{0.54} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :
 V_{LPG} = Volume LPG (Liter)
 M_{LPG} = Berat LPG (Kg)
 0,54 Kg/L = Densitas LPG

Nilai penghematan penggunaan solar 100 % berbanding penggunaan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, dalam satuan persen.

$$V_p = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :
 V_p = Volume Penghematan Solar (Liter)
 V_1 = Volume Solar 100 % (Liter)
 V_2 = Volume Solar *Dual-Fuel* (Liter)

Nilai biaya operasional untuk pembelian solar saat menggunakan bahan bakar solar 100 % maupun

bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, dengan harga menurut Pertamina, dalam satuan rupiah.

$$H_{Solar} = H_S V_{Solar} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- H_{Solar} = Biaya Pembelian Solar (Rp.)
- H_S = Harga Solar Pertamina (Rp. 5.150,-/Liter)
- V_{Solar} = Volume Solar Terpakai (Liter)

Kecepatan rata-rata kapal saat melakukan kegiatan operasional menangkap ikan, dalam satuan knot.

$$V = \frac{S}{1,15 T} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- V = Kecepatan (Mil/Jam)
- S = Jarak (Mil)
- T = Waktu Tempuh (Jam)
- 1,15 = Koefisien Knot

Nilai biaya operasional untuk pembelian LPG saat menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, dengan harga menurut Pertamina, dalam satuan rupiah.

$$H_{LPG} = H_L M_{LPG} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- H_{LPG} = Biaya Pembelian LPG (Rp.)
- H_L = Harga LPG Pertamina (Rp. 14.400,-/3 Kg)
- M_{LPG} = Massa LPG Terpakai (Kg)

Nilai penghematan biaya operasional antara penggunaan bahan bakar solar 100 % dibanding bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, dengan satuan rupiah.

$$H_T = H_1 - H_2 \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- H_T = Nilai Penghematan Bahan Bakar *Dual-Fuel* (Rp.)
- H_1 = Biaya Operasional Bahan Bakar Solar 100 % (Rp.)
- H_2 = Biaya Operasional Bahan Bakar *Dual-Fuel* (Rp.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Data Hasil Observasi Terhadap Nelayan Tradisional

Berdasarkan hasil observasi terhadap nelayan tradisional yang menggunakan mesin diesel pada penggerak kapalnya, didapat data operasional penangkapan ikan sebagai berikut, kecepatan putaran mesin yang banyak digunakan ada pada kisaran 1000 rpm sampai dengan 1600 rpm, dengan dominasi pada putaran mesin 1400. Sehingga terhadap sampel mesin diesel yang digunakan dalam ujicoba, juga dilakukan pada putaran mesin yang sama dengan yang biasa digunakan oleh nelayan, yaitu pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm.

II. Data Peralatan Ujicoba :

a. Kapal Perikanan

Ukuran kapal nelayan tradisional yang digunakan untuk ujicoba skala lapangan adalah sebagai berikut:

- Panjang Keseluruhan (LOA) : 8 meter
- Lebar (B) : 0,94 meter
- Tinggi (H) : 0,75 meter
- Sarat (T) : 0,5 meter
- Jumlah Gading : 8 buah
- Jarak Gading : 0,7 meter
- Tonase : > 5 GT

Foto kapal yang digunakan pada ujicoba skala lapangan pada gambar 9.



Gambar 9. Kapal Ujicoba.

b. Motor Penggerak

Motor penggerak yang digunakan untuk ujicoba skala lapangan pada penelitian ini adalah mesin diesel, dengan spesifikasi mesin:

- Merek/Tipe Mesin : Dong Feng / S-1115M
- Tenaga Maksimum : 26 HP ≈ 19,24kW
- Putaran Maksimum : 2200 rpm
- Jenis Mesin : 4 langkah, pendingin air, *Stationary Diesel Engine, Inboard Engine*
- Ukuran (p x l x t) : 90 cm x 50 cm x 70 cm
- Berat Bersih : 200 kg

Foto mesin diesel yang digunakan pada ujicoba skala lapangan pada gambar 10.



Gambar 10. Mesin Ujicoba

c. Peralatan Konverter Kit

Peralatan konverter kit adalah peralatan yang digunakan untuk menyalurkan gas dari tabung LPG ke dalam saluran udara mesin diesel untuk dicampur dengan solar di dalam ruang bakar, pada ujicoba pada penelitian ini digunakan konverter kit sesuai dengan gambar 11 dan 12. Peralatan konversi ini terdiri dari :
Selang LPG Tekanan Tinggi
Katup pengatur aliran (Power Valve)
Katup utama (Main Valve)
Flow Meter Gas
Pencampur LPG dan udara (Gas-Air Mixer).
(Oktavian, 2011)



Gambar 11. Konverter kit dual-



fuel.,
Gambar 12. Konverter kit dual-fuel.

III. Data Hasil Ujicoba Skala Laboratorium

a. Ujicoba Skala Laboratorium Menggunakan Bahan Bakar Solar 100 %

Hasil pengambilan data dari ujicoba skala laboratorium menggunakan sampel mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar solar 100 % pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm dengan mengambil data konsumsi bahan bakar dalam waktu 1 jam, dengan rincian pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil ujicoba skala laboratorium bahan bakar solar 100%

Tabel 3. Konsumsi dan persentase penghematan bahan bakar pada ujicoba skala laboratorium bahan bakar LPG secara dual-fuel

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Penghematan Penggunaan Solar Liter	Persentase Penghematan Penggunaan Solar %	Persentase Rata-Rata Penghematan Penggunaan Solar %
----	--------------	--------------	--	---	---

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	100% Solar Liter
1	1000	1	0,55
2	1200	1	0,69
3	1400	1	0,83
4	1600	1	0,97
Jumlah Total		4	3,04

Foto saat ujicoba skala laboratorium menggunakan sampel mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar solar 100 % terdapat pada gambar 13.



Gambar 13. Ujicoba skala laboratorium bahan bakar solar 100 %.

b. Ujicoba Skala Laboratorium Menggunakan Bahan Bakar LPG Secara Dual-fuel

Hasil pengambilan data dari ujicoba skala laboratorium dengan menggunakan sampel mesin diesel dan kapal nelayan tradisional di laut dengan menggunakan bahan bakar dual-fuel pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm dengan mengambil data konsumsi bahan bakar dalam waktu 1 jam, dengan rincian pada tabel 2.

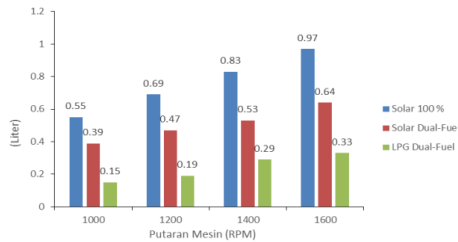
Tabel 2. Hasil ujicoba skala laboratorium bahan bakar LPG secara dual-fuel

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Solar Liter	LPG Liter
1	1000	1	0,39	0,15
2	1200	1	0,47	0,19
3	1400	1	0,53	0,29
4	1600	1	0,64	0,33
Jumlah Total		4	2,03	1,78

Dari data tersebut, kemudian dibandingkan dengan data pemakaian bahan bakar solar 100 %, maka didapatkan persentase penghematan pemakaian bahan bakar solar, dengan rincian pada tabel 3.

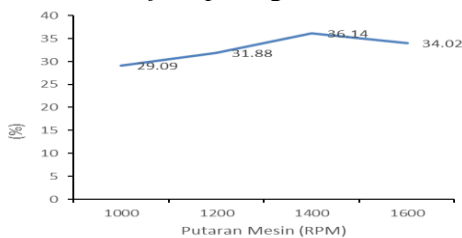
1	1000	1	0,16	29,09%	
2	1200	1	0,22	31,88%	32,79%
3	1400	1	0,30	36,14%	
4	1600	1	0,33	34,02%	
Jumlah Total		4	1,01	131,14%	

Nilai variabel konsumsi bahan bakar solar 100 % dan nilai variabel konsumsi bahan bakar LPG secara *dual-fuel* rata-rata selama satu jam, selanjutnya dibuatkan diagram pada gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan Nilai variabel konsumsi bahan bakar solar 100 % dan nilai variabel konsumsi bahan bakar LPG secara *dual-fuel* skala laboratorium.

Dari data penghematan konsumsi bahan bakar, dapat diketahui bahwa solar yang dapat digantikan LPG dalam penggunaannya adalah sebesar 32,79 % dari keseluruhan pemakaian bahan bakar solar 100 %. Sehingga bisa disajikan juga diagram prosentase penghematan bahan bakar *dual-fuel* pada gambar 15.



Gambar 15. Prosentase penghematan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* skala laboratorium.

Foto saat ujicoba skala laboratorium menggunakan sampel mesin diesel dengan

menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* terdapat pada gambar 16.



Gambar 16. Ujicoba skala laboratorium bahan bakar *dual-fuel*

c. Ujicoba Skala Lapangan Menggunakan Bahan Bakar Solar 100 %

Hasil pengambilan data dari ujicoba skala lapangan menggunakan sampel mesin diesel dan kapal nelayan di laut dengan menggunakan bahan bakar solar 100 % pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm dengan mengambil data konsumsi bahan bakar dan jarak tempuh dalam waktu 1 jam, dengan rincian pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil ujicoba skala lapangan bahan bakar solar 100%

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	100% Solar Liter	Biaya Operasional Rp.	Jarak Tempuh Mil
1	1000	1	1,09	5.613,50	6,65
2	1200	1	1,74	8.961,00	8,68
3	1400	1	2,47	12.720,50	10,37
4	1600	1	3,13	16.119,50	10,49
Jumlah Total		4	8,43	43.414,50	36,19

Dari data jarak dan waktu tiap putaran mesin maka didapatkan nilai rata-rata kecepatan kapal dalam satuan knot, dengan rincian pada tabel 5.

Tabel 5. Kecepatan rata-rata kapal pada ujicoba skala lapangan bahan bakar solar 100 %

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Jarak Tempuh Mil	Jarak Tempuh/Liter Mil	Kecepatan Knot	Total Kecepatan Rata-Rata Knot
1	1000	1	6,65	6,10	5,78	
2	1200	1	8,68	4,99	7,55	
3	1400	1	10,37	4,20	9,02	7,87
4	1600	1	10,49	3,35	9,12	
Jumlah Total		4	36,19	18,64	31,47	

Foto saat ujicoba skala lapangan menggunakan sampel mesin diesel dan kapal nelayan di laut dengan menggunakan bahan bakar solar 100 % terdapat pada gambar 17.



Gambar 17. Ujicoba skala lapangan bahan bakar solar 100 %.

d. Ujicoba Skala Lapangan Menggunakan Bahan Bakar LPG Secara Dual-Fuel

Hasil pengambilan data dari ujicoba skala lapangan menggunakan sampel mesin diesel dan kapal nelayan di laut dengan menggunakan bahan bakar LPG secara dual-fuel pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm dengan mengambil data konsumsi bahan bakar dan jarak tempuh dalam waktu 1 jam, dengan rincian pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil ujicoba skala lapangan bahan bakar LPG secara dual-fuel

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Solar Liter	LPG Liter	Biaya Operasional Rp.	Jarak Tempuh Mil
1	1000	1	0,69	0,78	5.569,50	8,37
2	1200	1	1,28	1,17	9.616,00	12,72
3	1400	1	1,39	1,69	11.526,50	15,71
4	1600	1	1,46	2,02	12.751,00	14,96
Jumlah Total		4	4,82	5,65	39.463,00	51,76

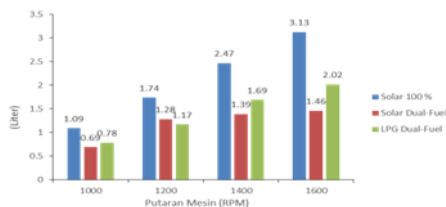
Dari data pemakaian bahan bakar solar pada pemakaian bahan bakar LPG secara dual-fuel dibandingkan dengan bahan bakar solar 100

%, maka didapatkan persentase penghematan pemakaian bahan bakar solar, dengan rincian pada tabel 7.

Tabel 7. Konsumsi dan penghematan bahan bakar solar pada ujicoba skala lapangan bahan bakar LPG secara dual-fuel

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Penghematan Penggunaan Solar Liter	Persentase Penghematan Penggunaan Solar %	Persentase Rata-Rata Penghematan Penggunaan Solar %
1	1000	1	0,40	36,70	40,05%
2	1200	1	0,46	26,44	
3	1400	1	1,08	43,72	
4	1600	1	1,67	53,35	
Jumlah Total		4	3,61	160,21	

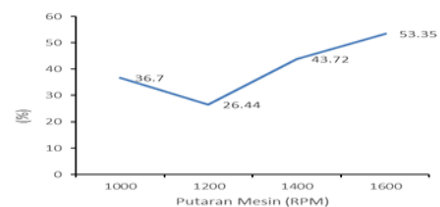
Dari nilai variabel konsumsi bahan bakar solar 100 % dan nilai variabel konsumsi bahan bakar LPG secara dual-fuel rata-rata selama satu jam, selanjutnya dibuatkan diagram pada gambar 18.



Gambar 18. Perbandingan Nilai variabel konsumsi bahan bakar solar 100 % dan nilai variabel konsumsi bahan bakar LPG secara dual-fuel skala lapangan.

Dari data penghematan konsumsi bahan bakar, dapat diketahui bahwa solar yang dapat digantikan LPG dalam penggunaannya adalah sebesar 40,05 % dari keseluruhan

pemakaian bahan bakar solar 100 %. Sehingga bisa disajikan juga diagram prosentase penghematan biaya operasional dengan pemakaian bahan bakar LPG dual-fuel pada gambar 19.



Gambar 19. Prosentase penghematan bahan bakar LPG dual-fuel lapangan.

Penghematan biaya operasional kegiatan menangkap ikan berdasarkan hasil ujicoba skala lapangan, dengan membandingkan biaya yang digunakan saat ujicoba skala lapangan dengan bahan bakar solar 100 % dengan bahan

bakar *dual-fuel* dapat dihitung, dengan rincian seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Penghematan biaya operasional pada ujicoba skala lapangan bahan bakar solar 100 % dengan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*

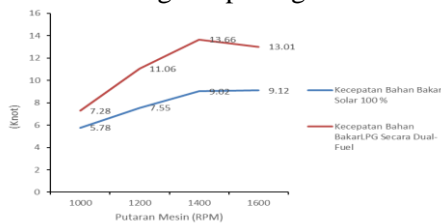
No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Biaya Solar 100 % Rp.	Biaya <i>Dual-Fuel</i> Rp.	Penghematan Biaya Operasional Rp.
1	1000	1	5.613,50	5.569,50	44,00
2	1200	1	8.961,00	9.616,00	-655,00
3	1400	1	12.720,50	11.526,50	11.94,00
4	1600	1	16.119,50	12.751,00	3.368,50
Jumlah Total		1	43.414,50	39.463,00	3.951,50

Dari data jarak dan waktu tiap putaran mesin maka didapatkan nilai kecepatan rata-rata kapal dalam satuan knot, dengan rincian pada tabel 9.

Tabel 9. Kecepatan rata-rata kapal pada ujicoba skala lapangan bahan bakar LPG *dual-fuel*

No	Rpm Rad/s	Waktu Jam	Jarak Tempuh Mil	Jarak Tempuh/Liter Mil	Kecepatan Knot	Total Kecepatan Rata-Rata Knot
1	1000	1	8,37	5,70	7,28	
2	1200	1	12,72	5,20	11,06	
3	1400	1	15,71	5,11	13,66	11,25
4	1600	1	14,96	4,30	13,01	
Jumlah Total		4	51,76	20,31	45,01	

Nilai variabel kecepatan rata-rata kapal pada ujicoba lapangan dengan bahan bakar solar 100 % dan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, dapat dibuatkan diagram pada gambar 20.



Gambar 20. Perbandingan nilai variabel kecepatan rata-rata kapal pada ujicoba lapangan dengan bahan bakar solar 100 % dan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*.

Foto saat ujicoba skala lapangan menggunakan sampel mesin diesel dan kapal nelayan di laut dengan menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* terdapat pada gambar 21.



Gambar 21. Ujicoba skala lapangan dengan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*

e. Pembahasan

Pendapatan nelayan tradisional di Indonesia hanya cukup untuk membeli kebutuhan pangan

sehari-hari, tanpa mempertimbangkan aspek kecukupan gizi dan sering ikan hasil tangkapan hanya cukup makan

rumah tangga nelayan tradisional itu sendiri. Banyak nelayan tradisional tidak mampu menyekolahkan anaknya ke jenjang yang lebih tinggi, sehingga anaknya sekolahhanya sampai SMP ataupun hanya mampu tamat hingga jenjang SD. Kenaikan harga pangan dan bahan bakar sekecil apapun sangat berdampak pada pemenuhan kebutuhan pangan sehari-hari nelayan tradisional. Nelayan tradisional sulit untuk meningkatkan pendapatannya, terutama jika kondisi sedang mengalami cuaca buruk, maka satu-satunya cara untuk mensiasatinya, adalah dengan pemakaian LPG yang memiliki nilai ekonomis yang lebih baik dari solar.

Dalam pembahasan kali ini, akan mengacu pada data penggunaan bahan bakar solar 100 % dan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* saat ujicoba skala lapangan, dimana ujicoba skala lapangan yang dilakukan telah menggunakan pendekatan yang sesuai dengan kondisi nelayan tradisional saat operasional menangkap ikan.

Dari tabel 6, terlihat saat ujicoba skala lapangan dengan menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, maka penggunaan bahan bakar solar mengalami penurunan, karena penggunaan sebagian solar digantikan oleh LPG, dan berdasarkan hasil perhitungan, penggunaan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* dapat mengurangi persentase biaya operasional dibandingkan saat menggunakan bahan

bakar solar 100 %, walaupun hanya sedikit. Pada Tabel 8, dapat dilihat adanya penghematan biaya operasional untuk pembelian solar rata-rata sebesar Rp. 3.951,50,- saat menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*. Hal ini terlihat adanya penurunan biaya operasional ujicoba skala lapangan sehingga berbanding lurus jika nelayan tradisional juga menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* saat kegiatan menangkap ikan.

Kecilnya penghematan biaya operasional karena saat pembuatan karya tulis ilmiah ini, harga yang digunakan untuk bahan bakar solar dengan bahan bakar LPG tidak terlampaui jauh selisihnya, yaitu harga solar Rp. 5.150,-/liter dan harga LPG Rp. 14.400,-/3 Kg sesuai dengan harga update Pertamina per tanggal 01 Oktober 2016. Namun hal ini tentu akan berubah tergantung dengan harga solar yang akan cenderung naik terpengaruh dengan menipisnya cadangan minyak bumi dan situasi politik di timur tengah. Selain nilai ekonomis yang menguntungkan, pemakaian bahan bakar LPG secara *dual-fuel* membuat proses pembakaran didalam silinder mesin juga menjadi lebih bersih dan cepat karena nilai kalor LPG mencapai 21.000 BTU/lb sehingga ketika dicampur dengan solar maka akan menghasilkan daya ledak yang lebih baik daripada solar 100 %. Hal ini terlihat pada table 9, dimana jarak tempuh yang lebih jauh dari pada saat memakai bahan bakar solar 100 %. Selain jumlah LPG yang lebih banyak sehingga berbanding lurus dengan perbandingan jarak dan liter.

Bagi sebagian nelayan tradisional di Indonesia, LPG merupakan hal baru, sehingga pemakaian LPG bisa dikategorikan sebagai inovasi. Berdasarkan perspektif komunikasi inovasi, kategori adopters yang mengadopsi suatu inovasi didasari juga oleh waktu relatif yang dibutuhkan untuk mengadopsi suatu inovasi. Rogers dan Shoemaker (1981) mengatakan tidak setiap orang mengadopsi inovasi pada tingkat yang sama. Ada orang yang melakukannya dalam waktu singkat tetapi ada yang melakukannya setelah waktu bertahun-tahun. Butuh waktu untuk menyelesaikan seluruh proses adopsi, dari tahap kesadaran sampai tahap penerimaan/penerapan. Di tengah daya adopsi nelayan yang masih rendah, maka perlu disadari adalah tidak mudah untuk mengubah kebiasaan nelayan tradisional yang sudah menggunakan solar sebagai bahan bakar selama bertahun-tahun untuk tiba-tiba direkomendasikan beralih menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*. Hal ini akan

menimbulkan perubahan di nelayan tradisional secara khusus maupun masyarakat secara umum, karena disebabkan tingkat penerimaan dan kemampuan beradaptasi dari nelayan tradisional yang berbeda-beda terhadap penggunaan bahan bakar LPG.

Kebiasaan nelayan tradisional yang selama bertahun-tahun menggunakan bahan bakar solar jelas bukan hal yang mudah untuk dirubah, namun mengikuti tahapan adopsi inovasi yang telah dijelaskan oleh Rogers (1983), bahwa tahap awal yang paling penting adalah membangkitkan awareness atau kesadaran nelayan tradisional tentang keuntungan menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*. Diharapkan adanya pendekatan ke nelayan tradisional dengan tindakan rasional dalam memberikan pengetahuan dan mengenai keuntungan yang diperoleh bagi nelayan tradisional, mungkin karena adanya pemikiran tentang mengapa harus menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*, mengapa tidak memakai solar 100 % saja? Pendekatan yang efisien mungkin bisa dilakukan melalui sosialisasi, di tingkat bawah perorangan, RT/RW, kelurahan dan didalam kelompok nelayan tradisional. Sehingga nelayan tradisional mengerti dan tahu manfaat dan keuntungan memakai bahan bakar LPG secara *dual-fuel* untuk mesin diesel kapalnya. Sosialisasi yang dilakukan harus dilakukan terus-menerus dengan pendekatan yang intensif sehingga akhirnya banyak nelayan tradisional tertarik menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel*.

Pemerintah perlu memikirkan terhadap akses untuk membeli LPG oleh nelayan tradisional, Sebenarnya secara umum akses untuk membeli LPG di Indonesia sudah mudah, namun sering tersendatnya distribusi membuat kadang kala persediaan LPG terutama yang tabung 3 kg sulit didapat. Selain itu juga dipikirkan tentang keamanan ketika memakai bahan bakar LPG secara *dual-fuel*. Bahwa informasi yang beredar ada anggapan bahwa resiko dalam menggunakan bahan bakar LPG terlalu berbahaya sehingga bisa menimbulkan rasa khawatir akan sifat LPG yang mudah meledak, sehingga terasa kurang aman jika menggunakan LPG.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari sini adalah sebagai berikut :

- I. Pada ujicoba lapangan selama satu jam menggunakan bahan bakar solar 100 %

didapatkan total konsumsi solar mencapai 16,86 liter. Saat menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* didapatkan total konsumsi solar sebanyak 9,64 liter ditambah LPG sebanyak 10,52 liter. Penggunaan LPG secara *dual-fuel* mampu menggantikan konsumsi solar rata-rata sebesar 40,05%. Perbandingan komposisi antara solar dengan LPG saat menggunakan bahan bakar *dual-fuel* yaitu 59,95% : 40,05 %.

- II. Biaya operasional pada ujicoba menggunakan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* saat ini lebih murah Rp. 7.903,- atau 9,10 % dibanding dengan bahan bakar solar 100 %.
- III. Jika semakin tinggi harga solar dan harga LPG tetap atau mengalami penurunan maka efisiensi dan penghematan biaya operasional semakin besar.

Saran yang perlu dijadikan perhatian dalam Pemakaian LPG secara *dual-fuel* untuk nelayan tradisional, antara lain :

- I. Perlu adanya pengembangan terhadap peralatan sistem bahan bakar LPG secara *dual-fuel* yang aman dan mudah dalam pemasangan sehingga nelayan tradisional antusias untuk menggunakan.
- II. Pembagian peralatan konverter kit secara cuma-cuma oleh pemerintah yang didukung dengan ketersediaan dan murahnya harga LPG, akan membuat nelayan tradisional sanggup memakai LPG sebagai bahan bakar alternatif.
- III. Pemerintah perlu lebih menggalakkan sosialisasi mengenai cara penggunaan bahan bakar LPG secara *dual-fuel* agar nelayan tradisional mendapat pengetahuan cara penggunaan LPG yang benar dan aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini, kami telah banyak mendapat bantuan dari beberapa pihak, oleh karena itu, pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepadasemua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu yang telah membantu menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W, & Tsuda K.1993."Motor Diesel Putaran Tinggi". Pradaya Paramita. Jakarta
- DIREKTORAT LPK Nasional (2010). Definisi Elpiji. Diambil dari Direktorat Lembaga Perlindungan Konsumen-Perlindungan KONSUMEN, PENGAWAS BARANG DAN JASA website
:<http://direktoratlpknasional.blogspot.co.id/2010/07/definisi-elpiji.html>
- Hardjono,A.2000."TeknologiMinyakBumi".GadjahMadaUniversityPress.Yogyakarta
- Muchtar A.Pi., M.Si. (2015). Program Konversi Energi BBM Ke BBG Bagi Nelayan, Hambatan Dan Peluang?. Diambil dari Lembaga *Destructive Fishing Watch* (DFW)-Indonesia website
:<http://dfw.or.id/program-konversi-bbm-ke-bbg-bagi-nelayan-hambatan-dan-peluang/>
- Oktavian Raharjo, Budiharjo, Zaenal Asikin,Nanang Setyobudi, 2011. "PenggunaanBahan Bakar Gas Pada Motor Penggerak Kapal Perikanan". Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan : Semarang
- Project Statement, 2012."Ujicoba Konverter kit Bahan Bakar Gas Untuk Kapal Penangkap Ikan Tahap I".KementrianKelautandan Perikanan, BBPPI:Semarang.
- Rahardjo,Oktavian,dkk.2011."Petunjuk Teknis : Penggunaan Bahan Bakar Gas Pada Motor Penggerak Kapal Perikanan".Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan : Semarang.
- Rogers EM, Shoemaker F. 1981.Memasyarakatkan Ide-Ide Baru. Surabaya: Usaha Nasional.
- Rogers EM. 1983. Diffussion of Innovation. Canada: The Free Press of Macmillan Publishing Co.
- Tribunbisnis (2010).Pertamina Rilis Spesifikasi Dan Komposisi LPG. Diambil dari Tribunnews.comwebsite
:<http://www.tribunnews.com/bisnis/2010/10/01/pertamina-rilis-spesifikasi-dan-komposisi-lpg>