

NASKAH ORISINAL

Pembuatan *Converter-kit Dual Fuel LPG-Diesel Fuel* untuk Nelayan di Daerah Kenjeran Surabaya

Adhi Iswantoro^{1,*} | I Made Ariana¹ | Semin¹ | Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah¹ | Beny Cahyono¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Adhi Iswantoro, Departemen Teknik
Sistem Perkapalan, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
Alamat e-mail: adhi.iswantoro@gmail.com

Alamat

Laboratorium Mesin Kapal dan Getaran,
Departemen Teknik Sistem Perkapalan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, Indonesia

Abstrak

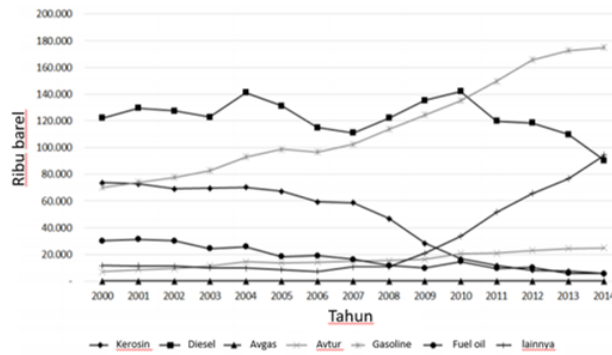
Terjadinya kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) beberapa daerah di Indonesia memberikan dampak langsung kepada masyarakat, termasuk nelayan. Akibatnya nelayan tidak bisa melaut mencari ikan. Salah satu metode yang bisa dipilih untuk mengatasi masalah ini untuk membantu nelayan adalah dengan bahan bakar alternatif yaitu bahan bakar gas (BBG). Tentu perlu peralatan tambahan agar mesin diesel kapal nelayan bisa beroperasi dengan BBG. Yaitu dengan modifikasi dan penambahan alat berupa *converter-kit*, sehingga mesin konvensional bisa menjadi mesin *dual fuel*. Dalam kegiatan ini kami membuat alat *converter-kit* untuk bisa dipasang pada mesin kapal nelayan dan menghibahkan alat tersebut kepada nelayan di daerah Kenjeran Surabaya. Dari hasil analisis yang dilakukan berdasarkan uji laboratorium, performansi mesin diesel masih stabil ketika menggunakan mode *dual fuel*, yaitu daya yang dihasilkan. Kemudian untuk konsumsi bahan bakar terjadi penurunan yang signifikan dengan komposisi BBM dan BBG. Selain itu tingkat emisi yang dihasilkan baik itu NO_x , SO_x dan partikel karbon turun drastis karena penggunaan gas. Dari sini kami bisa simpulkan bahwa penggunaan gas pada mode *dual-fuel* lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci:

Bahan Bakar Gas, *Converter-kit*, Diesel, *Dual Fuel*, Nelayan.

1 | PENDAHULUAN

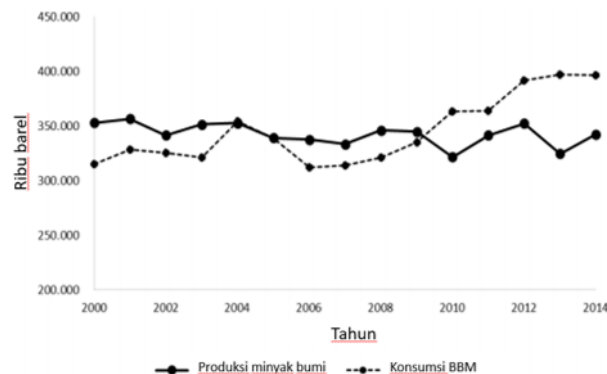
Saat ini, bahan bakar minyak (BBM) seperti sudah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat dan menjadi ketergantungan. Dalam beraktivitas setiap hari, BBM sangat dibutuhkan, baik skala mikro dan makro. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM Republik Indonesia, kebutuhan BBM terus mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Berikut ini adalah grafik konsumsi bahan bakar berbagai jenis dari tahun 2000 hingga 2014 pada Gambar (1) ^[1].



Gambar 1 Konsumsi BBM per jenis di Indonesia (Ribukubarel).

Dari Gambar (1) tertulis jika terdapat beberapa jenis bahan bakar yaitu kerosin, diesel, *avgas*, *avtur*, *gasoline*, *fuel oil* dan lainnya. Pada kerosin setiap tahun mengalami penurunan konsumsi hingga dibawah 20.000 barel pada tahun 2014. Pada diesel cenderung fluktuatif sehingga jika dirata-rata relatif stabil, tertinggi adalah 140.000 barel pada tahun 2004 dan 2010, terendah pada tahun 2014 dengan sekitar 90.000 barel. Lalu *avgas* selalu stabil setiap tahunnya dibawah 20.000 barel. Pada *avtur* selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya tetapi tidak signifikan, dimana nilai tertinggi pada tahun 2014 sekitar 25.000 barel. Sementara pada *gasoline* dan bahan bakar lain (termasuk gas) mengalami kenaikan tiap tahun dibandingkan yang lainnya. *Gasoline* tertinggi pada tahun 2014 sekitar 175.000 barel dan lain-lain tertinggi juga pada tahun 2014 sekitar 90.000 barel. Sedangkan *fuel oil* setiap tahunnya mengalami penurunan dimana di tahun 2014 adalah yang paling rendah dibawah 20.000 barel^[2].

Tidak seimbang antara kebutuhan BBM dan produksi BBM di Indonesia, membuat kelangkaan BBM di beberapa daerah. Yang mana ini berdampak pada masyarakat secara langsung, termasuk nelayan^[3].



Gambar 2 Produksi minyak bumi dan konsumsi BBM Indonesia (Ribukubarel).

Pada Gambar (2) terlihat bahwa garis lurus adalah produksi minyak bumi dan garis putus adalah konsumsi bahan bakar minyak. Sebelum tahun 2009 konsumsi bahan bakar minyak masih tercukupi karena produksi minyak bumi lebih besar. Tetapi setelah tahun 2009 konsumsi bahan bakar lebih besar atau melebihi produksi minyak bumi sehingga tidak mencukupi kebutuhan nasional^[4].

Nelayan menjadi salah satu lapisan masyarakat yang ikut terdampak langsung. Bahkan membuat nelayan terancam menganggur jika tidak bisa mencari ikan. Hal ini juga dirasakan oleh nelayan yang berada di Pantai Utara Jawa (Pantura) termasuk di daerah Kenjeran Surabaya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar (3) berikut.



Gambar 3 Salah satu informasi kelangkaan BBM pada Berita Satu.

Penggunaan energi alternatif menjadi hal yang cukup menjanjikan sekarang ini, salah satunya adalah gas. Selain lebih terjangkau dan mudah didapatkan, BBG memiliki kandungan energi yang lebih tinggi dibandingkan BBM dalam satuan volume atau berat yang sama^[3].

Agar mesin konvensional bisa beroperasi menggunakan mode *dual fuel* ataupun gas, maka mesin tersebut perlu dimodifikasi dan ditambah alat agar menjadi mesin *dual fuel*. Mesin *dual fuel* adalah mesin yang bisa menggunakan lebih dari satu bahan bakar dalam waktu bersamaan, terutama pada mesin diesel^[5]. Dalam hal ini, nelayan bisa memanfaatkan *Liquified Petroleum Gas* (LPG) sebagai bahan bakar alternatif untuk operasional kapal.

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah memberdayakan nelayan di daerah Kenjeran Surabaya agar bisa tetap melaut dengan melakukan modifikasi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel* dengan rumusan konsep sebagai berikut: (1) Bagaimana cara membuat *converter-kit*?; (2) Bagaimana cara memasang *converter-kit*?; (3) Bagaimana dampak yang dirasakan nelayan setelah pemakaian *converter-kit*?

Untuk memfokuskan pembahasan masalah pada penelitian ini, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah: (1) Mesin yang dimodifikasi adalah mesin untuk kapal nelayan yang berukuran maksimal 20 GT; (2) Gas yang digunakan adalah *Liquified Petroleum Gas* (LPG); (3) Mesin yang dimodifikasi adalah mesin diesel.

Makalah pembuatan *converter-kit dual fuel LPG-Diesel fuel* untuk nelayan di Kenjeran Surabaya ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan di daerah Kenjeran Surabaya, dengan cara memberikan alat *converter-kit*.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari kegiatan pengabdian ini adalah diharapkan nelayan dapat meningkatkan kemampuan, keterampilan, wawasan, pengetahuan dan sikap nelayan dalam mengembangkan penanganan mesin kapal dan keselamatan kerja. Dampak yang diharapkan dari kegiatan ini adalah adanya peningkatan kesejahteraan nelayan daerah Kenjeran dengan cara memberikan keterampilan memodifikasi mesin diesel agar bisa beroperasi *dual fuel*.

2 | METODOLOGI DAN BAHAN

Metodologi yang digunakan pada artikel pembuatan *converter-kit dual fuel LPG-Diesel fuel* dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini.

2.1 | Pengumpulan data

Survei bertujuan mengumpulkan data di lapangan yang mendukung penelitian dan pengabdian sehingga bisa tepat sasaran. Survei dilakukan ke daerah Kenjeran dan Bulak di Surabaya untuk melihat kondisi masyarakat nelayan. Dari hasil survei rata-rata ukuran kapal nelayan adalah 20 GT dan daya mesin kapal rata-rata adalah 7,5 kW. Dengan sekitar 40% nelayan menggunakan mesin diesel.

2.2 | Perancangan mesin *dual fuel* di laboratorium

Sebelum melakukan kegiatan di masyarakat, kami melakukan perancangan sistem yang digunakan untuk melakukan modifikasi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel*. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel Yanmar TF 85 MH dengan daya 7,5 kW. Dengan menggunakan gas sebagai bahan bakar pendampingnya. Peralatan yang digunakan adalah *Electronic Control Unit* (ECU), sensor putaran, pipa fleksibel, injektor gas, tabung gas, baterai dan kabel^[6].

2.3 | Pembuatan *converter-kit* di laboratorium

Setelah perancangan *converter-kit* selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pembuatan mesin *dual fuel* dengan merangkai semua bahan serta peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan.

2.4 | Pengujian *converter-kit* di laboratorium

Setelah pembuatan *converter-kit* selesai, selanjutnya melakukan pengujian pada mesin Yanmar TF 85 MH yang sudah dimodifikasi. Indikator yang diamati adalah performansi, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

2.5 | Analisa teknis

Analisa teknis dari makalah ini adalah berupa perbandingan teknis antara performansi, konsumsi bahan bakar dan emisi mesin *dual fuel*. Peralatan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar (4) – Gambar (7).

Pada Gambar (4) terlihat *Electronic Control Unit* (ECU) yang berfungsi mengatur besar-kecilnya gas yang diinjeksikan ke dalam *combustion chamber* dengan cara mengatur bukaan katup berdasarkan beban mesin.



Gambar 4 *Electronic Control Unit* (ECU).

Sedangkan pada Gambar (5) ialah sensor rotasi yang berfungsi sebagai pembaca putaran mesin pada berbagai beban mesin. Kemudian sensor ini akan mengirimkan data putaran ke ECU sebagai input, sehingga ECU bisa mengatur jumlah gas yang diinjeksikan.

Pada Gambar (6) adalah injektor gas, berguna untuk menginjeksikan gas ke dalam *combustion chamber*. Selain itu bentuk injeksi gas bisa lebih baik sehingga proses pembakaran menjadi lebih baik.

Pada Gambar (7) adalah regulator gas yang berfungsi mengeluarkan gas dari dalam tabung sehingga gas bisa mengalir ke mesin.

Gambar (8) adalah tabung gas yang dipakai untuk mensuplai kebutuhan gas selama mesin beroperasi.

Gambar (9) adalah mesin milik nelayan yang dipasang *converter-kit*. Mesin ini merupakan mesin diesel yang telah dimodifikasi menjadi *dual fuel*. Sehingga bisa beroperasi menggunakan BBM dan BBG secara bersamaan.



Gambar 5 Sensor rotasi.



Gambar 6 Injektor gas.



Gambar 7 Regulator gas.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Wilayah Kecamatan Bulak, Surabaya

Bulak adalah salah satu kecamatan yang ada di Kota Surabaya. Pada Gambar (10) memperlihatkan jika Kecamatan Bulak secara administratif berbatasan dengan kecamatan Tambaksari di sebelah barat, kecamatan Kenjeran di sebelah utara dan kecamatan Mulyorejo di sebelah selatan. Secara geografis letaknya berada di tepi laut selat Madura di sisi utara dan timur, sehingga masyarakat yang berada di kecamatan ini mayoritas bekerja sebagai nelayan. Menurut data, terdapat lebih dari 200 nelayan yang berada di Bulak.



Gambar 8 Gas LPG.



Gambar 9 Tipikal mesin Diesel 7,5 kW yang digunakan nelayan Bulak.



Gambar 10 Peta Kecamatan Bulak Surabaya (sumber: *Google maps*).

3.2 | Kebutuhan BBM Nelayan

Masyarakat di Kecamatan Bulak mayoritas bekerja sebagai nelayan. Seperti yang terlihat pada Gambar (11) yang menunjukkan deretan kapal nelayan. Berdasarkan keterangan beberapa nelayan Bulak, dalam satu hari melaut, satu kali pergi-pulang dengan

durasi 6 jam di laut, nelayan bisa menghabiskan 8 liter BBM untuk operasional mesin dengan daya 7.5 kW (dengan *specific fuel consumption*(SFC) 180 g/kWh). Jika dihitung secara matematis maka per jamnya mengkonsumsi BBM sebanyak 1.3 L sampai 1.4 L.

$$\begin{aligned}
 \text{Fuel Consumption} &= \text{SFC} \times \text{Power} \times \text{Hour} & (1) \\
 \text{Konsumsi BBM} &= 180 \times 7.5 \times 6 \\
 &= 8100 \text{ g} \\
 &= 8.1 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Dengan penghasilan tidak menentu, secara tidak langsung biaya operasional kapal terasa sangat berat. Jika dihitung kebutuhan bahan bakar minyak per bulan akan sangat besar. Apalagi jika dikalikan sebanyak 200 lebih nelayan. Sehingga kebutuhan BBM menjadi sangat besar.



Gambar 11 Kapal nelayan Bulak.

3.3 | Gas LPG sebagai bahan bakar alternatif

Keunggulan gas jika dibandingkan dengan BBM, diantaranya adalah massanya lebih ringan, kandungan energi lebih besar, emisi gas buang lebih rendah dan mudah didapatkan. Akan tetapi pemanfaatan gas, terutama LPG untuk bahan bakar alternatif mesin kapal nelayan masih minim.

Ujicoba penggunaan *converter-kit* pada mesin yang telah dimodifikasi dilakukan dengan tahapan berikut: (1) melakukan pengecekan pipa pada BBG dan BBM; (2) melakukan setelan pada *injection timing* dan durasi bukaan katup BBG pada ECU dengan variasi durasi waktu injeksi 8, 9, 10, 11, 12 ms dan *injection timing* pada 250 before top dead centre (BTDC); (3) menghidupkan mesin diesel kemudian melakukan *warming-up* kurang lebih 20 menit; (4) melakukan pembebanan pada 1000-4000 W dengan putaran konstan 2000 RPM kemudian membuka katup tabung gas dengan tekanan tertentu dan membuka flow meter gas. Setelah BBG masuk ke dalam *intake valve* maka akan terjadi kenaikan RPM. Setelah itu RPM diturunkan kembali menjadi 2000 RPM. Melakukan pencatatan data-data yang dibutuhkan: waktu konsumsi BBM setiap 10 ml, putaran generator listrik, tegangan, arus listrik, dan laju aliran gas; (5) pada setiap kenaikan beban katup gas dimatikan terlebih dahulu kemudian putaran dijadikan menjadi 2000 RPM lalu tahapan sama seperti sebelumnya; (6) setelah pengambilan data selesai dilakukan maka beban diturunkan secara bertahap hingga beban nol, kemudian mesin dimatikan.

Besarnya daya poros pada mesin dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut:

$$P = \frac{V \times I \times \cos \phi}{\eta_g \times \eta_t} \quad (2)$$

dimana:

$$P = \text{daya (kW)}$$

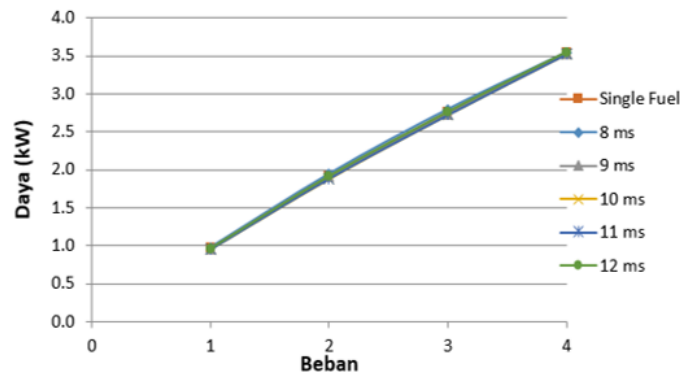
V = tegangan listrik (V)

I = arus listrik (A)

$\cos \phi = 0,9$

η_g = efisiensi generator sebagai beban

η_t = efisiensi slip



Gambar 12 Grafik daya terhadap beban hasil percobaan.

Gambar (12) menunjukkan bahwa daya efektif yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya beban satu sampai empat yang diberikan, yaitu 1000 – 4000 W dengan interval seribu. Hal ini dikarenakan untuk mengatasi beban yang semakin besar dan dibuat putaran konstan sebesar 2000 RPM, maka bahan bakar yang diinjeksikan semakin banyak sehingga pembakaran yang terjadi lebih besar yang mengakibatkan naiknya daya efektif.

Secara matematis dapat dihitung dengan pendekatan menggunakan formula 3 yaitu:

$$Fuel\ Consumption = SFC \times Power \times Hour \quad (3)$$

dimana SFC adalah *specific fuel consumption* (g/kWh).

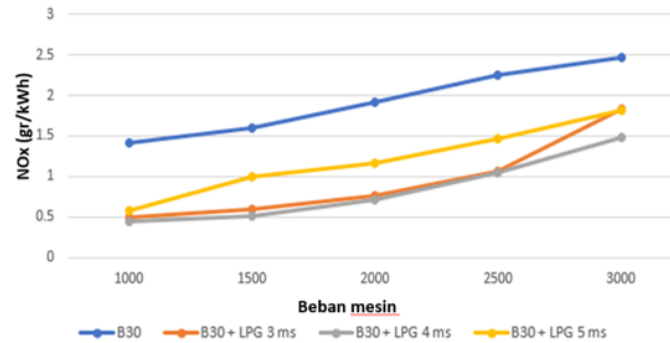
Apabila dilakukan perhitungan dengan pendekatan menggunakan formula diatas, maka konsumsi bahan bakar untuk mesin *dual fuel* adalah sebagai berikut.

Mesin diesel tidak memiliki *spark-ignition*, maka dari itu mesin diesel tetap membutuhkan BBM dalam jumlah sedikit sebagai pemicu pembakaran saja. Dari percobaan di laboratorium, nilai SFC untuk gas adalah sekitar 20,4 g/kWh atau 0,020 kg/kWh dan SFC BBM adalah sekitar 66,6 g/kWh pada mode *dual fuel*. Apabila menggunakan tabung BBG ukuran 3 kg, daya mesin 7,5 kW dan operasional kapal nelayan di laut 6 jam, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBG} &= 0,020 \times 7,5 \times 6 \\ &= 0.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM} &= 66,6 \times 7,5 \times 6 \\ &= 3000 \text{ g} \\ &= 3 \text{ L} \end{aligned}$$

Untuk analisis hasil emisi gas buang yang dihasilkan, pada Gambar (13) menunjukkan kadar rata-rata emisi NO_x pada setiap beban antara mesin diesel berbahan bakar BBM dengan mesin diesel berbahan bakar ganda yang durasi buka injektornya diatur menjadi 3ms, 4ms, dan 5ms. Dari grafik di atas terlihat bahwa kadar emisi NO_x yang dihasilkan oleh mesin diesel berbahan bakar ganda lebih kecil dibandingkan dengan mesin diesel berbahan BBM. Rendahnya temperatur pembakaran pada mesin diesel



Gambar 13 Grafik emisi terhadap beban hasil percobaan.

dual fuel disebabkan oleh pemerataan temperatur pembakaran pada campuran bahan bakar gas dan udara. Selama durasi pembukaan injektor gas 5ms, kadar NO_x meningkat karena pasokan gas LPG yang masuk ke ruang bakar melebihi batas campuran pembakaran yang ideal, *knocking* yang mengakibatkan pembakaran tidak sempurna dan suhu pembakaran tidak merata.

3.4 | Pemberian *converter-kit* pada nelayan

Setelah selesai perancangan, pembuatan dan analisa selanjutnya dilakukan hibah alat *converter-kit* beserta pendukungnya kepada salah satu nelayan di Kedung Cowek, Bulak, Surabaya. Kemudian dilakukan pemasangan dan ujicoba di kapal sekaligus berlayar. Dokumentasi kegiatan ditunjukkan pada Gambar (14) dan Gambar (15).



Gambar 14 Penyerahan alat *converter-kit* pada nelayan.

4 | KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan lapangan yang telah dilakukan, nelayan masih belum mengenal mesin *dual fuel* dan penggunaan bahan bakar alternatif sangat minim, bahkan belum ada. Saat ini nelayan masih menggunakan mesin konvensional dengan menggunakan BBM. Dari hasil percobaan di laboratorium, penggunaan BBG sebagai pendamping dual fuel pada mesin diesel terbukti memiliki banyak keunggulan. Dari segi daya yang dihasilkan pada berbagai beban, daya relatif sama atau tidak kalah dengan daya yang dihasilkan oleh BBM terlihat pada Gambar (12). Sementara dari emisi gas buang yang dihasilkan, terbukti bahwa



Gambar 15 Uji *converter-kit* pada kapal nelayan.

BBG emisi NO_x jauh lebih rendah dibandingkan emisi BBM, terlihat pada Gambar (13). Dari segi konsumsi bahan bakar jika dihitung secara matematis adalah untuk mesin dengan daya 7.5 kW beroperasi selama 6 jam, butuh 8 L BBM sementara jika pada mode *dual fuel* membutuhkan BBG 0.9 kg dan 3 L BBM.

5 | UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) dan Departemen Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang telah mendukung dan bersedia mendanai kegiatan ini.

Referensi

1. Kementerian E. Rencana Strategis Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta: KESDM 2015;.
2. Fitriyatus A, Fauzi A, Juanda B. Prediction of Fuel Supply and Consumption in Indonesia with System Dynamics Model. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia* 2018;17(2):118–137.
3. Iswantoro A, Ariana IM, Semin S, Fathallah AZM, Cahyono B. Pelatihan Tentang Modifikasi, Pengoperasian dan Perawatan Mesin Dual Fuel untuk Nelayan di Daerah Kenjeran Surabaya. *Sewagati* 2021;4(3):249–255.
4. Pusdatin E. Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2012. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta 2015;45(12).
5. Ehsan M, Bhuiyan S. Dual fuel performance of a small diesel engine for applications with less frequent load variations. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering* 2009;9(10):30–39.
6. Wei L, Geng P. A review on natural gas/diesel dual fuel combustion, emissions and performance. *Fuel Processing Technology* 2016;142:264–278.

Cara mengutip artikel ini: Iswantoro, A., Ariana, I.M., Semin Fathallah, A.Z.M. & Cahyono, B. (2022), Pembuatan *Converter-kit Dual Fuel LPG-Diesel Fuel* untuk Nelayan di Daerah Kenjeran Surabaya, *Sewagati*, 6(6):711-720. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i6.235>.