

Pelatihan Tentang Modifikasi, Pengoperasian dan Perawatan Mesin *Dual Fuel* untuk Nelayan di Daerah Kenjeran Surabaya

Adhi Iswanto, I Made Ariana, Semin, Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, dan Beny Cahyono
Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111

Email:

adhi.iswanto@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) meningkat, tetapi tidak dibarengi ketersediaan BBM melimpah. Sehingga beberapa daerah di Indonesia mengalami kelangkaan BBM. Salah satu masyarakat yang merasakan dampaknya nelayan. Nelayan tidak bisa mencari ikan karena kelangkaan BBM. Salah satu cara mengatasi hal tersebut adalah adanya bahan bakar alternatif, diantaranya adalah bahan bakar gas (BBG). Beberapa nelayan telah menggunakan kombinasi antara LPG dan BBM. Akan tetapi perlu adanya sosialisasi lebih lanjut kepada nelayan agar penggunaannya lebih aman dan modifikasi mesin dilakukan dengan benar. Atas permasalahan tersebut, maka perlu adanya pelatihan kepada nelayan tentang modifikasi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel*. Dalam kegiatan ini kami melakukan pelatihan kepada nelayan di daerah Kenjeran Surabaya tentang cara memodifikasi, pengoperasian dan perawatan mesin. Dari hasil analisis yang dilakukan berdasarkan keterangan nelayan, dengan jarak tempuh yang sama, jika menggunakan BBM, sekali melaut pergi-pulang membutuhkan 8 liter BBM, jika dirupiahkan sekitar Rp 80.000,-. Tetapi jika menggunakan mesin *dual fuel*, untuk mesin bensin membutuhkan 1 tabung LPG 3 kg harganya Rp 17.000,-. Sementara untuk mesin diesel butuh 1 tabung LPG 3 kg harganya Rp 17.000,- dan BBM 3 liter harga sekitar Rp 30.000,- sehingga jika ditotal Rp 47.000,-. Sehingga ini bisa sebagai bahan bakar alternatif dan lebih hemat.

Kata Kunci: *Dual Fuel*, Mesin, Nelayan.

PENDAHULUAN

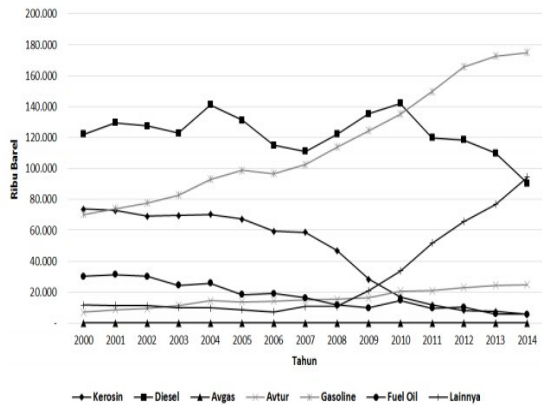
Bahan bakar minyak (BBM) menjadi salah satu kebutuhan penting bagi masyarakat untuk beraktivitas sehari-hari, terutama untuk kebutuhan transportasi. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, kebutuhan atau konsumsi BBM terus mengalami tren peningkatan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun untuk bahan bakar tertentu. Berikut ini adalah grafik konsumsi bahan bakar berbagai jenis dari tahun 2000 hingga 2014 pada Gambar 1 (Kementerian ESDM, 2015).

Dari Gambar 1 terdapat jenis bahan bakar kerosin, diesel, *avgas*, *avtur*, *gasoline*, *fuel oil* dan lainnya. Untuk kerosin setiap tahun mengalami penurunan konsumsi hingga dibawah 20.000 barel pada tahun 2014. Untuk 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. Kemudian *avgas* selalu stabil setiap tahunnya dibawah 20.000 barel. Untuk *avtur* selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya akan tetapi tidak signifikan,

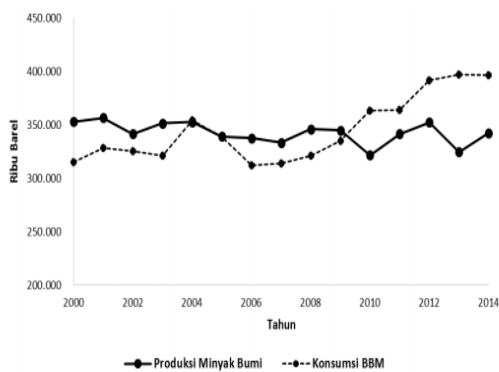
dimana nilai tertinggi pada tahun 2014 sekitar 25.000 barel. Sementara untuk *gasoline* dan bahan bakar lain (termasuk gas) mengalami kenaikan tajam tiap tahun dibandingkan yang lainnya. *Gasoline* tertinggi pada tahun 2014 sekitar 175.000 barel dan lain-lain tertinggi juga pada tahun 2014 sekitar 90.000 barel. Sedangkan *fuel oil* setiap tahunnya mengalami penurunan dimana di tahun 2014 adalah yang paling rendah dibawah 20.000 barel (Fitriyatus et al., 2018).

Meningkatnya konsumsi BBM ternyata tidak dibarengi dengan ketersediaan BBM yang melimpah, sehingga di beberapa daerah di Indonesia mengalami kelangkaan BBM hingga berhari-hari. Berikut ini adalah gambaran grafik produksi minyak dalam negeri berdasarkan data Kementerian ESDM dari tahun 2000 hingga 2014 yang mengalami tren penurunan pada Gambar 2 (Kementerian ESDM, 2015)

Dari 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



Gambar 1. Konsumsi BBM per Jenis di Indonesia (Ribu Barel).



Gambar 2. Produksi Minyak Bumi dan Konsumsi BBM Indonesia (Ribu Barel).

konsumsi bahan bakar lebih besar atau melebihi produksi minyak bumi sehingga tidak mencukupi atau kurang untuk kebutuhan nasional.

Kurangnya ketersediaan BBM ini tentu bisa menghambat aktivitas masyarakat. Salah satu masyarakat yang merasakan dampaknya adalah nelayan, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Banyak nelayan yang tidak bisa melaut mencari ikan karena kelangkaan BBM dan walaupun ada harganya mahal sehingga tidak terjangkau oleh nelayan. Selain itu membuat nelayan terancam menganggur jika tidak ada aktivitas mencari ikan. Hal ini juga dirasakan oleh nelayan yang berada di Pantai Utara Jawa (Pantura) termasuk di daerah Kenjeran Surabaya. Sehingga untuk mencukupi kebutuhan harian tidak bisa karena mereka tidak melaut. Tidak sedikit diantara mereka akhirnya beralih profesi untuk bisa bertahan hidup dengan keluarga.

Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah adanya bahan bakar alternatif yang mudah didapatkan serta harga lebih kompetitif dibandingkan dengan BBM. Dan BBG menjadi salah satu opsi yang bisa digunakan. Selain lebih terjangkau dan mudah didapatkan, BBG memiliki kandungan energi yang lebih tinggi dibandingkan BBM dalam satuan volume atau berat yang sama. Mesin *dual fuel* adalah mesin yang bisa menggunakan lebih dari satu bahan bakar dalam waktu



Gambar 3. Kelangkaan BBM.

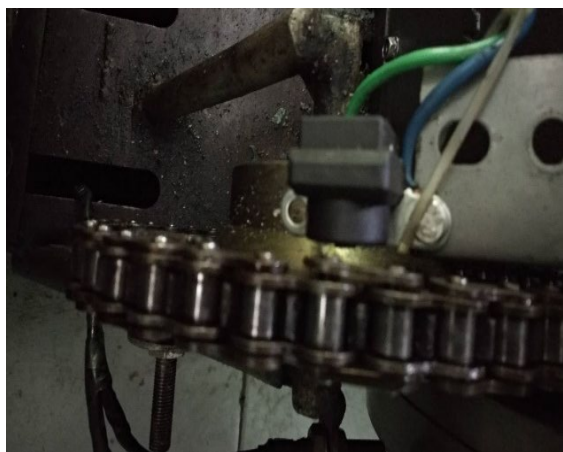


Gambar 4. Electronic Control Unit (ECU).

bersamaan terutama pada mesin diesel berbeda dengan mesin bensin (Ehsan & Bhuiyan, 2009). Dalam kasus ini, nelayan bisa memanfaatkan *Liquified Petroleum Gas (LPG)* sebagai bahan bakar alternatif untuk operasional kapal yang selama ini hanya menggunakan BBM saja. Beberapa nelayan di Indonesia telah menggunakan gabungan atau kombinasi antara LPG dan BBM dengan maksud agar konsumsi BBM bisa ditekan dan bisa menghemat biaya operasional kapal. Akan tetapi perlu adanya sosialisasi dan pengetahuan lebih lanjut kepada nelayan agar penggunaannya lebih aman (*safety*) dan modifikasi mesin dilakukan dengan benar.

Permasalahan yang dibahas pada makalah ini adalah pemberdayaan nelayan di daerah Kenjeran Surabaya untuk bisa mengkonversi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel* dengan rumusan konsep sebagai berikut: (1) Bagaimana cara memodifikasi mesin biasa menjadi *dual fuel*?; (2) Bagaimana pengoperasian mesin *dual fuel* dengan benar?; (3) Bagaimana merawat mesin *dual fuel* dengan benar?.

Untuk menajamkan pembahasan masalah yang terjadi pada makalah ini agar lebih terfokus dan terarah, maka dalam hal ini batasan masalah pada makalah ini adalah sebagai berikut: (1) Mesin yang dimodifikasi adalah mesin untuk kapal nelayan yang berukuran maksimal 20 GT; (2) Gas yang digunakan adalah *Liquified Petroleum Gas*



Gambar 5. Sensor putaran.



Gambar 6. Injektor gas.



Gambar 7. Pressure Reducing.



Gambar 8. Gas LPG.

(LPG) yang mudah didapatkan nelayan; (3) Mesin yang dimodifikasi adalah mesin diesel dan mesin bensin.

Makalah pelatihan modifikasi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel*, pengoperasian dan perawatan mesin ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan di daerah Kenjeran Surabaya, dengan cara memberikan keterampilan para nelayan setempat dalam hal modifikasi, pengoperasian dan perawatan mesin *dual fuel*.

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 ketrampilan memodifikasi mesin agar bias menggunakan bahan bakar alternatif yang lebih murah sehingga nelayan dapat melaut setiap waktu dan penghasilan menjadi meningkat.

METODOLOGI DAN BAHAN

Penjelasan mengenai metodologi yang digunakan pada artikel pelatihan tentang modifikasi, pengoperasian dan perawatan mesin *dual fuel* dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini.

Survei Pengumpulan Data

Survei untuk mengumpulkan data-data di lapangan yang mendukung perlu dilakukan agar menjadi tepat sasaran dan berdampak besar. 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. Dan semua nelayan masih belum mengenal mesin *dual fuel* sehingga selama ini masih menggunakan BBM semua. Dengan komposisi perbandingan kurang lebih 60% nelayan menggunakan mesin bensin dan 40% nelayan menggunakan mesin diesel.

Perancangan Mesin Dual Fuel di Laboratorium

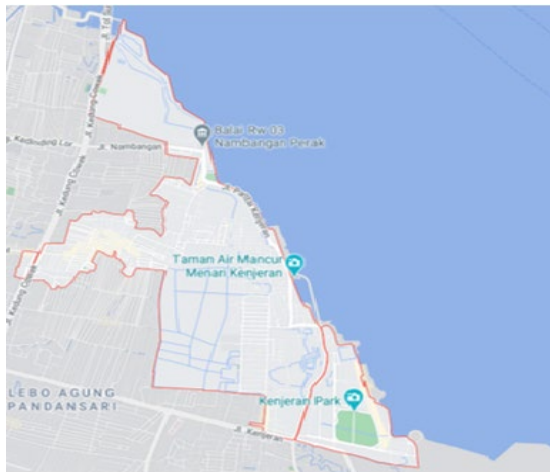
Sebelum melakukan kegiatan di masyarakat, kami melakukan perancangan system yang digunakan untuk melakukan modifikasi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel*. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel Yanmar TF 85 MH dengan daya 7.5 kW. Dengan menggunakan gas sebagai bahan bakar pendampingnya. Peralatan yang digunakan adalah *Electronic Control Unit (ECU)*, baterai, sensor putaran, injektor gas, pipa fleksibel, tabung gas dan kabel (Wei & Geng, 2016).

Pembuatan Mesin Dual Fuel di Laboratorium

Setelah perancangan mesin *dual fuel* selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pembuatan mesin *dual fuel*



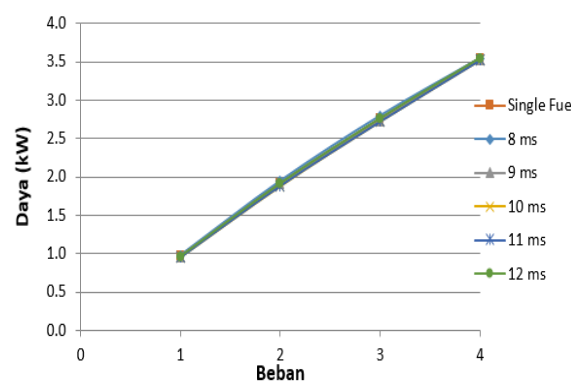
Gambar 9. Mesin Diesel.



Gambar 10. Peta kecamatan Bulak Surabaya.



Gambar 11. Kapal nelayan Bulak.



Gambar 12. Grafik daya terhadap beban hasil percobaan.

dengan merangkai semua bahan dan peralatan yang digunakan dalam proses modifikasi.

Pengujian Mesin Dual Fuel di Laboratorium

Setelah pembuatan mesin *dual fuel* selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pengujian mesin *dual fuel* pada mesin Yanmar TF 85 MH yang sudah dimodifikasi. Yang diamati adalah performansi dari mesin setelah dimodifikasi dan efektifitas dari gas yang masuk ke dalam mesin.

Analisa Teknis dan Ekonomis

Analisa teknis dari makalah ini adalah berupa perbandingan teknis antara performansi mesin konvensional dan mesin *dual fuel*. Sedangkan untuk analisa ekonomisnya adalah perbandingan konsumsi bahan bakar pada mesin. Peralatan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4 – Gambar 9.

Pada Gambar 4 terlihat peralatan yang digunakan adalah *Electronic Control Unit (ECU)* yang merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur besar-kecilnya BBG yang disemprotkan ke dalam ruang bakar dengan cara mengatur bukaan katup berdasarkan beban mesin.

Sedangkan pada Gambar 5 terlihat adalah sensor putaran yang memiliki fungsi sebagai pembaca putaran mesin pada berbagai beban mesin. Kemudian sensor ini akan mengirimkan data putaran ke ECU sebagai inputan

sehingga ECU bisa mengatur jumlah BBG yang dibutuhkan.

Pada Gambar 6 merupakan peralatan berupa injektor gas yang berfungsi menyemprotkan gas ke dalam ruang bakar mesin. Dengan injektor gas ini maka bentuk semprotan gas bisa lebih baik sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna.

Pada Gambar 7 terlihat merupakan alat pengurang tekanan atau *pressure reducing* yang memiliki fungsi untuk mengurangi tekanan gas dari tabung gas sebelum masuk ke dalam ruang bakar mesin. Sehingga tekanan gas tidak terlalu besar.

Gambar 8 memperlihatkan tabung gas yang dipakai untuk menyuplai kebutuhan gas selama mesin beroperasi dimana tabung gas ini berfungsi juga sebagai *reservoir*.

Gambar 9 merupakan mesin yang dipakai untuk pelatihan kepada nelayan. Mesin ini merupakan mesin diesel yang telah dimodifikasi menjadi *dual fuel*. Sehingga bisa beroperasi menggunakan BBM dan BBG secara bersamaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah Kecamatan Bulak, Surabaya

Kota Surabaya. Pada Gambar 10 memperlihatkan jika Kecamatan Bulak secara administratif berbatasan dengan kecamatan Kenjeran di sebelah utara, kecamatan



Gambar 13. Narasumber memberikan paparan kepada peserta.



Gambar 14. Narasumber memberikan praktik kepada peserta.

Tambaksari di sebelah barat dan kecamatan Mulyorejo di sebelah selatan. Secara geografis letaknya berada di tepi laut atau berbatasan dengan 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. Kecamatan Bulak memiliki 4 kelurahan yaitu kelurahan Bulak, kelurahan Kedung Cowek, kelurahan Sukolilo Baru dan kelurahan Kenjeran.

Kebutuhan BBM Nelayan

Dengan letak geografis yang berada di tepi laut atau selat Madura, membuat masyarakat yang tinggal di Kecamatan Bulak mayoritas bekerja sebagai nelayan. Seperti yang terlihat pada Gambar 11 yang menunjukkan deretan kapal-kapal nelayan Bulak yang dipakai untuk mencari ikan setiap harinya. Berdasarkan keterangan beberapa nelayan Bulak, dalam satu hari melaut untuk mencari ikan, 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 gr/kWh). Jika dihitung secara matematis maka per jamnya mengkonsumsi BBM sebanyak 1.3 liter sampai 1.4 liter. Dengan 6 jam melaut dan menghabiskan 8 liter BBM, jika dikonversi ke rupiah maka nilainya menjadi sekitar Rp 80.000,- untuk sekali melaut satu kali pergi-pulang (dengan asumsi harga BBM Rp 10.000,-/liter).

$$Fuel\ Consumption = SFC \times Power \times Hour \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM} &= 180 \times 7.5 \times 6 \\ &= 8100 \text{ gr} \\ &= 8.1 \text{ liter} \end{aligned}$$

Ini artinya dalam sehari nelayan menghabiskan sekitar 8 liter BBM atau Rp 80.000,-. Jika dihitung per bulan, maka menjadi sekitar 240 liter atau Rp 2.400.000,-. Dengan penghasilan tidak menentu, secara tidak langsung biaya operasional kapal terasa sangat berat. Dan nilai ini untuk 1 nelayan, di Kecamatan Bulak ada sekitar 200 lebih nelayan. Sehingga nilainya cukup besar dan kebutuhan BBM untuk nelayan juga sangat besar guna mencukupi semua nelayan.

Gas LPG Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Gas memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan BBM, diantaranya lebih ringan massanya, kandungan energi lebih besar dibanding BBM, polusi udara lebih kecil dan mudah didapatkan di pasaran. Akan tetapi pemanfaatan gas, terutama LPG untuk bahan bakar alternatif mesin kapal nelayan masih sedikit. Hal ini karena kurangnya pelatihan kepada nelayan.

Ujicoba penggunaan gas LPG pada mesin *dual fuel* yang telah dimodifikasi dilakukan dengan tahapan berikut: (1) melakukan pengecekan pipa pada bahan bakar LPG dan BBM serta tekanan pada LPG; (2) melakukan setelan pada *injection timing* dan durasi bukaan katup gas LPG 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 watt dengan putaran konstan 2000 RPM kemudian membuka katup tabung gas dengan tekanan tertentu dan membuka *flow meter gas*. Setelah bahan bakar LPG 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 matikan mesin.

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

$$P = \frac{V \times I \times \text{Cos } \phi}{ng \times \eta_t} \quad (2)$$

Dimana:

- P : daya (kW)
- V : tegangan listrik (V)
- I : arus listrik (A)
- Cos ϕ : 0.9
- ng : efisiensi generator sebagai beban
- η_t : efisiensi slip

Gambar 12 menunjukkan bahwa daya efektif yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya beban satu sampai empat yang diberikan, yaitu 1000 – 4000 watt 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.

Dengan kasus yang sama, jika dalam satu hari nelayan menghabiskan waktu 6 jam untuk mencari ikan di laut, apabila dibandingkan antara mesin konvensional dan mesin *dual fuel* maka akan terlihat perbedaannya,

Untuk mesin bensin, mesin ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan mesin diesel. Ketika mesin ini dimodifikasi menjadi mesin *dual fuel*, dengan adanya *spark-ignition* maka mesin bensin bisa menggunakan 100% gas LPG saat beroperasi, sehingga tidak membutuhkan BBM sama sekali.

Sedangkan untuk mesin diesel, saat dimodifikasi menjadi mesin *dual fuel*, karena tidak memiliki *spark-ignition* maka agar bisa menyala mesin ini tetap membutuhkan BBM sebagai pemicu pembakaran tetapi dengan jumlah yang sedikit.

Secara matematis dapat dihitung dengan pendekatan menggunakan formula (1) sebelumnya yaitu:

$$Fuel\ Consumption = SFC \times Power \times Hour \quad (1)$$

Dimana:

$$- SFC = specific\ fuel\ consumption\ (gr/kwh)$$

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

A. Untuk Mesin Bensin

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa mesin bensin dapat beroperasi menggunakan 100% gas tanpa perlu BBM karena memiliki *spark-ignition*. Dari percobaan di laboratorium, nilai SFC untuk gas adalah sekitar 33.33 gr/kWh atau 0.033 kg/kWh. Apabila menggunakan tabung gas LPG ukuran 3 kg, daya mesin 7.5 kW dan operasional kapal nelayan di laut 6 jam, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi bahan bakar} &= 0.033 \times 7.5 \times 6 \\ &= 1.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Artinya 1 tabung gas LPG ukuran 3 kg dapat digunakan untuk 2 hari melaut karena per hari hanya menghabiskan 1.5 kg gas saja selama 6 jam. Jika dirupiahkan harga tabung gas LPG 3 kg adalah Rp 17.000,-. Sehingga nelayan yang menggunakan mesin bensin yang dimodifikasi menjadi mesin *dual fuel* bisa menekan biaya operasional.

B. Untuk Mesin Diesel

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa 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 gr/kWh atau 0.020 kg/kWh dan SFC BBM adalah sekitar 66.6 gr/kWh pada mode *dual fuel*. Apabila menggunakan tabung gas LPG ukuran 3 kg, daya mesin 7.5 kW dan operasional kapal nelayan di laut 6 jam, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Gas LPG} &= 0.020 \times 7.5 \times 6 \\ &= 0.9 \text{ kg} \\ \text{Konsumsi BBM} &= 66.6 \times 7.5 \times 6 \\ &= 3000 \text{ gr} \\ &= 3 \text{ liter} \end{aligned}$$

Artinya 1 tabung gas LPG ukuran 3 kg dapat digunakan untuk 3 hari melaut karena per hari hanya menghabiskan 0.9 kg gas saja selama 6 jam. Jika dirupiahkan harga tabung gas LPG 3 kg adalah Rp 17.000,-. Sementara untuk harga 3 liter BBM adalah sekitar Rp 30.000,-. Jadi jika ditotal maka biaya operasional pada mesin diesel *dual fuel* adalah sekitar Rp 47.000,- untuk 6 jam melaut. Sehingga nelayan yang menggunakan mesin diesel yang dimodifikasi menjadi mesin *dual fuel* bisa menekan biaya operasional.

Pelatihan

Setelah selesai perancangan, pembuatan dan analisa selanjutnya dilakukan pelatihan tentang cara memodifikasi mesin konvensional menjadi mesin *dual fuel* serta cara pengoperasian dan perawatannya di daerah Kedung Cowek, Bulak, Surabaya. Pelatihan ini ditujukan kepada masyarakat nelayan di pesisir pantai Surabaya. Materi pelatihan adalah sebagai berikut: Pendahuluan; Mesin *dual fuel*; Bahan bakar alternatif; Modifikasi mesin menjadi *dual fuel*; Cara pengoperasian dan Cara perawatan mesin. Dokumentasi pelatihan ditunjukkan pada Gambar 13 dan Gambar 14.

KESIMPULAN

Dari hasil survei yang telah dilakukan, nelayan masih belum mengenal mesin *dual fuel* dan penggunaan bahan bakar alternatif masih belum digunakan. Saat dilakukan survei nelayan masih menggunakan mesin konvensional dengan menggunakan BBM saja. Sehingga pengeluaran nelayan untuk biaya operasional mesin kapal masih tinggi. Dari hasil perhitungan matematis yang dilakukan berdasarkan keterangan nelayan, dengan jarak tempuh yang sama yang dilakukan nelayan Kedung Cowek, jika menggunakan BBM, sekali melaut pergi-pulang menghabiskan 8 liter BBM, jika dirupiahkan sekitar Rp 80.000,-. Akan tetapi jika menggunakan mesin *dual fuel*, untuk mesin bensin hanya butuh 1 tabung LPG ukuran 3 kg yang harganya Rp 17.000,-. Sementara untuk mesin diesel butuh 1 tabung LPG ukuran 3 kg yang harganya Rp 17.000,- dan BBM 3 liter dengan harga sekitar Rp 30.000,- sehingga jika ditotal menjadi Rp 47.000,-. Maka jika dibandingkan, mesin konvensional membutuhkan biaya operasional lebih tinggi.

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.

DAFTAR PUSTAKA

Ehsan, M., & Bhuiyan, S. (2009). Dual fuel performance of a small diesel engine for applications with less frequent load variations. *International Journal of Mechanical and Mechatronics*

Engineering, 9(10), 30–39.

ESDM, Kementerian. (2015). *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*. Indonesia, Jakarta, Ministry of Energy and Mineral Resources of Republic.

ESDM, Kementrian. (2015). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia* (Final Edit, Vol. 45, Issue 12). Head of Center for Data and Information Technology on Energy and Mineral Resources. <https://doi.org/10.1515/9781400872541-018>.

Fitriyatus, A., Fauzi, A., & Juanda, B. (2018). Prediction of fuel supply and consumption in indonesia with system dynamics model. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 17(2), 118–137.

Wei, L., & Geng, P. (2016). A review on natural gas/diesel dual fuel combustion, emissions and performance. *Fuel Processing Technology*, 142, 264–278. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.09.018>