

STRATEGI PERAWATAN MESIN DIESEL KAPAL TUG BOAT BERBAHAN BAKAR BIODIESEL

Imam Fahruddin
Program Studi Teknika
Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
Jl. Marunda, Cilincing,
Jakarta Utara, DKI Jakarta
fahrudinuin@gmail.com

Denny Fitriani
Program Studi Nautika
Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
Jl. Marunda, Cilincing,
Jakarta Utara, DKI Jakarta
dny_fr@yahoo.com

Sulkifli¹
Mahasiswa Prodi Teknika
Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
Jl. Marunda, Cilincing,
Jakarta Utara, DKI Jakarta
sulkifli@gmail.com

Abstract

The diesel engine as the main propulsion engine, has greatly affects the smoothness operation of the tug boat. To achieve good diesel engine performance, a perfect combustion process is needed. The problems found by researchers on the tug boats that use biodiesel are low quality fuel and the damage on the injector nozzle. The method used to address the problem are modify the addition of a fuel filter, perform maintenance and repairing the injector nozzle. From the results of the studies, it was concluded that after modification and addition the fuel filter, a cleaner biodiesel was obtained. These can minimize the damage of injection pump and injector components. Then, maintenance on the diesel engine must be accordance with the plan maintenance system and manual book. In addition, replacement of spare parts must use original spare parts from the manufacturer and the appropriate part number in the catalog book.

Keywords: tug boat, diesel engine, biodiesel, strategy, maintenance

Abstrak

Mesin diesel sebagai mesin penggerak utama, sangat mempengaruhi kelancaran pengoperasian kapal *tug boat*. Untuk mencapai performa mesin diesel yang baik, diperlukan proses pembakaran yang sempurna. Permasalahan yang ditemukan peneliti pada kapal tunda yang menggunakan biodiesel adalah kualitas bahan bakar yang rendah dan kerusakan pada *injector nozzle*. Metode yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah memodifikasi penambahan filter bahan bakar, melakukan perawatan dan perbaikan *injector nozzle*. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa setelah dilakukan modifikasi dan penambahan filter bahan bakar, diperoleh biodiesel yang lebih bersih. Hal ini dapat meminimalkan kerusakan *injector pump* dan komponen *injector*. Kemudian, perawatan pada mesin diesel harus sesuai dengan *plan maintenance system* dan *manual book*. Selain itu, penggantian suku cadang harus menggunakan suku cadang asli dari pabrikan dan nomor suku cadang yang sesuai di buku katalog.

Kata Kunci: kapal *tug boat*, mesin diesel, biosolar, strategi, perawatan.

PENDAHULUAN

Dalam dunia pelayaran, kapal laut merupakan alat transportasi terpenting dalam menghubungkan lokasi asal ke tujuan. Di era sekarang, kompetisi jasa transportasi sangat ketat sehingga perusahaan lebih mengutamakan waktu, keamanan serta keselamatan terhadap jasa yang diberikan (Kadarisman, 2017).

Beberapa kapal niaga yang beroperasi saat ini menggunakan motor diesel sebagai mesin penggerak utama maupun permesinan bantu, sehingga sangat berpengaruh dalam menunjang kelancaran operasional kapal. Untuk mencapai performa motor diesel yang baik diperlukan

¹ Corresponding Author : sulkifli@gmail.com

proses pembakaran di dalam mesin yang dapat terselesaikan dengan sempurna yang melibatkan prinsip segitiga api, yaitu bahan bakar, udara dan panas (Herlina, 2019). Perbandingan segitiga api di dalam ruang bakar mesin yang tidak sesuai akan mengakibatkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Hal ini berakibat motor diesel mengalami penurunan performa karena bahan bakar yang disemprotkan oleh injector tidak semuanya terbakar, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi boros serta menyebabkan tenaga yang dihasilkan tidak maksimal (Paliaky, 2021).

Biodiesel berasal dari tumbuhan yang diolah seperti esterifikasi menggunakan alkohol. Misalnya, B30 merupakan bahan bakar yang terdiri dari 30% biodiesel dan 70% solar (Barus, 2018). Jadi, biodiesel adalah bahan bakar yang ramah lingkungan, daya pelumas dan titik nyala tinggi, sehingga aman digunakan karena bebas sulfur (Soerawidjaja, 2015). Pemerintah menerapkan kebijakan penggunaan biosolar, terutama tahun 2014 menggunakan B10, kemudian diganti B15 tahun 2015, dikembangkan lagi pada tahun 2016 menjadi B20, dilanjutkan dengan B30 tahun 2020 (Wibowo, 2019) terutama di angkutan laut. Namun, dalam penerapan regulasi tersebut banyak ditemukan kerusakan pada permesinan kapal terutama bagian filter yang cepat rusak dan harus segera diganti (Hidayat, 2019). Hal ini terjadi karena viskositas biodiesel lebih tinggi dibandingkan solar pada umumnya (Suharto, 2017).

Dari hasil observasi, hal-hal yang menyebabkan penurunan performa motor diesel pada kapal Tug Boat berbahan bakar biosolar yaitu kerusakan pada *injector nozzle* dan *plunger injection pump*. Indikator yang dapat diamati yaitu kotornya filter bahan bakar yang menyebabkan *plunger* pada *injection pump* dan *nozzle* pada *injector* menjadi macet. Kemudian rendahnya kualitas bahan bakar di *settling tank*, karena ditemukan tercampurnya bahan bakar kapal tercampur dengan air seperti tampak pada gambar berikut ini.



Gambar 1. (a) Filter bahan bakar yang kotor, (b) kerusakan *nozzle*, (c) kerusakan *plunger*, (d) tercampurnya bahan bakar kapal dengan air

Penurunan performa motor diesel pada kapal Tug Boat disebabkan oleh kurangnya perawatan yang dilakukan secara terencana oleh kru kapal dalam menjaga kebersihan tangki-tangki penyimpanan bahan bakar dan juga kurang disiplin dalam melakukan pergantian filter-filter bahan bakar sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan (Ardhi, 2018). Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengkaji strategi yang perlu dilakukan untuk perawatan motor diesel pada kapal Tug Boat berbahan bakar biodiesel.

PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Pada saat kapal beroperasi, tekanan pompa bahan bakar yang menghisap bahan bakar dari tangki penyimpanan mengalami penurunan tekanan yang mengakibatkan menyalanya alarm *FO pump low pressure*. Dari hasil pengamatan ditemukan penurunan tekanan pada *FO pump*, menanggapi kondisi tersebut kru kapal segera melakukan pengecekan penyebab turunnya tekanan bahan bakar. Dari hasil pengamatan ditemukan kotornya filter bahan bakar sehingga menghambat aliran bahan bakar.

Pemeriksaan dilanjutkan pada sistem penyimpanan bahan bakar di dalam tangki, karena bahan bakar yang di pompa berasal dari tangki penyimpanan bahan bakar. Setelah melakukan pemeriksaan lanjutan terhadap tangki endapan dan tangki harian berupa penceratan pada tangki, ditemukan banyak terdapat endapan kotoran lumpur dan air di dalam tangki, seperti yang tampak pada gambar berikut ini.



Gambar 2. (a) Penceratan bahan bakar bercampur air dari tangki harian, (b) bahan bakar tercampur air dan lumpur

Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan dengan cara mencabut *injector* untuk dilakukan penyetelan tekanan dengan menggunakan alat test penguji tekanan (*test pump*) ditemukan *nozzle* dalam keadaan macet yang diindikasikan dengan terbentuknya tetesan pada *nozzle* sehingga tidak terjadi pengabutan yang sempurna seperti gambar berikut.



Gambar 3. (a) Pencabutan *injector nozzle* untuk dilakukan pengecekan, (b) Pengetesan *injector* untuk mengetahui *nozzle* yang macet, (c) Pengetesan tekanan *injector nozzle*

Dari deskripsi data diatas diperoleh kesimpulan bahwa masalah yang dialami yaitu rendahnya kualitas bahan bakar yang masuk dalam *settling tank* di kapal Tug Boat dan *injector nozzle* pada motor diesel di kapal Tug Boat mengalami kerusakan.

Analisis data

Penanganan bahan bakar di dalam tangki penyimpanan bahan bakar berjalan melalui penyaringan bahan bakar dengan menggunakan filter sebelum bahan bakar keluar dari tangki penyimpanan di dalam kamar mesin. Karena massa jenis minyak, air dan lumpur berbeda, maka terjadi pengendapan di dasar tangki berupa air dan lumpur (Marsudi, 2020).

Rendahnya kualitas bahan bakar yang terjadi didalam tangki penyimpanan bahan bakar baik di dalam tangki endap maupun di dalam tangki harian (*daily tank*) menyebabkan terganggunya kelancaran dalam hal perawatan bahan bakar di atas kapal (Almuzani, 2020). Dari hasil observasi ditemukan fakta-fakta sebagai berikut:

1. Banyaknya endapan lumpur dan air di dasar tangki penyimpanan *settling tank*.
Pada tangki penyimpanan bahan bakar khususnya pada *settling tank* terdapat banyak kotoran lumpur dan air yang mengendap di tangka sehingga menjadi tebal berdampak pada bahan bakar yang tersedia.
2. Filter saringan bahan bakar tidak berfungsi dengan baik
Pada umumnya filter saringan bahan bakar ada tiga jenis, yaitu:
 - a) Filter saringan kasar, ditempatkan sebelum pompa transfer.
 - b) Filter saringan halus, ditempatkan sesudah pompa transfer.
 - c) Filter saringan sangat halus, ditempatkan sebelum *injection pump*.

Dari hasil pengamatan di temukan bahan bakar banyak mengandung air, lumpur, belerang dan karbon, kemudian filter bahan bakar yang jarang di ganti sehingga perawatan yang dilakukan tidak teratur, hal ini berakibat filter pada saringan kasar, saringan halus dan saringan sangat halus menjadi kotor sehingga aliran bahan bakar terhambat masuk ke *injection pump* dan *injector*, seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 4. Penceratan kotoran lumpur dari tangki harian

Kemudian, macetnya pergerakan *plunger* dan *injector nozzle* dapat disebabkan oleh bahan bakar yang terkontaminasi oleh air atau kotoran sisa-sisa endapan yang berasal dari tangki bahan bakar. Adanya ketidaknormalan dari kinerja *injector* pada motor diesel, berakibat ditemukan beberapa tanda yang mengindikasikan bahwa motor diesel dalam kondisi tidak maksimal dalam pengoperasiannya, yaitu:

1. Gas buang hitam

Terbakarnya bahan bakar pada katup buang, karena adanya bahan bakar yang tidak dapat diurai sehingga keluar bersama-sama dengan gas pembakaran.

2 Suara ketukan

Menetesnya *injector*, karena ada campuran bahan bakar dan udara yang menyala, akibatnya bahan bakar yang mengalir bersamaan dengan proses penyalaan, terbakar akibatnya tekanan gas meningkat menyebabkan pergerakan pada torak sehingga menimbulkan getaran yang mengeluarkan bunyi atau suara.

3 Tingginya temperatur gas buang

Ketika tekanan bahan bakar dari pompa menurun maka beberapa bahan bakar di silinder tidak dapat diurai sehingga seiring berjalannya waktu menyebabkan temperatur gas buang meningkat.

Strategi yang dilakukan

Pada dasarnya di dalam bahan bakar terdapat unsur lumpur dan air, kedua faktor ini sangat buruk pengaruhnya terhadap kualitas bahan bakar (Hidayat, 2019). Untuk itu, strategi yang dilakukan penulis untuk meningkatkan kualitas bahan bakar sebelum masuk dalam motor diesel kapal yaitu dengan melakukan modifikasi dan penambahan filter. Adapun penambahan jenis filter bahan bakar meliputi *filter racor* merk *Parker 2020 PM* dan tabung *racor* merk *FG FH 1.000*.



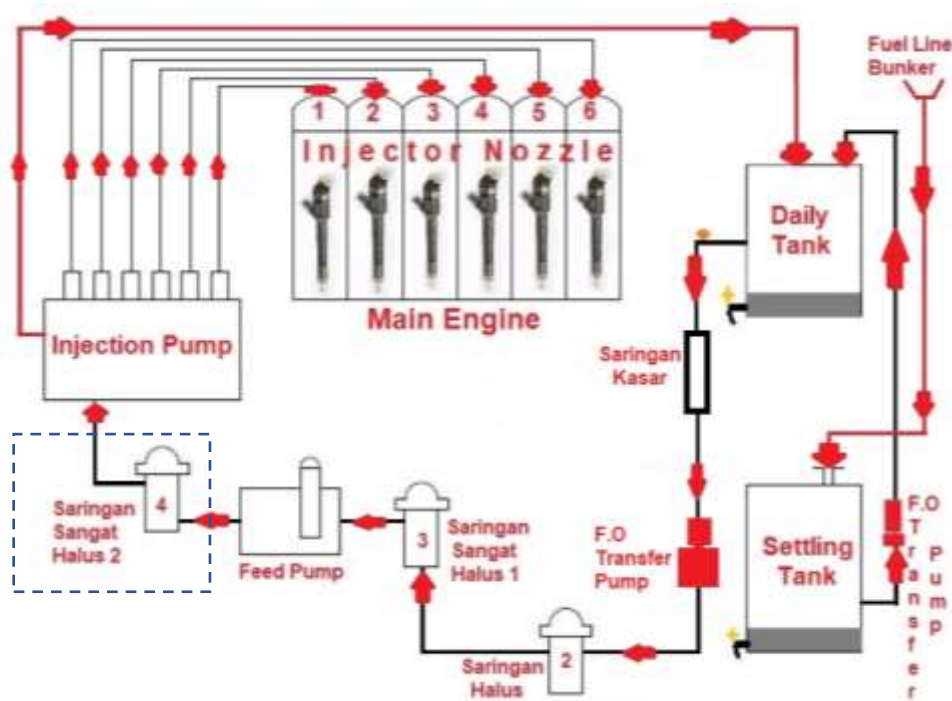
(a)



(b)

Gambar 5. (a) *Filter Racor Parker 2020 PM*, (b) *Tabung Racor FG FH 1.000*

Adapun diagram sistem bahan bakar kapal Tug Boat setelah dilakukan modifikasi dan penambahan filter bahan bakar disajikan dalam Gambar 6.



Keterangan: garis - - - menyatakan modifikasi yang dilakukan

Gambar 6. Diagram sistem bahan bakar kapal Tug Boat

Dari Gambar 6 terlihat bahwa bahan bakar dari settling tank ditransfer melalui pompa transfer bahan bakar (*F.O transfer pump*) masuk ke tangki harian (*daily tank*), kemudian bahan bakar dari *daily tank* melalui proses penyaringan pertama yaitu pada filter saringan kasar sebelum dihisap oleh pompa transfer bahan bakar, setelah itu bahan bakar melalui proses penyaringan yang kedua pada filter saringan halus. Selanjutnya bahan bakar disaring lagi melalui proses penyaringan ketiga pada filter saringan sangat halus, dan bahan bakar tersebut masuk ke *feed pump* kemudian bahan bakar disaring lagi melalui proses penyaringan keempat pada filter saringan sangat halus sebelum bahan bakar disalurkan ke *injection pump*, kemudian *injection pump* menekan bahan bakar minyak naik ke *injector nozzle* yang berada didalam *main engine* untuk dikabutkan sehingga terjadilah proses pembakaran didalam ruang bakar silinder pada motor diesel. Modifikasi yang dilakukan yaitu penambahan filter setelah *feed pump* dan sebelum *injection pump*, hal ini dapat menyebabkan bahan bakar lebih bersih.

Dengan memodifikasi pipa bahan bakar (selang *hose*) dan penambahan filter menghasilkan bahan bakar yang lebih bersih dan jernih sebelum masuk ke *injection pump* sehingga meminimalisir kerusakan komponen pada *injection pump* dan *injector*. Lebih lanjut, penginjeksian pada pompa injeksi bahan bakar (*injection pump*) dan pengabutan pada

injector nozzle tetap maksimal. Selanjutnya, gambar motor diesel kapal Tug Boat yang sudah diberikan penambahan filter sebagai berikut.



Gambar 7. Modifikasi penambahan filter bahan bakar di kapal Tug Boat

Adapun keuntungan melakukan modifikasi penambahan filter bahan bakar yaitu: kualitas bahan bakar minyak lebih bersih dan jernih, meminimalisir kerusakan komponen pada *injection pump* dan *injector*, dan penginjeksian pada pompa injeksi bahan bakar (*injection pump*) serta pengabutan pada *injector nozzle* tetap maksimal. Selain itu, dampak yang ditimbulkan meliputi penambahan pembelian pipa atau selang *hose* untuk memodifikasi pipa bahan bakar dan pembelian filter *racor*.

Lebih lanjut, bahan bakar di tangki penyimpanan hendaknya dijaga kualitasnya, sehingga dalam proses penyimpanan bahan bakar mutu bahan bakar tersebut dapat terjaga (Cakrawardana, 2021). Pengendalian yang harus dikerjakan dalam memaksimalkan proses perawatan bahan bakar dalam hal proses penyimpanan di dalam tangki penyimpanan bahan bakar antara lain:

- a. Pembersihan *settling tank* dan tangki harian (*daily tank*)
Melakukan pembersihan pada *settling tank* dan tangki harian yang ada di kapal secara berkala dan terencana, penulis menyarankan pembersihan *settling tank* dilakukan terhadap endapan air dan korosi dinding tangki minimal 3 bulan sekali (Immanuel, 2019). Dan untuk *daily tank* yang ada di *Engine Room* sebaiknya dilakukan pembersihan minimal 2 minggu sekali agar bahan bakar yang ada dalam *daily tank* lebih terjaga kebersihannya juga kemurnian dari bahan bakar tersebut. Hendaknya *daily tank* harus selalu terisi bahan bakar minimal 75% - 80% dari kapasitas tangki, hal ini untuk meminimalkan udara dalam tangki sehingga pengembunan di dalam tangki dapat di minimalkan.
- b. Pengendapan bahan bakar pada *settling tank*
Dikarenakan adanya pengendapan bahan bakar yang diendapkan dalam tangki endap, maka kotoran-kotoran akan mengendap disebabkan memiliki berat jenis yang besar. Sludge atau lumpur mempunyai berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan berat jenis minyak, maka lumpur tersebut akan mengendap sehingga mudah dibuang dengan

cara menceratnya keluar dari tangki. Penceratan pada tangki bahan bakar dianjurkan dilakukan setiap 4 jam sekali pada saat setiap melakukan tugas jaga, penceratan dilakukan terhadap tangki endap maupun tangki harian yang ada di kapal (Salsabila, 2019).

c. Penggantian filter-filter bahan bakar

Filter bahan bakar pada instalasi bahan bakar, baik sebelum masuk tangki penyimpanan maupun setelah keluar dari tangki penyimpanan sangat berguna untuk memisahkan kotoran-kotoran dari bahan bakar (Wahyudi, 2020). Filter biasanya ditempatkan sebelum pompa transfer dan juga ditempatkan sebelum bahan bakar masuk ke pompa injeksi bahan bakar (*Injection Pump*). Untuk itu diperlukan adanya penggantian filter secara rutin agar tidak mengganggu jalannya pengoperasian motor diesel penggerak utama, dan supaya kapal berjalan dengan normal tanpa adanya gangguan akibat dari bahan bakar (Gusrah, 2021).

Peranan pompa injeksi bahan bakar (*injection pump*) adalah penyuplai bahan bakar serta pemberi tekanan bahan bakar yang selanjutnya diteruskan ke injector untuk dikabutkan ke dalam ruang pembakaran dalam silinder (Syahyuniar, 2017). Efek dari pembakaran tidak sempurna adalah ketebalan asap pada gas buang mesin diesel, biasanya secara fisik asap terlihat lebih tebal atau pekat (Triawan, 2014). Ketebalan asap dalam emisi gas buang motor diesel disebut opasitas (*smoke opacity*). Untuk mengatasi kerusakan pada nozzle, dilakukan cara sebagai berikut:

a. Melakukan penyetelan *injector nozzle* yang benar

Dengan penyetelan *injector nozzle* yang tidak sesuai standar maka pengabutan bahan bakar kurang maksimal sehingga terjadi kenaikan temperatur gas buang dan konsumsi bahan bakar sehingga terbentuk karbon padat (Agus, 2015). Jadi dalam melakukan penyetelan pengabut bahan bakar, harus sesuai dengan standar yang benar. Agar diketahui kesesuaian penyemprotan bahan bakar, dilakukan tes *injector* dengan menggunakan alat tes pompa injector (*test pump injector/tester nozzle*), penyetelan *pressure* pada setiap *injector* adalah 280 – 300 kg/cm². Indikator penyemprotan bahan bakar dikategorikan baik apabila tidak ditemukan bahan bakar yang menetes dari ujung *nozzle*.

b. Perawatan rutin *injector nozzle* harus dilakukan secara periodik dan menyeluruh. Melakukan pergantian *nozzle* jika *nozzle* sudah tidak layak pakai. Pemilihan dan penggunaan *spare part nozzle* yang berkualitas baik sesuai *part number catalog book* mesin diesel yang digunakan (Ismail, 2016).

KESIMPULAN

Dengan melakukan modifikasi dan penambahan filter bahan bakar di kapal Tug Boat menyebabkan kualitas bahan bakar minyak menjadi lebih bersih dan jernih serta meminimalisir kerusakan komponen pada injection pump dan injector. Kemudian, perawatan pada motor diesel harus dilakukan sesuai dengan *plane management system* yang berlaku dan mengikuti prosedur sesuai dengan *instruction manual book*. Dalam melakukan pergantian suku cadang harus menggunakan suku cadang asli dari pabrik pembuatannya dan part number yang sesuai pada *catalog book*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah membantu pendanaan dalam penyelesaian artikel ini. Kemudian pimpinan PT. Armada Samudera Persada dan Bengkel Hokky Diesel yang telah membantu dalam pemberian data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, S. (2015). Trouble Shooting Sistem Injeksi Mesin Diesel Mitsubishi L300 Dan Cara Mengatasinya. *Nozzle: Journal Mechanical Engineering*, 3(1).
- Almuzani, N., Wahyudi, B. dan Fachruddin, I. (2020). Analisis konsumsi bahan bakar kapal niaga berdasarkan American Society For Testing Materials The Institute Of Petroleum (ASTM-IP). *Dinamika Bahari*, 1(1), 21-26.
- Ardhi, E. W., Nugroho, S. dan Pribadi, T. W. (2018). Penerapan Teknologi Informasi Pada Sistem Pemeliharaan Kapal Terencana. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 1-7.
- Barus R.B., (2018). “Petunjuk Teknis Penanganan Dan Penyimpanan Campuran Biodiesel 20% pada Aplikasi Unit Alat Berat Di Pertambangan Mineral Dan Batu Bara”. Direktorat Bioenergi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Cakrawardana, C. (2021). Dampak Kondisi Lingkungan Dalam Penyimpanan Biodiesel Terhadap Kualitas Bahan Bakar B30. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 7(2), 60-67.
- Gusrah, G. (2021). Analisis Rusaknya Pompa Muatan Pada Saat Bongkar Muatan Di MT. Sharon. In *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi* (Vol. 4, pp. 502-509).
- Herlina, Y., Pratama, G. D. dan Waspododo, F. (2019). Mengamati Turunnya Kinerja Injector Motor Induk Di Kapal KM. Zaisan Star II PT. Zaisan Citra Mandiri. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 1(1), 1-9.
- Hidayad, N., Ramadhan, P. dan Daging, I. K. (2019). Analisa Penggunaan Biosolar (B20) Dalam Kinerja Sistem Bahan Bakar di KP. ORCA 02. *Buletin Jalanidhitah Sarva Jivita*, 1(2), 89-101.
- Ismail, A. R. (2016). *Predictive Maintenance (PdM) Dengan Sistem Major Overhaul Pada Mesin Diesel Mirrless Blackstone ELS 16 MK 2 Di PLTD Poasia*. *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 2(2), 42-49.
- Imanuell, R. dan Lutfi, M. (2019). Analisa Perawatan Berbasis Keandalan Pada Sistem Bahan Bakar Mesin Utama KMP. Bontoharu. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 5(1), 36-43.

- Kadarisman, M. (2017). Kebijakan keselamatan dan keamanan maritim dalam menunjang sistem transportasi laut. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 4(2), 177-192.
- Marsudi, S. dan Palippui, H. (2020). Analisis perawatan purifier pada sistem bahan bakar main engine kapal. *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 1-7.
- Paliaky, D. V. dan Handoko, S. (2021, December). EBT-22 Optimalisasi Unjuk Kerja Motor Diesel Man D2842 LE201DI PT. PLN (PERSERO) UP3 SAUMLAKI ULP MOA. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral (Vol. 1, No. 2, pp. 725-733)*.
- Salsabila, G. H. H. (2019). Proses Treatment Marine Fuel Oil (Mfo) Sebagai Bahan Bakar Pada Mesin Diesel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(1), 30-35.
- Soerawidjaja, T. H. (2005). Minyak-lemak dan produk-produk kimia lain dari kelapa. Handout kuliah Proses Industri Kimia, Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung.
- Syahyuniar, R. (2017). Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe Distributor dalam Persamaan Aliran Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Tiap Silinder Engine Diesel. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 61-69.
- Triawan, A. A., Amin, B. dan Andrizal, A. (2014). Analisis Penggunaan Bahan Bakar Solar dan Pertamina Dex terhadap Tingkat Ketebalan Gas Buang (Opasitas) pada Motor Diesel Mitsubishi L300 Tahun 2010. *Automotive Engineering Education Journals*, 3(2).
- Wibowo, A., Febriansyah, H. dan Suminto, S. (2019). Pengembangan standar biodiesel b20 mendukung implementasi diversifikasi energi nasional. *Jurnal Standardisasi*, 21(1), 55-66.
- Wahyudi, B. dan Fachruddin, I. (2020). Analisis Daya dan Biaya Penggunaan Low Sulfur Fuel Oil (LSFO) dengan High Sulfur Fuel Oil (HSFO) dilengkapi Scrubber pada Kapal Niaga. *Dinamika Bahari*, 1(1), 31-37.