



Pengaruh Kerja injektor Pada Proses Pembakaran Mesin Diesel

Adnan¹; Iqna Al Musyaddad²; Rivaldi Pratama³

¹Politeknik Pelayaran Barombong

²Politeknik Pelayaran Banten

³Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Io Artikel :

Diterima 22 Desember, 2022

Direvisi 26 Desember, 2022

Dipublikasikan Desember, 2022

Keyword:

Bosch Pump

Injektor

Fuel Oil

Kata Kunci:

Bahan Bakar

Injektor

Pompa Bosch

ABSTRACT

Injector's Performance Concerning To Process Of Diesel Engine's Combustion On MV. Andhika Paramesti. Injector is the component chamber that has function to inject the fuel oil in mist form to the combustion space assisted by high pressure pump called Bosch Pump. Bosch Pump will compress the fuel oil in to injector with high pressure, until the fuel forced and come out in the form of mist from injector by the small size of injector hole. The purpose of this research is to find out the influence caused by leakage so injector concerning quality of combustion. This research is carried out on MV. Andhika Paramesti owned by maritime company PT. Andhika Line dur¹ingoneyear. Sourceof data that have been collected from there search location. Through observation and directly interview with Chief Engineer and other Engineers onboard, also using library research that related to the title. The result of this research shows that injektoris not working properly it will influere by the operational of main engine, that decrease the engine performance and fuel consumption. If this happen continously, it will hard the engine. In order to prevent damage, well maintenace regularly are needed based on the working hours available on manual instruction book on board.

ABSTRAK

Performa Injektor Dalam Proses Pembakaran Mesin Diesel Pada Kapal MV. Andhika Paramesti. Injektor adalah ruang komponen yang berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar minyak dalam bentuk kabut ke ruang pembakaran dengan bantuan pompa bertekanan tinggi yang disebut Bosch Pump. Bosch Pump akan mengkompresi bahan bakar minyak ke dalam injektor dengan tekanan tinggi, hingga bahan bakar terdorong dan keluar berupa kabut dari injektor melalui lubang injektor yang berukuran kecil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kebocoran yang terjadi pada injektor terhadap kualitas pembakaran. Penelitian ini dilakukan pada kapal MV. Andhika Paramesti dimiliki oleh perusahaan maritim PT. Andhika Line. Sumber data yang telah dikumpulkan dari sana mencari lokasi. Melalui observasi dan wawancara langsung dengan Chief Engineer dan Engineer lain di kapal, juga menggunakan studi kepustakaan yang berkaitan dengan judul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa injektor yang tidak bekerja dengan baik akan berdampak pada operasional mesin induk, yaitu menurunkan kinerja mesin dan konsumsi bahan bakar. Jika hal ini terjadi terus menerus, maka akan membuat mesin menjadi turun ferformanya. Untuk mencegah terjadinya kerusakan, diperlukan perawatan injektor secara berkala berdasarkan jam kerja yang tertera pada manual instruction book di atas kapal.



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2019 by author.

Koresponden:

Adnan

Email: adnan@poltekpelbarombong.ac.id



Pendahuluan

Kapal adalah salah satu alat transportasi yang sangat dibutuhkan di era globalisasi ekonomi saat ini. Karena efektif digunakan untuk memindahkan sesuatu barang/orang dalam jumlah yang besar. Kapal tidak hanya digunakan untuk mengimpor dan mengeksport barang dari satu negara ke negara lain, tetapi juga untuk memobilisasi manusia dari satu pulau ke pulau lainnya. Dalam pengoperasiannya sebuah kapal dilengkapi dengan mesin diesel sebagai penggerak utama. Dalam pengoperasian mesin diesel, sistem injeksi bahan bakar memiliki pengaruh besar dalam sistem pembakaran mesin diesel. Sebagaimana disampaikan oleh Burghardt dan Kingsley, 1983; Daryanto, 2013 bahwa Motor diesel yang mempengaruhi sistem pembakaran adalah *injector*. Pengabutan bahan bakar kedalam ruang bakar ditentukan oleh bagus tidaknya kondisi nosel pada injector (Rabiman Zainal Arifin, 2010). Fungsi sistem injeksi bahan bakar adalah menyemprotkan bahan bakar dalam jumlah yang tepat pada waktu dan kondisi yang tepat saat proses pembakaran berlangsung. Jadi, harus mengukur Pasokan bahan bakar, sarana pengaturan waktu pasokan bahan bakar dan atomisasi bahan bakar.

Jika terjadi masalah pada nozle, maka tidak akan dapat menyemprotkan bahan bakar secara optimal. Oleh karena itu, pada mesin diesel, bahan bakar yang dimasukkan ke dalam silinder sangat berpengaruh terhadap sistem pembakaran. Mengingat fungsi injektor yang berperan penting dalam sistem pembakaran maka harus dijaga agar fungsinya tetap stabil.

Menjaga sistem injeksi beserta seluruh komponen-komponennya agar tetap berfungsi sebagaimana mestinya, demi optimalnya proses pembakaran dalam ruang bakar mesin diesel. Hal itu dimaksudkan untuk memberikan daya yang optimal terhadap kinerja mesin diesel (Maleev, L dan DR.A.M,1996). Kerja injektor pada saat kapal beroperasi, pembakaran yang ditandai dengan tidak

normalnya suara mesin induk, secara tiba-tiba (tersendat-sendat), suhu gas buang mesin induk tidak merata, temperatur silinder menjadi naik pada silinder no.2 (410°C), no.5 (415°C), dan no.7 (400°C) sehingga gas buang berwarna hitam tebal pada cerobong. Hal itu menyebabkan kinerja injektor pada proses pembakaran mesin diesel tidak sempurna.

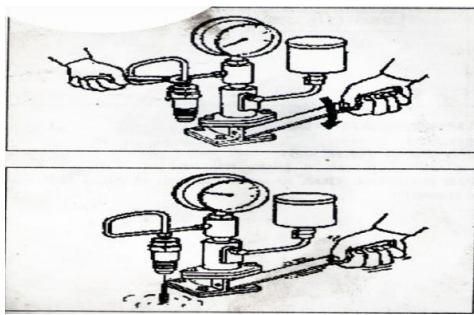
Metode Penelitian

Teknik pengumpulan data observasi yang dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung terhadap obyek penelitian yang menyebabkan pengaruh kerja injektor pada mesin diesel. Teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tanya jawab dengan para perwira mesin di atas kapal. Metode pengumpulan data yang dilakukan penulis dengan cara mengamati atau mengobservasi serta mencatat segala sesuatu mengenai system injeksi, dan selalu dicatat dalam buku harian kamar mesin (*Engine Look Book*).

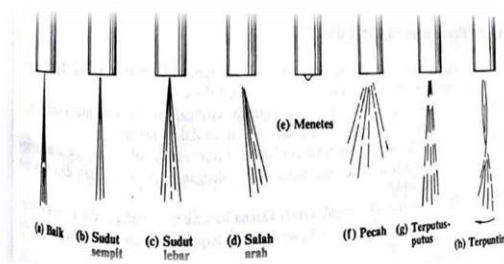
Data kualitatif berupa angka dan merupakan informasi dalam penulisan yang termasuk data kualitatif yaitu: pelaksanaan wawancara mengenai objek yang diteliti. Data kuantitatif berupa angkadan merupakan hasil dari pengukuran atau perhitungan. Dalam penulisan ini yang merupakan data kuantitatif adalah data-data yang terlihat pada alat-alat ukur serta waktu perawatan.

Hasil Penelitian

Berapa tekanan yang dibutuhkan agar injektor dapat mengabut. Injektor yang mengabut pada tekanan terlalu rendah, akan membuat pengabutan menjadi tidak baik. Penyetelan pada injektor, ada yang menambahkan sim pada injektor di atas pegas (terletak di dalam injektor). Dan ada juga yang memutar baut penyetelan injektor yang terletak di bagian atas dari injector.



Gambar 2.2 Cara Pengetesan Tekanan Injektor



Gambar 2.3 Bentuk-bentuk penyemprotan injektor

Lakukan pemompaan sesuai injektor yang dites. Untuk injektor model lama lakukan pompa tuas injektor nosel 15 -60 kali per menit. Untuk injektor model baru lakukan pompa tuas injektor 30-60 kali per menit. Cek bentuk pengabutan dan bandingkan seperti pada gambar berikut. Apakah bentuk pengabutan injektornya baik atau tidak. Cek bentuk pengabutan dan bandingkan seperti pada gambar berikut. Apakah bentuk pengabutan injektornya baik atau tidak.

Minyak solar dipakai oleh mesin diesel putarantinggi (di atas 1000 RPM). Disebut juga sebagai Gas Oil atau High Speed Diesel Oil. Bisa juga dipakai untuk pembakaran pada tanur-tanur kecil milik industri. Bahan bakar solar adalah bahan bakar minyak hasil sulingan dari minyak bumi mentah bahan bakar ini berwarna kuning coklat yang jernih, yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga Gas Oil, Automotive Diesel Oil, High

Speed Diesel (Pertamina: 2005). Mesin-mesin dengan putaran yang cepat (>1000 rpm) membutuhkan bahan bakar dengan karakteristik tertentu yang berbeda dengan minyak diesel. Karakteristik yang diperlukan berhubungan dengan auto ignition (kemampuan menyala sendiri), kemudahan mengalir dalam saluran bahan bakar, kemampuan untuk teratomisasi, kemampuan lubrikasi, nilai kalor dan karakteristik lain. Menurut Suharto (2010), Semua perawatan *nozzel* injektor dilakukan sesuai dengan jam kerja yang sudah ditentukan oleh buku manual dari injektor tersebut, kecuali apa bila injektor bahan bakar tersebut mengalami masalah sebelum jangka waktu perawatannya maka perlu dilakukan perbaikan.

Perawatan injektor tekanan bahan bakar yang bekerja pada luas differensial dari katup *nosel* dapat menyebabkan tekanan balik pada spring sampai 2000 lb/in² dan dapat dijalankan dengan menggunakan pompa tangan yang disediakan untuk tujuan tersebut. Dan pada saat pengujian injektor tersebut harus mengamati bahwa pengabutan yang dihasilkan halus dan merata. Jika pengabutan yang dihasilkan oleh injektor tersebut kurang baik, karena *nosel* tersumbat, maka dapat dibersihkan menggunakan kawat pembersih yang disediakan, membersihkan karbon yang menyumbat lubang *nosel* kemudian *nosel* dicuci dengan bahan bakar minyak, bukan dengan paraffin dan tidak boleh menggunakan alat kasual untuk membersihkan lubang penyemprot. Industrial Oil atau Marine fuel Oil. Merupakan campuran hasil destilasi fraksi ringan dan fraksiberat (fraksi berat disebut juga Residual Fuel Oil). Dipakai untuk mesin diesel Kapal putaran rendah.

Menurut Suharto (2010), Semua perawatan *nozzel* injektor dilakukan sesuai dengan jam kerja yang sudah ditentukan oleh buku manual dari injektor tersebut, kecuali apabila injektor bahan bakar tersebut mengalami masalah sebelum jangka waktu

perawatannya maka perlu dilakukan perbaikan. Untuk perawatan injektor yaitu tekanan bahan bakar yang bekerja pada luas differensial dari katup *nosel* dapat menyebabkan tekanan balik pada spring sampai 2000 lb/in² dan dapat dijalankan dengan menggunakan pompa tangan yang disediakan untuk tujuan tersebut. Dan pada saat pengujian injektor tersebut harus mengamati bahwa pengabutan yang dihasilkan halus dan merata. Jika pengabutan yang dihasilkan oleh injektor tersebut kurang baik, karena *nosel* tersumbat, maka dapat dibersihkan menggunakan kawat pembersih yang disediakan, membersihkan karbon yang menyumbat lubang *nosel* kemudian *nosel* dicuci dengan bahan bakar minyak, bukan dengan paraffin. Dan tidak boleh menggunakan alat kasual untuk membersihkan lubang penyemprot.

Tabel Data Injector

No	Deskripsi	Keterangan
1	Valve Opening Pressure	25 kg/m ²
2	Clossing Pressure of Auto Deaeration	15 kg/m ²
3	Valve	1,6 mm
4	Valve lift	2,4 mm
5	Atomizer type B.P.C (MC) Hole Diameter Of Hole Diameter Of Valve Head Hole	

Data konsumsi bahan bakar sesuai dengan *log book main engine* dapat dilihat pada halaman lampiran data IV. Dan untuk perhitungan bahan bakar spesifiknya.

Pemakaian bahan bakar tiap satuan waktu di bagi dengan daya efektif di sebut pemakaian bahan bakar spesifikat dengan rumus Pemakaian bahan bakar tiap satuan waktu (kg/dtkatau kg/jam) B dibagi daya efektif

(kw) PE. Pemakaian bahan bakar spesifik lebih besar dari pemakaian bahan bakar indikator yang dinyatakan dengan rumus Pemakaian bahan bakar tiap satuan waktu (kg/dtkatau kg/jam) dibagi Daya indicator. Untuk mendapat randemen mekanis dapat diketahui dengan persamaan Untuk mendapat randemen mekanis dapat diketahui dengan persamaan dibagi Pemakaian bahan bakar spesifik (kg/kw.dtkatau kg/kw.jam).

Seperti yang anda ketahui bahwa atomisasi bahan bakar pada injektor sangat penting untuk menghasilkan pembakaran yang optimal. Pengabutan yang tidak sempurna menyebabkan pembakaran yang tidak normal di ruang bakar sehingga tenaga yang dihasilkan mesin tidak maksimal dan meningkatkan suhu gas buang pada beberapa silinder. Akibat terjadinya pembakaran yang kurang sempurna menyebabkan adanya karbon-karbon yang menempel pada permukaan ujung *nosel* yang berbentuk butiran-butiran karbon dan apabila dibiarkan, karbon-karbon tersebut akan bertambah banyak dan akhirnya akan menyebabkan terhambatnya bahan bakar yang dikabutkan dalam ruang bahan bakar. Akibat dari bahan bakar kotor juga dapat menghambat *nosel* karena kotoran bahan bakar yang tidak tertahan oleh saringan dan tertahan pada lubang-lubang *nosel* yang lebih kecil dari kotoran-kotoran yang terkandung dalam bahan bakar. Apabila pemakaian bahan bakar kotor ini tetap dilakukan maka akan mempengaruhi pembakaran dalam mesin, penyebab adanya bahan bakar yang kotor akibat tanki bahan bakar dan saringan bahan bakar yang kotor. Menurut Maleev (1991), jika tekanan pengapian didalam silinder rendah dan suhu gas buang tinggi, maka ini disebabkan karena pengaturan waktu injeksi yang terlambat dan *nosel* injektor yang kotor atau bocor serta tekanan balik tinggi. Terdapat tekanan injektor yang kurang tepat, sehingga membuat menurunnya tekanan injektor pada proses pembakaran Mesin diesel di kapal MV. Andhika Paramesti.

Tabel : Data pengetesan injektor
Sumber : Peneliti pada M/E SULZER
RTMV. Andhika Paramesti

Injektor	Tekanan (kg/cm ²)	Normal	Temp	Keterangan
1	300 kg/cm ²	310 kg/cm ²	380°C	Normal
2	270 kg/cm ²	310 kg/cm ²	410°C	Menetes
3	315 kg/cm ²	310 kg/cm ²	381°C	Normal
4	315 kg/cm ²	310 kg/cm ²	379°C	Normal
5	295 kg/cm ²	310 kg/cm ²	415°C	Menetes
6	300 kg/cm ²	310 kg/cm ²	380°C	Normal

Dari pengambilan data diatas menunjukkan keadaan injektor yang baik dan kurang baik (menetes). Sedangkan limit dari tekanan injektor yang normal yaitu 280-310 bar. Sehingga injektor yang menetes perlu dilakukan perbaikan dan injektor yang normal harus tetap dilakukan pengecekan secara berkala. Komponen Injektor tersebut longgar, dengan jalan mencabut dan mengadakan pengetesan dengan uji tekanan pengabutan dengan begitu barulah dapat diketahui, jadi apabila longgar maka bahan bakar akan menetes sehingga terjadinya pembakaran susulan, bahan bakar boros dan asap ngebul pada panel kapal akan menyebabkan timbulnya pencemaran lingkungan.

Getaran yang berlebihan terjadi ketika Start awal mesin induk, pada saat Manuver atau melakukan olah gerak dan menaikkan RPM mesin sehingga terjadilah getaran yang berlebihan dan mengakibatkan kelonggaran antara Spindle dengan Needle pada Injektor. Keausan pegas terjadi karena pegas tersebut mengalami perubahan bentuk-bentuk, karena panas dari bahan bakar serta mesin saat pengoperasian yang lama dengan kata lain melebihi jam kerjanya. Apabila hal demikian ini terjadi, bahan bakar menetes kedalam ruang bahan bakar mesin.

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis di atas, penulis membahas dan menjelaskan dampak kebocoran

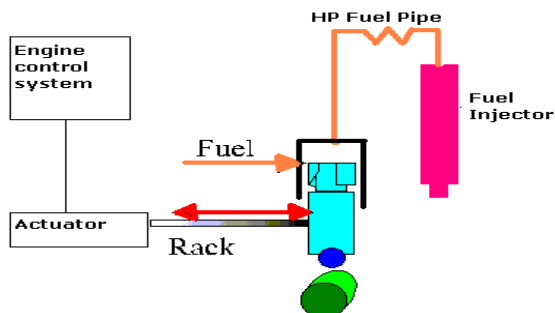
injektor terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar, kualitas pembakaran, dan pengoperasian mesin induk sesuai dengan ketentuan dan prosedur yang berlaku. Pemeriksaan dan perbaikan harus dilakukan dengan hati-hati, jaga kebersihan terhadap bagian yang dibongkar, jangan mengotori meja kerja, letakkan di atas kertas bersih, dan sebelum dipasang kembali, cuci bagian ini dan bersihkan terlebih dahulu dengan minyak ringan, bilas hingga kering.

Pertama, bersihkan kotoran atau karbon yang mengeras dari lubang tengah nosel dan lubang sempit bahan bakar menggunakan jarum khusus yang direkomendasikan dalam manual perawatan mesin utama.

Periksa lubang semprotan dengan menusuk jarum khusus. Jika stik jarum khusus hanya berpindah dari satu lubang ke lubang lainnya, berarti sangat kotor dan mampet sehingga noselnya perlu diganti. Saat membersihkan dengan jarum, berhati-hatilah agar lubang penyemprotannya tidak lonjong, dan periksa bentuk lubangnya dengan kaca pembesar. Bersihkan spindel dengan cleaner dan giling dengan mesin bubut dengan kecepatan rendah hingga bersih dari kotoran dan residu karbon. Anda bisa menggunakan pasta atau brasso dan amplas lembut. Saat memasang kembali nosel, harus berhati-hati untuk menempatkannya langsung di atas pin yang ada agar terpasang dengan kuat. Untuk memeriksanya, gunakan pengukur tekanan injektor di kapal Anda. Alat penguji ini adalah tes injektor yang di rekomendasikan oleh engine maker dan memenuhi stardar. Setiap injektor bahan bakar tiap silinder harus dites sesuai dengan besar tekanannya. Tiap nosel harus memiliki panjang dan kabut yang sama. Setelah pengujian selesai, injektor ditempatkan sebagai cadangan (spare). Pengecekan sistem bahan bakar dilakukan dengan cara pembersihan dan pemeriksaan tangki, pengecekan proses purifikasi bahan bakar pada purifier.

Bahan bakar yang terdapat didalam tangki double bottom dipompa keluar menuju tangki pengendapan menggunakan pompa transfer sampai habis kemudian buka *manhole* guna mengeluarkan atau menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam tangki atau dengan menggunakan *blower* sampai gas-gas tersebut hilang. Setelah tangki dalam

keadaan baik maka bahan bakar di transfer kembali kedalam tangki yang sudah dibersihkan dan jangan lupa adakan pencerratan setiap hari agar kotoran dan udara yang terdapat didalam tangki tersebut terbebas dari hal di atas.



Gambar Sistem Pengabutan Injektor

Sistem injeksi injektor sangat penting untuk pembakaran. Pengapian yang tidak sempurna menyebabkan pembakaran yang tidak normal di ruang bakar, yang mengurangi keluaran tenaga mesin dan meningkatkan suhu gas buang. Akibat pembakaran tidak sempurna, karbon melekat pada permukaan ujung nozzle sebagai partikel karbon, dan jika dibiarkan, jumlah partikel karbon bertambah, dan akhirnya bahan bakar di dalam ruang bahan bakar menjadi teratomisasi. Bahan bakar yang kotor juga dapat menyumbat nosel karena kontaminasi bahan bakar tidak tertahan oleh filter dan terperangkap di lubang nosel kecil oleh kontaminasi dalam bahan bakar. Menggunakan bahan bakar yang terkontaminasi akan mempengaruhi pembakaran mesin. Bahan bakar yang kotor disebabkan oleh pemeliharaan alat pendukung sistem bahan bakar yang kurang baik. Menurut Maleev (1991), tekanan penyalan yang rendah di dalam silinder dan suhu gas buang yang tinggi disebabkan oleh waktu injeksi yang terlambat, injektor yang kotor atau bocor, dan tekanan balik yang tinggi.

Mengatasi keausan Pegas Spindle dengan cara membongkar komponen pada injektor dan tambahkan pelat ring. Yakinkan pada saat membuka komponen tidak tertukar atau hilang. Letakkan spindle di catok dan ikat, lalu masukkan dengan kunci pas khusus dan pukul dengan menggunakan hammer karet hingga

mengendur. Setelah lepas agar mencuci setiap bagian dengan solar, tiupkan komponen dengan udara untuk memeriksa apakah ada deformasi pegas yang berlebihan. Ini dipasang pada pegas agar tekanan injeksi dapat dinaikkan sesuai nilainya, dipasang kembali dengan kunci pas khusus dan ditempatkan di catok yang digunakan untuk memasang spindle pada bodi dengan sangat erat.

Pergantian pegas dapat dilakukan sekiranya pegas yang lama sudah sama sekali tidak dapat digunakan lagi atau di dongkrak dengan pelat ring atau sifat kepegasannya sangat berkurang dengan demikian tekanan penyemprotan Injektor dapat sesuai dengan nilainya. Penggantian tersebut didasari dengan *Instruction manual Book* agar tidak terjadi kesalahan prosedur. Setelah dilakukan pengetesan apabila sudah baik bisa langsung dipasang kembali kepada silinder. Injektor yang digunakan pada mesin harus diservis sesuai dengan jam kerja mesin diesel dalam buku *instruction manual book*. Injektor ini telah diuji selama berjam-jam operasi untuk memastikan tidak ada kabut tebal yang dihasilkan di nosel untuk mencegah pembakaran selesai, seperti yang saya alami setelah menyelesaikan praktek laut di kapal di mana injektor dipertahankan pemakaiannya melebihi jam kerjanya. Dengan mempertahankan pemakaian injektor dalam jangka waktu yang lama mengakibatkan pembakaran yang dihasilkan tidak sempurna sehingga menyebabkan performa mesin menjadi buruk.

Pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa penyebab terjadinya permasalahan pada injektor sebuah mesin diesel adalah penyempitan pada lubang nosel disebabkan oleh kotornya bahan bakar dari dalam tanki pemakaian, Kelonggaran pada Komponen Injektor dan Penyetelan Injektor yang Kurang Tepat. Adapun langkah penanganan terhadap penyebab terjadinya gangguan dan kerusakan pada injektor mesin diesel dengan cara melakukan pemeriksaan rutin terhadap injektor dan melakukan pembersihan terhadap komponen-komponen injektor utamanya pada bagian ujung nosel serta saringan bahan bakar, agar tidak terjadi pembentukan karbon yang banyak sehingga menghambat proses

pengabutandidalam silinder. Melakukan pemeriksaan dan perawatan rutin terhadap bagian injektor sesuai jam kerja (*Running hours*) dan harus sesuai *instruction manual book*. Penanganan terhadap permasalahan injektor bahan bakar lainnya adalah dengan melakukan perbaikan pada saat pemasangan komponen pada injektor, yakni pada dudukan antara nosel dengan body injektor agar dirapatkan serta melakukan pengetesan limit tekanan injektor 300-380 bar. Sama halnya dengan bagian permesinan lainnya, suku cadang dapat menimbulkan masalah dalam perawatan injektor, jika injektor yang digunakan tidak standar. perlu segera diganti dengan nosel baru yang standar, tetapi jika tidak ada suku cadang untuk perawatan, maka perlu terus menggunakan injektor sambil menunggu suku cadang.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya gangguan dan kerusakan pada injector pada sebuah mesin diese adalah Tersumbatnya lubang nosel disebabkan oleh kotornya bahan bakar dari dalam tangki pemakaian sehingga perlu menggunakan bahan bakau yang sesuai standar yang ditetapkan dan perlunya system purifikasi terhadap bahan bakar yang akan digunakan; Penyetelan tekanan injektor tidak tepat sehingga penyemprotan bahan bakarnya menetes dan tentunya menyebabkan pembakaran tidak sempurna.

Daftar Pustaka

Aslang, (2000). *Motor Diesel dan Turbin Gas II*, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Bajai Mohan, (2014), *Cavitation in Injector Nosel Holes a Parametric Study*, Singapore.

Baris Bicer, Akira Chou, (2016), *Application of the improved cavitation model to turbulent cavitating flow in fuel injector nosel*.

Burghardt dan Kingsley, 1983, *Marine Diesels*, United States Merchant Marine Academy, Kings Point, New York.

Daryanto, 2013. Sistem Bahan Bakar Diesel, (online 22 November 2013), http://psbtik.smkn1cms.net/multi_media/Permesinan/modul24/ch1/index.html

Harrington, R.L. 1992, *Marine Engineering, The Society of Naval Architects and Marine Engineers Golpavonio Avenue, Jersey City*.

Kartono, Katini, 1996, *Pengantar Metodologi Riset Sosial*, PT. Mandar Maju, Bandung.

Karyanto, E.,. 1996, *Panduan Reparasi Mesin Diesel*, Pedoman Ilmu Jaya, Jakarta.

Lee, won-ju, Park Seul Hyun, (2018), *Carbon Nanostructure of Diesel Soot Particles Emitted from 2 and 4 Stroke Marine Engines Burning Different Fuels*, American Scientafic Publishers

Maleev, L dan DR. A. M, 1996, *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Van Maanen, P. 1999, *Motor Diesel Kapal, jilid 1*, PT. Triasko Madra, Jakarta.

Rabiman Zainal Arifin, (2010), *System Bahan Bakar Motor Diesel*, Yogyakarta.

Zhixia He, Shenxi Sun, (2016) *Visual experiment of transient cavitating flow characteristics in the real-size diesel*.