

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**OPTIMALISASI KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR
GUNA MEMPERTAHANKAN KUALITAS PEMBAKARAN
MESIN INDUK DI TB. TERATAI**

Diajukan Guna Memenuhi Pesyaratan
Untuk Menyelesaikan Program ATT - I

Oleh :

FOSKO SUSILO

NIS. 02163 / T - I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT – I

JAKARTA

2024

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : FOSKO SUSILO
No. Inuk Siwa : 02163/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR GUNA
MEMPERTAHANKAN KUALITAS PEMBAKARAN MESIN INDUK DI
TB. TERATAI

Pembimbing I,

Jakarta, 28 Agustus 2024
Pembimbing II,

R. HERLAN GUNTORO, M.M
Penata Tk I (IV/d)
NIP. 19680831 200212 1 001

Dr. ARIE HIDAYAT, MM
Penata Tk I (III/d)
NIP. 19740717 199803 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan TEKNIKA

Dr. Markus Yando, S.SiT., M.M
Penata Tk. I (III/d)
NIP: 19800605 200812 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : FOSKO SUSILO
No. Inuk Siwa : 02163/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR GUNA
MEMPERTAHANKAN KUALITAS PEMBAKARAN MESIN INDUK DI
TB. TERATAI.

Penguji I

BENNY HIDAYAT, M.M.,Mar.E

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19770925 200912 1 001

Penguji II

MOCHAMAD NLY RIDWAN, MT

Penata Tk. I (III/c)

NIP. 19720602 199808 1 001

Penguji III

R.HERLAN GUNTORO, M.M

Penata Tk. I (IV/b)

NIP. 19680831 200212 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan TEKNIKA

Dr. MARKUS YANDO, S.SiT.,M.M

Penata Tk. I (III/d)

NIP: 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Dengan penuh kerendahan hati, penulis memanjatkan puji serta syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmatnya serta senantiasa melimpahkan anugrahnya, sehingga penulis mendapatkan kesempatan untuk mengikuti tugas belajar program upgrading Ahli Teknika Tingkat I yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta Sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah sesuai waktu yang ditentukan dengan judul :

“OPTIMALISASI KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR GUNA MEMPERTAHANKAN KUALITAS PEMBAKARAN MESIN INDUK DI TB. TERATAI”

Makalah diajukan dalam rangka melengkapi tugas dan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Ahli Teknika Tingkat – I (ATT – I).

Dalam rangka pembuatan dan penulisan makalah, penulis sepenuhnya merasa bahwa masih banyak kekurangan baik dalam teknik penulisan makalah maupun kualitas materi yang disajikan. Untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Dalam penyusunan makalah juga tidak lepas dari keterlibatan banyak pihak yang telah membantu, sehingga dalam kesempatan ini pula penulis mengucapkan rasa terima kasih yang terhormat :

1. H. Ahmad Wahid, S.T.,M.T.,M.Mar.E, Selaku Kepala Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.SiT.,M.M.,M.Mtr, Selaku Kepala Divis Pengembangan Usaha Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M, Selaku Ketua Jurusan Teknika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. R. Herlan Guntoro, M.M, Selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistimatik materi yang baik dan benar.
5. Dr. Arif Hidayat, MM, Selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah.

6. Seluruh dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah.
7. Orang tua tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
8. Istri tercinta yang membantu atas doa dan dukunagan selama pembuatan makalah.
9. Anak tersayang yang telah memberikan waktu dan semngat selama pengerjaan makalah.
10. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknika Tingkat I Angkatan LXXI tahun ajaran 2024 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moral sehingga makalah akhirnya dapat terselesaikan.

Akhir kata semoga makalah ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan.

Jakarta, 02 September 2024
Penulis



FOSKO SUSILO
NIS. 02163 / T - I

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kapal-kapal yang digerakan dengan motor diesel dalam pemakaian bahan bakar harus dijaga sistemnya. Pada setiap perusahaan pelayaran menghendaki kapal dalam armadanya beroperasi dengan baik, yang diakibatkan oleh turunnya fungsi salah satu sistem mesin dan komponen yang lainnya sebagaimana pernah penulis temui selama bekerja di TB. TERATAI.

Terkait dengan perawatan pengabut bahan bakar yang tidak dilaksanakan sesuai jadwal. Setiap komponen mesin induk termasuk pengabut bahan bakar harus dirawat secara berkala sesuai buku petunjuk, jika perawatan tidak dilaksanakan sesuai jadwal maka akan berpengaruh terhadap kerja dari komponen tersebut. Sebagaimana perawatan pengabut bahan bakar sesuai dengan buku petunjuk harus dilakukan perawatan setiap 3.000-4.000 jam kerja, akan tetapi fakta di lapangan seringkali sudah melebihi jam kerja akan tetapi belum dilakukan perawatan dan perbaikan.

Sebagaimana yang penulis temui pada tanggal 12 Februari 2023 saat kapal dalam pelayaran domestik, terjadi kenaikan suhu gas buang *cylinder* no.5 mencapai 450°C dari suhu normal maksimal yaitu 380°C. Di monitor terus suhunya cenderung naik dari silinder. Hal ini disebabkan oleh pengabut bahan bakar *cylinder* No.5 dari mesin induk yang tidak bekerja maksimal. Setelah dilakukan pembogkaran semua pengabut bahan bakar dan test tekanan pengabut bahan bakar satu persatu. Ternyata pengabut bahan bakar silinder No. 5 tekanannya kurang, hanya 200 bar, dimana normalnya 320 bar. Maka pengabut bahan bakar No.5 yang tekanannya rendah perlu diganti pegasnya dengan pegas baru.

Tersumbatnya pengabut bahan bakar disebabkan kualitas bahan bakar yang kurang bagus atau mengandung kotoran. Tangki penyimpanan bahan bakar kurang terawat dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar. Tangki penyimpanan bahan bakar ini berfungsi untuk menampung bahan bakar sebelum digunakan. Untuk itu, jika kondisi tidak bersih, banyak mengandung air maka bahan bakar yang disimpan di dalamnya juga akan terkontaminasi, sehingga saat digunakan, proses pembakarannya kurang sempurna. Hal ini akan berdampak pada performa mesin induk yang kurang maksimal. Gangguan pada mesin induk karena kerusakan-kerusakan komponen dapat terjadi bila perawatan tidak dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan sebagaimana tertulis dalam *Planned Maintenance System (PMS)*.

Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian melalui makalah yang berjudul: **“Optimalisasi Kinerja Pengabut Bahan Bakar Guna Mempertahankan Kualitas Pembakaran Mesin Induk di TB. TERATAI”**.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka penulis dapat mengidentifikasi beberapa permasalahan yang terjadi sebagai berikut :

- a. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk
- b. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk
- c. Pengecekan pada *indicator manometer* terjadi penurunan tekanan
- d. Suhu gas buang pada *cylinder* No.5 tinggi

2. Batasan Masalah

Oleh karena luasnya pembahasan yang berkaitan dengan penunjang kelancaran mesin induk, maka penulis membatasi pembahasan pada makalah ini hanya berkisar tentang :

- a. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk
- b. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada batasan masalah diatas, agar lebih mudah dalam

mencari analisis pemecahannya maka penulis merumuskan pembahasan pada makalah ini sebagai berikut :

- a. Apa penyebab tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk?
- b. Mengapa tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk turun?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk menganalisis dan mengetahui penyebab tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk.
- b. Untuk menganalisis penyebab turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut bahan bakar mesin induk dan mencari solusi pada pengabut bahan bakar.

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

- 1) Sebagai tambahan wawasan bagi para pembaca dan teman-teman seprofesi dalam hal mengoptimalkan kinerja pengabut bahan bakar di atas kapal.

2) Sebagai bahan tambahan referensi di perpustakaan STIP mengenai optimalisasi perawatan pengabut bahan bakar untuk menunjang kinerja mesin induk.

b. Manfaat Praktis

1) Sebagai bahan masukan dan sebagai bahan acuan bagi para masinis dalam hal pelaksanaan perawatan mesin induk sesuai *Planned Maintenance System (PMS)* guna pengoptimalan kinerja pengabut bahan bakar.

2) Berbagi pengalaman dengan para masinis dalam mengatasi masalah yang terjadi pada pengabut bahan bakar mesin induk.

D. METODE PENELITIAN

1. Metode Pendekatan

Metode pendekatan yang digunakan dalam makalah ini adalah deskriptif kualitatif. Deskriptif kualitatif adalah upaya pengolahan data menjadi sesuatu yang dapat diutarakan secara jelas dan tepat dengan tujuan agar dapat dimengerti oleh orang yang tidak langsung mengalaminya sendiri, yang disajikan dalam uraian kata-kata.

2. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah yang amat penting dalam penelitian, peneliti akan menjelaskan bagaimana peneliti melakukan pengumpulan data dan mengemukakan dengan cara mendapatkan data tersebut, yang berkaitan dengan alat pengabut bahan bakar (*injector*) sebagai berikut :

a. Observasi

Adalah teknik pengumpulan data secara langsung mengenai objek hingga dapat diperoleh data terhadap permasalahan di

lapangan dalam melaksanakan pekerjaan di atas kapal dan menganalisa berdasarkan teori-teori yang relevan berdasarkan penelitian secara langsung perlu diperhatikan masalah yang akan diteliti oleh penulis selama melaksanakan pekerjaan di atas kapal.

b. Dokumentasi

Adalah suatu teknik pengumpulan data yang digunakan dengan melihat atau membaca arsip-arsip di atas kapal dan hasil pengamatan yang terjadi di lapangan ini merupakan salah satu arsip yang di simpan agar menjadi laporan untuk perusahaan. Apabila ditemukan kerusakan pada bagian-bagian tertentu sudah pasti dengan cepat diketahui kerusakan-kerusakan pada mesin tersebut dan juga sebagai perbandingan kerja mesin atau pesawat dan alat pendukung pada saat mesin induk bekerja normal maupun tidak normal.

c. Studi Pustaka

Adalah teknik yang dilakukan pengambilan data dengan mengambil referensi dari buku-buku yang relavan dengan apa yang penulis bahas dalam makalah, di dalam buku tentang mesin induk yang terkandung hal yang berkaitan dengan alat pengabut yang akan dibahas dalam makalah ini

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama penulis bekerja sebagai KKM di TB. TERATAI sejak 02 September 2023 sampai dengan 14 Juni 2024. Adapun tempat penelitian yaitu di TB. TERATAI yang beroperasi di alur pelayaran Domestik.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan makalah ini disajikan sesuai dengan sistematika penulisan makalah yang telah ditetapkan dalam buku pedoman penulisan makalah yang dianjurkan oleh STIP Jakarta. Dengan sistematika yang ada maka diharapkan untuk mempermudah penulisan makalah ini secara benar dan terperinci. Makalah ini terbagi dalam 4 (empat) bab sesuai dengan urutan penulisan ini. Adapun sistematika penulisan makalah ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi, batasan dan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian sesuai topik tentang optimalisasi kinerja bahan bakar guna mempertahankan kualitas pembakaran mesin induk TB. TERATAI, metode penelitian, waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Menjelaskan teori-teori yang digunakan untuk menganalisa data-data yang didapat melalui buku-buku sebagai referensi tentang optimalisasi kinerja pengabut bahan bakar guna mempertahankan kualitas pembakaran mesin induk di TB. TERATAI, untuk mendapatkan informasi dan juga sebagai tinjauan pustaka. Pada landasan teori ini juga terdapat kerangka pemikiran yang merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta berdasarkan pengalaman penulis dan sebagainya termasuk pengolahan data. Dengan digambarkan dalam deskripsi data, kemudian dianalisis mengenai permasalahan tentang optimalisasi kinerja pengabut bahan bakar guna mempertahankan kualitas pembakaran mesin induk dan menjabarkan pemecahan dari permasalahan tersebut sehingga permasalahan yang sama tidak terjadi lagi dengan kata lain menawarkan solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan penutup yang mengemukakan kesimpulan dari perumusan masalah yang dibahas dan saran yang berasal dari evaluasi pemecahan masalah yang dibahas tentang optimalisasi kinerja pengabut bahan bakar guna mempertahankan kualitas pembakaran mesin induk dalam penulisan makalah ini dan merupakan masukan untuk perbaikan yang akan dicapai.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mempermudah pemahaman dalam makalah ini, penulis membuat tinjauan pustaka yang akan memaparkan definisi-definisi, istilah-istilah dan teori-teori yang terkait dan mendukung pembahasan pada makalah ini. Adapun beberapa sumber yang penulis jadikan sebagai landasan teori dalam penyusunan makalah ini adalah sebagai berikut:

1. Pengabut Bahan Bakar (*Injector*)

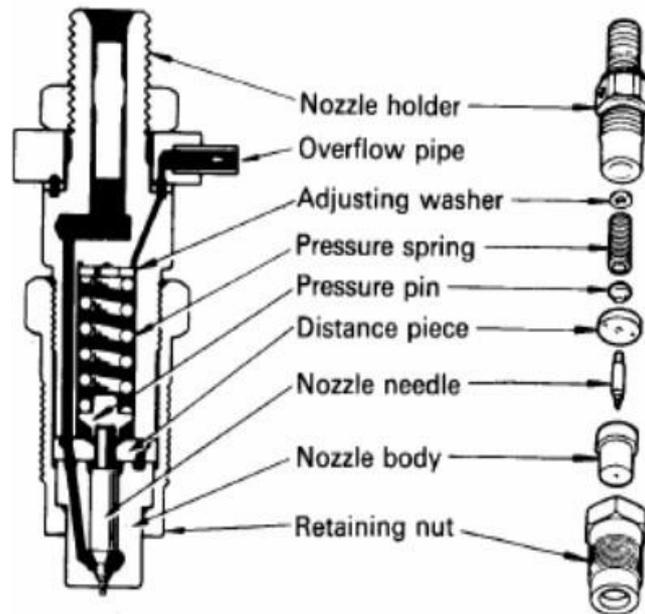
a. Definisi Pengabut Bahan Bakar

Menurut Karyanto (2018) bahwa pengabut (*Injector*) adalah suatu alat yang gunanya untuk mengabutkan bahan bakar solar dalam bentuk kabut yang sifatnya mudah terbakar pada ruang bakar motor. Jadi tugas dari pengabut, untuk mengabutkan atau menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk butiran-butiran halus dan terbagi rata pada kecepatan tinggi ke dalam ruang bakar. Pengabutan itu diberikan kepada udara yang terdapat dalam ruang bakar pada akhir langkah kompresi, dihasilkan campuran yang heterogen antara udara dan bahan bakar. Pengabut akan bekerja pada saat tertentu sewaktu pompa bahan bakar memompakan bahan bakar dengan tekanan 250-320 bar.

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2018:34) dalam buku yang berjudul “Teknologi Motor Diesel”, menyatakan bahwa pengabutan bahan bakar adalah proses memecah bahan bakar menjadi butiran – butiran kecil atau sering diistilahkan sebagai proses atomisasi. Proses ini dimaksudkan agar bahan bakar menjadi uap atau berubah bentuk, dari bentuk cair menjadi

bentuk gas. Perubahan ini untuk membantu agar bahan bakar dapat

bereaksi dengan udara (O_2) yang menjadi syarat untuk terjadinya proses pembakaran yang baik.



Gambar 2.1 Bagian-bagian pengabut bahan bakar
(Saputranett, 2013)

Disamping itu, persyaratan proses pembakaran adalah terjadinya *homogenitas* campuran udara dan bahan bakar. *Homogenitas* berarti kerataan campuran di seluruh ruangan di dalam silinder. Sementara proses bahan bakar hanya terjadi pada ujung pengabut (*nozzle*). Oleh karena itu, proses penekanan bahan bakar harus dapat mencapai dua kondisi yaitu kabutan yang memungkinkan siap menjadi uap, sedangkan kondisi yang lainnya adalah bahan bakar harus dapat dilempar hingga menyebar ke ruang silinder.

b. Komponen Utama Pengabut Bahan Bakar

a) *Nozzle Holder*

Nozzle holder merupakan salah satu komponen *nozzle* pengabut bahan bakar yang memiliki fungsi sebagai saluran yang menghubungkan antara pengabut bahan bakar dengan pipa tekanan tinggi. *Nozzle holder* memiliki ulir yang digunakan untuk menghubungkan dengan pipa tekanan tinggi yang dilengkapi dengan mur.”

b) *Overflow pipe*

Overflow pipe berfungsi untuk mengembalikan bahan bakar sisa pengabutan.

c) *Adjusting washer* (Baut Penyetel)

Baut penyetel berfungsi untuk sim penyetel tekanan pengabutan. Penyetelan kekuatan dan juga tekanan dari penyemprotan pengabut. Baut penyetel berada diatas dari *washer* dan mur pengaman yang berguna untuk melindungi bagian-bagian pengabut bahan bakar lain dan digunakan untuk mengatur posisi mur pengaman dalam pengabut.

d) *Pressure Spring*

Pressure spring merupakan salah satu komponen *nozzle* pengabut yang memiliki fungsi untuk mengembalikan tekanan penginjeksian ketika proses penginjeksian sudah selesai. *Pressure spring* akan menekan *nozzle needle* agar kembali menutup saluran sehingga bahan bakar tidak ada yang mengalir ketika proses penginjeksian selesai.

e) *Pressure Pin*

Pressure pin merupakan salah satu komponen *nozzle* pengabut yang memiliki fungsi untuk meneruskan tekanan. *Pressure pin* akan meneruskan tekanan dari bahan bakar untuk mendorong *pressure spring* sehingga *nozzle needle* dapat terbuka untuk menyalurkan bahan bakar ketika proses penginjeksian terjadi.

f) *Distance Piece*

Distance piece merupakan salah satu komponen *nozzle* pengabut yang memiliki fungsi sebagai saluran dan penghubung *nozzle* dengan *injector holder* serta untuk menyalurkan bahan bakar bertekanan ke *nozzle body*.

g) *Nozzle needle* (Jarum Pengabut)

Jarum pengabut berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar yang akan dikabutkan melalui mulut pengabut. Jarum pengabut ditekan pada bidang penutup oleh pegas penutup dengan tekanan yang dapat diatur dengan perantaraan baut tekan. Oleh tekanan minyak gaya-gaya bekerja pada bidang kerucut. Komponen aksial dari gaya mengangkat jarum berlawanan arah dengan kerja pegas penutup.

h) *Nozzle body*

Bodi *nozzle* berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar kedalam ruang bakar. Pada akhir penyemprotan, tekanan didesak menurun dan jarum ditekan kembali pada bidang penutup. Pembukaan dan penutupan jarum pengabut dapat diawasi dengan sebuah jarum periksa. Pada cara pengabutan ini pompa injeksi bahan bakar mendesak jika penyemprotan harus dimulai dan pompa berhenti jika penyemprotan harus berakhir.

i) *Retaining Nut*

Retaining nut merupakan salah satu komponen injektor *nozzle* yang memiliki fungsi sebagai rumah berbagai komponen *nozzle* pengabut pada bagian bawah. Oleh karena itu *retaining nut* juga akan melindungi berbagai komponen *nozzle* pengabut dari kerusakan. *Retaining nut* akan dihubungkan dengan *nozzle holder* melalui ulir

sehingga keduanya akan menjadi rumah dari berbagai komponen pengabut lainnya.

c. Cara Pengetesan Pengabut Bahan Bakar

Ada beberapa tahap pengetesan pengabut bahan bakar, pertama adalah tes kebocoran, test tekanan penyemprotan, dilanjutkan *tes spray pattern* atau pola semprotan *nozzle*. Kemudian pengabut bahan bakar diukur kemampuan mengalirkan bahan bakar (*flow test*) dan terakhir akan dilakukan simulasi pemakaian. Pembersihan juga dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang menumpuk di *nozzle*.

Namun sebelum melakukan penyetelan, pasang pengabut bahan bakar pada *tester* dengan longgar saja. Lakukan pembuangan udara yang ada pada saluran *tester*, dengan menggerakkan tuas sampai solar keluar pada sambungan pipa. Setelah itu mulai langkah kerja sebagai berikut:



Gambar 2.2. Pengeluaran udara pada pengabut bahan bakar

(Sumber: Dokumen pribadi)

Setelah itu mulai langkah kerja sebagai berikut:

1) Tes Kebocoran

Maksud dari test ini adalah mengetahui apakah ada kebocoran (*Leakage*) baik dari body pengabut maupun pada jarum *nozzle*.

Dua langkah melakukan test kebocoran dengan cara:

- a) Buka kran saluran tekanan ke manometer, gerakan tuas tester sampai manometer menunjukkan angka 340 bar, pertahankan posisi ini selama 20 detik. Lihat dan amati kebocoran pada ujung *nozzle*.
- b) Amati dan rasakan ujung bodi *nozzle* dengan jari anda, apakah ada tetesan atau ujung bodi *nozzle* menjadi basah, pengabut bahan bakar tidak boleh bocor sama sekali. Kalau bocor di bodi, bahaya buat mesin karena bahan bakar bisa menetes ke bagian luar mesin. Bisa kebakaran, sedangkan jika jarum noselnya bocor, bahan bakar akan terus keluar meski pengabut bahan bakar menutup. Tekanan bahan bakar keseluruhanpun akan turun. Tes ini dilakukan dalam keadaan nosel tertutup (tidak dialiri arus listrik). Jika pada test ini berhasil atau tidak ada kebocoran maka pengabut bahan bakar bisa dipakai.



Gambar 2.3. Pemeriksaan kebocoran
(Sumber: <https://www.repository.unimar-amni.ac.id>)

2) Tes tekanan penyemprotan

Lakukan test penekanan penyemprotan, dengan cara gerakan tuas tester dalam langkah penuh dengan kuat dan cepat, tekanan penyemprotan yang memenuhi standard berkisar 320 – 340 bar, baca tekanan pada manometer.



Gambar 2.4. Alat test tekanan penyemprotan pada pengabut bahan bakar (Sumber: Dokumen pribadi)

3) *Spray test*

Dari tes ini diketahui pola penyemprotan pengabut bahan bakar. Pengabutan bahan bakarnya harus bagus. Ada beberapa pola yang bisa digunakan. Lakukan test tekanan penyemprotan, dengan cara gerakkan tuas tester dalam langkah penuh dengan kuat dan cepat, baca tekanan pada manometer Delapan puluh persen mesin yang punya pola standar seperti yang paling kiri. Sisanya punya pola standar seperti yang paling kanan. Dengan diketahui adanya penyumbatan, maka bisa coba dilakukan pembersihan.

4) Tes kemampuan mengalirkan bahan bakar (flow test)

Kemampuan total pengabut bahan bakar akan teruji pada test ini. Maka sebaiknya mengetahui kapasitas standar yang diukur dalam satuan cc/menit. Untuk itu, pengabut bahan bakar akan diberi arus untuk membuka jarum nosel dan dialiri bahan bakar dengan tekanan tertentu selama 15 detik. Kemudian alirannya diukur apakah sesuai dengan kapasitas standarnya. Variabel pengetesan bisa berbeda untuk tiap mesin. Misalnya pengabut mesin pada suatu mesin berkapasitas 240 cc. Artinya selama 15 detik alat ini harus mengalirkan 60 cc bahan bakar. Sedangkan tekanan bahan bakar saat tes biasanya diberikan tekanan sebesar 5 bar, lebih tinggi dengan kondisi mesin sekitar 3-4 bar. Resistance (tahanan) pengabut 18 pun diukur masih sesuai dengan standart. Dari tes ini, akan diketahui apakah kemampuan pengabut merata untuk setiap silinder. Sebab saat pertama diukur, alirannya bisa berbeda-beda, mesin pun bisa kasar, tidak bertenaga dan gampang terjadi detonasi. Setelah dibersihkan tes ini dilakukan kembali untuk mengecek apakah pembersihan yang dilakukan

cukup efektif, apakah kemampuannya kembali normal dan merata pada setiap silinder. Angka pengukuran berbeda masih bisa diterima untuk pemakaian harian, asal deviasinya tidak terlalu besar.

5) Simulasi Tahap ini diperlukan untuk memantau kinerja pengabut pada waktu dipakai. Sehingga perlu simulasi kondisi mesin. Aliran bahan bakar diukur untuk tekanan dan putaran mesin berbeda.

Meski jarang terjadi, bisa saja pengabut bahan bakar bagus pada

1.000 rpm tetapi pada 2.000 rpm kurang baik.

d. Proses Penginjeksian

1) Sebelum Penginjeksian

Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi melalui *oil passage* menuju *oil pool* pada bagian bawah *nozzle body*.

2) Penginjeksian Bahan Bakar

Bila tekanan pada *oil pool* naik, ini akan menekan permukaan

nozzle needle. Bila tekanan ini melebihi tegangan pegas, maka *nozzle needle* terdorong keatas dan menyebabkan *nozzle* menyembrotkan bahan bakar.

3) Akhir Penginjeksian

Bila pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan bahan bakar turun dan *pressure spring* mengembalikan *nozzle needle* ke posisi semula (menutup saluran bahan bakar). Sebagian bahan bakar yang tersisa antara *nozzle needle* dan *nozzle body*, melumasi semua komponen dan kembali ke *over flow pipe*.

Pada pengabut terdapat sebuah katup jarum, dimana ujung bawahnya terdiri atas dua bidang kerucut. Kerucut yang

pertama menetap pada dudukannya, sedangkan yang kedua menerima tekanan dari bahan bakar. Jika gaya yang ditimbulkan bahan bakar melebihi gaya pegas, maka katup akan terangkat ke atas sehingga membuka lubang pengabut (Arismunandar, W dan Koichi Tsuda, 2014).

Dengan demikian diharapkan proses pencampuran udara dan Bahan bakar di dalam ruang bakar berlangsung dengan sempurna. Apabila waktu penyemprotan bahan bakar sampai dengan penyalaan atau dikenal kelambatan penyalaan, waktu lebih lama dari ketentuan, misalnya karena bahan bakar berupa tetesan- tetesan akibat gangguan-gangguan pada pengabut, maka akan terjadi pembakaran susulan, pemakaian bahan bakar akan meningkat temperatur gas buang tinggi. Kondisi yang lebih buruk lagi menimbulkan keretakan pada *piston*, *cylinder head*, klep buang terbakar dan lain-lain.

Pengabutan sempurna dapat di tinjau dari proses pengetesan pengabut bahan bakar

- a) Bahan bakar yang keluar *Nozzle* berupa *spray* (kabut)
- b) Pengetesan tekanan pengabut bahan bakar sesuai *Instruction Manual Book*.
- c) Setelah pengetesan pengabutan pengabut bahan bakar dengan kertas telah dilakukan, terus ditempelkan ke ujung lubang *nozzle* dan apabila masih ada minyak. Berarti pengabut masih bocor dan apabila tidak ada minyak pada kertas berarti pengabut tersebut bagus atau tidak bocor (menetes). Setelah pengabut dipasang ke mesin induk, dapat dikontrol hasilnya dengan pengamatan asap gas buang dan pengecekan ada tidaknya ketukan (*detonasi*) pada mesin induk.

e. Pembakaran yang Sempurna

Suatu proses pembakaran bahan bakar yang berupa kabut bercampur dengan udara panas langsung terbakar sehingga suhunya meningkat 1.400⁰C dan tekanan maximum didalam silinder naik ±74 bar. Dan berusaha mendorong torak kebawah untuk melakukan usaha mekanik. Syarat-syarat proses pembakaran yang sempurna antara lain :

- 1) Perbandingan bahan bakar dengan udara seimbang. Dimana 1 kg bahan bakar membutuhkan 15 kg faktor udara.
- 2) Bahan bakar harus berbentuk kabut, sehingga kinerja alat pengabut bahan bakar harus optimal.
- 3) Pencampuran kabut bahan bakar dengan udara harus merata/senyawa.
- 4) Tekanan pengabutan bahan bakar yang cukup tinggi untuk dikabutkan kedalam ruang kompresi.
- 5) Mutu bahan bakar yang digunakan bermutu baik, yaitu seimbang antara unsur C-H.
- 6) Kelambatan penyalaan (*ignition delay*) atau ID harus tepat.

f. Perawatan bahan bakar sesuai ISM Code (*Intenational Safety Management Code*)

Menurut M. S Sehwarat dan J. S Narang, (2011:79) dalam bukunya *Production Management* pemeliharaan (*maintenance*) adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas).

Perawatan berkala pada pengabut bahan bakar penting untuk memastikan kinerja yang optimal, efisiensi bahan bakar, dan mencegah potensi masalah mesin. Berikut adalah beberapa

langkah umum dalam perawatan berkala pada pengabut bahan bakar:

1) Pembersihan

Membersihkan pengabut secara berkala untuk menghilangkan residu dan kotoran yang dapat mengganggu aliran bahan bakar dan menyumbat lubang penyemprot (nozzle). Penggunaan solusi pembersih khusus untuk injector dapat membantu mengatasi endapan yang mungkin terbentuk.

2) Uji dan Penyetelan

Melakukan uji tekanan untuk memastikan bahwa tekanan bahan bakar sesuai dengan spesifikasi pabrik. Jika tekanan tidak sesuai, dapat dilakukan penyetelan ulang untuk memastikan bahan bakar disemprotkan dengan benar.

3) Penggantian Seal dan O-Ring

Memeriksa dan mengganti seal, o-ring, atau komponen karet lainnya yang mungkin mengalami keausan atau kerusakan. Keausan pada seal dapat menyebabkan kebocoran yang mengganggu kinerja injector.

4) Pengecekan Kebocoran

Memeriksa kebocoran pada sistem injeksi bahan bakar, termasuk memastikan bahwa tidak ada kebocoran pada bagian-bagian yang terhubung dengan injector. Kebocoran dapat menyebabkan masalah serius dan mengurangi efisiensi bahan bakar.

5) Pembersihan Filter

Memeriksa dan membersihkan filter bahan bakar yang terhubung dengan sistem injeksi. Filter yang tersumbat dapat mengurangi aliran bahan bakar dan menyebabkan kinerja mesin yang buruk.

6) Penggunaan Bahan Bakar Berkualitas

Menggunakan bahan bakar berkualitas tinggi dan menyesuaikan campuran udara-bahan bakar secara optimal. Pemakaian bahan bakar berkualitas rendah dapat meningkatkan risiko penumpukan deposit dan endapan pada injector.

7) Pemantauan Kinerja:

Memantau kinerja mesin secara berkala dan merespons tanda-tanda masalah dengan segera. Tanda-tanda seperti penurunan efisiensi bahan bakar, getaran yang tidak biasa, atau peningkatan emisi harus diperhatikan dan ditangani.

Dengan adanya *Planned Maintenance System* (PMS) akan membuat pemeliharaan dan perawatan terhadap perlengkapan di atas kapal menjadi lebih terarah dan terencana. Lebih jauh dalam bab yang sama (*ISM Code as Amended in 2002*, bab 10.1) dinyatakan bahwa pihak perusahaan harus menunjuk orang di kantor yang melakukan monitoring dan evaluasi hasil perawatan kapal.

ISM Code sebagai suatu standar internasional untuk manajemen pengoperasian kapal secara aman, pencegahan kecelakaan manusia atau kehilangan jiwa dan menghindari kerusakan lingkungan khususnya terhadap lingkungan maritim serta biotanya.

Dalam ISM Code (*As amended in 2002* Bab 10) dinyatakan, bahwa setiap perusahaan pelayaran harus membuat suatu *sistem* manajemen keselamatan (SMS) yang didalamnya mencakup hal-hal sebagai berikut :

a) Sub-Bab 10.1

Perusahaan harus menyusun prosedur untuk menjamin bahwa kapal dirawat sesuai dengan persyaratan dari peraturan Klasifikasi yang terkait dan persyaratan tambahan yang ditetapkan oleh perusahaan. Sistem

pemeliharaan berencana dapat mencakup dokumentasi dari

- (1) Bagian / sistem yang termasuk didalam program pemeliharaan (daftar inventaris)
- (2) Selang waktu pekerjaan pemeliharaan dilaksanakan (jadwal pemeliharaan).
- (3) Prosedur pemeliharaan yang harus diikuti (petunjuk pemeliharaan).
- (4) Tata cara pelaporan pekerjaan pemeliharaan dan hasil- hasilnya (dokumentasi & riwayat pemeliharaan).
- (5) Tata cara pelaporan hasil kinerja dan pengukuran yang diambil dalam kurun waktu tertentu untuk keperluan penyidikan mulai tanggal penyerahan perusahaan (dokumen acuan) Dokumen yang digunakan dalam sistem pemeliharaan berencana yang di buat dalam bentuk buku, perangkat kartu, dll. dapat diberikan penandaan yang khusus untuk digunakan sebagai acuan di kemudian hari. Sistem pemeliharaan harus mencakup perencanaan dan kegiatan yang sistematis untuk menjamin bahwa kondisi kapal senantiasa terpelihara dengan baik.

b) Sub-Bab 10.2

Dalam memenuhi persyaratan tersebut di atas perusahaan harus menjamin bahwa :

- (1) Pemeriksaan dilaksanakan pada kurun waktu yang tepat.

Rencana sistematis dan tindakan paling tidak harus mencakup :

- (a) Pemeliharaan secara berkala bila memungkinkan (overhaul, pembersihan, pengecatan, penggantian dari material, dll).

(b) Pemeriksaan berkala yaitu pemeriksaan, pengukuran, uji coba dan hal lain yang dianggap perlu.

(c) Spesifikasi tentang metode yang digunakan dan bila perlu kriteria untuk pemeriksaan dini.

(d) Analisis berkala dan peninjauan tentang jangka pemeriksaan dan pemeliharaan.

(e) Pendataan yang mendokumentasikan bahwa pemeriksaan yang telah dilaksanakan harus disusun dan dipelihara.

(2) Setiap ketidaksesuaian dilaporkan dengan disertai penyebabnya (bila dapat diketahui).

(3) Tindakan perbaikan yang sesuai dilaksanakan

(4) Pencatatan tentang kegiatan-kegiatan tersebut di atas terpelihara.

c) Sub-Bab 10.3

Perusahaan harus menyusun prosedur dalam SMS untuk mengetahui perlengkapan dan sistem teknis di mana kemungkinan terjadi kerusakan operasional tiba-tiba sehingga dapat menyebabkan situasi berbahaya. SMS harus menyediakan tindakan khusus yang bertujuan untuk menunjukkan kehandalan perlengkapan atau sistem. Tindakan tersebut mencakup uji coba periodik dari perlengkapan atau sistem teknis cadangan yang secara normal tidak dioperasikan secara terus menerus.

d) Sub-Bab 10.4

Pemeriksaan seperti tersebut dalam 10.2 maupun tindakantindakan seperti tercantum pada 10.3 harus di

integrasikan dalam program perawatan operasional yang rutin dari kapal.

Jelas bahwa dengan *Planned Maintenance System* (PMS) membuat pemeliharaan dan perawatan terhadap perlengkapan di atas kapal menjadi lebih terarah dan terencana. Lebih jauh dalam Bab yang sama (ISMCode as Amendemen 2002, Bab 10) dinyatakan bahwa pihak perusahaan harus menunjuk orang dikantor yang melakukan monitoring dan evaluasi hasil perawatan kapal.

Pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) tersebut dikawal harus senantiasa dimonitor untuk mengetahui keadaan *real* di lapangan mengenai kemajuan ataupun hambatan yang ditemui, suku cadang yang diperlukan dan pemakaiannya (*spare parts and consumable*) termasuk daftar perusahaan rekanan yang melaksanakan perawatan dan *supply spare parts*.

2. Pembakaran Mesin Induk

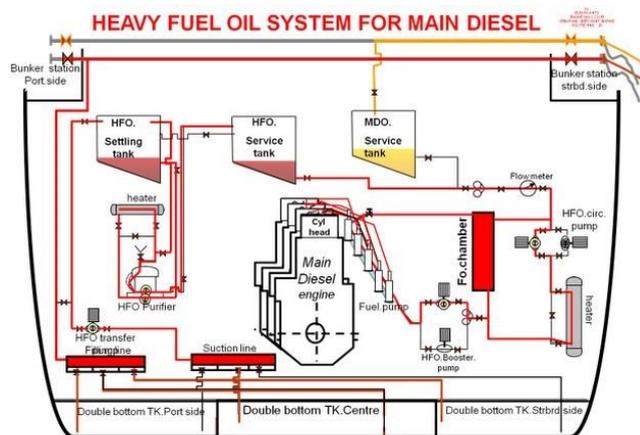
a. Sistem Bahan Bakar pada Mesin Induk

Sistem bahan bakar adalah system yang digunakan untuk mensuplay bahan bakar yang diperlukan mesin induk. Berikut ini adalah salah satu system bahan bakar project guide. Mesin Induk yang didesain untuk menggunakan bahan bakar secara terus menerus, kecuali untuk keperluan olah gerak kapal. Bahan bakar dipompa dengan pompa yang digerakan oleh elektrik motor dari tanki simpan (*Storage tank*) menuju settling tank, pompa ini disebut *FO transfer pump*. Dari settling tank dipompa dengan *FO Transfer Pump* menuju *FO Settling tank*. Pada *FO transfer pump* terdapat *filter* dan juga *heater*, *heater* ini berfungsi sebagai pemanas bahan bakar

sebelum masuk ke *settling tank* biar lebih ringan dalam pengisapan dari tangki double bottom.

Dari *Settling tank* bahan bakar dipompa/transfer ke service tank dengan menggunakan *FO purifier* yang sebelumnya bahan bakar telah di panasi terlebih dahulu di dalam *settling tank* yang di dalamnya terdapat *heater*. Dan melalui *heater* pula bahan bakar selanjutnya masuk ke *service tank*. Kemudian bahan bakar yang berada di *service tank* dipanasi lagi dan selanjutnya bahan bakar didorong dengan *supply pump* yang bergerak secara elektrik melewati filter dengan menjaga tekananya pada sekitar 3,6- 6 kPa dan selanjutnya masuk ke *circulating pump*, juga meleawati heater dan filter jugat dengan tekanan *circulating pump* berkisar antara 4,0-6,5 kPa.

Bahan bakar kemudian didorong ke mesin induk melalui *flow meter*, dan perlu dipastikan kapasitas *circulating pump* melebihi jumlah yang dibutuhkan oleh smesin induk, sehingga kelebihan bahan bakar yang disupply akan kembali ke *service tank* melalui *venting box* dan *de- aerating valve* yang mana pada *valve* tersebut akan melepas gas dan membiarkan bahan bakar masuk kembali ke pipa *circulating pump*.



Gambar 2.5 Diagram sistem bahan bakar

(Sumber: <https://www.repository.unimar-amni.ac.id>)

b. Spesifikasi Bahan Bakar

Menurut P. Van Maanen (2017:35) tentang spesifikasi bahan bakar dari buku Motor Diesel Kapal bahwa bahan bakar dikatakan baik dan boleh dipergunakan adalah jika mempunyai komposisi seperti berikut: 1) Kepekatan

Dalam hal ini diartikan dengan perbandingan antara massa dari suatu volume tertentu bahan bakar terhadap massa air dengan volume yang sama. Kepekatan ini merupakan sebuah angka tanpa dimensi, dan sangat penting sekali dalam rangka ruangan simpan yang dibutuhkan, dan untuk pembersihan dengan bantuan separator sentrifugal. Kepekatan dinyatakan pada suhu 15⁰C.

2) *Viscositas*

Hal ini merupakan suatu ukuran untuk kekentalan bahan bakar. Ditentukan dengan cara sejumlah bahan bakar tertentu dialirkan melalui lubang yang telah dikalibrasi dan menghitung waktu mengalir bahan bakar tersebut. Dahulu *viscositas* kinematik diukur melalui beberapa peralatan yang berlainan dan dinyatakan dengan satuan yang sama. Satu-satunya satuan yang diakui dewasa ini adalah centistokes (Cst) $1\text{cst} = 0.01\text{ st} = 1\text{ mm}^2$ *Viscositas* sangat dipengaruhi oleh suhu.

3) Titik nyala

Hal ini merupakan suhu terendah dalam carbon (C) yang mengakibatkan suatu campuran bahan bakar dan udara dalam bejana tertutup menyala dengan sebuah nyata api. Titik nyala ditentukan dengan sebuah pesawat Pensky Martens (PM) dengan mangkok tertutup (*Close Cup*), dan sangat penting sekali dalam rangka persyaratan undang-

undang yang menjamin perawatan bahan bakar di atas kapal. Titik nyala pada bahan bakar minimal 52°C

4) Residu zat arang (angka Conradson)

Hal ini merupakan ukuran untuk pembentukan endapan zat arang pada pembakaran suatu bahan bakar dan sangat penting dalam rangka pengotoran dari tip pengabut, pegas torak dan alur pegas torak, serta katup buang, dan turbin gas buang. Residu zat arang diukur dengan pesawat dari Conradson; dalam sebuah bak kecil dan tertutup bahan bakar dipanasi.

5) Kadar belerang

Sebagian besar dari bahan bakar cair mengandung belerang yang sebagai molekul terikat pada zat C-H sehingga tidak dapat dipisahkan. Kadar belerang sangat penting mengingat timbulnya korosi pada suhu rendah dan bagian motor karena pendinginan dan gas pembakaran.

6) Kadar abu

Hal ini menunjukkan material anorganis dalam bahan bakar material tersebut mungkin sudah ada dalam bumi, akan tetapi dapat juga terbawa sewaktu transportasi dan rafinasi. Pada umumnya berbentuk oksida metal misalnya dari Nilik, Vanadium, Aluminium, Besi dan Natrium, zat-zat tersebut dapat mengakibatkan keausan dan korosi.

7) Kadar air

Hal ini sangat penting dalam hubungannya dengan energi spesifik atau nilai opak suatu bahan bakar. Air dapat mengakibatkan permasalahan pada waktu pembersihan bahan bakar dan dapat mengakibatkan korosi pada

misalnya pompa bahan bakar dan pengabut. Air (laut) dapat juga mengandung natrium.

8) Vanadium / Aluminium

Metal ini terdapat dalam setiap minyak bumi, dan terikat pada zat C-H metal ini tidak diinginkan berada dalam kandungan bahan bakar. Vanadium bersama dengan Sodium akan menyebabkan korosi panas pada bagian-bagian mesin yang bertemperatur tinggi yang mempengaruhi katup buang. Dibagian yang panas tersebut akan terjadi persenyawaan Vanadium dan Sodium yang akhirnya akan membentuk Aluminium Silicate yang bisa menimbulkan gesekan pada bagian-bagian yang bergerak.

c. Metode Penyemprotan Bahan Bakar di Dalam Silinder

Menurut P.Van Maanen, tentang metode penyemprotan bahan bakar dari buku Motor Diesel Kapal, yaitu :

1) Motor diesel dengan penyemprotan tidak langsung

Dalam hal ini bahan bakar disemprotkan kedalam sebuah ruang pembakaran pendahuluan yang terpisah dan ruang pembakaran utama. Ruang tersebut memiliki 25-60% dari volume total ruang pembakaran. Pada sistem penyemprotan ruang pendahuluan bahan bakar disemprotkan kedalam ruang tersebut melalui sebuah pengabut berlubang tunggal dengan tekanan penyemprotan relatif rendah dari 100 bar. Pengabutan pada tekanan tersebut kurang baik sekali, akan tetapi bahan bakar dapat menyala dengan cepat akibat suhu tinggi dinding ruang pendahuluan tersebut.

Pada waktu kompresi sebagian dari udara pembakaran melalui saluran penghubung didesak ke dalam ruang puser

berbentuk bola sehingga udara akan berputar. Bahan bakar selanjutnya melalui sebuah pengabut berlubang tunggal disemprotkan ke dalam ruang puser sehingga bercampur dengan udara yang tersedia. Karena sebagian dari permukaan dinding ruang puser tidak didinginkan, maka udara yang berputar di dalam akan melebihi suhu yang tinggi sehingga bahan bakar terbakar dengan cepat tanpa gejala detonasi. Akibat kenaikan tekanan maka campuran gas dan bahan bakar yang belum terbakar terdesak ke dalam ruang pembakaran utama melalui saluran penghubung. Ruang tersebut memiliki bentuk khusus dan terletak seluruhnya dalam kepala torak. Karena bentuk ruang pembakaran puseran udara tetap ada sehingga pembakaran akan berjalan dengan cepat dan sempurna. 2) Motor diesel dengan penyemprotan langsung

Bahan bakar dengan tekanan tinggi (pada motor putaran rendah hingga 100 bar dan pada motor putaran menengah yang bekerja dengan bahan bakar berat hingga 150 bar) disemprotkan ke dalam ruang pembakaran yang tidak dibagi. Tergantung dari pembuatan ruang pembakaran maka untuk keperluan tersebut dipergunakan sebuah hingga tiga buah pengabut berlubang banyak. Sistem penyemprotan langsung diterapkan pada seluruh motor putaran rendah dan motor putaran menengah dan pada sebagian besar dari motor putaran tinggi. Contohnya seperti bentuk bak.

d. Performa Mesin Induk

Performa mesin (*engine performance*) adalah prestasi kinerja suatu mesin, dimana prestasi tersebut erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan serta daya guna dari mesin tersebut. Kinerja dari suatu mesin induk umumnya

ditunjukkan dalam tiga besaran, yaitu tenaga yang dapat dihasilkan, torsi yang dihasilkan dan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi. (Arismunandar, W dan Koichi Tsuda, 2014).

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:65) Daya motor induk adalah salah satu parameter dalam menentukan kinerja dari suatu motor induk tersebut. Daya diklasifikasikan menjadi 2 macam yaitu :

1) Daya *indicator* yaitu daya secara teoritis yang diambil melalui diagram indicator dari hasil pembakaran di dalam setiap silinder mesin induk. Daya *indicator* ini dapat diukur melalui hasil pengukuran diagram *indicator* dengan menggunakan *planimeter* dengan skala pegas yang sudah ditentukan pada saat pengambilan diagram *indicator* tersebut.

Mesin induk di kapal tidak semuanya dapat diambil diagram indikatornya, sehingga daya *indicator* dapat juga dihitung dengan menggunakan data-data mesin yang sudah ada, yang umumnya secara teoritis dilakukan pada perhitungan mesin induk dan disingkat dengan sebutan (P_i). Rumus daya indicator adalah (P_i)

$$= 0,785.D2.S.Z.pi.n.100.$$

2) Daya efektif (P_e) yaitu daya yang benar-benar efektif menggerakkan poros engkol, yaitu daya *indicator* setelah dikurangi kerugian mekanik atau umumnya disingkat dengan sebutan rendemen mekanik (m). Berikut rumusnya : (P_e) = 0,785.D2.S.Z.pe.n.100

e. Daya Motor Maksimum

Daya atau tenaga dihasilkan oleh pengabutan sempurna yang menghasilkan suatu pembakaran yang sempurna pula sebagai

pendorong torak ke bawah untuk melakukan usaha mekanik sebagai penghasil daya motor maksimum.

Daya motor yang maximum dipengaruhi oleh :

- 1) Banyak sedikitnya bahan bakar yang disemprotkan oleh pengabut bahan bakar
- 2) Tidak terjadi kebocoran pada ruang pembakaran (kebocoran klep).
- 3) Kompresi motor induk yang tinggi, *ring torak*, *cylinder liner* masih standard normal.
- 4) Mutu bahan bakar rendah.
- 5) Jumlah udara pembakaran /kg bahan bakar memenuhi standar.

f. Penyebab Daya Motor Rendah

Adapun penyebab daya motor rendah adalah:

- 1) Terjadi kebocoran katup

Kebocoran katup dapat menyebabkan berkurangnya tekanan dalam ruang bakar, mengakibatkan pembakaran yang tidak efisien dan penurunan daya mesin.

- 2) Mutu bahan bakar rendah

Penggunaan bahan bakar rendah kualitas atau terkontaminasi dapat mengurangi kemampuan pembakaran, menghasilkan daya motor yang rendah. Pastikan menggunakan bahan bakar yang sesuai dan berkualitas.

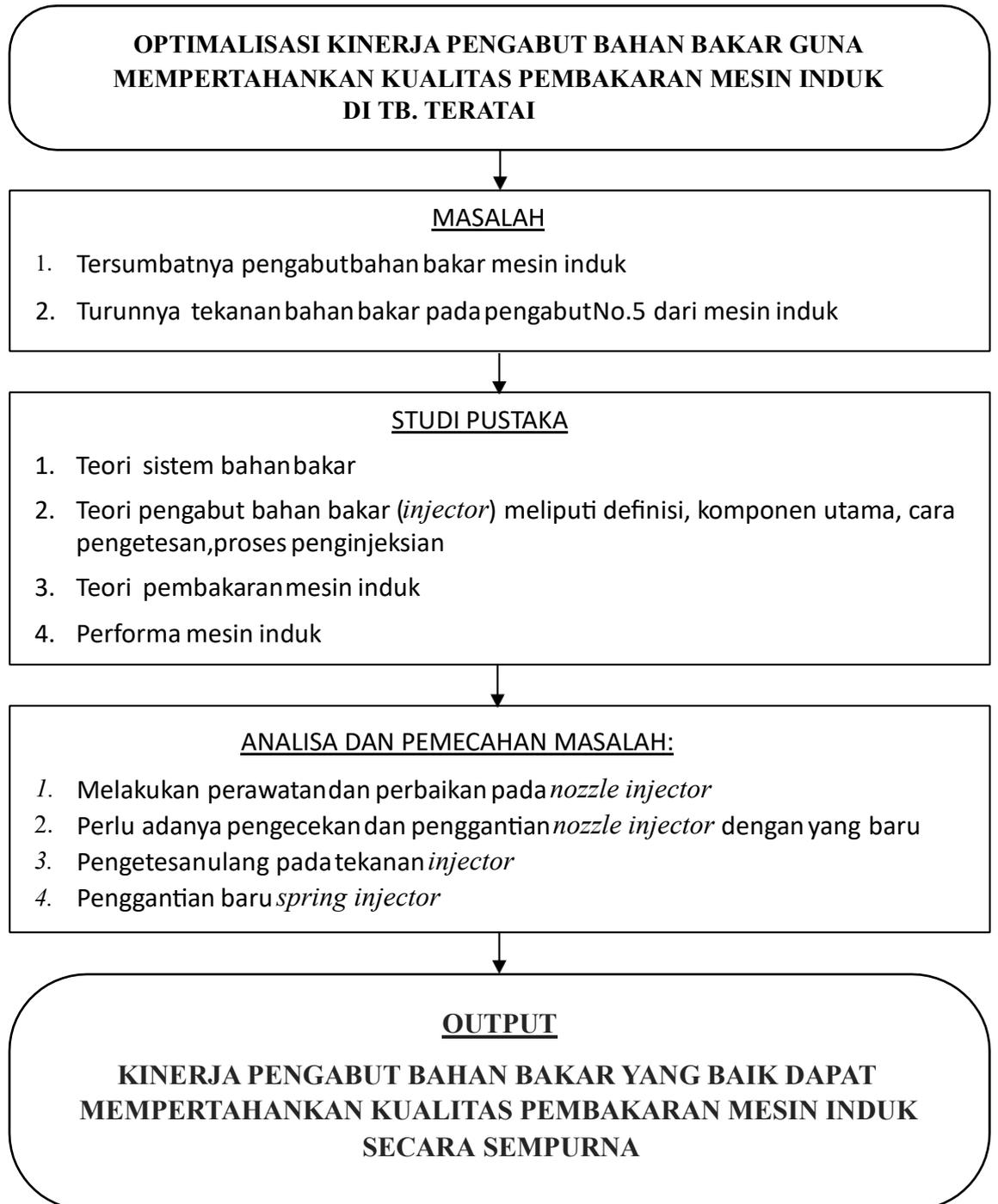
- 3) Kompresi udara pada motor induk rendah

Kompresi udara yang rendah dapat terjadi jika sistem kompresi mesin tidak berfungsi dengan baik atau jika komponen seperti piston, cincin torak, atau silinder mengalami keausan atau kerusakan. Kompresi udara yang rendah mengakibatkan berkurangnya tekanan dalam ruang bakar, sehingga jumlah udara yang masuk menjadi kurang, dan pembakaran tidak efisien.

4) *Ring torak* lemah sehingga terjadi pelolosan udara kompresi. Lolosnya udara kompresi mengurangi tekanan efektif dalam ruang bakar, mengakibatkan penurunan daya mesin dan efisiensi pembakaran yang buruk.

Pada kondisi penurunan daya motor maka kapal akan turun putaran poros engkol dan tenaga motor induk menurun yang mempengaruhi putaran baling-baling sehingga kapal kecepataannya minimal. Dan juga mempengaruhi pemakaian bahan bakar boros.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Penulis melakukan penelitian di TB. TERATAI, selama penulis bekerja sebagai KKM sejak 28 juni 2023 sampai dengan 20 Maret 2024.

Adapun fakta yang penulis temui sebagai berikut:

1. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk

Pada tanggal 12 Februari 2023 saat TB. TERATAI dalam pelayaran Di laut jawa, terjadi kenaikan suhu gas buang silinder no.5 mencapai 450°C dari suhu normal maksimal yaitu 380°C. Suhu silinder cenderung naik, hal ini disebabkan oleh pengabut bahan bakar yang tidak bekerja maksimal dan mutu bahan bakar yang kurang baik dan karena kurangnya perawatan pada sistem bahan bakar.

Kepala Kamar Mesin memerintahkan untuk menurunkan putaran mesin dan melaporkan kepada kapten meminta izin untuk berhenti guna mengecek keadaan mesin induk. Setelah berhenti Kepala Kamar Mesin meminta kepada Masinis II untuk membongkar semua pengabut bahan bakar dan melakukan test *nozzle*. Maka pengabut yang tekanannya rendah diganti dengan suku cadang. Setelah diadakan pemeriksaan pada laporan perawatan, ditemukan bahwa jam kerja pengabut telah melewati masa perawatan.

Selanjutnya sebagai perawatan preventif, perwira mesin turun ke kamar mesin dipimpin oleh Kepala Kamar Mesin yang menginstruksikan Masinis III untuk membersihkan filter primer dan primer sekunder karena tersumbat oleh kotoran dan banyak mengandung air. Saat bersamaan

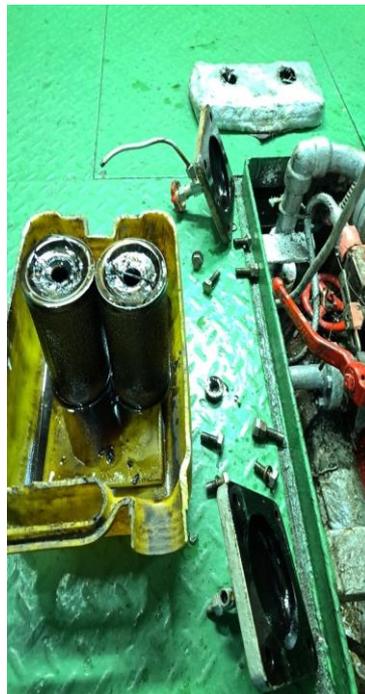
Masinis II mencabut semua pengabut untuk di test ulang, pada kenyataannya didapat bahwa bahan bakar mengandung kotoran sehingga pengabut tersumbat oleh kotoran yang terkandung didalam bahan bakar. Setelah diadakan pembersihan

lalu pengabut bahan bakar tersebut diadakan pengetesan tekanan sebelum dipasang kembali.



Gambar 3.1 Kondisi Injector yang rusak

Setelah bahan bakar tersebut digunakan tampak bahwa kotoran dan air yang ada pada bahan bakar mengganggu jalannya sistem kerja pembersih bahan bakar.



Gambar 3.2 Filter bahan bakar sebelum dan sesudah dibersihkan

2. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk

Pada waktu yang sama yaitu pada tanggal 12 Mei 2023 saat kapal dalam pelayaran, suhu di silinder No.05 naik dari normal 320°C

sampai 380°C. Setelah dilakukan pembongkaran pengabut bahan bakar ditemukan bahwa pegas pengabut sudah lemah. Hal ini diketahui dari pengecekan pegas secara fisik. Kemudian dilakukan pengecekan pada laporan perawatan sebelumnya ternyata pegas pengabut sudah melebihi batas jam kerja.

B. ANALISIS DATA

Berdasarkan uraian identifikasi permasalahan dan batasan masalah pada Bab I, maka penulis dapat menganalisisnya sebagai berikut :

1. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk

Hal ini disebabkan oleh:

a. *Nozzle* pengabut tersumbat

Perawatan yang tertunda atau perawatan yang dilakukan melebihi dari batas jam kerja sesuai *planned maintenance system* (PMS) dan juga dengan perawatan penyetelan pengabut yang tidak sesuai buku petunjuk untuk tekanan pembukaan katup *spindle valve* pada tekanan penyemprotan 320 bar dari tekanan normal 320-340 bar, yang berakibat menjadi bocornya pengabut sehingga bahan bakar menetes dan terjadi kerak pada ujung pengabut mengakibatkan lubang *nozzle* buntu sehingga kondisi ini menyebabkan kerja pengabut tidak optimal.

Dengan terjadinya penyumbatan pada lubang *nozzle*, maka terjadi pembakaran di dalam silinder tidak sempurna. Maka dalam peyetelan test pengabut harus disesuaikan dengan buku petunjuk tekanannya 320-340 bar untuk memperoleh pengabutan bahan bakar yang lebih baik, supaya dapat dicapai jarak pancar dan pengabutan bahan bakar minyak yang baik dan berkecepatan tinggi sehingga bahan bakar yang berbentuk kabut akan mudah terbakar dengan sempurna.

Dengan demikian campuran udara yang kurang sebagaimana terjadi pada mesin diesel di ruang pembakaran masih dapat diperoleh pencampuran udara dengan bahan bakar yang cukup sehingga terjadi pembakaran di dalam silinder sempurna.

Kualitas bahan bakar yang tidak standar mengakibatkan kerja mesin induk sangat berat. Dengan motor induk yang bekerja maksimal tetapi tidak menghasilkan tenaga yang optimal akan mengganggu pengoperasian kapal secara keseluruhan. Karena kualitas bahan bakar sangat berpengaruh sekali pada kerja mesin induk. Banyak terjadi pembuatan campuran bahan bakar yang dilakukan secara ilegal tanpa memperhatikan faktor-faktor kualitas yang sesuai standar, dalam hal ini kualitas tidak dapat dijamin dari bahan bakar yang dihasilkan.

Mesin induk akan menghasilkan daya optimal bila proses pembakaran bahan bakar yang di semprotkan ke dalam mesin dapat berlangsung sempurna. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna antara lain diperlukan:

- 1) Volume udara bersih yang cukup.
- 2) Tekanan kompresi yang cukup.
- 3) Pencampuran bahan bakar dengan udara sebanding.
- 4) Pengabutan bahan bakar yang baik (tidak menetes).

Agar aliran udara masuk ke dalam mesin supaya lancar, sistem udara bilas salurannya harus tetap dalam keadaan bersih. Agar kompresi tetap tinggi, piston ring harus berfungsi baik dan katup-katup menutup rapat.

Pentingnya percobaan dan penelitian dalam memilih bahan bakar yang baik untuk pengadaan di atas kapal.

b. Lubang orifice oversize

Lubang orifice pada pengabut bahan bakar merupakan komponen yang memiliki peran penting dalam menjaga tekanan pengabutan.

Fungsinya untuk mengukur laju aliran volume, membatasi aliran, atau mengurangi tekanan agar sesuai dengan yang dikehendaki. Jika lubang *orifice* terlalu lebar (*oversize*) maka hasil penyemprotan bahan bakar tidak sempurna.

Dari hasil analisis yang dilakukan tidak ditemukan *oversize* pada lubang *orifice*.

2. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk

Penyebabnya yaitu

a. Sekrup Penyetelan mengalami pelonggaran

Besarnya ketegangan dari pegas *nozzle* dapat diatur dengan menggunakan sekrup penyetel. *Nozzle holder* berfungsi untuk memegang *nozzle* dan menentukan posisi serta arah daripada *nozzle*. *Nozzle holder* ini merupakan tempat bertemunya antara bahan bakar dan mengatur tekanan dimulainya penyemprotan (*valve* terbuka) pada *nozzle*. *Nozzle* ditekan oleh pegas *nozzle* melalui *push rod*. Tekanan awal penyemprotan bahan bakar diatur oleh besarnya ketegangan dari pegas *nozzle*.

Dari hasil analisis yang dilakukan tidak ditemukan pelonggaran pada sekrup penyetel.

b. Kualitas pegas tidak original

Penggunaan suku cadang pegas pengabut yang tidak asli maka ketahanannya juga tidak lama. Tidak seperti menggunakan suku cadang yang asli. Dengan demikian pegas pengabut lebih cepat lemah sehingga mempengaruhi hasil penyemprotan bahan bakar.

Dari hasil analisis yang dilakukan ditemukan bahwa pegas pengabut yang digunakan suku cadang asli.

c. Jam Kerja

Setelah dilakukan pengecekan pada laporan perawatan ternyata pegas pengabut sudah melebihi batas jam kerja.

C. PEMECAHAN MASALAH

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk 1) Pengabut *Nozzle* lengket

Alternatif pemecahan masalahnya yaitu:

a) Melakukan Perawatan dan Perbaikan Pada Pengabut

Nozzle

Perawatan terhadap alat pengabut tersebut kurang baik dan perlu diadakan penyekiran dan pengetesan ulang sampai terjadi pengabutan yang baik. Lakukan penyekiran dengan cara manual untuk mendapatkan hasil yang baik.

Adapun tahap-tahap perawatan pengabut bahan bakar adalah sebagai berikut:

- (1) Pengabut bahan bakar harus dicabut total dari kedudukannya pada kepala silinder mesin induk, lalu dibersihkan bodi keseluruhan dan apabila pengabutnya kurang sempurna/ menetes baru di *overhaul*.
- (2) Bagian pengabut dibuka satu persatu, mulai dari membuka penutup atas dan melonggarkan mur, penyetel/*lock* mur untuk mengendorkan batang pengatur tekanan kerja (sekrup penyetelan) kemudian bagian- bagian yang lain dikeluarkan semua untuk dibersihkan, kemudian membuka mur penekan *nozzle assembly* dan diadakan pemeriksaan semua

detail dari pengabut serta *nozzle*-nya, terutama pegas, jarum dan lubang-lubang *nozzle* yang mungkin terjadi keausan pada *seatingnya* atau batang *nozzlenya*. Pada lubang-lubang *Orifice Nozzle* dibersihkan menggunakan sikat baja yang halus sesuai dengan ukurannya. Bersihkan timbunan arang pada mulut dan lubang-lubang *nozzle* yang mungkin menempel dan mengeras. Kalau masih terlihat bagus jarum *nozzle*-nya agar di *grinding* / di *lapping* menggunakan braso.



Gambar 3.3 Penyekiran Pengabut

(3) Perakitan kembali setelah proses pembersihan *nozzle* selesai, maka proses berikutnya adalah merakit kembali dengan pemeriksaan ulang terhadap komponen yang dirakit (misalnya jarum *nozzle*, badan *nozzle*).

(4) Dalam penyetelan tekanan kerja perhatikan mur pengunci sesuai yang diizinkan didalam buku petunjuk, setelah mencapai tekanan kerjanya bila pengabutannya sudah sempurna dan tak menetes lagi, mur penahan sekrup penyetel dikencangkan dan bodi pengabut dilumasi dengan "*Molycote*" serta siap untuk

dipasang kembali seperti semula pada kedudukannya di atas kepala silinder.

(5) Setelah menyelesaikan uji tekanan kerja *nozzle* pada alat penguji dengan mencapai hasil pengabutan yang ideal 340 kgf/cm^2 dan pengujian dinyatakan baik, maka selanjutnya pengabut dapat dipasang kembali seperti semula.



Gambar 3.4 Pemasangan Pengabut

(6) Setelah membersihkan dudukan pengabut dan menyiapkan paking tembaga, pengabutnya dipasang kembali pada dudukannya kemudian mur penekan dan sambungan-sambungan saluran bahan bakar dipasang kembali, setelah selesai, *handle* bahan bakar dinaikkan kemudian pompa bahan bakar tekanan tinggi dipompa secara manual hingga bahan bakar keluar pada mur penyambung pipa bahan bakar dengan pengabutnya, kemudian murnya dikencangkan.

Dengan demikian penyemprotan bahan bakar yang baik akan menghasilkan pembakaran dalam silinder sempurna, sehingga menghasilkan daya yang bisa menunjang mesin induk bekerja dalam performa baik guna memperlancar pengoperasian kapal. Dalam melaksanakan perawatan pengabut bahan bakar ini di atas kapal berpedoman dengan jam kerja yaitu 1000-1500 jam.

Dengan melaksanakan persyaratan-persyaratan, maka perawatan dapat berjalan dengan baik dan tepat pada waktunya sesuai dengan perencanaan sebelum dan setiap kegiatan perawatan harus dicatat dalam buku catatan pemeliharaan untuk mempermudah dalam rangka pembuatan rencana perawatan berikutnya.

Hal yang harus dilakukan adalah dengan memanasi tangki - tangki dasar ini sampai temperatur 32°C diatas titik beku untuk MFO (*Marine Fuel Oil*) titik bekunya $0-20^{\circ}\text{C}$ berarti tangki dasar yang berisi MFO tersebut harus dipanasi hingga 40°C . Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan proses transfer bahan bakar dari tangki dasar endap (*settling tank*) agar mudah dihisap oleh pompa transfer bahan bakar.

b) Perlu adanya pengecekan dan penggantian pengabut *nozzle* dengan yang baru

Pada saat terjadi proses penyemprotan bahan bakar dengan tekanan yang tinggi, kadang kala dengan kualitas bahan bakar yang kurang baik seperti bahan bakar yang mengandung beberapa logam berat seperti besi, timbal dan lainnya, bisa mempengaruhi elastisitas pegas dan *nozzle*. Dengan banyaknya

lumpur yang masuk pada saluran bahan bakar pada permukaan ujung jarum *nozzle* atau lubang penyemprotan secara terus menerus maka lubang penyemprotan akan menjadi mengecil akibat tertutup sebagian kerak yang tidak dapat di kabutkan bersama bahan bakar di ruang bakar. Sehingga ujung jarum *nozzle* atau lubang penyemprotannya tidak sempurna lagi bentuknya.

Dengan ujung *nozzle* dan lubang penyemprotan yang sudah tidak sempurna lagi bentuknya, akan membuat bahan bakar menetes dan tidak terbakar dengan sempurna. Oleh karena itu *nozzle* yang sudah tertutup oleh kerak tersebut perlu di bersihkan. Sedangkan apabila *nozzle* sudah di bersihkan tapi penyemprotan masih tidak sempurna, maka satu-satunya cara adalah dengan mengganti *nozzle* dengan yang baru.

Proses penggantian *nozzle* baru, sebelum di pasang ke dalam pengabut harus dioles dahulu dengan pasta agar kedudukan *nozzle* tepat pada tempatnya. Kemudian di lakukan pengetesan dengan menggunakan alat pompa tes pengabut yang di sebut *injection calibration process* agar mendapatkan pengabutan yang sempurna sesuai dengan buku petunjuk untuk mendapat standarisasi yang di inginkan.

Untuk memperoleh hasil penyemprotan yang baik harus ditunjang oleh performa yang baik dari pengabut bahan bakar. Sehingga dalam pengoperasiannya dapat menghasilkan daya mesin induk yang optimal. Untuk mempertahankan kinerja dari pengabut bahan bakar maka pengabut bahan bakar harus sering dilakukan tes tekanan dan

dibersihkan secara berkala sesuai dengan *Planned Maintenance System (PMS)*.

b. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk

Alternatif pemecahan masalahnya
yaitu:

1) Pengetesan ulang pada tekanan pengabut

Tahap-tahap pengetesan tekanan pengabut sesuai dengan buku petunjuk dapat bervariasi tergantung pada jenis mesin dan pengabut yang digunakan. Tahap-tahap yang biasanya dilakukan dalam pengetesan tekanan pengabut di kapal:

a) Persiapan

Pastikan sistem bahan bakar pada motor induk dalam kondisi mati dan bebas dari tekanan. Periksa juga apakah ada alat pengaman yang diperlukan, seperti alat pemadat bahan bakar atau alat keselamatan.

b) Persiapan Pengabut

Bersihkan pengabut dan pastikan tidak ada kerak atau kotoran yang menghalangi aliran bahan bakar. Pastikan juga semua komponen terpasang dengan benar.

c) Persiapan Alat Ukur

Siapkan alat ukur tekanan yang sesuai dengan spesifikasi buku petunjuk dan pastikan alat ukur dalam kondisi baik.

d) Sambungkan Alat Ukur

Sambungkan alat ukur tekanan ke fitting yang sesuai pada pengabut. Pastikan sambungan rapat dan aman.

e) Mulai Pengetesan

Nyalakan mesin pada putaran minimum atau dalam mode tes khusus yang disarankan dalam buku petunjuk. Buka katup atau pengatur aliran bahan bakar secara perlahan dan perhatikan peningkatan tekanan pada alat ukur. Monitor tekanan yang terbaca dan pastikan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dalam buku petunjuk.

f) Evaluasi Hasil

Setelah mencapai tekanan yang ditargetkan, periksa apakah ada kebocoran pada pengabut atau sistem bahan bakar lainnya. Jika terdapat kebocoran atau masalah lainnya, perbaiki sebelum melanjutkan pengetesan.

g) Catat Hasil

Catat tekanan yang terbaca pada alat ukur dan hasil pengetesan. Ini dapat digunakan untuk memantau kinerja pengabut dari waktu ke waktu atau sebagai bagian dari program pemeliharaan rutin.

Penting untuk diingat bahwa prosedur pengetesan tekanan pengabut yang tepat harus disesuaikan dengan buku petunjuk yang diberikan untuk mesin spesifik dan pengabut yang digunakan di kapal tersebut. Selalu ikuti panduan yang sesuai dan pastikan keamanan saat melakukan pengetesan atau pemeliharaan pada sistem bahan bakar kapal.

2) Penggantian baru pegas pengabut

Untuk menghasilkan tekanan tinggi yaitu 340 kgf/cm^2 , komponen pengabut bahan bakar seperti *spring retainer* harus dalam kondisi baik. *Spring valve* yang sudah lemah menyebabkan tekanan pengabutan pada pengabut bahan

bakar turun, sehingga penyemprotan bahan bakar oleh pengabut tidak maksimal. Akibat dari penyemprotan bahan bakar yang tidak maksimal, maka pembakaran di dalam silinder tidak sempurna. Oleh karena itu *spring retainer* yang sudah lemah harus diganti dengan yang baru dan suku cadang yang asli.

Spring retainer harus selalu diperhatikan setiap kali pengabut dibuka, yaitu tiap 3000-4000 jam kerja. Kalau ditemukan pegas pengabut sudah lemah, maka harus dilakukan penggantian menggunakan suku cadang asli. Dengan menggunakan suku cadang asli maka kinerjanya pun lebih maksimal dan masa pakai yang lebih lama.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk

1) Melakukan perawatan dan perbaikan pada pengabut *nozzle*

Keuntungannya:

- a) Tekanan pengabut bahan bakar normal
- b) Pembakaran di dalam silinder sesuai yang diharapkan
- c) Biaya lebih murah

Kerugiannya:

- a) Hasil kurang maksimal
- b) Membutuhkan pemahaman dan ketelitian dalam pelaksanaannya.

2) Perlu adanya pengecekan dan penggantian pengabut *nozzle* dengan yang baru

Keuntungannya:

- a) Pengerjaan lebih cepat
- b) Hasil lebih maksimal

Kerugiannya:

- a) Biaya lebih mahal
- b) Sering terkendala persediaan suku cadang di atas kapal

b. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk

1) Pengetesan ulang pada tekanan pengabut

Keuntungannya:

- (1) Biaya lebih murah
- (2) Bisa dilakukan semua ABK mesin

Kerugiannya:

Diperlukan pemahaman dan ketelitian ABK untuk pengetesan tekanan pengabut.

2) Penggantian baru pegas pengabut

Keuntungannya:

- a) Hasil lebih maksimal
- b) Proses pengerjaan lebih cepat

Kerugiannya:

- a) Biaya lebih besar
- b) Diperlukan persediaan suku cadang asli di kapal

3. Pemecahan Masalah yang Dipilih

- a. Tersumbatnya pengabut bahan bakar mesin induk
 - 1) *Nozzle* pengabut tersumbat, mengatasinya dengan melakukan penyekiran terhadap *nozzle* pengabut.
 - 2) Mengatasinya dengan *FO treatment* bahan bakar.
- b. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut No.5 dari mesin induk karena jam kerja pengabut melebihi batas, alternatif pemecahan masalah untuk mengatasinya yaitu mengganti pegas pengabut dengan yang asli.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis menarik beberapa kesimpulan tentang kurang optimalnya kinerja pengabut bahan bakar di TB. TERATAI sebagai berikut :

1. Terjadi kebuntuan pada pengabut bahan bakar mesin induk disebabkan pengabut bahan bakar pada *nozzle* buntu karena:
 - a. *Nozzle* pengabut tersumbat dan cara mengatasinya dengan cara diskir.
 - b. Untuk mencegah penyumbatan *nozzle* dengan cara menggunakan *FO treatment* (perawatan bahan bakar).
2. Turunnya tekanan bahan bakar pada pengabut dari mesin induk salah satunya disebabkan pegas pengabut lemah karena jam kerja melebihi batas kerja. Mengatasinya dengan pergantian pegas pengabut dengan yang baru dan asli.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. ABK Mesin seharusnya melakukan perawatan atau pengetesan pengabut secara rutin atau sesuai *Planned Maintenance System* (PMS) dengan memperhatikan jam kerja pada pengabut. Untuk mendapatkan bahan bakar yang berkualitas baik, disarankan kepada Masinis II sebelum melakukan bunkering untuk memastikan bahan bakar sudah sesuai dengan spesifikasi yang digunakan oleh mesin induk dan *treatment* bahan bakar.

2. ABK Mesin sebaiknya melakukan pengetesan ulang pada tekanan pengabut untuk memastikan bahwa tekanan normal sesuai yang diharapkan dan mengganti pegas pengabut sesuai jam kerja yang ditentukan dalam buku petu

DAFTAR PUSTAKA

- Hutamadi, Pradana. (2023). *Diesel Engine Performance - Performa Mesin Diesel*. Jakarta: Salemba Empat
- Sukoco dan Zainal Arifin, (2018). *Teknologi Motor Diesel – Teknologi Motor Diesel*.
- Jusak Johan Handoyo. (2020). *Sistim Perawatan Permesinan Kapal*, Jakarta : Djangkar ISBN, 978-979-044-623-6.
- Karyanto (2018). *Pengabut Injector – Pengabut Injector*.
- Maanen, P Van. (2021). *Motor Diesel Kapal, Cetak Ulang*. Jakarta: Nautech
- Nugroho, Setyo. (2022). *Analisa Kondisi Mesin Induk Kapal Dengan Aplikasi Metode Fuzzy Inference System*
- Poerwadarminto. (2021). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
- Sunaryo, Hery. (2022). *Perawatan dan Perbaikan Motor Penggerak Kapal*. Jakarta: Depdikbud