

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



MAKALAH

**ANALISA KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR TIPE
SLIDE GUNA MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN
INDUK DI MV. STAR EMERALD**

Oleh :

BAYU FRIADY
NIS. 01927/T-I

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I
JAKARTA
2023**

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



MAKALAH

**ANALISA KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR TIPE
SLIDE GUNA MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN
INDUK DI MV. STAR EMERALD**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Diklat Pelaut ATT-I**

Oleh :

**BAYU FRIADY
NIS. 01927/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I
JAKARTA
2023**

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



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : BAYU FRIADY
NIS : 01927/T-I
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : ANALISA KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR TIPE
SLIDE GUNA MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN
INDUK DI MV. STAR EMERALD

Jakarta, 10 Juni 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Baihaqi, M.M.Tr., M.Mar.E

Pembina (IV/a)

19671212 200312 1 001

Drs. Purnomo, MM

Pembina (IV/a)

19590612 198003 1 002

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 : BAYU FRIADY
NIS : 01927/T-I
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : ANALISA KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR TIPE
SLIDE GUNA MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN
INDUK DI MV. STAR EMERALD

Penguji I

Pande Irianto Subandrio Siregar, MM
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP.19620522 199703

Penguji II

Baihaqi, M.MTr., M.Mar.E
Pembina (IV/a)
19671212 200312 1 001

Penguji III

Drs. Purnomo, MM
Pembina (IV/a)
19590612 198003 1 002

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 anugerahNya, sehingga penulis mendapat kesempatan untuk mengikuti tugas belajar program upgrading Ahli Teknik Tingkat I yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Guna memenuhi persyaratan Kurikulum Program Peningkatan ATT-I, maka semua pasis diwajibkan untuk membuat atau menulis sebuah makalah berdasarkan pengalaman selama bekerja di atas kapal dan ditunjang dengan teori-teori serta bimbingan dari pada dosen pembimbing STIP Jakarta. Sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini sesuai dengan waktu yang ditentukan dengan judul :

**“ANALISA KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR TIPE *SLIDE* GUNA
MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN INDUK
DI MV. STAR EMERALD”**

Penulis menyadari akan keterbatasan kemampuan dalam penyusunan serta penulisan makalah ini, sehingga masih banyak kekurangan-kekurangan dan hasilnya masih belum sempurna. Oleh sebab itu penulis membukakan diri untuk menerima kritik serta saran-saran yang positif guna menuju keperbaikan makalah ini. Selanjutnya segala rendah hati, bersama ini penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar besarnya kepada yang terhormat Yang Terhormat :

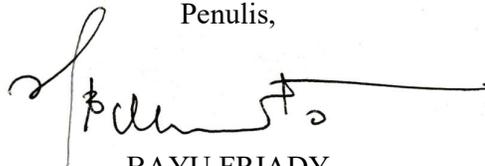
1. H. Ahmad Wahid, S.T.,M.T.,M.Mar.E, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.SiT.,M.M.,M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Baihaqi, M.MTr.,M.Mar.E, selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar.

5. Bapak Drs. Purnomo, MM, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini
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 ini.
7. Alm. Syahfrian dan Almh. Ichi Asniwaty, orang tua tercinta yang telah tiada yang doanya selalu ada semasa hidupnya dalam memberi semangat kepada penulis selama pembuatan makalah.
8. Lily Marlya, S.Pd.I, Istri tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
9. Hafif Alfriansyah, Qadri Alfriansyah dan Ailza Qiara Friany, anak-anak tersayang yang telah memberikan semangat selama pengerjaan makalah.
10. Suparman, Sahabat yang selalu membantu atas dukungan dan doa selama pembuatan makalah.
11. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknika Tingkat I Angkatan LXVI tahun ajaran 2023 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moril sehingga makalah ini akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, 10 Juni 2023

Penulis,



BAYU FRIADY
NIS. 01927/T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	iii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR ISTILAH	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	2
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	3
D. METODE PENELITIAN	4
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	5
F. SISTEMATIKA PENULISAN	5
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. TINJAUAN PUSTAKA	6
B. KERANGKA PEMIKIRAN	26
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. DESKRIPSI DATA.....	27
B. ANALISIS DATA.....	36
C. PEMECAHAN MASALAH.....	44
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN.....	58
B. SARAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Desain <i>injector</i> tipe konvensional, mini dan <i>slide</i>	8
Gambar 2.2 Gambar <i>injector</i> tipe <i>slide</i>	8
Gambar 2.3 Bagian-bagian <i>injector</i> tipe <i>slide</i>	9
Gambar 2.4 <i>Spindle guide & atomizer</i>	9
Gambar 2.5 <i>Union nut</i>	10
Gambar 2.6 <i>Holder</i>	10
Gambar 2.7 <i>Pressure spring</i>	11
Gambar 2.8 <i>Thrust spindle</i>	11
Gambar 2.9 <i>Non return valve</i>	12
Gambar 2.10 <i>Thrust foot</i>	12
Gambar 2.11 <i>Valve head</i>	13
Gambar 2.12 <i>Disc</i>	13
Gambar 2.13 <i>Piping</i> diagram sistim bahan bakar	20
Gambar 2.14 <i>Fuel oil purifier</i>	25
Gambar 3.1 Kondisi suhu gas buang no.4 yang tinggi.....	28
Gambar 3.2 Deviasi suhu gas buang no.4 dengan silinder yang lain	29
Gambar 3.2 Kondisi p(max).....	29
Gambar 3.4 Kondisi p(comp).....	29
Gambar 3.5 Kondisi permukaan <i>piston</i> no.4 akibat <i>injector</i> yang menetes	30
Gambar 3.6 Kondisi <i>injector</i> yang bekas	30
Gambar 3.7 Kondisi spare <i>injector</i> yang siap dipasang.....	30
Gambar 3.8 kondisi suhu gas buang setelah <i>injector</i> no.4 diganti	31
Gambar 3.9 Deviasi suhu gas buang setelah <i>injector</i> no.4 diganti.....	31
Gambar 3.10 Kondisi p(max) setelah <i>injector</i> no.4 diganti	31
Gambar 3.11 Kondisi suhu gas buang no.2 yang rendah.....	33
Gambar 3.12 Deviasi suhu gas buang no.2 dengan silinder yang lain	33
Gambar 3.13 kondisi p(max) setelah <i>injector</i> no.4 diganti.....	34
Gambar 3.14 kondisi p(comp).....	34
Gambar 3.15 <i>Filter</i> Bahan Bakar yang Kotor.....	34
Gambar 3.16 <i>Filter</i> bahan bakar yang baru	35

Gambar 3.17	Kondisi suhu gas buang no.2 yang rendah.....	35
Gambar 3.18	Deviasi suhu gas buang no.2 dengan silinder yang lain	35
Gambar 3.19	kondisi p(max) setelah <i>injector</i> no.2 diganti.....	36
Gambar 3.20	Jam kerja perawatan pengabut bahan bakar (<i>injector</i>) no.2	37
Gambar 3.21	Jam kerja perawatan sesuai <i>instruction manual book</i>	37
Gambar 3.22	<i>atomizer</i> yang rusak.....	39
Gambar 3.23	<i>Non return valve</i>	40
Gambar 3.24	Kondisi tanki endap (<i>settling tank</i>).....	42
Gambar 3.25	<i>Fuel oil analysis report</i>	43
Gambar 3.26	<i>Injector</i> yang telah dibongkar terpisah	45
Gambar 3.27	Bagian <i>spindle guide</i>	46
Gambar 3.28	Cara memoles bagian <i>cut off shaft</i> atau <i>spindle</i>	46
Gambar 3.29	<i>Injector</i> yang telah dibongkar	47
Gambar 3.30	Penyekiran dudukan <i>valve head injector</i>	47
Gambar 3.31	Cara pengetesan tekanan pengabutan <i>injector</i>	49
Gambar 3.32	Pengabut bahan bakar (<i>injector</i>) baru.....	50
Gambar 3.33	Cara membersihkan <i>atomizer</i>	51
Gambar 3.34	Cara mengecek lubang <i>atomizer</i> yang <i>oversize</i>	52
Gambar 3.35	<i>Fuel oil treatment</i> dari Uinitor	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Ship Particular

Lampiran 2. Crew List

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Keberadaan mesin diesel di atas kapal amat penting, di mana mesin diesel dalam operasinya ditujukan untuk kelancaran operasional pelayaran. Oleh karenanya perlu adanya perawatan secara berkala dan terencana untuk menjaga kestabilan operasionalnya. Operasional dari sebuah mesin diesel dikatakan stabil bila mana daya yang dihasilkan untuk tiap langkah mencapai nilai rata-rata yang telah distandarkan oleh perancang atau pembuat mesin. Daya yang diberikan pada mesin diesel bergantung dari sistem pembakaran mesin diesel tersebut, bilamana pembakaran bagus, maka akan menghasilkan daya yang baik pula begitu juga sebaliknya. Begitu juga dengan masalah bahan bakar pada kapal-kapal yang digerakkan dengan motor diesel dalam pemakaian bahan bakar harus dijaga sistemnya. Pada setiap perusahaan pelayaran tidak menghendaki kapal-kapalnya yang bergabung dalam armadanya tidak beroperasi dengan baik, yang diakibatkan oleh tidak berfungsinya salah satu sistem mesin dan komponen yang lainnya, sebagaimana penulis alami di atas kapal kapal MV. Star Emerald, penulis mengalami 2 kejadian yang berhubungan dengan pengabut bahan bakar (*injector*) dan kualitas bahan bakar yaitu pada tanggal 9 October 2022, pada siang hari pukul 13.55 waktu perairan setempat, saat MV. Star Emerald selesai melakukan olah gerak dari pelabuhan Pivvdenyi (Ukraina) dan mulai berlayar ke Pelabuhan Istanbul (Turki), terjadi kenaikan suhu gas buang pada silinder no.4 yang diakibatkan oleh pengabut bahan bakar (*injector*) no.4. Dan juga pada tanggal pada tanggal 15 Januari 2023, pada pagi hari pukul 09.06 waktu perairan setempat saat MV. Star Emerald pada tiba berlabuh di Pelabuhan Abbot (Australia), terjadi masalah akibat bahan bakar ditandai adanya masalah pada saringan (*filter*) bahan bakar disusul 20 menit kemudian, terjadi penurunan suhu gas buang pada silinder no.2 yang diakibatkan oleh pengabut bahan bakar no.2.

Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian melalui makalah yang berjudul : “**ANALISA KINERJA PENGABUT BAHAN BAKAR TIPE *SLIDE* GUNA MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN INDUK DI MV. STAR EMERALD**”.

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. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes
- b. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu
- c. Kualitas bahan bakar yang tidak baik yang masuk ke dalam pengabut bahan bakar (*injector*)
- d. Tekanan pengabut bahan bakar (*injector*) rendah
- e. Bocornya seal pada pengabut bahan bakar (*injector*)

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. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes
- b. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

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. Mengapa pengabut bahan bakar (*injector*) menetes?
- b. Apa yang menyebabkan pengabut bahan bakar (*injector*) buntu?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengoptimalkan kinerja pengabut bahan bakar (*injector*) dan mencari solusi pada pengabut bahan bakar (*injector*) yang menetes
- b. Untuk mengoptimalkan kinerja pengabut bahan bakar (*injector*) dan mencari solusi pada pengabut bahan bakar (*injector*) yang menetes

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

- 1) Sebagai tambahan wawasan bagi para pembaca dan teman-teman seprofesi dalam hal manajemen perawatan sistem bahan bakar di atas kapal.
- 2) Sebagai bahan tambahan referensi di perpustakaan STIP mengenai optimalisasi perawatan system bahan bakar untuk menunjang kinerja mesin induk.

b. Manfaat Praktis

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 (*injector*).

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 relevan 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 *2nd Engineer* di atas MV. STAR EMERALD sejak bulan September 2022 sampai dengan bulan Maret 2023.

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, 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 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 yang terjadi 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 didalam 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 Ir.Jusak Johan Handoyo (2017:116), pengabut bahan bakar (*injector*), sesuai namanya adalah suatu alat untuk menyemprotkan bahan bakar minyak menjadi kabut halus atau gas yang akan mempermudah gas tersebut terbakar di dalam *cylinder* mesin. Semakin halus pengabutan bahan bakar minyak tersebut sampai membentuk gas maka akan semakin sempurna pembakaran yang dihasilkannya, sehingga nilai kalor sebagai sumber tenaga mesin akan maksimal.

Banyak bentuk *fuel injector* pada mesin diesel penggerak utama kapal, tetapi cara kerjanya tetap sama yaitu mengubah bahan bakar minyak menjadi bahan bakar kabut gas, yang dimasukkan ke dalam *cylinder* mesin. Pada *fuel injector* yang cukup besar umumnya dilengkapi dengan sistem pendinginan dengan air tawar ataupun dengan bahan bakar minyak untuk melindungi komponen-komponen di dalam *fuel injector* dari rambatan panas gas pembakaran.

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2008:34) 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. 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. Pengabut bahan bakar (*injector*) tipe *slide*

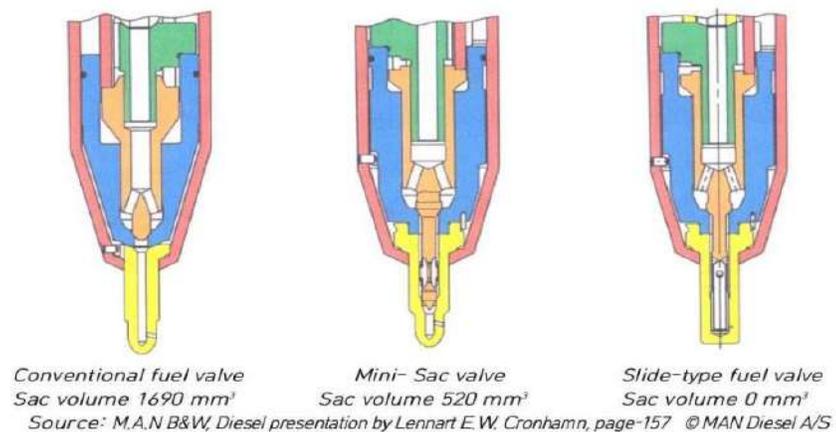
Pertama diperkenalkan oleh Pabrik MAN Germany pada tahun 2002 untuk mesin kapal putaran rendah dan sampai sekarang dengan segala penyempurnaan dan perbaikannya. Dengan membuang alur menit yang dikenal dengan nama *Sac volume* yang mengalir dari katup injeksi yang mana mungkin menetes setelah akhir injeksi. Alur ini menahan sejumlah bahan bakar dengan volume kecil setelah injeksi yang bisa menetes ke ruang bakar dan menjadi tidak terbakar dengan sempurna. Bisa dibayangkan bila kapal besar dengan pemakai bahan bakar sekitar 200.000 liter tiap hari, sedikit jumlah bahan bakar yang menetes tadi bisa menjadi bahan bakar yang terbuang sia-sia dan tidak terbakar dengan sempurna. Pengabut bahan bakar tipe ini juga bisa mengurangi sisa hydrocarbon dan mengurangi emisi gas buang.

Menurut Christian Ludwig dalam artikelnya “*Head of Retrofit & Upgrade MAN Diesel & Turbo*”, yang telah disalin dalam bahasa Indonesia menyatakan *injector* tipe *slide* telah membuktikan menjadi sangat populer didalam dunia pelayaran khususnya pasaran mesin diesel 2 tak, karena *injector* tipe ini dapat meningkatkan kemampuan operasi pada beban rendah. Bila dibandingkan dengan *injector* konvensional tipe ini dapat berpotensi menurunkan kadar emisi NOx. Menurunkan *volume sac* dengan secara otomatis akan meningkatkan proses pembakaran, menurunkan jumlah *deposit* atau sisa gas pembakaran dan menurunkan kadar emisi

seperti HC, NO_x dan lain-lain. Keuntungan lainnya asap sisa pembakaran yang kelihatan akan berkurang jauh sebagai akibat dari naiknya kualitas pembakaran.

Berikut keuntungan penggunaan injector tipe slide

- 1) Meningkatkan performa beban rendah
- 2) Proses pembakaran yang lebih baik
- 3) Menurunkan gas kotor pada economizer
- 4) Menurunkan gas kotor pada piston area atas
- 5) Rendah emisi terutama HC, NO_x
- 6) Formasi asap yang rendah
- 7) Tidak ada tetesan – no sac volume



Gambar 2.1 Gambar desain *injector* tipe konvensional, semi dan *slide* (sumber : Man B&W, Diesel presentasi by Lennart EW. Cronhamn)



Gambar 2.2 Gambar *injector* tipe *slide* (sumber : www.man-es.com/service)



Fig. 6: 1. Spindle guide 2. Foot 3. Shim 4. Spring 5. Thrust spindle pipe 6. Non-return valve 7. Fuel valve head 8. Holder/body

Gambar 2.3 Bagian-bagian *injector* tipe *slide*
(sumber : Service Letter SL2022-726/KNB)

c. Komponen Utama pada pengabut bahan bakar (*injector*) tipe *slide*

1) *Spindle Guide & atomizer*

Komponen ini berfungsi sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang akan dikabutkan melalui *cut off shaft*. *Cut off shaft* ditekan pada bidang penutup oleh *spring* atau pegas penutup dengan tekanan yang dapat diatur dengan menambah *disc*. Oleh tekanan minyak gaya-gaya bekerja pada bidang kerucut. Komponen aksial dari gaya mengangkat *cut off shaft* berlawanan arah dengan kerja pegas penutup. Sedangkan *atomizer* berfungsi sebagai pengabut yang berbentuk seperti selongsong atau silinder dengan beberapa lubang pengabut. Minyak keluar dari *cut off shaft* dan di dalam *spindle guide* akan keluar melalui *atomizer* dan akan terbentuk kabut bahan bakar yang nantinya sifatnya akan homogen dengan udara di dalam ruang pembakaran.



Gambar 2.4 *Spindle guide & atomizer*
(sumber : www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

2) *Union Nut* (Mur Penyambung/Pengikat)

Union Nut berfungsi sebagai mur penyambung/pengikat antara bagian *holder* dengan *valve head* agar menjadi satu bagian *injector*.



Gambar 2.5 *Union Nut*

(sumber : www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

3) *Holder*

Holder merupakan salah satu komponen *injector* yang memiliki fungsi sebagai rumah dari komponen-komponen *injector* yang bekerja di dalamnya dan juga komponen ini bekerja sebagai penahan *injector* di dalam bagian *cylinder cover*.



Gambar 2.6 *Holder*

(sumber : www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

4) *Pressure Spring*

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



Gambar 2.7 *Pressure Spring*
(sumber : www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

5) *Thrust Spindle*

Pressure pin merupakan salah satu komponen *injector nozzle* yang memiliki fungsi untuk meneruskan tekanan. *Thrust spindle* akan meneruskan tekanan dari bahan bakar untuk mendorong *pressure spring* sehingga *cut off shaft* dapat terbuka untuk menyalurkan bahan bakar ketika proses penginjeksian terjadi.



Gambar 2.8 *Thrust Spindle*
(sumber www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

6) *Non Return valve*

Non Return Valve merupakan salah satu komponen *injector* yang berfungsi sebagai katup tidak balik agar tekanan dari pengabut tidak kembali lagi ke bagian masuk *injector*.



Gambar 2.9 *Non Return Valve*
(sumber www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

7) *Thrust Foot*

Thrust foot merupakan salah satu komponen injector sebagaiudukan *spring* atau pegas bagian bawah dan meneruskannya tekanan dari pegas ke *cut off shaft*.



Gambar 2.10 *Thrust Foot*
(sumber www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

8) *Valve Head*

Valve Head adalah bagian kepala atau atas dari *injector* yang berfungsi untuk menghubungkan injector dengan *high pressure pipe* dan *injector* dengan *holder injector*. Bagian juga tempat dari *overflow pipe* atau jalur *return line*



Gambar 2.11 *Valve Head*
(sumber www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve)

9) *Disc*

Disc adalah plat dengan ketebalan tertentu yang digunakan untuk menambah tekanan spring dengan tujuan untuk menaikkan tekanan pengabutan injector.



Gambar 2.12 *Disc*

(sumber www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve.htm)

d. Proses Penginjeksian

1) Sebelum Penginjeksian

Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi bahan bakar masuk melalui *valve head* menuju *non return valve* dan *thrust spindle* di dalam *injector*.

2) Penginjeksian Bahan Bakar

Bila tekanan pada *thrust spindle* naik, ini akan menekan permukaan *spindle guide*. Bila tekanan ini melebihi tegangan pegas, maka *cut off shaft* terdorong keatas dan menyebabkan *atomizer* menyembrotkan bahan bakar.

3) Akhir Penginjeksian

Bila pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan bahan bakar turun dan *pressure spring* mengembalikan *cut off shaft* ke posisi semula (menutup saluran bahan bakar). Sebagian bahan bakar yang tersisa akan bersirkulasi kembali dan melumasi semua komponen dan kembali ke *over flow pipe*.

Pada pengabut terdapat sebuah *cut off shaft* di dalam *spindle guide*, dimana ujung bawahnya terdiri atas dua bidang kerucut. Kerucut yang pertama menetap padaudukannya, sedangkan yang kedua berbentuk seperti peluncur yang bekerja berdasarkan tekanan bahan bakar dan pegas. Jika gaya yang ditimbulkan bahan bakar melebihi gaya pegas, maka katup akan terangkat ke atas sehingga membuka lubang pengabut atau *atomizer*.

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 cover*, klep buang terbakar dan lain-lain.

Pengabutan sempurna dapat di tinjau dari proses pengetesan *injector*

- 1) Bahan bakar yang keluar *nozzle* berupa *spray* (kabut)
- 2) Pengetesan tekanan *injector* sesuai *Instruction Manual Book*.
- 3) Setelah pengetesan pengabutan *injector* dengan kertas telah dilakukan, terus ditempelkan ke ujung lubang *nozzle* dan apabila masih ada minyak. Berarti *injector* masih bocor dan apabila tidak ada minyak pada kertas berarti *injector* tersebut bagus atau tidak
- 4) bocor (menetes). Setelah *injector* 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 1.400°C 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.

2. Perawatan dalam ISM Code (*Intenational Safety Management Code*)

Menurut Muhammad Arsyad dan Ahmad Zubair Sultan, (2018:2) dalam bukunya *Management Perawatan*, pemeliharaan adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki suatu fasilitas hingga mencapai kondisi yang dapat diterima.

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.
- b) Setiap ketidaksesuaian dilaporkan dengan disertai penyebabnya (bila dapat diketahui).
- c) Tindakan perbaikan yang sesuai dilaksanakan
- d) 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 tindakan-tindakan seperti tercantum pada 10.3 harus diintegrasikan 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 (ISM Code as Amendemen 2002, Bab 10) dinyatakan bahwa pihak perusahaan harus menunjuk orang di kantor yang melakukan monitoring dan evaluasi hasil perawatan kapal.

Pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) tersebut di kapal 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*.

i. Tujuan Perawatan

- 1) Tujuan umum Sistem Perawatan dan Perbaikan Mesin Kapal, yaitu :
 - a) Untuk memperoleh pengoperasian kapal yang teratur, serta meningkatkan penjagaan keselamatan awak kapal, muatan dan peralatannya.
 - b) Untuk memperhatikan jenis-jenis pekerjaan yang paling mahal/penting yang menyangkut waktu operasi, sehingga sistem perawatan dapat dilaksanakan secara teliti dan dikembangkan

dalam rangka penghematan /pengurangan biaya perawatan dan perbaikan.

- c) Untuk menjamin kesinambungan pekerjaan perawatan sehingga Team *Work's Engine* Department dapat mengetahui permesinan yang sudah dirawat dan yang belum mendapatkan perawatan.
 - d) Untuk mendapatkan informasi umpan-balik yang akurat bagi kantor pusat dalam meningkatkan pelayanan, perancangan kapal dan sebagainya, sehingga fungsi kontrol manajemen dapat berjalan.
- 2) Tujuan khusus dilakukan perawatan dan perbaikan mesin kapal, ialah :
Untuk mencegah terjadinya suatu kerusakan yang lebih besar / berat, dengan melaksanakan sistem perawatan yang terencana.

ii. Akibat-akibat yang akan ditimbulkan bila perawatan mesin tidak dilaksanakan dengan baik, yaitu :

- 1) Kapal tabrakan, karena kerusakan mesin secara mendadak, tidak terkontrol, dan sebagainya.
- 2) Kapal tenggelam, hilangnya kapal termasuk ABK dan seluruh muatan tabrakan, pecahnya *sea chest*, kebakaran di dalam kamar mesin, dsb.
- 3) Kapal bergetar, akibat perawatan dan perbaikan Poros Engkol yang tidak tepat, sehingga dapat merusak bagian-bagian mesin lainnya.
- 4) Kapal bergetar, salah satu daun baling-baling pernah kandas atau menghantam balok keras, dapat juga merusak bagian mesin ataupun instalasi listrik kapal.
- 5) Kapal menganggur, karena terjadi kerusakan dan perbaikan yang tidak terencana dan tidak cukup suku cadangnya.
- 6) Pembengkakan biaya operasional kapal, karena kerugian terus menerus yang sulit diperkirakan.
- 7) Biro Klasifikasi tidak merekomendasikan kapal untuk berlayar karena permesinan di kapal tidak memenuhi class.
- 8) Rekanan usaha perdagangan tidak merekomendasikan untuk menyewa

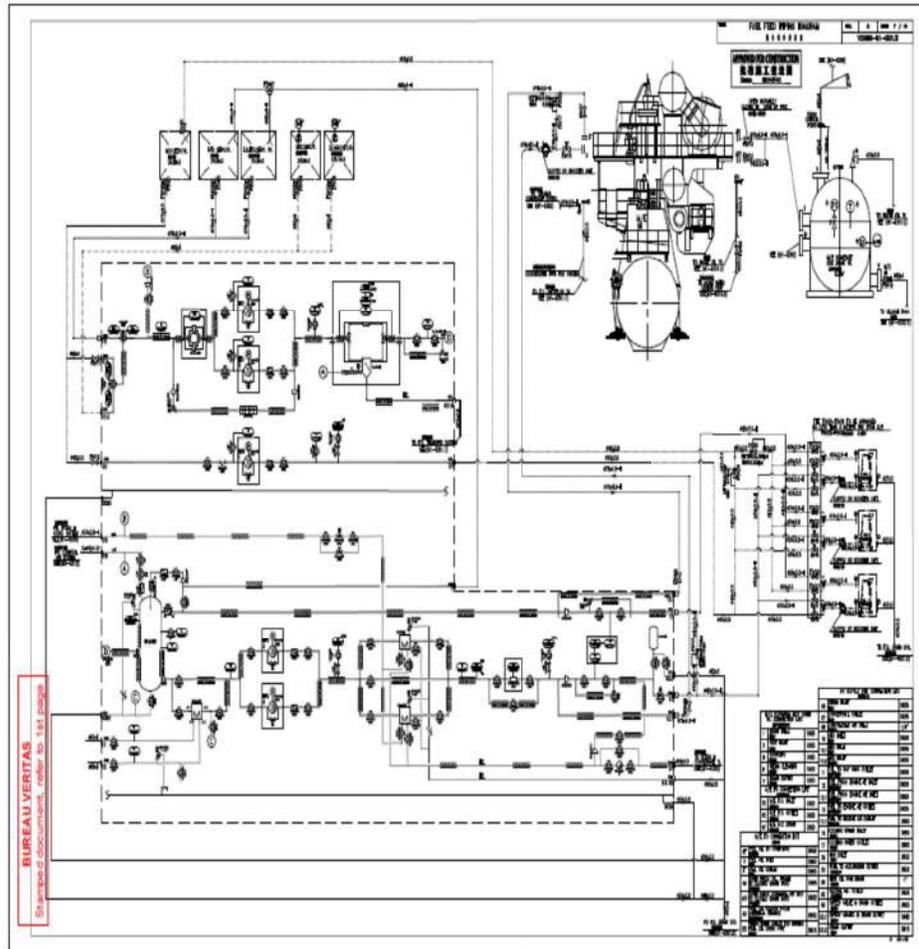
kapal tersebut.

- 9) Asuransi akan membebankan biaya yang lebih besar kepada perusahaan, kapal secara keseluruhan tidak menjalankan perawatan dan perbaikan dengan benar (*Low Performance*)

3. Sistem Bahan Bakar

a. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar adalah system yang digunakan untuk mensupply bahan bakar yang diperlukan mesin induk. Berikut ini adalah salah satu system bahan bakar. 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 Service* . 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*.



Gambar 2.13 Diagram pipa sistem bahan bakar
(sumber : *Pipeline drawing MV. Star emerald*)

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 melewati *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 mesin 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*.

b. Spesifikasi Bahan Bakar

Menurut P. Van Maanen (2007:35) 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 52⁰C

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. Hal ini bisa menyebabkan keausan pada silinder.

1) 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 kedalam 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.

4. 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, 2004).

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 :

- a. 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 $(P_i) = 0,785.D2.S.Z.pi.n.100$.

b. 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 : $(P_e) = 0,785.D2.S.Z.pe.n.100$

c. 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 *injector*
- 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 bagus.
- 5) Jumlah udara pembakaran /kg bahan bakar memenuhi standar.

5. *Fuel Oil Purifier*

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019) bahwa *purifier* merupakan suatu bagian dari pesawat yang ada di kapal yang digunakan untuk memurnikan bahan bakar dari kotoran, air dan sejenisnya yang terkandung bersama dengan bahan bakar melalui serangkaian proses tertentu, baik dengan menggunakan metode gravitasi maupun sentrifugal sehingga didapat bahan bakar yang lebih bersih dan mencegah terjadinya gangguan pada mesin induk ataupun mesin bantu lainnya. Cara kerja *purifier* sangat identik dengan gaya berat yang dalam prosesnya didukung oleh gaya sentrifugal sehingga proses pemisahannya sangat cepat. Percepatan gaya sentrifugal besarnya antara 7000-9000 kali lebih besar dari pengendapan gravitasi statis.



Gambar 2.14 Fuel Oil Purifier
(sumber : <https://www.man-es.com/service>)

Prinsip kerja *purifier* adalah memisahkan minyak dari air, lumpur dan kotoran lainnya dengan gaya sentrifugal berdasarkan berat jenisnya sehingga partikel yang mempunyai berat jenis yang lebih besar akan berada jauh meninggalkan porosnya, sedangkan partikel yang mempunyai berat jenis lebih kecil akan selalu berada mendekati porosnya :

- a. Lumpur-lumpur dapat dipisahkan dengan mudah dan dibuang dengan cara di *blow-up*.
- b. Gerakan pembuangan lumpur dilakukan dalam suatu waktu yang singkat dengan pembersihan yang tinggi.
- c. Proses pembersihan jauh lebih efisien dan ekonomis.

Setelah bahan bakar melalui proses purifikasi akan dilanjutkan ke *Clarifier* untuk dijernihkan dan dipisahkan dari endapan-endapan atau lumpur-lumpur yang belum dapat dipisahkan oleh *purifier* (hanya dapat memisahkan dari kotoran padat saja). Biasanya unit ini dipasang seri dengan purifier untuk menghasilkan bahan bakar yang benar-benar murni dan jernih

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Jenis kapal yang penulis deskripsikan datanya di makalah ini adalah sebagai berikut :

Nama Kapal	: MV. Star Emerald
IMO number	: 9827384
Tipe kapal	: Curah (<i>Panamax Bulk Carrier</i>)
Bendera kapal	: Bahamas
DWT	: 82.063
Tahun pembuatan	: 2019
Mesin induk	: MAN B&W 6S60 ME-C 8.2 T-II
Daya mesin	: 9.800 kW
Tipe mesin induk	: <i>Electro hydraulic ssystem (without camshaft)</i>

Berikut beberapa peristiwa yang penulis alami yang berkaitan dengan masalah pada pengabut bahan bakar (*injector*) selama penulis bekerja di atas kapal MV. Star Emerald sebagai *2nd engineer* sejak bulan 26 September 2022 sampai dengan bulan 15 Maret 2023 diantaranya adalah sebagai berikut :

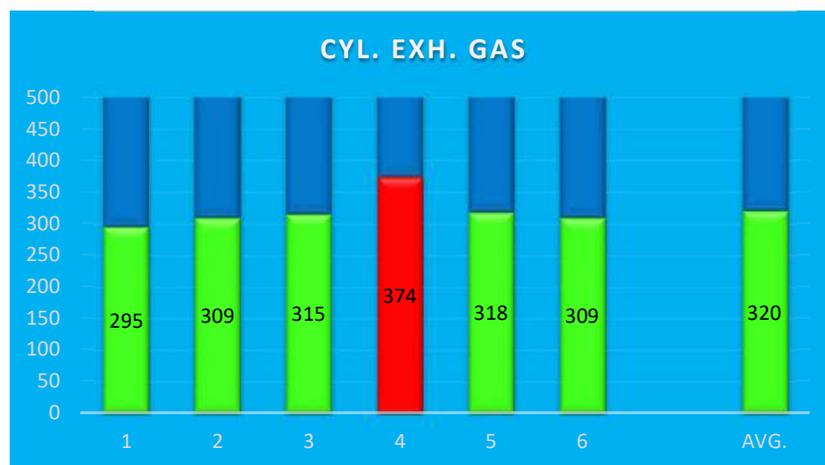
1. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes

Fakta I

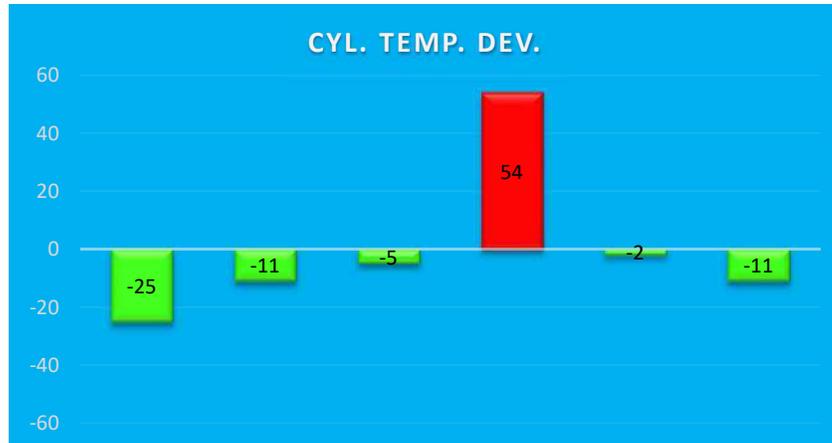
Pada tanggal 9 October 2022, pada siang hari pukul 13.55 waktu perairan setempat, saat MV. Star Emerald selesai melakukan olah gerak dari pelabuhan Pivvdenyi (Ukraina) dan mulai berlayar ke Pelabuhan Istanbul (Turki) dan posisi kapal berada di perairan Laut Hitam (*Black Sea*), terjadi kenaikan suhu gas buang pada silinder no.4 mencapai 374°C dari suhu normalnya rata-rata tiap silinder \pm 320°C pada 81.5 rpm dan beban mesin 71.6% dengan pemakaian bahan bakar 1.390

ltr/jam. Di monitor kamar mesin dapat dilihat suhunya mengalami kenaikan dan muncul peringatan *Main Engine exhaust gas deviation high alarm* untuk silinder no.4. Kemudian dapat dilihat pada PMI (*performance monitoring indicator*) mengindikasikan daya mesin tidak stabil dengan P_{max} dalam keadaan tinggi sedangkan P_{comp} normal untuk silinder no.4. *Chief Engineer* memerintahkan untuk menurunkan putaran mesin dan melaporkan kepada *Master* untuk meminta izin untuk berhenti untuk mengecek keadaan mesin induk. Setelah mesin induk dalam keadaan berhenti, *Chief Engineer* memberi perintah kepada *2nd Engineer* untuk mengganti pengabut bahan bakar (*injector*) no.4 sebelah kiri dan kanan dengan pengabut bahan bakar yang telah siap pakai (*ready spare*) dan memeriksa tekanan pengabut bahan bakar (*injector*) yang bekas no.4 tersebut. Ternyata pengabut bahan bakar (*injector*) bekas silinder no.4 sebelah kiri pada waktu dilakukan pengetesan pengabutan pengabut bahan bakar (*injector*) rendah 310 bar dan didapati *injector* dalam keadaan menetes dan pengabutan yang terjadi tidak teratomisasi dan jumlah bahan bakar yang dikabutkan terlihat volumenya lebih banyak daripada keadaan normalnya. Hal ini juga dapat dilihat dari permukaan piston no.4 pada saat dilakukan pemeriksaan melalui pintu penutup udara bilas no.4 (*scavenge air cover*).

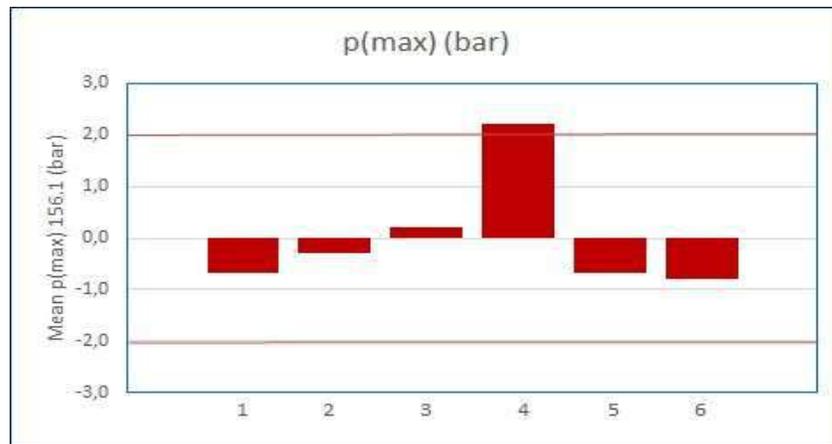
Setelah diadakan pemeriksaan pada catatan perawatan (*maintenance report*), dapat diketahui bahwa jam kerja pengabut bahan bakar (*injector*) no.4 sudah melewati batas masa perawatan.



Gambar 3.1 Kondisi suhu gas buang no.4 yang tinggi (sumber : AMS MV. Star Emerald)



Gambar 3.2 Deviasi suhu gas buang no.4 dengan silinder yang lain
(sumber : AMS MV. Star Emerald)



Gambar 3.3 kondisi p(max)
(sumber : PMI MV. Star Emerald)



Gambar 3.4 kondisi p(comp)
(sumber : PMI MV. Star Emerald)



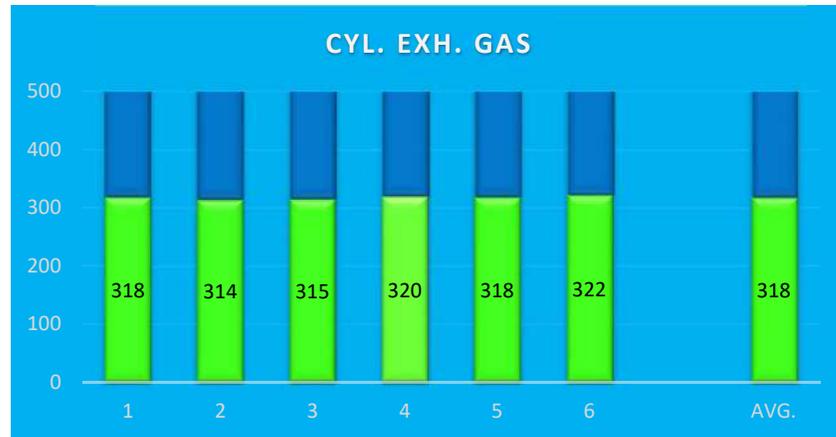
Gambar 3.5 Kondisi permukaan *piston* akibat injector yang menetes
(sumber : dokumen pribadi)



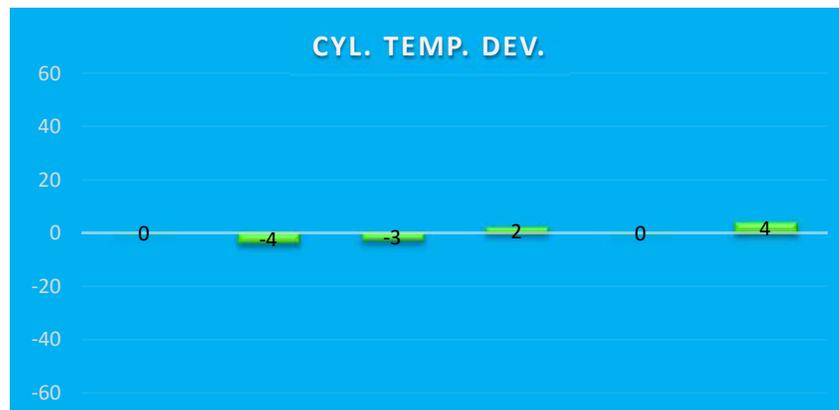
Gambar 3.6 Kondisi *injector* yang bekas
(sumber : dokumen pribadi)



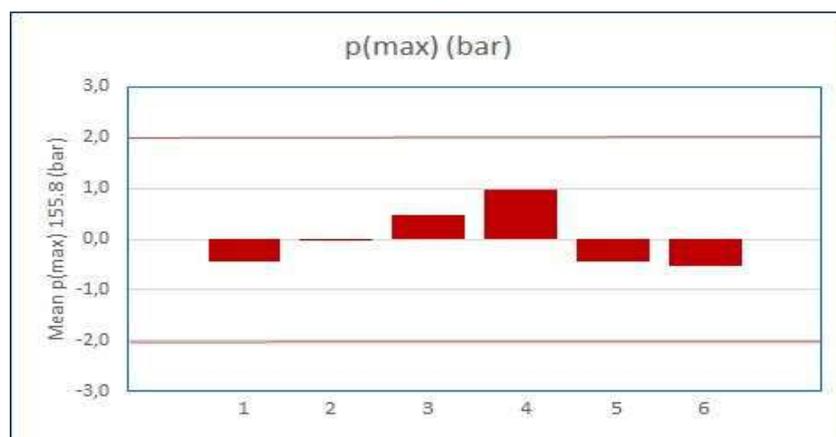
Gambar 3.7 Kondisi *spare injector* yang siap dipasang
(sumber : dokumen pribadi)



Gambar 3.8 Kondisi suhu gas buang setelah *injector* no.4 diganti (sumber : AMS MV. Star Emerald)



Gambar 3.9 Deviasi suhu gas buang setelah *injector* no.4 diganti (sumber : AMS MV. Star Emerald)



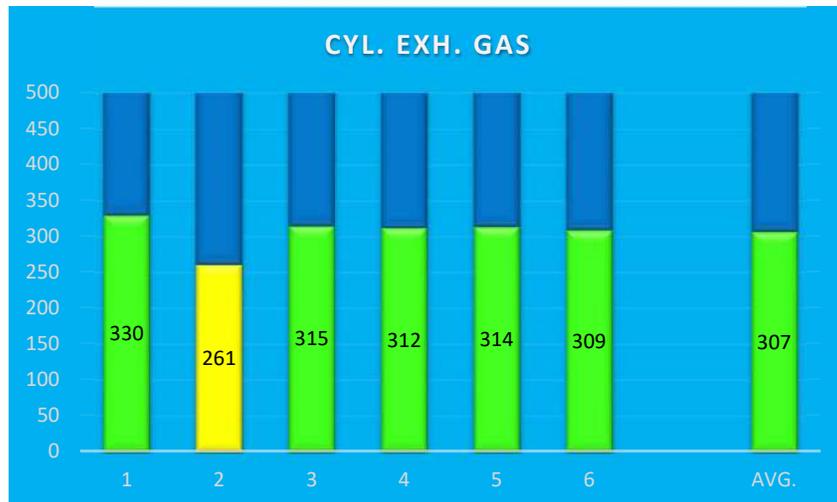
Gambar 3.10 kondisi $p(\max)$ setelah *injector* no.4 diganti (sumber : PMI MV. Star Emerald)

2. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

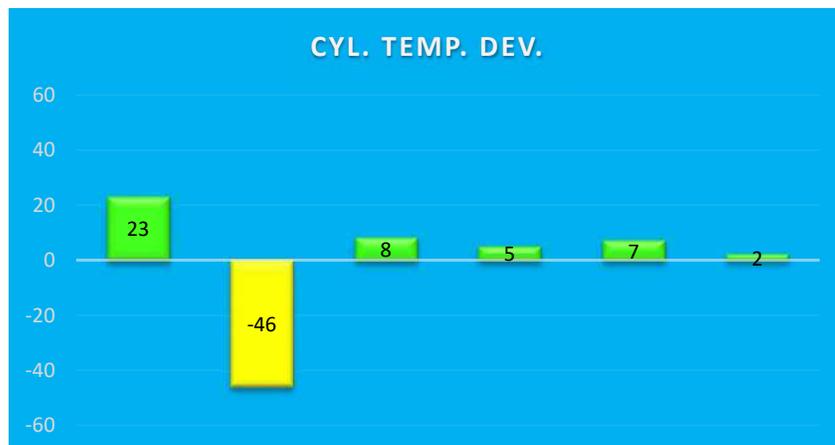
Fakta II

Pada tanggal 15 Januari 2023, pada pagi hari pukul 09.06 waktu perairan setempat saat MV. Star Emerald pada tiba berlabuh di Pelabuhan Abbot (Australia), terjadi masalah pada saringan (*filter*) bahan bakar mesin induk yang ditandai dengan indikasi pada (modul saringan bahan bakar) *alarm filter module* mesin induk berbunyi yang mengakibatkan rpm mesin induk turun ke maju pelan sekali atau *ahead slow down* dan terindikasi pada layar monitor adalah *main engine fuel oil pressure low*. Maka untuk mengatasi masalah ini *3rd engineer* selaku perwira jaga pada saat itu mengganti *handle* pada *filter module* ke dari no.1 ke no.2 dan mengganti filter no.1 dengan filter yang siap digunakan (*ready spare*). Beberapa saat setelah itu mesin kembali kepada putaran normal sesuai dengan set point *handle* dan *alarm* di kamar mesin sudah kembali normal Hal tersebut telah dilaporkan kepada anjungan dan *Chief engineer*. *Chief engineer* memberikan instruksi kepada *oiler* untuk melakukan pembersihan saringan bahan bakar yang telah kotor tadi dengan *high pressure* dan *ultrasonic cleaner*. Setelah itu *Chief engineer* dengan dibantu perwira jaga dan *oiler* melakukan pengecekan kondisi tanki *service* bahan bakar dengan cara membuka keran cerat untuk melihat kondisi bahan bakar dan didapati kondisi tanki *service* bahan bakar dalam keadaan kotor dan terdapatnya air yang ada pada bahan bakar mengganggu jalannya sistem kerja pembersih bahan bakar. Setelah adanya masalah pada saringan (*filter*) bahan bakar kurang lebih 20 menit kemudian, terjadi penurunan suhu gas buang pada silinder no.2 mencapai 261°C dari suhu normalnya rata-rata tiap silinder $\pm 307^{\circ}\text{C}$ pada 77 rpm dan beban mesin 66% dengan pemakaian bahan bakar 1.027 ltr/jam. Di monitor kamar mesin dapat dilihat suhunya turun dan muncul peringatan *Main Engine exhaust gas deviation high alarm* untuk silinder no.2. Kemudian dapat dilihat pada PMI (*Performance monitoring indicator*) mengindikasikan *Pmax* dalam keadaan rendah sedangkan *Pcomp* normal untuk no.2. *Chief engineer* memerintahkan untuk menurunkan putaran mesin dan melaporkan kepada *Master* untuk meminta izin untuk untuk mengecek keadaan mesin induk setelah mesin dalam keadaan berhenti untuk berlabuh, *Chief Engineer* memberi perintah kepada *2nd engineer* untuk mengganti pengabut bahan bakar (*injector*) no.2 sebelah kiri dan kanan dengan pengabut bahan bakar yang telah siap pakai (*ready spare*) dan memeriksa

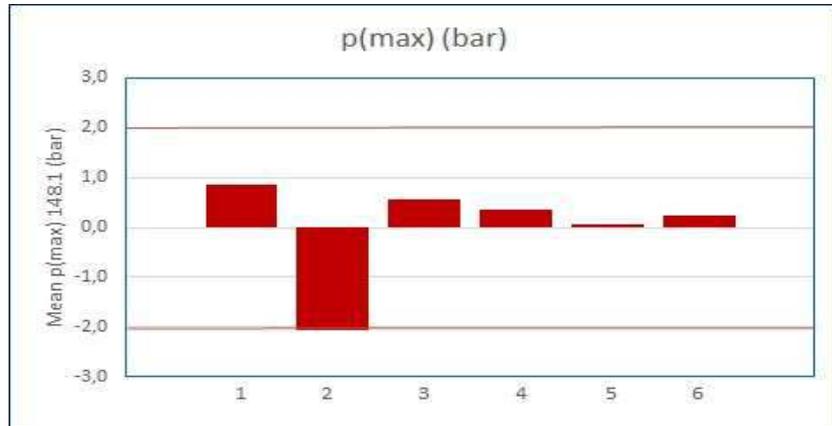
tekanan pengabut bahan bakar (*injector*) yang bekas no.2 tersebut ternyata pengabut bahan bakar (*injector*) bekas silinder no.2 sebelah kanan tekanannya sedikit rendah, hanya 340 Bar dan didapati injector dalam keadaan buntu sebahagian dan pengabutan yang terjadi sedikit dan jumlah bahan bakar yang dikabutkan terlihat volumenya kecil daripada keadaan normalnya.



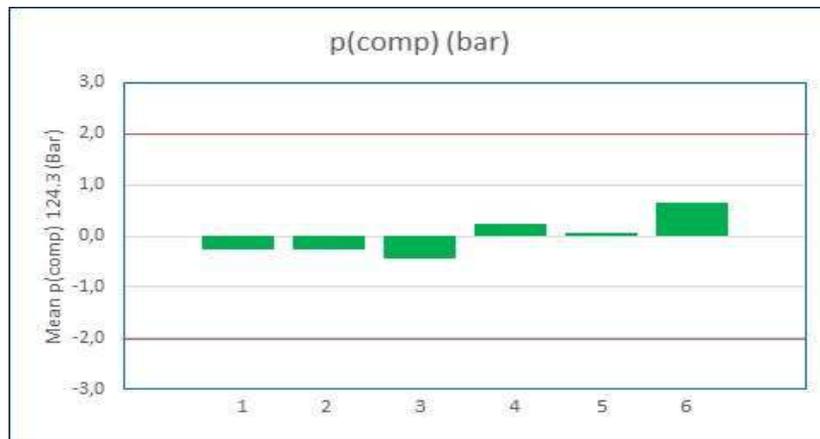
Gambar 3.11 Kondisi suhu gas buang no.2 dengan silinder yang lain (sumber : AMS MV. Star Emerlad)



Gambar 3.12 Deviasi suhu gas buang no.2 dengan silinder yang lain (sumber : AMS MV. Star Emerlad)



Gambar 3.13 kondisi p(max)
(sumber : PMI MV. Star Emerlad)



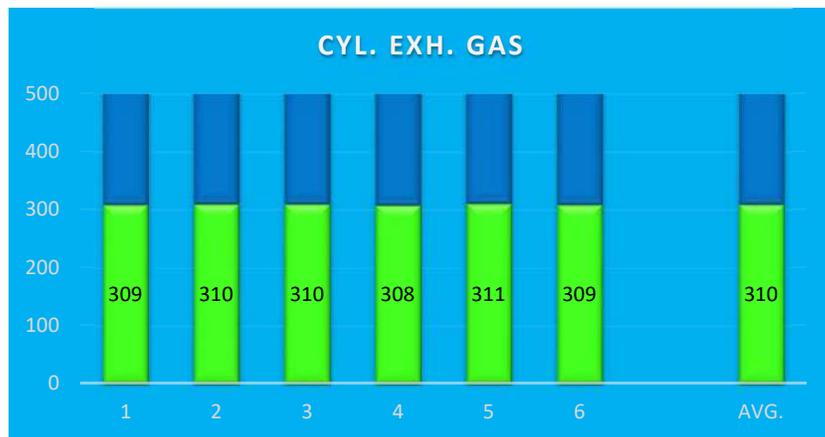
Gambar 3.14 kondisi p(com)
(sumber : PMI MV. Star Emerlad)



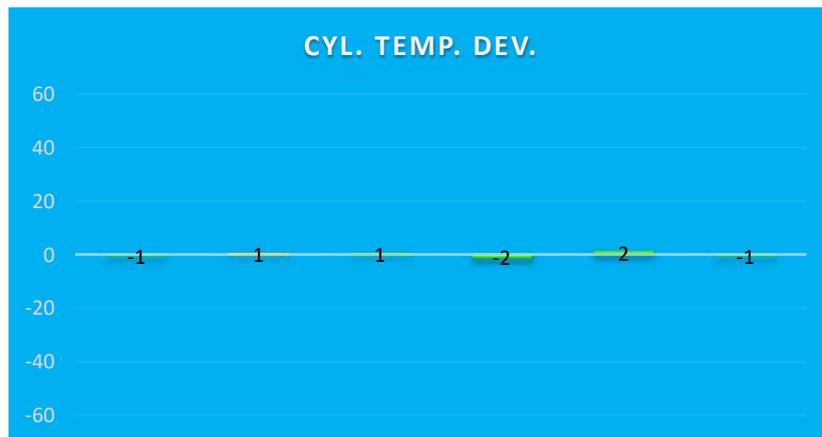
Gambar 3.15 *Filter* bahan bakar yang kotor
(sumber : dokumen pribadi)



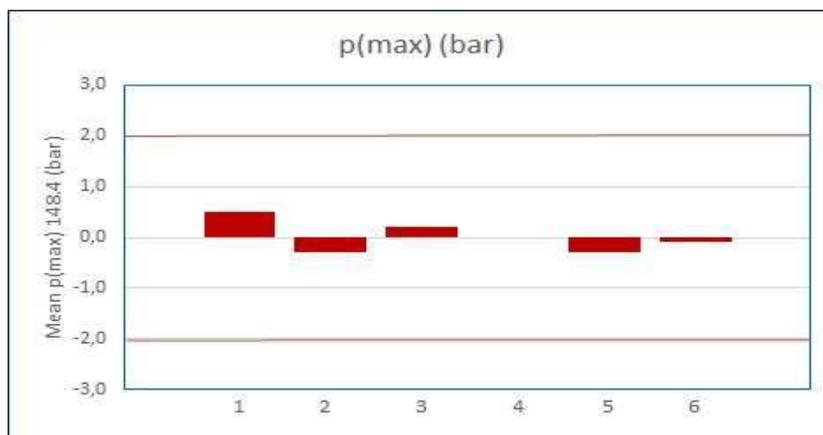
Gambar 3.16 *Filter* bahan bakar yang baru
(sumber : dokumen pribadi)



Gambar 3.17 Kondisi suhu gas buang setelah *injector* no.2 diganti
(sumber : AMS MV. Star Emerald)



Gambar 3.18 Deviasi suhu gas buang setelah *injector* no.2 diganti
(sumber : AMS MV. Star Emerald)



Gambar 3.19 kondisi p(max) setelah *injector* no.2 diganti
(sumber : PMI MV. Star Emerald)

B. ANALISIS DATA

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

1. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes

Hal ini disebabkan oleh:

a. Jam kerja pengabut bahan bakar (*injector*) melebihi batas

Perawatan dan pemeriksaan *injector* harus dilakukan secara berkala dan sesuai jam kerjanya (*running hours*). *Injector* harus dicabut dan dilakukan pengecekan ulang apabila jam kerjanya sudah mencapai 8.000 jam kerja dan penggantian *spindle guide*, *atomizer* dan *non return valve* pada 16.000 jam kerja. Pemeriksaan seluruh komponen bagian dalam *injector* satu persatu harus diperiksa secara teliti sesuai dengan *Instruction Manual Book*. Akan tetapi fakta dilapangan seringkali mengalami kendala dalam proses pengantiannya, seperti waktu yang tidak mencukupi di pelabuhan, pelayaran yang jauh, suku cadang yang tidak tersedia sampai tidak diperolehnya ijin dari otoritas setempat untuk melakukan perawatan mesin induk di pelabuhan dikarenakan kondisi pelabuhan ataupun cuaca.

Dari hasil analisis yang dilakukan, dapat dilihat jam kerja *injector* telah melewati batas jam perawatannya. Hal ini sudah diketahui dan sudah dilaporkan kepada *Chief Engineer* akan tetapi dikarenakan kondisi pelabuhan tempat penulis sandar pada saat itu adalah pelabuhan *demilitarisasi zone* dan dekat dengan *war zone* dengan pengawalan militer dan juga otoritas setempat yang tidak mengizinkan untuk melakukan perawatan mesin induk. Untuk itu pekerjaan perawatan di tunda hingga pelabuhan berikutnya.

Fuel Valve		1	2	3	4	5	6
Replace	8.000	4936	3897	1502	8256	6558	5233
Spindle Guide	16.000	9872	3897	3004	8256	13116	5233
Atomizer	16.000	9872	3897	3004	8256	13116	5233
Non Return Valve	16.000	9872	3897	3004	8256	13116	5233
Spring	32.000	17.872	11.897	11.004	16.512	21.116	13.233
Last maintenance	8.000	02/01/22	23/06/22	03/03/22	12/07/21	25/10/21	28/01/22

Gambar 3.20 Jam kerja perawatan pengabut bahan bakar (*injector*) no.2 yang sudah melewati batas (sumber : PMS MV, Star Emerald)

ME/ME-C Engines Guiding Overhaul Intervals and Expected Service Life				
Component	Overhaul interval (hours)	Expected service life (hours)	Remarks	
Standard fuel oil valves	8,000 depending on fuel quality	Valve nozzle	16,000	Check components and replace if required.
		Spindle guide	16,000	
		Non-return valve	16,000	
		Spring	32,000	For fuel oil valves tightened by torque (without spring packs): clean threads on studs and ensure smooth operation of nut – otherwise replace nut and/or fuel oil valve stud.
		Thrust spindle	16,000	
		Foot	32,000	
		Spring pack	16,000	
		Holder	32,000	
		Head	32,000	
Fuel oil valves of latest design (engines with updated fuel oil valve design with guide rings)	8,000 depending on fuel quality	Valve nozzle	16,000	Check components and replace if required.
		Spindle guide	16,000	
		Non-return valve	16,000	Change O-rings, back-up ring and guide rings.
		Spring	32,000	
		Thrust spindle	16,000	
		Foot	32,000	
		Spring pack	16,000	
		Guide rings	16,000	
		Back-up ring	16,000	
		Holder	48,000	
Head	48,000			

Gambar 3.21 Jam kerja perawatan sesuai *instruction manual book* (sumber : MAN B&W Service Letter SL2017-650/SRJ)

b. *Spring injector* lemah

Penggunaan suku cadang *spring injector* yang tidak original maka ketahanannya juga tidak akan bertahan lama. Tidak seperti menggunakan suku cadang yang original. Dengan demikian *spring injector* lebih cepat lemah sehingga mempengaruhi hasil penyemprotan bahan bakar. *Spring injector* pada pengabut bahan bakar tipe *slide* perlu dilakukan pergantian baru pada 32.000 jam kerja.

Dari hasil analisis yang dilakukan tidak ditemukannya kerusakan pada *spring injector*.

c. Lubang *atomizer injector oversize*

Pada *atomizer* perlu diperhatikan juga lubang-lubang pengabutnya dimana hal tersebut bisa berpengaruh kepada hasil pengabutannya. Yang berdampak kepada pembakaran yang tidak sempurna dan menetes karena volume udara tidak pengabut dengan baik dan berakumulasi di *atomizer* dan akhirnya menetes.

Dari hasil analisis lubang *atomizer* pengabut bahan bakar (*injector*) dalam keadaan baik.

2. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

Hal ini dapat disebabkan oleh :

a) *Atomizer injector* buntu

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, *spindle guide* dan *atomizer*. Dengan banyaknya lumpur yang masuk pada saluran bahan bakar pada permukaan ujung jarum *atomizer* 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 *spindle* pada *atomizer* atau lubang penyemprotannya tidak sempurna lagi bentuknya.

Dengan ujung *atomizer* dan lubang penyemprotan yang sudah tidak sempurna lagi bentuknya, akan membuat bahan bakar menetes dan tidak terbakar dengan sempurna. Oleh karena itu *atomizer* yang sudah tertutup oleh kerak tersebut perlu di bersihkan. Sedangkan apabila *atomizer* sudah di bersihkan tapi penyemprotan masih tidak sempurna, maka satu-satunya cara adalah dengan mengganti *atomizer* dengan yang baru. Untuk pemeriksaan diharuskan dilakukan pada 8.000 jam kerja sedangkan untuk penggantian adalah pada 16.000 jam kerja.

Proses penggantian *atomizer* baru, sebelum di pasang dengan *spindle guide* ke dalam *injector* harus dioles dahulu dengan pasta agar kedudukan *atomizer* tepat pada tempatnya. Kemudian di lakukan pengetesan dengan menggunakan alat *test pump injector* yang di sebut *injection calibration process* agar mendapatkan pengabutan yang sempurna sesuai dengan *Instruction Manual Book* untuk mendapat standarisasi yang di inginkan.

Untuk memperoleh hasil penyemprotan / pengabutan 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 *pressure test* dan dibersihkan secara berkala sesuai dengan *Planned Maintenance System (PMS)*.

Dari hasil analisa ditemukan *atomizer injector* dalam keadaan buntu, rusak dan retak.



Gambar 3.22 *atomizer* yang rusak dan retak
(sumber : dokumen pribadi)

b) *Non return valve macet*

Non return valve adalah salah satu bagian yang penting di dalam *injector*. *Non return valve* yang berfungsi sebagai katup tidak balik agar tekanan dari pengabut tidak kembali lagi ke bagian masuk *injector* dan bersikulasi kembali. Bagian *non return valve* perlu dilakukan pergantian baru pada 16.000 jam kerja.

Dari hasil analisis yang dilakukan *non return valve* dalam keadaan baik.



Gambar 3.23 *Non return valve*
(sumber : dokumen pribadi)

c) *Kualitas bahan bakar tidak baik*

Bahan bakar adalah salah satu bahan yang penting untuk menghasilkan pembakaran yang baik di dalam ruang bakar. Kualitas bahan bakar yang tidak baik dapat mengakibatkan performa kerja mesin induk tidak baik. Dengan mesin 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 dan mesin bantu di kapal. Banyak terjadi kerusakan di mesin yang diakibatkan oleh kualitas bahan bakar yang tidak baik. Banyak juga 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 injeksikan 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 agar lancar, sistem udara bilas mulai dari filter blower, intercooler dan salurannya harus tetap dalam keadaan bersih. Agar kompresi tetap tinggi, piston ring harus berfungsi baik dan katup-katup menutup rapat.

Minyak mentah yang ditemukan pada suatu tempat tertentu (negara) biasanya mempunyai beberapa ciri dan sifat yang berbeda, misalnya minyak mentah yang ditemukan di Timur Tengah, mengandung banyak minyak ringan atau bensin, lilin parafin dan sedikit bahan aspal. Pemakaian bahan bakar motor diesel diatas kapal telah ditentukan oleh pabrik pembuat melalui percobaan dan perhitungan yang teliti. Pentingnya percobaan dan penelitian dalam memilih bahan bakar yang baik untuk pengadaan di atas kapal, karena banyak bahan bakar yang tidak memenuhi spesifikasi yang digariskan di atas, mempunyai pengaruh yang sangat merugikan terhadap mesin diesel.

Walaupun dari hasil *fuel oil analysis* yang dilakukan tidak ditemukan bahan bakar banyak mengandung kotoran tetapi pada hasil analisa di kapal tangki-tanki penyimpanan (*storage*) ditemukan banyak kotoran sehingga perlu dilakukan pemurnian bahan bakar sebelum digunakan.

Gangguan-gangguan sering terjadi pada sistem bahan bakar, yaitu:

- (a) Kotoran dan air yang ada pada bahan bakar dapat menyumbat saringan dari pompa transfer bahan bakar, sehingga dapat mengganggu kelancaran operasi kerja dari pompa transfer bahan bakar.

- b) Begitu pula pada tanki pemakaian dan tanki endap (*service & settling tank*) kotoran dan air yang terbawa pada bahan bakar akan diendapkan, kemudian air dan kotoran ini dibuang melalui kran cerat (pembuangan). Bila terlalu banyak air dan lumpur di dalam tanki maka sebaiknya perlu dilakukan pembersihan tanki-tanki tersebut sebab bila mana tidak dibersihkan maka kotoran di dalam tanki tersebut akan tetap ada dan sulit dikeluarkan sebab keran cerat di kapal dirancang berada diatas dasar tanki untuk menghindari kotoran yang terendap terhisap masuk ke dalam sistim bahan bakar.



Gambar 3.24 Kondisi tanki endap (*settling tank*)
(sumber : dokumen pribadi)

- c) Dalam penerimaan bahan bakar dari kapal *bunker barge* terdapat kotoran dan air yang masuk kedalam sistem bahan bakar, yang pada akhirnya mengganggu kelancaran kerja dari sistem bahan bakar, dan dapat menyebabkan operasi dari mesin penggerak utama dan mesin bantu terganggu sehingga kelancaran kerja operasi kapal menjadi terlambat dan menimbulkan kerugian-kerugian yang tidak kita inginkan. Untuk itu perlunya diambil sample untuk dikirim ke labroratrium agar dilakukan *fuel oil analysis* untuk diketahui kualitas dari bahan bakar tersebut sebelum bahan bakar tersebut digunakan untuk mesin agar aman walaupun pada keadaan di lapangan masih ditemukannya adanya kotoran-kotoran atau air yang masuk ke dalam tanki penyimpanan pada saat pengisian bahan bakar di kapal.

CONFORMANCE

The fuel sample tested conforms to Table 2 of ISO 8217:2017 specifications for grade IFO 380 - RMG 380 0.5%

*Conformance to Table 1 or Table 2 of ISO 8217 does not imply conformance to other sections of ISO 8217 such as page 5.

CUSTOMER PROVIDED INFORMATION

BUNKER INFORMATION		BON/CLIENT INFORMATION		SAMPLE DETAILS	
BUNKER PORT	SINGAPORE	GRADE	RMG 380 0.5%	PO NUMBER	
BUNKER DATE	15-Mar-2023	DENSITY@15°C	950.1	SENT DATE	31-Mar-2023
SUPPLIER	TFG MARINE	VISCOSITY@50°C	63.68	REPORT DATE	06-Apr-2023
BARGE	MARGHERITA	SULFUR	0.49	SENT FROM	BANGALORE-IND
SAMPLING POINT	MANIFOLD	WATER	0.20	TEST DATE	05-Apr-2023
SAMPLING METHOD	DRIP	QUANTITY (MT)	929.959	RECEIVED DATE	05-Apr-2023
				RETENTION DATE	05-Jun-2023

SEAL INFORMATION

LAB SEAL	MARPOL SEAL	SHIP SEAL	BARGE SEAL
C476121(Sealed)	081432/C476124		

TEST PARAMETERS	UNITS	LIMITS	RESULTS	METHOD
Density @15°C	kg/m ³	Max 901.0	949.4	ISO 12185
Viscosity @ 50°C	cSt	Max 380.0	65.56	ISO 3104
Viscosity @100°C	cSt	-	11.72	Calculated
Flash Point	°C	Min 60.0	> 70.0	ISO 3679
Pour Point	°C	Max(Summer) 30	24	ISO 3016
Micro Carbon Residue	% m/m	Max 18.00	4.10	ISO 10370
Ash	% m/m	Max 0.100	0.019	Calculated
Water	% v/v	Max 0.50	0.25	ASTM D6304
Sulfur	% m/m	Max 0.50	0.45	ISO 8754
Total Sediment Aged	% m/m	Max 0.10	0.05	VLS-LM4
Vanadium	mg/kg	Max 350	4	VLS-LM8
Al+Si (Catfines)	mg/kg	Max 60	53	VLS-LM8
Sodium	mg/kg	Max 100	14	VLS-LM8
Aluminum	mg/kg	-	28	VLS-LM8
Silicon	mg/kg	-	25	VLS-LM8
Iron	mg/kg	-	7	VLS-LM8
Nickel	mg/kg	-	11	VLS-LM8
Calcium ⁺	mg/kg	Max 30	8	VLS-LM8
Phosphorous ⁺	mg/kg	Max 15	1	VLS-LM8
Zinc	mg/kg	Max 15	< 1	VLS-LM8
Potassium	mg/kg	-	< 1	VLS-LM8
Lead	mg/kg	-	< 1	VLS-LM8
Magnesium	mg/kg	-	1	VLS-LM8
CCAI	-	Max 870	831	Calculated
Acid Number	mgKOH/g	Max 2.50	0.47	ASTM D964
API Gravity	-	-	17.46	-
Net Specific Energy	ML/g	-	41.51	Calculated
Gross Specific Energy	ML/g	-	43.96	Calculated
EPN ⁺	-	-	38	-

NOTE: EPN will not be reported for any offshore or offshore reports. For further details about Engine Performance Monitor refer our website.
 LDMF - LAB DEVELOPED METHOD
 A fuel shall be considered to contain (LSD) when either one of the following conditions is met:
 - Calcium + Strontium > 18, Calcium + Strontium + Phosphorus > 18 (ISO 8217:2017/2012/2017 Revisions)
 www.thrivelabgroup.com

Gambar 3.25 Fuel analysis report
(sumber : arsip fuel analysis)

d) **FO purifier tidak bekerja dengan baik**

FO Purifier merupakan komponen sistem bahan bakar yang berfungsi sebagai salah satu pembersih bahan bakar yang paling efektif dalam perawatan bahan bakar. Di kapal FO purifier berfungsi untuk membersihkan bahan bakar dari kotoran cair maupun padat (lumpur) sehingga kerusakan pada mesin induk akibat bahan bakar yang kurang baik dapat dikurangi. Apabila FO purifier tidak bekerja dengan baik akan mengakibatkan mutu bahan bakar kurang baik.

Sering terjadinya kerusakan pada *FO Purifier*, dapat mengakibatkan pengisian bahan bakar ke tangki harian terganggu. Sehingga untuk mengejar persediaan bahan bakar yang cukup untuk pemakaian mesin induk setiap masinis sering kali membuka kran *by pass* dari tangki tangki *storage*. Seperti yang kita ketahui apabila melakukan perbaikan *disc purifier* membutuhkan waktu sekitar 2 sampai 3 jam, maka para masinis melakukan salah satu cara ini sambil menunggu selesai perbaikan *purifier*. Oleh sebab itu *FO purifier* mempunyai peranan sangat penting dalam operasional mesin induk dan mesin bantu di atas kapal.

Alat ini digunakan untuk memisahkan kotoran dan air dari bahan bakar, bila bahan bakar berada di dalam mangkuk, kemudian diputar maka bahan bakar akan mendapat percepatan sentrifugal yang tinggi, sehingga partikel-partikelnya akan terpisah sesuai dengan berat jenisnya. Partikel yang berat jenisnya lebih besar akan terlempar paling jauh dan kemudian akan menempel pada dinding mangkuk, partikel tersebut adalah kotoran mekanis endapan-endapan lumpur disusul dengan air yang beratnya lebih ringan, sedangkan partikel yang paling ringan akan mendekati pusat putaran yaitu bahan bakar yang bersih. Umumnya di kapal terdapat 4 unit *purifier*, yaitu 2 unit untuk *F.O purifier* yang bisa digunakan bergantian ataupun sebagai *clarifier*, dan 2 unit *L.O purifier* yang bisa digunakan untuk minyak lumas mesin induk maupun mesin bantu.

Dari hasil analisis yang dilakukan ditemukan bahwa *F.O fuel oil purifier* bekerja dengan baik.

C. PEMECAHAN MASALAH

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes

1) Melakukan perawatan pada seluruh bagian pengabut bahan bakar (*injector*)

Adapun tahap-tahap perawatan pengabut bahan bakar adalah sebagai

berikut:

- a) Sebelum pengerjaan pencabutan *injector* perlu diperhatikan bahwa semua semua instruksi keselamatan sebelum pekerjaan dilakukan sudah dikerjakan dengan benar. Keran masuk dan keluar bahan bakar harus dipastikan dalam keadaan tertutup dan cerat perlu dilakukan untuk membuang sisa bahan bakar yang ada di dalam *injector* dan pipa *injector*.
- b) Pengabut bahan bakar harus dicabut total dari kedudukannya pada *cylinder cover* mesin induk dengan cara melepaskan baut-baut penguncinya, lalu mencabut pipa *high pressure* dan pipa *overflownya*, kemudian *injector* dicabut dengan menggunakan *special tools*
- c) kemudian bodi *injector* dibersihkan keseluruhan, lalu dilakukan pengetesan awal dan baru kemudian dilakukan pembongkaran (*overhaul*).



Gambar 3.26 *Injector* yang telah dibongkar terpisah
(sumber : dokumen pribadi)

- d) Bagian pengabut dibuka satu persatu, mulai dari membuka bagian *head valve* dengan memisahkan dengan bagian *valve housing* dengan melonggarkan bagian *union nut*. Kemudian semua bagian yang lain dikeluarkan semua untuk dibersihkan, kemudian membuka bagian *spindle guide* dengan memisahkannya dengan bagian *atomizer*, kemudian bagian dari *non return valve* satu persatu.



Gambar 3.27 Bagian *spindle guide*
(sumber : dokumen pribadi)

- e) Lakukan pembersihan bagian *spindle guide* dan *cut off shaft* dengan memoles dengan bagian belakang *emery clutches*



Gambar 3.28 Cara memoles bagian *cut off shaft* atau *spindle*
(sumber : dokumen pribadi)

- f) Lakukan pemeriksaan pada semua bagian terutama *spindle guide* dan *atomizer*.
- g) Perakitan kembali setelah proses pembersihan bagian *spindle guide* dan *atomizer* selesai, maka proses berikutnya adalah merakit kembali dengan pemeriksaan ulang terhadap komponen yang dirakit seperti *spindle guide* dengan *atomizer* dan bagian *non return valve*.



Gambar 3.29 Bagian *non return valve* setelah dibongkar
(sumber : dokumen pribadi)

- h) Langkah selanjutnya adalah melakukan penyekiran terhadap dudukan-dudukan di dalam *injector dengan special tools*.



Gambar 3.30 Penyekiran dudukan *valve head injector*
(sumber : dokumen pribadi)

- i) Dalam penyetelan tekanan kerja perlu diperhatikan tebal *disc* yang digunakan sesuai dengan buku pemeliharaan, batas tinggi dan rendah untuk tekanan injector tersebut. Tahapan cara mengetes tekanan kerja dari pengabut bahan bakar (*injector*) adalah sebagai berikut :

- (1) Taruh *injector* pada dudukan tempat pengetesan pengabutan

(2) Pasang pipa *high pressure* dan *overflow*

(3) Ada 4 pengetesan yang harus dilakukan :

(a) Pengetesan pembuangan aliran dan pengontrolan tekanan

Lakukan pembuangan udara dalam system dan lakukan pengontrolan tekanan dengan menambah tekanan hingga aliran minyak keluar dari mulut pengabut tetapi tidak untuk pengabutan, hanya membuang sisa kotoran yang masih ada dan melihat apakah ada lubang pengabut yang tersumbat. Pengetesan ini dilakukan untuk melihat apakah lubang pengabut tersumbat dan apakah *spindle guide* dan *atomizer* duduk sempurna.

(b) Pengetesan tekanan kerja pengabut bahan bakar

Lakukan penambahan tekanan secara perlahan hingga digital pressure gauge mencatat berapa tekanan pembukaannya hingga tekanan harus sesuai dengan *Instruction Manual Book* yaitu 350-430 Bar

(c) Pengetesan kekedapan dan fungsi *slide*

Lakukan penambahan tekanan secara perlahan hingga 50 Bar dibawah tekanan kerja dan periksa pembacaan tekanan. Pada kondisi baik maka tekanan akan stabil dengan atomizer tidak menetes dan tekanan akan turun secara perlahan sedikit demi sedikit. Bila tekanan turun secara cepat maka perlu dilakukan pemeriksaan kembali pada bagian *spindle guide* dan *non return valve*.

(d) Pengetesan kekedapan-oring

Tutup pipa *overflow* dan lakukan penambahan tekanan secara perlahan hingga 100 Bar. Tekanan harus stabil bertahan dan lakukan pemeriksaan pada oring pada bagian *head valve*, bila ada kebocoran maka o-ring harus diganti dengan yang baru.



Gambar 3.31 Cara pengetesan tekanan pengabutan *injector*
(sumber : dokumen pribadi)

- j) Setelah menyelesaikan uji tekanan kerja *injector* pada alat pengujian dengan mencapai hasil pengabutan yang ideal $350-430 \text{ kg/m}^2$ dan pengujian dinyatakan baik dan tidak menetes, maka selanjutnya pengabut dapat dipasang kembali seperti semula. Setelah maka bagian nut pengunci dikencangkan dan bodi pengabut dilumasi dengan “*Molycote*” serta siap untuk dipasang kembali seperti semula pada kedudukannya di atas *cylinder cover*.
- k) Setelah membersihkan dudukan pengabut dan pengabutnya dipasang kembali pada dudukannya kemudian mur penekan dan sambungan-sambungan saluran bahan bakar dipasang kembali, setelah selesai keran bahan bakar untuk tidak lupa dibuka kembali.

Dengan demikian penyemprotan bahan bakar yang baik akan menghasilkan pembakaran dalam *cylinder* 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 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.

2) Mengganti baru pengabut bahan bakar (*injector*)

Sedangkan untuk mengganti pengabut bahan bakar (*injector*) diperlukan bila perusahaan menginginkannya untuk menjaga kualitas perawatan selalau dalam keadaan baik. Biasanya pihak perusahaan akan mengganti pengabut bahan bakar (*injector*) dengan 1 set komplet untuk semua silinder dan menurunkan *injector* yang bekas agar direkondisi di darat. Tapi mengingat mahalnya biaya pengiriman dan biaya pengabut bahan bakar baru. Tetapi di kapal biasanya disediakan 2 unit pengabut bahan bakar baru (*injector*) sebagai cadangan bila diperlukan atau bila didapati cadangan yang lain dalam keadaan rusak dan tidak bisa dipergunakan lagi.



Gambar 3.32 Pengabut bahan bakar (*injector*) baru
(sumber : dokumen pribadi)

b. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

1) Melakukan perawatan atau penggantian pada *atomizer injector*

Atomizer yang sudah penuh dengan kerak atau kotoran bisa mengakibatkan aliran bahan bakar yang keluar tidak lancar, tersumbat atau bahkan buntu. Oleh karena itu *atomizer* yang sudah tertutup oleh kerak tersebut perlu di bersihkan. Sedangkan apabila *atomizer* sudah di bersihkan tapi penyemprotan masih tidak sempurna atau ditemukannya bagian yang rusak atau retak maka satu-satunya cara adalah dengan mengganti *atomizer* dengan yang baru. Untuk pemeriksaan diharuskan dilakukan pada 8.000 jam kerja sedangkan untuk penggantian adalah pada 16.000 jam kerja.

Langkah perawatan yang perlu dilakukan untuk *atomizer* adalah :

1. Memisahkan terlebih dahulu *atomizer* dengan bagian *spindle guide* dengan *spesial tool*.
2. Membersihkan seluruh bagian luar *atomizer*.
3. Membersihkan bagian dalam *atomizer* dengan *spesial tools*.
4. Melakukan pemeriksaan pada seluruh bagian *atomizer* dengan teliti untuk bagian dalam bila diperlukan dapat menggunakan kaca pembesar.
5. Mengukur diameter lubang *atomizer* apakah masih dalam keadaan normal dengan *spesial tool*.
6. Rakit kembali bagian *atomizer* dengan bagian *spindle guide* agar dapat digunakan kembali dan diberi label untuk memandakan jam kerjanya agar mudah dikenali bila diperlukan kembali.

Mengganti *atomizer* hanya dilakukan bila *atomizer* dalam keadaan rusak, retak atau jam kerjanya sudah melebihi batas yang ditetapkan yaitu 16.000 jam kerja.



Gambar 3.33 Cara membersihkan *atomizer*
(sumber : dokumen pribadi)



Gambar 3.34 Cara mengecek lubang *atomizer* yang *oversize*
(sumber : dokumen pribadi)

2) *FO treatment* bahan bakar

Untuk mendapatkan bahan bakar yang berkualitas baik dapat dilakukan perawatan dengan menggunakan *Fuel Oil Treatment* (FOT). Pada beberapa kapal sebelum menerima bahan bakar baru di tangki dasar dimasukkan *chemical (Fuel Oil Treatment)* sesuai takaran perbandingan yang diinginkan, hal ini dilakukan untuk :

- (a) Memisahkan lumpur dari bahan bakar
- (b) Meningkatkan kemampuan pengabutan
- (c) Mencegah terjadinya korosi pada tangki–tangki penyimpanan dan saluran pipa-pipa bahan bakar

Dengan bereaksinya *chemical* dengan bahan bakar maka akan memisahkan Lumpur dan kotoran-kotoran berat kedaras tangki.

Hal yang harus dilakukan adalah dengan memanasi tangki-tangki dasar ini sampai temperatur 32°C diatas titik beku (*Pour Point*) 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 dengan mudah dihisap / ditekan oleh pompa transfer bahan bakar.



Gambar 3.35 *Fuel oil treatment* dari Unitor
(Sumber : www.wilhelmsen.com/product-catalogue)

3) Menggunakan FO purifier untuk membersihkan bahan bakar

Purifier berfungsi sebagai alat pembersih bahan bakar dari kotoran dan air, sehingga dapat dihasilkan bahan bakar yang baik dan bermutu untuk pembakaran pada silinder mesin penggerak utama dan mesin bantu. Alat ini merupakan alat pemisah bahan bakar dengan kotoran yang dianggap paling baik dewasa ini.

Perawatan dan pengawasan pada *purifier* harus dilaksanakan dengan baik mengingat bahan bakar yang dihasilkan dari alat ini. Disamping perawatan dan pengawasan juga haruslah ditunjang dengan cara pengoperasian yang baik dan benar. Apabila terjadi kesalahan dalam mempersiapkan pengoperasian maka selain kualitas bahan bakar yang dihasilkan kurang bermutu dan kerugian lain yang berakibat fatal.

Perawatan dan suku cadang merupakan faktor yang saling berkaitan disamping faktor manusia sebagai operator untuk dapat menjaga agar *purifier* tersebut dapat bekerja dengan optimal / baik. Oleh karena itu peranan saringan bahan bakar terhadap kinerja mesin induk sangat penting, maka perlu adanya penanganan serta perawatan. Untuk mendapatkan bahan bakar yang berkualitas baik dapat dilakukan perawatan dengan menggunakan FOT. Pada beberapa kapal sebelum menerima bahan bakar baru ditangi dasar dimasukkan *chemical (Fuel Oil Treatment)* sesuai takaran perbandingan yang diinginkan, hal ini dilakukan untuk:

- (1) Memisahkan lumpur dari bahan bakar
- (2) Meningkatkan kemampuan pengabutan
- (3) Mencegah terjadinya korosi pada tangki–tangki penyimpanan dan saluran pipa-pipa bahan bakar

Dengan bereaksinya *chemical* dengan bahan bakar maka akan memisahkan Lumpur dan kotoran-kotoran berat kedaras tangki.

Hal yang harus dilakukan adalah dengan memanasi tangki-tangki dasar ini sampai temperatur 32⁰C diatas titik beku (*Pour Point*) untuk MFO (*Marine Fuel Oil*) titik bekunya 0⁰C-20⁰C berarti tangki dasar yang berisi IFO tersebut harus dipanasi hingga 40⁰C. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan proses transfer bahan bakar dari tangki dasar endap (*settling tank*) agar dengan mudah dihisap / ditekan oleh pompa transfer bahan bakar.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes

Melakukan perawatan pada seluruh bagian pengabut bahan bakar (*injector*) atau mengganti pengabut bahan bakar (*injector*)

1) Melakukan pembersihan, pemeriksaan dan rekondisi pada bagian seluruh bagian pengabut bahan bakar (*injector*)

Keuntungannya :

- a) Biaya lebih murah.
- b) Dalam pengerjaannya tidak terkendala persediaan suku cadang di atas kapal.

Kerugiannya :

- a) Hasil yang belum tentu maksimal dengan harus melihat kondisi setiap bagian-bagian pengabut bahan bakar (*injector*) seperti *spindle guide*, *spring*, *non return valve* dan *atomizer* terlebih dahulu.
- b) Membutuhkan pemahaman dan ketelitian dalam pelaksanaannya.

- c) Tidak bertahan lama bila kondisi salah satu bagian *injector* seperti *spindle guide* dan *atomizer* sudah dalam keadaan tidak baik atau rusak.

2) Mengganti pengabut bahan bakar (*injector*) dengan yang baru

Keuntungannya :

- a) Hasil lebih maksimal.
- b) Proses pengerjaan lebih cepat dan praktis.
- c) Dapat bertahan lama.

Kerugiannya :

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

a. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

1) *Atomizer injector* buntu

a) Mengganti *atomizer injector* dengan yang baru

Keuntungannya :

- (1) Hasil lebih maksimal.
- (2) Proses pengerjaan lebih cepat.
- (3) Dapat bertahan lama.

Kerugiannya :

- (1) Biaya lebih besar.
- (2) Sering terkendala persediaan suku cadang di atas kapal.

b) Merekondisi *atomizer injector*

Keuntungannya :

- (1) Hasil yang belum tentu maksimal dengan harus melihat kondisi *atomizer* terlebih dahulu.
- (2) Biaya lebih murah.

Kerugiannya :

- (1) Hasil kurang maksimal.
- (2) Cepat rusak / tidak tahan lama.

1) **Kualitas bahan bakar kurang baik**

a) ***FO treatment* bahan bakar**

Keuntungannya :

- (1) Dapat dilakukan oleh semua ABK Mesin.
- (2) Bahan bakar bersih dari kotoran.

Kerugiannya :

- (1) Membutuhkan waktu yang cukup lama.
- (2) Membutuhkan persediaan bahan chemical untuk perawatan.

b) **Menggunakan *FO purifier* untuk membersihkan bahan bakar**

Keuntungannya :

- (1) Bahan bakar bersih dari kotoran.
- (2) Proses lebih cepat dan mudah.

Kerugiannya :

- (1) Diperlukan kerja *FO purifier* yang maksimal.
- (2) Pengoperasian purifier harus sesuai prosedur yang berlaku sehingga dibutuhkan pemahaman ABK Mesin.

2) **Pemecahan Masalah yang Dipilih**

a. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes

- 1) Jam perawatan yang telah melewati batas, cara mengatasinya dengan melakukan pembersihan, pemeriksaan dan rekondisi pada seluruh bagian pengabut bahan bakar (*injector*).

b. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

- 1) *Atomizer injector* buntu, cara mengatasinya dengan melakukan penggantian *atomizer injector* dengan yang baru.
- 2) Kualitas bahan bakar kurang baik, cara mengatasinya dengan *FO treatment* bahan bakar.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan tentang hasil analisa dari kinerja bahan bakar tipe *slide* guna mempertahankan performa mesin induk di kapal MV. Star Emerald sebagai berikut:

1. Pengabut bahan bakar (*injector*) menetes, cara mengatasinya dengan melakukan perawatan (pembersihan, pemeriksaan dan rekondisi) pada seluruh bagian pengabut bahan bakar (*injector*).
2. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu, cara mengatasinya dengan melakukan penggantian pada bagian *atomizer injector* dengan yang baru dan melakukan F.O *treatment* bahan bakar.

B. SARAN

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

1. Sebaiknya melakukan perawatan pengabut bahan bakar (*injector*) secara keseluruhan terutama pada bagian *spindle guide* dan *atomizer* jauh sebelum melewati batas limit jam kerja pengabut bahan bakar (*injector*) dengan melihat waktu pengerjaan, kondisi pelabuhan berikutnya dan pelayaran kapal.
2. Sebaiknya pengabut bahan bakar (*injector*) harus selalu menggunakan suku cadang asli terutama pada bagian *atomizer injector* dan melakukan F.O *treatment* dengan rutin.

DAFTAR ISTILAH

<i>ABK</i> (Anak Buah Kapal)	: Semua personil yang bekerja di atas kapal selain Nahkoda.
<i>Air distributor</i>	: Pembagi udara ke setiap silinder.
<i>Bunker</i>	: Kegiatan pengisian bahan bakar.
<i>Delivery Valve</i>	: Katup penyalur bahan bakar dari pompa bahan bakar bertekanan tinggi ke injector.
<i>Detonasi</i>	: Suatu ketukan pada mesin apabila terjadi kelambatan atau penyemprotan bahan bakar terlalu dini pada system pengabut.
<i>Education Training</i>	: Pelatihan khusus mengenai sesuatu yang akan dilaksanakan.
<i>Filter</i>	: Suatu pesawat penyaring suatu benda dari kotoran-kotoran yang menyertainya di sistem alirannya.
<i>Fuel Oil treatment</i>	Chemical yang berguna untuk memudahkan pemisahan bahan bakar dengan kotoran, lumpur atau endapan-endapan serta kandungan air dalam bahan bakar.
<i>Injection pump</i>	: Pompa pengabutan bahan bakar bertekanan tinggi
<i>Injector</i>	: Alat pengatur penyemprotan bahan bakar ke dalam silinder ruang pembakaran
<i>KKM (Kepala Kamar Mesin)</i>	: Seorang pemimpin di atas kapal yang bertanggung jawab di kamar mesin.
<i>Maker</i>	: Pabrik pembuat mesin induk yang ada di atas kapal
<i>Manual Book</i>	: Buku petunjuk untuk mengoperasikan peralatan mesin yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat.
<i>Sac-Volume</i>	: Alur pada pengabut injector

<i>Mayor overhaul</i>	: Kegiatan perawatan yang dilaksanakan dengan mengadakan pembongkaran menyeluruh dan penelitian terhadap mesin, serta melakukan penggantian suku cadang yang sesuai dengan spesifikasinya.
<i>Nozzle</i>	: Ujung lubang-lubang pengabutan bahan bakar tekanan
<i>Overhaul</i>	: Pekerjaan dilakukan untuk membongkar, mengganti dan memasang bagian-bagian mesin atau suatu alat.
<i>PMS (Planned Maintenance System)</i>	: Rencana perawatan yang dilakukan secara berkala dan telah dijadwalkan.
<i>Regular Planned Maintenance Inspection</i>	: kegiatan <i>maintenance</i> yang dilaksanakan dengan cara memeriksa setiap bagian mesin secara teliti dan berurutan sesuai dengan <i>schedule</i> .
<i>Suku Cadang (spare part)</i>	: Komponen dari mesin yang dicadangkan untuk perbaikan atau penggantian bagian unit/komponen yang mengalami kerusakan.
<i>Spring</i>	Pegas yang menerima tekanan dari tekanan pengabut bahan bakar.
<i>Work order</i>	: Perintah kerja
<i>Special tool</i>	: Peralatan kerja khusus
<i>Clarifier</i>	: Alat untuk menjernihkan minyak setelah dari purifier
<i>Fuel oil analysis</i>	: Hasil analisa bahan bakar
<i>PMI</i>	: Performance monitoring indicator (petunjuk monitor tekanan)
<i>Ultrasonic cleaner</i>	: Alat pembersih yang bekerja secara ultrasonic
<i>Ready spare</i>	: Suku cadang yang siap dipakai
<i>Alarm</i>	: Peringatan
<i>Filter module</i>	: Modul saringan bahan bakar
<i>Service</i>	: Pelayanan atau pemakaian
<i>Settling</i>	: Pengendapan
<i>Bunker barge</i>	: Tongkang penyedia bahan bakar
<i>Pour point</i>	: Titik suhu terendah
<i>High pressure</i>	: Tekanan tinggi

<i>Scavenge air cover</i>	: Penutup udara bilas
<i>Panama bulk carrier</i>	: Curah tipe panama (<100.000 DWT)
<i>Black sea</i>	: Laut hitam
<i>Piston</i>	: Torak
<i>Demilitarisasi zone</i>	: Zone netral diantara zona perang
<i>War zone</i>	: Zona perang
<i>Electro hyd. System</i>	: Sistem elektronik dan hidrolik
<i>Spindle guide</i>	Bagian dari injector yang berfungsi sebagai tempat : dudukan poros pengabut dan lubang pengabut
<i>Chief engineer</i>	: Kepala kamar mesin
<i>2nd engineer</i>	: Masinis II
<i>3rd engineer</i>	: Masinis III
<i>Oiler</i>	: Juru minyak
<i>Sea chest</i>	: Hisapan air laut
<i>Double bottom</i>	: Tanki dasar
<i>Cylinder cover</i>	: Silinder kepala
<i>Transfer pump</i>	: Pompa pemindah
<i>Spray</i>	: Kabut
<i>AMS</i>	: Automation monitoring system Sistim pengawas otomatis

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W dan Koichi Tsuda. (2004). *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta:
Pradnya Paramita
- Dr. Adib Sofia, S.S., M.Hum. (2022). *Metode Penulisan Karya Ilmiah*. Yogyakarta :
Adipura Books
- https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahsan/Teori_Dasar_Motor_diesel_full2/
- <https://www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve>
- Johan, Jusak Handoyo. (2019). *Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal*, Jakarta : Maritime
Djangkar (Sudivisi)
- Karyanto. (2002). *Panduan Reparasi Meisn Diesel*. Pedoman Ilmu Jaya, Jakarta
- Muhammad Arsyad dan Ahmad Zubair. (2018). *Manajemen Perawatan*. Yogyakarta :
CV Budi Utama
- Man B&W. (2019). *6S60 ME-C 8.2 T-II Manual Instruction Book*. Germany
- P.Van Maanen. (2007). *Motor Diesel Kapal*, Nautech
- Sehwarat, M.S dan J.S Narang. (2001). *Production Management*. Jakarta : PT. Raja
Grafindo Persada
- Sukoco dan Zainal Arifin. (2008). *Teknologi Motor Diesel*. Bandung : Alfabeta
- _____ *International Safety Magement (ISM) Code as Amanded in 2002, IMO
Publications*
- _____ *Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974/1978 Chapter II Part C, D, E, IMO
Publications*

SHIP'S PARTICULARS

SHIP NAME		STAR EMERALD		Worldwide	
IMO No.		9827384	CALL SIGN	C6DO2	
TYPE OF SHIP		BULK CARRIER	DEADWEIGHT	82063 MT	
FLAG - NATIONALITY		GEARLESS - KAMSAR MAX	LIGHT SHIP	13399.5 MT	
PORT OF REGISTRY		BAHAMAS	OFFICIAL No.	7001098	
		NASSAU	SUEZ CANAL ID		
CLASS		BV	CLASS REGISTER No.	30575L	
BV I +HULL, +MACH, Bulk Carrier, CSR, Grab[20], ESP, BC-A (holds 2,4,6 may be empty), Unrestricted navigation, +AUT-UMS, MON-SHAFT,INWATERSURVEY, CPS(WBT), BWT, GREEN PASSPORT					
P&I INSURANCE					
BUILT / PLACE					
DATE KEEL LAID		JIANGSU NEW YANGZI SHIPBUILDING Co., Ltd. 18/10/2015	YARD HULL No. LAUNCHED	YZJ2015- 2137 30-Oct-18	
			DELIVERED	23/01/2019	
INMARSAT C' NUMBER					
MMSI No.		431103891 / 431103892	ACCOUNTING CODE	GR01	
SHIP'S CONTACT DETAILS					
TEL-FAX-EMAILS		Tel: +302112342141, +8707771306926, +870773912247 Mob: +306949121030			
		E-mail (1): star.emerald@gtships.com, E-mail (2): master.star.emerald@gtships.com, E-mail (inm-c): 431103891 / 43103892			
HEAD OWNERS					
ASOPOS SHIPPING CORPORATION, Trust Company Complex, Ajeltake Road, Ajeltake Island, Majuro – MH96960, Marshall Islands					
OPERATORS/MANAGERS CONTACT DETAILS					
CHARTERWELL MARITIME S.A., Poseidonos Avenue & Zisimopoulou 2, 16674 – Glyfada, Athens, Greece. Phone: +302108912000 Fax: +302108912049 Email: mail@chartworld.gr					
Company/Charterwell IMO No. 1474936					
PROPELLER IMMERSION					
MIN REQUIRED 50% AT AP DRAFT 7.30 MTRS					
PROPELLER TYPE/PITCH					
FIXED PITCH PROPELLER RIGHT-HANDED / PITCH AT 0.7R - 5707.98 mm / MEAN PITCH Hm - 5664.24 mm					
MAIN ENGINE / NCR - MCR					
MAN B&W 6S60ME-C8.2-TII NCR: 7,448 kW x 82.4 r/min MCR: 9,800 kW x 90.3 r/min					
AUXILIARIES					
DAIHATSU - 6DE-18 = 3 SETS, OUTPUT: 690 kW X 3					
HSFO CAPACITY - m3		2301.9	BALLAST TANKS CAPACITY - m3	22044.9	
LSMGO CAPACITY - m3		312.9	BALLAST HOLD CAPACITY - m3	13080.3	
		REGISTERED	PANAMA	SUEZ CANAL	
GROSS TONNAGE		44114	145471m3	45266,41	
NET TONNAGE		27557	36499	41485,63	
L.O.A		229.00 MTRS	BOW TO FWD H/COAM. #1	17.20 MTRS	
L.B.P		225.30 MTRS	STERN TO AFT H/COAM. #7	41.20 MTRS	
BREADTH MOULDED		32.26 MTRS	MAX HEIGHT (Top to Keel)	49.45 MTRS	
DEPTH MOULDED		20.00 MTRS	MAX AIR DRAFT (H.Cover-Top)	22.81 MTRS	
DESIGN DRAFT (MOULDED)		12.20 MTRS		23.00N2CH 23.28 N1CH	
SCANTLING DRAFT (MOULDED)		14.45 MTRS	CONSTANTS		
DIST BRIDGE TO BOW		197.8 MTRS	BALLAST PUMPS CAPACITY - m3	1400 M3/HR x 2	
DIST BRIDGE TO ASTERN		31.20 MTRS			
BRIDGE WING BREADTH		32.26 MTRS	HELICOPTER LAND/HATCH - SWL	No. 4 - SWL 3.6 MT	
DIMENSIONS CARGO HOLDS					
L x B x H		No1 Ch:25.80*32.26*18.92/No2 Ch:26.66*32.26*18.92/No3:CH:27.52*32.26*18.92/ No4ch:25.80*32.26*18.92/No 5ch:26.66*32.26*18.92/No6 Ch:26.66*32.26*18.92/No7 ch:31.82*32.26*18.92			
DIMENSIONS HATCH COVERS					
L x B		1 - 7 = 15.48 x 13.30 MTRS			
FREEBOARD		DRAFT	DEADWEIGHT	DISPLACEMENT	
SUMMER	5577 m	14.45 MTRS	82063 MT	95463 MT	
FRESH	5246 m	14.781 MTRS	82059 MT	95459 MT	
TROPICAL	5276 m	14.751 MTRS	84230 MT	97629 MT	
TROPICAL FW	4945 m	15.082 MTRS	84175 MT	97574 MT	
WINTER	5878 m	14.149 MTRS	79898 MT	93297 MT	
LIGHT SHIP: 13399.5 MT		TPC Summer: 72.0 t/cm	Fresh Water Allowance: 331 mm		
NAME OF HOLD		Capacity: In Holds - Hatch Coam. (m3)	Grain's Capacity - m3	MAX Allowed Cargo mt HOM / ALTER	
No.1 CARGO HOLD		12,404.50 m3 - 223.10 m3	12,627.60 m3	10,788.5 / 18,150 MT	
No.2 CARGO HOLD		13,533.10 m3 - 292.30 m3	13,825.40 m3	11,550 / EMPTY MT	
No.3 CARGO HOLD		14,054.20 m3 - 307.80 m3	14,362.00 m3	12,000 / 20,600 MT	
No.4 CARGO HOLD		12,772.90 m3 - 307.40 m3	13,080.30 m3	10,950 / EMPTY MT	
No.5 CARGO HOLD		13,457.10 m3 - 307.10 m3	13,764.20 m3	11,500 / 19,700 MT	
No.6 CARGO HOLD		13,442.00 m3 - 308.50 m3	13,750.50 m3	11,500 / EMPTY MT	
No.7 CARGO HOLD		15,523.50 m3 - 310.60 m3	15,834.10m3	13,250 / 22,700 MT	
CARGO HOLDS TOTAL CAPACITY GRAIN IN m3:			97,244,1 m3		
TANK TOP STRENGTH - Tons/m2					
HOLD No.1 = 26.0		HOLD No.3 = 29.0		HOLD No.5 = 29.0	
HOLD No.2 = 18.36		HOLD No.4 = 21.0		HOLD No.6 = 18.29	

IMO CREW LIST

												Arrival		X		Departure	
1. Name of ship		1.1. Year Built		1.3 IMO Number		1.5 Gross Tonnage		2. Port of Arrival / Departure		3. Date of Arrival / Departure							
STAR EMERALD		2019		9827384		44114		PIVVDENYI, UKRAINE		OCT 2022							
4. Nationality of ship		1.2 Owners		1.4 Call Sign		1.6 Net Tonnage		5. Port arrived from		6. Next Port of Call							
BAHAMAS		ASOPOS SHIPPING CORPORATION		C6DO2		27557		ISTANBUL, TURKEY		TBA							
7.No.	8. Family name	9. Given names		Date and Place of joining		10. Rank	Sex	11. Nationality	12. Date of birth	13. Place of birth	14. Passport N.	15. Expire Date	16. Seaman's book N.	17. Expire Date			
1	CEVIKEL	CIHAN		21-Jan-23 CIWANDAN, ID		Master	M	TURKISH	5-Sep-1986	BURSA	U23598510	01-Oct-30	S 00330899	24-Jun-26			
2	SALUDES	ROGEL JR. SUMATRA		15-Mar-23 SINGAPORE		Chief Officer	M	FILIPINO	11-Jun-1988	DAVAO CITY	P5640436B	14-Oct-30	C0913531	14-Dec-26			
3	INOC	DANMARK MONTERO		28-Aug-22 PLOCE, HR		2nd Officer	M	FILIPINO	22-Dec-1990	LAPU-LAPU CEBU	P7882954A	09-Jul-28	C1314570	10-Jul-28			
4	REJANO	GINO ANDREW MARTE		15-Mar-23 SINGAPORE		3rd Officer	M	FILIPINO	18-Mar-1985	MULANAY QUEZON	P8120461B	08-Nov-31	C1565662	06-Dec-29			
5	VILLARMENTE	VICTOR		21-Jan-23 AQABA, JO		Chief Engineer	M	FILIPINO	25-Feb-1981	CEBU CITY	C8103159	18-Nov-26	C 036575	03-Jul-24			
6	FRIADY	BAYU		15-Mar-23 ISTANBUL, TR		2nd Engineer	M	INDONESIAN	5-Aug-1981	BEKASI	C7184430	16-Jul-26	F315255	18-Mar-25			
7	YENER	ALI		29-Dec-22 ISTANBUL, TR		3rd Engineer	M	TURKISH	30-Sep-1997	SAHINBEY	U25881364	21-Jan-32	S 00379097	18-Mar-23			
8	MARINO	JOEL MEDINA		21-Jan-23 CIWANDAN, ID		Electrician	M	FILIPINO	28-Dec-1972	SILANG CAVITE	P7649118B	20-Sep-31	C1425236	28-Jan-29			
9	SA-ONROY	PHILBERT JOHN JAVELLANA		05-Jul-22 SITRA, BH		Bosun	M	FILIPINO	15-Dec-1990	B NUEVO ILOILO	P9887870A	10-Dec-28	C1239725	03-Dec-28			
10	CIMAFRANCA	FHEL ANTHONY		15-Mar-23 SINGAPORE		AB-1	M	FILIPINO	3-Dec-1993	CEBU CITY	P7716268B	28-Sep-31	C1002552	11-Mar-27			
11	CHAN	BERNARDO EMERITO JR. SAZ		15-Mar-23 SINGAPORE		AB-2	M	FILIPINO	22-Feb-1988	SN FERNANDO CEBU	P7589546B	13-Sep-31	C1322245	03-Sep-28			
12	ADAMERO	CESAR MARCELINO		27-Mar-23 HALDIA, INDIA		AB-3	M	FILIPINO	16-Aug-1969	MANILA	P6886943B	31-May-31	C1574321	23-Jan-30			
13	SYARIFUDDIN	SALEHAN		23-Mar-23 VIZAG, INDIA		AB-4	M	INDONESIAN	5-Oct-1991	GRESIK	C7600692	10-Feb-27	F328382	06-Mar-25			
14	NOFAL	MUHAMMAD		29-Dec-22 ISTANBUL, TR		Ordinary Seaman	M	INDONESIAN	17-May-1997	UJUNG PANDANG	C9658923	22-Jun-27	H 069460	02-Nov-25			
15	BANAIRA	EDISON DE VEGA		27-Mar-23 HALDIA, INDIA		Oiler-1	M	FILIPINO	11-Mar-1989	CATANAUAN QZN	P5397544B	10-Aug-30	A0006254	10-Aug-30			
16	SYALENDRA	ASEV		15-Mar-23 SINGAPORE		Oiler-2	M	INDONESIAN	1-Aug-1995	BINTUHAN	C7388256	19-Nov-25	F 261019	29-Jul-24			
17	COLONIA	KERBY VAN IAN SUMAYLO		15-Mar-23 SINGAPORE		Wiper	M	FILIPINO	6-Nov-1997	DANAO CITY	P4046509B	04-Dec-29	C1001925	02-Mar-27			
18	BATALLONES	MARINO JR. PASTOR		18-Oct-22 AQABA, JO		Chief Cook	M	FILIPINO	9-Apr-1987	CABATUAN ISABELA	P5119027B	12-Mar-30	A0081474	12-Mar-30			
19	MANZANADES	ARNIE GYLE LORICA		18-Oct-22 AQABA, JO		Messman	M	FILIPINO	16-Jul-1992	DARAGA ALBAY	P5652284B	18-Oct-30	A0113591	16-Feb-31			
20	REINANTE	NEIL ALDER LAQUI		15-Mar-23 SINGAPORE		Cadet Electrician	M	FILIPINO	23-May-1994	BATANGAS CITY	P8111334A	26-Jul-28	C1281405	24-Jul-28			

18. Date and signature by master, authorized agent or officer



CHARTERWELL MARITIME S.A.
MAST. CIHAN CEVIKEL
MASTER