

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



**MAKALAH**

**ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM BAHAN BAKAR  
DALAM MEMPERTAHAKAN PERFORMA MESIN  
INDUK PADA KAPAL LPG NAVIGATOR ARIES**

Oleh:

**HENDRA**  
**NIS. 02165/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT ATT - I**

**JAKARTA**

**2024**

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



**MAKALAH**

**ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM BAHAN BAKAR  
DALAM MEMPERTAHAKAN PERFORMA MESIN  
INDUK PADA KAPAL LPG NAVIGATOR ARIES**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan  
Untuk Menyelesaikan Program ATT - I**

**Oleh:**

**HENDRA  
NIS. 02165/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT ATT - I**

**JAKARTA**

**2024**

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



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : HENDRA  
No. Induk Siwa : 02165/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT ATT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM BAHAN BAKAR DALAM  
MEMPERTAHAKAN PERFORMA MESIN INDUK PADA  
KAPAL LPG NAVIGATOR ARIES

Pembimbing I,

Jakarta, 25 Agustus 2024  
Pembimbing II,

**MUDAKIR, S.SiT., M.M.**  
Penata TK.I (III/d)

NIP. 19791116 200502 1 001

**Dr. ARIF HIDAYAT, S.PEL., M.M.**  
Penata TK.I (III/d)

NIP. 19740717 199803 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

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

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



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : HENDRA  
No. Induk Siwa : 02165/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT ATT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM BAHAN BAKAR  
DALAM MEMPERTAHAKAN PERFORMA MESIN  
INDUK PADA KAPAL LPG NAVIGATOR ARIES

Penguji I

**R. HERLAN GUNTORO, M.M.**  
Pembina TK. I (IV/b)  
NIP. 19680831 200212 1 001

Penguji II

**MOHAMAD RIDWAN, S.SiT., M.M.**  
Penata (III/c)  
NIP. 19780707 200912 1 005

Penguji III

**MUDAKIR, S.SiT., M.M.**  
Pembina TK. I (III/d)  
NIP. 19791116 200502 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

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



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkah dan rahmat serta karunia-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan makalah ini dengan judul:

### **“ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM BAHAN BAKAR DALAM MEMPERTAHAKAN PERFORMA MESIN ”**

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

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

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

1. Dr. Capt. TRI CAHYADI, M.H., M.Mar, selaku Kepala Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Bapak Markus Yando, S.SiT.,M.M, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Bapak Mudakir, S.SI.T.,M.M, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
4. Dr. Arif Hidayat, S.Pel.,M.M, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini
5. 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.
6. Seluruh rekan-rekan Pasis angkatan 71 yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan saran.

7. Crew Engine Department LPG. Navigator Aries / PNPO sebagai narasumber yang telah memberikan informasi Mitigasi Case dan pemecahan masalah.
8. Orang tua dan Kerabat yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat selama penyusunan makalah ini.

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

Jakarta, 25 Agustus 2024

Penulis,



HENDRA

NIS. 02165/T-I

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>TANDA PERSETUJUAN MAKALAH.....</b>	<b>iii</b>
<b>TANDA PENGESAHAN MAKALAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH.....	2
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	3
D. METODE PENELITIAN .....	3
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.....	5
F. SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
B. KERANGKA PEMIKIRAN.....	24
<b>BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. DESKRIPSI DATA .....	27
B. ANALISIS DATA .....	33
C. PEMECAHAN MASALAH.....	39
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. KESIMPULAN.....	58
B. SARAN .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

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 &amp; 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	Non return valve .....	12
Gambar 2.10	Thrust foot .....	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> .....	28
Gambar 3.1	Kondisi suhu gas buang no.4 yang tinggi .....	29
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) .....	30
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 injector yang siap dipasang .....	31
Gambar 3.8	Kondisi suhu gas buang setelah injector no.4 diganti .....	31
Gambar 3.9	Deviasi suhu gas buang setelah injector no.4 diganti .....	31
Gambar 3.10	Kondisi p(max) setelah injector no.4 diganti .....	33
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 .....	34
Gambar 3.13	Kondisi p(max) setelah <i>injector</i> no.4 diganti .....	34
Gambar 3.14	Kondisi p(comp) .....	34
Gambar 3.15	Filter Bahan Bakar yang Kotor .....	35
Gambar 3.16	Filter 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 injector no.2 diganti .....	36
Gambar 3.20	Jam kerja perawatan pengabut bahan bakar (injector) no.2 .....	37
Gambar 3.21	Jam kerja perawatan sesuai instruction manual book .....	37
Gambar 3.22	Atomizer yang rusak .....	39
Gambar 3.23	Non return valve .....	40
Gambar 3.24	Kondisi tanki endap (settling tank) .....	42
Gambar 3.25	Fuel oil analysis report .....	43
Gambar 3.26	Injector yang telah dibongkar terpisah .....	45
Gambar 3.27	Bagian spindle guide .....	46
Gambar 3.28	Cara memoles bagian cut off shaft atau spindle .....	46
Gambar 3.29	Injector yang telah dibongkar .....	47

Gambar 3.30	Penyekiran dudukan valve head injector .....	47
Gambar 3.31	Cara pengeteasan tekanan pengabutan injector .....	49
Gambar 3.32	Pengabut bahan bakar ( injector ) baru .....	50
Gambar 3.33	Cara membersihkan atomizer .....	51
Gambar 3.34	Cara mengecek lubang atomizer yang oversize.....	52
Gambar 3.35	Fuel oil treatment dari Unitor .....	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 LPG. Navigator Aries, penulis mengalami 2 kejadian yang berhubungan dengan pengabut bahan bakar (*injector*) dan kualitas bahan bakar yaitu pada tanggal 9 Desember 2023, pada siang hari pukul 13.55 waktu perairan setempat, saat LPG. Navigator Aries selesai melakukan olah gerak dari pelabuhan AKR Surabaya (Indonesia) dan mulai berlayar ke Pelabuhan Vopak (Indonesia), terjadi kenaikan suhu gas buang pada silinder no.4 yang diakibatkan oleh pengabut bahan bakar (*injector*) no.4. Dan juga pada tanggal 29 Januari 2024, pada pagi hari pukul 09.06 waktu perairan setempat saat LPG. Navigator Aries pada tiba berlabuh di Pankalan Susu (Indonesia), 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 : **“ANALISIS EFEKTIVITAS SISTEM BAHAN BAKAR DALAM MEMPERTAHANKAN PERFORMA MESIN INDUK DI PADA KAPAL PENGANGKUT LPG. NAVIGATOR ARIES ”**.

## **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. Rendahnya kualitas bahan bakar
- b. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu
- c. Kualitas bahan bakar yang tidak baik yang masuk ke dalam pengabut bahan bakar (*injector*)
- d. Perawatan bahan bakar tidak dilaksanakan dengan baik
- e. Kurangnya pemahaman ABK tentang perawatan bahan bakar

### **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. Rendahnya kualitas bahan bakar
- 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. Apa yang mengakibatkan rendahnya kualitas bahan bakar?
- b. Apa yang menyebabkan pengabut bahan bakar (*injector*) buntu?



## **C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **1. Tujuan Penelitian**

- a. Untuk mengetahui apa yang mengakibatkan rendahnya kualitas bahan bakar dan mencari solusi bagaimana mengatasi masalah tersebut
- b. Untuk mengoptimalkan kinerja pengabut bahan bakar (*injector*) dan mencari solusi pada pengabut bahan bakar (*injector*) yang buntu

### **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 Sistem 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 sistem bahan bakar 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 teoriteori yang relavan 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 bagianbagian tertentu sudah pasti dengan cepat diketahui kerusakan-kerusakan pada mesin tersebut dan juga sebagai perbandingan kerja mesin atau pesawat dan alat pendukung pada saat mesin induk bekerja normal maupun tidak normal.

### **c. Studi Pustaka**

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

## **E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan selama penulis bekerja sebagai *2<sup>nd</sup> Engineer* di atas LPG. Navigator Aries sejak bulan November 2023 sampai dengan bulan Juni 2024.

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

**b. Komponen Utama pada pengabut bahan bakar (*injector*)**

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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://www.tradekorea.com/product/detail/P349711/Fuel-Valve.htm))

**c. 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* menyemburkan 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 pada dudukannya, 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 gangguangangguan 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.

#### **d. Pembakaran yang Sempurna**

Suatu proses pembakaran bahan bakar yang berupa kabut bercampur dengan udara panas langsung terbakar sehingga suhunya meningkat  $1.400^{\circ}\text{C}$  dan tekanan maximum didalam silinder naik  $\pm 74$  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 penyalan (*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 SISTEM* (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 SISTEM* (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 SISTEM* (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.

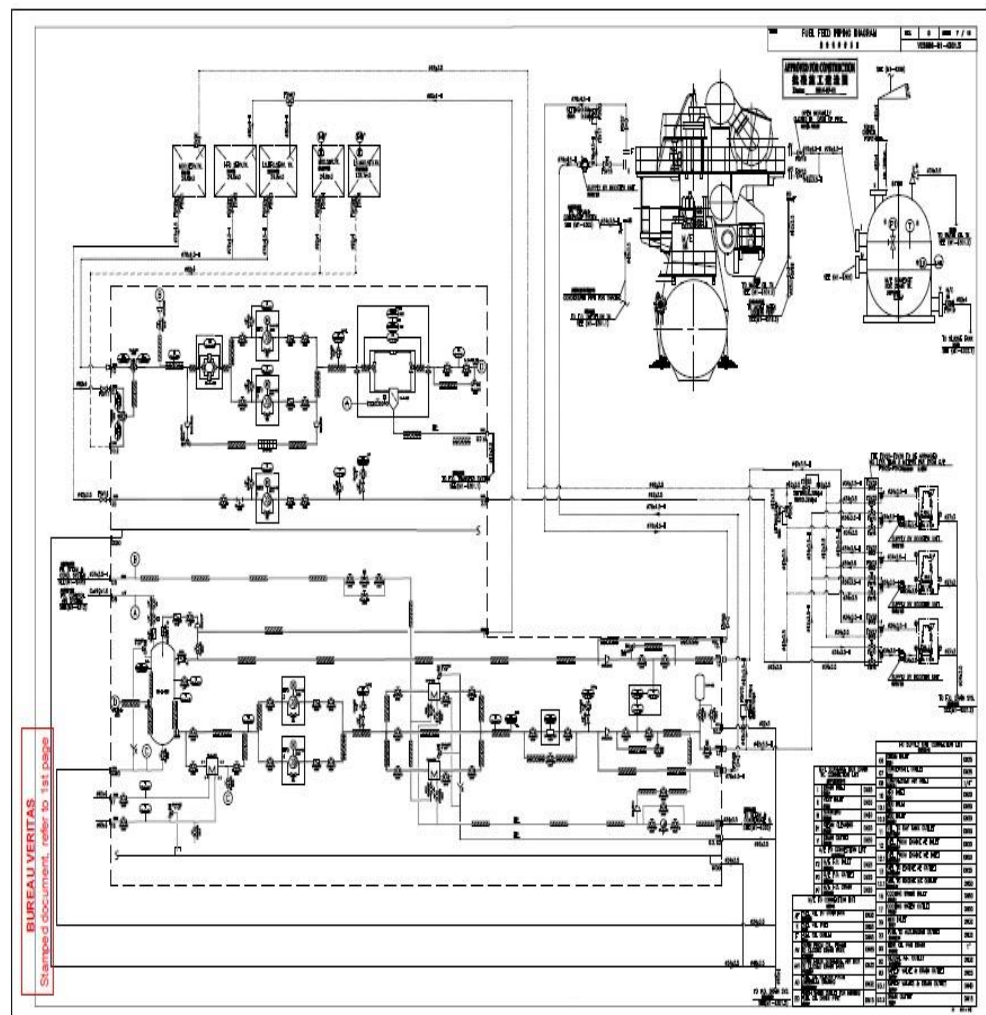
**ii. Akibat-akibat yang akan ditimbulkan bila perawatan mesin tidak dilaksanakan dengan baik, yaitu :**

- 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 Sistem yang digunakan untuk mensupply bahan bakar yang diperlukan mesin induk. Berikut ini adalah salah satu Sistem 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 LPG. Navigator Aries)

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

Bahan bakar kemudian didorong ke mesin induk melalui *flow meter*, dan perlu dipastikan kapasitas *circulating pump* melebihi jumlah yang dibutuhkan oleh mesin induk, sehingga kelebihan bahan bakar yang disupply akan kembali ke *service tank* melalui *venting box* dan *deaerating 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 dubutuhkan, dan untuk pembersihan dengan bantuan separator sentrifugal.

Kepekatan dinyatakan pada suhu 15<sup>0</sup>C.

##### **2) Viscositas**

Hal ini merupakan suatu ukuran untuk kekentalan bahan bakar. Ditentukan dengan cara sejumlah bahan bakar tertentu dialirkan melalui lubang yang telah dikalibrasi dan menghitung waktu mengalir bahan

bakar tersebut. Dahulu *viscositas* kinematik diukur melalui beberapa peralatan yang berlainan dan dinyatakan dengan satuan yang sama. Satu-satunya satuan yang diakui dewasa ini adalah centistokes (Cst)  $1\text{cst} = 0.01\text{ st} = 1\text{ mm}^2$  *Viscositas* sangat dipengaruhi oleh suhu.

3) Titik nyala

Hal ini merupakan suhu terendah dalam carbon (C) yang mengakibatkan suatu campuran bahan bakar dan udara dalam bejana tertutup menyala dengan sebuah nyata api. Titik nyala ditentukan dengan sebuah pesawat Pensky Martens (PM) dengan mangkok tertutup (*Close Cup*), dan sangat penting sekali dalam rangka persyaratan undang-undang yang menjamin perawatan bahan bakar di atas kapal. Titik nyala pada bahan bakar minimal  $52^{\circ}\text{C}$

4) Residu zat arang (angka conradson)

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

5) Kadar belerang

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

6) Kadar abu

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

#### 7) Kadar air

Hal ini sangat penting dalam hubungannya dengan energi spesifik atau nilai opak suatu bahan bakar. Air dapat mengakibatkan permasalahan pada waktu pembersihan bahan bakar dan dapat mengakibatkan korosi pada misalnya pompa bahan bakar dan pengabut. Air (laut) dapat juga mengandung natrium.

#### 8) Vanadium / Aluminium

Metal ini terdapat dalam setiap minyak bumi, dan terikat pada zat C-H metal ini tidak diinginkan berada dalam kandungan bahan bakar. Vanadium bersama dengan Sodium akan menyebabkan korosi panas pada bagian-bagian mesin yang bertemperatur tinggi yang mempengaruhi katup buang. Dibagian yang panas tersebut akan terjadi persenyawaan Vanadium dan Sodium yang akhirnya akan membentuk Aluminium Silicate yang bisa menimbulkan gesekan pada bagian-bagian yang bergerak. 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  $(P_i) = 0,785 \cdot D^2 \cdot S \cdot Z \cdot p_i \cdot n \cdot 100$ .

- 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 :  $(P_e) = 0,785 \cdot D^2 \cdot S \cdot Z \cdot p_e \cdot n \cdot 100$

- 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>)

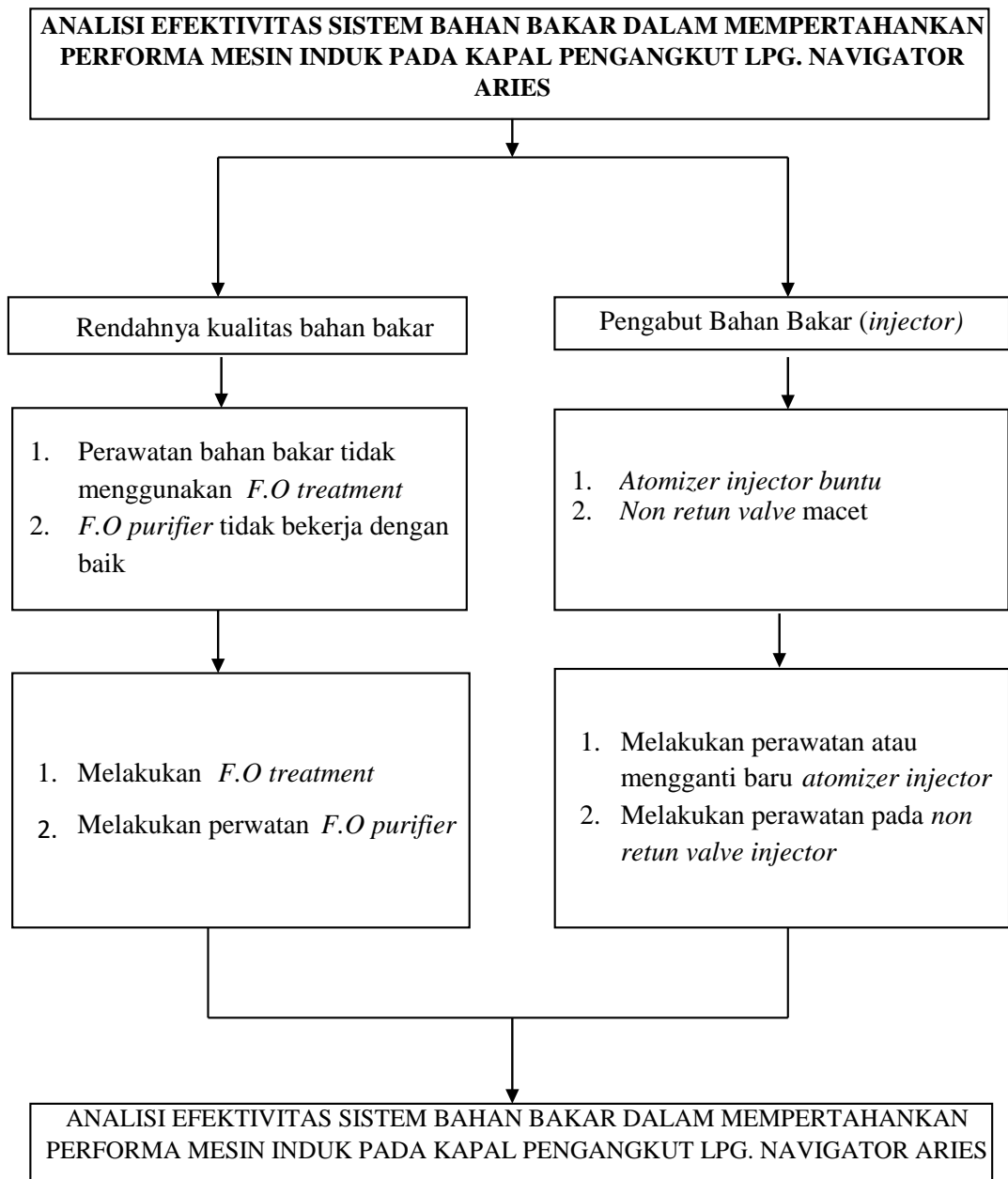
Prinsip kerja *purifier* adalah memisahkan minyak dari air, lumpur dan kotoran lainnya dengan gaya sentrifugal berdasarkan berat jenisnya sehingga partikel yang mempunyai berat jenis yang lebih besar akan berada jauh meninggalkan porosnya, sedangkan partikel yang mempunyai berat jenis lebih kecil akan 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 : LPG. Navigator Aries  
IMO number : 9403762  
Tipe kapal : IIG – LPG / VCM / Amonia - Carrier  
Bendera kapal : Indonesia  
DWT : 23317.00  
Tahun pembuatan : 2008  
Mesin induk : Hyundai MAN B&W 6S46 MC-C  
Daya mesin : 7.860 kW  
Tipe mesin induk : *Electro hyraulic sysytem (without camshaft)*

Berikut beberapa peristiwa yang penulis alami yang berkaitan dengan masalah pada bahan bakar selama penulis bekerja di atas kapal LPG. Navigator Aries sebagai *2nd engineer* sejak bulan November 2023 sampai dengan bulan Juni 2024 diantaranya adalah sebagai berikut :

#### 1. Rendahnya kualitas bahan bakar

##### Fakta I

Pada tanggal 9 Desember 2023, pada siang hari pukul 13:55 waktu perairan setempat saat LPG. Navigator Aries pada saat melakukan olah gerak dari pelabuhan AKR Surabaya (Indonesia) dan mulai berlayar ke pelabuhan Vopak (Singapore), 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 *3<sup>rd</sup> 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.



Gambar 3.15 *Filter* bahan bakar yang kotor

(sumber : dokumen pribadi)



Gambar 3.16 *Filter* bahan bakar yang baru

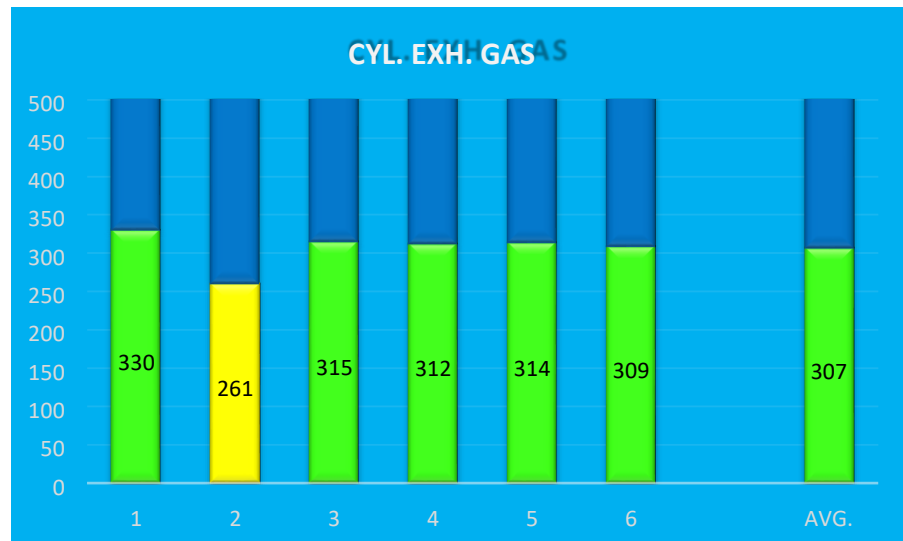
(sumber : dokumen pribadi)

## 2. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu

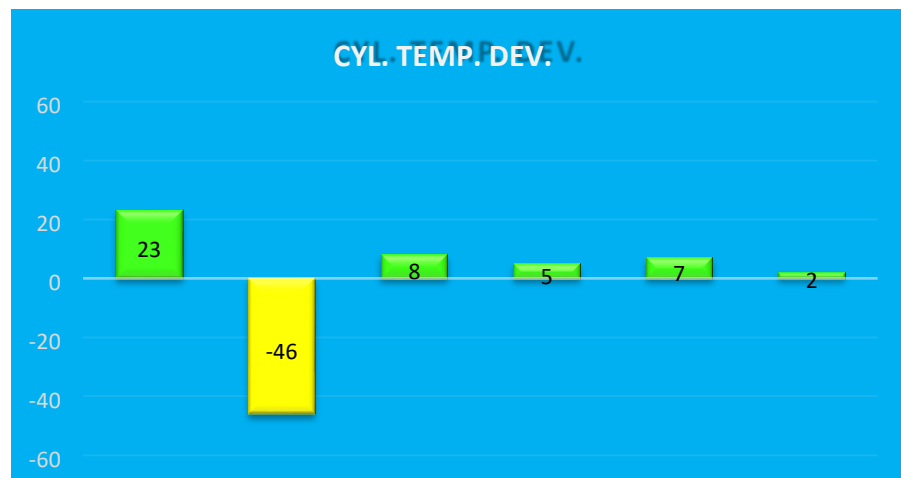
### Fakta II

Setelah adanya masalah pada saringan (*filter*) bahan bakar kemudian pada tanggal 29 Maret 2024, pada pukul 09:06 saat LPG. Navigator Aries tiba berlabuh di pelabuhan Cilegon (Indonesia), 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  $P_{max}$  dalam keadaan rendah sedangkan  $P_{comp}$  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 *2<sup>nd</sup> 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

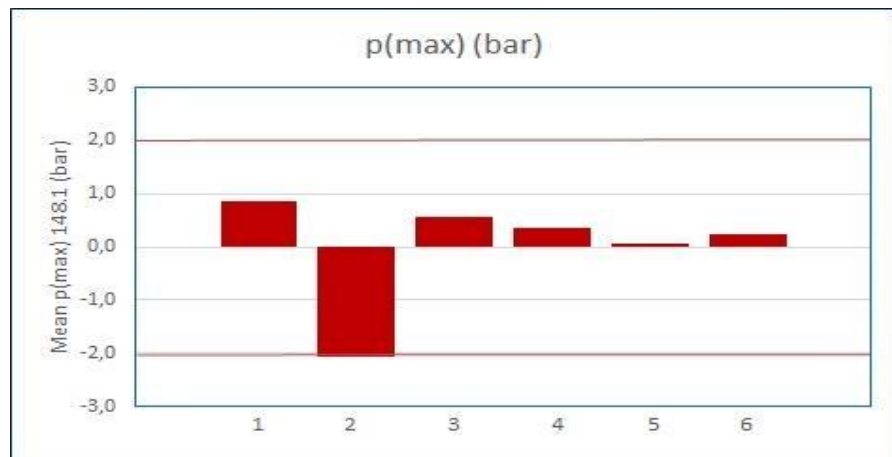
sebahagian dan pengabutan yang terjadi sedikit dan jumlah bahan bakar yang dikabutkan terlihat volumenya kecil daripada keadaan normalnya.



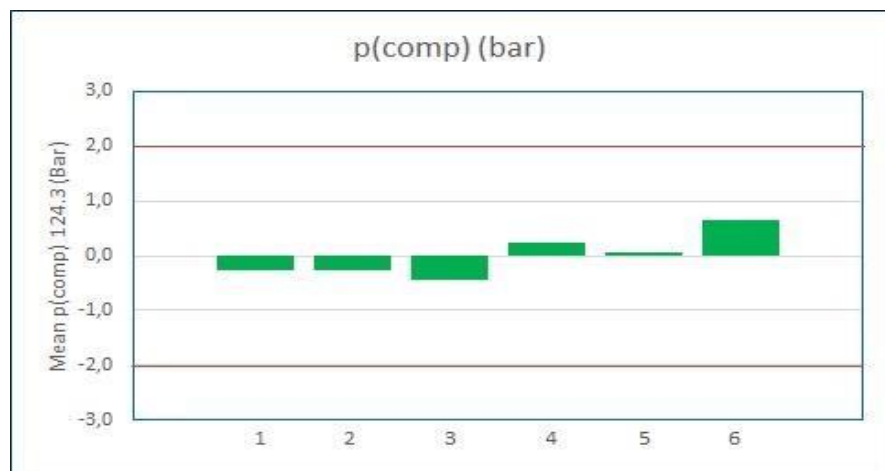
Gambar 3.11 Kondisi suhu gas buang no.2 dengan silinder yang lain  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)



Gambar 3.12 Deviasi suhu gas buang no.2 dengan silinder yang lain  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)



Gambar 3.13 kondisi p(max)  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)



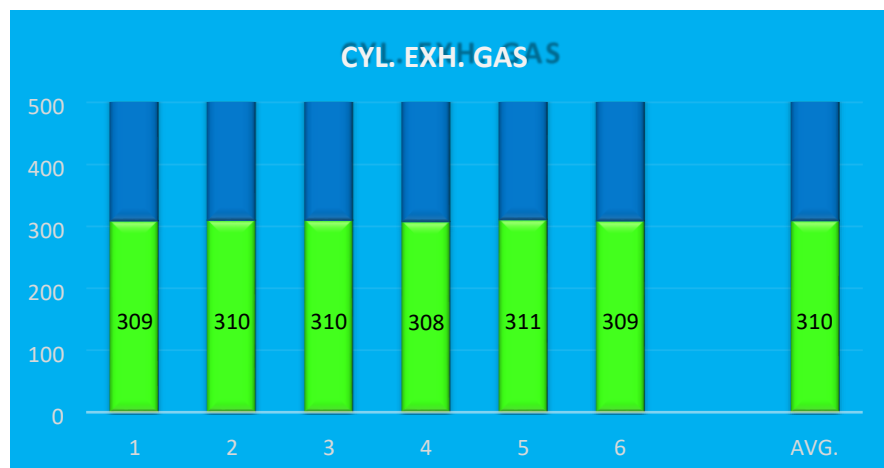
Gambar 3.14 kondisi p(com)  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)



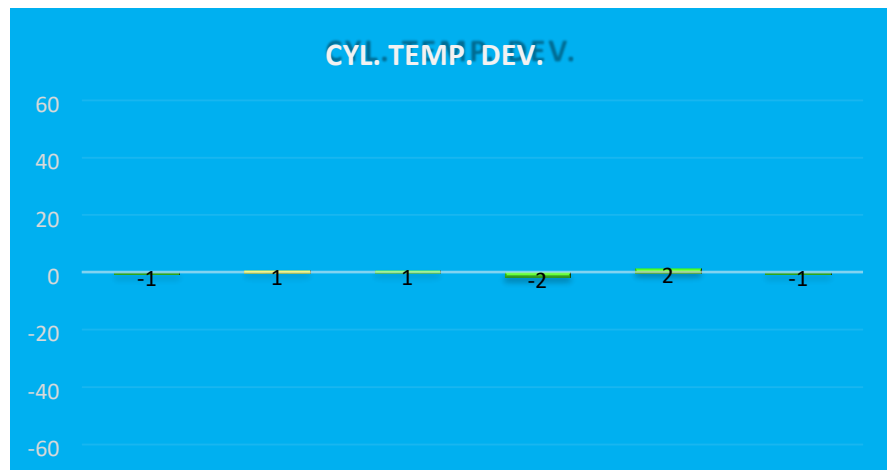
Gambar 3.6 Kondisi *injector* yang bekas  
(sumber : dokumen pribadi)



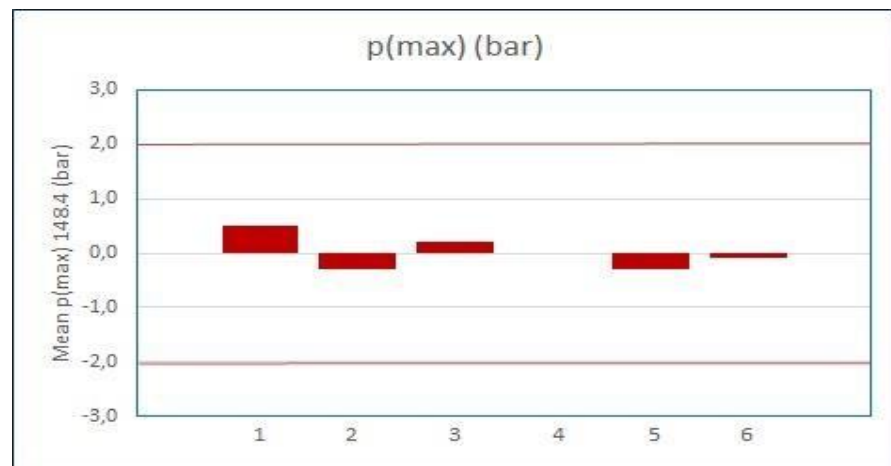
Gambar 3.7 Kondisi *spare injector* yang siap dipasang  
(sumber : dokumen pribadi)



Gambar 3.17 Kondisi suhu gas buang setelah *injector* no.2 diganti  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)



Gambar 3.18 Deviasi suhu gas buang setelah *injector* no.2 diganti  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)



Gambar 3.19 kondisi p(max) setelah *injector* no.2 diganti  
(sumber : AMS LPG. Navigator Aries)

## B. ANALISIS DATA

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

### 1. Rendahnya kualitas bahan bakar

Hal ini disebabkan oleh:

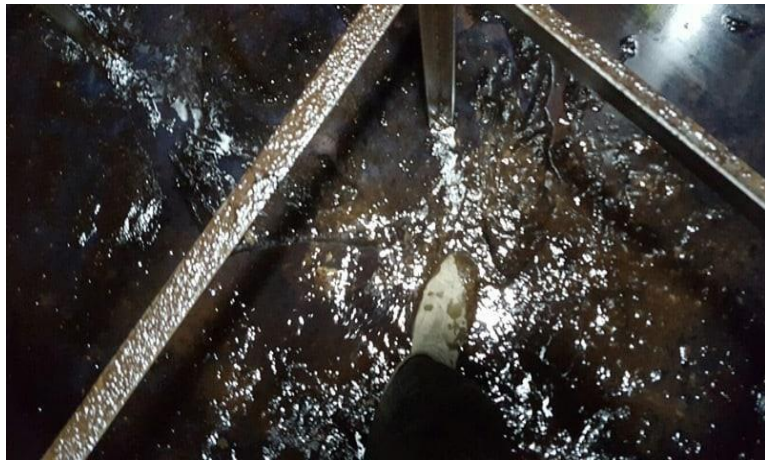


**a. Perawatan bahan bakar tidak menggunakan *F.O Treatment***

Kotoran-kotoran dan air yang terdapat dalam bahan bakar akan sangat mempengaruhi kualitas bahan bakar itu sendiri bahkan sampai kinerja mesin induk. Ada berbagai macam kotoran yang mencemari. Diantaranya berupa partikel-partikel padat dan cair. Terkadang didapati bahan bakar mengandung kadar air terlalu banyak dari prosentasenya sehingga mengakibatkan bekerjanya mesin induk tersendat-sendat. Misalnya dikarenakan ventilasi udara kurang perawatannya jadi air masuk ke tangki harian melalui ventilasi tangki harian. Mesin induk akan menghasilkan daya optimal bila proses pembakaran bahan bakar yang di injeksikan kedalam mesin dapat berlangsung sempurna. Persyaratan terjadinya pembakaran sempurna apabila :

- 1) Bahan bakar harus bersih bebas dari kotoran
- 2) Bahan bakar tepat pada kekentalan tertentu
- 3) Kecepatan bahan bakar keluar dari pengabut cukup tinggi sehingga dapat menembus udara sekelilingnya dan bersinggungan sebaikbaiknya dengan zat asam
- 4) Udara pembakaran mempunyai kecepatan demikian rupa dengan gerakan sehingga dapat bercampur dengan tiap tetes minyak

Proses yang sering terjadi dikapal adalah pencampuran antara bahan bakar dengan udara tidak homogen. Hal ini terjadi karena adanya gangguan pada sistem pengabut bahan bakar. Dengan demikian bahan bakar harus dirawat sesuai dengan PMS dengan menggunakan *Chemical Fuel Oil Treatment (FOT)* kedalam tangki harian dan tangki dasar ganda dengan mengikuti petunjuk manual book di atas kapal untuk mencapai tujuan yang diinginkan.



Gambar 3.24 Kondisi tanki endap (*settling tank*)

(sumber : dokumen pribadi)

### 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 6

### CUSTOMER PROVIDED INFORMATION

BUNKER INFORMATION		BDN/CLIENT INFORMATION		SAMPLE DETAILS	
BUNKER PORT	SINGAPORE	GRADE	RMG 380 0.5%	PO NUMBER	
BUNKER DATE	16-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	MANFOLD	WATER	0.20	TEST DATE	05-Apr-2023
SAMPLING METHOD	DRIP	QUANTITY (MT)	929.050	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/m³	Max 901.0	949.4	ISO 12185
Viscosity @ 50°C	cSt	Max 380.0	65.58	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	% w/w	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
Phosphorus	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
Add Number	mg/KOH/g	Max 2.50	0.47	ASTM D664
API Gravity	-	-	17.48	-
Net Specific Energy	ML/kg	-	41.51	Calculated
Gross Specific Energy	ML/kg	-	43.98	Calculated
EPN*	-	-	58	-

EPN\* - EPN will not be reported for any oil type of internal reports. For further details about Engine Performance Number refer our Website.

LOPM\* - LAB DEVELOPED METHOD

\*A fuel shall be considered to comply (≤ 0.2) when either one of the following conditions is met:

- Calculus = 30 and Zinc < 15; Calculus > 30 and Phosphorus < 15 (ISO 8217: 2016 / 2017 Standards)

www.thaviswagroup.com

Page 1 of 3

Gambar 3.25 Fuel analysis report

(sumber : arsip fuel analysis)

### b. 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.

## **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 SISTEM (PMS)*.

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

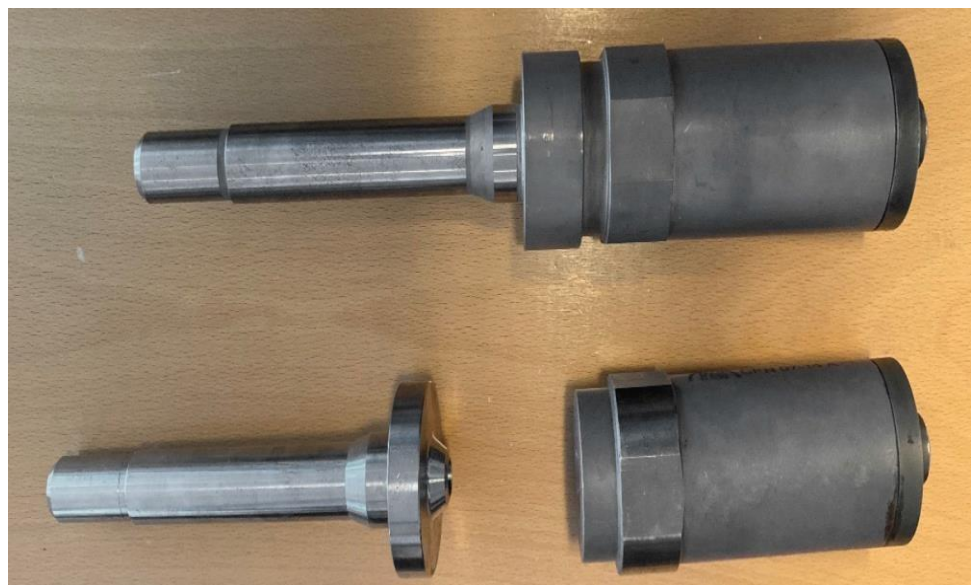


Gambar 3.22 *atomizer* yang rusak dan retak  
(sumber : dokumen pribadi)

**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. PEMECAHAN MASALAH

### 1. Alternatif Pemecahan Masalah

#### a) Melakukan *FO treatment* pada 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 kedasar tangki.

Hal yang harus dilakukan adalah dengan memanasi tangki-tangki dasar ini sampai temperatur 32<sup>0</sup>C diatas titik beku (*Pour Point*) untuk MFO (*Marine Fuel Oil*) titik bekunya 0-20<sup>0</sup>C berarti tangki dasar yang berisi MFO tersebut harus dipanasi hingga 40<sup>0</sup>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](http://www.wilhelmsen.com/product-catalogue))

## **b) Melakukan perawatan pada *F.O Purifier***

Purifier memerlukan perawatan yang teratur dan diperlukan perencanaan yang baik agar dapat bekerja secara optimal . Metode perawatan terhadap pesawat Purifier adalah sangat penting untuk tercapainya umur (ketahanan) agar tetap berjalan normal dalam menghasilkan bahan bakar yang bersih , bermutu dan berkualitas baik karena dengan adanya metode perawatan akan menunjang dari pengoperasian Purifier dan dapat menekan biaya pengoperasian kapal. Metode perawatan ini adalah harus terencana dan dicatat secara sistematis supaya dapat berkesinambungan dalam kegiatan perawatan.

Metode perawatan yang terencana serta berkesinambungan merupakan suatu perawatan rutin, perawatan periodik dan pemantauan kondisi secara bertahap yang dilakukan pada saat pemeriksaan Purifier untuk menentukan apakah ada komponen yang perlu diganti serta penyetelan sesuai jangka waktu pemeriksaan yang didasarkan atas jam kerja dan pengamatan. Perawatan ini harus tetap dilaksanakan meskipun dalam keadaan operasional kapal yang sangat sibuk sekalipun, salah satu strateginya yaitu dengan melakukan perawatan disaat ada kesempatan berdasarkan pengamatan yang dilaksanakan secara rutin., meskipun jadwalnya lebih awal dari jadwal yang ditentukan pada PMS.

Adapun perawatan FO Purifier dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

### **a) Perawatan Sebelum Pengoperasian**

- 1) Minyak pelumas yang berada dicarter (crank case) purifier harus baik kondisinya dan sesuai. Isi dari minyak lumas di dalam carter ini harus cukup pada batas yang tertera pada gelas duga yang terdapat pada carter. Hal ini berguna untuk melumasi bagian-bagian yang perlu dilumasi sehingga terhindar dari kerusakan-kerusakan yang fatal. Kualitas dan kondisi dari minyak lumas harus diperhatikan dari adanya kotoran-kotoran di dalam sistem pelumasan. Yang mana hal tersebut tidak diinginkan dan serta kemungkinan tercampurnya air didalam minyak lumas, sehingga mengakibatkan kadar viskositas dari minyak lumas itu berubah. Hal ini mengakibatkan kurangnya daya guna



minyak lumas tersebut, yang dapat mengakibatkan kerusakan yang sangat fatal.

Untuk mencegah hal tersebut perlu diadakan pengecekan terhadap minyak lumas tersebut pada saat hendak di start ataupun pesawat purifier dalam keadaan beroperasi (dapat di lihat di gelas duga carter), juga harus diganti dan dibersihkan carternya sesuai dengan pola perawatan berkala yang tertera didalam instruksi manual book.

- 2) Badan dari pesawat bantu purifier harus selalu dijaga kebersihannya dari minyak dan kotoran-kotoran lainnya. Terutama pada badan motor penggerak purifier agar selalu tetap kering dan bersih untuk menjaga agar tidak terjadi hubungan pendek pada motor.

- 3) Pemeriksaan pada bagian-bagian dari purifier

Pengetahuan sedini mungkin dari kerusakan-kerusakan yang terjadi dapat mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah. Oleh karena itu, perlu diadakan pemeriksaan pemeriksaan pada saat awal start maupun purifier sedang beroperasi. Pemeriksaan tersebut dapat diketahui dari adanya kelainan getaran, bunyi, ampere meter dan lainnya.

#### b) Perawatan Dalam Pengoperasian

- 1) Urutan-urutan pengoperasian harus diketahui, agar purifier dapat bekerja dengan baik.

Langkah –langkah urutan pengoperasian tersebut meliputi:

- a. Pemeriksaan minyak lumas pada carter
- b. Masukan aliran listrik di switch box dan tekan tombol on
- c. Perhatian ampere meter hingga sampai pada keadaan normal.
- d. Isi air tawar pada mangkok untuk mengadakan blow agar kotoran yang berada di piringan terbawa keluar. Hal ini dilakukan untuk membersihkan piringan purifier.

- e. Buka kran air tekanan rendah sebagai sealing water.
  - f. Buka kran isap bahan bakar dari tangki endap (settling tank).
  - g. Atur temperature bahan bakar sampai batas yang ditentukan.
  - h. Atur tekanan pengisian bahan bakar sampai batas yang diinginkan.
- 2) Jangan tinggalkan pesawat purifier bila belum bekerja secara normal. Hal ini dilakukan untuk pengetahuan sedini mungkin dari adanya kerusakan-kerusakan, sehingga tidak menimbulkan kerusakan yang lebih parah.
- 3) Adakan pengontrolan rutin terhadap pesawat purifier  
Selama pesawat purifier beroperasi, sering terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Misalnya terjadi tumpahan minyak ataupun minyak ataupun kebocoran-kebocoran lainnya pada sistem. Untuk mencegah hal-hal sedemikian perlu diadakan pengontrolan terhadap pesawat tersebut bila sedang beroperasi pada tiap-tiap jam jaga para masinis.
- 4) Adakan pengeblow-an terhadap purifier  
Hal ini untuk membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada piringan-piringan purifier. Lakukanlah secara manual blow-up jika perlu sesering mungkin.
- c) Perawatan Setelah Pengoperasian  
Mutu bahan bakar yang diterima dari kapal binker beda-beda dalam setiap kali bunker. Sehingga walaupun diadakan pengeblow-an setiap 2 jam sekali selama pengoperasian belum tentu dapat membersihkan bowl-bowl dan piringan-piringan purifier. Kotoran-kotoran tersebut tetap akan melekat pada bowl dan piringan, yang mana lama kelamaan akan bertambah banyak.

Oleh karena itu perlu diadakan pembersihan tersebut :

- 1) Bersihkan bowl-bowl dan piringan-piringan  
Kotoran-kotoran yang terbawa oleh bahan bakar setelah diproses di purifier, maka akan tertinggal oleh celah-celah piringan meskipun sudah di blow. Yang mana lama kelamaan akan mengganggu proses purifier. Untuk

lancarnya kembali proses purifikasi tersebut, maka dilakukannya pembersihan pada bowl dan piringan dengan menggunakan kerosin atau bensin.

- 2) Bersihkan saringan air tawar tekanan tinggi dan tekanan rendah

Dengan pembersihan ini maka akan membantu kemudahan proses sealing water dan pengeblow-an pada peralatan-peralatan purifier dalam pengoperasian.

- 3) Pembersihan saringan bahan bakar secara rutin

Saringan-saringan tersebut antara lain terdapat pada pompa transfer, purifier, flow meter, tangki endap dan tangki service. Biasanya saringan-saringan ini dibersihkan pada sistem bahan bakar haruslah rutin dilakukan agar terhindar dari gangguan dalam pengoperasian mesin induk. Pasanglah saringan-saringan secara berganda agar mudah untuk perawatan, pemeliharaan dan kebersihannya.

**c) 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)

**d) Melakukan perawatan pada *non return valve (injector)***

Adapun tahap-tahap perawatan *non return valve* 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 kedudukan 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 Sistem 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 penguji 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. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah**

### **1) Rendahnya kualitas bahan bakar**

#### **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.

**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.

**2) Melakukan perawatan pada *non return valve (injector)***

Keuntungannya :

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

1. 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.
2. Membutuhkan pemahaman dan ketelitian dalam pelaksanaannya.
3. Tidak bertahan lama bila kondisi salah satu bagian *injector* seperti *spindle guide* dan *atomizer* sudah dalam keadaan tidak baik atau rusak.

## **2) Pemecahan Masalah yang Dipilih**

- a. Rendahnya kualitas bahan bakar
  - 1) Kualitas bahan bakar kurang baik, cara mengatasinya dengan *FO treatment* bahan bakar
- b. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu
  - 1) *Atomizer injector* buntu, cara mengatasinya dengan melakukan penggantian *atomizer injector* dengan yang baru.

## BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan tentang hasil analisa dari sistem bahan bakar guna mempertahankan performa mesin induk di kapal LPG. Navigator Aries sebagai berikut:

1. Rendahnya kualitas bahan bakar di sebabkan oleh :
  - a) Perawatan bahan bakar tidak menggunakan *F.O Treatment*
  - b) *F.O purifier* tidak bekerja dengan baik
2. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu di sebabkan oleh :
  - a) *Atomizer injector* buntu
  - b) *Non return valve* macet

### B. SARAN

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

1. Rendahnya kualitas bahan bakar:
  - a) Di sarankan kepada masinis agar melakukan *F.O treatment* bahan bakar dengan rutin pada saat penerimaan bahan bakar yang baru.
  - b) Di sarankan kepada masinis agar melakukan perawatan *F.O Purifier* secara rutin supaya dapat bekerja secara optimal.
2. Pengabut bahan bakar (*injector*) buntu :
  - a) Di sarankan kepada masinis agar melakukan perawatan atau pergantian pada *atomizer injector* yang baru.
  - b) Di sarankan kepada masinis agar melakukan perawatan pada non return valve (*injector*) secara rutin.

## 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://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*



**Northern Marine**

## VESSEL PARTICULARS

Quality Assurance into the  
21st Century and beyond

Vessel's Name:	<b>NAVIGATOR ARIES</b>	Iridium Phone :	<b>+881 6777 18877</b>
Port of Registry:	<b>SURABAYA</b>	V'sat Phone (Master) :	<b>+44 20 3991 2019</b>
Flag :	<b>INDONESIA</b>	V'sat Phone (Bridge/CCR)	<b>+44 20 3991 2018 / + 44 20 3991 2020</b>
Call Sign :	<b>PNPO</b>	Inmarsat-C Telex :	<b>+45 2501856</b>
IMO Number :	<b>9403762</b>	Mobile Phone :	<b>+62 81363191682</b>
MMSI Number :	<b>525015749</b>	E-mail:	<b>NavigatorAries@NMM.stena.com</b>
Shipyard	<b>HYUNDAY MIPO DOCK YARD Co.Ltd. ULSAN KOREA</b>	LOA :	<b>159.97 m</b>
Class Notification	<b>1A Tanker for liquefied gas BIS BWM(T) E0 LCS TMON</b>	LBP :	<b>152.2 m</b>
Type of ship	<b>IIG – LPG / VCM / Ammonia – Carrier</b>	Breadth Moulded :	<b>25.626 m</b>
Type of propulsion		Depth Moulded :	<b>16.40 m</b>
Main Engine	<b>1 Mainengine hyundai Man- B&amp;W 6S46MC-C</b>	Keel to the top of the mast	<b>44,75 m</b>
Propeller	<b>Fixed Prop right hand, dia. 5.60 m 4-bladed</b>	Anchor Chain	<b>Port side = 10 shacles 275m Stbd side = 10 shacles 275m</b>
Service Speed	<b>16 knt</b>	Lightship	<b>9,987 mt</b>
Generators	<b>3x Hyundai Himsen 5H 21/32 800 kW 60 Hz/450 V</b>	Displacement (Loaded)	<b>33,303 mt</b>
Emergency Generator	<b>140 kW</b>	Displacement (Ballast)	<b>17,400 mt</b>
Cargo Tanks Capacity:		TPC	<b>35.85 t/cm</b>
100% capacity	<b>20,664 m³</b>	Building Contract	<b>Hyundai Mipo Dockyard Co.Ltd</b>
98 % capacity	<b>20,251 m³</b>	Keel Laid	<b>04 April 2008</b>
		Launched	<b>13 June 2008</b>
		Date of Delivery	<b>22 August 2008</b>
	<b>INTERNATIONAL</b>	<b>SUEZ</b>	<b>PANAMA</b>
GROSS Tonnage	<b>18311</b>		
NET Tonnage	<b>5493</b>	<b>15491</b>	<b>15306</b>
	<b>FREE BOARD</b>	<b>DRAUGHT</b>	<b>DEADWEIGHT</b>
<b>SUMMER</b>	<b>5.51</b>	<b>10.92</b>	<b>23317.00</b>
<b>WINTER</b>	<b>5.74</b>	<b>10.69</b>	<b>22545.40</b>
<b>TROPICAL</b>	<b>5.29</b>	<b>11.14</b>	<b>24171.60</b>
<b>LIGHTSHIP</b>	<b>12.68</b>	<b>3.75</b>	<b>-</b>
<b>NORMAL BALLAST CONDITION</b>	<b>8.93</b>	<b>7.47</b>	<b>15373.80</b>
CLASS :	<b>DNV-GL</b>		
OWNER :	<b>PT Navigator Khatulistiwa of Globe Building, Jalan Buncit Raya Kav 31-33, Jakarta Indonesia 12740 Tel.62-21-79187006, Fax. 62-21-79187097, Email : mail@navigatorogas.com</b>		
MANAGER :	<b>NORTHERN MARINE MANAGEMENT PTE LTD. 30 PANDAN ROAD, SINGAPORE SINGAPORE, 609277 OFFICE E-MAIL : NMMVetting@stena.com, Tel. +65-6653 7700, Fax. +65-6323 2766</b>		
COMMERCIAL :	<b>NAVIGATOR GAS L.L.C. VERDE BUILDING, 10 BRESSENDEN PLACE, LONDON, SW1E 5DH, UNITED KINGDOM. Tel: +44 (0) 20 7340 4850, Fax: +44 (0) 20 7340 4858, Email : mail@navigatorogas.com Web: www.navigatorogas.com</b>		

