

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



MAKALAH

**UPAYA PENERAPAN PMS UNTUK MEMPERTAHANKAN
KINERJA SISTEM MESIN INDUK
DI MV. STAR TYCHE**

Oleh :

AMIR RAMLI
NIS. 02086/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2024

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



MAKALAH

**UPAYA PENERAPAN PMS UNTUK MEMPERTAHANKAN
KINERJA SISTEM MESIN INDUK
DI MV. STAR TYCHE**

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

Oleh :

**AMIR RAMLI
NIS. 02086/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1
JAKARTA
2024**

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : AMIR RAMLI
No. Induk Siwa : 02086/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : UPAYA PENERAPAN PMS UNTUK MEMPERTAHANKAN
KINERJA SISTEM MESIN INDUK DI MV. STAR TYCHE

Pembimbing I,

P. Dwikora Simanjuntak, MM
Pembina Tk. I (IV/b)
NIP. 19640906 199903 1 001

Jakarta, Mei 2024
Pembimbing II,

Dr. Bambang Sumali, M.Sc
Pembina Tk. I (IV/b)
NIP. 19601105 198503 1 001

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 : AMIR RAMLI
No. Induk Siwa : 02086/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : UPAYA PENERAPAN PMS UNTUK MEMPERTAHANKAN
KINERJA SISTEM MESIN INDUK DI MV. STAR TYCHE

Penguji I

Suroyo, S.ST. Pel, M.M
Penata (III/c)
NIP.198908202015031007

Penguji II

Niken D. Widjaja, S.H, M.Se
Penata (IV/a)
NIP. 197503152006042001

Penguji III

P. Dwikora S, M.M
Pembina Tk.I (IV/b)
NIP. 196409061999031001

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 Teknika Tingkat I yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah sesuai dengan waktu yang ditentukan dengan judul :

“UPAYA PENERAPAN PMS UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA SISTEM MESIN INDUK DI MV. STAR TYCHE”

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

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

Dalam penyusunan makalah ini juga tidak terlepas dari keterlibatan banyak pihak yang ikut membantu, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Capt. Tri Cahyadi, MH, M.Mar, 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 Teknika Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak P. Dwikora Simanjuntak, MM, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Bapak Dr. Bambang Sumali, M.Sc, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah.

6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah.
7. Keluarga tercinta, Ayah Ramli Abbas, Ibu Aminah Banggulu, Istri Lusy Amir, Putraku tersayang Keanu Gerryandi Mirchel dan Kevin Jerryandi Mirchel yang telah membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
8. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknik Tingkat I Angkatan LXX tahun ajaran 2024 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moril sehingga makalah akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, 03 Juni 2024

Penulis,

AMIR RAMLI
NIS. 02086/T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
D. Metode Penelitian	4
E. Waktu dan Ternpat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan	5
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	8
B. Kerangka Pemikiran	23
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	24
B. Analisis Data	25
C. Pemecahan Masalah	33
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
DAFTAR ISTILAH	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram <i>Cooling Water System</i>	25
Gambar 3.2 <i>Plat cooler</i> tersumbat kotoran	26
Gambar 3.3 Lubang pipa air laut tersumbah kerak	27
Gambar 3.4 <i>Spring Injector</i> Patah	29
Gambar 3.5 <i>Injector (Assy. Nozzle Holder)</i>	30
Gambar 3.6 Diagram <i>Fuel Oil System</i>	31
Gambar 3.7 <i>Nozzle Injector</i> Rusak	32

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kapal merupakan sarana angkutan laut yang banyak digunakan diberbagai negara yang membutuhkan sarana transportasi laut untuk menggalakkan mobilitas penduduk dan pengangkutan barang-barang guna menunjang pembangunan. Untuk menunjang transportasi di laut digunakan kapal-kapal berbagai jenis dan ukuran yang sesuai dengan kondisi daerah demi kelancaran pengoperasian kapal. Peranan mesin penggerak utama, sangat diperlukan untuk menunjang dalam pengoperasian kapal khususnya kapal laut.

Daya yang diberikan mesin penggerak utama disesuaikan dengan kerja yang optimal dan petunjuk dari buku manual dari mesin induk sendiri. Dengan tidak lancarnya atau seringnya mengalami gangguan kerusakan pada mesin penggerak utama maka dapat menghambat pengoperasian kapal. Demi untuk menunjang kelancaran mesin penggerak utama hendaknya harus selalu diadakan perawatan serta perbaikan secara rutin dan secara berkala, agar tidak mengalami kegagalan dalam pengoperasian kapal seperti tidak tepat waktunya

Planned Maintenance System (PMS) terhadap permesinan secara sistematis dan berkelanjutan merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam menunjang pengoperasian kapal tersebut seperti setiap hari (*daily maintenance*), setiap minggu (*weekly maintenance*), setiap bulan (*monthly maintenance*), setiap 6 bulan (*semi annual maintenance*) dan dock 2 tahunan (*annually maintenance*) merupakan keharusan yang dilakukan oleh pengusaha (*shipowner*) dan *crew* kapal.

Untuk mencegah terjadinya kerusakan yang fatal pada permesinan yang diakibatkan oleh pengoperasian yang sudah melebihi dari jam kerja yang telah

ditentukan oleh pembuat mesin (*maker*) maka diadakanlah perawatan berencana sesuai dengan jadwal berdasarkan hasil monitoring, investigasi dan inspeksi serta ditunjang pula oleh suku cadang yang cukup, sehingga mesin induk kapal selalu siap beroperasi apabila dibutuhkan. Dalam mendukung pengoperasian kapal sangat dibutuhkan penanganan yang baik dalam sebuah sistem yaitu *Planned Maintenance System* (PMS).

Namun pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) harus ditangani oleh Sumber Daya Manusia yang berkualitas, berpengalaman serta terlatih dalam hal manajemen, agar perencanaan, perawatan, perbaikan mesin dapat berjalan sesuai apa yang telah direncanakan oleh pihak kapal dan pihak perusahaan dan juga terhindar dari biaya besar akibat kerusakan yang fatal.

Akan tetapi kenyataannya di lapangan bahwa pelaksanaan perawatan permesinan tidak terimplementasi dengan baik disebabkan keterbatasan waktu di pelabuhan bongkar maupun muat untuk melakukan perawatan permesinan kapal, dan juga pengadaan suku cadang yang tidak dapat dikirim pada pelabuhan-pelabuhan tertentu yang sangat jauh dari pelabuhan tempat kapal sandar.

Kejadian yang pernah penulis alami saat bekerja di atas MV. STAR TYCHE pada tanggal 25 September 2023 yaitu terjadi kenaikan suhu air tawar pendingin. Hal tersebut diketahui dari *high temperatur alarm indicator* mesin induk di kamar mesin yaitu pada sistem pendingin air tawar dimana, suhu air pendingin menunjukkan untuk *water inlet* ke *main engine* 80°C dan *water outlet cylinder* rata-rata di semua *cylinder* 90°C. Adapun data *manual book* suhu normal servis untuk *water inlet* ke *main engine* 65-70°C dan alarm maksimum *water outlet cylinder* 90°C.

Penulis juga pernah mengalami kejadian dimana tekanan *absolute* udara pada ruang bilas turun dari 0,9 kg/cm² menjadi 0,3 kg/cm², sehingga udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran menjadi berkurang. Sehingga menyebabkan pembakaran di dalam silinder tidak sempurna, yang mengakibatkan daya yang dihasilkan mesin induk menjadi turun. Di beberapa silinder gas buang tinggi mencapai 480°C. Adapun *guidance manual book* untuk alarm maksimal di 430°C dan *slow down* di temperatur 450°C, sehingga hal tersebut mengakibatkan putaran mesin turun (*slow down*).

Setelah dilakukan pemeriksaan dengan membongkar *injector* diketahui bahwa adanya kerusakan pada *spring injector* dan keausan pada *nozzle injector*. Kerusakan pada *spring injector* menyebabkan penyemprotan bahan bakar tidak maksimal, sehingga pembakaran di dalam silinder tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna akan mengakibatkan performa mesin induk menurun. Oleh karenanya, *spring injector* yang rusak harus diganti. Sedangkan pada saat tekanan bahan bakar turun, *nozzle* menutup lubang *injector* dengan cepat akibat peregangan pegas. Keausan *nozzle injector* disebabkan jam kerja yang sudah melebihi batas pemakaian yaitu 1200 jam kerja. selain itu akibat dari karbon-karbon yang menempel akibat dari kotoran-kotoran pada bahan bakar yang mengalir melalui lubang *nozzle injector* tersebut.

Dari kejadian-kejadian tersebut ketika kapal sudah hampir sampai di pelabuhan dan saat kapal sedang persiapan *manouver*, ditemukan bahwa *cylinder* no. 1 retak sehingga kapal tidak bisa melanjutkan pelayaran dan terjadi keterlambatan kurang lebih 7 jam, sehingga sangat mengganggu pengoperasian kapal.

Berdasarkan fakta dan pengamatan dari kejadian yang penulis amati, serta dengan merujuk pada latar belakang tersebut diatas, maka penulis tertarik menuangkan hal tersebut dan membahasnya kedalam makalah dengan berjudul :

“UPAYA PENERAPAN PMS UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA SISTEM MESIN INDUK DI MV. STAR TYCHE”

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun di atas, maka dapat ditarik beberapa permasalahan yang timbul, antara lain :

- a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal
- b. Suhu gas buang melebihi di atas normal
- c. Terjadi kerusakan pada *cylinder head*.
- d. Perawatan mesin induk belum terlaksana sesuai dengan PMS.

2. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan mengenai perawatan mesin induk, maka penulis membatasi pembahasan makalahnya pada :

- a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal
- b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Mengapa *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal?
- b. Apa yang menyebabkan suhu gas buang melebihi di atas normal?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui penyebab *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.
- b. Untuk mengetahui penyebab suhu gas buang melebihi di atas normal dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.

2. Manfaat Penelitian

a. Bagi Dunia Akademik

- 1) Sebagai bahan tambahan referensi di perpustakaan STIP Jakarta mengenai pelaksanaan prosedur perawatan yang direncanakan sesuai *Planned Maintenance System (PMS)*.
- 2) Untuk menambah pengetahuan bagi perwira siswa di STIP Jakarta tentang prosedur dan Perawatan kapal.

b. Bagi Dunia Praktisi

Sebagai bahan masukan dan sebagai bahan acuan bagi para masinis dalam hal pelaksanaan perawatan yang direncanakan guna menunjang kinerja permesinan dan lancarnya pengoperasian kapal secara keseluruhan.

D. METODE PENELITIAN

1. Metode Pendekatan

Dalam pembuatan makalah penulis melakukan penelitian dengan menggunakan metode antara lain studi kasus. Kegiatan penelitian dalam rangka mengatasi masalah berupa kejadian nyata di atas kapal khususnya tentang kinerja mesin induk di atas kapal MV. STAR TYCHE.

2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam mengumpulkan data-data dalam pembuatan makalah, penulis menggunakan teknik-teknik pengumpulan data antara lain:

a. Teknik Pengamatan (*Observasi*)

Penulis melakukan pengamatan secara langsung di atas kapal dalam hal perawatan mesin induk di atas MV. STAR TYCHE.

b. Studi Kepustakaan

Pengumpulan data yang diperlukan dilakukan penulis dengan membaca buku-buku dari berbagai sumber jurnal ilmiah, situs maritime dari berbagai artikel di internet.

c. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi dilakukan dengan studi perpustakaan atau pengamatan melalui pengumpulan data dan memanfaatkan tulisan-tulisan yang ada hubungannya dengan penulisan makalah.

3. Subjek Penelitian

Dalam penyusunan makalah, diambil mesin induk di atas MV. STAR TYCHE sebagai subjek pada penelitian yang dilakukan dengan kaitannya dalam mengoptimalkan daya mesin induk.

4. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan dalam pembuatan makalah tersebut adalah teknik analisis deskriptif kualitatif yaitu dengan cara penulis menggambarkan data-data yang telah penulis dapatkan sebelumnya kemudian penulis analisis berdasarkan landasan teori yang akan dipaparkan di Bab II.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Waktu penelitian penulis dilakukan dari 15 Januari 2023 sampai dengan Februari 2024 selama penulis bekerja sebagai *First Engineer*. Tempat penelitian di atas kapal MV. STAR TYCHE, kapal tipe *general cargo* berbendera Korea milik perusahaan SEJUL Ship Management Co. Ltd.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan makalah 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 secara benar dan terperinci. Makalah terbagi dalam 4 (empat) bab sesuai dengan urutan penelitian. Adapun sistematika penulisan makalah adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang informasi umum yaitu latar belakang penelitian, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, sistematika penulisan. Latar belakang sebagai alasan penulis memilih judul tersebut dan mendeskripsikan permasalahan suhu air tawar pendingin terlalu tinggi dan suhu gas buang melampaui batas. Identifikasi masalah yang menyebutkan poin permasalahan diatas kapal. Batasan masalah, menetapkan batas-batas permasalahan dengan jelas dan menentukan ruang lingkup pembahasan didalam makalah. Rumusan masalah merupakan permasalahan yang paling dominan terjadi di atas kapal dalam bentuk kalimat tanya. Tujuan dan manfaat merupakan sasaran yang akan dicapai atau diperoleh beserta gambaran kontribusi dari hasil penulisan makalah.

BAB II LANDASAN TEORI

Menjelaskan tentang tinjauan pustaka, yang diambil dari beberapa kutipan buku dan kerangka pemikiran. Tinjauan pustaka membahas beberapa teori yang berkaitan dengan rumusan masalah dan dapat membantu untuk mencari solusi atau pemecahan yang tepat. Kerangka

pemikiran merupakan skema atau alur inti dari makalah yang bersifat argumentatif, logis dan analitis berdasarkan kajian teoris, terkait dengan objek yang akan dikaji.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang deskripsi data yang merupakan data yang diambil dari lapangan berupa spesifikasi kapal dan pekerjaannya, pengamatan pada fakta yang terjadi di atas kapal sesuai dengan permasalahan yang dibahas. Fakta dan kondisi disini meliputi waktu kejadian dan tempat kejadian yang sebenarnya terjadi di atas kapal berdasarkan pengalaman penulis. Analisis data adalah hasil analisa faktor-faktor yang menjadi penyebab rumusan masalah, pemecahan masalah di dalam penulisan makalah mendeskripsikan solusi yang tepat dengan menganalisis unsur-unsur positif dari penyebab masalah.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan yang merupakan pernyataan singkat dan tepat berdasarkan hasil analisis dan sehubungan dengan faktor penyebab pada rumusan masalah. Serta saran yang merupakan pertanyaan singkat dan tepat berdasarkan hasil pembahasan sebagai solusi dari rumusan masalah yang merupakan masukan untuk perbaikan yang akan dicapai.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

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

1. Perawatan (*Maintenance*)

a. Defenisi Perawatan

Menurut Lindley R.Higgs and Keith Mobley (2002) dalam *Maintenance engineering handbook, sixth edition*, Perawatan adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan keadaan awalnya. *Maintenance* atau Perawatan juga dilakukan untuk menjaga agar peralatan tetap berada dalam kondisi yang dapat diterima oleh penggunaannya.

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

Dari beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa kegiatan Perawatan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan agar dapat melakukan kegiatan operasional dengan efektif dan efisien sesuai dengan yang diharapkan.

Menurut Goenawan Danoeasmoro (2013:5) dalam buku Manajemen Perawatan menjelaskan bahwa perawatan adalah faktor paling penting dalam mempertahankan keandalan suatu peralatan. Semua tahu bahwa perawatan memerlukan biaya yang besar sehingga seringkali pekerjaan perawatan ditunda-tunda agar dapat menghemat biaya. Namun jika dituruti, akan segera disadari bahwa sebenarnya penundaan akan mengakibatkan kerusakan dan justru membutuhkan biaya perbaikan yang lebih besar dari biaya perawatan yang seharusnya dikeluarkan.

Dengan perawatan pencegahan kita mencoba untuk mencegah terjadinya kerusakan atau bertambahnya kerusakan, atau untuk menemukan kerusakannya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode tertentu untuk menelusuri perkembangan yang terjadi. Perencanaan dan persiapan perbaikan merupakan kaitan bersama. Telah dibuktikan melalui diskusi dan tukar-menukar pengalaman, para peserta dapat menyetujui hal-hal yang praktis dan langkah-langkah organisasi yang akan dijalankan oleh masing-masing pihak harus siap.

Dengan menjalankan perawatan kita dapat mencari jalan bagaimana mengontrol atau memperlambat tingkat kemerosotan dan kita ingin melakukan untuk beberapa alasan, ada 5 (lima) pertimbangan :

- 1) Pemilik kapal berkewajiban atas keselamatan dan kelayakan kapal.
- 2) Pengusaha berkepentingan untuk menjaga dan mempertahankan nilai modal dengan cara memperpanjang umur ekonomis serta meningkatkan nilai jual sebagai kapal bekas.
- 3) Mempertahankan kinerja kapal sebagai sarana angkutan dengan cara meningkatkan kemampuan dan efisiensi.
- 4) Memperhatikan efisiensi berkaitan dengan biaya-biaya operasi kapal yang harus diperhitungkan.
- 5) Pengaruh lingkungan di kapal terhadap awak kapal dan kinerjanya

b. Jenis-jenis Perawatan

Menurut Goenawan Danoeasmoro (2013:5) dalam buku Manajemen Perawatan bahwa dalam menentukan kebijaksanaan perawatan, umumnya terdapat 2 (dua) jenis Perawatan yaitu sebagai berikut :

1) Perawatan terencana (*planned maintenance*)

Kegiatan Perawatan terencana bertujuan untuk mengurangi kemungkinan cepat rusak supaya kondisi mesin selalu siap pakai. Ada dua cara perawatan terencana, pertama melakukan *patrol/regular planned maintenance inspection* yaitu kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan dengan cara memeriksa setiap bagian mesin secara teliti dan berurutan sesuai dengan *schedule*. Kedua *Major overhaul* yaitu kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan dengan mengadakan pembongkaran menyeluruh dan penelitian terhadap mesin, serta melakukan penggantian suku cadang yang sesuai dengan spesifikasinya.

Beberapa keuntungan-keuntungan perawatan berencana yang dilaksanakan dengan benar dan baik, antara lain :

- a) Memperpanjang waktu kerja (*life time*) unit pesawat atau mesin dan mempertahankan nilai penyusutan pada kapal.
- b) Kondisi material pada pesawat atau mesin dapat di pantau setiap saat oleh setiap pengawas atau personil di darat, hanya dengan melihat pelaporan administrasi perawatan.
- c) Dengan tersedianya suku cadang yang cukup, maka pada saat ada perawatan dan perbaikan tidak kehilangan waktu operasi (*down time*).
- d) Operasi kapal lancar dengan memberikan rasa aman dan tenang pikiran kepada semua personil kapal dan manajemen darat bahwa semua permesinan bekerja secara optimal, normal dan terkontrol dengan benar.
- e) Walaupun biaya perawatan sangat besar, namun semuanya itu dapat diperhitungkan (*accountable*) sesuai dengan anggaran

biaya perawatan dan diperkirakan paling sedikit ada penghematan biaya sebesar 20%.

Untuk memudahkan pelaksanaan perawatan, maka kegiatan perawatan yang dilakukan sebaiknya berdasarkan :

- (1) Sistem perintah kerja atau *work order system* merupakan kegiatan Perawatan yang dilaksanakan berdasarkan pesanan dari kepala kerja pada bagian mesin. *Work order* atau perintah kerja memuat tentang :
 - (a) Apa yang harus dikerjakan.
 - (b) Siapa yang mengerjakan dan bertanggung jawab.
 - (c) Alat-alat yang dibutuhkan serta macamnya.
 - (d) Suku cadang yang dibutuhkan.
 - (e) Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan Perawatan tersebut dan kapan waktu penyelesaiannya.
- (2) *Checklist system* merupakan daftar atau *schedule* yang telah dibuat untuk melakukan kegiatan perawatan dengan cara pemeriksaan terhadap setiap mesin secara berkala.
- (3) Rencana kerja bulanan (*monthly maintenance*) atau 3 bulanan (*quarterly maintenance*), yaitu kegiatan maintenance yang dilaksanakan berdasarkan pengalaman atau berdasarkan catatan sejarah mesin, misalnya kapan suatu mesin harus dirawat atau diperbaiki.

2) Perawatan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Perawatan tak terencana adalah perawatan darurat yang didefinisikan sebagai Perawatan yang perlu segera dilaksanakan untuk mencegah akibat yang lebih serius. Misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. Pada umumnya system Perawatan merupakan metode tak terencana, dimana peralatan yang digunakan, dibiarkan atau tanpa

disengaja rusak hingga akhirnya peralatan tersebut akan digunakan kembali, maka diperlukan perbaikan atau perawatan.

Aktivitas Perawatan tak terencana adalah mudah untuk dipahami semua orang. Perawatan tak terencana mengijinkan peralatan-peralatan untuk beroperasi hingga rusak total. Kegiatan tak terencana tidak bisa ditentukan atau direncanakan sebelumnya, maka aktivitas ini juga dikenal dengan sebutan *Unscheduled Maintenance*. Ciri-ciri jenis perawatan ini adalah alat-alat mesin dioperasikan sampai rusak dan ketika rusak barulah tenaga kerja dikerahkan untuk memperbaiki dengan cara “penggantian”.

Kelemahan dari sistem perawatan tak terencana adalah :

- a) Karena tidak bisa diketahui kapan akan terjadi kerusakan, maka jika waktu terjadi kerusakan adalah pada saat kapal beroperasi, maka akan mengakibatkan tidak tercapainya target waktu pengiriman barang.
- b) Jika suku cadang untuk perbaikan ternyata sukar untuk terpenuhi berarti dibutuhkan waktu tambahan untuk membeli atau memperoleh dengan cara lain suku cadang tersebut.
- c) Karena perbaikan seperti sifatnya mendadak, maka ABK mesin bekerja di bawah tekanan, maka akan berakibat :
 - (1) Rendahnya efisiensi dan efektivitas pekerja.
 - (2) Tidak optimalnya mutu hasil pekerjaan perbaikan atau Perawatan.
 - (3) Biaya relative lebih besar.

Dalam prakteknya perawatan tidak dapat menekan biaya, bahkan sering terjadi pembengkakan anggaran biaya perbaikan (*total maintenance cost*). Menurut Jusak Johan Handoyo, (2015:53) dalam buku Sistem Perawatan Permesinan Kapal, bahwa strategi perawatan dalam teorinya tidak disarankan, namun dalam kenyataannya sering terjadi di kapal, karena berbagai alasan antara lain :

- a) Kronologi perawatan tidak dicatat secara sistematis, sehingga tidak terdapat kesinambungan dalam kegiatan perawatan selanjutnya.
- b) Tidak mengacu standar perawatan dan perbaikan kapal (PMS) sesuai dengan *Manual Instruction Book*.
- c) Tidak ada kepedulian atau kepekaan para pengawas terhadap ketidak teraturan pelaksanaan pekerjaan perawatan.
- d) Tidak adanya bukti-bukti terjadi kerusakan-kerusakan, kekurangan sebelumnya, kapal menganggur (*delay/down time*) dan kerugian-kerugian lainnya.
- e) Tidak tersedianya suku cadang yang cukup untuk setiap pesawat atau mesin, sehingga menghambat waktu operasi kapal pada saat menunggu pengadaan suku cadang tersebut.
- f) Banyak data-data yang dilaporkan dari kapal ke darat (kantor), namun sedikit saja yang diproses untuk manfaat perawatan dan perbaikan kapal.
- g) Nahkoda dan Anak Buah Kapal (ABK) yang tidak berkualitas dan tidak profesional di bidangnya.

c. Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukannya perawatan terencana (*Planned Maintenance System*) adalah:

- 1) Untuk memungkinkan kapal dapat beroperasi secara reguler dan meningkatkan keselamatan, baik awak kapal maupun peralatan.
- 2) Untuk membantu perwira kapal menyusun rencana dan mengatur dengan lebih baik, sehingga meningkatkan kinerja kapal dan mencapai maksud dan tujuan yang sudah ditetapkan oleh para manajer di kantor pusat.
- 3) Untuk memperhatikan pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan pembiayaan mahal berkaitan dengan waktu dan material, sehingga

mereka yang terlibat benar-benar meneliti dan dapat meningkatkan metode untuk mengurangi biaya.

- 4) Agar dapat melaksanakan pekerjaan secara sistematis tanpa mengabaikan hal-hal terkait dan melakukan pekerjaannya dengan cara paling ekonomis.
- 5) Untuk memberikan kesinambungan perawatan sehingga perwira yang baru naik dapat mengetahui apa yang telah di kerjakan dan apa lagi yang harus di kerjakan.
- 6) Sebagai bahan informasi yang akan diperlukan bagi pelatihan dan agar seseorang dapat melaksanakan tugas secara bertanggung jawab.
- 7) Untuk menghasilkan fleksibilitas sehingga dapat di pakai oleh kapal yang berbeda walaupun dengan organisasi dan pengawakan yang juga berbeda.
- 8) Memberikan umpan balik informasi yang dapat di percaya ke kantor pusat untuk meningkatkan dukungan pelayanan, desain kapal, dan lain-lain.

2. Mesin Induk

Mesin Induk (*Main Propulsion Engine*) yaitu suatu instalasi mesin yang terdiri dari berbagai unit/sistem pendukung dan berfungsi untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal, sehingga kapal dapat berjalan maju atau mundur. Di kapal tempat penulis bekerja menggunakan motor diesel sebagai mesin penggerak utama kapal.

Mesin diesel adalah pesawat pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), karena di dalam mendapatkan energi potensial (berupa panas) untuk kerja mekaniknya diperoleh dari pembakaran bahan bakar yang dilaksanakan didalam pesawat itu sendiri, yaitu didalam silindernya. Sebagai mesin induk, mesin diesel lebih menonjol dibandingkan jenis mesin induk kapal lainnya, terutama konsumsi bahan bakar lebih hemat dan lebih mudah dalam mengoperasikannya.

Menurut Jusak johan Handoyo, (2015:34), dalam buku Mesin diesel penggerak utama kapal, menyatakan bahwa mesin diesel adalah satu pesawat yang mengubah energy potensial panas langsung menjadi energy mekanik, atau juga disebut *Combustion Engine System*. Pembakaran (*Combustion Engine*) dibagi dua yaitu:

- a. Mesin pembakaran dalam (*internal combustion*) adalah pesawat tenaga, yang pembakarannya dilaksanakan di dalam pesawat itu sendiri. Contoh : mesin diesel, mesin bensin, turbin gas, ketel uap dan lain lainnya.
- b. Mesin pembakar luar (*external combustion*) adalah pesawat tenaga, dimana pembakarannya dilaksanakan di luar pesawat itu sendiri. Contoh: turbin uap, mesin uap.

3. Pembakaran Di Dalam Silinder

a. Proses Pembakaran Di Dalam Silinder

Menurut Ir. Jusak Johan Handoyo, S.E.,M.Min.,M.Mar.E. (2014:138-140) dalam bukunya yang berjudul Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, pembakaran diartikan suatu proses kimia dari pencampuran bahan-bakar dengan zat asam dari udara. Umumnya memakai bahan bakar cair yang mengandung unsur zat arang (C), zat cair (H) dengan sebagian kecil zat belerang (S), biasa di sebut hydro carbon. Zat asam yang di butuhkan di dapat dari udara sebagaimana di ketahui udara itu mengandung 23% zat asam dan 77% nitrogen bila dihitung dalam volume atau 21% dengan 79% bila di hitung dalam berat udara. Perlu di ingat bahwa pembakaran di dalam silinder tidak berlangsung sederhana, karena molekul-molekul bahan bakar harus di pecah kecil berbentuk kabut halus agar pembakaran berlangsung tuntas.

Pembakaran yang tuntas dan sempurna secara kimiawi akan menghasilkan panas, proses reaksinya disebut Exterm. Bila sejumlah gas atau udara di kompresi atau di ekspansi akan ada perubahan suhu selama proses terjadi, namun bila keadaan suhunya tidak ada perubahan, maka prosesnya di sebut isothermis. Keadaan itu hanya mungkin terjadi apabila selama proses kompresi berlangsung panas yang timbul diambil dan bila

prosesnya ekspansi, panas yang hilang di ganti sehingga suhunya tinggal tetap.

Lain halnya bila sejumlah gas itu saat di lakukan kompresi maupun ekspansi tanpa ada tambahan panas atau kehilangan panas, proses yang demikian di sebut adiabatic.

b. Syarat Proses Pembakaran Yang Sempurna

Selain faktor bahan bakar di atas, Sukoco, M.Pd, Zainal Arifin, M.T (2013:97) syarat-syarat proses pembakaran yang sempurna antara lain sebagai berikut :

- 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 ke dalam ruang kompresi.
- 5) Mutu bahan bakar yang di gunakan bermutu baik, yaitu seimbang antara unsur $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$.
- 6) Kelambatan penyalaan (*ignition delay*) atau ID harus tepat. Apabila terlalu cepat akan terjadi ketukan atau knocking, tetapi bila terlambat maka pembakaran pun terlambat sehingga gas buang akan tinggi.

a. Pengaruh Suplai Udara Terhadap Pembakaran Di Dalam Silinder

Masalah yang sering timbul pada pengoperasian mesin diesel adalah kurangnya suplai udara pembakaran. Untuk mengetahui cukup atau tidaknya perbandingan udara terhadap bahan bakar yang diinjeksikan ke ruang bakar adalah dengan melihat warna gas buang. Ketika warna gas buang mulai berwarna gelap hal tersebut menunjukkan kurangnya udara untuk pembakaran, atau yang disebut batas asap. Warna gelap/hitam

tersebut disebabkan sebagian bahan bakar tidak terbakar dan menjadi CO yang berbentuk padat. Untuk itu pada mesin diesel besar, misalnya untuk penggerak kapal, baik penggerak utama maupun mesin bantu, selalu dilengkapi dengan sistem pemasukan udara pembakaran dengan menggunakan *Turbocharger*.

Turbocharger adalah sebuah alat yang dipasang pada sistem pemasukan udara pembakaran yang tujuannya untuk memberikan tekanan pada udara bilas dengan cara memanfaatkan tekanan yang terkandung dalam gas buang untuk menggerakkan poros turbin sebagai penggerak poros blower.

Pemasukan udara adalah dengan cara mengkompresi udara atmosfer dengan menggunakan blower agar memiliki tekanan yang tinggi. Tekanan tinggi akan diikuti naiknya temperatur. Selain akibat kenaikan tekanan, kenaikan temperatur juga disebabkan oleh adanya rambatan panas dari gas buang melalui dinding *blower*. Tekanan tinggi akan tetapi temperaturnya juga tinggi maka tujuan menaikkan massa udara menjadi tidak tercapai / kurang optimal. Untuk itu setelah keluar dari *blower* udara kemudian didinginkan di dalam *air cooler*, kemudian baru dialirkan ke dalam ruang bakar.

Akibatnya kenaikan tekanan indikasi di dalam ruang bakar, maka akan meningkatkan daya dari mesin tersebut. Sumber energi yang dipergunakan untuk memutar sudu turbin adalah energi kinetik gas sisa pembakaran dari mesin diesel itu sendiri.

6. Pendinginan Di Dalam Silinder

a. Definisi Pendinginan Di Dalam Silinder

Menurut P. Van Maanen, (2011:82) dalam bukunya yang berjudul Motor Diesel Kapal, Pendingin adalah suatu media (zat) yang berfungsi untuk menurunkan panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*. Di dalam sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang bekerja secara berhubungan antara lain : *Fresh water Cooler*, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, *Strainer* dan *Sea*

Chest. Dari kelima komponen inilah yang sering menyebabkan kurang maksimalnya hasil pendinginan terhadap motor induk.

Proses pengoperasian motor diesel akan timbul panas. Suhu yang demikian tingginya dipindahkan langsung ke dinding silinder. Jika silinder tidak didinginkan secara optimal, maka bahan - bahan yang dipakai akan kehilangan kekuatan yang diperlukan. Oleh karena itu pada mesin induk digunakan fasilitas pendingin yaitu pendingin air tawar yang mana bagian yang didinginkan adalah *cylinder head*, *cylinder jacket* dan klep buang. Pendingin air laut atau *fresh water Cooler* hanya berfungsi untuk menyerap panas air tawar yang high temperature yang bersirkulasi dari *fresh water cooler* dan *air cooler* mesin induk.

Apabila dinding silinder tidak didinginkan secara terus menerus, maka bahan - bahan yang dipakai akan kehilangan kekuatan yang diperlukan. Timbulnya masalah - masalah pada sistem pendinginan motor induk akibat dari tekanan pompa tidak normal, disebabkan oleh kurangnya perawatan terhadap media pendingin dan air pendingin serta peralatan sistem pendingin yang tidak bekerja dengan normal. Dengan demikian suhu (*temperature*) air pendingin sering panas melewati batas maksimum walaupun dalam putaran mesin minimum (rendah). Air pendingin dalam fungsinya sangat vital untuk menjaga kelancaran pengoperasian mesin induk. Dalam mempertahankan tujuan pendinginan, perlu dipertahankan pada nilai normalnya yaitu 65°C - 70°C untuk *temperature jacket water cooling inlet main engine* yang telah ditetapkan dalam buku manual di kapal tempat bekerja penulis.

Perlunya pendinginan pada motor induk dalam bekerja, sering mengalami gangguan sehingga pendinginan tidak optimal mengakibatkan naiknya suhu air tawar. Hal ini salah satunya disebabkan oleh adanya kebocoran, sehingga air yang ada di tangki ekspansi berkurang. Agar kondisi motor induk dapat normal kembali, hal - hal yang perlu dilaksanakan antara lain perawatan air pendingin, dan perawatan fasilitas sistem pendingin. Tidak sempurnanya fungsi dari sistem pendingin, jelas akan berpengaruh terhadap kinerja motor induk. Segala sesuatu yang berhubungan dengan sistem perlu dijaga dan dirawat oleh para masinis.

Agar kondisi motor induk dapat normal kembali, hal - hal yang perlu dilaksanakan antara lain perawatan air pendingin, dan perawatan fasilitas sistem pendingin. Tidak sempurnanya fungsi dari sistem pendingin, jelas akan berpengaruh terhadap kerja motor induk. Segala sesuatu yang berhubungan dengan sistem perlu dijaga dan di rawat oleh para masinis.

b. Fungsi Pendinginan Di Dalam Silinder

Adapun fungsi utama dari pendinginan adalah :

- 1) Mengatur / mempertahankan suhu mesin agar selalu berada pada spesifikasi kerja mesin yang diinginkan.
- 2) Mencegah material dari kerusakan.
- 3) Menjaga struktur dan sifat - sifat dari suatu material agar tidak berubah.
- 4) Membuat material mesin agar bertahan lebih lama.

c. Macam-macam Pendinginan Dalam Silinder

Pada umumnya di kapal ada dua cara untuk mendinginkan mesin utama maupun motor bantunya, yaitu dengan menggunakan sistem pendinginan secara langsung (terbuka) dan sistem pendinginan secara tidak langsung (tertutup).

1) Sistem Pendinginan Terbuka

Sistem pendinginan terbuka adalah sistem pendinginan yang menggunakan media pendingin air laut untuk mendinginkan media lain. Proses pendinginannya adalah dari air laut diisap dari *Sea Chest* melalui katup, saringan dengan pompa air laut. Kemudian air laut disirkulasikan ke *Cooler* Minyak Lumas, *Cooler* Air Tawar dan *Cooler* Udara yang berguna untuk mendinginkan minyak lumas, air tawar dan udara, kemudian air laut dibuang ke luar kapal. Air laut masuk ke *Cooler* di *control three way valve* yang diatur dengan alat *temperature indicator control* sehingga air laut yang masuk untuk

mendinginkan media lain sesuai / tidak terlalu dingin dan tidak terlalu panas, sehingga suhu pendingin mesin induk tetap stabil.

2) Sistem Pendinginan Tertutup

Sistem pendinginan tertutup menggunakan dua media pendingin yang digunakan yaitu air tawar dan air laut. Air tawar digunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut dibuang langsung ke luar kapal. Proses pendinginan tertutup adalah air tawar didinginkan di *Cooler* air tawar dengan air laut, kemudian air tawar yang sudah didinginkan diisap oleh pompa pendingin air tawar digunakan untuk mendinginkan mesin induk. Kemudian air tawar sebagian masuk ke tangki ekspansi, sebagian masuk ke *Cooler* air tawar untuk didinginkan kembali, sehingga dapat disirkulasikan terus menerus untuk mendinginkan mesin induk. Apabila air tawar berkurang karena adanya kebocoran maka air tawar diisi di Tanki Ekspansi air tawar pendingin. Air tawar yang masuk mesin induk suhunya diatur dengan *three way valve* dan *temperature indicator control* sehingga air tawar masuk untuk mendinginkan mesin induk sesuai dengan kebutuhan pendinginan.

d. Sistem Pendingin Air Tawar di Mesin Induk

Untuk memperlancar pengoperasian motor induk diatas kapal, maka beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah pendingin sebagaimana dalam pembahasan ini bahwa media pendingin yang dipakai untuk mendinginkan motor induk di atas kapal adalah air tawar. Maka untuk kelancaran proses pendinginan diperlukan peralatan atau komponen pendukung seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

1) *Sea Chest*

Sekurang-kurangnya posisi *Sea Chest* ada 2, *Sea Chest* pada posisi *high side* dan *low side*. Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih

tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut. Tiap *Sea Chest* dilengkapi dengan suatu ventilasi yang efektif.

2) Saringan

Alat yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang terbawa masuk oleh air.

3) Pompa Air Laut

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap air laut dari *Sea Chest* kemudian didistribusikan ke *Cooler* Minyak Lumas, *Cooler* Air Tawar dan *Cooler* Udara untuk mengambil panas dari Minyak Lumas, Air Tawar dan Udara hasil pendingina mesin induk. Pompa air laut digerakkan dengan menggunakan motor listrik.

4) Instalasi pipa pipa

Instalasi pipa di atas kapal adalah suatu alat yang ditempati air pendingin untuk bersirkulasi di dalam pipa tersebut. Pada setiap pipa membiarkan tahanan tertentu kepada aliran air yang disalurkan untuk itu bentuk pipa dan ukuran pipa akan mempengaruhi kenaikan tahanan aliran. Tahanan aliran air juga dapat meningkat pada setiap belokan dan katup yang dilalui oleh air tersebut.

5) *Cooler* Minyak Lumas

Minyak pelumas adalah suatu media yang berfungsi untuk mendinginkan bagian-bagian mesin yang bergesekan dan bersirkulasi di dalam sistem pelumasan di dalam motor. Tempat pertukaran panas menggunakan jenis *honeycomb cooling pad* dan tabung (*shell and tube*) untuk pertukaran panas dengan air sebagai media pendingin dimana di dalamnya terdapat pipa-pipa tembaga yang dialiri air laut sebagai media pendinginnya, sedangkan di sekeliling pipa-pipa mengalir minyak pelumas yang didinginkan.

6) *Cooler* Air Tawar Pendingin

Berfungsi mendinginkan air tawar pendingin yang telah menyerap panas dari dalam mesin dengan menggunakan media air laut. Di

kapal tempat penulis bekerja jenis penukar kalornya menggunakan jenis *heat exchanger type honeycomb cooling pad*. Air laut mengalir di dalam sela-sela plat yang akan menyerap panas pada air tawar pendingin, dimana prosesnya mengalir secara bersebrangan di dalam sekat plat tersebut.

7) Tangki ekspansi

Tangki ekspansi berfungsi sebagai tangki penampungan air tawar dan untuk menambah bila ada kekurangan di dalam sistem. Tangki ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi dari saluran pipa. Sehingga bisa memelihara tekanan konstan dalam sistem dan mencegah adanya udara atau uap didalamnya dan ukurannya tergantung pada kapasitas air. Juga sistem keseluruhan, termasuk ruang air dalam ruang pendingin motor induk.

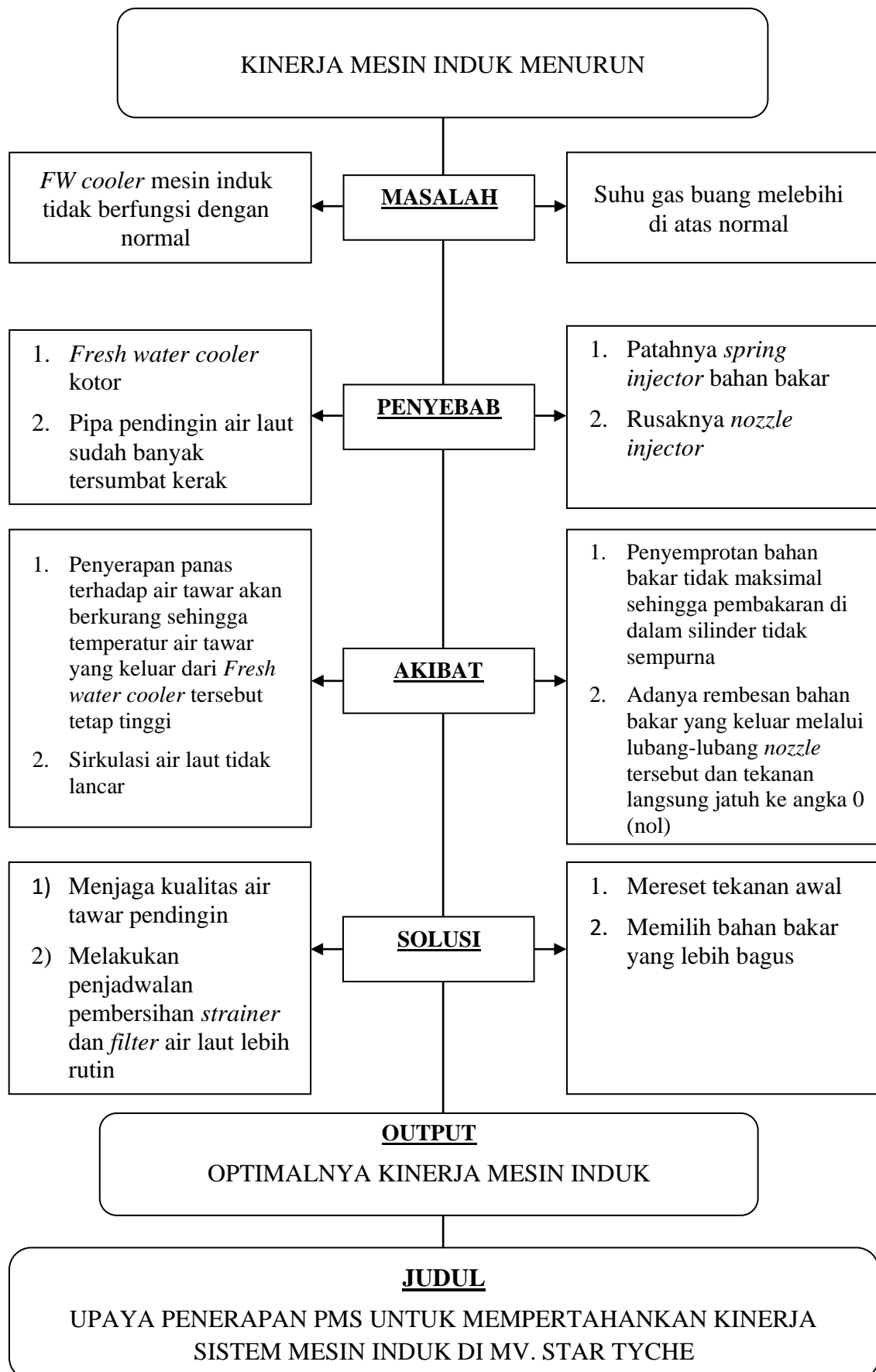
8) Pompa sirkulasi air tawar

Pompa sirkulasi air tawar berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin di dalam sistem, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain berdasarkan perbedaan tekanan. Sebagian besar mesin diesel menggunakan pompa sentrifugal untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk diatas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik.

9) Pengukur suhu

Pengukur suhu berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk. Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *thermocouple* untuk (*electric system*) dan thermometer jenis - jenis air raksa gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Berdasarkan pengalaman yang penulis alami selama bekerja di atas kapal MV. STAR TYCHE, ada beberapa fakta dan kondisi yang penulis temukan untuk mendasari penyusunan makalah diantaranya yaitu :

1. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

Pada tanggal 25 September 2023 saat kapal dalam pelayaran dari Bayah ke Dumai terjadi kenaikan suhu air tawar pendingin. Hal tersebut diketahui dari *high temperatur alarm indicator* mesin induk di kamar mesin yaitu pada sistem pendingin air tawar dimana suhu air pendingin menunjukkan untuk *water inlet* ke *main engine* 80⁰C dan *water outlet cylinder* rata-rata di semua cylinder 90⁰C. Adapun data *manual book* suhu normal servis untuk *water inlet* ke *main engine* 65-70⁰C dan alarm maksimum *water outlet cylinder* 90⁰C.

2. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Pada 07 Desember 2023 saat kapal dalam pelayaran dari Bayah ke Dumai terjadi tekanan *absolute* udara pada ruang bilas turun dari 0,9 kg/cm² menjadi 0,3 kg/cm², sehingga udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran menjadi berkurang. Sehingga menyebabkan pembakaran di dalam silinder tidak sempurna, yang mengakibatkan daya yang dihasilkan mesin induk menjadi turun. Di beberapa silinder gas buang tinggi mencapai 480⁰C. Adapun *guidance manual book* untuk alarm maksimal di 450⁰C dan *slow down* di temperatur 430⁰C, sehingga hal tersebut mengakibatkan putaran mesin turun (*slow down*).

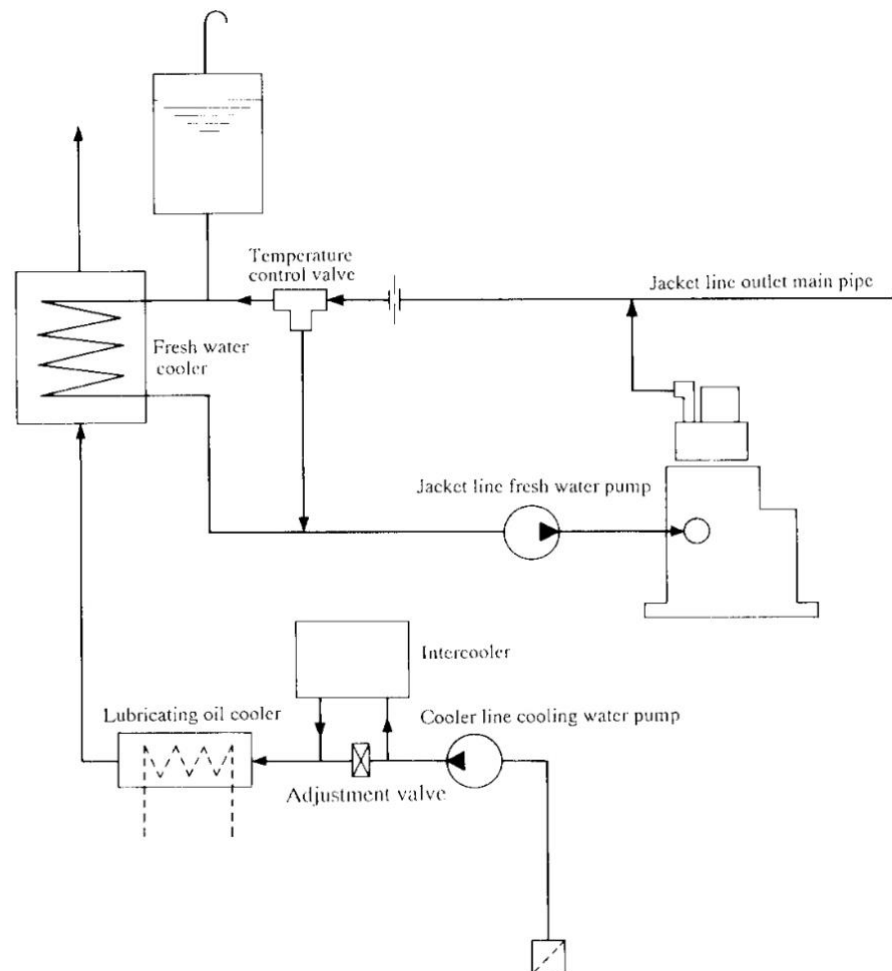
B. ANALISIS DATA

1. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

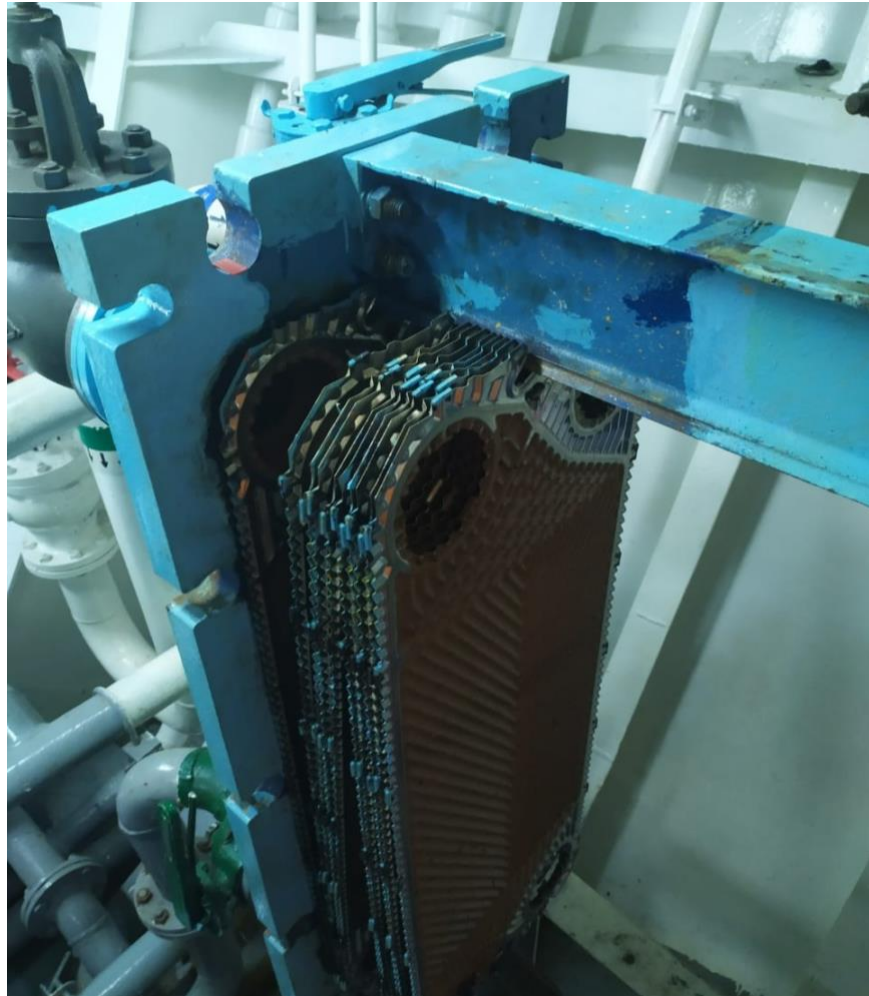
Penyebabnya adalah :

a. *Cooler* air tawar pendingin kotor

Cooler air tawar merupakan suatu pesawat yang berfungsi menurunkan panas tanpa merubah *fase* dari yang didinginkan, misalnya jika yang masuk *fase* air laut maka yang keluar *fase* air laut, yang mana gunanya untuk mendinginkan air tawar yang keluar dari mesin induk 81°C dan masuk mesin induk 70°C . Apabila di dalam *Cooler* terdapat kotoran kerak atau lumpur yang menyumbat di plat, maka akan mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *Cooler* tersebut tetap tinggi. Maka dinamakan proses pendinginan tidak sempurna.



Gambar 3.1 Diagram Cooling Water System



Gambar 3.2 *Plat cooler* tersumbat kotoran

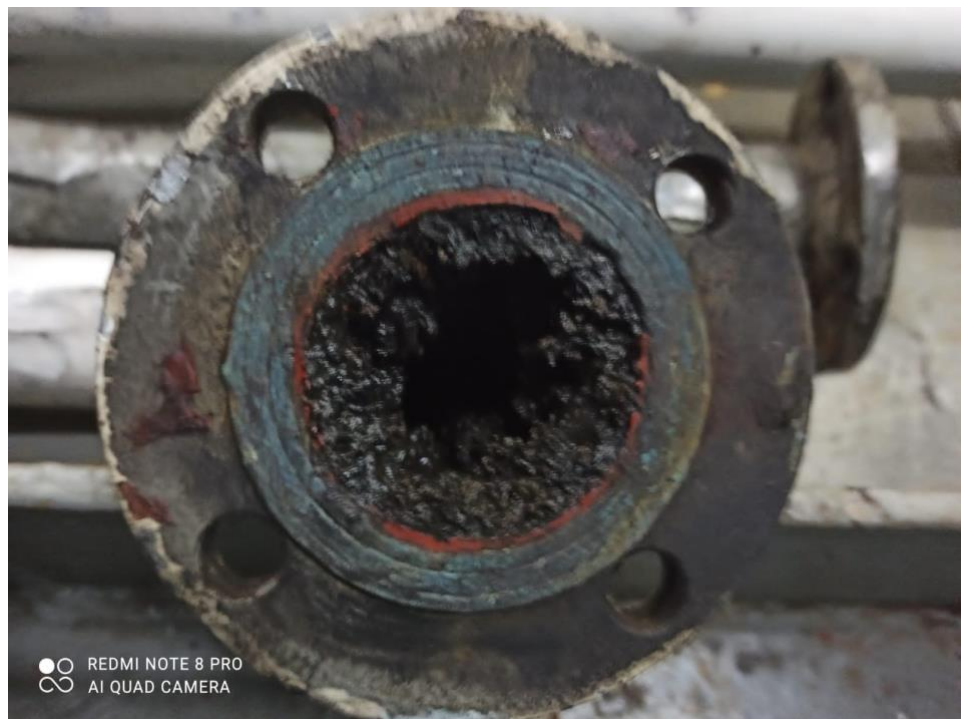
Cooler air tawar merupakan bagian yang penting dalam hal untuk pendinginan air tawar pendingin karena sesuai dengan fungsinya yaitu menurunkan panas. Pendingin dari sistem pendingin mesin induk dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pendinginan yang optimal. Instalasi pipa pendingin dilengkapi dengan jalur *by-pass* yang berfungsi sebagian pengatur pendingin air bila mana terjadi gangguan pada bekerjanya *Cooler* untuk menjaga sistem pendingin mesin induk.

Pada ujung saluran pipa air tawar sebelum masuk *Cooler* dipasang *thermometer* dengan skala derajat celcius dan juga pada bagian keluarnya dipasang juga *thermometer* dengan skala derajat celcius. Maksud dari pemasangan adalah sebagai alat kontrol suhu pada air pendingin. Apabila

kotoran yang ada di dalam *Cooler* tidak dibersihkan akan menyebabkan bocornya pipa dan rubber seal untuk sekat plat tersebut.

b. Lubang pipa air laut sudah banyak tersumbat kerak

Pada pipa-pipa air laut selain memiliki kelemahan-kelemahan oleh karena bawaan material pipa yang cacat produksi faktor lain yang menyebabkan pipa bocor adalah terjadinya proses korosi pada pipa. Untuk memahami lebih jauh tentang jenis-jenis korosi, mekanisme terjadinya proses korosi suatu logam dapat di pelajari di ilmu-ilmu kimia dan metalurgi.



Gambar 3.3 Lubang pipa air laut tersumbat kerak

Pada analisa secara garis besarnya atau umum yang dikenal mengenai korosi yaitu dimana terjadi peristiwa kerusakan atau degradasi material logam akibat bereaksi secara kimia dengan lingkungan. Sesuai pengamatan di lapangan dimana korosi terjadi pada bagian dalam pipa pendingin air laut, maka dari beberapa jenis korosi yang diklasifikasi menurut bentuknya yang perlu dipahami dan yang terjadi di pipa-pipa pendingin air laut antara lain;

- 1) Korosi merata (*uniform corrosion*) yaitu korosi yang terjadi pada suatu permukaan logam yang bersentuhan dengan elektrolit dengan intensitas sama.
- 2) *Erosion corrosion* yaitu korosi yang ditimbulkan gerakan cairan atau paduan antara bahan kimia yang terkandung pada air laut dan gesekan mekanis fluida.
- 3) *Galvanic corrosion* terjadi bila dua logam yang berbeda berada dalam satu larutan elektrolit.
- 4) *Crevice corrosion* adalah korosi yang terjadi pada celah-celah yang sempit.
- 5) *Pitting corrosion* merupakan korosi yang terlokalisir pada suatu atau beberapa titik dan mengakibatkan lubang kecil yang dalam.

Kebocoran akibat *erosion corrosion* sering ditemukan pada pipa-pipa setelah pompa air laut sedangkan kebocoran pada pipa isapan pompa air laut adalah karat bakteri atau karat yang disebabkan adanya bakteri di dalam rongga-rongga pipa. Karat bakteri atau karat akibat mikroorganisme laut yang terdapat pada pipa yaitu keberadaan bakteri tertentu yang hidup dalam kondisi tanpa zat asam akan mengubah garam sulfat menjadi asam yang reaktif dan menyebabkan karat, namun secara umum jika terdapat zat asam maka laju pengkaratan pada besi relatif lambat namun pada kondisi seperti di atas pengkaratan masih terjadi dan dalam kasus sering terjadi pada pipa- pipa air laut khususnya pipa isap pompa. Kejadian sesuai dengan penulis alami yaitu apabila rongga rongga pipa dibersihkan dari karat dan kotoran yang ada di dalam maka timbul bau busuk dari pipa sehingga disimpulkan bahwa karat dan kotoran yang menyatu pada bagian dalam pipa mengandung bakteri yang merusak pipa, sebab setelah pipa bersih maka kondisi pipa semakin menipis dan kadang-kadang kalau membersihkannya dengan benda tajam seperti *wire brush* maka pipa dapat bocor dengan mudah tanpa ada tekanan pada permukaan yang dibersihkan.

2. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Penyebabnya adalah :

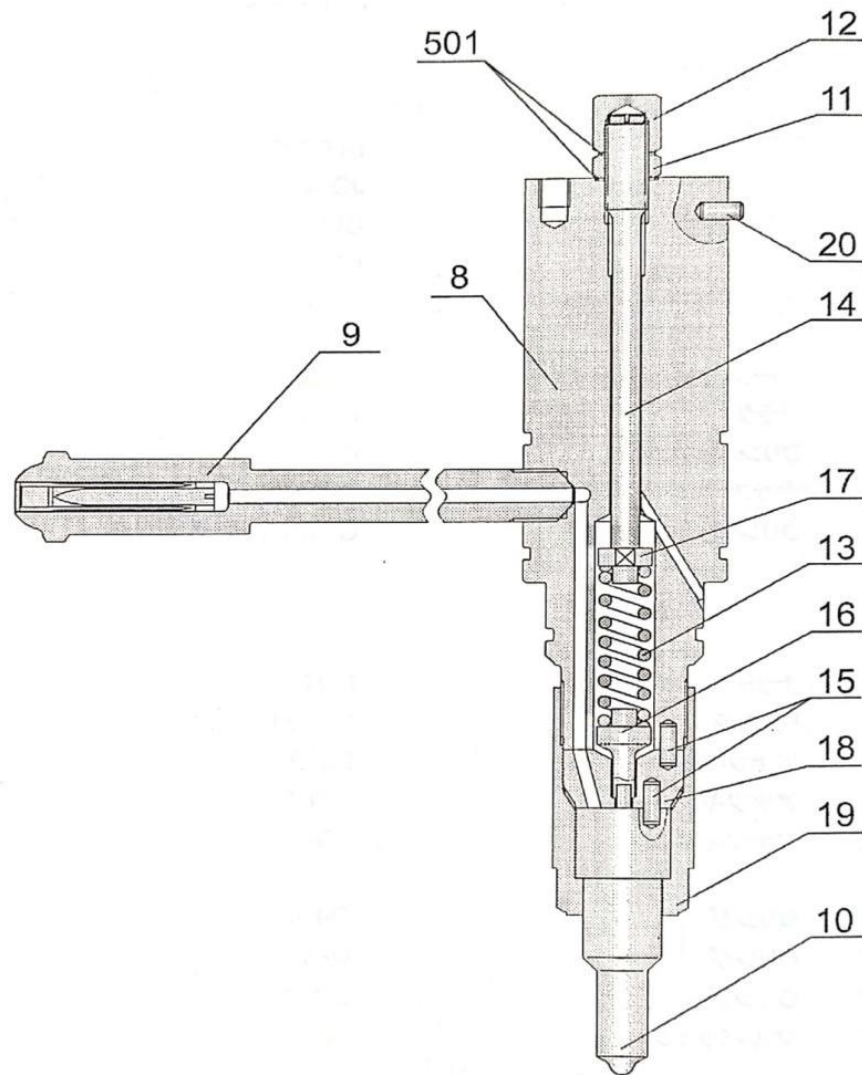
a. Patahnya *spring injector* bahan bakar

Injector adalah suatu alat yang berfungsi sebagai alat penyemprotan bahan bakar, agar bahan bakar dapat terbakar di dalam *cylinder*, melalui proses pembakaran didalam *cylinder* dengan jalan mengabutkan bahan bakar didalam ruang pembakaran, sehingga bahan bakar dapat terbakar dengan melalui suatu proses pembakaran. pada *injector* bahan bakar mesin induk yang masuk dengan temperatur $\pm 125^{\circ}\text{C}$ (bahan bakar jenis HFO Cst 380). Jika pada saat kapal sedang berlayar maka akan terjadi proses pembakaran didalam *cylinder* secara terus menerus dan bergantian karena seringnya bekerja secara terus menerus akan mengakibatkan terjadinya gesekan pada bagian *injector* tersebut. Hal tersebut akan mengakibatkan timbul suatu kerusakan atau keausan pada alat tersebut sehingga mengakibatkan pengabutan tidak sempurna dan membuat temperatur gas buang diluar tingkat normal dan mempengaruhi *injector* tersebut.



Gambar 3.4 *Spring Injector* Patah

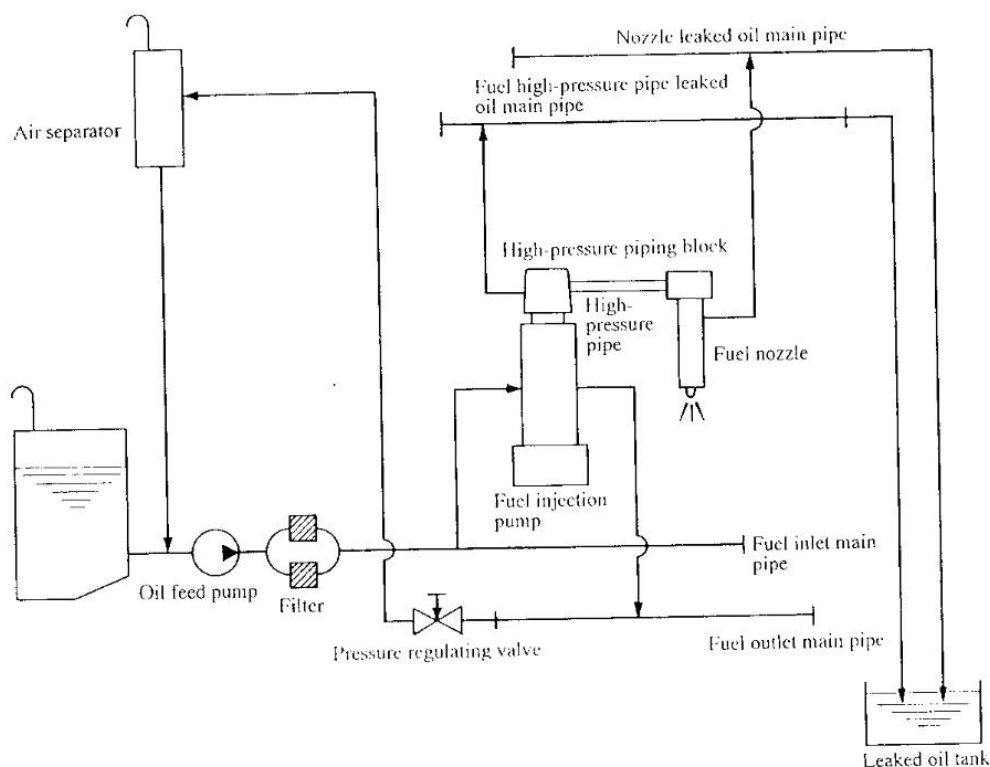
Kerusakan pada *spring injector* menyebabkan penyemprotan bahan bakar tidak maksimal, sehingga pembakaran di dalam silinder tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna akan mengakibatkan performa mesin induk menurun. Oleh karenanya, *spring injector* yang rusak harus diganti.



Gambar 3.5 *Injector (Assy. Nozzle Holder)*

Keterangan Gambar 3.5

番号 Number	パーツコード Parts Code	部品名称	Name of Parts	数量 Quantity
901	06497-006	ノズルホルダASSY	ASSY. NOZZLE HOLDER	1
8	06497-008	タイ	BODY	1
9	06497-009	インレットコネクタ	INLET CONNECTOR	1
10	06497-010	FOノズル	F.O. NOZZLE	1
11	00007-015	ナット	NUT	1
12	00007-018	キャップナット	CAP NUT	1
13	00314-012	ノズルスプリング	NOZZLE SPRING	1
14	E266283090	チョウセイネジ	ADJUSTING SCREW	1
15	E326203050	ピン	PIN	4
16	E326253030	プッシュロッド	PUSH ROD	1
17	E326253050	スプリングシート	SPRING SEAT	1
18	E326253100	スペーサ	DISTANCE PIECES	1
19	E326273190	リテイニングナット	RETAINING NUT	1
20	E406202050	スプリングピン	SPRING PIN	1
501	Z567001402CC	ガスケット	GASKET	2



Gambar 3.6 Diagram *Fuel Oil System*

b. Rusaknya *nozzle injector*

Proses pengabutan bahan bakar oleh *injector* ialah disebabkan pergesekkan permukaan dari bagian jarum, yang kerucut yang duduk pada *nozzle* denganyang duduk pada *nozzle body* sudah tidak halus benar begitu juga jarum (*needle*) batangnya aus, akan terlihat bila diteliti dengan seksama bidang cincin tersebut akan tampak goresan-goresan seperti garis-garis halus sehingga permukaan tersebut tidak seratus persen rata, tentunya proses pengabutan bahan bakar menjadi tidak sempurna sehingga bahan bakar yang telah disemprotkan masih mengandung kotoran / partikel-partikel.



Gambar 3.7 *Nozzle Injector* Rusak

Untuk mengatasinya *nozzle* harus dirawat antara lain : *Needle valve* tersebut harus *dilapping* (diskir) terhadap *seat*, *nozzle* yang sudah terpakai biasanya dibawa ke salah satu *work shop* didarat yang mempunyai refutasi, akan tetapi hasilnya belum dapat dijamin 100 % baik, karena *nozzle* tersebut sudah tidak standar lagi.

Saat *nozzle* bergerak terangkat karena tekanan bahan bakar dari pompa injeksi, maka bahan bakar mengalir dengan cepat keluar melalui lubang *injector*. Pada saat tekanan bahan bakar turun, *nozzle* menutup lubang *injector* dengan cepat akibat peregangan pegas. Pada situasi *nozzle*

bergerak dengan dudukannya dan terjadi berulang kali. Jika jam kerja dari *injector* sudah mencapai 1200 jam kerja, maka sebaiknya *nozzle* diperiksa satu persatu kemudian diadakan perawatan dengan melakukan pembersihan dari karbon-karbon yang menempel akibat dari kotoran-kotoran pada bahan bakar yang mengalir melalui lubang *injector* tersebut.

Setelah dilakukan pembersihan dari karbon-karbon dan kotoran lainnya, kemudian dilakukan pengetesan pada *injector* dengan menggunakan *injector test pump* untuk mengetahui apakah *injector* tersebut kondisinya sudah normal atau belum. Apabila tekanan dan pengabutan masih dalam keadaan baik, maka *injector* dapat digunakan lagi dan bila sudah tidak dapat direkondisi maka segera dilakukan penggantian dengan yang baru.

Karena kualitas bahan bakar yang tidak bagus atau bahan bakar kotor bisa menyebabkan rusaknya lubang pada *nozzle*, jika lubang menjadi besar maka daya semprot bahan bakar sudah tidak normal lagi atau tidak bisa mengabut, tapi bila lubang *nozzle* ada yang buntu maka bahan bakar yang disemprotkan berkurang karena bahan bakar yang disemprotkan tertahan lubang yang buntu.

C. PEMECAHAN MASALAH

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

Kotornya *cooler* air tawar dapat mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *cooler* tersebut tetap tinggi. Maka pemecahan masalah yang harus dilakukan adalah :

1) Membersihkan *cooler* air tawar pendingin

Untuk mengatasi *Cooler* air tawar yang kotor, maka perlu dilakukan pembersihan saringan di *Sea Chest* dan *cooler* tersebut setiap satu bulan serta pembersihan *Cooler* dilakukan perawatan setiap 3 bulan, disesuaikan dengan kondisi kinerja *Cooler* tersebut. Untuk pengecekan dan pembersihan secara keseluruhan maka setiap 2

tahun kapal MV. STAR TYCHE dilakukan saat kapal *docking*, dengan prosedur pertama membuat *repair list docking*, untuk pipa dan katup instalasi air laut masuk *Cooler* air tawar. *Cooler* air tawar pendingin harus diminta *pressure test* untuk mengetahui kekuatan pipa-pipa dan kebocoran dalam tekanan kerja 7 kg/cm² selama 24 jam tidak ada kebocoran pada paking dan sambungan pipa-pipa pendinginnya.

Air laut yang keluar dari *Cooler* air tawar pendingin suhunya berkisar antara 40°C - 45°C agar suhu yang dikehendaki tercapai maka *Cooler* air tawar pendingin harus dirawat dengan rutin supaya bersih dan tekanan serta jumlah air yang dibutuhkan selalu mencukupi. Apabila didalam sekat plat yang terkandung di dalam *Cooler* air tawar pendingin terdapat kotoran seperti lumpur akan mengakibatkan penyerapan panas pada air tawar berkurang sehingga suhu air tawar yang keluar dari *Cooler* masih tinggi. Dengan demikian perlu perawatan supaya air tawar yang keluar tetap dibatas normal dengan melakukan perawatan yang teratur pada *Cooler* dengan membersihkan sekat plat di bagian dalamnya dengan menggunakan sikat plastik, yang mana mata sikat terbuat dari bahan plastic yang tidak terlalu lentur.

Untuk membersihkan cooler adalah di buka semua *nut* pengikat plat tersebut, selanjutnya semua sisi plat tersebut di sikat kemudian disemprot dengan air tawar supaya kotoran dan endapan-endapan terlepas dari plat dan sisa gesekan-gesekan halus dari sikat plastic akan terlepas hingga bersih. Kemudian yang perlu diperhatikan lagi adalah *packing* karet di semua sisi plat *Cooler* tersebut harus dalam keadaan baik. Setelah semua siap dan bersih, kemudian plat disusun dan *nut* dipasang kembali.

Pemeriksaan juga harus dilakukan pada *zinc anode* yang berfungsi sebagai pelindung permukaan logam pada bagian dalam *strainer Cooler*. Pemeriksaan perlu dilakuklan karena *zinc anode* bisa rapuh kondisinya karena reaksi kimia air taut yang salinitasnya tinggi. Apabila diketahui kondisi dari *zinc anode* sudah rapuh akibat reaksi

kimia tersebut, maka perlu dilakukan penggantian dengan yang baru. Pergantian *zinc anode* dianjurkan apabila kondisinya sudah sekitar 75% rapuh agar dalam proses penggantinya lebih mudah pada saat akan dilepaskan.

Cara perawatan dan pembersihan *Cooler (type honeycomb cooling pad)* adalah:

- a) Melakukan pengukuran dahulu jarak antara penutup plat masing-masing dari yang terluar, ambil di enam titik saling berlawanan, kemudian buka bautnya.
- b) Bersihkan semua permukaan plat menggunakan sikat plastik.
- c) Semprot dengan air tawar semua platnya sehingga lumpur dan kotorannya jatuh.
- d) Ganti anti karat (*zinc anode*) yang sudah habis pada *strainer*.
- e) Tutup (*cover strainer*) harus dicat anti karat.
- f) Periksa *rubber seal* di sisi terluar plat.
- g) Pasang kembali semua plat, sesuai dengan ukuran yang telah di catat sebelumnya.

Setelah semuanya terpasang harus dicek ada kebocoran apa tidak dan harus didrain angin yang berada disistem sehingga *Cooler* air tawar pendingin siap dioperasikan.

2) Melakukan Perawatan Dan Penggantian Pipa Air Laut

Pipa-pipa air laut yang sudah banyak tersumbat kerak harus diganti dengan pipa yang baru, sehingga sirkulasi air laut ke dalam pompa lancar. Apabila terdapat pipa air laut yang bocor maka dapat dilakukan perbaikan pada pipa-pipa tersebut dengan cara dilakukan pengecekan, dilihat dari sisi yang bocor, apabila pipa yang bocor masih dalam batas aman dan kapal dalam keadaan operasi, maka hanya dilakukan pembalutan (*Bleeding*) pada pipa yang bocor sampai dengan kapal tiba di pelabuhan untuk melakukan pengelasan atau penggantian pada pipa air laut yang bocor.

Seperti diketahui bahwa pipa air laut bocor dapat diakibatkan oleh korosi. Untuk mengurangi laju korosi pada pipa-pipa pendingin air laut adalah dengan menggunakan metode-metode pengendalian korosi antara lain

a) Perlindungan mekanis

Perlindungan mekanis atau pengendalian korosi dengan lapisan penghalang dengan di cat menggunakan cat *anti fouling* (*anti foulant paint*) pada pipa yang baru diganti, untuk mencegah agar permukaan logam tidak bersentuhan dengan udara dan air laut sehingga reaksi kimia reduksi untuk terjadinya pembentukan korosi dapat dihindari.

b) Menggunakan *sacrificial zink anode* yang ada sertifikatnya

Telah disebutkan juga sebelumnya fungsi penggunaan *zinkanode*. Penggunaan logam aluminium yang lebih aktif akan bertindak sebagai *anode* yang teroksidasi dan besi pipa akan menjadi katode (*cathode*) dimana reduksi oksigen berlangsung, bahan sengaja dikorbankan (habis termakan korosi) untuk melindungi besi pipa yang dilalui air laut yang korosif.

Selain kedua metode tersebut masih banyak metode-metode lain seperti penggunaan *chemical anti foulant* yang dibuat oleh ahli kimia dan metalurgi tentang perlindungan terhadap bahan logam. Salah satunya telah disebutkan juga bahwa *Marine Growth Prevention System* (MGPS) juga dapat mengurangi laju korosi pada pipa-pipa air laut.

b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara :

1) Melakukan penggantian *spring injector* yang patah

Suhu gas buang yang melampaui batas normal dapat disebabkan karena *spring injector* yang rusak, oleh karenanya perlu dilakukan penggantian *spring injector*. Adapun dalam penggantian *spring*

injector harus menggunakan *genuine part* agar dapat berfungsi dengan sebagaimana mestinya dan jam kerja sesuai standar *maker*.

Untuk mengetahui kerusakan pada *injector*, Masinis harus memahami proses kerjanya, sebagai berikut :

a) Sebelum Penginjeksian

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

b) Penginjeksian Bahan Bakar

Bila tekanan pada *oil pool* naik, akan menekan permukaan *nozzle needle*. Bila tekanan melebihi tegangan pegas, maka *nozzle needle* terdorong keatas dan menyebabkan *nozzle* menyemburkan bahan bakar.

c) Akhir Penginjeksian

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

Mengingat fungsi *injector* yang sangat penting untuk kelancaran proses pembakaran di dalam silinder mesin induk maka harus dilakukan perawatan. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan terkait dengan *injector* :

- (1) Dilakukan perawatan secara rutin sesuai jam kerjanya pengabut.
- (2) Dibersihkan dengan *chemical carbon remover* dan ditest tekananya
- (3) Bila tekanan tidak dapat tercapai sesuai buku petunjuk perlu dilakukan *overhaul* / dibongkar dilakukan *lapping*

compound grinding nozzle sesuai prosedur.

- (4) Bila hal tersebut tidak berhasil maka perlu diganti beberapa bagian komponennya, antara lain *rubber o'ring*, *thrust foot*, *spindle valve*, *thrust spindle*, *spring*, *nozzle tip*.

2) Mengganti *nozzle injector* dengan yang baru

Pada saat teradinya 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 kedudukan pegas dan *nozzle*. Dengan terkikisnya permukaan ujung jarum *nozzle* atau lubang penyemprotan sebagai akibat dari tekanan yang tinggi tersebut menyebabkan ujung jarum *nozzle* atau lubang penyemprotannya tidak sempurna lagi bentuknya. Dengan ujung *nozzle* dan lubang penyemprotan yang sudah tidak sempurna lagi bentuknya, akan membuat bahan bakar menetes dan tidak terbakar dengan sempurna. Oleh karenanya *nozzle* yang sudah terkikis tersebut perlu direkondisi. Sedangkan apabila *nozzle* sudah tidak bisa direkondisi dengan menggunakan pasta, maka satu-satunya cara adalah dengan mengganti *nozzle* dengan yang baru.

Proses penggantian *nozzle* baru, sebelum dipasang kedalam *injector* harus dioles dahulu dengan pasta agar kedudukan *nozzle* tepat pada tempatnya. Kemudian dilakukan pengetesan dengan menggunakan alat *test pump injector* yang disebut *injection calibration process* agar mendapatkan pengabutan yang sempurna sesuai dengan *Instruction Manual Book* untuk mendapat standarisasi yang diinginkan.

Alat pengabutan bahan bakar memakai suatu *nozzle assembly* sesuai dengan yang standar, maka akan memperoleh hasil pengabutan bahan bakar yang sempurna. Untuk mengatasinya, *nozzle* harus dirawat antara lain : *Needle valve* tersebut harus *dilapping* (diskir) terhadap *seat*, *nozzle* yang sudah terpakai biasanya dibawa ke salah

satu *work shop* di darat yang mempunyai reputasi, akan tetapi hasilnya belum dapat dijamin 100% baik, karena *nozzle* tersebut sudah tidak standar lagi.

Apabila *nozzle assembly* yang benar-benar asli dan bukan hasil rekondisi dapat bertahan dalam pemakaian jam kerjanya, hasilnya pun dalam pengabutan bahan bakar benar-benar kabut tentunya. Hal sangat menguntungkan dalam pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*. Apabila *nozzle assembly* hasil dari rekondisi hasil pengabutan bahan bakar tidak dapat bertahan lama dalam jam kerjanya tentunya. Sangat tidak menguntungkan untuk hasil pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*, bila dibiarkan maka dalam waktu yang sangat singkat *nozzle assembly* akan mengalami berbagai masalah, antara lain *needle valve* dan *seatnya* akan tidak berfungsi dengan baik, sehingga bahan bakar akan merebus atau bocor menjadi tetesan bahan bakar melalui lubang-lubang pengabutan tersebut tentunya tidak boleh terjadi akan mengakibatkan menjadi karbon.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

1) Membersihkan *cooler* air tawar pendingin

Keuntungannya :

- a) Penyerapan panas pada *fresh water cooler* lebih maksimal
- b) Suhu air tawar pendingin normal
- c) Pendinginan mesin induk

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu dan ketelitian dalam perlaksanaannya

2) Melakukan perawatan dan penggantian pipa air laut

Keuntungannya :

- a) Sirkulasi air tawar pendingin lancar

b) *Fresh water cooler* bekerja maksimal

Kerugiannya :

a) Membutuhkan waktu dalam pelaksanaannya

b) Membutuhkan biaya untuk penggantian pipa baru

b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

1) Mengganti *spring injector* yang patah

Keuntungannya :

a) Pengabut bahan bakar dapat berfungsi dengan baik sehingga pembakaran di dalam silinder sempurna

b) Suhu gas buang mesin induk normal

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu dan biaya untuk mengganti *spring injector* yang baru

2) Mengganti *nozzle injector* dengan yang baru

Keuntungannya :

a) Tekanan pengabut bahan bakar normal

b) Pengabutan bahan bakar lebih sempurna

Kerugiannya :

Membutuhkan biaya untuk suku cadang baru

3. Pemecahan Masalah yang Dipilih

a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah sistem pendingin mesin induk terlalu tinggi (*overheat*) yaitu :

Membersihkan *cooler* air tawar pendingin

b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah suhu gas buang yang melampaui batas yaitu dengan cara :

Mengganti *spring injector* yang patah

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dalam upaya mempertahankan kinerja mesin induk mengalami berbagai kendala. Sesuai uraian dan penjelasan pada bab sebelumnya mengenai kurang optimalnya kinerja mesin induk yang mana penyebabnya sebagai berikut :

1. *Tidak normalnya suhu* pada *FW cooler* mesin induk disebabkan :
 - a. *Fresh water cooler* kotor sehingga mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *Fresh water cooler* tersebut tetap tinggi.
 - b. Pipa pendingin air laut sudah banyak tersumbat kerak sehingga mengakibatkan sirkulasi air laut tidak lancar.
2. Suhu gas buang melebihi di atas normal disebabkan :
 - a. Patahnya *spring injector* bahan bakar sehingga mengakibatkan Penyemprotan bahan bakar tidak maksimal sehingga pembakaran di dalam silinder tidak sempurna.
 - b. Rusaknya *nozzle injector* sehingga mengakibatkan bakar yang keluar melalui lubang-lubang *nozzle* tersebut dan tekanan langsung jatuh ke angka 0 (nol).

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan di atas, maka penulis memberikan pemecahan masalah atau solusi, sebagai berikut :

1. Tidak normalnya suhu pada *FW cooler* mesin induk
 - a. Untuk mengatasi *FW cooling temperature* mesin induk terlalu tinggi (*overheat*) akibat *Fresh water cooler* kotor untuk menjaga kualitas air tawar pendingin sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *Fresh water cooler* normal maka dilakukan penjadwalan pembesihan cooler air tawar pendingin secara berkala.
 - b. Untuk mengatasi *FW cooling temperature* mesin induk terlalu tinggi (*overheat*) akibat pipa pendingin air laut sudah banyak tersumbat kerak maka sebaiknya dilakukan penjadwalan pembersihan strainer dan filter air laut lebih rutin sehingga sirkulasi air laut lancar dan penggantian zinc anoda.
2. Suhu gas buang melebihi di atas normal
 - a. Untuk mengatasi suhu gas buang melampaui batas normal akibat patahnya *spring injector* bahan bakar maka dilakukan penggantian *spring injector* dengan yang baru dan mereset atau setting tekanan awal sehingga penyemprotan bahan bakar yang tidak maksimal menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna di dalam silinder ruang bakar.
 - b. Untuk mengatasi suhu gas buang melampaui batas normal yang mengakibatkan rusaknya *nozzle injector* sebaiknya memilih bahan bakar yang lebih bagus sehingga tidak ada rembesan bahan bakar dan tekanan pengabutan bahan bakar oleh *injector* menjadi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Danuasmoro, Gunawan, (2003), Manajemen Perawatan, Jakarta, Yayasan Bina Citra Samudera.
- Jusak, Johan Handoyo (2015) Sistim Perawatan Permesinan Kapal, Ahli Teknik Tingkat III, Ed.3, Jakarta ; EGC
- Jusak, Johan Handoyo (2014) Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, Jakarta ; EGC
- Jusak, Johan Handoyo (2015), Manajemen Perawatan Dan Perbaikan Kapal, Jakarta, Deepublish.
- Lindley R.Higgs and Keith Mobley (2002) *Maintenance engineering handbook, sixth edition*, McGraw-hill
- M.S Sehwarat dan J.S Narang, (2001), Production Manajemen, Jakarta, Erlangga
- P.Van maanen (2001) Motor diesel kapal, Nautech.
- Rozaimi Yatim, 2003, Internasional Safety Management Code (ISM-CODE) Jakarta
- Sukoco, Mpd, Zainal Arifin.M.T (2003) Teknologi Motor Diesel, Bandung Alfabeta.

DAFTAR ISTILAH

<i>ABK</i>	: Anak Buah Kapal adalah semua personil yang bekerja di atas kapal selain Nahkoda.
<i>Bearing</i>	: Bantalan yang berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya di dalam kesing dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas.
<i>Blower</i>	: Bagian dari komponen <i>turbocharger</i> yang bersebelahan atau dipasang satu as dengan turbin, dan berfungsi menghasilkan udara bilas yang ditekan ke dalam silinder mesin.
<i>Cylinder</i>	: Bagian silindris dari mesin sebagai tempat bergerakinya torak, dan merupakan tempat berlangsungnya pembakaran.
<i>Exhaust Manifold</i>	: Saluran pipa gas buang tiap-tiap silinder dan diproses untuk menghasilkan udara bilas melalui <i>turbocharger</i>
<i>Exhaust Valve</i>	: Katup untuk mengeluarkan gas yang telah terbakar didalam silinder ke pipa cabang buang (<i>exhaust manifold</i>).
<i>Fuel Injection Valve</i>	: Katup tekanan tinggi yang digunakan untuk menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran mesin induk.
<i>Ignition Delay</i>	: Keterlambatan pembakaran didalam ruang pembakaran mesin.
<i>Nozzle</i>	: Bagian dari injektor/katup semprot untuk menempatkan lubang yang dilalui bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder.
<i>Needle Valve</i>	: Sebuah batang baja bulat dengan pucuk konis/tirus yang penempatannya menghadap lubang keluar dan mencegah bahan bakar agar tidak masuk ke ruang silinder kecuali kalau terangkat oleh nok atau tekanan minyak.
<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>Overhaul</i>	: Pembongkaran atau perbaikan mesin secara keseluruhan
<i>PMS</i>	: Singkatan dari <i>Planned Maintenance System</i> yaitu sistim perawatan terencana, yang merupakan standarisasi perusahaan atupun pembuat mesin.
<i>Poros</i>	: Pada umumnya poros turbin sekarang terdiri dari silinder panjang yang solid. Sepanjang poros dibuat alur-alur melingkar yang biasa disebut akar (<i>root</i>) untuk tempat dudukan, sudu-sudu gerak (<i>moving blade</i>).
<i>Rotor</i>	: Bagian yang berputar terdiri dari ppros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor. Jumlah baris sudu-sudu gerak pada rotor sama dengan jumlah baris sudu diam pada casing. Pasangan antara sudu diam dan sudu gerak disebut tingkat (<i>Stage</i>).
<i>Spindle</i>	: Tuas pada katup gas buang
<i>Spring/ Pegas</i>	: Gulungan kawat baja bulat yang apabila ditekan memberikan gaya yang dapat digunakan untuk melakukan suatu kerja.
<i>Turbine</i>	: Merupakan mesin turbo yang berfungsi mengubah energi potensial fluida (energi kinetik) menjadi energi mekanik untuk menghasilkan kerja berupa putaran poros engkol.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

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

1. Perawatan (*Maintenance*)

a. Defenisi Perawatan

Menurut Lindley R.Higgs and Keith Mobley (2002) dalam *Maintenance engineering handbook, sixth edition*, Perawatan adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan keadaan awalnya. *Maintenance* atau Perawatan juga dilakukan untuk menjaga agar peralatan tetap berada dalam kondisi yang dapat diterima oleh penggunaannya.

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

Dari beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa kegiatan Perawatan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan agar dapat melakukan kegiatan operasional dengan efektif dan efisien sesuai dengan yang diharapkan.

Menurut Goenawan Danoeasmoro (2013:5) dalam buku Manajemen Perawatan menjelaskan bahwa perawatan adalah faktor paling penting dalam mempertahankan keandalan suatu peralatan. Semua tahu bahwa perawatan memerlukan biaya yang besar sehingga seringkali pekerjaan perawatan ditunda-tunda agar dapat menghemat biaya. Namun jika dituruti, akan segera disadari bahwa sebenarnya penundaan akan mengakibatkan kerusakan dan justru membutuhkan biaya perbaikan yang lebih besar dari biaya perawatan yang seharusnya dikeluarkan.

Dengan perawatan pencegahan kita mencoba untuk mencegah terjadinya kerusakan atau bertambahnya kerusakan, atau untuk menemukan kerusakannya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode tertentu untuk menelusuri perkembangan yang terjadi. Perencanaan dan persiapan perbaikan merupakan kaitan bersama. Telah dibuktikan melalui diskusi dan tukar-menukar pengalaman, para peserta dapat menyetujui hal-hal yang praktis dan langkah-langkah organisasi yang akan dijalankan oleh masing-masing pihak harus siap.

Dengan menjalankan perawatan kita dapat mencari jalan bagaimana mengontrol atau memperlambat tingkat kemerosotan dan kita ingin melakukan untuk beberapa alasan, ada 5 (lima) pertimbangan :

- 1) Pemilik kapal berkewajiban atas keselamatan dan kelayakan kapal.
- 2) Pengusaha berkepentingan untuk menjaga dan mempertahankan nilai modal dengan cara memperpanjang umur ekonomis serta meningkatkan nilai jual sebagai kapal bekas.
- 3) Mempertahankan kinerja kapal sebagai sarana angkutan dengan cara meningkatkan kemampuan dan efisiensi.
- 4) Memperhatikan efisiensi berkaitan dengan biaya-biaya operasi kapal yang harus diperhitungkan.
- 5) Pengaruh lingkungan di kapal terhadap awak kapal dan kinerjanya

b. Jenis-jenis Perawatan

Menurut Goenawan Danoeasmoro (2013:5) dalam buku Manajemen Perawatan bahwa dalam menentukan kebijaksanaan perawatan, umumnya terdapat 2 (dua) jenis Perawatan yaitu sebagai berikut :

1) Perawatan terencana (*planned maintenance*)

Kegiatan Perawatan terencana bertujuan untuk mengurangi kemungkinan cepat rusak supaya kondisi mesin selalu siap pakai. Ada dua cara perawatan terencana, pertama melakukan *patrol/regular planned maintenance inspection* yaitu kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan dengan cara memeriksa setiap bagian mesin secara teliti dan berurutan sesuai dengan *schedule*. Kedua *Major overhaul* yaitu kegiatan *maintenance* yang dilaksanakan dengan mengadakan pembongkaran menyeluruh dan penelitian terhadap mesin, serta melakukan penggantian suku cadang yang sesuai dengan spesifikasinya.

Beberapa keuntungan-keuntungan perawatan berencana yang dilaksanakan dengan benar dan baik, antara lain :

- a) Memperpanjang waktu kerja (*life time*) unit pesawat atau mesin dan mempertahankan nilai penyusutan pada kapal.
- b) Kondisi material pada pesawat atau mesin dapat di pantau setiap saat oleh setiap pengawas atau personil di darat, hanya dengan melihat pelaporan administrasi perawatan.
- c) Dengan tersedianya suku cadang yang cukup, maka pada saat ada perawatan dan perbaikan tidak kehilangan waktu operasi (*down time*).
- d) Operasi kapal lancar dengan memberikan rasa aman dan tenang pikiran kepada semua personil kapal dan manajemen darat bahwa semua permesinan bekerja secara optimal, normal dan terkontrol dengan benar.
- e) Walaupun biaya perawatan sangat besar, namun semuanya itu dapat diperhitungkan (*accountable*) sesuai dengan anggaran

biaya perawatan dan diperkirakan paling sedikit ada penghematan biaya sebesar 20%.

Untuk memudahkan pelaksanaan perawatan, maka kegiatan perawatan yang dilakukan sebaiknya berdasarkan :

- (1) Sistem perintah kerja atau *work order system* merupakan kegiatan Perawatan yang dilaksanakan berdasarkan pesanan dari kepala kerja pada bagian mesin. *Work order* atau perintah kerja memuat tentang :
 - (a) Apa yang harus dikerjakan.
 - (b) Siapa yang mengerjakan dan bertanggung jawab.
 - (c) Alat-alat yang dibutuhkan serta macamnya.
 - (d) Suku cadang yang dibutuhkan.
 - (e) Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan Perawatan tersebut dan kapan waktu penyelesaiannya.
- (2) *Checklist system* merupakan daftar atau *schedule* yang telah dibuat untuk melakukan kegiatan perawatan dengan cara pemeriksaan terhadap setiap mesin secara berkala.
- (3) Rencana kerja bulanan (*monthly maintenance*) atau 3 bulanan (*quarterly maintenance*), yaitu kegiatan maintenance yang dilaksanakan berdasarkan pengalaman atau berdasarkan catatan sejarah mesin, misalnya kapan suatu mesin harus dirawat atau diperbaiki.

2) Perawatan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Perawatan tak terencana adalah perawatan darurat yang didefinisikan sebagai Perawatan yang perlu segera dilaksanakan untuk mencegah akibat yang lebih serius. Misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. Pada umumnya system Perawatan merupakan metode tak terencana, dimana peralatan yang digunakan, dibiarkan atau tanpa

disengaja rusak hingga akhirnya peralatan tersebut akan digunakan kembali, maka diperlukan perbaikan atau perawatan.

Aktivitas Perawatan tak terencana adalah mudah untuk dipahami semua orang. Perawatan tak terencana mengijinkan peralatan-peralatan untuk beroperasi hingga rusak total. Kegiatan tak terencana tidak bisa ditentukan atau direncanakan sebelumnya, maka aktivitas ini juga dikenal dengan sebutan *Unscheduled Maintenance*. Ciri-ciri jenis perawatan ini adalah alat-alat mesin dioperasikan sampai rusak dan ketika rusak barulah tenaga kerja dikerahkan untuk memperbaiki dengan cara “penggantian”.

Kelemahan dari sistem perawatan tak terencana adalah :

- a) Karena tidak bisa diketahui kapan akan terjadi kerusakan, maka jika waktu terjadi kerusakan adalah pada saat kapal beroperasi, maka akan mengakibatkan tidak tercapainya target waktu pengiriman barang.
- b) Jika suku cadang untuk perbaikan ternyata sukar untuk terpenuhi berarti dibutuhkan waktu tambahan untuk membeli atau memperoleh dengan cara lain suku cadang tersebut.
- c) Karena perbaikan seperti sifatnya mendadak, maka ABK mesin bekerja di bawah tekanan, maka akan berakibat :
 - (1) Rendahnya efisiensi dan efektivitas pekerja.
 - (2) Tidak optimalnya mutu hasil pekerjaan perbaikan atau Perawatan.
 - (3) Biaya relative lebih besar.

Dalam prakteknya perawatan tidak dapat menekan biaya, bahkan sering terjadi pembengkakan anggaran biaya perbaikan (*total maintenance cost*). Menurut Jusak Johan Handoyo, (2015:53) dalam buku Sistem Perawatan Permesinan Kapal, bahwa strategi perawatan dalam teorinya tidak disarankan, namun dalam kenyataannya sering terjadi di kapal, karena berbagai alasan antara lain :

- a) Kronologi perawatan tidak dicatat secara sistematis, sehingga tidak terdapat kesinambungan dalam kegiatan perawatan selanjutnya.
- b) Tidak mengacu standar perawatan dan perbaikan kapal (PMS) sesuai dengan *Manual Instruction Book*.
- c) Tidak ada kepedulian atau kepekaan para pengawas terhadap ketidak teraturan pelaksanaan pekerjaan perawatan.
- d) Tidak adanya bukti-bukti terjadi kerusakan-kerusakan, kekurangan sebelumnya, kapal menganggur (*delay/down time*) dan kerugian-kerugian lainnya.
- e) Tidak tersedianya suku cadang yang cukup untuk setiap pesawat atau mesin, sehingga menghambat waktu operasi kapal pada saat menunggu pengadaan suku cadang tersebut.
- f) Banyak data-data yang dilaporkan dari kapal ke darat (kantor), namun sedikit saja yang diproses untuk manfaat perawatan dan perbaikan kapal.
- g) Nahkoda dan Anak Buah Kapal (ABK) yang tidak berkualitas dan tidak profesional di bidangnya.

c. Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukannya perawatan terencana (*Planned Maintenance System*) adalah:

- 1) Untuk memungkinkan kapal dapat beroperasi secara reguler dan meningkatkan keselamatan, baik awak kapal maupun peralatan.
- 2) Untuk membantu perwira kapal menyusun rencana dan mengatur dengan lebih baik, sehingga meningkatkan kinerja kapal dan mencapai maksud dan tujuan yang sudah ditetapkan oleh para manajer di kantor pusat.
- 3) Untuk memperhatikan pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan pembiayaan mahal berkaitan dengan waktu dan material, sehingga

mereka yang terlibat benar-benar meneliti dan dapat meningkatkan metode untuk mengurangi biaya.

- 4) Agar dapat melaksanakan pekerjaan secara sistematis tanpa mengabaikan hal-hal terkait dan melakukan pekerjaannya dengan cara paling ekonomis.
- 5) Untuk memberikan kesinambungan perawatan sehingga perwira yang baru naik dapat mengetahui apa yang telah di kerjakan dan apa lagi yang harus di kerjakan.
- 6) Sebagai bahan informasi yang akan diperlukan bagi pelatihan dan agar seseorang dapat melaksanakan tugas secara bertanggung jawab.
- 7) Untuk menghasilkan fleksibilitas sehingga dapat di pakai oleh kapal yang berbeda walaupun dengan organisasi dan pengawakan yang juga berbeda.
- 8) Memberikan umpan balik informasi yang dapat di percaya ke kantor pusat untuk meningkatkan dukungan pelayanan, desain kapal, dan lain-lain.

2. Mesin Induk

Mesin Induk (*Main Propulsion Engine*) yaitu suatu instalasi mesin yang terdiri dari berbagai unit/sistem pendukung dan berfungsi untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal, sehingga kapal dapat berjalan maju atau mundur. Di kapal tempat penulis bekerja menggunakan motor diesel sebagai mesin penggerak utama kapal.

Mesin diesel adalah pesawat pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), karena di dalam mendapatkan energi potensial (berupa panas) untuk kerja mekaniknya diperoleh dari pembakaran bahan bakar yang dilaksanakan didalam pesawat itu sendiri, yaitu didalam silindernya. Sebagai mesin induk, mesin diesel lebih menonjol dibandingkan jenis mesin induk kapal lainnya, terutama konsumsi bahan bakar lebih hemat dan lebih mudah dalam mengoperasikannya.

Menurut Jusak johan Handoyo, (2015:34), dalam buku Mesin diesel penggerak utama kapal, menyatakan bahwa mesin diesel adalah satu pesawat yang mengubah energy potensial panas langsung menjadi energy mekanik, atau juga disebut *Combustion Engine System*. Pembakaran (*Combustion Engine*) dibagi dua yaitu:

- a. Mesin pembakaran dalam (*internal combustion*) adalah pesawat tenaga, yang pembakarannya dilaksanakan di dalam pesawat itu sendiri. Contoh : mesin diesel, mesin bensin, turbin gas, ketel uap dan lain lainnya.
- b. Mesin pembakar luar (*external combustion*) adalah pesawat tenaga, dimana pembakarannya dilaksanakan di luar pesawat itu sendiri. Contoh: turbin uap, mesin uap.

3. Pembakaran Di Dalam Silinder

a. Proses Pembakaran Di Dalam Silinder

Menurut Ir. Jusak Johan Handoyo, S.E.,M.Min.,M.Mar.E. (2014:138-140) dalam bukunya yang berjudul Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, pembakaran diartikan suatu proses kimia dari pencampuran bahan-bakar dengan zat asam dari udara. Umumnya memakai bahan bakar cair yang mengandung unsur zat arang (C), zat cair (H) dengan sebagian kecil zat belerang (S), biasa di sebut hydro carbon. Zat asam yang di butuhkan di dapat dari udara sebagaimana di ketahui udara itu mengandung 23% zat asam dan 77% nitrogen bila dihitung dalam volume atau 21% dengan 79% bila di hitung dalam berat udara. Perlu di ingat bahwa pembakaran di dalam silinder tidak berlangsung sederhana, karena molekul-molekul bahan bakar harus di pecah kecil berbentuk kabut halus agar pembakaran berlangsung tuntas.

Pembakaran yang tuntas dan sempurna secara kimiawi akan menghasilkan panas, proses reaksinya disebut Exterm. Bila sejumlah gas atau udara di kompresi atau di ekspansi akan ada perubahan suhu selama proses terjadi, namun bila keadaan suhunya tidak ada perubahan, maka prosesnya di sebut isothermis. Keadaan itu hanya mungkin terjadi apabila selama proses kompresi berlangsung panas yang timbul diambil dan bila

prosesnya ekspansi, panas yang hilang di ganti sehingga suhunya tinggal tetap.

Lain halnya bila sejumlah gas itu saat di lakukan kompresi maupun ekspansi tanpa ada tambahan panas atau kehilangan panas, proses yang demikian di sebut adiabatic.

b. Syarat Proses Pembakaran Yang Sempurna

Selain faktor bahan bakar di atas, Sukoco, M.Pd, Zainal Arifin, M.T (2013:97) syarat-syarat proses pembakaran yang sempurna antara lain sebagai berikut :

- 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 ke dalam ruang kompresi.
- 5) Mutu bahan bakar yang di gunakan bermutu baik, yaitu seimbang antara unsur $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$.
- 6) Kelambatan penyalaan (*ignition delay*) atau ID harus tepat. Apabila terlalu cepat akan terjadi ketukan atau knocking, tetapi bila terlambat maka pembakaran pun terlambat sehingga gas buang akan tinggi.

a. Pengaruh Suplai Udara Terhadap Pembakaran Di Dalam Silinder

Masalah yang sering timbul pada pengoperasian mesin diesel adalah kurangnya suplai udara pembakaran. Untuk mengetahui cukup atau tidaknya perbandingan udara terhadap bahan bakar yang diinjeksikan ke ruang bakar adalah dengan melihat warna gas buang. Ketika warna gas buang mulai berwarna gelap hal tersebut menunjukkan kurangnya udara untuk pembakaran, atau yang disebut batas asap. Warna gelap/hitam

tersebut disebabkan sebagian bahan bakar tidak terbakar dan menjadi CO yang berbentuk padat. Untuk itu pada mesin diesel besar, misalnya untuk penggerak kapal, baik penggerak utama maupun mesin bantu, selalu dilengkapi dengan sistem pemasukan udara pembakaran dengan menggunakan *Turbocharger*.

Turbocharger adalah sebuah alat yang dipasang pada sistem pemasukan udara pembakaran yang tujuannya untuk memberikan tekanan pada udara bilas dengan cara memanfaatkan tekanan yang terkandung dalam gas buang untuk menggerakkan poros turbin sebagai penggerak poros blower.

Pemasukan udara adalah dengan cara mengkompresi udara atmosfer dengan menggunakan blower agar memiliki tekanan yang tinggi. Tekanan tinggi akan diikuti naiknya temperatur. Selain akibat kenaikan tekanan, kenaikan temperatur juga disebabkan oleh adanya rambatan panas dari gas buang melalui dinding *blower*. Tekanan tinggi akan tetapi temperaturnya juga tinggi maka tujuan menaikkan massa udara menjadi tidak tercapai / kurang optimal. Untuk itu setelah keluar dari *blower* udara kemudian didinginkan di dalam *air cooler*, kemudian baru dialirkan ke dalam ruang bakar.

Akibatnya kenaikan tekanan indikasi di dalam ruang bakar, maka akan meningkatkan daya dari mesin tersebut. Sumber energi yang dipergunakan untuk memutar sudu turbin adalah energi kinetik gas sisa pembakaran dari mesin diesel itu sendiri.

6. Pendinginan Di Dalam Silinder

a. Definisi Pendinginan Di Dalam Silinder

Menurut P. Van Maanen, (2011:82) dalam bukunya yang berjudul *Motor Diesel Kapal*, Pendingin adalah suatu media (zat) yang berfungsi untuk menurunkan panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*. Di dalam sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang bekerja secara berhubungan antara lain : *Fresh water Cooler*, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, *Strainer* dan *Sea*

Chest. Dari kelima komponen inilah yang sering menyebabkan kurang maksimalnya hasil pendinginan terhadap motor induk.

Proses pengoperasian motor diesel akan timbul panas. Suhu yang demikian tingginya dipindahkan langsung ke dinding silinder. Jika silinder tidak didinginkan secara optimal, maka bahan - bahan yang dipakai akan kehilangan kekuatan yang diperlukan. Oleh karena itu pada mesin induk digunakan fasilitas pendingin yaitu pendingin air tawar yang mana bagian yang didinginkan adalah *cylinder head*, *cylinder jacket* dan klep buang. Pendingin air laut atau *fresh water Cooler* hanya berfungsi untuk menyerap panas air tawar yang high temperature yang bersirkulasi dari *fresh water cooler* dan *air cooler* mesin induk.

Apabila dinding silinder tidak didinginkan secara terus menerus, maka bahan - bahan yang dipakai akan kehilangan kekuatan yang diperlukan. Timbulnya masalah - masalah pada sistem pendinginan motor induk akibat dari tekanan pompa tidak normal, disebabkan oleh kurangnya perawatan terhadap media pendingin dan air pendingin serta peralatan sistem pendingin yang tidak bekerja dengan normal. Dengan demikian suhu (*temperature*) air pendingin sering panas melewati batas maksimum walaupun dalam putaran mesin minimum (rendah). Air pendingin dalam fungsinya sangat vital untuk menjaga kelancaran pengoperasian mesin induk. Dalam mempertahankan tujuan pendinginan, perlu dipertahankan pada nilai normalnya yaitu 65°C - 70°C untuk *temperature jacket water cooling inlet main engine* yang telah ditetapkan dalam buku manual di kapal tempat bekerja penulis.

Perlunya pendinginan pada motor induk dalam bekerja, sering mengalami gangguan sehingga pendinginan tidak optimal mengakibatkan naiknya suhu air tawar. Hal ini salah satunya disebabkan oleh adanya kebocoran, sehingga air yang ada di tangki ekspansi berkurang. Agar kondisi motor induk dapat normal kembali, hal - hal yang perlu dilaksanakan antara lain perawatan air pendingin, dan perawatan fasilitas sistem pendingin. Tidak sempurnanya fungsi dari sistem pendingin, jelas akan berpengaruh terhadap kinerja motor induk. Segala sesuatu yang berhubungan dengan sistem perlu dijaga dan dirawat oleh para masinis.

Agar kondisi motor induk dapat normal kembali, hal - hal yang perlu dilaksanakan antara lain perawatan air pendingin, dan perawatan fasilitas sistem pendingin. Tidak sempurnanya fungsi dari sistem pendingin, jelas akan berpengaruh terhadap kerja motor induk. Segala sesuatu yang berhubungan dengan sistem perlu dijaga dan di rawat oleh para masinis.

b. Fungsi Pendinginan Di Dalam Silinder

Adapun fungsi utama dari pendinginan adalah :

- 1) Mengatur / mempertahankan suhu mesin agar selalu berada pada spesifikasi kerja mesin yang diinginkan.
- 2) Mencegah material dari kerusakan.
- 3) Menjaga struktur dan sifat - sifat dari suatu material agar tidak berubah.
- 4) Membuat material mesin agar bertahan lebih lama.

c. Macam-macam Pendinginan Dalam Silinder

Pada umumnya di kapal ada dua cara untuk mendinginkan mesin utama maupun motor bantunya, yaitu dengan menggunakan sistem pendinginan secara langsung (terbuka) dan sistem pendinginan secara tidak langsung (tertutup).

1) Sistem Pendinginan Terbuka

Sistem pendinginan terbuka adalah sistem pendinginan yang menggunakan media pendingin air laut untuk mendinginkan media lain. Proses pendinginannya adalah dari air laut diisap dari *Sea Chest* melalui katup, saringan dengan pompa air laut. Kemudian air laut disirkulasikan ke *Cooler* Minyak Lumas, *Cooler* Air Tawar dan *Cooler* Udara yang berguna untuk mendinginkan minyak lumas, air tawar dan udara, kemudian air laut dibuang ke luar kapal. Air laut masuk ke *Cooler* di *control three way valve* yang diatur dengan alat *temperature indicator control* sehingga air laut yang masuk untuk

mendinginkan media lain sesuai / tidak terlalu dingin dan tidak terlalu panas, sehingga suhu pendingin mesin induk tetap stabil.

2) Sistem Pendinginan Tertutup

Sistem pendinginan tertutup menggunakan dua media pendingin yang digunakan yaitu air tawar dan air laut. Air tawar digunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut dibuang langsung ke luar kapal. Proses pendinginan tertutup adalah air tawar didinginkan di *Cooler* air tawar dengan air laut, kemudian air tawar yang sudah didinginkan diisap oleh pompa pendingin air tawar digunakan untuk mendinginkan mesin induk. Kemudian air tawar sebagian masuk ke tangki ekspansi, sebagian masuk ke *Cooler* air tawar untuk didinginkan kembali, sehingga dapat disirkulasikan terus menerus untuk mendinginkan mesin induk. Apabila air tawar berkurang karena adanya kebocoran maka air tawar diisi di Tanki Ekspansi air tawar pendingin. Air tawar yang masuk mesin induk suhunya diatur dengan *three way valve* dan *temperature indicator control* sehingga air tawar masuk untuk mendinginkan mesin induk sesuai dengan kebutuhan pendinginan.

d. Sistem Pendingin Air Tawar di Mesin Induk

Untuk memperlancar pengoperasian motor induk diatas kapal, maka beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah pendingin sebagaimana dalam pembahasan ini bahwa media pendingin yang dipakai untuk mendinginkan motor induk di atas kapal adalah air tawar. Maka untuk kelancaran proses pendinginan diperlukan peralatan atau komponen pendukung seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

1) *Sea Chest*

Sekurang-kurangnya posisi *Sea Chest* ada 2, *Sea Chest* pada posisi *high side* dan *low side*. Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih

tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut. Tiap *Sea Chest* dilengkapi dengan suatu ventilasi yang efektif.

2) Saringan

Alat yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang terbawa masuk oleh air.

3) Pompa Air Laut

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap air laut dari *Sea Chest* kemudian didistribusikan ke *Cooler* Minyak Lumas, *Cooler* Air Tawar dan *Cooler* Udara untuk mengambil panas dari Minyak Lumas, Air Tawar dan Udara hasil pendingina mesin induk. Pompa air laut digerakkan dengan menggunakan motor listrik.

4) Instalasi pipa pipa

Instalasi pipa di atas kapal adalah suatu alat yang ditempati air pendingin untuk bersirkulasi di dalam pipa tersebut. Pada setiap pipa membiarkan tahanan tertentu kepada aliran air yang disalurkan untuk itu bentuk pipa dan ukuran pipa akan mempengaruhi kenaikan tahanan aliran. Tahanan aliran air juga dapat meningkat pada setiap belokan dan katup yang dilalui oleh air tersebut.

5) *Cooler* Minyak Lumas

Minyak pelumas adalah suatu media yang berfungsi untuk mendinginkan bagian-bagian mesin yang bergesekan dan bersirkulasi di dalam sistem pelumasan di dalam motor. Tempat pertukaran panas menggunakan jenis *honeycomb cooling pad* dan tabung (*shell and tube*) untuk pertukaran panas dengan air sebagai media pendingin dimana di dalamnya terdapat pipa-pipa tembaga yang dialiri air laut sebagai media pendinginnya, sedangkan di sekeliling pipa-pipa mengalir minyak pelumas yang didinginkan.

6) *Cooler* Air Tawar Pendingin

Berfungsi mendinginkan air tawar pendingin yang telah menyerap panas dari dalam mesin dengan menggunakan media air laut. Di

kapal tempat penulis bekerja jenis penukar kalornya menggunakan jenis *heat exchanger type honeycomb cooling pad*. Air laut mengalir di dalam sela-sela plat yang akan menyerap panas pada air tawar pendingin, dimana prosesnya mengalir secara bersebrangan di dalam sekat plat tersebut.

7) Tangki ekspansi

Tangki ekspansi berfungsi sebagai tangki penampungan air tawar dan untuk menambah bila ada kekurangan di dalam sistem. Tangki ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi dari saluran pipa. Sehingga bisa memelihara tekanan konstan dalam sistem dan mencegah adanya udara atau uap didalamnya dan ukurannya tergantung pada kapasitas air. Juga sistem keseluruhan, termasuk ruang air dalam ruang pendingin motor induk.

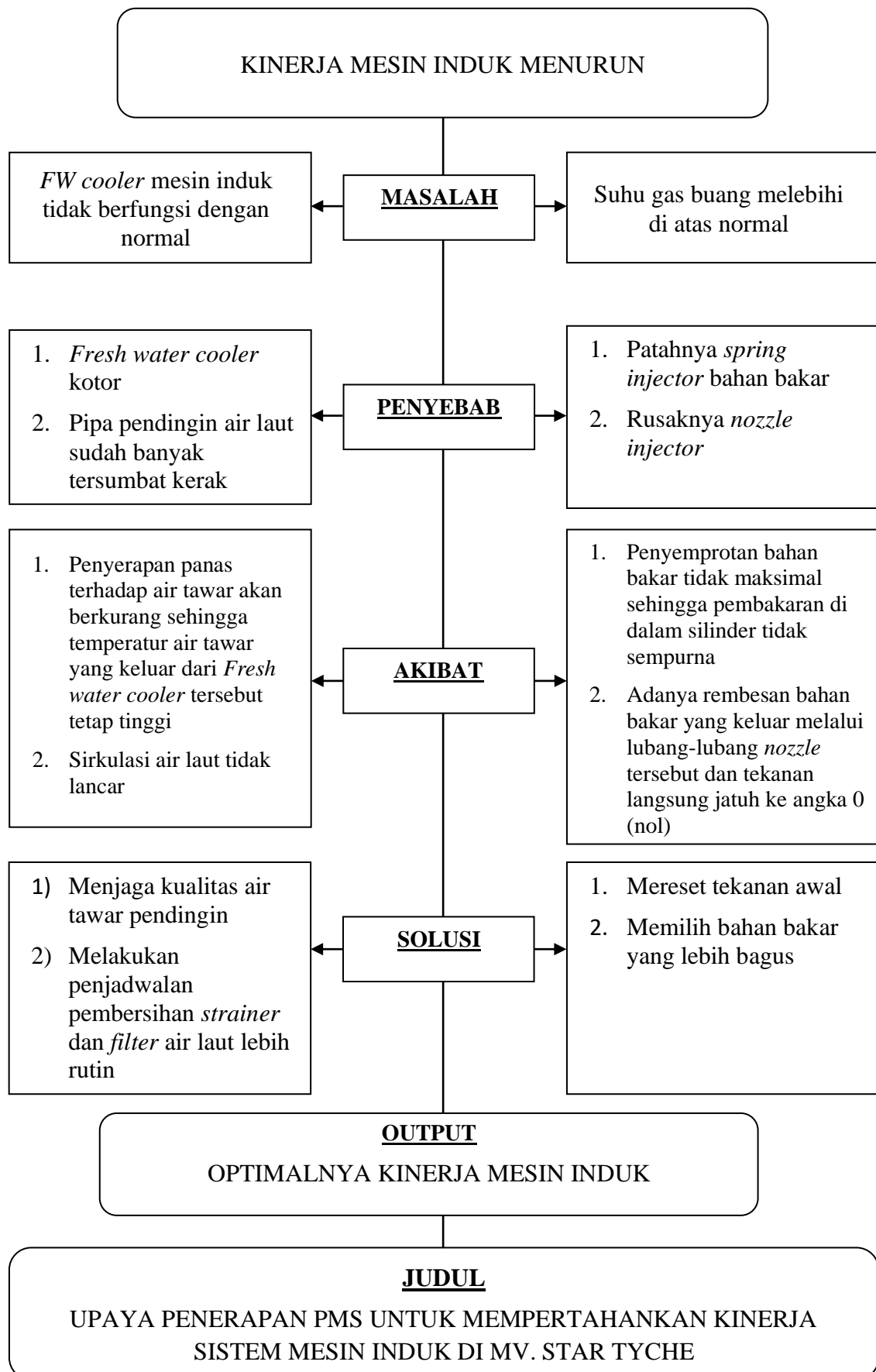
8) Pompa sirkulasi air tawar

Pompa sirkulasi air tawar berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin di dalam sistem, atau suatu pesawat yang bisa memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain berdasarkan perbedaan tekanan. Sebagian besar mesin diesel menggunakan pompa sentrifugal untuk sirkulasi air tawar pendingin pada motor induk diatas kapal, dimana pompa tersebut digerakkan dengan motor listrik.

9) Pengukur suhu

Pengukur suhu berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk. Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *thermocouple* untuk (*electric system*) dan thermometer jenis - jenis air raksa gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Berdasarkan pengalaman yang penulis alami selama bekerja di atas kapal MV. STAR TYCHE, ada beberapa fakta dan kondisi yang penulis temukan untuk mendasari penyusunan makalah diantaranya yaitu :

1. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

Pada tanggal 25 September 2023 saat kapal dalam pelayaran dari Bayah ke Dumai terjadi kenaikan suhu air tawar pendingin. Hal tersebut diketahui dari *high temperatur alarm indicator* mesin induk di kamar mesin yaitu pada sistem pendingin air tawar dimana suhu air pendingin menunjukkan untuk *water inlet* ke *main engine* 80⁰C dan *water outlet cylinder* rata-rata di semua cylinder 90⁰C. Adapun data *manual book* suhu normal servis untuk *water inlet* ke *main engine* 65-70⁰C dan alarm maksimum *water outlet cylinder* 90⁰C.

2. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Pada 07 Desember 2023 saat kapal dalam pelayaran dari Bayah ke Dumai terjadi tekanan *absolute* udara pada ruang bilas turun dari 0,9 kg/cm² menjadi 0,3 kg/cm², sehingga udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran menjadi berkurang. Sehingga menyebabkan pembakaran di dalam silinder tidak sempurna, yang mengakibatkan daya yang dihasilkan mesin induk menjadi turun. Di beberapa silinder gas buang tinggi mencapai 480⁰C. Adapun *guidance manual book* untuk alarm maksimal di 450⁰C dan *slow down* di temperatur 430⁰C, sehingga hal tersebut mengakibatkan putaran mesin turun (*slow down*).

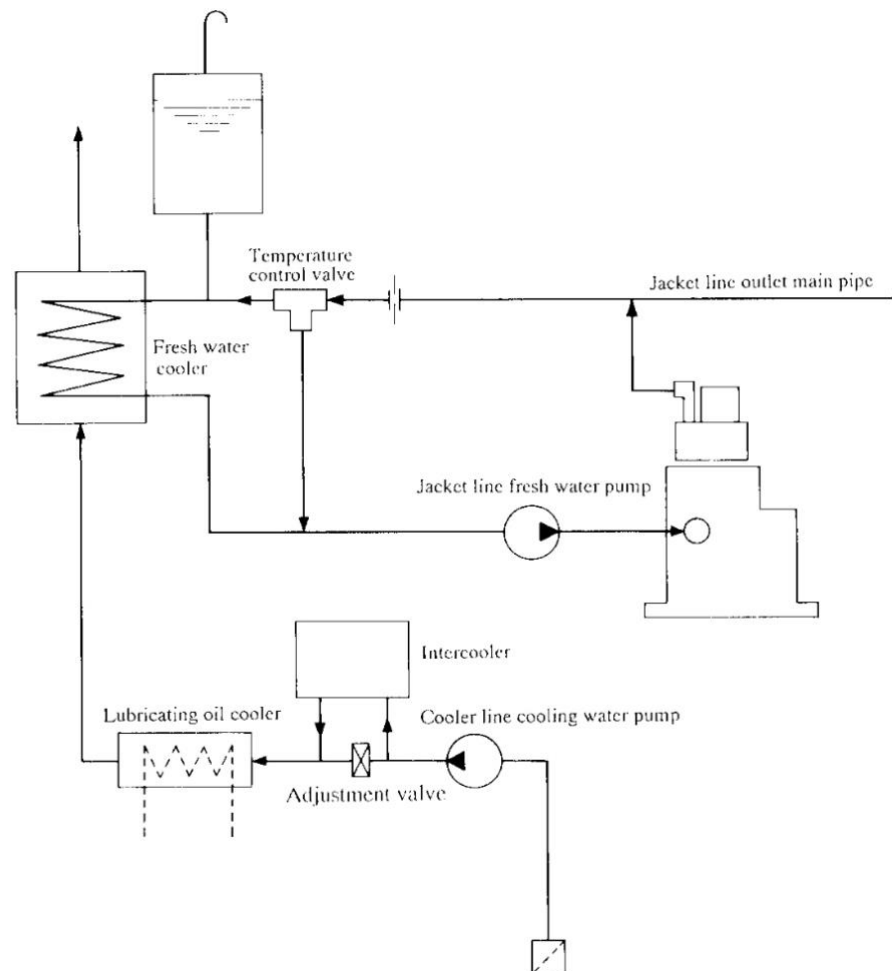
B. ANALISIS DATA

1. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

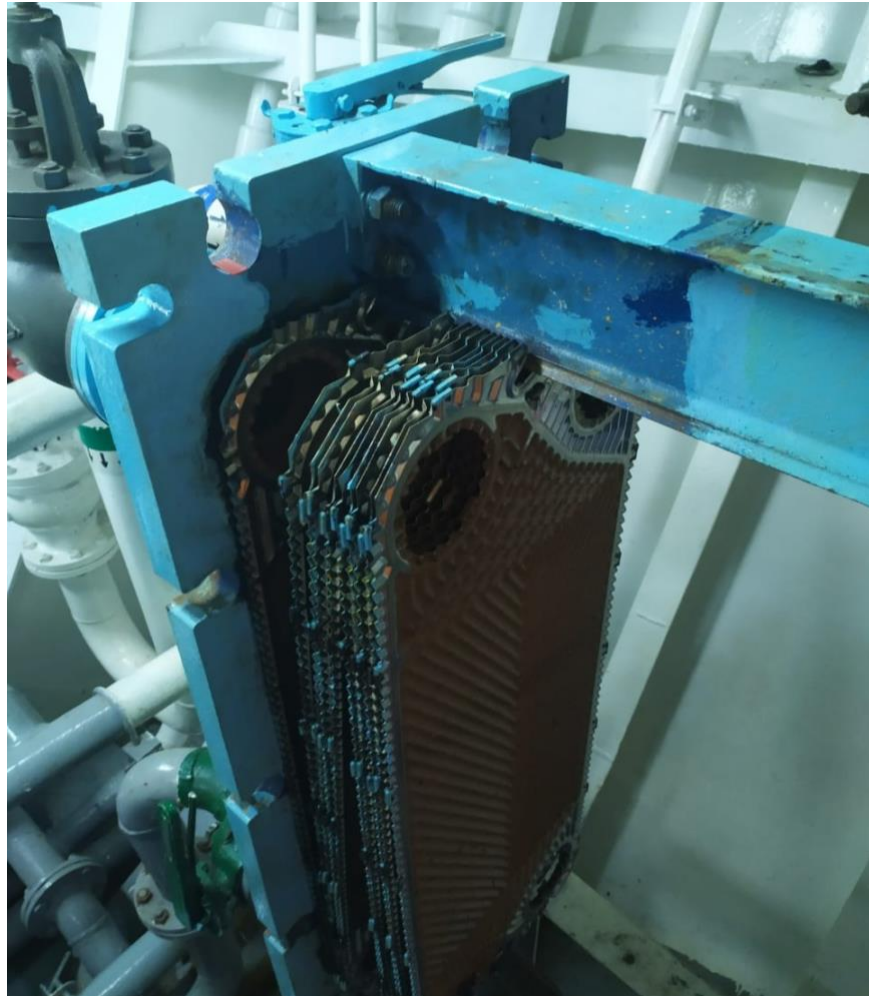
Penyebabnya adalah :

a. *Cooler* air tawar pendingin kotor

Cooler air tawar merupakan suatu pesawat yang berfungsi menurunkan panas tanpa merubah *fase* dari yang didinginkan, misalnya jika yang masuk *fase* air laut maka yang keluar *fase* air laut, yang mana gunanya untuk mendinginkan air tawar yang keluar dari mesin induk 81°C dan masuk mesin induk 70°C . Apabila di dalam *Cooler* terdapat kotoran kerak atau lumpur yang menyumbat di plat, maka akan mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *Cooler* tersebut tetap tinggi. Maka dinamakan proses pendinginan tidak sempurna.



Gambar 3.1 Diagram Cooling Water System



Gambar 3.2 *Plat cooler* tersumbat kotoran

Cooler air tawar merupakan bagian yang penting dalam hal untuk pendinginan air tawar pendingin karena sesuai dengan fungsinya yaitu menurunkan panas. Pendingin dari sistem pendingin mesin induk dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pendinginan yang optimal. Instalasi pipa pendingin dilengkapi dengan jalur *by-pass* yang berfungsi sebagian pengatur pendingin air bila mana terjadi gangguan pada bekerjanya *Cooler* untuk menjaga sistem pendingin mesin induk.

Pada ujung saluran pipa air tawar sebelum masuk *Cooler* dipasang *thermometer* dengan skala derajat celcius dan juga pada bagian keluarnya dipasang juga *thermometer* dengan skala derajat celcius. Maksud dari pemasangan adalah sebagai alat kontrol suhu pada air pendingin. Apabila

kotoran yang ada di dalam *Cooler* tidak dibersihkan akan menyebabkan bocornya pipa dan rubber seal untuk sekat plat tersebut.

b. Lubang pipa air laut sudah banyak tersumbat kerak

Pada pipa-pipa air laut selain memiliki kelemahan-kelemahan oleh karena bawaan material pipa yang cacat produksi faktor lain yang menyebabkan pipa bocor adalah terjadinya proses korosi pada pipa. Untuk memahami lebih jauh tentang jenis-jenis korosi, mekanisme terjadinya proses korosi suatu logam dapat di pelajari di ilmu-ilmu kimia dan metalurgi.



Gambar 3.3 Lubang pipa air laut tersumbat kerak

Pada analisa secara garis besarnya atau umum yang dikenal mengenai korosi yaitu dimana terjadi peristiwa kerusakan atau degradasi material logam akibat bereaksi secara kimia dengan lingkungan. Sesuai pengamatan di lapangan dimana korosi terjadi pada bagian dalam pipa pendingin air laut, maka dari beberapa jenis korosi yang diklasifikasi menurut bentuknya yang perlu dipahami dan yang terjadi di pipa-pipa pendingin air laut antara lain;

- 1) Korosi merata (*uniform corrosion*) yaitu korosi yang terjadi pada suatu permukaan logam yang bersentuhan dengan elektrolit dengan intensitas sama.
- 2) *Erosion corrosion* yaitu korosi yang ditimbulkan gerakan cairan atau paduan antara bahan kimia yang terkandung pada air laut dan gesekan mekanis fluida.
- 3) *Galvanic corrosion* terjadi bila dua logam yang berbeda berada dalam satu larutan elektrolit.
- 4) *Crevice corrosion* adalah korosi yang terjadi pada celah-celah yang sempit.
- 5) *Pitting corrosion* merupakan korosi yang terlokalisir pada suatu atau beberapa titik dan mengakibatkan lubang kecil yang dalam.

Kebocoran akibat *erosion corrosion* sering ditemukan pada pipa-pipa setelah pompa air laut sedangkan kebocoran pada pipa isapan pompa air laut adalah karat bakteri atau karat yang disebabkan adanya bakteri di dalam rongga-rongga pipa. Karat bakteri atau karat akibat mikroorganisme laut yang terdapat pada pipa yaitu keberadaan bakteri tertentu yang hidup dalam kondisi tanpa zat asam akan mengubah garam sulfat menjadi asam yang reaktif dan menyebabkan karat, namun secara umum jika terdapat zat asam maka laju pengkaratan pada besi relatif lambat namun pada kondisi seperti di atas pengkaratan masih terjadi dan dalam kasus sering terjadi pada pipa- pipa air laut khususnya pipa isap pompa. Kejadian sesuai dengan penulis alami yaitu apabila rongga rongga pipa dibersihkan dari karat dan kotoran yang ada di dalam maka timbul bau busuk dari pipa sehingga disimpulkan bahwa karat dan kotoran yang menyatu pada bagian dalam pipa mengandung bakteri yang merusak pipa, sebab setelah pipa bersih maka kondisi pipa semakin menipis dan kadang-kadang kalau membersihkannya dengan benda tajam seperti *wire brush* maka pipa dapat bocor dengan mudah tanpa ada tekanan pada permukaan yang dibersihkan.

2. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Penyebabnya adalah :

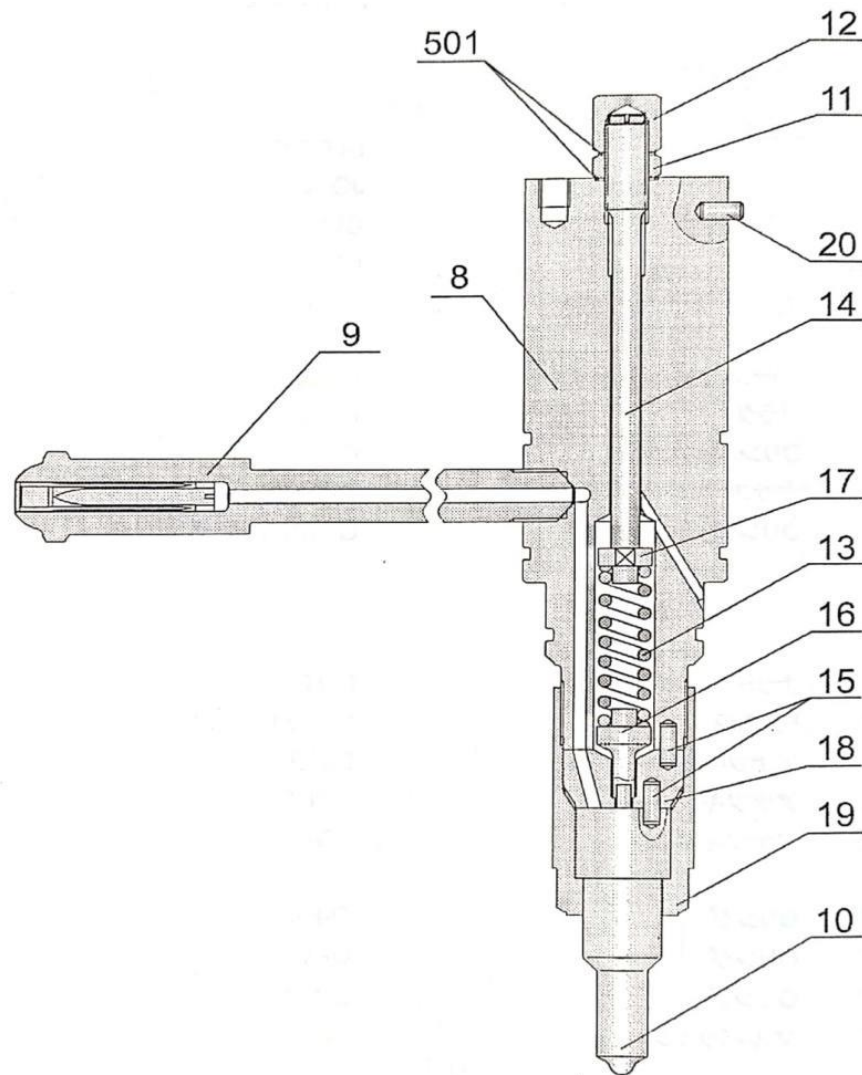
a. Patahnya *spring injector* bahan bakar

Injector adalah suatu alat yang berfungsi sebagai alat penyemprotan bahan bakar, agar bahan bakar dapat terbakar di dalam *cylinder*, melalui proses pembakaran didalam *cylinder* dengan jalan mengabutkan bahan bakar didalam ruang pembakaran, sehingga bahan bakar dapat terbakar dengan melalui suatu proses pembakaran. pada *injector* bahan bakar mesin induk yang masuk dengan temperatur $\pm 125^{\circ}\text{C}$ (bahan bakar jenis HFO Cst 380). Jika pada saat kapal sedang berlayar maka akan terjadi proses pembakaran didalam *cylinder* secara terus menerus dan bergantian karena seringnya bekerja secara terus menerus akan mengakibatkan terjadinya gesekan pada bagian *injector* tersebut. Hal tersebut akan mengakibatkan timbul suatu kerusakan atau keausan pada alat tersebut sehingga mengakibatkan pengabutan tidak sempurna dan membuat temperatur gas buang diluar tingkat normal dan mempengaruhi *injector* tersebut.



Gambar 3.4 *Spring Injector* Patah

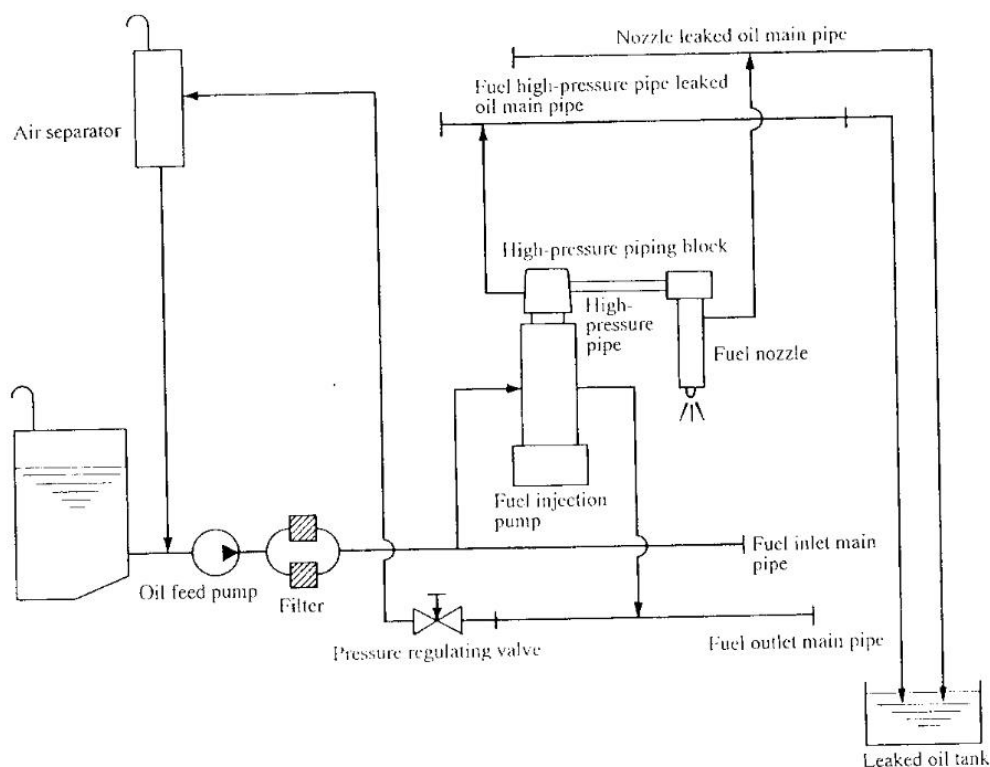
Kerusakan pada *spring injector* menyebabkan penyemprotan bahan bakar tidak maksimal, sehingga pembakaran di dalam silinder tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna akan mengakibatkan performa mesin induk menurun. Oleh karenanya, *spring injector* yang rusak harus diganti.



Gambar 3.5 *Injector (Assy. Nozzle Holder)*

Keterangan Gambar 3.5

番号 Number	パーツコード Parts Code	部品名称	Name of Parts	数量 Quantity
901	06497-006	ノズルホルダASSY	ASSY. NOZZLE HOLDER	1
8	06497-008	タイ	BODY	1
9	06497-009	インレットコネクタ	INLET CONNECTOR	1
10	06497-010	FOノズル	F.O. NOZZLE	1
11	00007-015	ナット	NUT	1
12	00007-018	キャップナット	CAP NUT	1
13	00314-012	ノズルスプリング	NOZZLE SPRING	1
14	E266283090	チョウセイネジ	ADJUSTING SCREW	1
15	E326203050	ピン	PIN	4
16	E326253030	プッシュロッド	PUSH ROD	1
17	E326253050	スプリングシート	SPRING SEAT	1
18	E326253100	スペーサ	DISTANCE PIECES	1
19	E326273190	リテイニングナット	RETAINING NUT	1
20	E406202050	スプリングピン	SPRING PIN	1
501	Z567001402CC	ガスケット	GASKET	2



Gambar 3.6 Diagram *Fuel Oil System*

b. Rusaknya *nozzle injector*

Proses pengabutan bahan bakar oleh *injector* ialah disebabkan pergesekkan permukaan dari bagian jarum, yang kerucut yang duduk pada *nozzle* denganyang duduk pada *nozzle body* sudah tidak halus benar begitu juga jarum (*needle*) batangnya aus, akan terlihat bila diteliti dengan seksama bidang cincin tersebut akan tampak goresan-goresan seperti garis-garis halus sehingga permukaan tersebut tidak seratus persen rata, tentunya proses pengabutan bahan bakar menjadi tidak sempurna sehingga bahan bakar yang telah disemprotkan masih mengandung kotoran / partikel-partikel.



Gambar 3.7 *Nozzle Injector* Rusak

Untuk mengatasinya *nozzle* harus dirawat antara lain : *Needle valve* tersebut harus *dilapping* (diskir) terhadap *seat*, *nozzle* yang sudah terpakai biasanya dibawa ke salah satu *work shop* didarat yang mempunyai refutasi, akan tetapi hasilnya belum dapat dijamin 100 % baik, karena *nozzle* tersebut sudah tidak standar lagi.

Saat *nozzle* bergerak terangkat karena tekanan bahan bakar dari pompa injeksi, maka bahan bakar mengalir dengan cepat keluar melalui lubang *injector*. Pada saat tekanan bahan bakar turun, *nozzle* menutup lubang *injector* dengan cepat akibat peregangan pegas. Pada situasi *nozzle*

bergerak dengan dudukannya dan terjadi berulang kali. Jika jam kerja dari *injector* sudah mencapai 1200 jam kerja, maka sebaiknya *nozzle* diperiksa satu persatu kemudian diadakan perawatan dengan melakukan pembersihan dari karbon-karbon yang menempel akibat dari kotoran-kotoran pada bahan bakar yang mengalir melalui lubang *injector* tersebut.

Setelah dilakukan pembersihan dari karbon-karbon dan kotoran lainnya, kemudian dilakukan pengetesan pada *injector* dengan menggunakan *injector test pump* untuk mengetahui apakah *injector* tersebut kondisinya sudah normal atau belum. Apabila tekanan dan pengabutan masih dalam keadaan baik, maka *injector* dapat digunakan lagi dan bila sudah tidak dapat direkondisi maka segera dilakukan penggantian dengan yang baru.

Karena kualitas bahan bakar yang tidak bagus atau bahan bakar kotor bisa menyebabkan rusaknya lubang pada *nozzle*, jika lubang menjadi besar maka daya semprot bahan bakar sudah tidak normal lagi atau tidak bisa mengabut, tapi bila lubang *nozzle* ada yang buntu maka bahan bakar yang disemprotkan berkurang karena bahan bakar yang disemprotkan tertahan lubang yang buntu.

C. PEMECAHAN MASALAH

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

Kotornya *cooler* air tawar dapat mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *cooler* tersebut tetap tinggi. Maka pemecahan masalah yang harus dilakukan adalah :

1) **Membersihkan *cooler* air tawar pendingin**

Untuk mengatasi *Cooler* air tawar yang kotor, maka perlu dilakukan pembersihan saringan di *Sea Chest* dan *cooler* tersebut setiap satu bulan serta pembersihan *Cooler* dilakukan perawatan setiap 3 bulan, disesuaikan dengan kondisi kinerja *Cooler* tersebut. Untuk pengecekan dan pembersihan secara keseluruhan maka setiap 2

tahun kapal MV. STAR TYCHE dilakukan saat kapal *docking*, dengan prosedur pertama membuat *repair list docking*, untuk pipa dan katup instalasi air laut masuk *Cooler* air tawar. *Cooler* air tawar pendingin harus diminta *pressure test* untuk mengetahui kekuatan pipa-pipa dan kebocoran dalam tekanan kerja 7 kg/cm² selama 24 jam tidak ada kebocoran pada paking dan sambungan pipa-pipa pendinginnya.

Air laut yang keluar dari *Cooler* air tawar pendingin suhunya berkisar antara 40°C - 45°C agar suhu yang dikehendaki tercapai maka *Cooler* air tawar pendingin harus dirawat dengan rutin supaya bersih dan tekanan serta jumlah air yang dibutuhkan selalu mencukupi. Apabila didalam sekat plat yang terkandung di dalam *Cooler* air tawar pendingin terdapat kotoran seperti lumpur akan mengakibatkan penyerapan panas pada air tawar berkurang sehingga suhu air tawar yang keluar dari *Cooler* masih tinggi. Dengan demikian perlu perawatan supaya air tawar yang keluar tetap dibatas normal dengan melakukan perawatan yang teratur pada *Cooler* dengan membersihkan sekat plat di bagian dalamnya dengan menggunakan sikat plastik, yang mana mata sikat terbuat dari bahan plastic yang tidak terlalu lentur.

Untuk membersihkan cooler adalah di buka semua *nut* pengikat plat tersebut, selanjutnya semua sisi plat tersebut di sikat kemudian disemprot dengan air tawar supaya kotoran dan endapan-endapan terlepas dari plat dan sisa gesekan-gesekan halus dari sikat plastic akan terlepas hingga bersih. Kemudian yang perlu diperhatikan lagi adalah *packing* karet di semua sisi plat *Cooler* tersebut harus dalam keadaan baik. Setelah semua siap dan bersih, kemudian plat disusun dan *nut* dipasang kembali.

Pemeriksaan juga harus dilakukan pada *zinc anode* yang berfungsi sebagai pelindung permukaan logam pada bagian dalam *strainer Cooler*. Pemeriksaan perlu dilakuklan karena *zinc anode* bisa rapuh kondisinya karena reaksi kimia air taut yang salinitasnya tinggi. Apabila diketahui kondisi dari *zinc anode* sudah rapuh akibat reaksi

kimia tersebut, maka perlu dilakukan penggantian dengan yang baru. Pergantian *zinc anode* dianjurkan apabila kondisinya sudah sekitar 75% rapuh agar dalam proses penggantinya lebih mudah pada saat akan dilepaskan.

Cara perawatan dan pembersihan *Cooler (type honeycomb cooling pad)* adalah:

- a) Melakukan pengukuran dahulu jarak antara penutup plat masing-masing dari yang terluar, ambil di enam titik saling berlawanan, kemudian buka bautnya.
- b) Bersihkan semua permukaan plat menggunakan sikat plastik.
- c) Semprot dengan air tawar semua platnya sehingga lumpur dan kotorannya jatuh.
- d) Ganti anti karat (*zinc anode*) yang sudah habis pada *strainer*.
- e) Tutup (*cover strainer*) harus dicat anti karat.
- f) Periksa *rubber seal* di sisi terluar plat.
- g) Pasang kembali semua plat, sesuai dengan ukuran yang telah di catat sebelumnya.

Setelah semuanya terpasang harus dicek ada kebocoran apa tidak dan harus didrain angin yang berada disistem sehingga *Cooler* air tawar pendingin siap dioperasikan.

2) Melakukan Perawatan Dan Penggantian Pipa Air Laut

Pipa-pipa air laut yang sudah banyak tersumbat kerak harus diganti dengan pipa yang baru, sehingga sirkulasi air laut ke dalam pompa lancar. Apabila terdapat pipa air laut yang bocor maka dapat dilakukan perbaikan pada pipa-pipa tersebut dengan cara dilakukan pengecekan, dilihat dari sisi yang bocor, apabila pipa yang bocor masih dalam batas aman dan kapal dalam keadaan operasi, maka hanya dilakukan pembalutan (*Bleeding*) pada pipa yang bocor sampai dengan kapal tiba di pelabuhan untuk melakukan pengelasan atau penggantian pada pipa air laut yang bocor.

Seperti diketahui bahwa pipa air laut bocor dapat diakibatkan oleh korosi. Untuk mengurangi laju korosi pada pipa-pipa pendingin air laut adalah dengan menggunakan metode-metode pengendalian korosi antara lain

a) Perlindungan mekanis

Perlindungan mekanis atau pengendalian korosi dengan lapisan penghalang dengan di cat menggunakan cat *anti fouling* (*anti foulant paint*) pada pipa yang baru diganti, untuk mencegah agar permukaan logam tidak bersentuhan dengan udara dan air laut sehingga reaksi kimia reduksi untuk terjadinya pembentukan korosi dapat dihindari.

b) Menggunakan *sacrificial zink anode* yang ada sertifikatnya

Telah disebutkan juga sebelumnya fungsi penggunaan *zinkanode*. Penggunaan logam aluminium yang lebih aktif akan bertindak sebagai *anode* yang teroksidasi dan besi pipa akan menjadi katode (*cathode*) dimana reduksi oksigen berlangsung, bahan sengaja dikorbankan (habis termakan korosi) untuk melindungi besi pipa yang dilalui air laut yang korosif.

Selain kedua metode tersebut masih banyak metode-metode lain seperti penggunaan *chemical anti foulant* yang dibuat oleh ahli kimia dan metalurgi tentang perlindungan terhadap bahan logam. Salah satunya telah disebutkan juga bahwa *Marine Growth Prevention System* (MGPS) juga dapat mengurangi laju korosi pada pipa-pipa air laut.

b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara :

1) Melakukan penggantian *spring injector* yang patah

Suhu gas buang yang melampaui batas normal dapat disebabkan karena *spring injector* yang rusak, oleh karenanya perlu dilakukan penggantian *spring injector*. Adapun dalam penggantian *spring*

injector harus menggunakan *genuine part* agar dapat berfungsi dengan sebagaimana mestinya dan jam kerja sesuai standar *maker*.

Untuk mengetahui kerusakan pada *injector*, Masinis harus memahami proses kerjanya, sebagai berikut :

a) Sebelum Penginjeksian

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

b) Penginjeksian Bahan Bakar

Bila tekanan pada *oil pool* naik, akan menekan permukaan *nozzle needle*. Bila tekanan melebihi tegangan pegas, maka *nozzle needle* terdorong keatas dan menyebabkan *nozzle* menyemburkan bahan bakar.

c) Akhir Penginjeksian

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

Mengingat fungsi *injector* yang sangat penting untuk kelancaran proses pembakaran di dalam silinder mesin induk maka harus dilakukan perawatan. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan terkait dengan *injector* :

- (1) Dilakukan perawatan secara rutin sesuai jam kerjanya pengabut.
- (2) Dibersihkan dengan *chemical carbon remover* dan ditest tekananya
- (3) Bila tekanan tidak dapat tercapai sesuai buku petunjuk perlu dilakukan *overhaul* / dibongkar dilakukan *lapping*

compound grinding nozzle sesuai prosedur.

- (4) Bila hal tersebut tidak berhasil maka perlu diganti beberapa bagian komponennya, antara lain *rubber o'ring*, *thrust foot*, *spindle valve*, *thrust spindle*, *spring*, *nozzle tip*.

2) Mengganti *nozzle injector* dengan yang baru

Pada saat teradinya 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 kedudukan pegas dan *nozzle*. Dengan terkikisnya permukaan ujung jarum *nozzle* atau lubang penyemprotan sebagai akibat dari tekanan yang tinggi tersebut menyebabkan ujung jarum *nozzle* atau lubang penyemprotannya tidak sempurna lagi bentuknya. Dengan ujung *nozzle* dan lubang penyemprotan yang sudah tidak sempurna lagi bentuknya, akan membuat bahan bakar menetes dan tidak terbakar dengan sempurna. Oleh karenanya *nozzle* yang sudah terkikis tersebut perlu direkondisi. Sedangkan apabila *nozzle* sudah tidak bisa direkondisi dengan menggunakan pasta, maka satu-satunya cara adalah dengan mengganti *nozzle* dengan yang baru.

Proses penggantian *nozzle* baru, sebelum dipasang kedalam *injector* harus dioles dahulu dengan pasta agar kedudukan *nozzle* tepat pada tempatnya. Kemudian dilakukan pengetesan dengan menggunakan alat *test pump injector* yang disebut *injection calibration process* agar mendapatkan pengabutan yang sempurna sesuai dengan *Instruction Manual Book* untuk mendapat standarisasi yang diinginkan.

Alat pengabutan bahan bakar memakai suatu *nozzle assembly* sesuai dengan yang standar, maka akan memperoleh hasil pengabutan bahan bakar yang sempurna. Untuk mengatasinya, *nozzle* harus dirawat antara lain : *Needle valve* tersebut harus *dilapping* (diskir) terhadap *seat*, *nozzle* yang sudah terpakai biasanya dibawa ke salah

satu *work shop* di darat yang mempunyai reputasi, akan tetapi hasilnya belum dapat dijamin 100% baik, karena *nozzle* tersebut sudah tidak standar lagi.

Apabila *nozzle assembly* yang benar-benar asli dan bukan hasil rekondisi dapat bertahan dalam pemakaian jam kerjanya, hasilnya pun dalam pengabutan bahan bakar benar-benar kabut tentunya. Hal sangat menguntungkan dalam pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*. Apabila *nozzle assembly* hasil dari rekondisi hasil pengabutan bahan bakar tidak dapat bertahan lama dalam jam kerjanya tentunya. Sangat tidak menguntungkan untuk hasil pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*, bila dibiarkan maka dalam waktu yang sangat singkat *nozzle assembly* akan mengalami berbagai masalah, antara lain *needle valve* dan *seatnya* akan tidak berfungsi dengan baik, sehingga bahan bakar akan merebus atau bocor menjadi tetesan bahan bakar melalui lubang-lubang pengabutan tersebut tentunya tidak boleh terjadi akan mengakibatkan menjadi karbon.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

1) Membersihkan *cooler* air tawar pendingin

Keuntungannya :

- a) Penyerapan panas pada *fresh water cooler* lebih maksimal
- b) Suhu air tawar pendingin normal
- c) Pendinginan mesin induk

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu dan ketelitian dalam perlaksanaannya

2) Melakukan perawatan dan penggantian pipa air laut

Keuntungannya :

- a) Sirkulasi air tawar pendingin lancar

b) *Fresh water cooler* bekerja maksimal

Kerugiannya :

a) Membutuhkan waktu dalam pelaksanaannya

b) Membutuhkan biaya untuk penggantian pipa baru

b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

1) Mengganti *spring injector* yang patah

Keuntungannya :

a) Pengabut bahan bakar dapat berfungsi dengan baik sehingga pembakaran di dalam silinder sempurna

b) Suhu gas buang mesin induk normal

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu dan biaya untuk mengganti *spring injector* yang baru

2) Mengganti *nozzle injector* dengan yang baru

Keuntungannya :

a) Tekanan pengabut bahan bakar normal

b) Pengabutan bahan bakar lebih sempurna

Kerugiannya :

Membutuhkan biaya untuk suku cadang baru

3. Pemecahan Masalah yang Dipilih

a. *FW cooler* mesin induk tidak berfungsi dengan normal

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah sistem pendingin mesin induk terlalu tinggi (*overheat*) yaitu :

Membersihkan *cooler* air tawar pendingin

b. Suhu gas buang melebihi di atas normal

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah suhu gas buang yang melampaui batas yaitu dengan cara :

Mengganti *spring injector* yang patah

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dalam upaya mempertahankan kinerja mesin induk mengalami berbagai kendala. Sesuai uraian dan penjelasan pada bab sebelumnya mengenai kurang optimalnya kinerja mesin induk yang mana penyebabnya sebagai berikut :

1. *Tidak normalnya suhu* pada *FW cooler* mesin induk disebabkan :
 - a. *Fresh water cooler* kotor sehingga mengakibatkan penyerapan panas terhadap air tawar akan berkurang sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *Fresh water cooler* tersebut tetap tinggi.
 - b. Pipa pendingin air laut sudah banyak tersumbat kerak sehingga mengakibatkan sirkulasi air laut tidak lancar.
2. Suhu gas buang melebihi di atas normal disebabkan :
 - a. Patahnya *spring injector* bahan bakar sehingga mengakibatkan Penyemprotan bahan bakar tidak maksimal sehingga pembakaran di dalam silinder tidak sempurna.
 - b. Rusaknya *nozzle injector* sehingga mengakibatkan bakar yang keluar melalui lubang-lubang *nozzle* tersebut dan tekanan langsung jatuh ke angka 0 (nol).

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan di atas, maka penulis memberikan pemecahan masalah atau solusi, sebagai berikut :

1. Tidak normalnya suhu pada *FW cooler* mesin induk
 - a. Untuk mengatasi *FW cooling temperature* mesin induk terlalu tinggi (*overheat*) akibat *Fresh water cooler* kotor untuk menjaga kualitas air tawar pendingin sehingga temperatur air tawar yang keluar dari *Fresh water cooler* normal maka dilakukan penjadwalan pembesihan cooler air tawar pendingin secara berkala.
 - b. Untuk mengatasi *FW cooling temperature* mesin induk terlalu tinggi (*overheat*) akibat pipa pendingin air laut sudah banyak tersumbat kerak maka sebaiknya dilakukan penjadwalan pembersihan strainer dan filter air laut lebih rutin sehingga sirkulasi air laut lancar dan penggantian zinc anoda.
2. Suhu gas buang melebihi di atas normal
 - a. Untuk mengatasi suhu gas buang melampaui batas normal akibat patahnya *spring injector* bahan bakar maka dilakukan penggantian *spring injector* dengan yang baru dan mereset atau setting tekanan awal sehingga penyemprotan bahan bakar yang tidak maksimal menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna di dalam silinder ruang bakar.
 - b. Untuk mengatasi suhu gas buang melampaui batas normal yang mengakibatkan rusaknya *nozzle injector* sebaiknya memilih bahan bakar yang lebih bagus sehingga tidak ada rembesan bahan bakar dan tekanan pengabutan bahan bakar oleh *injector* menjadi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Danuasmoro, Gunawan, (2003), Manajemen Perawatan, Jakarta, Yayasan Bina Citra Samudera.
- Jusak, Johan Handoyo (2015) Sistim Perawatan Permesinan Kapal, Ahli Teknik Tingkat III, Ed.3, Jakarta ; EGC
- Jusak, Johan Handoyo (2014) Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, Jakarta ; EGC
- Jusak, Johan Handoyo (2015), Manajemen Perawatan Dan Perbaikan Kapal, Jakarta, Deepublish.
- Lindley R.Higgs and Keith Mobley (2002) *Maintenance engineering handbook, sixth edition*, McGraw-hill
- M.S Sehwarat dan J.S Narang, (2001), Production Manajemen, Jakarta, Erlangga
- P.Van maanen (2001) Motor diesel kapal, Nautech.
- Rozaimi Yatim, 2003, Internasional Safety Management Code (ISM-CODE) Jakarta
- Sukoco, Mpd, Zainal Arifin.M.T (2003) Teknologi Motor Diesel, Bandung Alfabeta.

DAFTAR ISTILAH

<i>ABK</i>	: Anak Buah Kapal adalah semua personil yang bekerja di atas kapal selain Nahkoda.
<i>Bearing</i>	: Bantalan yang berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya di dalam kesing dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas.
<i>Blower</i>	: Bagian dari komponen <i>turbocharger</i> yang bersebelahan atau dipasang satu as dengan turbin, dan berfungsi menghasilkan udara bilas yang ditekan ke dalam silinder mesin.
<i>Cylinder</i>	: Bagian silindris dari mesin sebagai tempat bergerakinya torak, dan merupakan tempat berlangsungnya pembakaran.
<i>Exhaust Manifold</i>	: Saluran pipa gas buang tiap-tiap silinder dan diproses untuk menghasilkan udara bilas melalui <i>turbocharger</i>
<i>Exhaust Valve</i>	: Katup untuk mengeluarkan gas yang telah terbakar didalam silinder ke pipa cabang buang (<i>exhaust manifold</i>).
<i>Fuel Injection Valve</i>	: Katup tekanan tinggi yang digunakan untuk menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran mesin induk.
<i>Ignition Delay</i>	: Keterlambatan pembakaran didalam ruang pembakaran mesin.
<i>Nozzle</i>	: Bagian dari injektor/katup semprot untuk menempatkan lubang yang dilalui bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder.
<i>Needle Valve</i>	: Sebuah batang baja bulat dengan pucuk konis/tirus yang penempatannya menghadap lubang keluar dan mencegah bahan bakar agar tidak masuk ke ruang silinder kecuali kalau terangkat oleh nok atau tekanan minyak.
<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>Overhaul</i>	: Pembongkaran atau perbaikan mesin secara keseluruhan
<i>PMS</i>	: Singkatan dari <i>Planned Maintenance System</i> yaitu sistim perawatan terencana, yang merupakan standarisasi perusahaan atupun pembuat mesin.
<i>Poros</i>	: Pada umumnya poros turbin sekarang terdiri dari silinder panjang yang solid. Sepanjang poros dibuat alur-alur melingkar yang biasa disebut akar (<i>root</i>) untuk tempat dudukan, sudu-sudu gerak (<i>moving blade</i>).
<i>Rotor</i>	: Bagian yang berputar terdiri dari ppros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor. Jumlah baris sudu-sudu gerak pada rotor sama dengan jumlah baris sudu diam pada casing. Pasangan antara sudu diam dan sudu gerak disebut tingkat (<i>Stage</i>).
<i>Spindle</i>	: Tuas pada katup gas buang
<i>Spring/ Pegas</i>	: Gulungan kawat baja bulat yang apabila ditekan memberikan gaya yang dapat digunakan untuk melakukan suatu kerja.
<i>Turbine</i>	: Merupakan mesin turbo yang berfungsi mengubah energi potensial fluida (energi kinetik) menjadi energi mekanik untuk menghasilkan kerja berupa putaran poros engkol.