

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS  
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK DI  
MV. MAERSK NORDDAL**

Oleh:

**JUNJUNAN TEGUH RISWANDA**

**NIS: 02166/T-1**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1**

**JAKARTA**

**2024**

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS  
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK DI  
MV. MAERSK NORDDAL**

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

**Oleh:**

**JUNJUNAN TEGUH RISWANDA**

**NIS: 02166/T-1**

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

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



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : JUNJUNAN TEGUH RISWANDA  
No. Induk Siwa : 02108/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN  
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI  
KAPAL MV. MAERSK NORDDAL

Penguji I

**R. Herlan Guntoro, MM**  
Pembina Tingkat I (IV/b)  
NIP. 19680831 200212 1 001

Penguji II

**I Komang Hedi Pramana, Msc**  
Penata (II/c)  
NIP. 199010242 01503 1 005

Penguji III

**Surovo, S.ST.Pel., MM**  
Penata (III/c)  
NIP. 198908202 01503 1 007

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

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



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



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : JUNJUNAN TEGUH RISWANDA  
No. Induk Siwa : 02166/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS  
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK DI  
MV. MAERSK NORDDAL

Pembimbing I,

Jakarta, Agustus 2024

Pembimbing II,

**Suroyo, S.ST.Pel., MM.**

Penata (III/c)

NIP. 1989082 02015031 007

**Ikomang Hedi Pramana, M.sc**

Penata (III/c)

NIP. 199010242 015031 005

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknika

**Dr. Markus Yando, S.St., M.M**

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001



### **PENGAJUAN SINOPSIS MAKALAH**

NAMA : JUNJUNAN TEGUH RISWANDA  
NIS : 02166/T-I  
BIDANG KEAHLIAN : TEKNIKA  
PROGRAM DIKLAT : DIKLAT PELAUT- I

#### **Mengajukan Sinopsis Makalah sebagai berikut**

##### **A. Judul**

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS UNTUK MEMPERTAHANKAN  
DAYA MESIN INDUK DI MV. MAERSK NORDDAL

##### **B. Masalah Pokok**

- Kurangnya pelaksanaan perawatan air cooler sesuai (PMS)
- Kurangnya pengawasan terhadap rencana perawatan (PMS)

##### **C. Pendekatan Pemecahan Masalah**

- Melaksanakan Rencana Kerja Sesuai dengan Schedule Maintenance
- Meningkatkan Pengawasan dalam Pelaksanaan PMS

Dosen Pembimbing I  
Menyetujui :

Dosen Pembimbing II

Jakarta, Agustus 2024  
Penulis

SUROYO,S.ST.Pel.,MM

Penata (III/c)

NIP : 1989082020 15031 007

I KOMANG HEDI PRAMANA, Msc

Penata (III/c)

NIP : 1990102420 15031 005

JUNJUNAN TEGUH R

NIS : 02166/T-I

Ka.Div.Pengembangan Usaha

Capt. Suhartini MM.,MM.Tr

Penata TK I (III/d)

NIP : 19800307 200502 2 002

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkah dan rahmat serta karunia-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan makalah ini dengan judul:

**“OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS UNTUK  
MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK DI MV. MAERSK NORDDAL**

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

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

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

1. Dr. Capt. Tri Cahyadi M.H., M.Mar.E selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.SiT.,M.M.,M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M., selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Suroyo,S.ST.Pel.,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 I Komang Hedi Pramana, M.sc, selaku dosen pembimbing II yang telah meberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah.
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah.
7. Orang tua tercinta Seluruh rekan-rekan yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan

saran serta yang telah memberikan motivasi selama penyusunan makalah.

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

Jakarta, 2024

Penulis,

Junjunan Teguh Riswanda

NIS. 02166/T-I

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
A.      Latar Belakang .....	1
B.      Identifikasi Masalah.....	3
C.      Batasan Masalah .....	3
D.      Rumusan Masalah.....	3
E.      Tujuan Dan Manfaat Penulisan.....	4
F.      Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II      LANDASAN TEORI</b>	
A.      Tinjauan Pustaka .....	8
B.      Kerangka Pemikiran.....	25
<b>BAB III      ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A.      Deskripsi Data.....	28
B.      Analisis Data .....	29
C.      Pemecahan Masalah.....	36
<b>BAB IV      KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A.      Kesimpulan .....	48
B.      Saran-saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR ISTILAH</b>	



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Ship Particular*
- Lampiran 2. *Crew List*
- Lampiran 3. Diagram Sistem Pendingin Terbuka
- Lampiran 4. Diagram Sistem Pendingin Tertutup
- Lampiran 5. *Fresh water cooler (Plate heat exchanger)*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Mekanisme cara kerja fresh water cooler</i> .....	24
Gambar 4.1 <i>Pompa pendingin air laut OPS Altair</i> .....	37
Gambar 2.3 <i>Filter pompa pendingin air laut</i> .....	38
Gambar 4.2 <i>Impeler pompa air laut</i> .....	38

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Ship Particular

Lampiran 2. Crew List

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Kapal merupakan merupakan salah satu sarana transportasi yang banyak digunakan dan dibutuhkan manusia sebagai transportasi yang ekonomis, efektif dan efisien jika dibandingkan dengan transportasi lain. Dikatakan ekonomis, efektif dan efisien karena dengan menggunakan kapal laut kita bisa membawa sesuatu dalam jumlah yang lebih besar dengan biaya yang relative murah daripada sarana transportasi darat maupun transportasi udara.

MV. Maersk Norddal adalah salah satu kapal milik Shoei Kisen Management Pte Ltd merupakan sebuah kapal Container, yang menggunakan mesin diesel sebagai tenaga penggerakannya. Kelancaran sebuah kapal dalam operasional kapal tidak terlepas dari peranan mesin induk dan pesawat-pesawat bantu lainnya sebagai pendukung. Mesin kapal tidak dapat beroperasi dengan baik, jika perawatan terhadap pesawat bantu yang berhubungan dengan mesin induk tidak dilaksanakan.

Mesin induk yang dipakai untuk mengerakkan kapal dari salah satu pelabuhan kepelabuhan yang lain, harus selalu dalam keadaan siap pakai setiap saat. Untuk menunjang kelancaran tersebut perlu dilakukan perawatan secara berkala dan terjadwal atau yang biasa dikenal dengan *Planned Maintenance System (PMS)*.

PMS merupakan sistem perawatan terencana secara sistematis dan berkelanjutan merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam menunjang pengoperasian kapal. Perawatan terencana seperti perawatan setiap hari (*daily maintenance*), setiap minggu (*weekly maintenance*), setiap bulan (*monthly maintenance*), dan setiap 6 bulan (*semi annual maintenance*) merupakan keharusan yang dilakukan oleh pengusaha (*ship owner*) dan *crew* kapal. Apabila PMS tidak dilaksanakan dengan baik maka akan berdampak pada kerusakan-kerusakan permesinan seperti sistem udara bilas dan lainnya.

Meskipun rencana perawatan telah dibuat dan disusun sedemikian rupa, akan tetapi dalam pelaksanaannya masih banyak crew kapal baik engine departemen maupun deck departemen yang kurang memperhatikan aturan tersebut. Untuk itu sangat dibutuhkan usaha dan kerja keras dari berbagai pihak khususnya Kepala Kamar Mesin dan Nakhoda untuk melakukan pengawasan dan evaluasi terhadap pelaksanaan *Planned Maintenance System (PMS)*.

Walaupun dewasa ini teknologi semakin maju, namun tidak bisa menggantikan peranan manusia secara menyeluruh. Demikian juga untuk perawatan permesinan di atas kapal seperti sistem udara bilas mesin induk dibutuhkan Sumber Daya Manusia yang cakap, terampil, dan disiplin sehingga benar-benar handal dalam menguasai tugas dan bertanggung jawab. Untuk mencapai tujuan tersebut dibutuhkan adanya pengawasan kerja baik oleh seorang Perwira maupun oleh Pimpinan secara langsung. Akan tetapi pengawasan kerja seringkali tidak dilaksanakan secara maksimal sehingga pekerjaan perawatan di atas kapal belum dilaksanakan sesuai *Planned Maintenance System (PMS)*.

Sehubungan dengan hal tersebut, berdasarkan pengalaman penulis sewaktu bekerja di MV. Maersk Norddal pada tanggal 10 October 2023 sewaktu kapal berangkat dari pelabuhan Thailand putaran mesin induk normal dan temperatur gas buang rata-rata 360°C, temperatur udara bilas 46°C dengan tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup>. Tetapi setelah 2 (dua) hari perjalanan, tekanan udara bilas jatuh mencapai 0,6 kg/cm<sup>2</sup>, temperatur udara bilas sudah mencapai 53°C sehingga temperatur gas buang rata-rata ikut naik menjadi 470 °C melewati batas maksimal 450°C, berdasarkan *standard of pressure and temperature*, menyebabkan putaran mesin juga turun karena daya yang dihasilkan mesin turun. Hal ini menyebabkan keterlambatan jadwal kapal tiba di pelabuhan Singapore yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena sudah pesan dermaga untuk kapal sandar, tetapi kapal terlambat 1 hari baru bisa sandar dari yang sudah dijadwalkan.

Karena itu dalam penyusunan makalah penulis tertarik mengambil judul

**“OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS UNTUK  
MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK MV. MAERSK NORDDAL**



## **B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH**

### **1. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun di atas, terjadi penurunan kinerja Mesin Induk akibat masalah yang terjadi pada sistem pendinginan udara pembakaran, maka dapat ditarik beberapa permasalahan yang timbul, antara lain :

- a. Kurangnya pelaksanaan perawatan *air cooler* sesuai PMS
- b. Kurangnya pengawasan terhadap rencana perawatan (PMS)
- c. Kurangnya *supply* air laut pendingin ke *air cooler* (pendingin udara)
- d. Saringan isap *turbocharger* kotor akibat udara yang kotor
- e. Tekanan udara bilas menurun

### **2. Batasan Masalah**

Pada pengoperasian dan perawatan mesin penggerak kapal sangat banyak dan luas hal-hal yang bisa diangkat sebagai topik pembahasan. Akan tetapi agar pembahasan tidak melebar, maka pada makalah ini pembahasan hanya dibatasi pada hal-hal yang berkaitan dengan :

- a. Kurangnya pelaksanaan perawatan *air cooler* sesuai PMS
- b. Kurangnya pengawasan terhadap rencana perawatan (PMS)

### **3. Rumusan Masalah**

Berdasarkan hasil identifikasi masalah seperti tersebut di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penyusunan makalah ini, yaitu :

- a. Apa penyebab kurangnya pelaksanaan perawatan *air cooler* sesuai PMS ?
- b. Mengapa pengawasan terhadap rencana perawatan (PMS) masih kurang ?

## C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### 1. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan makalah ini adalah :

- a. Untuk mengetahui dan menganalisis apa penyebab kurangnya pelaksanaan perawatan *air cooler* sesuai PMS.
- b. Untuk mengetahui dan menganalisis mengapa pengawasan terhadap rencana perawatan (PMS) masih kurang.

### 2. Manfaat Penelitian

Penulisan makalah ini diharapkan dapat memberikan kontribusi-kontribusi yang berguna dari beberapa aspek, yaitu:

#### a. Aspek Teoritis

Sebagai sumbangan pemikiran bagi studi manajemen perawatan *air cooler*, dengan cara mencermati karakteristik yang khas serta untuk mendorong melakukan penelitian tentang perawatan *air cooler* dengan cara pandang yang berbeda.

#### b. Aspek Praktis

Memberikan sumbangan pemikiran kepada rekan-rekan seprofesi, agar bila mendapat masalah yang sama dapat digunakan acuan sebagai upaya pemecahannya, dalam mengatasi akibat yang ditimbulkannya jika kinerjanya mengalami penurunan, sehingga dilakukan *maintenance* (perawatan) pada peralatan tersebut secara terjadwal.

## D. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Metode Pendekatan

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah:

#### a. Deskriptif kualitatif

Yaitu mendeskripsikan bagaimana pengaruh udara bilas terhadap pembakaran bahan bakar dan mengatasi masalah tersebut sehubungan

dengan kondisi yang terjadi sehingga mesin induk dapat bekerja secara maksimal.

b. Study kasus

Yaitu pengaruh udara bilas terhadap pembakaran bahan bakar dapat disesuaikan dengan keadaan yang sebenarnya dan dibandingkan dengan teori yang menunjang serta prosedur-prosedur perawatan yang dibuat oleh perusahaan sehingga mendapatkan sesuatu yang lebih di dalam meningkatkan performa mesin induk di atas kapal di masa yang akan datang.

## 2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam mengumpulkan data-data penulis didalam pembuatan makalah ini, menggunakan teknik-teknik pengumpulan data antara lain sebagai berikut:

a. Observasi

Penulis menggunakan pengamatan secara langsung di atas MV. Maersk Norddal terutama terhadap kendala-kendala yang ada pada yang bisa menyebabkan penurunan performa mesin induk yang berakibat pada terganggunya operasional kapal.

b. Studi Kepustakaan

Penulis mengambil referensi dan buku-buku dan catatan yang berhubungan dengan pengaruh udara bilas terhadap pembakaran bahan bakar.

## 3. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah mesin induk di atas MV. Maersk Norddal khususnya pada sistem udara bilas.

## 4. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, data yang ditampilkan bersifat deskriptif kualitatif yaitu menggambarkan data yang ditemukan di lapangan dan membandingkan dengan teori/aturan yang ada.

## E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Waktu penelitian yaitu saat penulis bekerja di atas MV. Maersk Norddal sebagai *First Engineer* sejak 11 September 2023 sampai dengan 05 July 2024. Penelitian dilakukan pada sistem udara bilas mesin induk di atas MV. Maersk Norddal salah satu kapal milik Shoei Kissen Management pte ltd yang beroperasi di alur pelayaran Indonseia - Malaysia - Thailand.

## F. SISTEMATIKA PENULISAN

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

### BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian dan teknik pengumpulan data, waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Menjelaskan teori-teori yang digunakan untuk menganalisa data-data yang didapat melalui buku-buku sebagai referensi untuk mendapatkan informasi dan juga sebagai tinjauan pustaka. Pada landasan teori ini juga terdapat kerangka penulisan makalah yang merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.

### BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diutarakan data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi selama penulis bekerja di atas MV. Maersk Norddal Dengan digambarkan dalam deskripsi data, kemudian dianalisis mengenai permasalahan yang terjadi dan menjabarkan pemecahan dari permasalahan tersebut sehingga permasalahan yang sama tidak terjadi lagi dengan kata lain menawarkan solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut.

### BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan penutup yang mengemukakan kesimpulan dari perumusan masalah yang dibahas dan saran yang berasal dari evaluasi pemecahan masalah yang dibahas didalam penulisan makalah ini dan merupakan masukan untuk perbaikan yang akan dicapai.





## **BAB II**

### **LANDASAN DAN TEORI**

#### **A. TINJAUAN PUSTAKA**

Sehubungan dengan upaya untuk mempermudah dalam pembahasan makalah ini, maka berikut ini disertakan penjelasan-penjelasan dari istilah yang berhubungan dengan permasalahan yang diambil, yang dipetik dari beberapa buku-buku kepustakaan yang ada.

##### **1. Pengertian Optimalisasi**

Dalam beberapa literatur manajemen, tidak dijelaskan secara tegas pengertian optimalisasi, namun dalam Kamus Bahasa Indonesia, W.J.S Poerwadarminta (1997:753) dikemukakan bahwa : ” Optimalisasi adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan , jadi optimalisasi merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien”.Optimalisasi banyak juga diartikan sebagai ukuran dimana semua kebutuhan dapat dipenuhi dari kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan. Menurut Winardi (1999:363) Optimalisasi adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan sedangkan jika dipandang dari sudut usaha, Optimalisasi adalah usaha memaksimalkan kegiatan sehingga mewujudkan keuntungan yang diinginkan atau dikehendaki. Dari uraian tersebut diketahui bahwa optimalisasi hanya dapat diwujudkan apabila dalam perwujudannya secara efektif dan efisien.

##### **2. Pengertian Perawatan**

Kata perawatan diambil dari bahasa Yunani “Terein” yang artinya merawat, menjaga dan memelihara. Menurut M.S Sehwat dan J.S Narang, (2001:16) perawatan (maintenance) adalah segala kegiatan yang didalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik. Sedangkan menurut Sofyan Assauri, (2004:21) pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga peralatan dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan supaya memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

### 3. Sistem Udara Bilas

Landasan teori yang diambil secara khusus tentang sistem udara bilas yang dilakukan sebagai obyek penelitian adalah mesin induk di kapal MV. Maersk Norddal yaitu *MTSUI-MAN B&W 6S60ME-C10.5*, yaitu jenis Mesin Diesel 2 tak yang mempunyai 6 silinder dengan diameter 600 mm dengan sistem penggerak Camshaft, dengan 1 pesawat *Turbocharger TCA66 – 2*

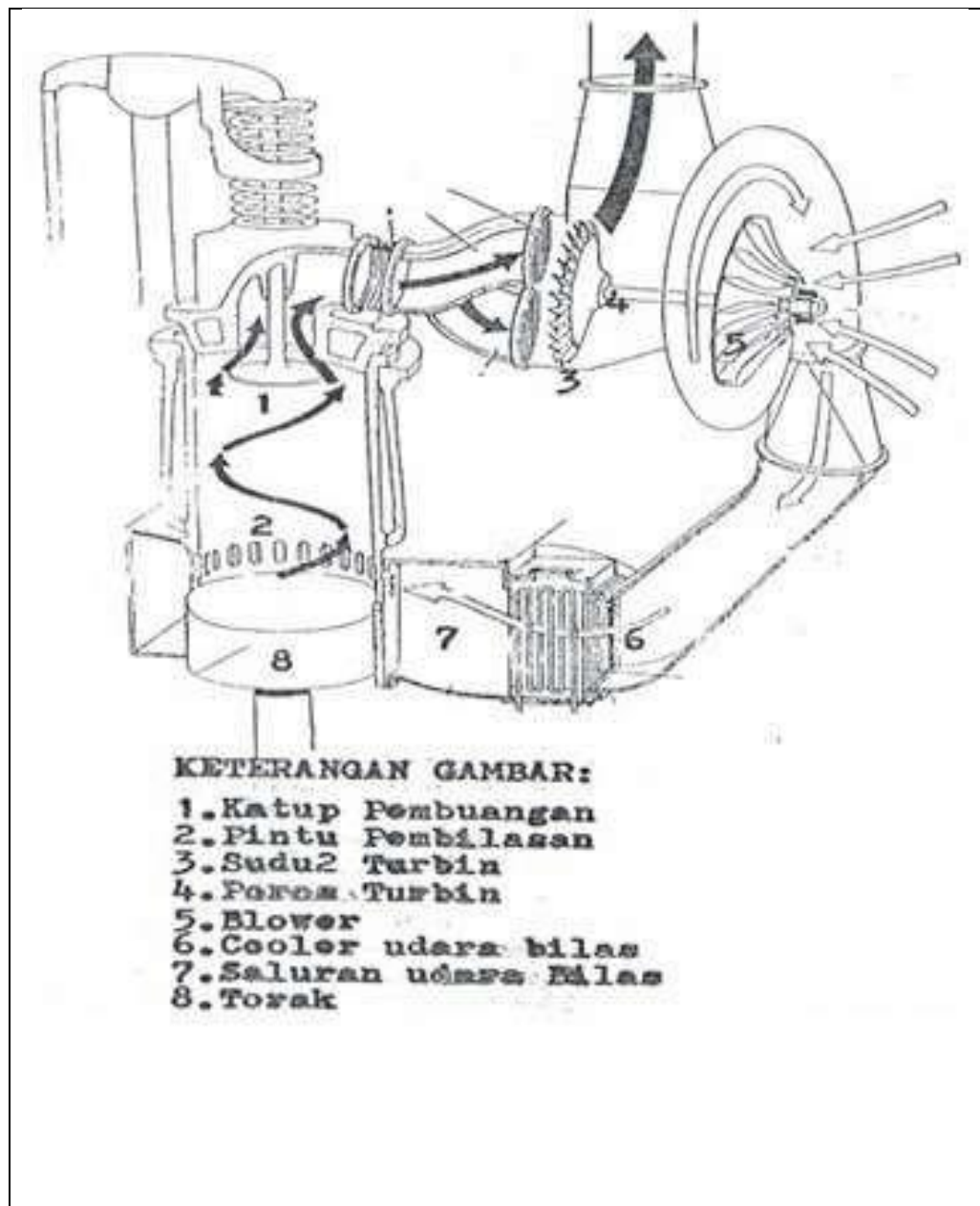
Sistem udara bilas adalah sistem yang dapat menggambarkan siklus udara dari proses isap – kompresi - pembilasan – usaha - pembakaran – pembuangan udara dalam mesin. Terdapat beberapa bagian dari komponen dari sistem ini yang mana saling berhubungan dan menunjang secara fungsi antara satu bagian dengan lainnya.

“Pembilasan didalam silinder yang efektif adalah sangat penting guna memasukkan udara dalam jumlah yang banyak, karena sebagian dari udara keluar bersama gas buang. Jumlah udara yang banyak memungkinkan pembilasan berjalan baik dan udara yang dikompresikan benar-benar bersih.

(Wiranto.AS, Motor Diesel Putaran tinggi : 47)

Penghisapan udara dilakukan oleh *turbo blower* pada *turbocharger* yang dihubungkan dengan satu poros dengan Turbin. Pemanfaatan dari gas buang untuk usaha ekspansi penggerak Turbin dilakukan sebanyak mungkin dengan menghubungkan saluran gas buang (*exhaust manifold*) dengan *turbocharger*.

Bagian- bagian dari sistem udara bilas Mesin Diesel 2 tak adalah sebagai berikut :



Sumber Gambar : Dari Artikel online

Gambar 2.1

Bagian Sistem Udara Bilas

Setelah masuk turbin, gas buang keluar melalui cerobong untuk memanaskan *economizer* dan selanjutnya keluar lewat cerobong asap. Perputaran turbin oleh

gas buang akan memutar *blower* isap yang akan menghisap udara dan menekannya kedalam saluran udara. Selanjutnya udara masuk ke *intercooler*

untuk didinginkan, udara disini didinginkan untuk mendapatkan volume yang rapat dan jumlah yang banyak. Juga pendinginan udara dimaksudkan untuk menghasilkan gas pembakaran yang tidak terlalu panas, guna mengurangi beban thermis pada bagian mesin di daerah pembakaran. Udara yang masuk didinginkan, dan mengalir ke dalam saluran penampungan udara, untuk kemudian ditekan melalui lubang bilas masuk kedalam silinder, guna proses pembakaran.

“Efisiensi pembilasan dicapai, apabila jumlah udara bilas yang masuk dalam silinder jumlahnya terpenuhi”.(Wiranto.AS,Motor Diesel Putaran Tinggi : 41)

Dengan efisiensi pembilasan yang bagus, dan panas yang didapat dari kompresi torak, serta pengabutan bahan bakar yang bagus, maka akan menghasilkan pembakaran yang sempurna, tanpa adanya partikel bahan bakar yang tidak terbakar (hangus). Dengan demikian usaha yang dihasilkan oleh Motor Induk Diesel dapat maksimal. Selain itu juga perlu diperhatikan tahap-tahap pemeriksaan dalam menunjang kelancaran Motor Induk Diesel di atas kapal.

a. Perawatan pada sistem udara bilas.

1) Perawatan / pemeriksaan secara rutin dalam sistim udara bilas :

- a) Memeriksa temperatur udara bilas yang keluar dari pendinginan udara ditabung udara bilas.
- b) Memeriksa minyak lumas, serta pendinginan dan penunjukkan putaran pada *turbocharger*.
- c) Memeriksa tekanan udara bilas.
- d) Memeriksa sambungan-sambungan saluran udara dari *turbocharger* ke tabung udara bilas, untuk memastikan tidak adanya kebocoran.
- e) Mencerat udara bilas dengan membuka kran cerat ditabung udara bilas.



- f) Memeriksa tekanan dan suhu air pendingin.

Kesemuanya itu untuk mempermudah mengetahui apabila terjadi penyimpangan atau kelainan, sehingga dapat diambil langkah-langkah perawatan dan perbaikan, untuk mencegah terjadinya kerusakan.

## 2) Perawatan / pemeriksaan secara berkala dalam sistem udara bilas.

Hal ini mengingat pada sebuah Motor Induk pada jangka waktu pengoperasian tertentu, mempunyai batas dalam meningkatkan kemampuan kerjanya. seperti setiap 3 tahun atau setiap 12.000 jam pengoperasian Mesin Induk perlu diadakan pembersihan dan diperiksa *turbocharger* pada bagian *blower* dan *turbin*. Setiap 6000 jam kerja perlu adanya penggantian pada Katup Buang (*Exhaust Valve*), hal ini guna mencegah atau mengetahui adanya kerusakan. Sehingga tidak merambat pada bagian-bagian lain dari Mesin Induk.

Adapun rencana waktu pelaksanaan terhadap perawatan secara berkala yang dilakukan terhadap Sistem Pembilasan Udara Mesin Induk di atas kapal adalah sebagai berikut :

- a) Pemeriksaan pada bagian-bagian / parts yang utama *turbocharger* di Inspeksi oleh *surveyor class*, yang pelaksanaannya mengacu pada jadwal jam kerjanya mesin 12.000 jam atau setara dengan 3 tahunan
- b) Perawatan periodik untuk keperluan pengukuran-pengukuran dan penyetelan terhadap *rotor shaft turbin side* dan *blower side* saat dock kapal atau *survey class*.
- c) Pembersihan atau penggantian saringan udara *blower* isap setiap maksimal 10 hari sekali, pembilasan sisi *blower turbocharger* saat mesin jalan pada putaran *turbocharger* diatas 10.000 rpm dengan menggunakan air tawar setiap 2 hari sekali.
- d) Perawatan dengan pembilasan sisi *turbin* dari *turbocharger* pada putaran diatas 10.000 rpm dengan menggunakan *walnut shell* atau *marine grit* setiap 2 hari sekali.

- e) Perawatan pada Katup Buang (*exhaust valve*) setiap 6000 jam kerja atau bila Katup Buang bocor harus segera diganti dengan suku cadang yang telah tersedia.
- f) Perawatan terhadap *air cooler* dari sisi air (Fw Side) tiap 2000 jam atau bila kondisi dari parameter pengukur *pressure drop* dari *air cooler* terlalu besar (diatas 300 mg/cm<sup>2</sup>), serta dari sisi udara (*air side*) tiap 2000 jam dengan sirkulasi air tawar dengan menggunakan cairan kimia pembersih *ACC(Air Cooler Cleaner)* 9 dengan ketentuan pencampuran yang telah di tentukan.
- g) Perawatan dengan pembersihan ruangan udara bilas (*Scavenging Air Trunk*) dan ruang pembilasan (*Under Piston*) tiap 1000 jam.

Jadwal perawatan berencana pada *turbocharger* dan *air cooler* dapat dilihat pada lampiran 6.

### 3) Perawatan / perbaikan pada sistem udara bilas :

Perbaikan yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada bagian sistem tersebut yaitu dengan penggantian suku cadang yang telah aus atau rusak. Pada sistem udara bilas ini ada 3 pesawat bantu yang mendukung Mesin Induk yang sangat vital fungsinya yaitu *turbocharger* dan *air cooler* serta blower bantu (*aux. blower*). Juga terdapat beberapa alat ukur berupa manometer dan termometer untuk mendeteksi keadaan udara bilas dalam sistem tersebut.

## 2. Turbocharger

### a. Fungsi Dan Prinsip Kerja *Turbocharger*.

*Turbocharger* ditemukan oleh seorang insinyur Swiss *Alfred Buchi* (1879 – 1959), Kepala Riset Mesin Diesel di *Gebruder Sulzer* yang hak patennya untuk *turbocharger* diaplikasikan untuk dipakai tahun 1905.

*Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin yang digunakan

dalam mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan massa oksigen yang memasuki mesin, sehingga memberikan tekanan awal yang lebih tinggi dari pada tekanan normal.

*Turbocharger* merupakan sebuah peralatan untuk mengubah sistem pemasukan secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena gerakan torak pada langkah isap, maka dengan *turbocharger*, udara ditekan masuk ke dalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh Turbin gas buang (Sukoco dan Arifin, Teknologi Motor Diesel. 2013 : 17)

#### 1) Fungsi *Turbocharger*

Fungsi dari pada *turbocharger* adalah :

- a) Untuk memasok jumlah udara murni yang cukup ke dalam silinder motor diesel, guna pembakaran yang efektif untuk mendapatkan tenaga yang lebih dari Motor Diesel.

Tujuan utamanya adalah untuk memberi tekanan tambahan pada udara pemasukan sehingga menambah jumlah udara pada saat langkah isap dari silinder.

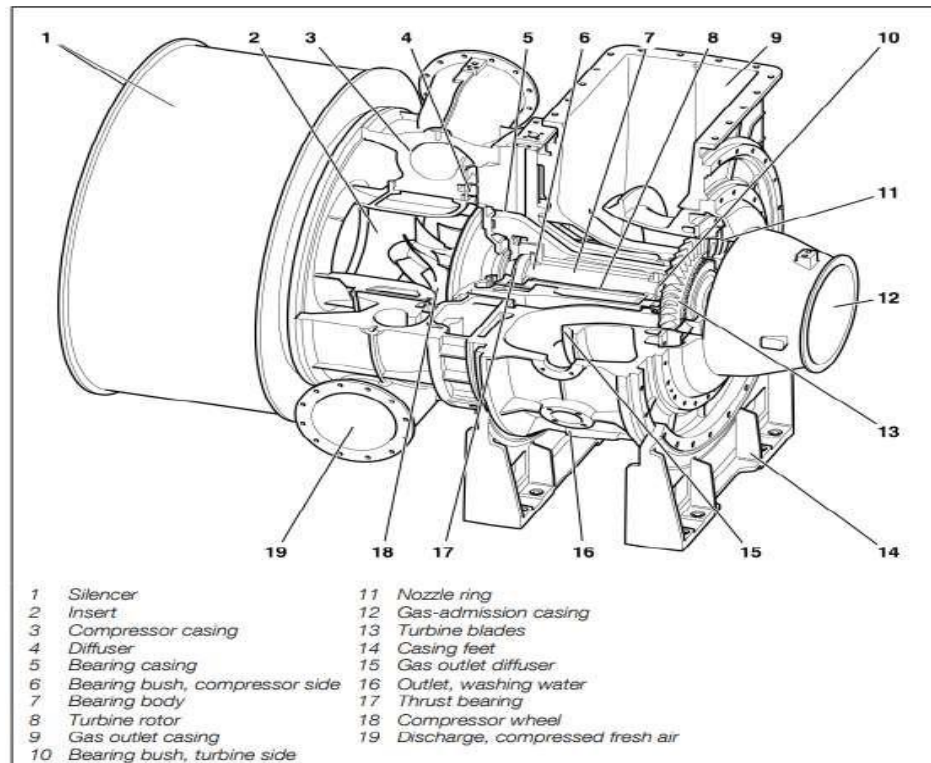
Dengan bertambahnya jumlah udara memungkinkan lebih banyak bagian dari bahan bakar dapat terbakar lebih sempurna di dalam ruang bakar mesin. Oleh karena itu didapatkan daya yang lebih dari setiap ledakan di dalam silinder masing-masing.

#### 2) Prinsip Kerja *Turbocharger*

Proses pembuangan gas buang di dalam silinder motor dilakukan oleh torak yang mendorong gas buang hasil pembakaran sehingga gas buang di dalam ruang bakar terdorong keluar melalui katup buang (*exhaust valve*) menuju saluran gas buang (*exhaust manifold*).

Gas buang menekan ke suatu roda turbin sehingga menghasilkan putaran. Kompresor / Blower yang dipasang seporos dengan roda turbin menghasilkan putaran akibat terdorong oleh gas sisa hasil pembakaran

yang keluar melalui cerobong mesin, sehingga menghasilkan tekanan udara, hembusan udara yang mengakibatkan terjadinya pemadatan udara masuk dengan tekanan diatas satu atmosfer ke dalam silinder.



Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

Gambar 2.2

Turbocharger STX MAN Type TCA 66-2

Konstruksi *Turbocharger* TCA 66-2 terdiri dari sebuah turbin gas satu tahap (*single – stage axial – flow turbine*) dan juga sebuah kompresor satu tahap (*single – stage radial – flow compressor*)

Keduanya di pasang dalam satu poros pada ujung yang berlawanan. Turbin gas berfungsi sebagai pemutar kompresor dengan memanfaatkan energi kinetik dari tekanan gas buang hasil sisa pembakaran dalam silinder mesin dan mengubahnya menjadi daya putar.

Kecepatan putaran turbocharger tergantung sepenuhnya dari besarnya tekanan gas buang berdasarkan beban Motor Diesel tanpa adanya alat

kontrol mekanik. Gas buang dari *exhaust manifold* disalurkan menuju rumah sudu turbin gas.

*Inlet Flange* berfungsi mengarahkan gas buang melewati *nozzle ring* menuju ke sudu-sudu turbin. Gas mengembang melalui *nozzle ring* dimana energi tekanan gas diubah menjadi energi kinetik. Gas kecepatan tinggi ini diarahkan ke sudu-sudu turbin untuk memutar sudu-sudu turbin gas dan selanjutnya melalui *Gas Outlet Casing* keluar ke atmosfer melalui cerobong.

Berputarnya sudu-sudu turbin gas akan memutar poros *turbocharger* sehingga akhirnya kompresor / blower ikut berputar. Dengan berputarnya roda kompresor (*compressor wheel*), maka udara luar di kamar mesin dihisap masuk melalui *air suction branch* atau *silencer filter* menuju *inducer*.

Oleh *impeller* kompresor, udara ditekan melalui *diffuser* dan akhirnya meninggalkan *turbocharger* melewati *air outlet casing* masuk ke dalam *air cooler*. Besarnya tekanan udara tergantung dari beban mesin, yaitu tekanan gas buang sebanding dengan isapan udara.

b. Permasalahan pada *Turbocharger*

Kurang sempurna kerja pada *turbocharger* dapat diakibatkan oleh kerusakan komponen yang terdapat di dalam *turbocharger* itu sendiri atau akibat kerusakan komponen lain di dalam Motor Diesel yang saling berhubungan dengan *turbocharger*.

1) Getaran Kuat (tidak normal) pada *Turbocharger*.

Karena adanya bagian yang berputar (*rotating part*) dalam *turbocharger* yang kurang sempurna atau proses yang kurang baik kedudukannya, maka dapat menimbulkan getaran yang berlebihan.

Kerusakan atau keausan serta deformasi akan merubah karakteristik dinamik sistem dan cenderung meningkatkan getaran. Sedangkan gaya yang menyebabkan getaran ini dapat ditimbulkan oleh beberapa sumber kontak / benturan antara komponen yang bergerak / berputar (*rotating parts*) dengan bagian yang diam (*stationary component*), putaran dari

massa yang tidak seimbang (*unbalance mass*), ketidaklurusan rotor (*miss alignment*) dan juga karena kerusakan bantalan (*bearing fault*).

## 2) *Surging* dan *Over Running* Pada *Turbocharger*.

Pada *turbocharger* ketika udara yang disuplai oleh kompresor tidak memiliki tekanan udara yang cukup, tekanan udara didalam *air intake manifold* yang lebih besar akan mendorong udara ke arah kompresor.

Dorongan inilah yang menyebabkan *turbocharger* berhenti berputar sejenak sampai dorongan udara dari *air intake manifold* berhenti berkurang tekanannya. Saat dorongan tersebut berkurang, *turbocharger* kembali beroperasi dengan putaran normal.

Saat akan terjadi *Surging*, kompresor akan berputar dengan kecepatan diatas kecepatan normalnya (*over running*), hal ini terjadi karena kompresor tidak menghasilkan udara bertekanan yang disuplai ke dalam mesin, sehingga seolah-olah *turbocharger* biasanya disertai dengan bunyi keras menyamai suara melolong (*howling*) dan mendengkur (*snorting*) atau bahkan ledakan suara (*sonic boom*). Dilihat dari penyebab terjadinya *surging* dapat dibedakan menjadi :

### a) *Internal Surging*.

*Surging* yang diakibatkan dari aliran udara yang membalik yang menyebabkan gelombang balik (*back waves*) ke sisi isap dari kompresor / blower *turbocharger*.

Aliran udara yang membalik tersebut disebabkan jatuhnya tekanan udara pada sisi tekan sehingga tidak mampu mendorong udara keluar dari kompresor / blower.

Penyebab terjadinya *internal surging* adalah :

- (1) Kapasitas *turbocharger* yang tidak seimbang dengan kebutuhan udara pada Motor Diesel.

- (2) Terjadinya hambatan udara pada sisi masuk atau sisi keluar dari kompresor.
- (3) Suhu udara pada sisi tekan masuk ke silinder mesin relatif tinggi.
- (4) Putaran turbin yang kurang mencukupi.
- (5) Putaran Motor Diesel yang tiba-tiba berubah.
- (6) Terjadi pembakaran yang tidak sempurna bahkan gagal pada sebuah silinder atau lebih.
- (7) Pada saat kapal berlayar darurat karena kerusakan motor induk yang mana salah satu piston dicabut dan silinder tersebut tidak bekerja, sehingga gas buang yang masuk turbin dan udara yang terpakai tidak rata.

b) *External Surging.*

*Surging* yang disebabkan oleh faktor dari luar seperti ombak besar atau perubahan beban mendadak terhadap Mesin Induk.

Pada saat kapal berlayar dengan kecepatan penuh dan kondisi tanpa muatan / ballast, serta laut berombak besar sering kali baling-baling terangkat ke permukaan air laut. Hal ini membuat beban motor induk berkurang mendadak yang secara otomatis diantisipasi dengan pengurangan suplai bahan bakar yang diatur oleh *Governor* untuk menghindari *Over Speed* pada mesin induk.

Berkurangnya gas buang mesin induk menyebabkan putaran dan tekanan udara yang dihasilkan turbocharger turun, sedangkan tekanan udara bilas pada *air intake manifold* masih berlebih yang akan kembali ke Kompresor / *blower turbocharger* sehingga terjadi tekanan balik / lawan, maka terjadilah *surging* pada *turbocharger*.

*Surging* juga akan terjadi bilamana Mesin Induk dari kecepatan penuh tiba-tiba di stop atau *dead slow* secara mendadak sehingga beban Mesin Induk akan berkurang secara drastis.

*Over Running* adalah berputarnya *turbocharger* melebihi batas putaran maksimum yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya.

Kejadian *Over Running* pada *turbocharger* dapat disebabkan oleh kegiatan-kegiatan perawatan komponen-komponen mesin di bagian hulu atau pengoperasian Mesin Induk yang tidak yang tidak benar.

Jika kelebihan putaran hanya beberapa persen dari putaran maksimumnya ini dibiarkan berkelanjutan, maka komponen-komponen dari *turbocharger* akan cepat rusak dan masa usia pakainya menjadi lebih pendek

c. Beberapa kontributor utama kerusakan-kerusakan *Turbocharger*

Menurut *ABB Turbo Systems Ltd of baden, Swisterland, sirkuler Gard loss Prevention* no. 01-01. HR. 01.2012, kerusakan *Turbocharger* disebabkan oleh :

- 1) Perawatan dan *overhaul* yang melewati jadwal. Dalam banyak kasus, masa usia pakai dari komponen-komponen utama sering diabaikan. Bukan hanya bantalan-bantalan saja, namun roda-roda / Rotor dari Kompresor dan sudu-sudu Turbin / roda-rodanya juga bisa memiliki batas usia pakai. Rotor kompresor misalnya memiliki batas usia pakai antara 50,000 sampai 100,000 jam kerja tergantung dari cara penggunaan dan konfigurasi pemasangannya di mesin. Jam-jam kerja diatas setara dengan 7.5 sampai 15 tahun penggunaan diantara penggantian baru (*exchange intervals*). Karena keterbatasan pengoperasian dan finansial, jadwal-jadwal *overhaul* seringkali diperpanjang sampai kapal naik dok-kering ketimbang melakukannya pada saat kapal sedang beroperasi. Tanda-tanda atau gejala nyata yang mengindikasikan adanya masalah kadang-kadang diabaikan.

Suara-suara auman atau surging bisa mengindikasikan pendingin udara (*intercooler / air cooler*) yang tersumbat atau cincin sudu-antar atau *nozzle ring* yang kotor. *Surging* pada mesin berbeban penuh yang



dibiarkan berkelanjutan bisa langsung menyebabkan kerusakan pada turbin itu sendiri. Selain itu, meningkatnya suhu-suhu gas buang bisa saja mengindikasikan bahwa diperlukan pemeriksaan luar yang berkelanjutan dengan perawatan .

- 2) Penggunaan suku cadang yang tidak asli. Untuk mengurangi biaya perawatan dan pembelian suku-suku cadang, para pemilik/pengelola kapal akan menggunakan suku-suku cadang bajakan / tiruan atau dari pemasok alternatif untuk menggantikan suku-suku cadang asli yang sudah harus diganti atau rusak. Karena lingkungan kerja yang keras dari *turbocharger*, maka suku-suku cadang bermutu rendah dengan sedikit perbedaan pada bahan, desain dan ukuran yang digunakan akan mudah rusak.
- 3) Perawatan tidak dilakukan oleh kontraktor yang diakui oleh pabrik pembuat-nya. Biaya-biaya perawatan *turbocharger* bisa sangat tinggi. Perawatan yang dilakukan oleh kru kapal, galangan dan personil lainnya yang tidak kompeten / belum mendapatkan pengakuan dari pabriknya bisa menyebabkan perawatan yang kurang baik .
- 4) Kekeliruan dalam mengikuti urutan yang benar dari pemasangan kembali komponen-komponen bisa menyebabkan kerusakan awal pada komponen-komponen itu sendiri.
- 5) Kekeliruan dalam mengganti komponen-komponen utama yang telah aus bisa menyebabkan tidak berfungsinya komponen itu, misalnya hilangnya fungsi pelumasan dari bantalan.
- 6) Kekeliruan dalam memberikan speling-spling yang tepat pada rangkaian rotor turbin dengan rumahnya (*assembly*) dan dalam mengatur letak / posisi rotor-rotor itu yang benar bisa menyebabkan tergeseknya rotor itu pada rumahnya dengan akibat ketidakseimbangan.
- 7) Pembersihan rumah-rumah turbin (*cover rings*) yang tidak benar bisa menyebabkan rusaknya sudu-sudu turbin karena bergesekan dengan rumahnya saat memasang kembali rotor turbin itu ke rumahnya.

- 8) Rotor yang tidak seimbang (*lack of ballancing*) bisa menyebabkan rusaknya bantalan-bantalan turbin. (Karena putaran turbin itu sangat tinggi, maka toleransi kekeliruannya juga sangat kecil).
- 9) Instruksi-instruksi perawatan (*service letters*) tidak ada lagi di kapal. Pada saat terjadi pengalihan kepemilikan (kapal dijual), instruksi-instruksi mengenai perawatan dan buku catatan perawatan untuk *turbocharger* serta buku-buku / catatan perawatan tentang mesinmesin / peralatan penting lainnya bisa saja hilang / tidak ada lagi di kapal. Ketiadaan atau tidak tersedianya dokumen-dokumen penting diatas menyebabkan para pemilik / pengelola kapal yang baru tidak memiliki kesempatan untuk mencermati kebutuhan perawatan dan penanganan-penanganan *turbocharger-turbocharger* itu.
- 10) Pengoperasian yang tidak benar. Tergantung pada trayek / daerah pelayaran dan pengoperasian kapal, mesin dan *turbocharger* seringkali sudah disetel / disesuaikan untuk berlayar dengan kecepatan rendah atau istilah populernya "*slow steaming*". Dalam situasi seperti ini jika kapal membutuhkan daya yang lebih besar maka beberapa komponen dari Mesin Induk itu mungkin perlu diganti untuk disesuaikan dengan persyaratan-persyaratan pengoperasian yang baru. Jika persyaratan-persyaratan ini diabaikan, kemungkinan bisa timbul masalah-masalah dan masa usia pakai dari komponen-komponen putar dari *turbocharger* menjadi lebih pendek karena dipaksa bekerja dengan putaran yang lebih tinggi.
- 11) Perawatan-perawatan di hulu mesin menyebabkan kerusakan *turbocharger*. Dalam sejumlah kasus, kerusakan-kerusakan pada *turbocharger* terjadi setelah dilakukan perawatan pada komponenkomponen mesin lainnya yang berada di hulu aliran gas buang yang menuju ke *turbocharger*. Karena *turbocharger* berada di bagian paling hilir dari aliran gas buang ketimbang komponen-komponen mesin lainnya, maka setiap kotoran / benda-benda asing (*foreign objects*), bagian-bagian yang lepas (*loose parts*), perkakas yang tertinggal atau potongan-potongan kecil dari bagian mesin yang tidak

terpasang dengan sempurna bisa saja akhirnya bergerak mengikuti gas bekas ke arah hilir dan merusak *turbocharger*. Benda-benda seperti itu bisa saja berupa baut-baut lepas, bagian-bagian dari pengabut bahan bakar, potongan-potongan kecil dari *compensator bellow*, sisa-sisa *elektrode* pengelasan, puntung-puntung kotoran (stumps), kunci-kunci (wrenches) dan obeng-obeng, majun-majun atau benda-benda asing lainnya. Karena berputar dengan kecepatan yang sangat tinggi, walaupun partikel-partikel yang sangat kecilpun bisa merusak bagianbagian yang vital dan menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

- 12) Perawatan dan pengoperasian oleh awak kapal yang tidak benar. Perawatandan pengoperasian yang tidak benar yang dilakukan oleh kru kapal bisa menyebabkan kerusakan pada turbocharger. Berikut ini adalah daftar dari sejumlah jenis penyebab dan peristiwa-peristiwa yang bisa mengakibatkan kerusakan-kerusakan yang lebih parah:
- 13) Kotoran yang menempel pada kompresor dan sudu-sudu turbin. Pelaksanaan yang tidak benar dan kelalaian dalam melakukan pencucian rutin bisa menyebabkan terkumpul / menempelnya kotoran-kotoran pada kompresor-kompresor maupun sudu-sudu turbin. Dan hal ini akan menyebabkan ketidak- seimbangan pada rotor, dan akibatnya bisa merusak bantalan-bantalan dan bahkan kerusakan yang parah / berhentinya *turbocharger*.
- 14) Minyak lumas yang tidak benar. Penggunaan minyak lumas yang tidak dianjurkan oleh pabrik pembuatnya atau minyak lumas yang sudah tercemar, bisa menyebabkan menurunnya kinerja dan akhirnya merusakkan bantalan-bantalan.
- 15) Pembersihan dan perawatan yang tidak benar atas cincin-cincin penya-ring (*filtration rings*). Mutu udara yang dihisap bisa terpengaruh jika filter-filter tidak dibersihkan dan/atau diganti dengan benar. Filter yang tersumbat bisa menyebabkan terjadinya *surging*.

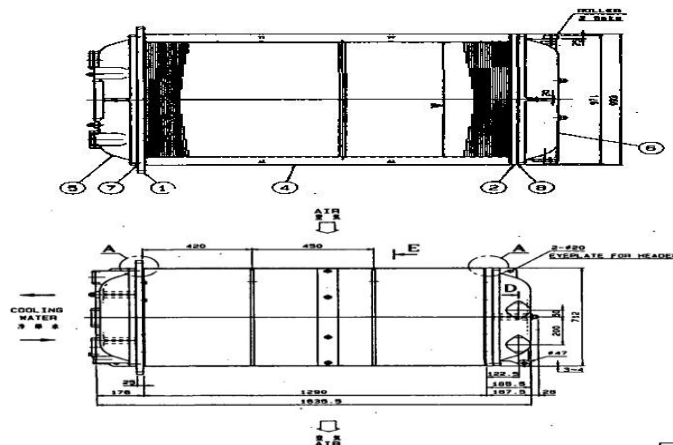
Dalam sejumlah kasus, terungkap bahwa untuk menghindari perawatan dan pembersihan filter-filter, kru kapal telah melepas filtration rings-nya.

- 16) *Turbocharger* berputar melebihi batas putaran maksimumnya (*overspeed*). Disebabkan oleh kegiatan-kegiatan perawatan atau pengoperasian yang tidak benar, dalam sejumlah kasus turbochargerturbochaerger berputar melebihi batas putaran maksimumnya. Jika kelebihan putaran hanya beberapa persen dari putaran maksimumnya ini dibiarkan berkelanjutan, maka komponen-komponen dari turbocharger akan cepat rusak dan masa usia pakainya menjadi lebih pendek. *Turbocharger* yang berputar 30-40% melebihi putaran maksimumnya bisa meledak seketika.

### 3. *Air Cooler*

*Air cooler* adalah salah satu pesawat pemindah panas untuk mendinginkan udara bilas sebelum masuk dalam ruang pembakaran sampai temperature yang ditentukan mesin, penyerahan panas dilakukan dengan media air pendingin (*fresh water*) yang masuk melalui lubang-lubang masuk dan keluar melalui lubang-lubang keluaranya.

14	ガスケット	CR	2
13	GASKET	CR	2
12	ガスケット	CR	2
11	PROTECTING METAL	Zn	2
10	ガスケット	CR	4
9	GASKET	CR	4
8	PROTECTING METAL	Zn	4
7	ガスケット	CR	1
6	GASKET	CR	1
5	ヘッダー (2)	FC250	1
4	ヘッダー (1)	FC250	1
3	ソケット	SS400	2
2	フィンチューブ	C1020R	486
1	TUBE with FIN	C7060T	1
	チューブシート	C4621P	1
	TUBE SHEET	C4621P	1



Sumber Gambar : Dari Buku Manual Mesin Induk

Gambar 2.3

Konstruksi Air Cooler Dongwa Entec

a. Prinsip kerja :

Udara bilas hasil isapan *compressor turbocharger* di tekan masuk air cooler dengan tekanan normal 1.8-2.0 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 160°C , melewati kisi-kisi pada sisi udara pada *air cooler* untuk pendinginan oleh pipa-pipa air laut dengan temperature air tawar 30°C ( daerah laut tropis ) dan tekanan air laut 1.7 – 1.9 kg/cm<sup>2</sup>. Udara bilas akan keluar *air cooler* dengan temperature 40° – 44° C. Perbedaan tekanan masuk dan keluar udara bilas harus sangat kecil dengan membaca angka parameter press drop pada *air cooler*  $\leq 300$  mg/cm<sup>3</sup>.

b. Pengecekan dan Perawatan pada *air cooler* :

1) Pengecekan air cooler

Dengan usia pakai / jam kerja *air cooler* yang telah lama, kotoran akan terdapat pada sisi air dan sisi udara yang dapat berakibat menurunnya kerja atau efisiensi dari *air cooler* tersebut. Menurunnya kerja dapat kita deteksi dari :

- a) Perbedaan temperatur yang dapat dilihat pada *thermometer* masuk dan keluar air tawar pada sisi air pendingin.
- b) Menurunnya tekanan udara bilas yang dapat dilihat pada manometer dan juga perbedaan nilai pembacaan yang besar pada *pressure drop in/out* udara bilas pada sisi udara.

2) Perawatan *air cooler*

- a) Pada sisi air tawar (*fresh water*) lakukan pembersihan pada lubang-lubang air masuk dan keluarnya menggunakan kawat *brush* sesuai ukuranya dan dibilas dengan menggunakan air tawar agar kotoran dan lumpur yang menempel larut dan keluar bersama air tawar.
- b) Pada sisi udara pembersihan dilakukan dengan penyemprotan kisi-kisi udara dari bagian udara bilas masuk (atas) dengan menggunakan air tawar yang telah dicampur dengan pembersih cairan kimia *ACC-9* dengan perbandingan campuran yang telah ditentukan ( 9 : 1 ) dengan cara sirkulasi.

## B. KERANGKA PEMIKIRAN

Peranan Mesin Induk sebagai penggerak utama di atas kapal merupakan faktor penentu yang sangat penting dalam kelancaran aktivitas dan produktivitas suatu kapal dan operasional dari suatu pelayaran. Namun dalam pengoperasiannya Mesin Induk di atas kapal mempunyai kapasitas dan kemampuan yang terbatas, dilain sisi, kebutuhan akan kerja Mesin Induk kapal untuk beroperasi secara terus-menerus dan perawatan yang kurang tepat dijalankan pada pesawat-pesawat dan sistem-sistem pendukung lainnya, merupakan salah penyebab timbulnya gangguan-gangguan dan keterlambatan operasional suatu pelayaran. Selain itu juga keterbatasan-keterbatasan, baik pengalaman maupun ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh *crew* di atas kapal khususnya bagian mesin dan kondisi dari mesin induk itu sendiri, maupun terhadap pesawat-pesawat pendukung lainnya, serta tidak diperhatikannya buku petunjuk (*manual book*) tentang perawatan terhadap Mesin Induk dan pesawat-pesawat pendukungnya dalam upaya menunjang kelancaran pengoperasian mesin secara keseluruhan.

Walaupun dalam pengoperasiannya Mesin Induk di atas kapal sudah dilaksanakan perawatan terhadap sistem pembilasan udaranya, namun didalam penerapannya secara langsung di lapangan masih banyak kendala-kendala dan hambatan-hambatan dalam penerapan fungsi dan kegunaannya yang diakibatkan berbagai hal, baik yang dikarenakan faktor sumber daya manusia yang kurang, sehingga dapat menimbulkan kerugian materi yang cukup besar bagi kapal dan perusahaan. Selain itu juga kendala dapat timbul dari kurang adanya pengawasan yang baik dari pimpinan ke anak buahnya.

Untuk itu disusunlah kerangka pemikiran yang disusun dalam upaya memudahkan pembahasan laporan penelitian terapan yang dirangkum menjadi makalah dengan mengambil pembahasan mengenai sistem udara bilas pada mesin induk di atas kapal di MV. Maersk Norddal, yang bahasannya tidak terlepas dari perumusan masalah yang diambil, yaitu mesin induk tidak dapat dijalankan pada rpm normal karena suhu gas buang telah meningkat naik sampai batas limit alarm yang disebabkan karena kurang optimalnya sistem udara bilas sebagai faktor pendukung yang ikut menentukan kerja Mesin Induk dalam menunjang kelancaran pengoperasian kapal

agar dapat beroperasi semaksimal dan seproduktif mungkin. Untuk itu guna menghindari resiko-resiko yang tidak diinginkan tersebut, maka diperlukan suatu perhatian, pengawasan dan perawatan yang efektif dan efisien terhadap sistem pembilasan udara Mesin Induk.

Mengapa bisa terjadi gangguan-gangguan dan bagaimana langkah-langkah yang akan ditempuh untuk menghindari dan keluar dari permasalahan yang telah terjadi, diantaranya dengan meningkatkan perawatan dan pengawasan sesuai petunjuk yang ada. Karena tujuan utama dari perawatan adalah kemampuan untuk mempertahankan efisiensi dan daya kerja dari sebuah mesin, selain faktor umur/waktu dari operasi mesin, konstruksi, juga sangat ditentukan oleh faktor perawatan dan pemeliharaan terhadap sistem-sistem pendukung yang terdapat pada Mesin Diesel tersebut.

Perawatan yang menyangkut perhatian, pengawasan, pemeliharaan, perbaikan dan faktor sumber daya sebagai operator pelaksana dalam menciptakan kondisi siap operasi dari suatu Mesin Induk di atas kapal, yang pada prinsipnya memerlukan suatu penanganan perawatan yang efektif dan efisien, dengan ditunjang oleh perawatan yang baik tersebut, maka diharapkan Mesin Induk sebagai penggerak utama di atas kapal dapat menunjang kelancaran operasional pelayaran.

Karena keterbatasan-keterbatasan diatas, maka perlu kiranya pihak-pihak terkait dan yang berkepentingan, seperti Kepala Kamar Mesin (KKM) sebagai pimpinan di departemen mesin, dibantu Para perwira masinis lainnya untuk mengadakan pertemuan-pertemuan semacam diskusi, yang mencakup tanya jawab dan pemberian arahan-arahan ataupun bimbingan-bimbingan terhadap anak buah kapal bagian mesin, tentang perawatan bagi Mesin Induk dan pesawat-pesawat serta sistem-sistem pendukungnya, khususnya tentang sistem pembilasan udara terhadap kelancaran operasional Mesin Induk sehingga dengan bimbingan-bimbingan dan diskusi yang diadakan tersebut dapat menghasilkan peningkatan kerja yang lebih baik dan kerja Mesin Induk dapat bekerja dengan optimal.

Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan seperti diatas maka dalam pembahasan makalah kedepan perlu disusun suatu kerangka pemikiran yang baik untuk penyusunan dan pencarian solusi dari masalah yang ada. Sehingga kenyataan di lapangan yang terjadi dapat diatasi melalui solusi dan pemecahan masalah yang mengakomodir semua pihak terkait dalam menyelesaikannya.

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG  
KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK

DI KAPAL MV MAERSK NORDDAL

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* dibawah standar/rendah
2. Temperatur udara bilas yang masuk kedala silinder ruang pembakaran di atas standar/tinggi
3. Perawatan pada system udara bilas pada mesin induk belum dilaksanakan dengan baik
4. Terjadinya *surging* pada *turbocharger*
5. Temperatur gas buang mesin induk tinggi

BATASAN MASALAH

Tekanan udara bilas yang di supply  
turbocharger di bawah standar/rendah

Temperatur udara bilas yang masuk ke  
dalam silinder ruang pembakaran di

RUMUSAN MASALAH

*Apa yang menyebabkan teknan udara  
bilas yang di supply turbocharger di  
pada kisi-kisi udara  
bawah standar/rendah*

*Apa yang menyebabkan temperatur  
udara bilas yang masuk kedalam silinder  
rung pembakaran di atas standar/ tinggi*

ANALISIS DATA

Adanya kotoran-kotoran dari gas buang yang  
menempel di *nozzle ring* dan sudu-sudu

Kotornya *air cooler* pada kisi-kisi udara dan  
pada saluran pipa pendingin air tawar

PEMECAHAN MASALAH

Membersihkan Nozzle Ring dan sudu -  
sudu turbin dengan cara membuka  
saluran pipa gas buang masuk  
*turbocharger*

Membersihka *air cooler* sisi udara dengan  
cairan ACC-9 dengan cara menyemprotkan  
dan sirkulasi serta membersihkan lubang -  
lubang pipa air pendingin dengan

Tercapainya Optimalisasi kerja Mesin Induk MV. MAERSK NORDDAL







## BAB III

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. DESKRIPSI DATA

##### 1. Menurunnya tekanan udara bilas yang di *supply turbocharge* di bawah standar/tinggi

Pada tanggal 10 October 2023 kapal MV. MAERSK NORDDAL berangkat berlayar dari pelabuhan Thailand menuju pelabuhan *Malaysia* dan perjalanan tersebut dapat ditempuh selama  $\pm 3$  hari bila kapal berlayar dengan kecepatan rata-rata 17.5 knot atau dengan putaran mesin induk 88 rpm. Saat kapal bermanuver olah gerak meninggalkan pelabuhan dengan kondisi muatan penuh, Mesin Induk mendapatkan beban berlebih ketika keluar pelabuhan. Setelah perjalanan kurang lebih 2 hari, mesin induk mengalami kendala atau gangguan yang disebabkan berbagai hal yaitu menurunnya tekanan udara bilas dari standarnya 1.5-1.8 bar menjadi 0.9-1.0 bar. Hal ini juga berdampak pada suhu udara gas buang yang mengalami kenaikan secara merata dari batas maksimal 380°C menjadi 400-420°C sehingga secara otomatis mengakibatkan putaran mesin induk turun.

Setelah mengetahui tiba tiba putaran mesin turun dan melihat histori dari alarm yang terdapat pada *monitor alarm sistem* yang ada di *Engine Control Room*, Setelah temperatur gas buang turun, Putaran Mesin Induk dinaikan secara perlahan sampai rpm 88 sesuai instruksi penyewa kapal. Akan tetapi ketika handel kontrol pada posisi 80 rpm, suhu gas buang secara merata naik mendekati limit yaitu 380°C, Kondisi tersebut kita laporkan ke pemilik kapal dan penyewa kapal, kemudian mereka memberi instruksi untuk menjaga kapal berlayar pada kondisi aman, sehingga dengan mempertimbangkan beberapa aspek kapal berlayar dengan kecepatan 8 knot pada putaran mesin induk 70 rpm dengan kondisi *Aux. Blower* jalan secara bergantian untuk memberikan tambahan tekanan suplai udara bilas sampai kapal sampai *Tanjung Pelepas*, Malaysia untuk dilakukan pemeriksaan secara mendetail pada *turbocharger*.

## 2. Temperatur udara bilas yang masuk kedalam silinder ruang pembakaran di atas standar/rendah

Suhu udara bilas keluar *air cooler* yang cenderung lebih tinggi dari kondisi normal sudah tampak sejak penulis naik bekerja di kapal MV. Maersk Norddal yaitu bulan September 2023. Kondisi tersebut lebih jelas ketika kapal beroperasi di daerah tropis dimana temperatur udara bilas bisa mencapai  $54^{\circ}\text{C}$ - $58^{\circ}\text{C}$  yang sebelumnya pada keadaan normal di suhu  $44^{\circ}\text{C}$ - $48^{\circ}\text{C}$  pada kondisi beban maksimal putaran mesin induk 88 rpm. Kondisi seperti ini dikarenakan tidak optimalnya *air cooler* sebagai alat untuk mendinginkan udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran. Keadaan seperti ini tidak boleh dibiarkan secara terus menerus. Karena akibatnya akan menimbulkan masalah lain yang lebih besar pada bagian mesin induk tersebut.

Setelah penulis cermati kondisi kerja dari *air cooler* tampak bahwa *air cooler* dalam kondisi kotor yang diketahui dengan pembacaan alat ukur *press drop air cooler* yang sangat tinggi yaitu diatas  $400\text{mg}/\text{cm}^3$ , dari normalnya yaitu  $200\text{mg}/\text{cm}^3$ . Puncak kondisi tersebut terjadi pada bulan Desember ketika kapal berlayar dari pelabuhan *Kuantan*, Malaysia tujuan ke *Laemchabang*, Thailand Selatan mesin induk pada putaran 88 rpm dimana temperatur udara bilas lebih tinggi dari normalnya pada beban mesin tersebut yaitu  $58^{\circ}\text{C}$  - $60^{\circ}\text{C}$  dan pembacaan *press.drop air cooler* di atas  $500\text{mg}/\text{cm}^3$ . Dengan kondisi demikian maka mesin induk tidak dapat bekerja secara optimal dan mengganggu operasional kapal dalam pengiriman muatan di pelabuhan tujuan.

## B. ANALISIS DATA

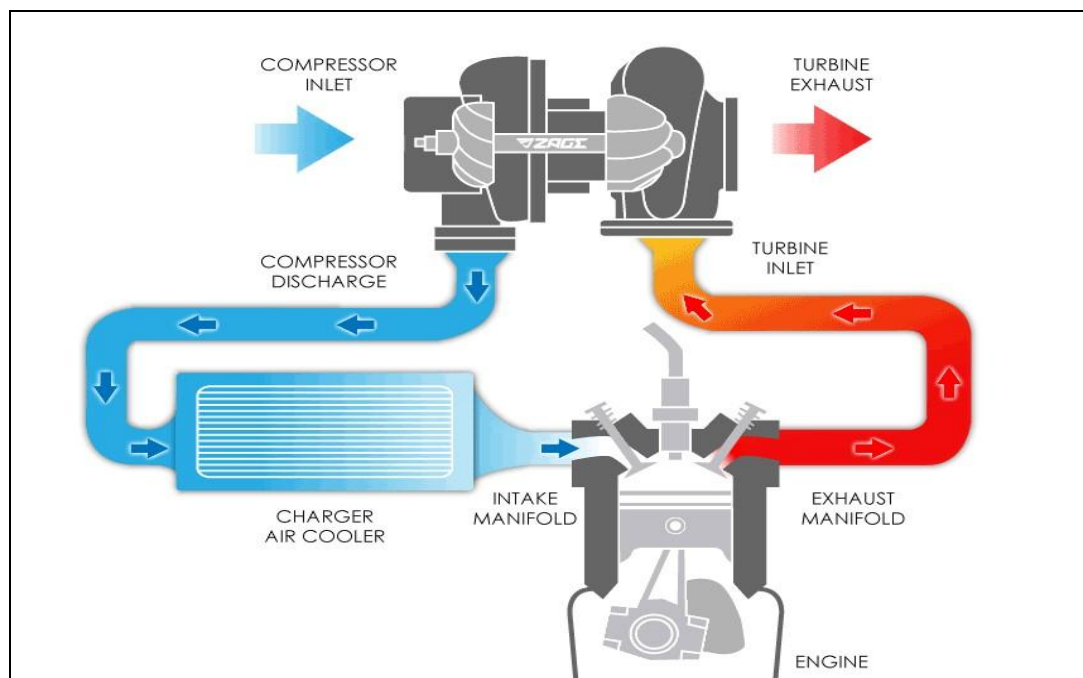
### 1. Menurunnya tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* di bawah standar/rendah

Dari deskripsi di atas yang pada intinya adalah terjadinya kenaikan temperatur gas buang pada semua silinder yaitu 1-6 dari mesin induk yang terjadi secara bertahap selama 2 *voyage* operasional kapal serta telah dilakukannya penanganan awal tiap pelabuhan atau saat mesin berhenti sampai pokok masalah diketahui setelah dilakukan pengecekan pada saluran gas buang masuk *turbocharger*, dapat kita titik beratkan pada analisis berdasarkan data-data yang diambil tiap

tahapannya. Dan sebagai referensi data-data mengenai normalnya dari suhu gas buang, tekanan dan temperatur udara bilas dapat kita lihat melalui *ISO Correction Data* pada saat kapal *Sea Trial* (lampiran 5)

Sesuai dengan Buku Manual, 706-06 : Kenaikan temperatur gas buang sampai maksimal yang mengakibatkan mesin harus menurunkan putarannya atau beban kerjanya dapat di pengaruhi oleh beberapa faktor antar lain :

- a. Pengaruh dari *turbocharger* (termasuk filter udara masuk), kenaikannya  $\pm 30^{\circ}\text{C}$
- b. Pengaruh dari *air cooler*, kenaikannya  $\pm 10^{\circ}\text{C}$
- c. Pengaruh dari kondisi mekanik mesin (sistem pengabutan bahan bakar, keadaan silinder , *exhaust valve*), kenaikannya  $\pm 15^{\circ}\text{C}$
- d. Pengaruh kualitas bahan bakar, kenaikannya  $\pm 15^{\circ}\text{C}$



Sumber Gambar : Dari Artikel Online

Gambar 3.1

Turbocharger Sistem Dan Supply Udara Bilas

Dari gambar di atas dapat kita simpulkan bahwa permasalahan kenaikan temperatur pada semua silinder lebih memperkuat analisis bahwa *turbocharger* sebagai salah satu penyebab utamanya, hal ini diperkuat dengan keterangan pada buku manual MB 1. 70604-01 (lampiran)

Temperatur gas buang naik pada semua silinder dapat disebabkan oleh :

- a. Meningkatnya temperatur udara bilas karena fungsi pendinginan pada *air cooler* tidak maksimal.
- b. Terhambatnya aliran udara saluran gas buang atau udara bilas (*turbocharger*).
- c. Spesifikasi bahan bakar yang dipakai tidak sesuai atau bahan bakar kotor.

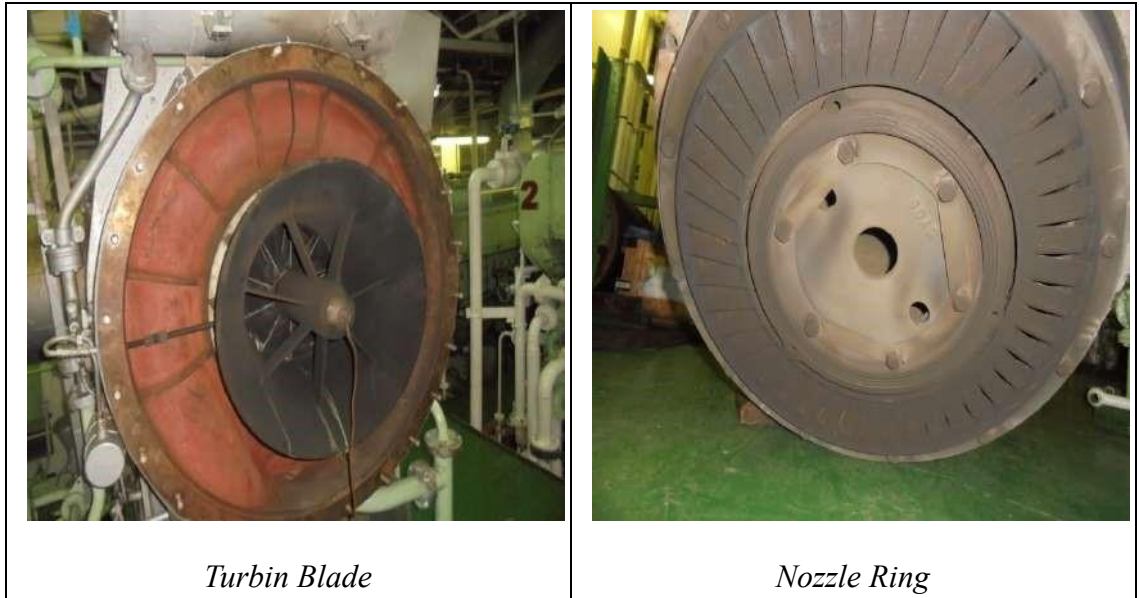
Dari ke 3 kemungkinan hal penyebab naiknya temperatur pada semua silinder dan dengan telah dilakukannya semua pengecekan secara aktual maka 2 faktor yang mempengaruhi adalah :

- a. Meningkatnya temperatur udara bilas karena fungsi pendinginan pada *air cooler* tidak maksimal.
- b. Terhambatnya aliran udara saluran gas buang atau udara bilas (*turbocharger*).

Dari kedua proses analisis di atas sudah sinkron bahwa *turbocharger* dan *air cooler* ada beberapa faktor penyebab dari kenaikan temperatur gas buang pada semua silinder yang mengakibatkan mesin harus diturunkan putaranya.

Analisis pada *turbocharger* :

Setelah kita lakukan pengecekan pada saluran gas buang diperoleh hasil bahwa pada *nozzel ring* dan sudu-sudu *turbin* banyak terdapat kotoran-kotoran yang menempel dan sangat keras.



Sumber Gambar: Dari Dokumentasi Foto Pribadi

Gambar 3.2

Kondisi *Nozzel Ring* dan *Turbin* dari *Turbocharge*

Selanjutnya kita lihat pada tabel 2 *finding chart* pada buku manual MB.4 Componen no.2 tentang Turbocharger TCA66-2 seperti di bawah ini.

Tabel 3.1 Fault-Finding Chart ( MB.4, Turbocharger TCA66-2 )

Sumber Tabel: Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

DEFICIENCIES POSSIBLE CAUSE	Exhaust temperature before turbine above admissible limit	Charge-air pressure or speed too low	Charge-air pressure or speed too high	Unusual noise	Sluggish start and short slowing time	Loss of lub. oil	Low lub. oil inlet pressure	Compressor surging	Turbocharger vibrating
Silencer fouled up	○	○						○	
Compressor dirty	○	○			○			○	
Turbine dirty			○					○	○
Nozzle ring dirty			○					○	
Air cooler dirty	○	○						○	
High intake air temperature	○								
Low intake air temperature								○	
Air manifold leaking	○								
Exhaust manifold leaking	○	○							
High pressure after turbine	○	○						○	
Faulty fuel injection	○		○						
Defective bearing		○		○	○				○
Turbine blades or compressor wheel damaged	○	○		○	○				○
Rotor contact		○		○	○				○
Foreign matter in turbine or compressor		○	○	○	○				○
Thrust or locating ring damaged						○			
Lub. oil leaking						○			
Lub. oil filter fouled up							○		
Excessive pressure in lub. oil discharge						○			
Scavenging or exhaust ports of engine fouled up	○								
Sealing air ineffective						○			
High lub. oil inlet temperature							○		

Dari tabel itu dapat kita simpulkan bahwa keadaan *turbin* dan *nozzle ring* yang kotor akan menyebabkan tekanan udara bilas yang dihasilkan menurun. Hal ini karena aliran gas buang terhambat melewati *nozzle ring* menuju *turbin* sehingga putaran turbin



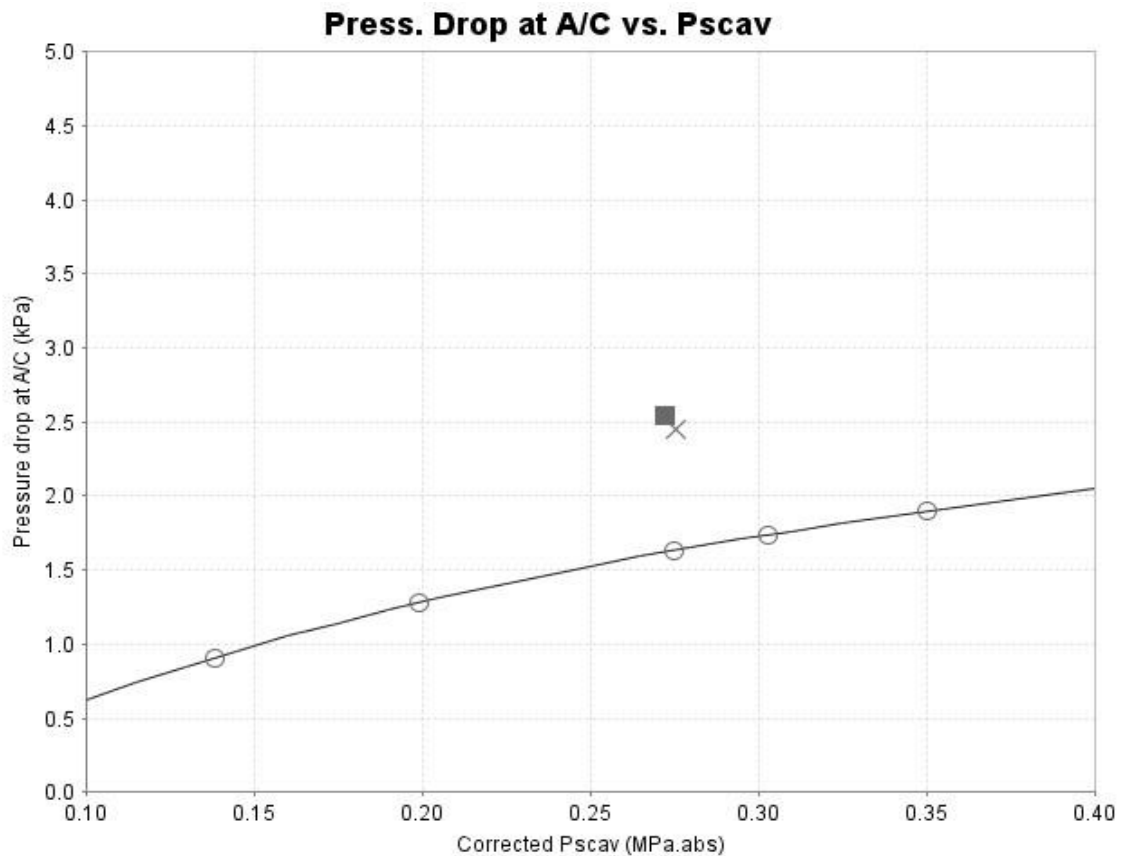
sedikit menurun. Akibatnya putaran *compressor* juga ikut turun dan isapan udara bilas juga ikut turun.

Menurunnya tekanan udara bilas pada saat mesin bekerja pada beban akan mengakibatkan beban panas yang berlebih pada ruang pembakaran. Hal itu terjadi karena dalam proses pembakaran dan pembilasan yang sempurna memerlukan perbandingan udara dan bahan bakar yang pas sesuai karakteristik mesin. Tekanan yang kurang berakibat pula dorongan udara saat pembilasan kurang sehingga ada sebagian kecil gas hasil pembakaran yang terkompresikan kembali dalam ruang bakar oleh torak sehingga panas yang ditimbulkan dalam proses pembakaran akan meningkat.

Jadi hasil analisis dapat disimpulkan bahwa turunya tekanan udara bilas yang disebabkan oleh kotornya *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* pada saluran gas buang pada *turbocharger* berakibat menurunnya putaran *turbin* dan menurunnya isapan *compressor blower*.

## 2. Temperatur udara bilas yang masuk kedalam slinder ruang pembakaran di atas standar/tinggi

Analisis pada *air cooler* didasari dari hasil pengecekan pengambilan nilai *press drop* pada *air cooler* pada saat beban mesin tinggi atau putaran 100 rpm. *Press drop air cooler* adalah alat ukur yang terpasang pada *air cooler* dimana berfungsi untuk mengetahui perbedaan tekanan pada sisi *air cooler* tekanan masuk dan keluar. Sesuai buku manual pada saat beban tinggi nilai maksimal adalah  $\leq 300$  mg/cm<sup>2</sup>. Tetapi setelah kita cermati dari hasil pengambilan *performance* mesin selama tahun 2022 nilainya selalu  $> 300$  mg/cm<sup>2</sup>. Bahkan saat temperatur gas buang tinggi dan mesin induk hanya mampu bertahan di putaran  $< 70$  rpm, nilai *press drop air cooler*  $> 500$  mg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengambilan *performance* mesin dapat dilihat pada lampiran 2. Dari data yang dikirim ke pihak *maker* mesin induk didapatkan hasil sesuai lampiran 3, yang mana dapat disimpulkan adanya kenaikan secara bertahap kondisi dari nilai *press drop air cooler*.



Sumber Gambar: Dari Buku Manual Mesin Induk

Gambar 3.3

#### Diagram Kondisi *Press Drop Air Cooler*

Dari diagram terlihat jelas bahwa terjadi kenaikan yang besar pada nilai *press drop Air cooler* (tanda kotak hitam), garis kurva adalah kondisi nilai normalnya.

Hal ini yang dijadikan analisis akhir untuk mengecek keseluruhan kondisi *air cooler*, yaitu saat kapal di *Tanjung Pelepas*, Malaysia, kita cek kondisinya secara menyeluruh pada sisi udara bagian masuk (atas) dan keluarnya (bawah) serta pada sisi pendinginya yaitu keadaan lubang-lubang pendingin air tawarnya. Hasil yang diperoleh adalah kondisi bagian bawah kisi-kisi *air cooler* mengalami korosi dan sebagian ada sisi yang buntu. Sedangkan pada lubang-lubang sisi pendingin air tawar ditemukan adanya kebuntuan 10 titik pada pipa- pipa tembaga *air cooler*.



Sumber Gambar : Dari Dokumentasi Foto Pribadi

Gambar 3.4

Kisi-Kisi dari *Air Cooler* Yang Korosi dan Rusak

## C. PEMECAHAN MASALAH.

### 1. Alternatif Pemecahan masalah.

Dari hasil analisis menurunnya tekanan udara bilas disebabkan karena kondisi *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* yang kotor akibat kotoran dari gas buang yang menempel, maka pemecahan yang dapat dilakukan dengan dua cara, mengingat operasional kapal yang padat oleh pihak penyewa kapal.

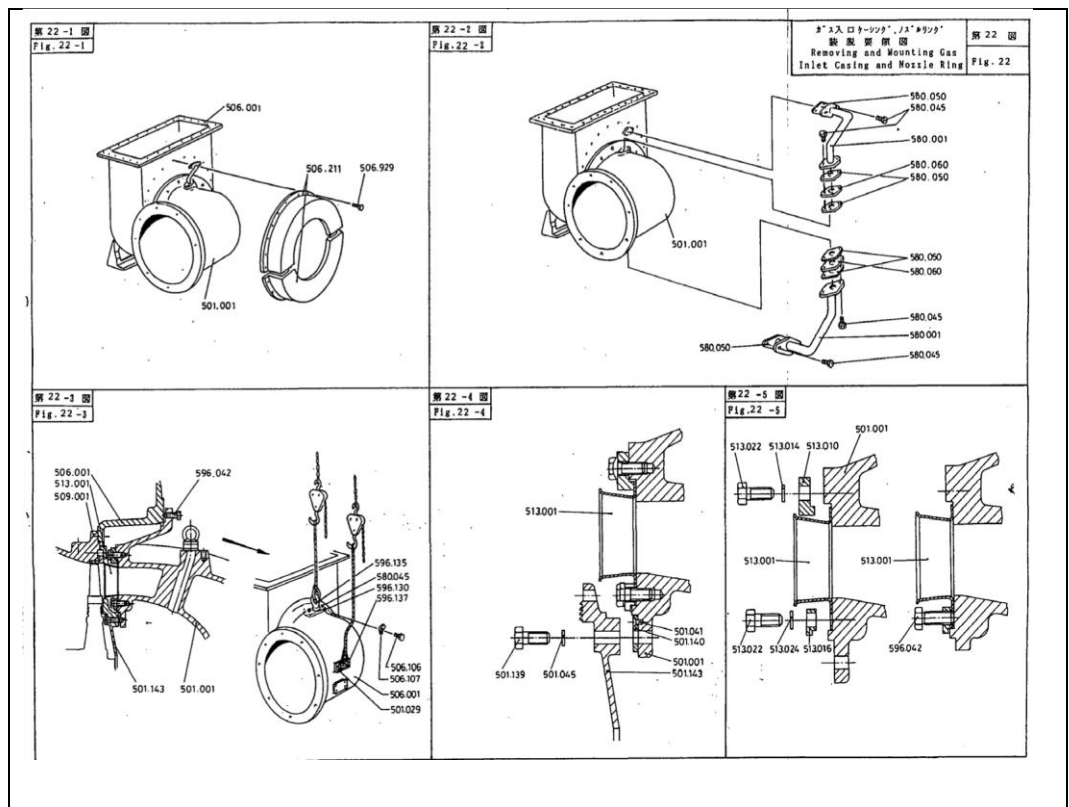
#### a. Menurunnya tekanan udara bilas yang di *supply turbocharge* di bawah standar

- 1) Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin* dengan membuka saluran gas buang masuk *turbocharger*.

Mengingat operasional kapal dan pihak penyewa tidak memberikan ijin perawatan pada *turbocharger* keseluruhan, maka pemecahan yang diambil adalah dengan hanya melakukan perawatan pada sisi saluran gas buang masuk *turbocharger* dan membersihkan bagian dari *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* yang kotor.

- a) Cara melepas *nozzle ring* dan *turbin* pada saluran gas buang :
- (1) Lepas alat ukur putaran turbin (*tachometer*) dan temperatur gas buang masuk turbin (*thermomete* )
  - (2) Lepas semua baut pengikat tutup *turbocharger* pada saluran gas buang.
  - (3) Lepas baut penghubung sambungan saluran gas buang dan tutup *turbocharger*.
  - (4) Lepas pipa-pipa instalasi untuk *turbin washing* masuk dan pipa drain.
  - (5) Lepas tutup *turbocharger* sisi gas buang dengan menggunakan *chain block* dengan hati-hati.
  - (6) Lepas *nozzle ring* yang terpasang pada tutup turbin dengan melepas semua baut pengikatnya.
  - (7) *Nozzle ring* dan turbin pada posisi bebas untuk dilakukan pembersihan dari karbon yang menempel.

Untuk lebih mudah memahami dapat dilakukan cara melepas *nozzle ring* dan turbin dengan melihat gambar di bawah ini :



Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

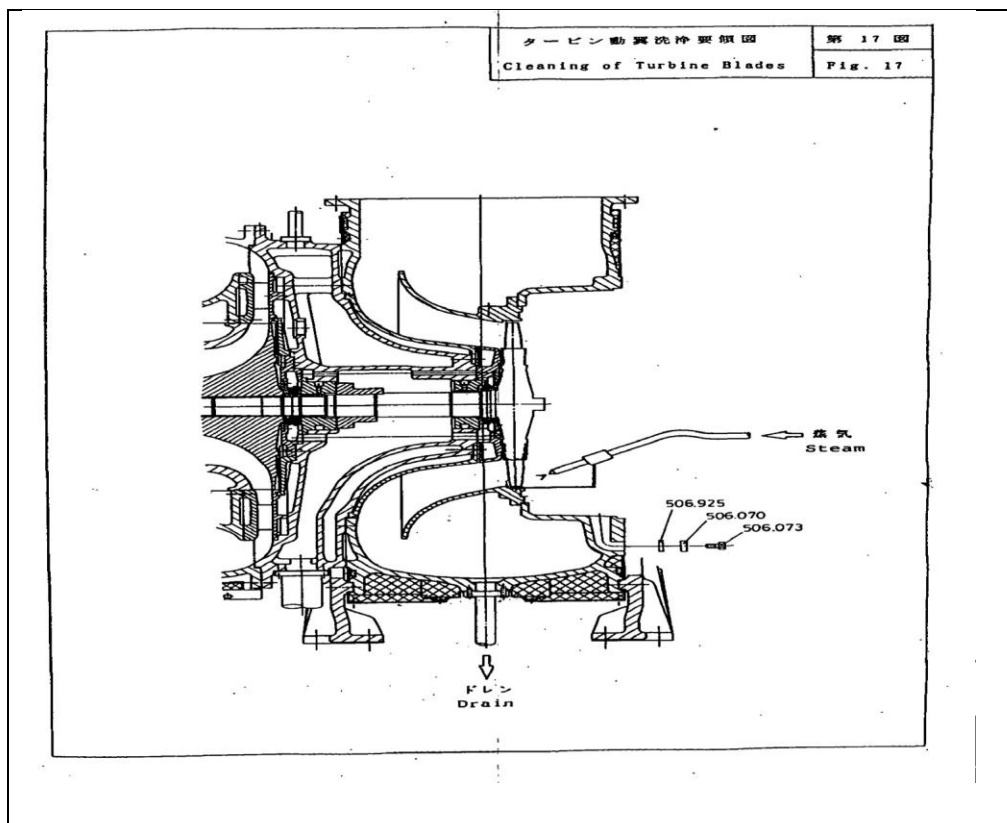
Gambar 3.5

Langkah-Langkah Membuka *Nozzle Ring* dari *Turbin*

b) Cara pembersihan *Nozzle Ring* dan *Turbin* :

(1) Cara pembersihan *Turbin*

Dalam posisi bebas dan aman bersihkan bagian *Turbin* dengan menyemprotkan gas dari ketel uap (*steam*) bertekanan pada sudut-sudut turbin secara merata dan kotoran terkelupas sedikit demi sedikit. Cara ini dilakukan untuk menjaga agar kisi-kisi turbin tidak terluka / rusak karena pukulan benda padat (bila dibersihkan menggunakan palu cipping, sikat kawat atau alat lainnya). Keberhasilan pembersihan dengan cara ini dapat dilihat dari putaran turbin yang bebas dan tidak adanya suara gesekan *Turbin* dengan rumah *Turbocharger*.



Gambar 3.6 Cara Pembersihan *Turbin Blade* dengan *Steam*

Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

(2) Cara pembersihan *nozzle ring*

Untuk *nozzle ring* pembersihan kotoran yang mengeras dilakukan dengan cara serupa yaitu dengan menyembrotkan *steam* bertekanan pada sudu-sudu *nozzle ring* untuk menghindari kerusakan. Akan tetapi karena kotoran yang mengeras dan banyak bisa dibersihkan dengan menggunakan *cipping* angin dan kawat baja tetapi dengan hati-hati jangan sampai terluka sudu-sudunya. Bersihkan semaksimal mungkin pada sisi-sisi yang susah dijangkau.

c) Cara memasang *nozzle ring* dan *turbin* pada saluran gas buang.

- (1) Pasang kembali *nozzle ring* pada tutup *turbin* dan ikat bautnya.
- (2) Pasang dengan hati-hati tutup *turbin* dengan menggunakan *chain block*, ujung *nozzle ring* harus tepat pada posisi depan *turbin*
- (3) Pasang semua baut pengikat tutup *turbin* dengan kencang dan seimbang
- (4) Sambungkan *flange* penghubung dengan saluran gas buang dan ikat semua bautnya secara seimbang.
- (5) Pasang pipa-pipa instalasi untuk *turbin washing* dan drain pipa-nya.
- (6) Pasang alat ukur putaran *turbin* (*tachometer*) dan pengukur temperatur gas buang masuk *turbin* (*thermometer*)

2) Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin blade* dengan cara pembilasan (*turbin washing*). Ada 2 cara yaitu :

a) Pembilasan kering (*dry cleaning*)

Pembilasan ini dilakukan dengan cara menyembrotkan benda padat berbentuk biji-bijian kecil seperti beras atau gandum (*grain*), ke saluran masuk sebelum *nozzel ring*. Penggunaan media itu agar ketika ikut aliran gas buang dapat terbakar dan tidak menyumbat pada pipa-pipa *economizer boiler*. Dilakukan pada saat mesin pada beban kerja / rpm *turbocharger* 10.000 – 14.000 atau tanpa mengurangi kecepatan putaran

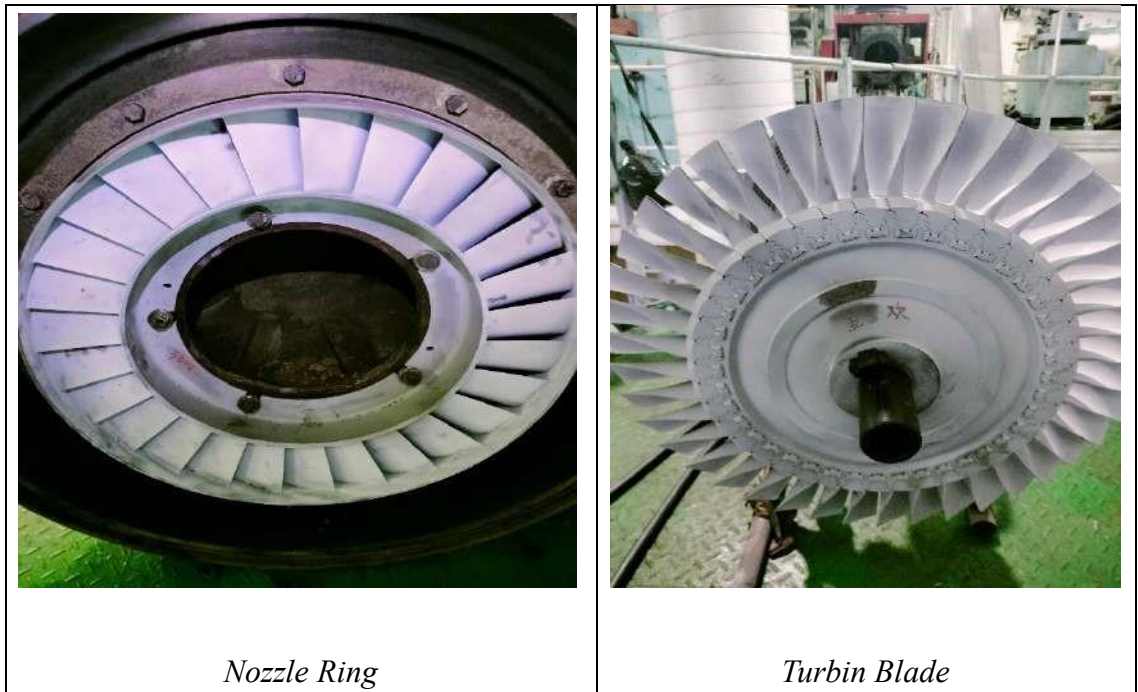
mesin. Banyaknya gandum setiap pembilasan untuk *turbocharger type TCA 66* adalah 1,5 liter. Pembilasan dengan cara ini bisa dilakukan tiap 24 – 50 jam kerja. ( *Manual Book*, 500.22 : 03 )

b) Pembilasan basah (*water cleaning*)

Pembilasan ini dilakukan dengan cara menyemprotkan air tawar ke saluran masuk sebelum *nozzle ring*. Dilakukan dengan menurunkan putaran mesin sampai putaran *turbocharger* 3400 rpm dan temperatur gas buang dibawah 200°C. Setelah putaran stabil sekitar 15 menit baru lakukan pembilasan dengan air tawar bertekanan 1.5 – 2 bar selama 10-15 menit. Setelah selesai jalankan mesin pada beban 25% selama 20 menit agar kondisi turbin benar-benar kering. Setelah itu naikan beban mesin pada beban kerja / putaran normal. Pembilasan ini bisa dilakukan tiap 100 jam kerja. ( *Manual Book*, 500.21 : 03 )

3) Pembersihan *Nozzle Ring* dan *Turbin* dengan cara *Overhaul Turbocharger*.

Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin* bersamaan dengan *overhaul* total *turbocharger* sangat dianjurkan untuk mengadakan pengecekan dan pengukuran pada bagian-bagian penting lain dari *turbocharger* tersebut, sehingga kerusakan bagian lain seperti bearing, shaft maupun sudu-sudu turbin dan kompressor dapat di hindari. Akan tetapi karena *overhaul turbocharger* harus dilakukan oleh teknisi yang telah mempunyai sertifikat dan ditunjuk oleh biro klasifikasi yang kapal gunakan, maka diperlukan perencanaan waktu dan persetujuan pihak penyewa kapal dan perusahaan.



Gambar 3.7 *Nozzle Ring* dan *Turbin* Setelah *Soft Blasting*

Sumber Gambar : Dari Dokumentasi Foto Pribadi

Pembersihan *nozzle ring* dan *turbin* akan sangat maksimal karena dapat di bersihkan dengan cara di rendam cairan pembersih dan juga *soft blasting*, sehingga hasilnya akan benar-benar bersih.

b. Temperatur udara bilas di atas standar

1) Pembersihan sisi air tawar dengan menggunakan *wire brush tube cleaner*

Pembersihan sisi air tawar *air cooler* dengan *wire brush tube cleaner* untuk membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada lubang pipa-pipa air pendingin

Cara pembersihan pada sisi air tawar adalah :

- a) Persiapkan terlebih dahulu alat-alat yang akan dipergunakan seperti *wire brush tube cleaner*, sikat plastic, ember, selang air, selang angin dan lainnya.
- b) Tutup kran air tawar masuk dan keluar dari *air cooler*.
- c) Buka *cover air cooler* sisi air tawar dengan menggunakan *chain block*, *wire* dan *sakle* sebelumnya dengan melepas baut-baut pengikat cover.



- d) Lakukan pembersihan dengan memasukkan *wire brush tube cleaner* kedalam pipa-pipa tembaga *air cooler* satu per satu dengan gerakan maju mundur.
  - e) Setelah dibersihkan semua pipa-pipa tembaga dengan menggunakan *wire brush tube cleaner*, bilas dengan menggunakan air tawar.
  - f) Periksa lubang-lubang dari pipa tembaga tersebut dari kerak atau kotoran yang mengakibatkan buntu.
  - g) Setelah dibilas dengan air tawar, bilas pipa –pipa tembaga tersebut dengan menggunakan angin agar kotoran-kotoran yang menempel dapat terangkat.
  - h) Bersihkan *zink anode* dari *air cooler cover* dari kotoran yang menempel dengan menggunakan sikat kawat .
  - i) Lapisi *air cooler cover* dengan *coating* agar tidak mudah berkarat.
  - j) Pasang *cover* pada bodi *air cooler* dengan benar.
  - k) Pasang baut-baut pada sisi-sisi *air cooler cover* dan kencangkan baut-baut tersebut.
  - l) Buka kembali kran-kran air laut masuk dan keluar *air cooler*.
- 2) Pembilasan *Air Cooler* dengan sirkulasi pada sisi udara bilas

Pembersihan sisi udara bilas dengan cara sirkulasi untuk membersihkan kotoran yang telah mengendap yang menyebabkan sebagian sisi kisi-kisi untuk pendinginan terjadi buntu. Media pembilasan adalah campuran air tawar dan cairan kimia pembersih dengan perbandingan 9 : 1. Chemical yang dianjurkan dan diperbolehkan adalah *Neos A*, *ACC-9*, *MG-Acc*, *Gamlen-Acc* dan *Gamlen 'H' Colvent*.

Cara pembilasan pada sisi udara adalah :

- a) Masukkan ke dalam tangki penampungan, air tawar dan chemical *ACC-9* sesuai dosis perbandingan campuran, aduk merata. Panas menggunakan steam pada pipa pemanasnya sampai temperatur  $< 75^{\circ}\text{C}$ . Cairan yang cukup panas akan mempermudah proses pelarutan kotoran selama sirkulasi.

- b) Periksa instalasi pipa untuk sirkulasi dari tangki penampungan sampe *air cooler*. Pastikan semua keran sistem terbuka, baik keran tekan ke *air cooler* maupun kran drainnya.
- c) Jalankan pompa sirkulasi dengan tekanan awal  $< 3\text{kg/cm}^2$  selama kurang lebih 15 menit sampai air kembalian dari *air cooler* kembali ke tangki penampungan.
- d) Lanjutkan sirkulasi dengan menaikkan tekanan pompa  $\pm 6\text{ kg/cm}^2$  selama 2-3 jam. Selama sirkulasi ambil lapisan kotoran (*oil film*) pada permukaan air di tangki penampungan agar tidak ikut terhisap pompa sirkulasi. Jaga temperatur air  $\pm 70^\circ\text{C}$
- e) Matikan pompa dan buang air penampungan lalu isi air penampungan dengan air tawar yang baru dan bersih untuk pembilasan tahap ke 2.
- f) Jalankan pompa sirkulasi lagi untuk proses pembilasan tahap 1 agar benarbenar bersih dari kotoran dan juga sisa-sisa air campuran cairan kimia. Lakukan selama 1 jam sampai air kembalian dalam tangki tidak lagi keruh.
- g) Setelah proses pembersihan secara sirkulasi selesai, tutup kran tekan tetapi tetap buka kran drain agar sisa air dapat keluar dari dalam *air cooler* sehingga ketika mesin mulai berjalan kisi-kisi pada sisi udara bilas benarbenar kering.
- h) Pembersihan secara sirkulasi ini normalnya dilakukan tiap 1000 jam kerja, akan tetapi bisa tiap bulan jika masih kotor (pembacaan nilai *press drop air cooler* masih tinggi /  $> 300\text{ mg/cm}^2$ )

## 2. Evaluasi Alternatif Pemecahan Masalah.

### a. Menurunkan tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah standar :

- 1) Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin* dengan membuka saluran gas buang masuk *turbocharger*.

a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :

- (1) Waktu yang dibutuhkan untuk pembersihan  $\pm$  10 jam
- (2) Permasalahan dapat segera teratasi walaupun tidak 100% pembersihan optimal.
- (3) Putaran mesin induk dapat dinaikkan karena tekanan udara bilas dapat naik.
- (4) Keterlambatan kapal sampai pelabuhan yang dituju tidak bertambah lama.

b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :

- (1) Pembersihan tidak optimal.
- (2) Waktu pembersihan terburu-buru dan saluran gas buang masih panas karena mesin baru jalan sehingga di butuhkan kehati-hatian saat bekerja.
- (3) Permasalahan teratasi tapi sifatnya hanya sementara, kemungkinan akan terjadi lagi dalam beberapa hari operasional kapal.

2) Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin* dengan cara pembilasan (*turbin washing*).

a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :

- (1) Pelaksanaan dapat dilakukan pada saat kapal berjalan dan waktu yang singkat.
- (2) Pekerjaan relatif ringan karena sistem pembilasan *turbin* telah ada.

b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :

- (1) Pembersihan tidak optimal terutama jika kotoran telah mengeras, perlu dilaksanakan berulang kali tiap mendapatkan hasil yang maksimal.

- (2) Penggunaan *grain* yang sering saat turbin washing dapat menimbulkan bunga api pada *economizer*.
- 3) Pembersihan *nozzle ring* dan *turbin* dengan cara *overhaul* satu set *turbocharger*.
- a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :
- (1) Pembersihan optimal, kinerja *turbocharger* kembali optimal.
  - (2) Mesin Induk akan dapat beroperasi optimal.
- b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :
- (1) Pekerjaan tidak dapat segera dilaksanakan saat *voyage* itu juga, karena perlu persetujuan biro klasifikasi, penyewa kapal dan divisi teknis perusahaan (*superintendent*)
  - (2) Karena perencanaan yang lama membuat kapal akan terus berjalan pada putaran mesin rendah, sehingga keterlambatan dan kerugian bertambah besar serta penyewa akan memutus kontrak.

**b. Temperatur udara bilas yang masuk kedalam silinder ruang pembakaran tinggi/di atas standar :**

- 1) Pembersihan *air cooler* dengan *wire brush tube cleaner* pada sisi air tawar
- a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :
- (1) Pekerjaan dapat dilakukan tiap kapal di pelabuhan maupun saat kapal berlabuh.
  - (2) Pekerjaan dapat dilakukan dengan cepat  $\pm 2$  jam
- b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :
- (1) Pembersihan tidak maksimal karena kotoran yang menempel pada sisi pipa-pipa tembaga tidak dapat terangkat dengan sempurna dan masih menyisakan kotoran di dalamnya.

- (2) Pembersihan dengan *wire brush tube cleaner* harus dilakukan dengan hati-hati kalau tidak, pada saat pembersihan *wire brush tube cleaner* akan tertinggal di dalam pipa tembaga *air cooler* yang akan mengakibatkan di dalam *air cooler* itu sendiri.
- 2) Pembilasan *air cooler* dengan sirkulasi pada sisi udara bilas.
  - a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :
    - (1) Pekerjaan dapat dilakukan tiap kapal di pelabuhan maupun saat berlabuh, dan waktu pelaksanaan < 6 jam.
    - (2) Pekerjaan relatif ringan karena sistem sirkulasi telah ada.
  - b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :
    - (1) Pembersihan tidak maksimal kalau kotoran telah mengeras pada bagian kisi-kisi udara, dan harus dilakukan berulang sampai nilai pembacaan *press drop air cooler* saat beban mesin tinggi < 300 mg/cm<sup>2</sup>.
    - (2) Terlalu sering pembilasan akan dapat merusak kisi-kisi udara *air cooler* yang telah korosi. Perawatan normal tiap 3 bulan sekali atau 1000 jam kerja.

### 3. Pemecahan Masalah Yang Dipilih.

#### a. Menurunkan tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah Standar

Dengan pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* dengan membuka pipa saluran gas buang masuk *turbocharger*.

Setelah *nozzle ring* terlepas, dan dalam kondisi bebas kemudian di bersihkan dengan cara menyembprotkan gas dari ketel uap (*steam*) bertekanan pada bagian *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* secara merata agar kotoran kotoran yang menempel terlepas sedikit demi sedikit. Cara ini dilakukan agar *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* tidak terluka/rusak karena pukulan atau tergores benda padat (bila pembersihan menggunakan palu *cipping* sikat kawat dan lainnya).

**b. Temperatur udara bilas yang masuk kedalam silinder ruang pembakaran di atas standar/tinggi**

Dengan membersihkan *air cooler* sisi air tawar dan sisi udara dengan cara menggunakan *wire brush tube cleaner* pada bagian lubang pipa air pendingin hal ini dilakukan agar aliran air pendingin pada *air cooler* dapat mengalir dengan lancar dan dapat mendinginkan udara yang masuk ke *air cooler* dengan baik. Sedangkan pada pembersihan pada sisi udara bilas dilakukan dengan cara menyemprotkan cairan kimia *ACC-9* yang di campur dengan air ke semua kisi-kisi *air cooler* dan disirkulasikan secara terus menerus sampai kotoran yang menempel pada kisi-kisi *air cooler* keluar, agar aliran udara yang masuk ke sisi udara dapat menyuplai kebutuhan Mesin Induk dengan maksimal dengan temperatur normal sehingga Mesin Induk dapat beroperasi secara optimal

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian-uraian pada bab-bab sebelumnya yang telah dijabarkan dan selanjutnya melalui tahap-tahap pembahasan dan penganalisaan serta pemecahan masalah, maka dapatlah ditarik beberapa kesimpulan-kesimpulan yang diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Menurunnya tekanan udara bilas yang di suplai *turbocharger* di bawah standar dikarenakan adanya kotoran-kotoran dari gas buang hasil pembakaran pada *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* yang mengakibatkan aliran gas buang terhambat dan tidak maksimal, putaran turbin menurun sehingga putaran kompressor blower juga ikut turun, daya isap menurun dan berakibat menurunnya tekanan udara bilas yang dihasilkan *turbocharger*. Maka perlu adanya dilakukan pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* dengan cara membuka pipa saluran gas buang yang masuk *turbocharger*; dan kemudian melepas *nozzle ring* untuk dibersihkan pada bagian sudu-sudu *nozzle ring* dan *turbin* dengan menggunakan gas uap bertekanan atau *steam* agar kotoran-kotoran yang menempel pada sudu-sudu *nozzle ring* dan *turbin* lepas, sehingga dapat mengalirkan udara dari gas buang menuju *air cooler* secara maksimal.
2. Menurunnya temperatur udara bilas diatas standar dikarenakan kisi-kisi udara pada sisi udara *air cooler* sebagian kotor dan terdapat bagian yang korosi akibat adanya kotoran masuk bersama udara bilas, perawatan pembersihan sisi udara dengan cara sirkulasi menggunakan cairan kimia *ACC-9* dan perawatan pembersian sisi pipa pendingin air tawar menggunakan *wire brush tube cleaner* agar aliran air pendingin yang masuk ke dalam *air cooler* dapat mengalir dengan lancar.

## B. SARAN - SARAN

Dari uraian singkat dari kesimpulan di atas maka dapatlah diambil beberapa saran sebagai masukan bagi pihak-pihak terkait dalam upaya mengurangi bahkan menghilangkan sama sekali kemungkinan masalah serupa yang dapat timbul di kemudian hari. Adapun saransarannya sebagai berikut:

1. Ditujuhkan kepada pihak kapal agar dapat mempertahankan tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* dengan melakukan :
  - a. Perawatan pada *turbocharger* secara optimal saat kapal berlayar yaitu dengan rutin melaksanakan pembilasan pada sisi gas buang dan sisi blower *compressor* setiap 24-50 jam kerja mesin.
  - b. Jika mesin induk bekerja pada *economical speed* dalam waktu yang lama, minimal dalam satu hari lakukan pembilasan (*flushing*) saluran gas buang dan *economizer boiler* dengan cara menaikkan putaran mesin sampai putaran maksimal selama 1 jam setiap hari.
  - c. Perlunya peningkatan disiplin kerja dalam melaksanakan perencanaan perawatan yang telah ditentukan, agar Mesin Induk dapat bekerja secara optimal menunjang kelancaran operasional kapal.
3. Untuk menjaga temperatur udara bilas yang masuk kedalam silinder ruang pembakaran tinggi/di atas standar dengan melakukan pembersihan bagian sisi udara *air cooler* dengan menggunakan cairan kimia *ACC-9* yaitu dengan cara menyemprotkan kedalam kisikisi *air cooler* kemudian disirkulasi secara terus menerus sampai bersih, dan disisi air tawar dilakukan pembersihan dengan menggunakan *wire brush tube cleaner* secara berkala agar saluran pipa air pendingin berjalan lancar, sehingga dapat mendukung pendinginan sistem udara bilas agar dapat bekerja secara maksimal.



## DAFTAR PUSTAKA

<http://www.IMarE.com>, 2012, *Abb Turbo Systems Ltd of baden, Swisterland, sirkuler Gard loss Prevention no. 01-01. HR. 01*

<http://www.maritimeword.com>, 2011 *Mesin Diesel Penggerak utama*

*Manual Book volume 3, Code Book*, STX Man Diesel

*Manual Book volume 4, Fitting and Assesories* STX Metal-Man  
Turbocharger type TCA66-2

Poerwadarminta, W.J.S., 1997, *Kamus Umum Bahasa Indonesia*, Jakarta : Balai Pustaka

Sehrawat,M.S dan Narang, J.S., 2001, *Production Management*, Nai Sarak  
Dhanpahat RAI Co.

Assauri, Sofyan, 2008, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Jakarta : Universitas Indonesia.

Sukoco dan Arifin, 2013, *Tehnologi Motor Diesel*, Jakarta , Alfabeta

Wiranto dan Korchi Studa, 2002, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Jakarta, Pradnya Paramita



# Lampiran 1. Ship Particular

SHIP'S PARTICULARS

Revision : Jul -22nd, 2022

GENERAL		DIMENSIONS			
Ship's Name	MAERSK NORDDAL	L.O.A	171.93 m		
Port of Registry	PANAMA	L.B.P.	165.00 m		
Nationality	PANAMA	Breadth	32.20 m		
Official No	52403-21	Depth	16.80 m		
IMO No	9894674	Draught	10.016 m		
Call Sign	3EZM8	Bow To Bridge	128.69 m		
Ship's Type	CONTAINER SHIP, CAP.2086 TEU	Aft to Bridge	43.24 m		
Hull No	S-969	BOW THRUSTER	937KW / 1250HP.		
Gross Tonnage	25805 tons				
Net Tonnage	7742 tons	STRENGTH			
Deadweight	28697 tons	Hatch cover	20'40'45'/MIXED 81/150/150/200 MT		
VSAT Tel	+1-929-4817-240	Cross deck	N/A		
Inm-FBB Fax & Inm- FBB Tel	+870-783-294-394 / +870-773-946-418	Upper deck side	N/A		
Inm-C	437-259-610	Tank top	27MT/31MT/UNIT 162/186MT/STACK		
DSC MMSI	372596000	EQUIPMENT AND OUTFIT			
Ship's Email	maersknorddal@smtech.dualog.net	Anchor	Type :		
Classification / Class No.	CLASS NK / 211110		Port	6330 KG/12 S	STBD
Built by	IMABARI	Chain	Flush butt welded stud link, 76 mm diam. X 660.0 M		
Date of Keel Laid	2020	Mooring rope	67ø X 200 M X 10		
Date of Delivery	18 JUNE 2021	Lifeboat	Enclosed type L : 5.00m, B: 2.26 m, D: 1.10 m, 25 Person (stbd)		
Last dry dock	-	Life & Rescue boat	Enclosed type L : 5.00m, B: 2.26 m, D: 1.10 m, 25 / 6 Person (pld)		
COMPANIES CONCERNED		NAVIGATION			
Registered Owners	LOS HALILOS SHIPPING Co., S.A.	Propeller type			
Charterers	MAERSK A/S	ECDIS	JRC / JAN-9201 (2SET)		
P&I Club	JAPAN P&I	ENGINE			
Hull & Machinery Insurance	MITSUBI SUMITOMO Insurance Co.,Ltd.	Main Engine	MITSUBI-MAN B&W 6S60ME-C10.5		
Ship Management company (Korea)	SMTECH Ship Management Co.,Ltd.	Generator Engine	Brushless A. C. Generator X 3 sets		
	Tel : +82-51-441-5095	Auxiliary Boiler	Vertical Type composite boiler (GK2430) X 1 set		
	Fax : +82-51-441-5094	DECK MACHINERY			
	CSO & DP : Mr. Park, Gi-cheol	Item	No.	Type	Capacity
Manning company (Japan)	Email : smtech@smtechsmc.com	Windlass	2	Elec. Hyd	332.9 kN X 9 m/min, 147.0 kN X 15 m/min
	Toei Japan Ltd.	Mooring winch	2	Elec. Hyd	147 kN X 15 m/min
	Tel : +81-78-332-6463	Deck crane	2	Elec. Hyd	147 kN X 15 m/min
	Fax : +81-78-391-4970		Maker	40.0 T X 30.0 M	
Manning company (Indonesia)	Email : crew@toei-japan.co.jp	Acc. ladder winch	2	Elec. Motor	2.2 kW
	PT. KSM Indonesia	Pilot Ladder winch	2	Air motor	2.6 kW
	Tel : +62-21-22-454-555	Steering gear	1	Elec. Hyd	844 kN-m , 11 kW X 2
	Fax : +62-21-290-788-43	Provision crane	1	Elec. Motor	0.9 T X 4 m (Outreach)
Email : ksm@ksmindonesia.co.id	1		Elec. Motor	0.9 T X 4 m (Outreach)	
		Boat winch	1	Elec. Motor	3.7 kW X 4 P (S side)
			1	Elec. Motor	18.5 kW X 4 P (P side)
SEVERAL INFORMATION (DEADWEIGHT, DRAUGHT AND FREEBOARD TABLE)					
Item	Mark	Freeboard	Draught	Deadweight	Displacement
		(mm)	(m)	(MT)	(MT)
Tropical FW	TF	6,415	10.426	29.688	40.362
Fresh Water	F	6,623	10.218	28.695	39.369
Tropical	T	6,617	10.224	29.709	40.373
Summer	S	6,825	10.016	28.697	39.361
Winter	W	7,033	9,808	27.690	38.364
Winter North Atlantic	WNA	7,033	9,808	27.690	38.364

CAPT. DWANANTOARWIBOWO  
MASTER



## Lampiran 2. Crew List

### IMO CREW LIST

Page 1 of 1

1. Name of Ship/Call Sign/IMO Number <b>MV MAERSK NORDDAL / 3EZM8 / 9894674</b>				2. Port of Arrival : <b>JAKARTA</b>		3. Date of Departure: <b>MAY 2024</b>				
4. Nationality of ship <b>PANAMA</b>				5. Next Port: <b>TANJUNG PELEPAS</b>		6. Nature & No. of Identity Document (Seaman's Identification Record Book)		7. Nature & No. of Identity Document (Passport)		
9. No.	10. Family Name, Given Names	11. Sex M F	12. Rank or Rating	13. Nationality	14. Date & Place of Birth	15. Date & Place of Embarkation	No.	Exp	No.	Exp
01	DWI ANANTO ARIWIBOWO	M	MASTER	Indonesia	1985.APR.29 PURBALINGGA	11-Sep-2023 JAKARTA	No: I049215 Exp: 2026.OCT.05	No: C8676891 Exp: 2027.MAR.31		
02	DIKDIK ROSMANDIKA	M	C/O	Indonesia	1984.JUL.16 CIAMIS	26-Sep-2023 JAKARTA	No: G027260 Exp: 2026.JAN.08	No: E0787692 Exp: 2027.OCT.04		
03	NURHADI ANUGRAH	M	2/O	Indonesia	1994.JUN.13 UJUNG PADANG	14-Oct-2023 JAKARTA	No: F342148 Exp: 2025.MAR.19	No: E3880190 Exp: 2033.JUL.07		
04	PANJI RINALDI	M	3/O	Indonesia	1999.MAY.19 CILACAP	11-Sep-2023 JAKARTA	No: I005890 Exp: 2026.JAN.27	No: E2769474 Exp: 2033.FEB.22		
05	ASRUL TANJUNG	M	C/E	Indonesia	1975.FEB.18 BINJAI	14-Oct-2023 JAKARTA	No: I077049 Exp: 2026.AUG.25	No: E4317310 Exp: 2033.JUL.25		
06	JUNJUNAN TEGUH RISWANDA	M	1/E	Indonesia	1988.MAY.27 BANDUNG	11-Sep-2023 JAKARTA	No: I057074 Exp: 2026.JUN.05	No: E3007405 Exp: 2033.MAY.16		
07	ALFEBTRA ANDANA	M	2/E	Indonesia	1994.FEB.14 KUTACANE	14-Oct-2023 JAKARTA	No: F304222 Exp: 2024.DEC.09	No: E1223195 Exp: 2032.NOV.30		
08	YUDHI KARYA	M	3/E	Indonesia	1995.MAY.30 POMPAKNIKI	11-Sep-2023 JAKARTA	No: H067390 Exp: 2025.SEP.21	No: E4377242 Exp: 2033.AUG.07		
09	ACHMAD SULAIMAN	M	BOSUN	Indonesia	1980.JAN.14 BANGKALAN	11-Sep-2023 JAKARTA	No: I076471 Exp: 2026.AUG.15	No: C8096814 Exp: 2026.AUG.12		
10	ANDY PRASETYO UTOMO	M	AB/A	Indonesia	1992.MAY.20 SEMARANG	14-Oct-2023 JAKARTA	No: I031441 Exp: 2026.MAY.12	No: C8540802 Exp: 2027.MAR.31		
11	ARRYO YUDHISTIRA INDRA BUMI SUHARTO	M	AB/B	Indonesia	1980.JUL.30 TEGAL	14-Oct-2023 JAKARTA	No: I060219 Exp: 2026.JUL.06	No: E3111645 Exp: 2033.JUL.11		
12	MUSLIADI NURDIN	M	AB/C	Indonesia	1993.AUG.07 WAITUO	11-Sep-2023 JAKARTA	No: F130129 Exp: 2025.APR.12	No: E4792220 Exp: 2033.AUG.22		
13	MUJI ANSOR	M	OS/A	Indonesia	1981.APR.22 BANGKALAN	14-Oct-2023 JAKARTA	No: I048375 Exp: 2026.APR.12	No: C7308189 Exp: 2025.JUL.27		
14	MULKI SUDIRMAN	M	OS/B	Indonesia	1994.MAY.04 SAMPANO	11-Sep-2023 JAKARTA	No: F198414 Exp: 2025.NOV.23	No: E4414852 Exp: 2033.AUG.09		
15	ANKI VEBRIANTORO	M	OILER/A	Indonesia	1982.MAY.10 BANGKALAN	14-Oct-2023 JAKARTA	No: F291780 Exp: 2024.OCT.09	No: E4317370 Exp: 2033.JUL.27		
16	SUPOMO SUPARMAN	M	OILER/B	Indonesia	1984.JUN.12 KARAWANG	14-Oct-2023 JAKARTA	No: F113523 Exp: 2025.MAR.02	No: X2191611 Exp: 2033.JUN.14		
17	INDRA CAHYADI	M	OILER/C	Indonesia	1979.SEPT.08 JAKARTA	22-May-2024 JAKARTA	No: F294414 Exp: 2026.NOV.06	No: C7181253 Exp: 2025.OCT.16		
18	UDJIYANTO M KADHAS	M	C/COOK	Indonesia	1977.MAR.20 PALOPO	14-Oct-2023 JAKARTA	No: I044017 Exp: 2026.JUL.06	No: C7793956 Exp: 2026.MAR.25		
19	CHOIRUL ANAM	M	M/MAN	Indonesia	1993.OCT.26 BANGKALAN	11-Sep-2023 JAKARTA	No: G040760 Exp: 2025.DES.29	No: E3996245 Exp: 2033.JUL.13		
20	MUHAMMAD WILDAN	M	D/CDT	Indonesia	1999.JUN.10 UJUNG PADANG	14-Oct-2023 JAKARTA	No: F337209 Exp: 2025.JUN.29	No: C7030781 Exp: 2025.JUL.13		

16. Date and signature by Master, Authorized Agent or Officer:


  
**CAPT. DWI ANANTO ARIWIBOWO**  
**MASTER OF MV MAERSK NORDDAL**

## Lampiran 3. Gambar Dimensi *Turbocharger*

3.1.2

MAN Diesel

Turbocharger

### Dimensions and Connections

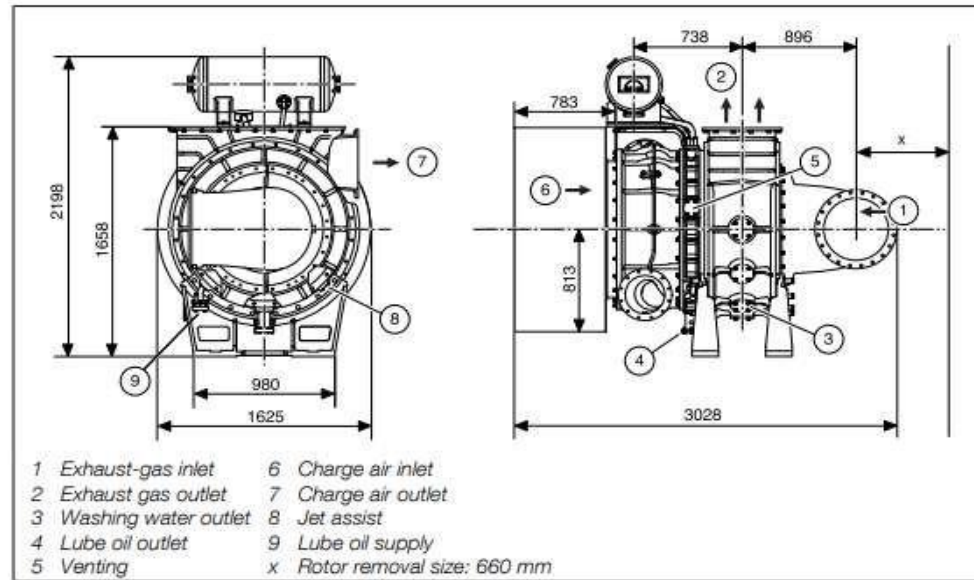


Figure 1: Main dimensions, TCA66 with 90° gas-admission casing

Technical Data  
TCA66-2







## Lampiran 4. Jadwal Perawatan *Turbocharger*

MAN Diesel

6.3.1

### Maintenance Schedule

#### Turbocharger on the Two-stroke Engine

1, 2, 3					per	24	150	250	3000	12000	24000
<b>Inspection (during operation)</b>											
901	Check turbocharger for unusual noise and vibrations.	A	1	0,1	Turbo	X					
903	Check turbocharger and system pipes for leaks (charge air, exhaust gas, lubricating oil)	A	1	0,2	Turbo	X					
905	Check all the fixing screws, casing screws and pipe connections for tight fit.	7.2.1	1	1	Turbo			2	X		
<b>Maintenance (during operation)</b>											
911	Clean turbine - Dry clean, if available	500.22	1	0,3	Turbo	1					
913	Clean turbine - Wet clean, if available	500.21	1	1	Turbo			1			
915	Clean compressor (during operation)	500.23	1	0,3	Turbo		1				
917	Clean air filter (if available)	500.24	1	0,4	Turbo			1			
<b>Maintenance (in common with an engine maintenance)</b>											
931	Clean and check compressor casing, insert, diffuser and compressor wheel (visually check and clean, as required). Establish operational readiness of the turbocharger again.	500.41 500.42 500.43	2	4	Turbo					X	
941	Check thrust bearing, counter-thrust bearing, bearing disk	500.46	1	2	Turbo					X	
951	Major overhaul 24 000 ... 30 000 operating hours: Dismantle, clean and check all components of the turbocharger. Check gaps and clearances upon assembly	500.32 500.33 500.34 500.41 500.42 500.43 500.44 500.45 500.46 500.51 500.52 500.53 500.54 500.55 500.56 500.57 7.2.2	2	20	Turbo						X

#### Maintenance Schedule, Legend

24 ... 24000	Repetition intervals in operating hours
X	Maintenance work due
1	As required/depending on condition
2	Checking of new or overhauled parts required (once after the mentioned time)
A	No work card required/available

Maintenance

Maintenance  
TC/A66-2



## Lampiran 5. Gambar Diagra Membersihkan Turbin Dengan Air

500.21

MAN Diesel

Cleaning

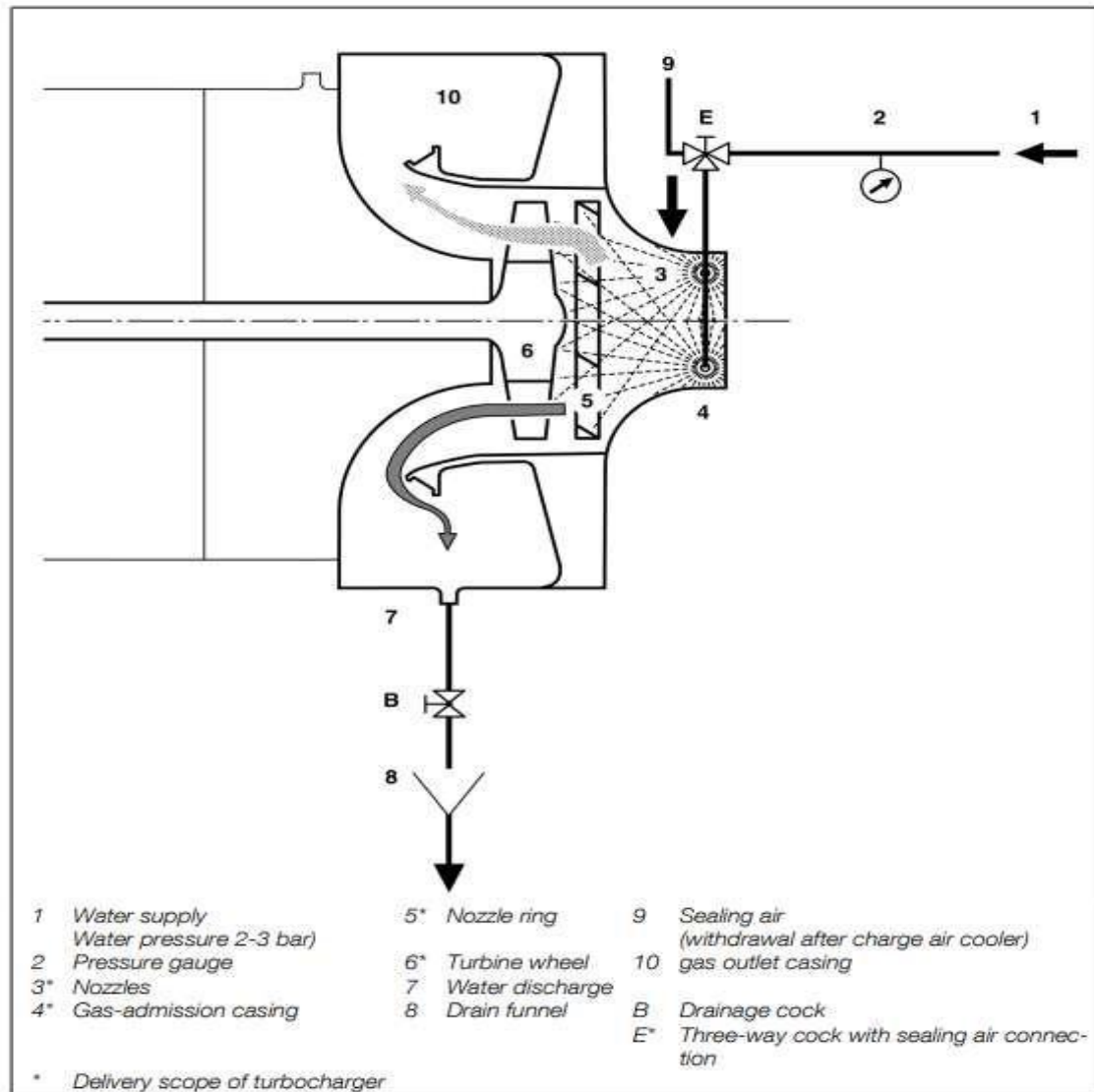


Figure 1: Diagram, wet cleaning of the turbine

### NOTICE

Amount and layout of the washing nozzles (3) depends on the engine type and can vary from the illustration.

Work Cards  
TCA66

## Lampiran 6. Gambar Diagram Membersihkan Turbin Dengan Serbuk

500.22

MAN Diesel

Cleaning

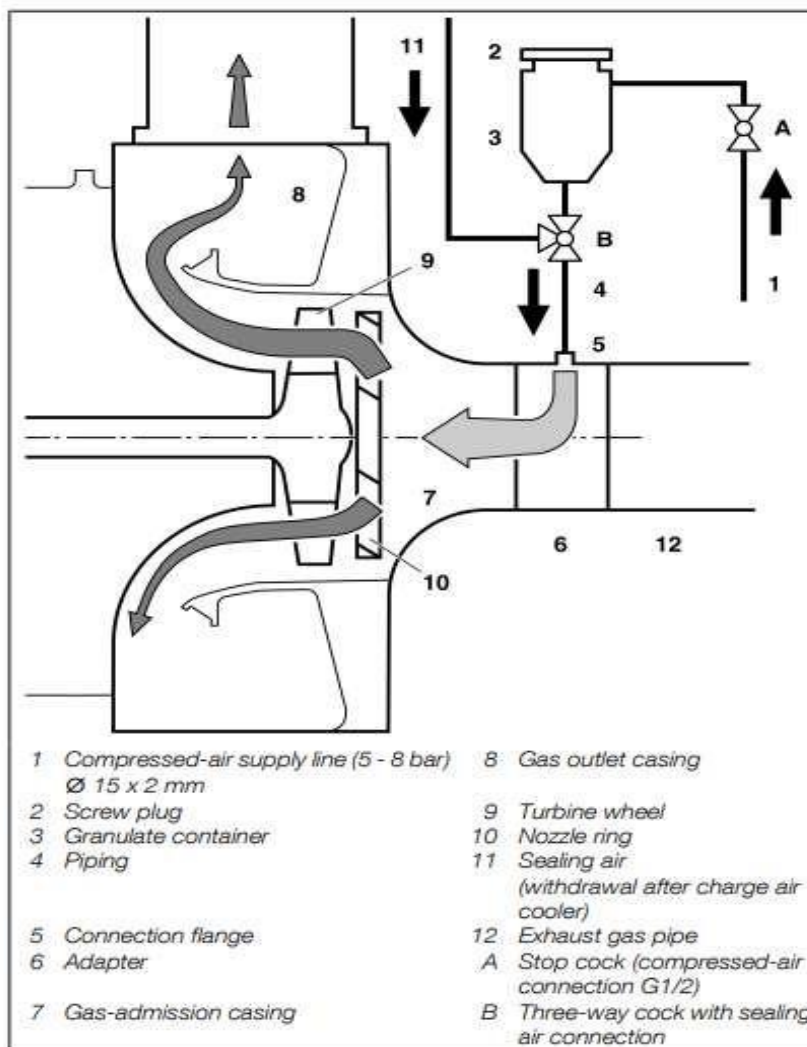


Figure 1: Diagram, dry cleaning of the turbine

General

The exact layout of the components depends on the engine type and can vary from the illustration.

### NOTICE

#### Type and source of the hazard

The connection flange (5) can be attached either at the adapter (6) of the exhaust gas pipe (12) or directly at the gas-admission casing (7).

### Work Sequence – Dry Cleaning of Turbine (during Operation)

Work Steps

1. Stop cock (A) must be shut.



## Lampiran 7. Buku Manual Cara Membersihkan Air Cooler Sisi Udara



### Air Cooler Element Overhaul

910-1.3

#### Cleaning the air side:

The air side of the cooler is cleaned by injecting a chemical fluid through the spray pipe arrangement fitted to the air chamber above the cooler element.

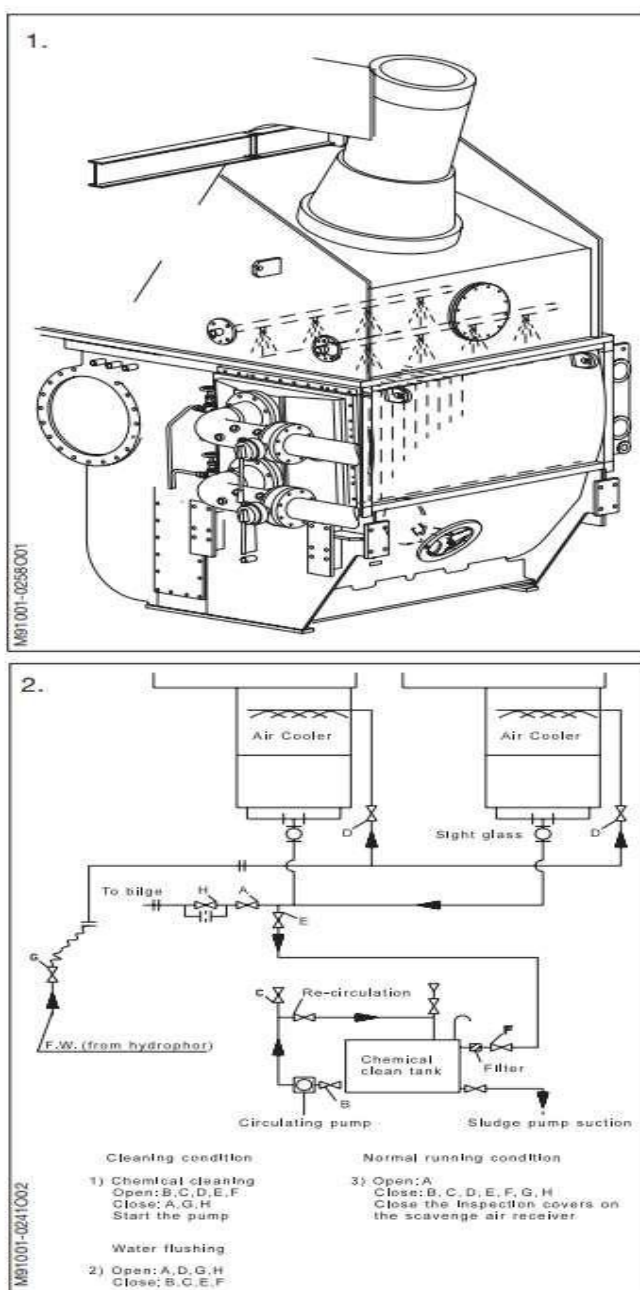
It is recommended to use one of the following cleaning fluids, or a similar product.

1) Product: ACC 9, produced by Drew Chemical Corp., New York, USA

2) Product: 80B, produced by Vecom Int., Maassluis, Holland

Cleaning should be carried out in the following sequence:

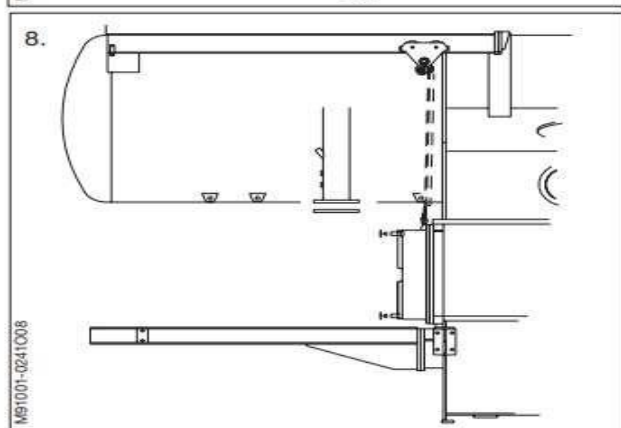
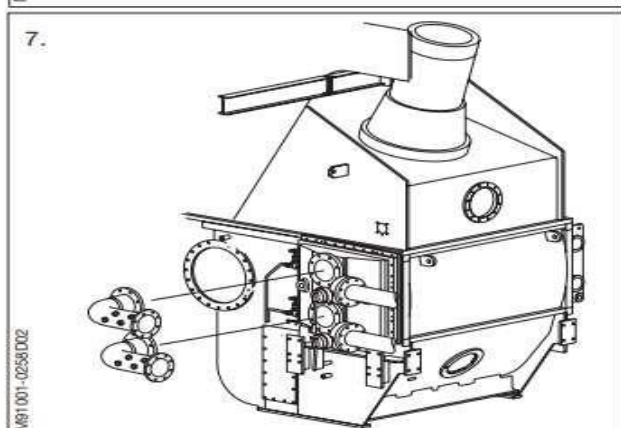
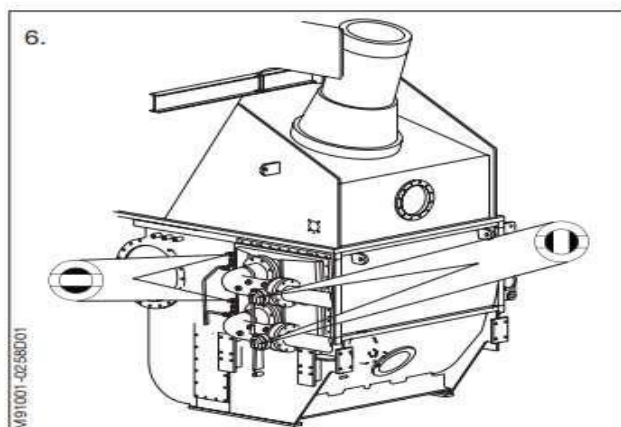
1. Do not start cleaning until the engine has been at a standstill for about 30 minutes. Do not disconnect the compressed air supply to the exhaust valve.
2. Follow the detailed cleaning instructions displayed at the cleaning pipe on the engine. To ensure satisfactory spraying of the cleaning fluid, the circulating pump pressure must be at least 0.7 bar.
3. Continue the cleaning process for at least 30 minutes. The time required depends on the frequency with which cleaning is carried out and on the chemical product used.
4. After cleaning, flush the cooler with clean water until the water appearing in the sight glasses is clean and pure.
5. Inspect the element as described in *Procedure 910-1.1*.



## Lampiran 8. Buku Manual Cara Membersihkan Air Cooler Sisi Air

910-1.3

### Air Cooler Element Overhaul



#### Cleaning the water side

6. Close the cooling water inlet and outlet valves. Open the drain cocks on the water inlet/outlet cover to drain off the cooling water.
7. Dismount the cooling water inlet and outlet pipes from the water inlet/outlet cover.
8. Screw two eye bolts into the upper flange of the water inlet/outlet cover. Mount a lifting wire rope between the eye bolts.

Mount a travelling trolley on the beam above the water inlet/outlet cover.

Mount a tackle between the travelling trolley and the lifting wire rope. Tighten up the tackle.

## Lampiran 9. Rekomendasi Cairan pembersih *Air Cooler*

### V-3. Recommended chemical agent and supplier

	Chemical	Supplier
FOR WATER SIDE	SAF-ACID	= Drew Ameroid Japan Co., Ltd. Minato Ise Bldg. 12-1, 3-Chome, Kaigan-Dori, Naka-ku, Yokohama-si, Kanagawa-Ken, 231, Japan Phone : 045 - 212 - 4741 Faxsimile : 045 - 212 - 4754 = Drew-Chemical
FOR AIR SIDE	ACC9	= Drew Ameroid Japan Co., Ltd. = Drew Chemical Co. New York, USA

※ Please consult chemical supplier's description.

### VI Purchase Spare Parts for Maintenance

During operation period, exchanging from old parts into new ones is necessary for maintenance. For purchase, you know the detail structures and if necessary, refer to section II Structures and attached drawing.

The air cooler's parts names are tube bundle, water cover, gasket or packing, bolt, nut, anode, anode cover.

The ordering methods are following

- 1) See the nameplate and write down followings

SHIP NO., MANUFACTURE NO.

MANUFACTURING DATE, CLASS

If there is not name plate or hard to see, you can also find at left or right side of tubesheet.

- 2) Check 1) and numbers and names that you need parts.
- 3) Contact us by in person, mail, telephone, or fax and inform us.
- 4) Reconfirm your ordering list.

Tel. +82 - 051 - 970 - 1110, +82 - 051 - 970 - 1114

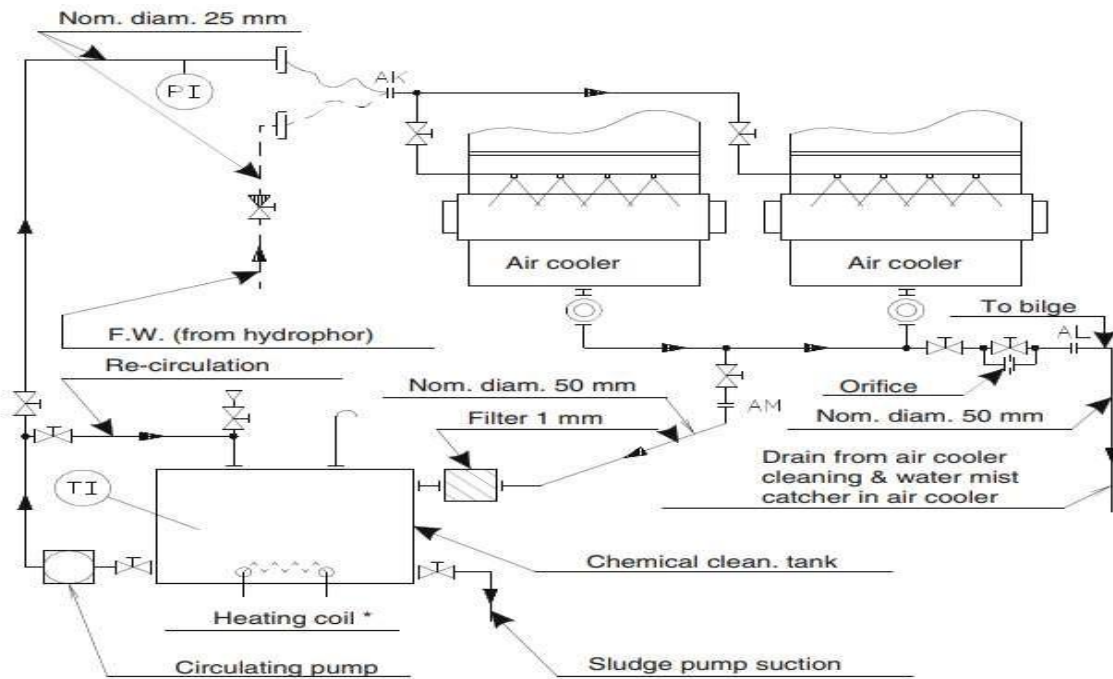
Fax. +82 - 051 - 970 - 1111



## Lampiran 10. Diagram Sistem Pembersihan *Air Cooler*

Plate 70614

Air Cooler Cleaning System (Option)



\* Capacity for heating coils according to requirement from supplier of the chemical

## DAFTAR ISTILAH

- Sistem Udara Bilas* : Sistem udara yang menggambarkan siklus udara dari proses isap – kompresi-pembilasan-usaha-pembakaran-pembuangan udara mesin
- Turbocharger* : Sebuah Pesawat kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari udara gas buang yang berfungsi untuk menghasilkan udara masuk lebih banyak ke dalam ruang bakar sehingga daya yang dihasilkan lebih besar.
- Auxiliary Blower* : Salah satu pesawat bantu yang berfungsi mensuplai udara bilas tambahan kedalam silinder untuk meningkatkan pembakaran pada saat rpm *Turbocharger* belum mencapai pada putara maksimal
- Air Cooler* : Sebuah alat pendingin udara yang berguna untuk mendinginkan udara yang berasal dari perangkat *turbocharager*.
- Kompresor pada *Turbocharger* : Sebuah komponen yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis putaran poros pada *turbocharger* menjadi energi kinetik aliran udara.
- Mesin Diesel : Mesin dengan jenis pembakara dalam karena didalam mendapatkan energi potensial dari pembakaran bahan bakar yag terjadi didalam silinder mesin.
- Surging* : Suplai udara masuk oleh kompresor tidak memiliki tekanan udara yang cukup, tekanan udara dalam *after cooler engine* yang besar mendorong udara kembali ke arah kompresor. Karena kompresor tidak menghasilkan udara bertekanan yang disuplai kedalam engine, sehingga seolah-olah *turbocharger* berputar tanpa beban.
- Turbin* : Sebuah komponen mekanik yang berfungsi untuk mengkonversikan energi panas fluida yang melewatinya menjadi energi mekanis putaran poros turbin
- Air Cooler Cleaner (ACC-9)* : Yaitu cairan kimia yang berfungsi untuk membersihkan kisi kisi pendingin udara
- Wire Brush Tube Cleaner* : Alat yang digunakan untuk mebersihkan lubang saluran air pendigin

