KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
PROGRAM DIKLAT PELAUT
JAKARTA

PENGAJUAN SINOPSIS MAKALAH

NAMA	:	JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO
NIS	:	01992/T-I
BIDANG KEAHLIAN	:	TEKNIKA
PROGRAM DIKLAT	:	DIKLAT PELAUT- I

Mengajukan Sinopsis Makalah sebagai berikut

A. Judul

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA

B. Masalah Pokok

1. Tekanan udara bilas rendah
2. Temperatur Udara bilas tinggi

C. Pendekatan Pemecahan Masalah

1. Melaksanakan perawatan terhadap *Turbocharger* dengan membersihkan *Nozzle Ring*
2. Melaksanakan perawatan dengan membersihkan *Air Cooler* secara berkala

Menyetujui :

Jakarta, 27 Juli 2023

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II	Penulis
P. Dwikora Simanjuntak, MM.	**Susi Herawati, M.Pd**	**Johan Morris Ida S**
Pembina TK.I (IV/b)	Penata (III/c)	NIS : 01992/T-I
NIP. 19640906 199903 1 001	NIP.198406112009122002	

Kepala Divisi Pengembangan Usaha

Capt. Suhartini, MM.,MMTr
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19800307 200502 2 002

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
DIVISI PENGEMBANGAN USAHA
PROGRAM DIKLAT PELAUT - I

Judul Makalah : Optimalisasi Perawatan Sistem udara bilas guna meminjang kelancaran operasi mesin induk dikapal MV. OLACASIA.

Dosen Pembimbing I : **P. Dwikora Simanjuntak, MM.**

Bimbingan I :

No.	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Pembimbing
1.	28/7/23	- Pengajuan Sinopsis - lanjut ke Bab. I.	
2	7/8/23	Perbaiki Bab I & lanjutkan ke Bab II.	
3	10/8 23	Perbaiki bab II & lanjutkan ke Bab III	
4	14/Agst 23	Perbaiki Bab III dan di lanjutkan ke Bab IV	
5	16/Agst 2023	Perbaiki bab IV dan lengkapi gambar & lampiran	
6	21/8/2023	Lengkapi halaman muka s/d. lampiran dan PPT.	
7	23/8/23	Siap y/ di ujikan	

Catatan : agar dipelajari makalah y/ di ujikan

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
DIVISI PENGEMBANGAN USAHA
PROGRAM DIKLAT PELAUT - I

Judul Makalah : .....

.....

.....

Dosen Pembimbing II : **Susi Herawati, M.Pd**

Bimbingan II :

No.	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Pembimbing
1.	28 Juli 2023	- Pengajuan Sinopsis udah OK - Melanjutkan ke BAB I	
2.	11 Agustus 2023	Koreksi BAB I dan II Lanjut ke BAB III	
3.	16 Agustus 2023	Koreksi BAB III	
4	21 Agustus 23	Koreksi BAB III dan IV	
5	23 Agustus 23	Koreksi BAB IV	
6.	24 Agustus 23	ACC Siap untuk disidangkan	

Catatan : .....

.....

.....

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

MAKALAH

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA

Oleh :

JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO

NIS. 01992/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2023

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

MAKALAH

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Menyelesaikan Program ATT - I

Oleh :

JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO

NIS. 01992/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2023

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama	:	JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO
No. Induk Siwa	:	01992/T-I
Program Pendidikan	:	DIKLAT PELAUT - I
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA

Jakarta, Agustus 2023

Pembimbing I,	Pembimbing II,
P. Dwikora Simanjuntak, MM.	**Susi Herawati, M.Pd**
Pembina (IV/b)	Penata (III/c)
NIP. 19640906 199903 1 001	NIP.19840611 200912 2 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando,S.SiT.,M.M

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama	:	JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO
No. Induk Siwa	:	01992/T-I
Program Pendidikan	:	DIKLAT PELAUT - I
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA

Penguji I	Penguji II	Penguji III
R. Herlan Guntoro, M.M	**Drs. Purnomo,, M.M.**	**P. Dwikora Simanjuntak, M.M**
Pembina (IV/a)	Pembina (IV/a)	Pembina (IV/b)
NIP. 19590612 198003 1 002	NIP. 19680831 200212 1 001	NIP. 19640906 199903 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando,S.SiT.,M.M

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama	:	JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO
No. Induk Siwa	:	01992/T-I
Program Pendidikan	:	DIKLAT PELAUT - I
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA

Penguji I	Penguji II	Penguji III
R. Herlan Guntoro, M.M	**Drs. Purnomo,, M.M.**	**P. Dwikora Simanjuntak, M.M**
Pembina (IV/a)	Pembina (IV/a)	Pembina (IV/b)
NIP. 19590612 198003 1 002	NIP. 19680831 200212 1 001	NIP. 19640906 199903 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando,S.SiT.,M.M

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

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

"OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI KAPAL MV DL ACACIA"

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

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

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

1. H. Ahmad Wahid, S.T,.M.T.,M.Mar.E, selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.SiT.,M.M.,M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Bapak Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M, selaku Ketua Jurusan Teknika Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak P. Dwikora Simanjuntak, MM., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistimatika materi yang baik dan benar

5. Ibu Susi Herawati, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah ini.
7. Orang tua tercinta bapak S.Suparyono dan ibu Ida Suhariati yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
8. Istri tercinta Novyta Betrix Maulani yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
9. Anak-anak tersayang Keano Darren Morris Dan Davian Jovino Morris yang telah memberikan waktu dan semangat selama pengerjaan makalah.
10. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknika Tingkat I Angkatan LXVII tahun ajaran 2023 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moril sehingga makalah ini akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, 25 Agustus 2023

Penulis,

JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO

NIS. 01992/T-I

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN ix

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah 3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian 4
D. Metode Penelitian 5
E. Waktu dan Ternpat Penelitian 5
F. Sistematika Penulisan 6

BAB II LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka 7
B. Kerangka Pemikiran 24

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data 27
B. Analisis Data 28
C. Pemecahan Masalah 34

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 46
B. Saran 46

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
DAFTAR ISTILAH

DAFTAR TABEL

Halaman

Gambar 3.1 Tabel *Fault Finding Chart Turbocharger* 31

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Gambar bagian sistem udara bilas 9

Gambar 2.2 Gambar *Turbocharger STX MAN type TCA 66-2* 14

Gambar 2.3 Gambar konstruksi *Air Cooler* 22

Gambar 3.1 Gambar *Turbocharger* Sistem Dan suplai Udara Bilas 29

Gambar 3.2 Gambar kondisi *Nozzle Ring* dan *Turbin* dari *Turbocharger*..... 30

Gambar 3.3 Gambar diagram kondisi *press drop air cooler* 33

Gambar 3.4 Gambar kisi-kisi dari *air cooler* yang korosi dan rusak 34

Gambar 3.5 Gambar langkah-langkah membuka *Nozzle Ring* dan *Turbin*.....35

Gambar 3.6 Gambar cara pembersihan sudu-sudu *Turbin* dengan *Steam*..... 36

Gambar 3.7 Gambar *Nozzle Ring* dan *Turbin* setelah *Soft Blasting*.....39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Ship Particular*

Lampiran 2. *Crew List*

Lampiran 3. *ME Performance Record* bulan November 2022

Lampiran 4 *ME Performance Record* bulan Maret 2023

Lampiran 5. *ISO Correction Data* Mesin Induk

Lampiran 6. Gambar Dimensi *Turbocharger STX MAN type TCA 66-2*

Lampiran 7. Jadwal Perawatan Terencana *Turbocharger*

Lampiran 8. Engine Log Book Perawatan Air Cooler

Lampiran 9. Diagram Membersihkan Turbin Dengan Air

Lampiran 10. Diagram Membersihkan Turbin Dengan Serbuk (M*arine Grit*)

Lampiran 11. Buku Manual Cara Membersihkan *Air Cooler* Sisi Udara

Lampiran 12.Buku Manual Cara Membersihkan *Air Cooler* Sisi Air

Lampiran 13. Rekomendasi tipe cairan kimia pembersihan *air cooler*

Lampiran 14. Diagram Sistem Pembersihan *Air Cooler*

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sampai saat ini kapal laut merupakan alat transportasi laut yang menghubungkan pulau-pulau dalam suatu negara ataupun antar negara merupakan faktor penting dalam perekonomian dunia. Untuk memperlancar pengoperasian kapal sangat diperlukan suatu cara perawatan pesawat-pesawat yang ada di atas kapal, terutama pada Mesin Penggerak Utama (Mesin Induk). Pada umumnya saat ini kapal-kapal menggunakan Mesin Penggerak Utama dengan tenaga diesel, maka para perwira mesin atau para masinis dituntut mampu mengoperasikan, melakukan perawatan dan perbaikan pesawat-pesawat di atas kapal, khususnya pada Mesin Penggerak Utama. Mengingat kelancaran operasional kapal sangat dipengaruhi oleh kerja dari Motor Induk, untuk itu perawatan harus dilaksanakan dengan baik, sehingga kondisi mesin selalu dalam keadaan baik. Tenaga yang dihasilkan dari Mesin Diesel adalah melalui proses pembakaran. Proses pembakaran bisa terjadi dengan sempurna jika tiga faktor untuk terjadinya proses pembakaran telah terpenuhi yaitu udara yang mengandung oksigen, panas yang didapat dari proses kompresi udara dalam ruang bakar, dan bahan bakar yang dikabutkan oleh injektor ke dalam ruang bakar tersebut. Jika salah satu faktor di atas kurang terpenuhi maka proses pembakaran akan kurang maksimal yang berakibat menurunnya tenaga yang dihasilkan Mesin Diesel tersebut. Masalah tersebut pernah penulis alami ketika bekerja di atas kapal MV. DL ACACIA. Pada saat itu kapal berlayar setelah selesai mengambil muatan batu bara di pelabuhan muat Adangbay, Samarinda, Indonesia. Saat kapal sedang beroperasi dengan muatan penuh dan berada di perairan laut cina selatan mengalami gangguan pada mesin induk, dimana suhu udara bilas yang masuk ke dalam silinder / ruang pembakaran melebihi batas yang seharusnya 44℃ - 48°C menjadi 58℃ − 61℃ hal ini mengakibatkan temperatur gas buang mesin induk naik mencapai 400 ℃ − 420 ℃ dimana batas maksimalnya adalah 380°C. Penulis langsung mengadakan pemeriksaan melalui data yang ada pada *sight indicator* atau *monitoring sistem* secara visual. Penulis menemukan gangguan pada sistem udara bilas, yaitu terjadi kebuntuan pada sistem udara bilas masuk pada sisi udara ditandai dengan kenaikan suhu udara masuk

ke dalam silinder dan penurunan tekanan udara bilas dari tekanan normal 1.50 Bar menjadi 1.0 bar dengan kondisi rpm 92 pada mesin induk. Dengan menurunnya udara bilas yang di *supply turbocharger* dapat mengakibatkan kenaikan suhu udara yg masuk ke dalam tiap-tiap silinder.

Suhu udara masuk silinder berkisar antara 60ºC - 64ºC, sehingga putaran mesin di turunkan sampai blower bantu secara otmatis jalan untuk membantu menyuplai udara bilas sehingga tekanannya meningkat dari sebelumnya yang mengakibatkan temperatur gas buang di tiap silinder kembali normal. Selanjutnya dilakukan pengecekan melalui data monitoring sistem dimana tekanan udara bilas menurun dan melakukan pemeriksaan pada mesin Induk dan mengambil kesimpulan terjadi permasalahan dengan *air cooler* dan terjadi penyumbatan kisi-kisi *nozzle ring* pada *turbocharger* yang mengabikbatkan terjadinya *surging* dan juga terhambatnya penyuplaian udara bilas yang masuk ke dalam ruang pembakaran di tiap-tiap silinder, dan juga belum dilakukanya perawatan yang maksimal pada sistem udara bilas pada mesin induk sehingga dapat mengganggu operasional kapal dan terjadi keterlambatan dalam pengiriman muatan di pelabuhan tujuan.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian melalaui makalah yang berjudul :

“ OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS

GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASI MESIN INDUK DI

KAPAL MV. DL ACACIA “

Pemilihan topik ini dengan maksud untuk mengetahui seberapa jauh perawatan pada Sistem Udara Bilas Mesin Induk pada kapal MV. DL ACACIA telah dilaksanakan dan faktor – faktor apa saja yang menyebabkan sistem udara bilas tersebut tidak normal , serta juga adanya perhatian perusahaan mengenai suku cadang yang dibutuhkan pihak kapal guna menunjang kelancaran operasi kapal. Selanjutnya pada bab berikutnya penulis akan menjelaskan analisa dan pemecahan masalah tersebut, secara ringkas karena disesuaikan dengan kemampuan dan kebutuhan penyusunan makalah yang sudah ditentukan.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang di atas dapat di identifikasi masalah yang kemungkinan timbul sesuai dengan pembahasan judul makalah yang dimaksud dalam upaya Optimalisasi perawatan sistem udara bilas guna menunjang kelancaran operasi Mesin Induk di kapal MV. DL ACACIA

Adapun identifikasi masalahnya adalah sebagai berikut :

a. Tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah standar

b. Temperatur udara bilas yang masuk ke dalam silinder ruang pembakaran tinggi/di atas standar

c. Perawatan pada sistem udara bilas pada Mesin Induk belum dilaksanakan dengan baik .

d. Terjadinya *surging* pada *turbocharger.*

e. Temperatur gas buang Mesin Induk tinggi.

2. Batasan Masalah

Agar tidak meluasnya permasalahan, disini penulis hanya membatasi bahasan pada :

a. Tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah standar

b. Temperatur udara bilas yang masuk ke dalam silinder diruang pembakaran tinggi/di atas standar

3. Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang permasalah yang diambil, yaitu permasalahan yang menyebabkan turunnya tenaga yang dihasilkan mesin dikarenakan kurang optimalnya sistem pembilasan, sehingga menimbulkan gangguan yang serius pada sistem tersebut. Dengan demikian akan menimbulkan dampak yang besar bagi kelancaran operasi kapal secara keseluruhan :

a. Apa yang menyebabkan tekanan udara bilas rendah/di bawah standar dan bagaimana pemecahannya ?

b. Apa yang menyebabkan temperatur udara bilas tinggi/di atas standar dan bagaimana pemecahannya ?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Suatu penyusunan makalah tidak hanya memerlukan analisis dan pembahasan, tetapi bagaimana suatu makalah itu memiliki tujuan dan manfaat sesuai yang diharapkan oleh penyusunnya, untuk itu tujuan dan manfaat penelitiannya adalah sebagai berikut :

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari penyusunan makalah ini adalah :

a. Untuk mengetahui penyebab tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah standar

b. Untuk mengetahui penyebab temperatur udara bilas tinggi/di atas standar

2. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ditinjau dari beberapa aspek yang ada keterkaitannya satu dengan yang lain, di antaranya :

a. Aspek Teoritis :

Dari segi teoritis untuk menambah perbendaharaan ilmu pengetahuan yang terkait dengan perawatan sistem pembilasan Mesin Induk.

b. Aspek Praktis :

Dari penelitian diharapkan dapat menjadi acuan/pedoman dalam mengatasi gangguan-gangguan serupa yang timbul di lain waktu pada sistem udara bilas Mesin Induk sehingga dapat meningkatkan kelancaran pengoperasian kapal.

D. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang menggunakan penelitian terapan dalam penyusunan suatu makalah, adalah kegiatan untuk menernukan kebenaran yang obyektif dari suatu permasalahan yang selanjutnya dapat ditemukan pemecahannya.

1. Metode Pendekatan.

Metode pendekatan yang dilakukan adalah metode deskriptif kualitatif yaitu penelitian yang dilaksanakan selama bekerja di kapal MV. DL ACACIA milik dari perusahaan DONG-A TANKER , yang di operasikan oleh STX MARINE SERVICE CO,LTD , tentang permasalahan yang terjadi pada Sistem Udara Bilas Mesin Induk.

2. Pengumpulan Data.

a. Study kepustakaan. Pengumpulan data dan informasi dengan membandingkan pengalaman yang didapat dengan sumber bacaan sebagai teori penunjang.

b. Observasi objektif praktis. Mengadakan pengamatan secara langsung dari kapal dimana penulis pernah bekerja.

c. Teknik Wawancara. Dilakukan komunikasi langsung dengan beberapa orang awak kapal untuk menambah informasi yang menunjang terhadap penulisan makalah ini.

3. Sumber Data

a. Data Primer, yaitu data yang dikumpulkan secara langsung di lapangan. Data ini diperoleh melalui observasi langsung di kapal.

b. Data Sekunder, yaitu data yang bukan diusahakan sendiri pengumpulannya oleh peneliti tetapi diperoleh dari studi pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Dalam penyusunan makalah ini didasari dari waktu dan tempat penelitian sewaktu penulis bekerja di atas kapal MV.DL ACACIA. Sejak 10 Oktober 2022 sampai 15 Juli 2023. Sedangkan tempat penelitian dilakukan di atas kapal.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dibutuhkan dalam penyusunan makalah untuk memudahkan dalam pembahasan maupun pemahaman makalah , Adapun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah pemilihan judul, Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah yang diambil. Tujuan dan Manfaat Penelitian yang didapat. Metode Penelitian yang digunakan. Waktu dan Tempat Penelitian yang dialokasikan serta Sistematika Penulisan yang sistematik dalam penyusunannya.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi uraian teori-teori pendukung jika ada yang didasarkan dari Tinjauan Pustaka buku-buku dan literatur yang digunakan. Serta Kerangka pemikiran guna menghasilkan model bahasan yang konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah penting

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisikan data yang di ambil dan didasari kejadian nyata di lapangan, berupa fakta-fakta yang terjadi selama penulis bekerja di atas kapal MV.DL Acacia yang kemudian dianalisis Datanya dan dicarikan Pemecahan Masalahnya sehingga masalah yang sama tidak terjadi lagi dengan kata lain menawarkan solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB II
LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

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 menejemen, 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 Sehrawat 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

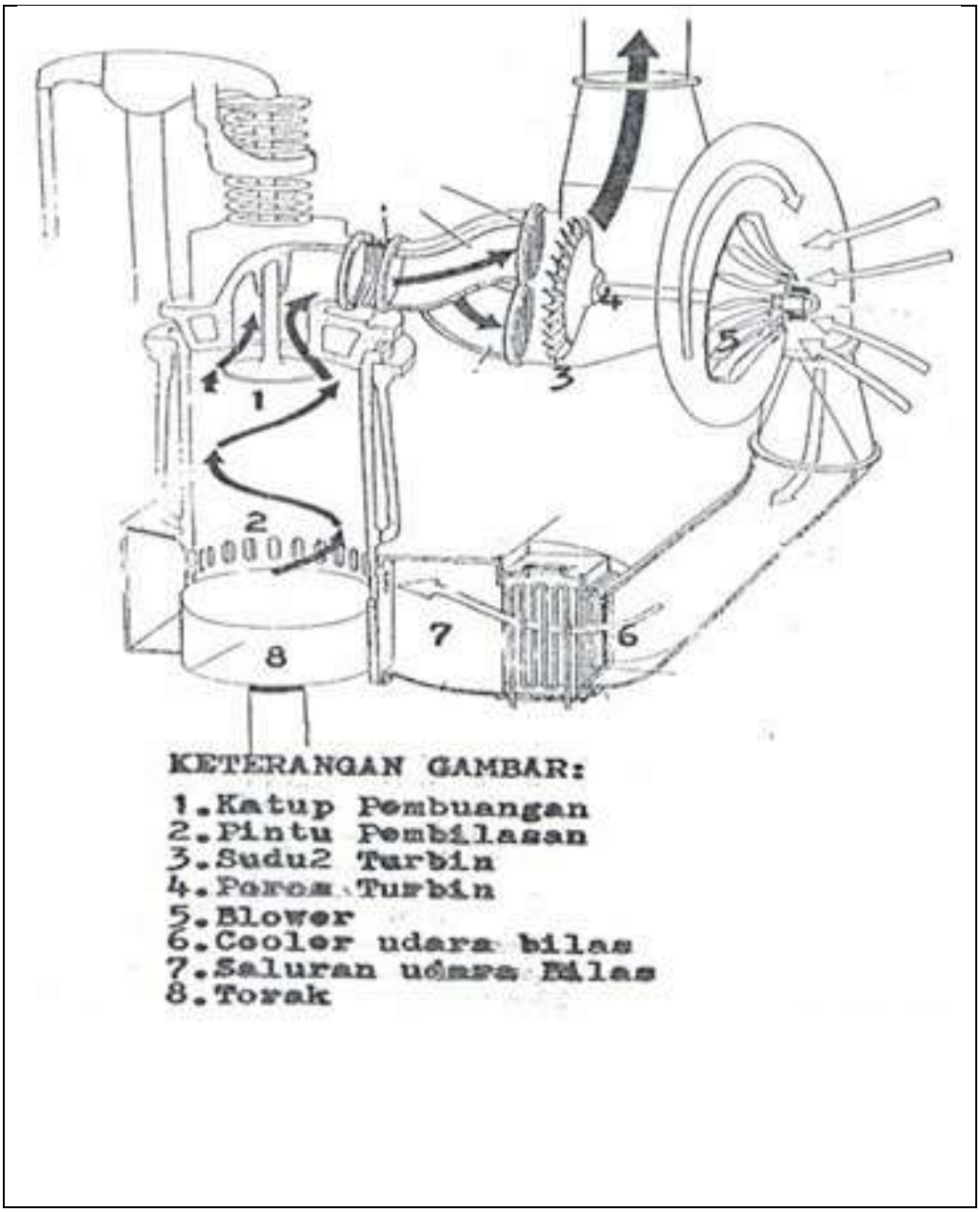
Landasan teori yang diambil secara khusus tentang sistem udara bilas yang di lakukan sebagai obyek penelitian adalah mesin induk di kapal MV. DL Acacia yaitu *STX MAN B&W 6S60MC-C8*, yaitu jenis Mesin Diesel 2 tak yang mempunyai 6 silinder dengan diameter 600 mm dengan sistem penggerak Camshaft, dengan 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 kompenen 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 :



Gambar 2.1 Bagian Sistem Udara Bilas

Sumber Gambar : Dari Artikel online

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 *wallnut 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/cm2), 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 *turbocharge*r 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,Tehnologi 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.

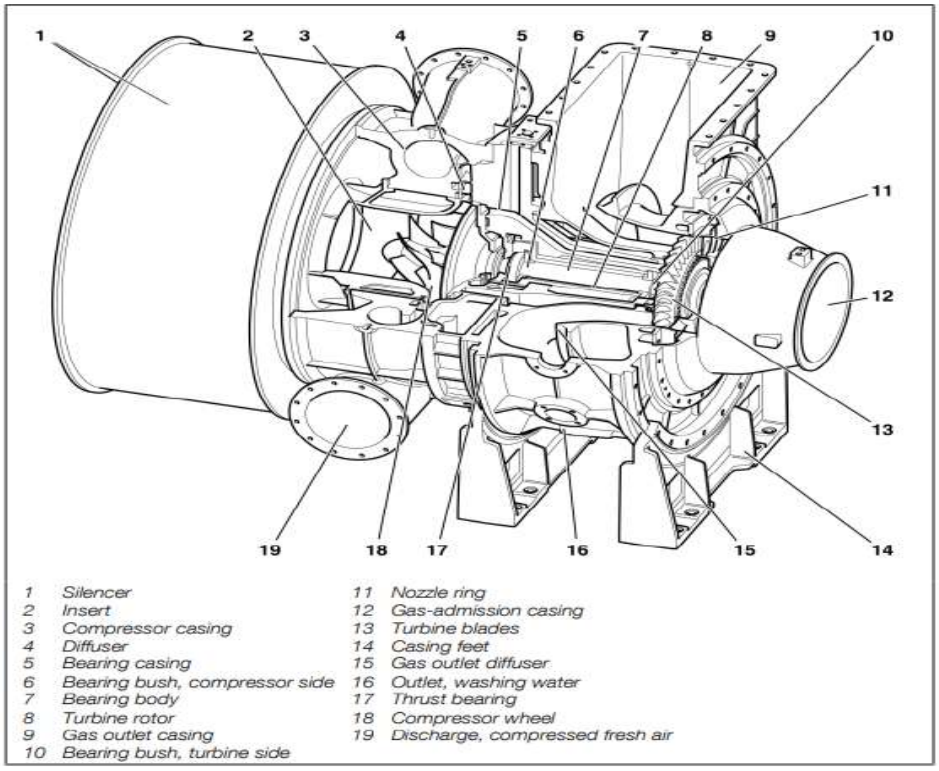
Dengan bertambahnya jumlah udara memungkinkan lebih banyak bagian dari bahan bakar dapat terbakar lebih sempurna di dalam ruang bakar mesin. Oleh karena itu didapatkan daya yang lebih dari setiap ledakan di dalam silinder masing-masing.

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.



Gambar 2.2 Turbocharger STX MAN Type TCA 66-2

Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

Konstruksi *Turbocharge*r 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 atmosfir 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 *diffucer* 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 S*urging,* 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-speling 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 mesin-mesin / 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 komponen-komponen mesin lainnya yang berada dihulu 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 kearah 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 bagian-bagian 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*.

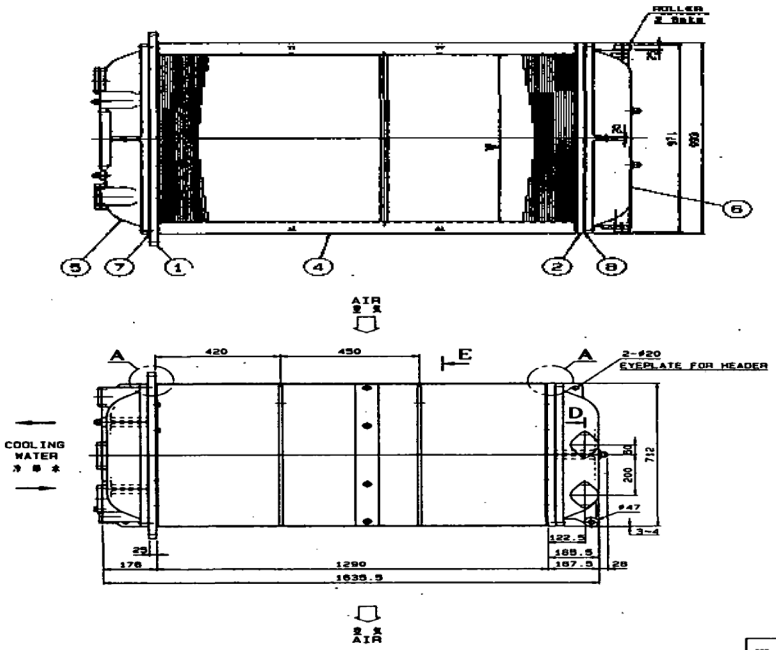
Dalam sejumlah kasus, terungkap bahwa untuk menghin-dari perawatan dan pembersihan filter-filter, kru kapal telah melepas filtration rings-nya.

16) *Turbocharger* berputar melebihi batas putaran maksimummnya (*over-speed*). Disebabkan oleh kegiatan-kegiatan perawatan atau pengoperasian yang tidak benar, dalam sejumlah kasus turbocharger-turbochaerger 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	ｶﾞｽｹｯﾄ GASKET	CR	2
13	ｶﾞｽｹｯﾄ GASKET	CR	2
12	保護金具 PROTECTING METAL	Zn	2
11	ｶﾞｽｹｯﾄ GASKET	CR	4
10	ｶﾞｽｹｯﾄ GASKET	CR	4
9	保護金具 PROTECTING METAL	Zn	4
8	ｶﾞｽｹｯﾄ GASKET	CR	1
7	ｶﾞｽｹｯﾄ GASKET	CR	1
6	ﾍｯﾀﾞｰ (2) HEADER (2)	FC250	1
5	ﾍｯﾀﾞｰ (1) HEADER (1)	FC250	1
4	ｿｸｲﾀ SIDE PLATE	SS400	2
3	ﾌｨﾝﾁｭｰﾌﾞ TUBE with FIN	C1020R C7060T	486
2	ﾁｭｰﾌﾞｼｰﾄ TUBE SHEET	C4621P	1
1	ﾁｭｰﾌﾞｼｰﾄ TUBE SHEET	C4621P	1



Gambar 2.3 Konstruksi Air Cooler Dongwa Entec

Sumber Gambar : Dari Buku Manual Mesin Induk

a. Prinsip kerja :

Udara bilas hasil isapan *compressor turbocharger* di tekan masuk air cooler dengan tekanan normal 1.8-2.0 kg/cm2 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/cm2. 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* ≤ 300 mg/cm3.

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 menurunya kerja atau efisiensi dari *air cooler* tersebut. Menurunya kerja dapat kita deteksi dari :

a) Perbedaan temperatur yang dapat dilihat pada *thermometer* masuk dan keluar air tawar pada sisi air pendingin.

b) Menurunya 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.DL Acacia, 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 departement 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 DL ACACIA

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 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 pendigin 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. DL Acacia

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

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

Pada tanggal 20 Desember 2022 kapal MV. DL Acacia berangkat berlayar dari pelabuhan *Adangbay*, Samarinda, Indonesia menuju pelabuhan *Yeosu*, Korea Selatan dan perjalanan tersebut dapat ditempuh selama ± 13 hari bila kapal berlayar dengan kecepatan rata-rata 12.5 knot atau dengan putaran mesin induk 92 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 menurunya 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℃ menjadi 400-420℃ 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 92 sesuai instruksi penyewa kapal. Akan tetapi ketika handel kontrol pada posisi 80 rpm, suhu gas buang secara merata naik mendekati limit yaitu 380℃, 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 *Yeosu*, Korea 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. DL Acacia yaitu bulan Oktober 2022. Kondisi tersebut lebih jelas ketika kapal beroperasi di daerah tropis dimana temperatur udara bilas bisa mencapai 54°C-58°C yang sebelumnya pada keadaan normal di suhu 44°C-48°C pada kondisi beban maksimal putaran mesin induk 92 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 400mg/cm3, dari normalnya yaitu 200mg/cm3. Puncak kondisi tersebut terjadi pada bulan Desember ketika kapal berlayar dari pelabuhan *Adangbay*, Samarinda Indonesia tujuan ke *Yeosu*, Korea Selatan mesin induk pada putaran 92 rpm dimana temperatur udara bilas lebih tinggi dari normalnya pada beban mesin tersebut yaitu 58°C -60°C dan pembacaan *press.drop air cooler* di atas 500mg/cm3. Dengan kondisi demikian maka mesin induk tidak dapat bekerja secara optimal dan menggangu 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 tahapanya. 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)

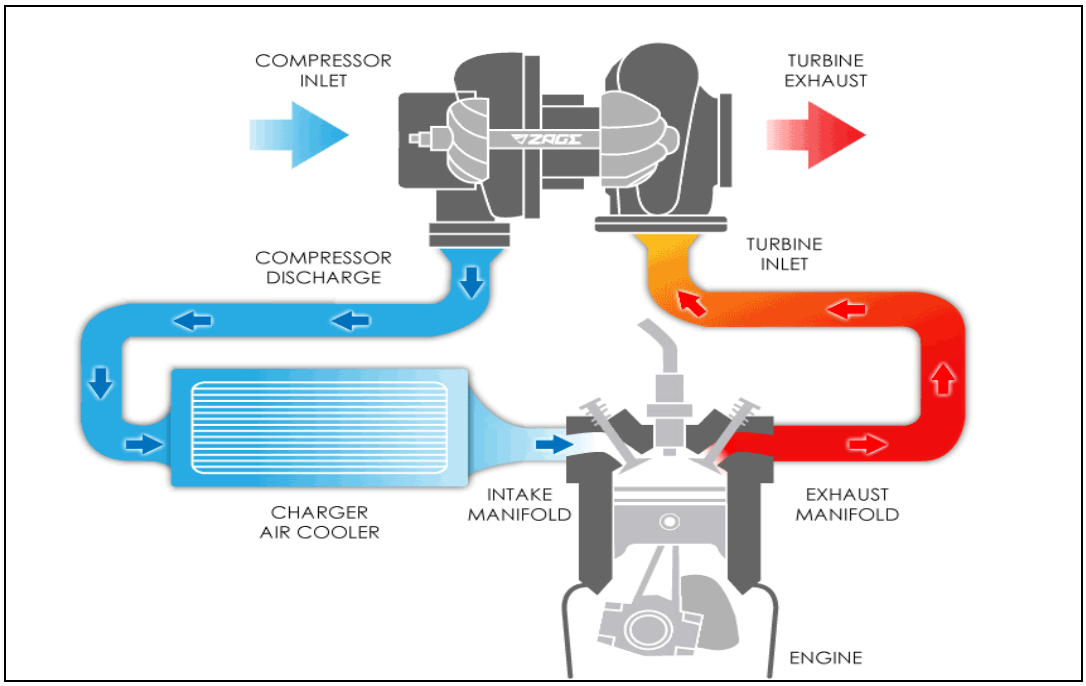
Sesuai dengan Buku Manual, 706-06 : Kenaikan temperatur gas buang sampai maksimal yang mengakibatkan mesin harus menurunkan putarannya atau beban kerjanya dapat di pengaruhi oleh beberapa faktor antar lain :

a. Pengaruh dari *turbocharger* (termasuk filter udara masuk), kenaikannya ± 30°C

b. Pengaruh dari *air cooler*, kenaikannya ± 10°C

c. Pengaruh dari kondisi mekanik mesin (sistem pengabutan bahan bakar, keadaan silinder , *exhaust valve*), kenaikannya ± 15°C

d. Pengaruh kualitas bahan bakar, kenaikannya ± 15°C



Gambar 3.1 Turbocharger Sistem Dan Supply Udara Bilas

Sumber Gambar : Dari Artikel Online

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 dilakukanya semua pengecekan secara aktual maka 2 faktor yang mempengarui adalah :

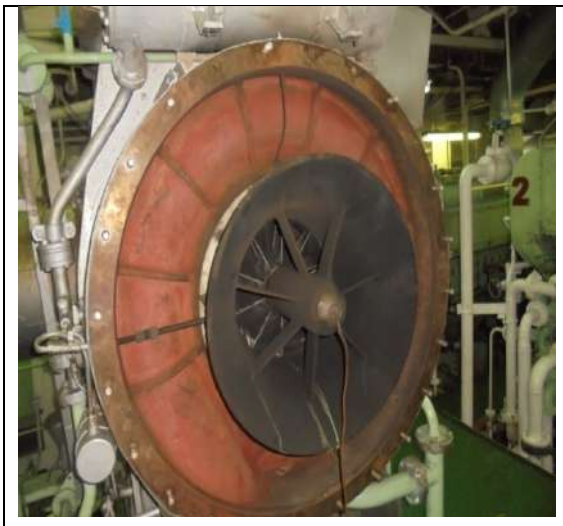
a. Meningkatnya temperatur udara bilas karena fungsi pendinginan pada *air cooler* tidak maksimal.

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.



Turbin Blade

Nozzle Ring

Gambar 3.2 Kondisi *Nozzel Ring* dan *Turbin* dari *Turbocharge*

Sumber Gambar: Dari Dokumentasi Foto Pribadi

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

Table 2 Fault-Finding Chart

POSSIBLE CAUSE \ DEFICIENCIES	Exhaust temperature before turbine above admissiable 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	O	O						O	
Compresser dirty	O	O			O			O	
Turbine dirty			O					O	O
Nozzle ring dirty			O					O	
Air cooler dirty	O	O						O	
High intake air temperature	O								
Low intake air temperature								O	
Air manifold leaking	O								
Exhaust manifold leaking	O	O							
High pressure after turbine	O	O						O	
Faulty fuel injection	O		O						
Defective bearing		O		O	O				O
Turbine blades or compressor wheel damaged	O	O		O	O				O
Rotor contact		O		O	O				O
Foreign matter in turbine or compressor		O	O	O	O				O
Thrust or locating ring damaged						O			
Lub. oil leaking						O			
Lub. oil filter fouled up							O		
Excessive pressure in lub. oil discharge						O			
Scavenging or exhaust ports of engine fouled up	O								
Sealing air ineffective						O			
High lub. oil inlet temperature							O		

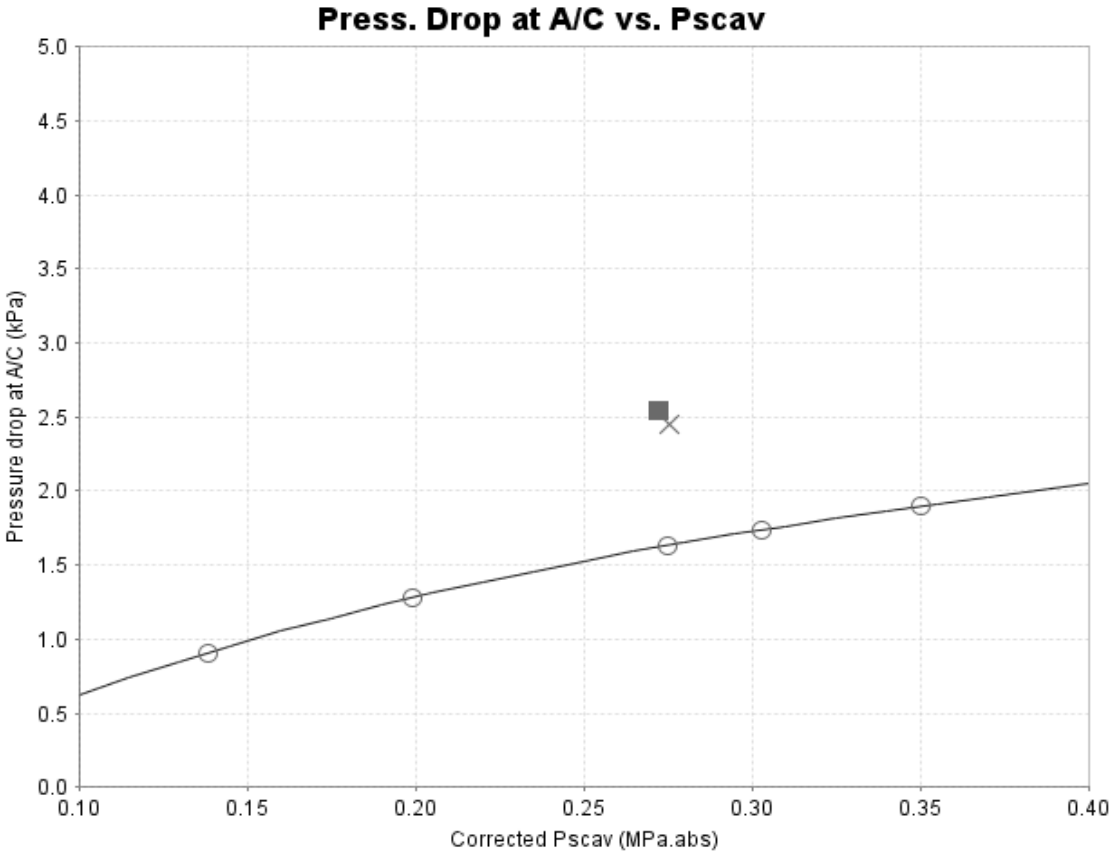
Dari tabel itu dapat kita simpulkan bahwa keadaan *turbin* dan *nozzle ring* yang kotor akan menyebabkan tekanan udara bilas yang dihasilkan menurun. Hal ini karena aliran gas buang terhambat melewati *nozzle ring* menuju *turbin* sehingga putaran turbin sedikit menurun. Akibatnya putaran *compresso*r 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 karateristik 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 menurunya isapan *compressor blower.*

2. Temperatur udara bilas yang masuk kedalam slinder ruang pembakran 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 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 ≤ 300 mg/cm2. Tetapi setelah kita cermati dari hasil pengambilan *performance* mesin selama tahun 2022 nilainya selalu > 300 mg/cm2. Bahkan saat temperatur gas buang tinggi dan mesin induk hanya mampu bertahan di putaran < 70 rpm, nilai *press drop air cooler* > 500 mg/cm2. Hasil pengambilan p*erformance* 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.*



Gambar 3.3 Diagram Kondisi *Press Drop Air Cooler*

Sumber Gambar: Dari Buku Manual Mesin Induk

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 *Yeosu*, Korea, 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*.

Bagian bawah	Bagian atas

Gambar 3.4 Kisi-Kisi dari *Air Cooler* Yang Korosi dan Rusak

Sumber Gambar : Dari Dokumentasi Foto Pribadi

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. Menurunya 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.*

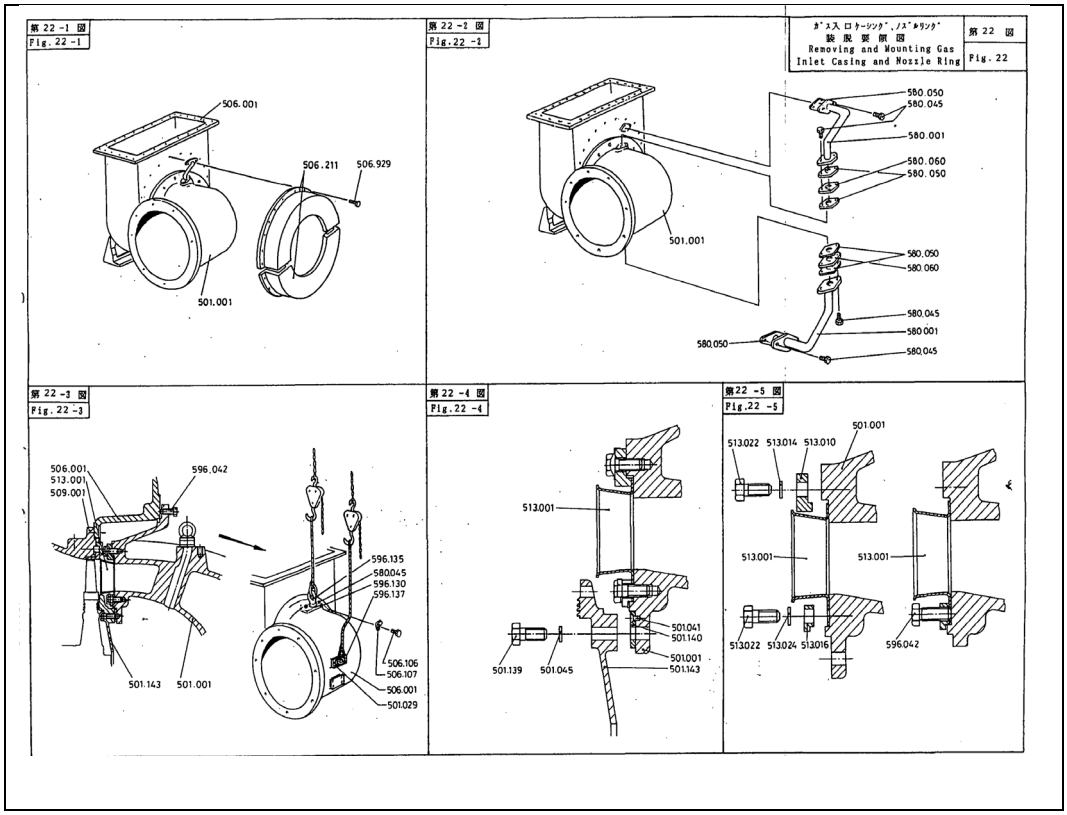
(4) Lepas pipa-pipa instalasi untuk *turbin washing* masuk dan pipa drain.

(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 no*zzle ring* dan turbin dengan melihat gambar di bawah ini :



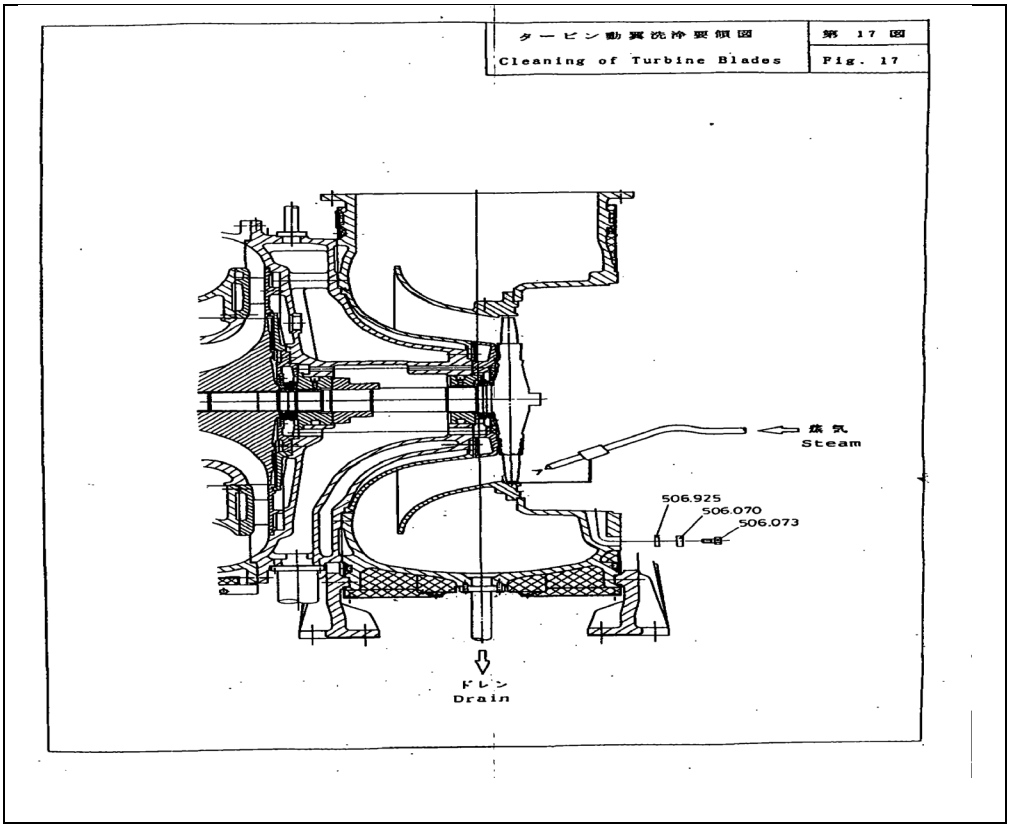
Gambar 3.5 Langkah-Langkah Membuka *Nozzle Ring* dari *Turbin*

Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

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 sudu-sudu 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 lainya). 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 menyemprotkan s*team* 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 menyemprotkan 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 *turboharger* 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.

Nozzle Ring	*Turbin Blade*

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) Masukan 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°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 < 3kg/cm2 selama kurang lebih 15 menit sampai air kembalian dari *air cooler* kembali ke tangki penampungan.

d) Lanjutkan sirkulasi dengan menaikkan tekanan pompa ± 6 kg/cm2 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 ± 70°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 benar-benar 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 benar-benar 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 mg/cm2)

2. Evaluasi Alternatif Pemecahan Masalah.

a. Menurunya 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 ± 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 pelabuan 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 (s*uperintendent*)

(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 ± 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/cm2.

(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. Menurunya tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah standar

1) 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 menyemprotkan 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 ruag pembakaran di atas standar/tinggi

1) 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. Penyebab menurunnya tekanan udara bilas yang di suplai *turbocharger* di bawah standar adalah 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. Penyebab temperatur udara bilas diatas standar adalah 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 saran-sarannya sebagai berikut:

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

   Permasalahan menurunnya tekanan udara bilas dapat dilakukan pemecahan dengan pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* dengan membuka saluran gas buang masuk *turbocharger.*

   Perawatan untuk menghindari permasalahan tersebut terulang kembali suatu saat adalah dengan melakukan *turbin washing* secara rutin pada sisi turbin gas saat kapal berlayar dengan benar sesuai dengan ketentuan

   a. Lakukan 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 menaikan 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.

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

   Permasalahan temperatur udara bilas di atas standar atau tinggi dapat dilakukan pemecahan dengan melakukan perawatan pada sisi udara dan sisi air tawar

   Perawatan untuk menghindari permasalahan tersebut terulang kembali suatu saat adalah dengan melakukan pembersihan bagian sisi udara *air cooler* dengan menggunakan cairan kimia *ACC-9* yaitu dengan cara menyemprotkan kedalam kisi-kisi *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(UPDATED 2022-06-14)

SHIP NAME	**DL ACACIA**
Kind and Type of Ship	BULK CARRIER
Nationality / Registration Port	PANAMANIAN / PANAMA
Official No. / Signal Letters	**45139-13-C / 3 F A P 9**
IMO Number	**9 6 5 9 7 6 3**
Classification / Numbers	***KR (KOREAN REGISTRY) / (NO. 1300031)*** KRSI - BULK CARRIER ' ESP '(CSR) BC-A(HOLD NO.2,4 & 6 may be empty) GRAB (20), SEA TRUST (HCM),IWS, ENV (IBWM,IAFS,IOPP,ISPP,IGPP IAPP, PSPC) LI, + KRM1-STCM, UMA
Registry Owner	**PROMY 7 LIMITED CORP,(100%) LOS PROPIETARIOS.** 19th Floor,Banco General tower,Aquilino de la Guardia Street, Marbella,Panama City,Republic of Panama Tel: +82 2 3708 3495 Fax: +82 2 753 2527 Email:vplan@daelimcorp.co.kr
Owner (Operator)	**Dong-A Tanker Corporation** 801, Dongyang B/D, 18, Gwangbok-ro 97beon-gil, Jung-gu, Busan, 48955, Korea
Technical Operator	STX Marine Service Co., Ltd PANOCEAN Bldg, 102, Jungang Daero Jung-gu, Busan, Korea
INMARSAT-FBB-500 (TEL, FAX)	7 7 3 1 1 1 6 7 1 / 7 8 3 1 1 3 4 7 6
INMARSAT-C	435 416 110
VSAT (TEL)	82 070-4497-2978(BRIDGE)/79(CAPT ROOM)/80(DECK OFFICER)
E-MAIL-ADDRESS	3fap9@sea-one.com
DSC / MMSI	**3 5 4 1 6 1 0 0 0**
Keel Laid / Launch / Built / Delivery	30TH SEP 2012 - 05TH JAN 2013 - 14TH MAY 2013
Builder	COSCO (ZHOUSHAN) SHIPYARD CO., LTD.
P & I Club Insurance	Steamship Mutual
Last Dry docked	Zhoushan Longshan Shipyard Co., LTD / 27TH APR 2018

Principal Dimensions

LENGTH	L.O.A.	**229,00** m	REGISTERED	**225,50**	m
	L.B.P.	**225,50** m			
BREADTH	MOULDED	**32,26** m	REGISTERED	**32,26**	m
DEPTH	MOULDED	**20,25** m	REGISTERED	**20,25**	m
DRAUGHT	**MOULDED(D.L.W.L.)mld : 12.20 m**	**SCANTLING(S.L.W.L.)mld. : 14.50 m**	**SCANTLING(S.L.W.L.)ext. : 14.521 m**		

Tonnage	I.C.T.M. 69	SUEZ CANAL	PANAMA CANAL (PC/UMS)
GROSS TONNAGE	**4 4 6 0 3**	46.059,47	38.291
NET TONNAGE	**2 7 5 5 0**	45.917,60	

LIGHTSHIP : 14527.83 M/T	TPC AT SUMMER DRAFT : 72.3786 TONS	Air Draft : 52.20 M	FWA : 33.20 CM

Load Line	FREEBOARD (m)	DRAUGHT (m)	DISPLACEMENT (MT)	DEADWEIGHT (MT)	DEADWEIGHT (LT)
SUMMER / S	**5,777**	**14,521**	**96096,40**	**81568,6**	**80280,3**
DUAL LOAD LINE / S	**7,379**	**12,919**	**84838,77**	**70010,9**	**68905,1**
FRESH WATER	**5,445**	**14,853**	**98500,40**	**83972,5**	**82642,7**
TROPICAL	**5,475**	**14,823**	**98283,00**	**83755,2**	**82432,4**
TROPICAL FRESH WATER	**5,143**	**15,155**	**100689,10**	**86161,3**	**84800,5**
WINTER / WNA / W	**6,079**	**14,219**	**93910,90**	**79383,1**	**78129,4**
CONSTANT	**450**				

CARGO HOLD	**7 HOLDS + 7 HATCH COVER (GEARLESS)**						
HOLD	HOLD (+)	HATCHWAY	CAPACITY(M^3)	HATCH OPENING(L x B)		SIZE :	H-COAMING HIGHT: 2.4M
NO. 1	11056,467	334,733	11391,2	13.05 M X 13.20 M		H-NO.	L X B X H (M)
NO. 2	13761,721	401,679	14163,4	15.66 M X 15.00 M		NO.1	15.142 X 13.18 X 0.91
NO. 3	14339,721	401,679	14741,4	15.66 M X 15.00 M		MO.2	17.752 X 15.38 X 0.91
NO. 4	13210,121	401,679	13611,8	15.66 M X 15.00 M		MO.3	17.752 X 15.38 X 0.91
NO. 5	13774,921	401,679	14176,6	15.66 M X 15.00 M		NO.4	16.012 X 15.38 X 0.91
NO. 6	15171,521	401,679	15573,2	15.66 M X 15.00 M		NO.5	17.752 X 15.38 X 0.91
NO. 7	14259,821	401,679	14661,5	15.66 M X 15.00 M		NO.6	17.752 X 15.38 X 0.91
			98319,1			NO.7	17.752 X 15.38 X 0.91
TTL:	**95574,293**	**2744,807**	**98319,1**			H.C.: SIDE ROLLING TYPE.	

Main Engine:	STX MAN B&W6S60MC-C8.2 (TIER II) X 1 SET / MCR 14280 KW X 105 RPM / SMCR 11530 KW X 105.0 RPM / NCR 9800 KW X 99.5 RPM
Generator:	STX MAN B&W6L23/30H_ 770KW@720 RPM, AC 450V X 60Hz X 700 KE X 3 SETS / LIGHTING 220 V
Propeller:	4 Blades, Solid Type Skewed Fix Pitch Propeller x 1 Set, 6,800 mm (Dia.) x **5.07035** mm (Pitch)

Anchor Chain Port:12 Shackles(330M) Starboard:13 Shackles(357.5M)

Service Speed & F/O consumption:	(M/E LOAD AT 85%) ABT 14.0 KTS,BALLAST ON ABT IFO 34.5MT + ABT MGO 0.1 MT
	(M/E LOAD AT 85%) ABT 13.5 KTS,LADEN ON ABT IFO 37.5 MT + ABT MGO 0.1 MT
	(INPORT) ABT IFO 4.5 MT + MGO 0.1 MT

Ballast Pump:	1200 M3 / 0.3 AmPA X 2 SETS
Ballast Tank Capacity	20623.5 M3 +(NO.4. HOLD-13611.8) = 34235.3 M3

Fresh W. Tank Capacity	>> TOTAL : 423,4	M/3
Fresh Water Tanks (P)	211,7	M/3
Drinking W.Tanks (P)	211,7	M/3
Distilled Water		M/3

Fuel Oil Capacity:	2345,8	M/3
Low Sulphue Fuel Tanks :	536,6	M/3
Diesel Oil Tank Capacity:	208,08	M/3
L/O tank Capacity:	: F.O.OVERFLOW.T.(S) 36.0 M3, WASTE OILTK 50.2 M3, F.O.DRAIN T.(S) 21.2 M3	
Bilge Tank Capacity :	26,60	M3
Sludge Tank Capacity :	13,50	M3
Sewage Holding Tank Capacity :	29,20	M3

STRENGTH OF HOLD BOTTOM

NO.1. HOLD	29,56 MT	NO.4. HOLD	20,75 MT	NO.7. HOLD	29,56 MT
NO.2. HOLD	20,25 MT	NO.5. HOLD	29,56 MT		
NO.3. HOLD	29,56 MT	NO.6. HOLD	20,25 MT		

TANK TOP THICKNESS & ITS MATERIAL (HIGH TENSILE STEEL or MILD STEEL)		**Maximum Allowable Quantity in Mass Curve**		
NO.1. HOLD	24.0 mm (High Tensile steel)	NO.1. HOLD	16.640	MT
NO.2. HOLD	21.5mm (High Tensile steel)	NO.2. HOLD	14.160	MT
NO.3. HOLD	24.0 mm (High Tensile steel)	NO.3. HOLD	21.540	MT
NO.4. HOLD	21.5mm (High Tensile steel)	NO.4. HOLD	13.605	MT
NO.5. HOLD	24.0 mm (High Tensile steel)	NO.5. HOLD	20.710	MT
NO.6. HOLD	21.5mm (High Tensile steel)	NO.6. HOLD	15.571	MT
NO.7. HOLD	24.0 mm (High Tensile steel)	NO.7. HOLD	21.430	MT

KEEL UPTO TO TOP OF HATCH COVER			**KEEL UPTO TO HATCH COAMING**		
FORE MAST	36,80	M			
NO.1. HOLD	22,95	M	NO.1. HOLD	22,27	M
NO.2. HOLD	22,95	M	NO.2. HOLD	22,27	M
NO.3. HOLD	22,95	M	NO.3. HOLD	22,27	M
NO.4. HOLD	22,95	M	NO.4. HOLD	22,27	M
NO.5. HIOLD	22,95	M	NO.5. HOLD	22,27	M
NO.6. HOLD	22,95	M	NO.6. HOLD	22,27	M
NO.7. HOLD	22,95	M	NO.7. HOLD	22,27	M
AFT MAST	52,2	M			

THE DISTANCE OF HATCH ?

* DISTANCE BRIDGE TO BOW	=	197,57	METER
* DISTANCE BRIDGE TO STERN	=	31,43	METER
* DISTANCE BETWEEN NO.1. HATCH FORWARD TO THE SHIP BOW	=	19,00	METER
* DISTANCE BETWEEN NO.7. HATCH AFTER END TO THE SHIP STERN	=	39,00	METER
* DISTANCE BEWTEEN NO.I.HATCH FWD TO THE NO.7. HATCH AFT END	=	169,85	METER
* HATCH SIDE TO SHIP SIDE		7,85	METER

CARGO HOLD OF BOTTOM AREA MEASUREMENT :

NO.1. HOLD	20,50	M	(L)	X	15,62	M	(FWD)	+	23,57	M
NO.2. HOLD	23,25	M	(L)	X	23,57	M	(B)			
NO.3. HOLD	25,75	M	(L)	X	23,57	M	(B)			
NO.4. HOLD	20,75	M	(L)	X	23,57	M	(B)			
NO.5. HOLD	23,25	M	(L)	X	23,57	M	(B)			
NO.6. HOLD	25,75	M	(L)	X	23,57	M	(B)			
NO.7. HOLD	25,87	M	(L)	X	23,57	M	(FWD)	+	10,50	M

Lampiran 2. ***Crew List***

CREW LIST

Phone Number :

mvsat : 82 070-4497-2978 / 82 070-4497-2979
IMO Number : 9659763

[V] Arrival [ ] Departure

Page 1 of 1

1. Name of ship	2. Port of Arrival	3. Date of Arrival	6. Nature and No. of identity document (Passport No. & Expiry Date)	7. Seaman's book No. & Expiry Date
DL ACACIA				
4. Nationality of ship: PANAMA	5. Next Port			

8. No.	9. Family name, Given Name	10. Rank or rating	11. Nationality	12. Date and Place of Birth		13. Date & Place of Embarkation		6. Nature and No. of identity document (Passport No. & Expiry Date)	7. Seaman's book No. & Expiry Date
1	OH HO SAM	MASTER	KOREAN	01 Mei 1960	JE JU	07 Jan 2023	GUNSAN, KOREA	M85900335 23 Aug 2031	US830-77059 UNLIMITED
2	SONG KIYOUNG	C/O	KOREAN	08 Oct 1986	JEON BUK	05 Jan 2023	YEOSU, KOREA	M46014161 06 Oct 2025	BS228-03724 UNLIMITED
3	HENDRA MUKTIYONO	2/O	INDONESIAN	31 Jul 1996	SRAGEN	30 Apr 2022	BALIKPAPAN, INDONESIA	C6980809 13 Aug 2025	I 004256 1 Feb 2026
4	PETRUS BINTANG PUTRA SIANIPAR	3/O	INDONESIAN	26 Jun 1995	JAKARTA	13 Dec 2022	ADANG BAY, INDONESIA	C7386421 13 Oct 2025	H 000819 04 Apr 2025
5	KIM MYEONGCHUL	C/E	KOREAN	17 Sep 1954	PO HANG	07 Jan 2023	GUNSAN, KOREA	M49621018 3 Jul 2027	BS105-03610 UNLIMITED
6	JOHAN MORRIS IDA SUPARYONO	1/E	INDONESIAN	26 Nov 1984	JEMBER	10 Oct 2022	SANTOS, BRAZIL	C7791357 10 Feb 2026	F 176559 20 Sept 2025
7	AINUN NAJIB	2/E	INDONESIAN	12 Jan 1995	SUMENEP	13 Dec 2022	ADANG BAY, INDONESIA	C7036880 10 Jun 2025	G 107823 10 Nov 2024
8	ARDIANTO JAYA PRASETYO	3/E	INDONESIAN	30 Jul 1999	KUDUS	18 Jul 2022	SINGAPORE	C8592370 28 Apr 2027	H 023685 27 May 2025
9	DIYAN ARDIYANSAH	BSN	INDONESIAN	3 Dec 1982	TEGAL	13 Dec 2022	ADANG BAY, INDONESIA	C7544258 27 Aug 2026	F 178838 05 Dec 2025
10	NURDIN SOLEH	ABA	INDONESIAN	4 Mar 1980	BOGOR	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C4785914 16 Sep 2024	F 011208 27 Mar 2024
11	SYAHMAD RAHMADI	ABB	INDONESIAN	7 Sep 1983	BANGKALAN	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C5793480 29 Nov 2024	H 002958 28 Jan 2025
12	FANDI TASLIM	ABC	INDONESIAN	12 Jun 1991	TAPINALU	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C8675252 8 Mar 2027	F 237870 7 May 2024
13	AGUNG PURNAMA KUSUMA	OSA	INDONESIAN	22 Feb 1993	MAJALENGKA	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C8680540 3 Jun 2027	F 107201 29 Jan 2025
14	IMAM BUHORI	OSB	INDONESIAN	19 Jul 1985	BANGKALAN	13 Dec 2022	ADANG BAY, INDONESIA	C4343992 10 Jul 2024	G 104757 01 Sept 2024
15	ATENG THABRANI	NO.1 OLR	INDONESIAN	12 Jul 1968	JAKARTA	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C6789884 29 Jun 2025	F 067561 20 Sep 2024
16	URSIL KASO	OLR	INDONESIAN	1 Aug 1979	TOBEMBA	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C7934092 18 Jun 2026	E 107882 8 Aug 2023
17	AHMAD SARONI	WIPER	INDONESIAN	1 Jan 1986	BREBES	18 Jun 2022	KWANGYANG, KOREA	C1867269 1 Nov 2023	F 313592 23 Jan 2025
18	JUHRI KARDI	C/STW	INDONESIAN	4 Sep 1974	CIREBON	13 Dec 2022	ADANG BAY, INDONESIA	C9635272 11 Jul 2027	H 048290 28 Jun 2025
19	MOHAMMAD HOLIL	M/M	INDONESIAN	1 May 1984	BANGKALAN	18 Jul 2022	SINGAPORE	C8097470 12 Jan 2027	H 002880 21 Jan 2025

Total 19 Crew, including Master

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

DAELIM CORPORATION M/V DL ACACIA MASTER PANAMA

CAPT. OH HO SAM
MASTER of DL ACACIA

IMO Convention on Facilitation of International Maritime Traffic

Lampiran 3. ME *Performance Report* November 2022

stx	PERFORMANCE DATA FOR MAIN ENGINE					Form No. Revision No. Revision Date.	TEC-34 01 2010.06.18	
Engine Type	6S60MC-C8.2	Ship speed	12,3	Weather	OVERCAST	Test Date	14.11.2022	
Ambient Temp	38℃	T/C Inlet temp	390 ℃	Humidify	93%	Barom.press	1014 mbar	
Engine Speed	Cylinder oil cons'	System oil	Engine output	Gov index	Load	F.O Cons'	Draft(F)	Draft(A)
94.2 rpm	164 Ltr/Day	30 Ltr/Day	7950 KW	70	58%	26 MT/Day	12,8	13,05

Inlet	Main Lub Oil	Cooling Oil	Cooling L/T water	Cooling H/T water	Fuel Oil		
Pressure	2.6 kg/㎠	2.2kg/㎠	2.4 kg/㎠	4.2 kg/㎠	7.4 kg/㎠		
Temperature	44 ℃	46 ℃	33 ℃	79 ℃	108.8 ℃		
Thrust bearing temp/press : 53 ℃ / kg/㎠				V/V Spring air : 7.3 kg/㎠			

Cylinder Number	Unit	1	2	3	4	5	6				Ave.
IHP (Indicator hose power)	pc	1566	1580	1589	1466	1506	1548				1543
Maximum combustion pressure	bar	136	134	136	131	135	136				135
Compression pressure	bar	104	101	103	103	102	102				103
MIP (Mean indicating pressure)	bar										
P-Max adjustement index	Pos	13,88	14,06	14,08	13,11	13,4	13,77				14
Fuel pump index	mm	66	67	66	66	67	66				66
Actuator index	Pos	38	37	37	38	37	37				37
Exhaust gass tem.cyl' outlet	℃	330	330	340	330	330	335				333
Cooling wter temp.cyl' outlet	℃	79	79	80	79	80	79				79
Cooling oil temp.piston outlet	℃	48	48	49	48	49	48				48

Air Cooler / Scaavenging Air

Temp.	Air	Cooler inlet	160 ℃	Press.	Scavenge air pressure	Engine inlet	kg/㎠
		Cooler outlet	44 ℃			1.3 kg/㎠	
		Engine inlet	46 ℃				
	Cooling water	Cooler inlet	32 ℃		Diff. pressure (Air cooler)		190/81 mmAq
		Cooler outlet	35 ℃		Diff. pressure (Exh' gas - air reservoir)		1.5 kg/㎠

Turbocharger

Speed (rpm)	Exhaust Inlet temp	Exhaust Outlet temp	Lub oil Inlet press	Lub oil Outlet temp			
14660	420℃	310℃	2.48 kg/㎠	46 ℃			

< Remarks >

Witnessed by duty Engineer	1/E Johan Morris	Approved by Chief Engineer	Kim Myeongchul

■ SHEQ-2.5 Ch 3.1.1 / FILE NO. I-15

Lampiran 4. ME *Performance Report* Maret 2023

stx	PERFORMANCE DATA FOR MAIN ENGINE					Form No. Revision No. Revision Date.	TEC-34 01 2010.06.18	
Engine Type	6S60MC-C8.2	Ship speed	12,3	Weather	OVERCAST	Test Date	25.03.2023	
Ambient Temp	38℃	T/C Inlet temp	340 ℃	Humidify	93%	Barom.press	1014 mbar	
Engine Speed	Cylinder oil cons'	System oil	Engine output	Gov index	Load	F.O Cons'	Draft(F)	Draft(A)
92.2 rpm	164 Ltr/Day	40 Ltr/Day	7950 KW	68	56%	26 MT/Day	13,05	13,05

Inlet	Main Lub Oil	Cooling Oil	Cooling L/T water	Cooling H/T water	Fuel Oil		
Pressure	2.4 kg/㎠	2.2kg/㎠	2.4 kg/㎠	4.2 kg/㎠	7.4 kg/㎠		
Temperature	44 ℃	46 ℃	33 ℃	79 ℃	115 ℃		
Thrust bearing temp/press : 54 ℃ / kg/㎠				V/V Spring air : 7.6 kg/㎠			

Cylinder Number	Unit	1	2	3	4	5	6				Ave.
IHP (Indicator hose power)	pc	1566	1580	1589	1466	1506	1548				1543
Maximum combustion pressure	bar	130	130	129	131	130	128				130
Compression pressure	bar	99	98	99	99	99	99				99
MIP (Mean indicating pressure)	bar										
P-Max adjustement index	Pos	12,88	13,06	14,08	13,11	13,4	13,77				13
Fuel pump index	mm	66	67	66	66	67	66				66
Actuator index	Pos	38	37	37	38	37	37				37
Exhaust gass tem.cyl' outlet	℃	300	300	310	300	305	310				304
Cooling wter temp.cyl' outlet	℃	79	79	80	79	80	79				79
Cooling oil temp.piston outlet	℃	48	48	49	48	49	48				48

Air Cooler / Scaavenging Air

Temp.	Air	Cooler inlet	150 ℃	Press.	Scavenge air pressure	Engine inlet	kg/㎠
		Cooler outlet	42 ℃			1.8 kg/㎠	
		Engine inlet	44 ℃				
	Cooling water	Cooler inlet	32 ℃		Diff. pressure (Air cooler)		180/71 mmAq
		Cooler outlet	34 ℃		Diff. pressure (Exh' gas - air reservoir)		1.3 kg/㎠

Turbocharger

Speed (rpm)	Exhaust Inlet temp	Exhaust Outlet temp	Lub oil Inlet press	Lub oil Outlet temp			
13360	390℃	265℃	2.48 kg/㎠	45 ℃			

< Remarks >

Witnessed by duty Engineer	1/E Johan Morris	Approved by Chief Engineer	Kim Myeongchul

■ SHEQ-2.5 Ch 3.1.1 / FILE NO. I-15

Lampiran 5. ISO Correction Data Mesin Induk

stx

ISO correction data

Checked by: D. S. Jeong

Engine no. : SB6S60-12169	Owner		Daelim		Output		11,530 kW	
Hull no. : N413	Shipyard		COSCO Zhoushan		Test Date		Sep. 18th 2012	
	Unit	1	2	3	4	5	6	7
Load	%	25	50	75	85	100-1	100-2	110
Engine speed	rpm	66.1	83.3	95.4	99.5	105.0	105.0	108.4
Engine output	kW	2,883	5,765	8,648	9,801	11,530	11,530	12,683
Barometer pressure	mbar	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
T/C inlet temp.	℃	26.8	26.0	27.2	27.3	29.1	29.2	30.8
Scav. air temperature	℃	39.0	33.0	35.0	36.0	40.0	40.0	40.0
T/C outlet back-press	mmAq	25	100	180	200	250	245	270
Max. combustion pressure	bar	81.8	117.1	149.4	159.3	169.9	168.9	170.7
Max. combustion pressure (ISO)	bar	81.7	116.9	149.6	159.5	170.5	169.5	172.1
Compression pressure	bar	54.0	84.7	118.8	130.3	148.1	148.2	158.0
Compression pressure (ISO)	bar	53.8	84.3	118.8	130.3	148.7	148.7	159.7
Scav. air pressure	bar	0.50	1.21	2.06	2.34	2.76	2.76	3.00
Scav. air pressure (ISO)	bar	0.49	1.19	2.05	2.33	2.76	2.76	3.04
Exh. temp. T/C inlet	℃	300.0	335.0	360.0	380.0	410.0	410.0	435.0
Exh. temp. T/C inlet (ISO)	℃	295.8	331.2	355.3	376.4	404.2	404.2	428.8
Exh. temp. T/C outlet	℃	235.0	220.0	210.0	215.0	230.0	230.0	240.0
Exh. temp. T/C outlet (ISO)	℃	231.6	217.3	206.3	212.4	225.7	225.8	234.9
T/C speed (X 1000)	rpm	7.2	11.1	13.4	14.0	14.9	14.9	15.3
T/C speed (X 1000) (ISO)	rpm	7.1	11.0	13.3	13.9	14.8	14.8	15.3
ISO reference conditions								
Load	%	25	50	75	85	100	100	110
Barometer pressure	mbar	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
T/C inlet temp.	℃	25	25	25	25	25	25	25
Scav. air temperature	℃	33.5	27.4	31.2	33.3	37.0	37.0	39.9
T/C outlet back-press	mmAq	25	86	179	224	300	300	355

Correction equations (Based on MAN B&W documentation)

$$CorrPmax = Pmax,m \cdot (100 - 0.2198 \cdot \Delta Tinl + 0.081 \cdot \Delta Tsc + 0.022 \cdot \Delta Pamb - 0.005278 \cdot \Delta Pback)/100$$

$$CorrPcomp = Pcomp,m \cdot (100 - 0.2954 \cdot \Delta Tinl + 0.153 \cdot \Delta Tsc + 0.0301 \cdot \Delta Pamb - 0.007021 \cdot \Delta Pback)/100$$

$$CorrPsc = Psc,m \cdot (100 - 0.2856 \cdot \Delta Tinl + 0.222 \cdot \Delta Tsc + 0.0293 \cdot \Delta Pamb - 0.006788 \cdot \Delta Pback)/100$$

$$CorrTexh,inl = Texh,inl,m \cdot (100 + 0.2466 \cdot \Delta Tinl + 0.059 \cdot \Delta Tsc - 0.0225 \cdot \Delta Pamb + 0.006127 \cdot \Delta Pback)/100$$

$$CorrTexh,out = Texh,out,m \cdot (100 + 0.316 \cdot \Delta Tinl + 0.018 \cdot \Delta Tsc - 0.0037 \cdot \Delta Pamb + 0.009741 \cdot \Delta Pback)/100$$

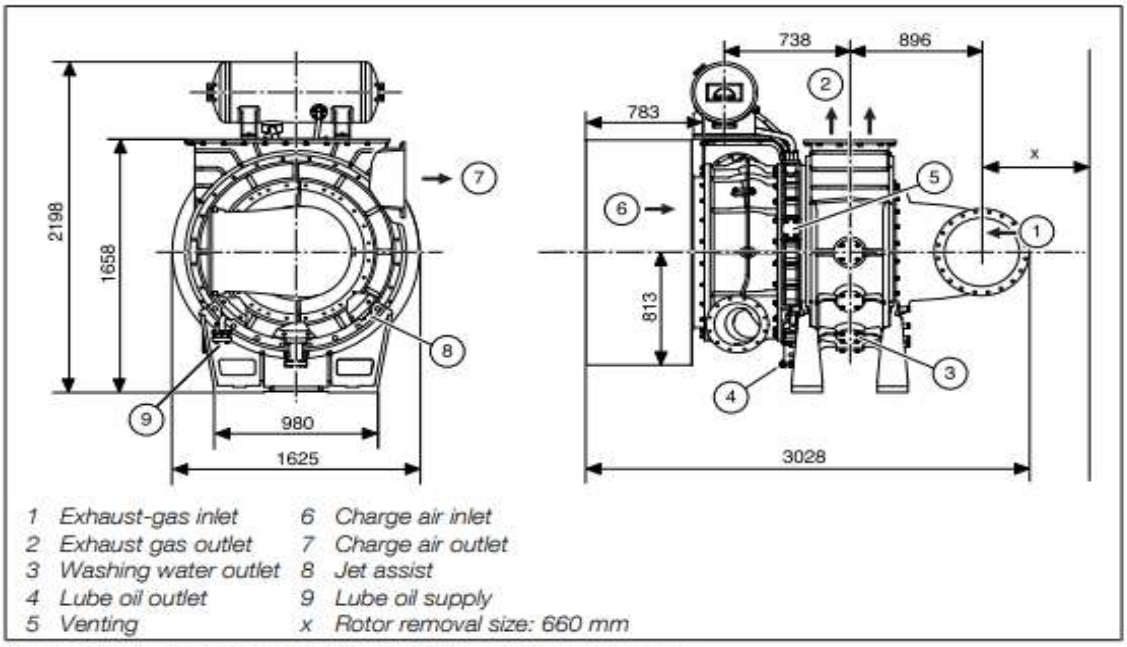
$$CorrTCrpm = TCrpm,m \cdot \sqrt{\{(298.15 \cdot Pamb)/(Tinl + 273.15)\} \cdot (CorrPsc/Psc,m)}$$

where: Δ refers to (reference − measured)

subscript m	measured
Tinl	T/C inlet temperature (℃)
Tsc	Scav.air temperature (℃)
Texh,inl	Exh.temp T/C inlet (K)
Texh,out	Exh.temp T/C outlet (K)
Pamb	Barometer pressure (mmHg)
Pmax	Max.Combustion pressure (barabs)
Pcomp	Compression pressure (barabs)
Psc	Scav.air pressure (barabs)
Pback	T/C outlet back-press (mmAq)
TCrpm	T/C speed (rpm)

Lampiran 6. Gambar Dimensi *Turbocharger*

Dimensions and Connections



1	*Exhaust-gas inlet*	6	*Charge air inlet*
2	*Exhaust gas outlet*	7	*Charge air outlet*
3	*Washing water outlet*	8	*Jet assist*
4	*Lube oil outlet*	9	*Lube oil supply*
5	*Venting*	x	*Rotor removal size: 660 mm*

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

Lampiran 7. Jadwal Perawatan *Turbocharger*

Maintenance Schedule

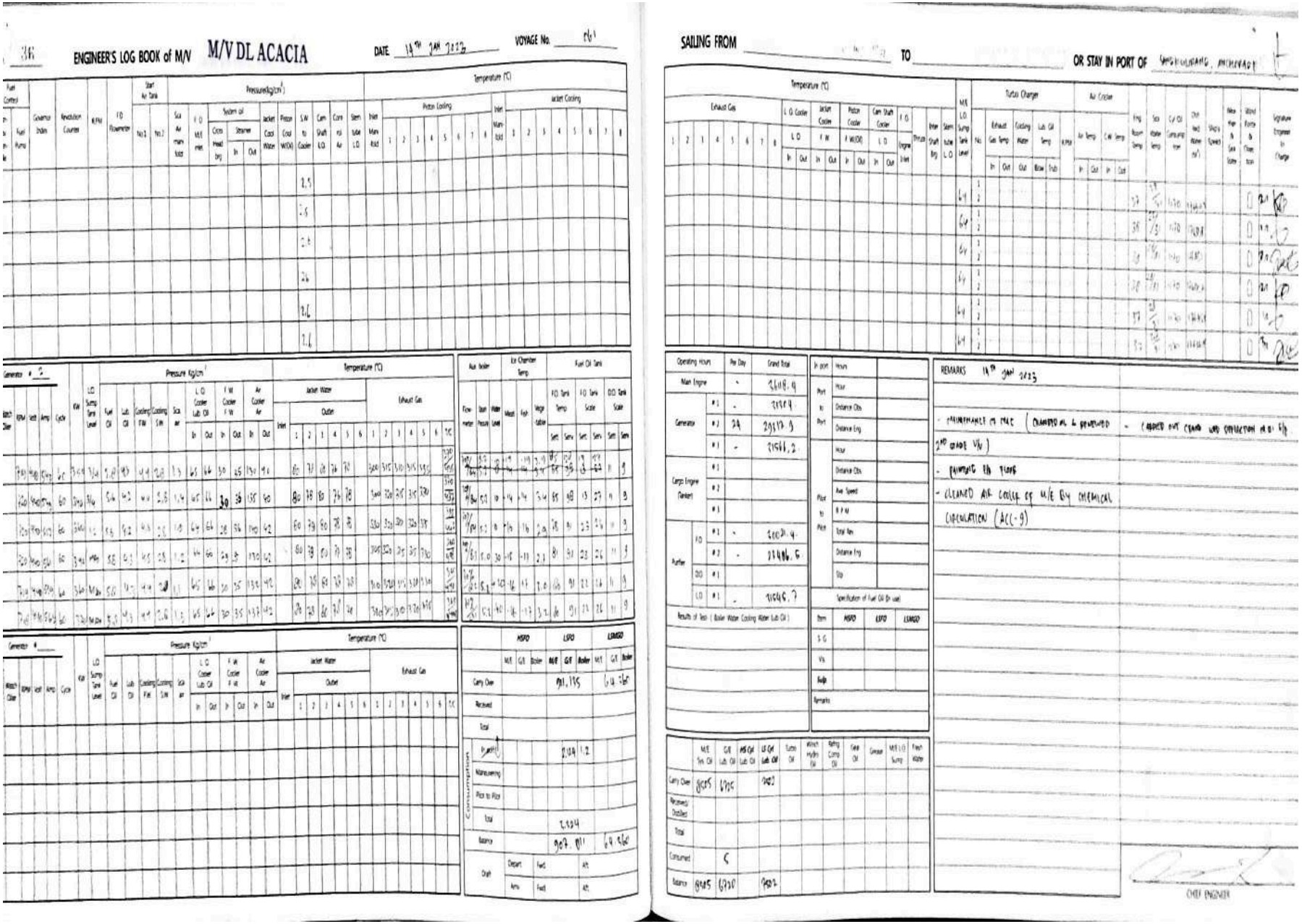
Turbocharger on the Two-stroke Engine

1, 2, 3					per	24	150	250	3000	12000	24000
Inspection (during operation)											
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		
Maintenance (during operation)											
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			
Maintenance (in common with an engine maintenance)											
931	Clean and check compressor casing, insert, diffuser and compressor wheel (visually check and clean, as required). Establish operational readiness of the turbo-charger 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: Dis-mantle, clean and check all components of the turbo-charger. 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

Lampiran 8. *Engine Log Book* Perawatan *Air Cooler* Mesin Induk



ENGINEER'S LOG BOOK of M/V M/V DL ACACIA

DATE 14TH JAN 2023 VOYAGE No. 161

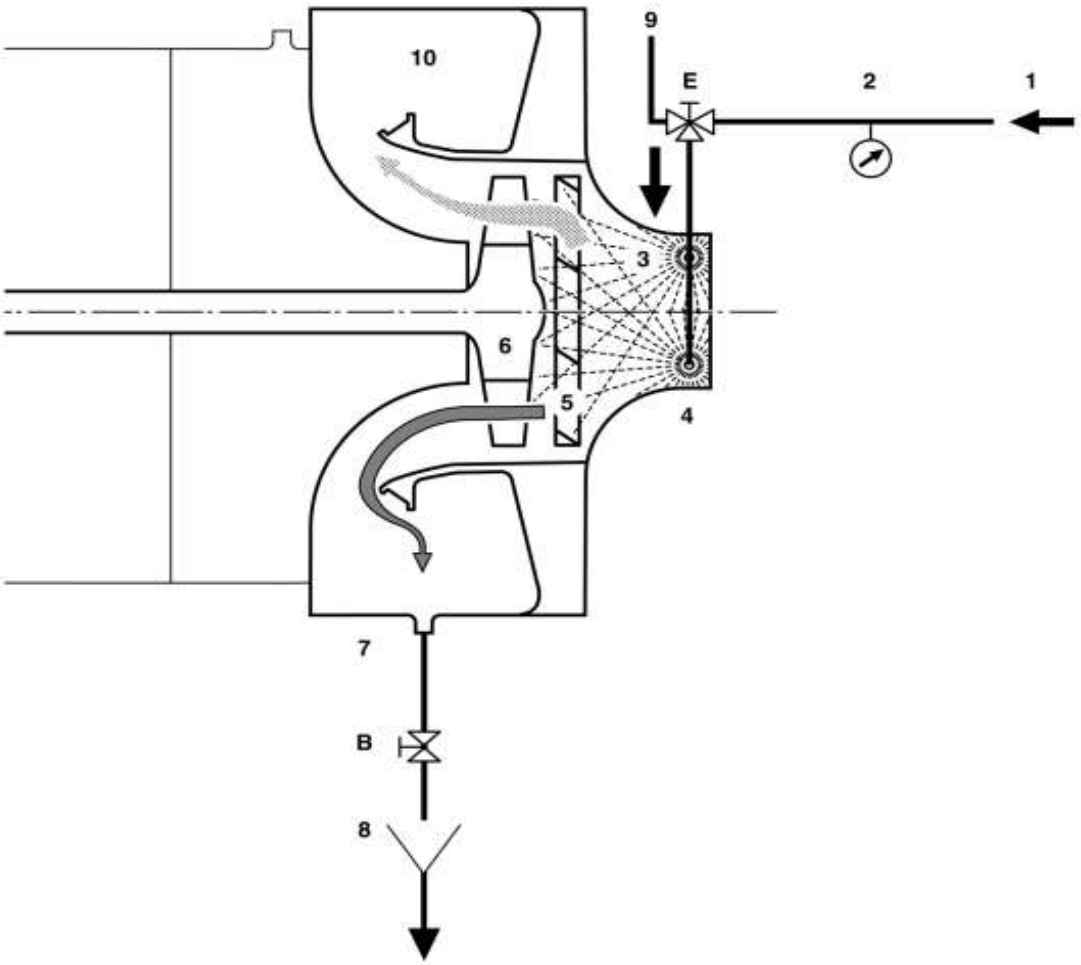
SAILING FROM TO OR STAY IN PORT OF

REMARKS 14TH JAN 2023

- MAINTENANCE IN MAE (CHANGED AL & RENEWED - CLEANED OUT CLEAN AND INSPECTION MADE S/B 2ND GRADE V/N)
- PAINTING EN TANK
- CLEANED AIR COOLER OF M/E BY CHEMICAL CIRCULATION (ΔC(-9)

CHIEF ENGINEER

Lampiran 9. Gambar Diagra Membersihkan Turbin Dengan Air



1 Water supply
Water pressure 2-3 bar)
2 Pressure gauge
3* Nozzles
4* Gas-admission casing
5* Nozzle ring
6* Turbine wheel
7 Water discharge
8 Drain funnel
9 Sealing air
(withdrawal after charge air cooler)
10 gas outlet casing
B Drainage cock
E* Three-way cock with sealing air connection

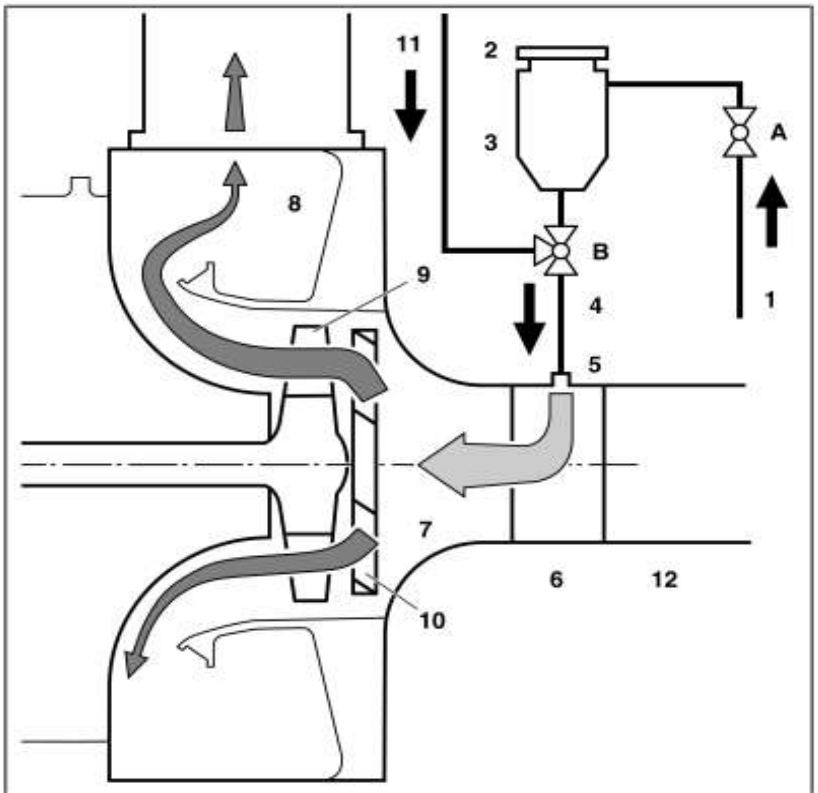
* Delivery scope of turbocharger

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.

Lampiran 10. Gambar Diagram Membersihkan Turbin Dengan Serbuk



1 Compressed-air supply line (5 - 8 bar) Ø 15 x 2 mm
2 Screw plug
3 Granulate container
4 Piping
5 Connection flange
6 Adapter
7 Gas-admission casing
8 Gas outlet casing
9 Turbine wheel
10 Nozzle ring
11 Sealing air (withdrawal after charge air cooler)
12 Exhaust gas pipe
A Stop cock (compressed-air connection G1/2)
B Three-way cock with sealing air connection

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 11. Buku Manual Cara Membersihkan Air Cooler Sisi Udara

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:

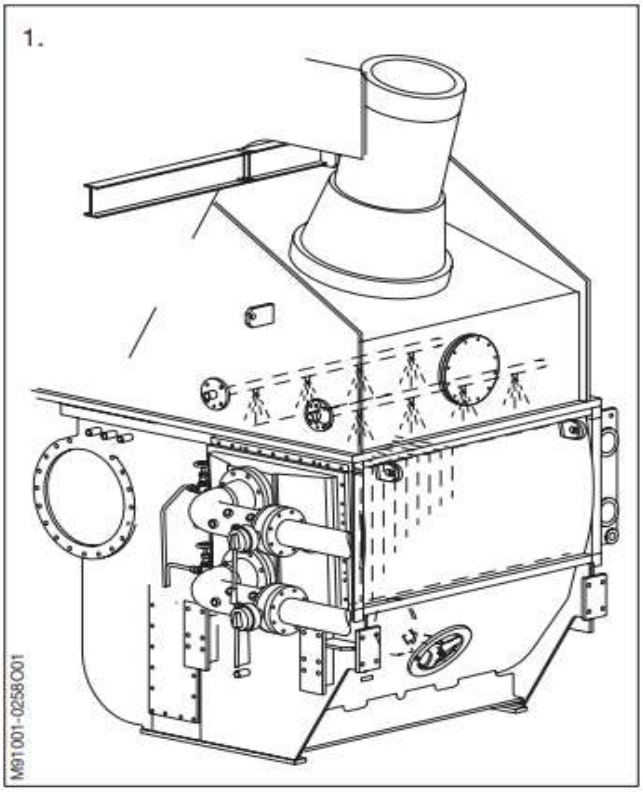
1. Do not start cleaning until the engine has been at a standstill for about 30 minutes. Do not disconnect the compressed air supply to the exhaust valve.

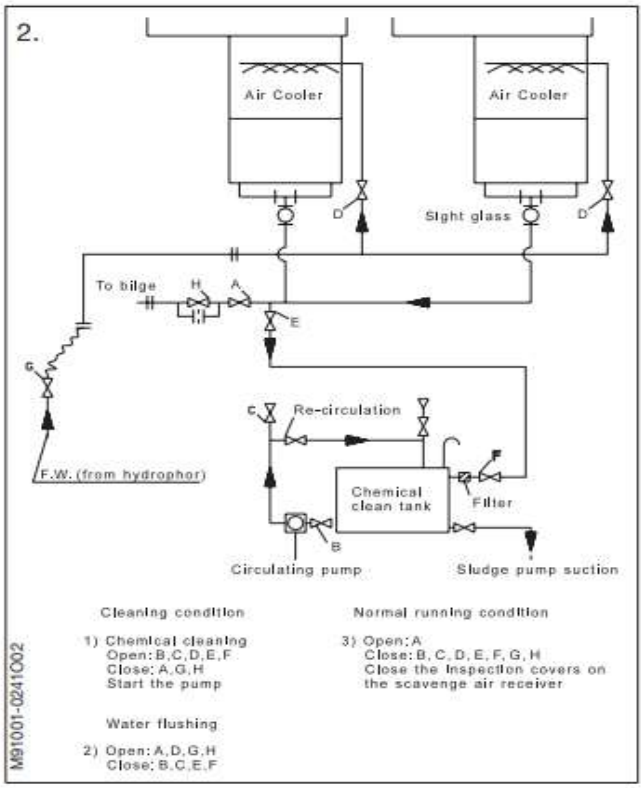
2. Follow the detailed cleaning instructions displayed at the cleaning pipe on the engine. To ensure satisfactory spraying of the cleaning fluid, the circulating pump pressure must be at least 0.7 bar.

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.

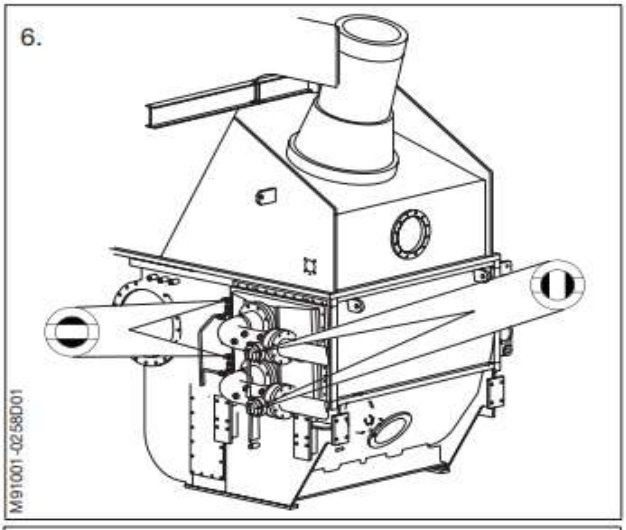
4. After cleaning, flush the cooler with clean water until the water appearing in the sight glasses is clean and pure.

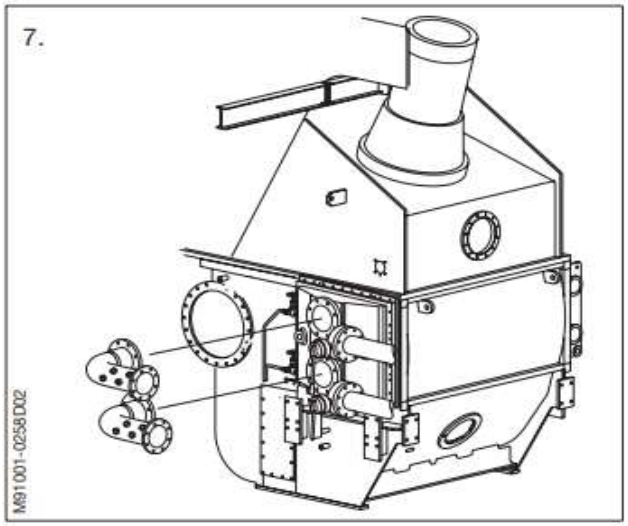
5. Inspect the element as described in *Procedure 910-1.1.*

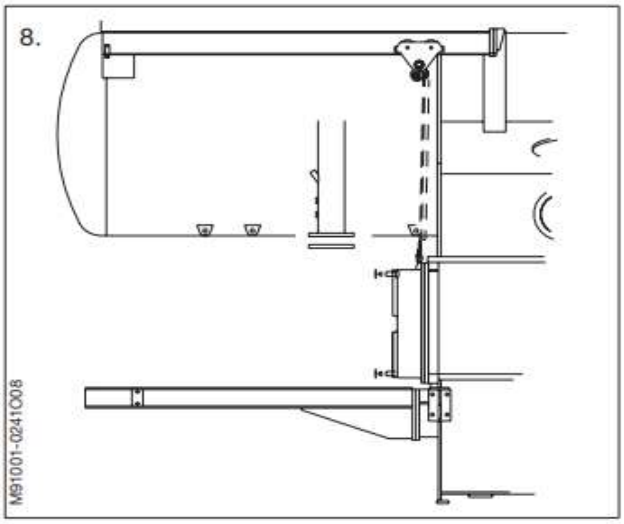




Lampiran 12. Buku Manual Cara Membersihkan Air Cooler Sisi Air







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 13. 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, Xanagwa-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.

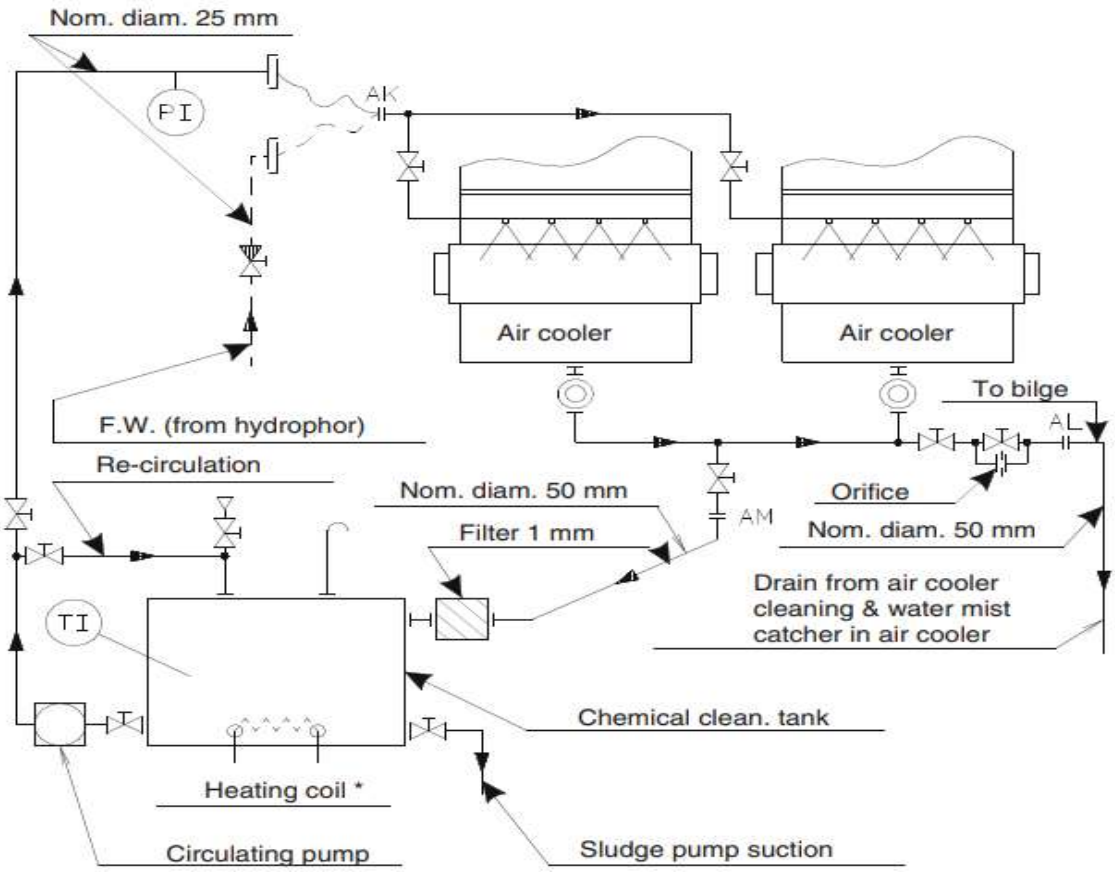
The ordering methods are following

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 14. 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 yangb 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