

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



MAKALAH

**OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS UNTUK
MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK DI MV. SINAR BUKIT TINGGI**

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

Oleh:

REGGY SATRIA PERDANA
NIS: 02122/T-1

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

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

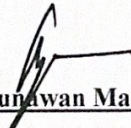


TANDA PERSETUJUAN MAKALAH


Nama : REGGY SATRIA PERDANA
No. Induk Siwa : 02122/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK DI
MV. SINAR BUKITTINGGI

Pembimbing I,

Jakarta, Mei 2024
Pembimbing II,



Dr. April Gunawan Malau, S.Si., M.M

NIP: 19720413 199803 1 005


I Made Marimasa

NIP: 1989041620 14021004 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika


Dr. Markus Yando, S.SiT., M.M
NIP: 19800605 200812 1 001



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



PENGAJUAN SINOPSIS MAKALAH

NAMA : REGGY SATRIA PERDANA
NIS : 02122/T-I
BIDANG KEAHLIAN : TEKNIKA
PROGRAM DIKLAT : DIKLAT PELAUT- I

Mengajukan Sinopsis Makalah sebagai berikut

A. Judul

OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS UNTUK MEMPERTAHANKAN
DAYA MESIN INDUK DI MV. SINAR BUKIT TINGGI

B. Masalah Pokok

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

C. Pendekatan Pemecahan Masalah

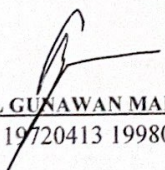
- a. Melaksanakan Rencana Kerja Sesuai dengan Schedule Maintenance
- b. Meningkatkan Pengawasan dalam Pelaksanaan PMS


Dosen Pembimbing I


Menyetujui :

Dosen Pembimbing II

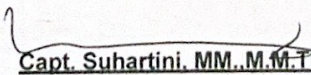
Jakarta, Mei 2024
Penulis


DR. APRIL GUNAWAN MALAU, S.SI., M.M.
NIP : 19720413 199803 1 005


I MADE MARIASA
NIP : 1989041620 14021004 001


Reggy Satria Perdana
NIS : 02122/T-I

Ka.Div.Pengembangan Usaha


Capt. Suhartini, MM., M.M., Tr
NIP : 19800307 200502 2 002

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



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : REGGY SATRIA PERDANA
No. Induk Siwa : 02122/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS
UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK
DI MV. SINAR BUKITTINGGI

Penguji I

Penguji II

Penguji III

Dr. Arif Hidayat, S.PEL., M.M.
Penata Tk I (III/d)
NIP. 19740717 199803 1 001

Moh. Ridwan, S.Si.TM.M
Pembina Utama Muda (III/c)
NIP. 19780707 200912 1 005

Dr. April Gurawan Malau, S.Si., M.M
Penata Tk I (III/d)
NIP. 19720413 199803 1 005

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

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

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

MV. Sinar Bukittinggi adalah salah satu kapal milik Samudera Ship Management pte ltd merupakan sebuah kapal Container, yang menggunakan mesin diesel sebagai tenaga penggeraknya. Kelancaran sebuah kapal dalam operasional kapal tidak terlepas dari peranan mesin induk dan pesawat-pesawat bantu lainnya sebagai pendukung. Mesin kapal tidak dapat beroperasi dengan baik, jika perawatan terhadap pesawat bantu yang berhubungan dengan mesin induk tidak dilaksanakan.

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

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

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

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

Sehubungan dengan hal tersebut, berdasarkan pengalaman penulis sewaktu bekerja di MV. Sinar Bukittinggi pada tanggal 10 Agustus 2023 sewaktu kapal berangkat dari pelabuhan Singapore putaran mesin induk normal dan temperatur gas buang rata-rata 360°C, temperatur udara bilas 46°C dengan tekanan 1 kg/cm². Tetapi setelah 2 (dua) hari perjalanan, tekanan udara bilas jatuh mencapai 0,6 kg/cm², temperatur udara bilas sudah mencapai 53°C sehingga temperatur gas buang rata-rata ikut naik menjadi 470 °C melewati batas maksimal 450°C, berdasarkan *standard of pressure and temperature*, menyebabkan putaran mesin juga turun karena daya yang dihasilkan mesin turun. Hal ini menyebabkan keterlambatan jadwal kapal tiba di pelabuhan Singapore yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena sudah pesan dermaga untuk kapal sandar, tetapi kapal terlambat 1 hari baru bisa sandar dari yang sudah dijadwalkan.

Berdasarkan pengalaman tersebut dapat disajikan tabel berikut:

Tabel 1.1 Tabel Kondisi Ideal dan Kenyataan

No	Kondisi	temperatur gas buang	temperatur udara bilas
1	Ideal	360°C	46°C
2	Kenyataan	470 °C	53°C

Dari tabel tersebut penulis tertarik untuk menulis makalah dengan judul:
**“OPTIMALISASI PERAWATAN SISTEM UDARA BILAS UNTUK
 MEMPERTAHANKAN DAYA MESIN INDUK MV. SINAR BUKITTINGGI”**

B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah

1. Identifikasi Masalah

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

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

2. Batasan Masalah

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

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

3. Rumusan Masalah

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

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

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan makalah ini adalah :

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

2. Manfaat Penelitian

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

a. Aspek Teoritis (Dunia Akademis)

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

b. Aspek Praktek (Dunia Praktisi)

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

D. Metodologi Penelitian

1. Metode Pendekatan

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah:

a. Deskriptif kualitatif

Yaitu mendeskripsikan bagaimana pengaruh udara bilas terhadap pembakaran bahan bakar dan mengatasi masalah tersebut sehubungan dengan kondisi yang terjadi sehingga mesin induk dapat bekerja secara maksimal.

b. Study kasus

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

2. Teknik Pengumpulan Data

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

a. Observasi

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

b. Studi Kepustakaan

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

3. Subjek Penelitian

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

4. Teknik Analisis Data

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

E. Waktu Dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian yaitu saat penulis bekerja di atas MV. Sinar Bukittinggi sebagai *Senond Engineer* sejak 1 Agustus 2023 sampai dengan 25 April 2024. Penelitian dilakukan pada sistem udara bilas mesin induk di atas MV. Sinar Bukittinggi salah satu kapal milik Samudera Ship Management pte ltd yang beroperasi di alur pelayaran Singapore-China.

F. Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat

penelitian, metode penelitian dan teknik pengumpulan data, waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

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

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB II

LANDASAN DAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

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

1. Pengertian Optimalisasi

Dalam beberapa literatur manajemen, tidak dijelaskan secara tegas pengertian optimalisasi, namun dalam Kamus Bahasa Indonesia, Poerwadarminta (2002) 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 Sehwat & Narang (2001) perawatan (*maintenance*) adalah segala kegiatan yang didalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik. Sedangkan menurut Sofyan Assauri, (2004:21) pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga peralatan dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan supaya memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

3. Sistem Udara Bilas

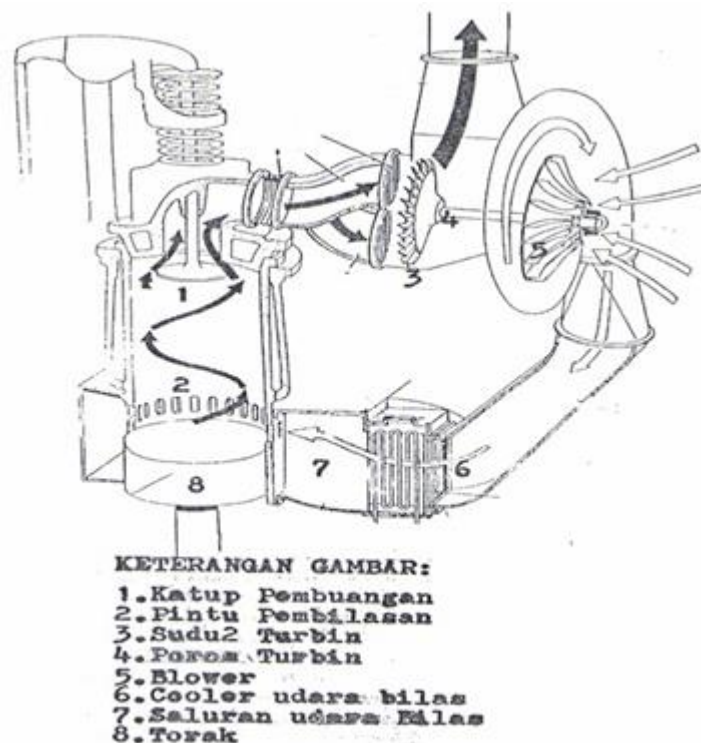
Landasan teori yang diambil secara khusus tentang sistem udara bilas yang dilakukan sebagai obyek penelitian adalah mesin induk di kapal MV. Sinar Bukittinggi yaitu *MAN B&W 6S50ME-C9*, yaitu jenis Mesin Diesel 2 tak yang mempunyai 6 silinder dengan diameter 600 mm dengan sistem penggerak Camshaft, dengan 1 pesawat *Turbocharger TCA66 – 2*

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

“Pembilasan didalam silinder yang efektif adalah sangat penting guna memasukkan udara dalam jumlah yang banyak, karena sebagian dari udara keluar bersama gas buang. Jumlah udara yang banyak memungkinkan pembilasan berjalan baik dan udara yang dikompresikan benar-benar bersih. (Wiranto.AS, Motor Diesel Putaran tinggi : 47)

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

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



Gambar 2.1 Bagian Sistem Udara Bilas

Sumber Gambar : <https://www.maritimeworld.web.id/2014/03/Bagian-Utama-Motor-Diesel-2-Tak-Saluran-Udara-Bilas-Scavenging-Air-Trunk.html>

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” (Arismunandar & Tsuda, 2006).

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 (didas 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 ditentukan.
 - g) Perawatan dengan pembersihan ruangan udara bilas (*Scavenging Air Trunk*) dan ruang pembilasan (*Under Piston*) tiap 1000 jam.
- 3) Perawatan / perbaikan pada sistem udara bilas :
- Perbaikan yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada bagian sistem tersebut yaitu dengan penggantian suku cadang yang telah aus atau rusak. Pada sistem udara bilas ini ada 3 pesawat bantu yang

mendukung Mesin Induk yang sangat vital fungsinya yaitu *turbocharger* dan *air cooler* serta blower bantu (*aux. blower*). Juga terdapat beberapa alat ukur berupa manometer dan termometer untuk mendeteksi keadaan udara bilas dalam sistem tersebut.

4. 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 & Arifin 2013)

1) Fungsi *Turbocharger*

Fungsi dari pada *turbocharger* adalah 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.

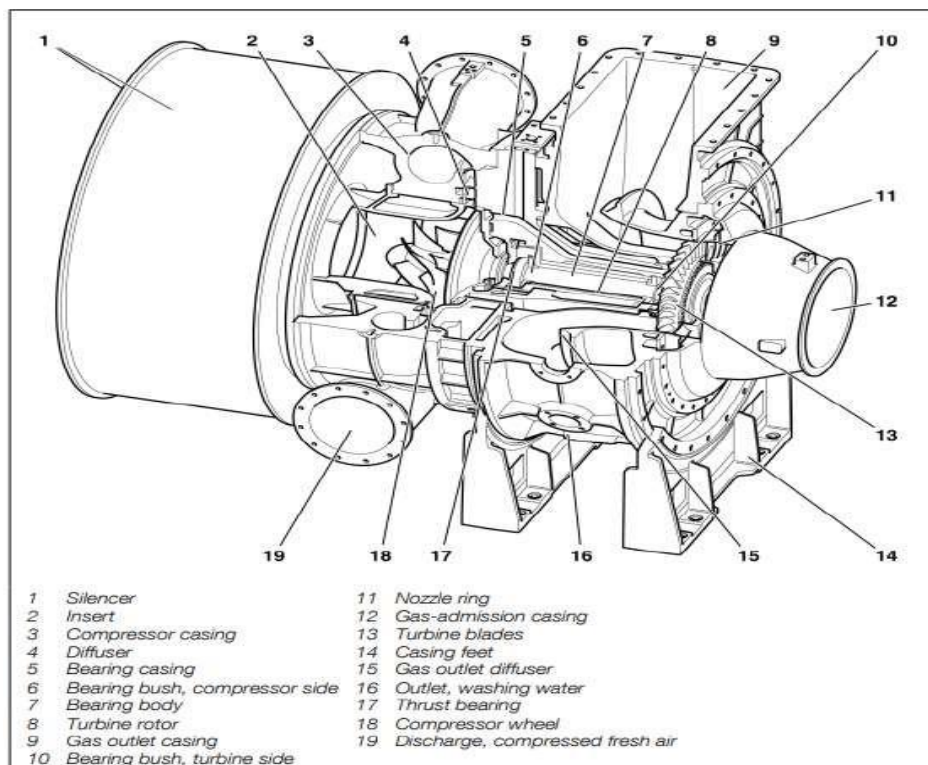
Dengan bertambahnya jumlah udara memungkinkan lebih banyak bagian dari bahan bakar dapat terbakar lebih sempurna di dalam ruang bakar mesin. Oleh karena itu didapatkan daya yang lebih dari setiap ledakan di dalam silinder masing-masing.

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

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

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

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

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

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

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

b. Permasalahan pada *Turbocharger*

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

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

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

Kerusakan atau keausan serta deformasi akan merubah karakteristik dinamik sistem dan cenderung meningkatkan getaran. Sedangkan gaya yang menyebabkan getaran ini dapat ditimbulkan oleh beberapa sumber kontak / benturan antara komponen yang bergerak / berputar (*rotating parts*) dengan bagian yang diam (*stationary component*), putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance mass*), ketidaklurusan rotor (*miss alignment*) dan juga karena kerusakan bantalan (*bearing fault*).

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

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

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

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

a) *Internal Surging*.

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

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

Penyebab terjadinya *internal surging* adalah :

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

sehingga gas buang yang masuk turbin dan udara yang terpakai tidak rata.

b) *External Surging.*

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

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

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

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

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

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

c. Beberapa kontributor utama kerusakan-kerusakan *Turbocharger*

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

- 1) Perawatan dan *overhaul* yang melewati jadwal. Dalam banyak kasus, masa usia pakai dari komponen-komponen utama sering diabaikan. Bukan hanya bantalan-bantalan saja, namun roda-roda / Rotor dari Kompresor dan sudu-sudu Turbin / roda-rodanya juga bisa memiliki batas usia pakai. Rotor kompresor

misalnya memiliki batas usia pakai antara 50,000 sampai 100,000 jam kerja tergantung dari cara penggunaan dan konfigurasi pemasangannya di mesin. Jam-jam kerja diatas setara dengan 7.5 sampai 15 tahun penggunaan diantara penggantian baru (*exchange intervals*). Karena keterbatasan pengoperasian dan finansial, jadwal-jadwal *overhaul* seringkali diperpanjang sampai kapal naik dok-kering ketimbang melakukannya pada saat kapal sedang beroperasi. Tanda-tanda atau gejala nyata yang mengindikasikan adanya masalah kadang-kadang diabaikan.

Suara-suara auman atau surging bisa mengindikasikan pendingin udara (*intercooler / air cooler*) yang tersumbat atau cincin sudu-antar atau *nozzle ring* yang kotor. *Surging* pada mesin berbeban penuh yang dibiarkan berkelanjutan bisa langsung menyebabkan kerusakan pada turbin itu sendiri. Selain itu, meningkatnya suhu-suhu gas buang bisa saja mengindikasikan bahwa diperlukan pemeriksaan luar yang berkelanjutan dengan perawatan .

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

rotor itu yang benar bisa menyebabkan tergeseknya rotor itu pada rumahnya dengan akibat ketidakseimbangan.

- 7) Pembersihan rumah-rumah turbin (*cover rings*) yang tidak benar bisa menyebabkan rusaknya sudu-sudu turbin karena bergesekan dengan rumahnya saat memasang kembali rotor turbin itu ke rumahnya.
- 8) Rotor yang tidak seimbang (*lack of ballancing*) bisa menyebabkan rusaknya bantalan-bantalan turbin. (Karena putaran turbin itu sangat tinggi, maka toleransi kekeliruannya juga sangat kecil).
- 9) Instruksi-instruksi perawatan (*service letters*) tidak ada lagi di kapal. Pada saat terjadi pengalihan kepemilikan (kapal dijual), instruksi-instruksi mengenai perawatan dan buku catatan perawatan untuk *turbocharger* serta buku-buku / catatan perawatan tentang 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 di hulu aliran gas buang yang menuju ke *turbocharger*. Karena *turbocharger* berada di bagian paling hilir dari aliran gas buang ketimbang komponen-komponen mesin lainnya, maka setiap kotoran / benda-benda asing (*foreign objects*), bagian-bagian yang lepas (*loose parts*), perkakas yang tertinggal atau potongan-potongan kecil dari bagian mesin yang tidak terpasang dengan

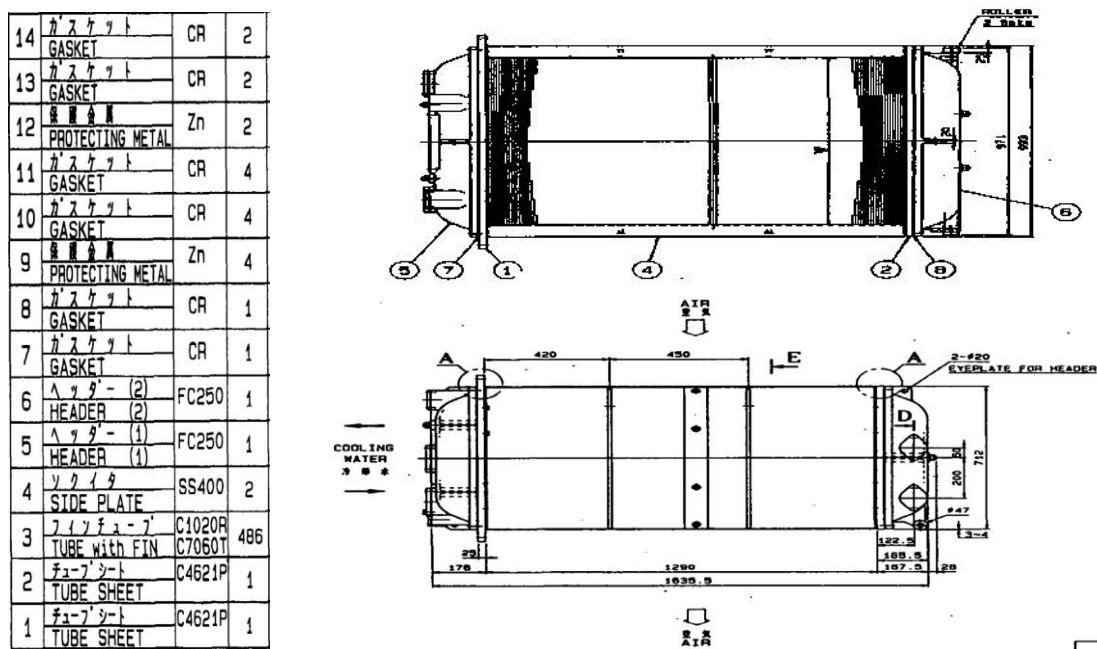
sempurna bisa saja akhirnya bergerak mengikuti gas bekas ke arah hilir dan merusak *turbocharger*. Benda-benda seperti itu bisa saja berupa baut-baut lepas, bagian-bagian dari pengabut bahan bakar, potongan-potongan kecil dari *compensator bellow*, sisa-sisa *elektrode* pengelasan, puntung-puntung kotoran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

- 12) Perawatan dan pengoperasian oleh awak kapal yang tidak benar. Perawatandan pengoperasian yang tidak benar yang dilakukan oleh kru kapal bisa menyebabkan kerusakan pada turbocharger. Berikut ini adalah daftar dari sejumlah jenis penyebab dan peristiwa-peristiwa yang bisa mengakibatkan kerusakan-kerusakan yang lebih parah:
- 13) Kotoran yang menempel pada kompresor dan sudu-sudu turbin. Pelaksanaan yang tidak benar dan kelalaian dalam melakukan pencucian rutin bisa menyebabkan terkumpul / menempelnya kotoran-kotoran pada kompresor-kompresor maupun sudu-sudu turbin. Dan hal ini akan menyebabkan ketidakseimbangan 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 maksimumnya (*overspeed*). Disebabkan oleh kegiatan-kegiatan perawatan atau pengoperasian yang tidak benar, dalam sejumlah kasus turbochargerturbochaerger berputar melebihi batas putaran maksimumnya. Jika kelebihan putaran hanya beberapa persen dari putaran maksimumnya ini dibiarkan berkelanjutan, maka komponen-komponen

dari turbocharger akan cepat rusak dan masa usia pakainya menjadi lebih pendek. *Turbocharger* yang berputar 30-40% melebihi putaran maksimumnya bisa meledak seketika.

5. 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.



Gambar 2.3 Konstruksi Air Cooler Dongwa Entec

Sumber Gambar: (Handoyo, 2022)

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 menurunnya kerja atau efisiensi dari *air cooler* tersebut. Menurunnya kerja dapat kita deteksi dari :

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

2) Perawatan *air cooler*

- a) Pada sisi air tawar (*fresh water*) lakukan pembersihan pada lubang-lubang air masuk dan keluarnya menggunakan kawat *brush* sesuai ukurannya 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.Sinar Bukittinggi, 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 SINAR BUKITTINGGI

IDENTIFIKASI MASALAH

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

BATASAN MASALAH

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

Temperatur udara bilas yang masuk ke dalam silinder ruang pembakaran di

RUMUSAN MASALAH

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

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

ANALISIS DATA

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

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

PEMECAHAN MASALAH

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

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

Tercapainya Optimalisasi kerja Mesin Induk MV. SINAR BUKITTINGGI

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

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

Pada tanggal 10 Agustus 2023 kapal MV. Sinar Bukittinggi berangkat berlayar dari pelabuhan Singapore menuju pelabuhan *India* 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 menurunnya tekanan udara bilas dari standarnya 1.5-1.8 bar menjadi 0.9-1.0 bar. Hal ini juga berdampak pada suhu udara gas buang yang mengalami kenaikan secara merata dari batas maksimal 380°C menjadi 400-420°C sehingga secara otomatis mengakibatkan putaran mesin induk turun.

Setelah mengetahui tiba tiba putaran mesin turun dan melihat histori dari alarm yang terdapat pada *monitor alarm sistem* yang ada di *Engine Control Room*, Setelah temperatur gas buang turun, Putaran Mesin Induk dinaikan secara perlahan sampai rpm 92 sesuai instruksi penyewa kapal. Akan tetapi ketika handel kontrol pada posisi 80 rpm, suhu gas buang secara merata naik mendekati limit yaitu 380°C, Kondisi tersebut kita laporkan ke pemilik kapal dan penyewa kapal, kemudian mereka memberi instruksi untuk menjaga kapal berlayar pada kondisi aman, sehingga dengan mempertimbangkan beberapa aspek kapal berlayar dengan kecepatan 8 knot pada putaran mesin induk 70 rpm dengan kondisi *Aux. Blower* jalan secara bergantian untuk memberikan tambahan tekanan suplai udara bilas sampai kapal sampai *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. Sinar Bukittinggi yaitu bulan Agustus 2023. 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 mengganggu operasional kapal dalam pengiriman muatan di pelabuhan tujuan.

B. Analisis Data

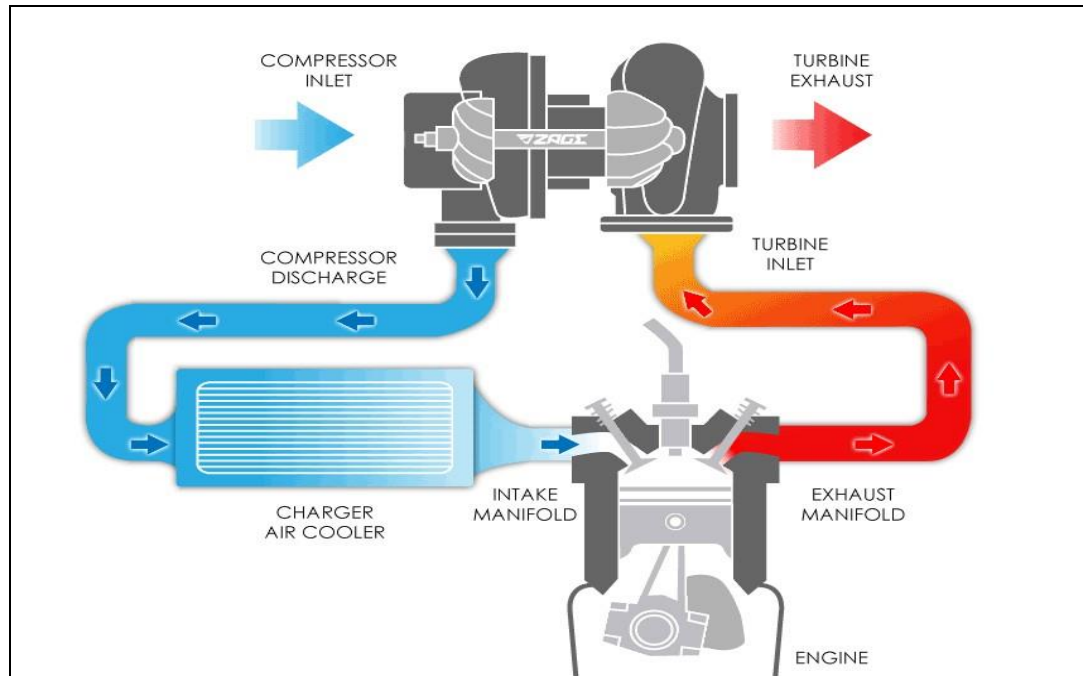
1. Menurunnya tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* di bawah standar/rendah

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

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

- a. Pengaruh dari *turbocharger* (termasuk filter udara masuk), kenaikannya $\pm 30^{\circ}\text{C}$
- b. Pengaruh dari *air cooler*, kenaikannya $\pm 10^{\circ}\text{C}$

- c. Pengaruh dari kondisi mekanik mesin (sistem pengabutan bahan bakar, keadaan silinder , *exhaust valve*), kenaikannya $\pm 15^{\circ}\text{C}$
- d. Pengaruh kualitas bahan bakar, kenaikannya $\pm 15^{\circ}\text{C}$



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.

Temperatur gas buang naik pada semua silinder dapat disebabkan oleh :

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

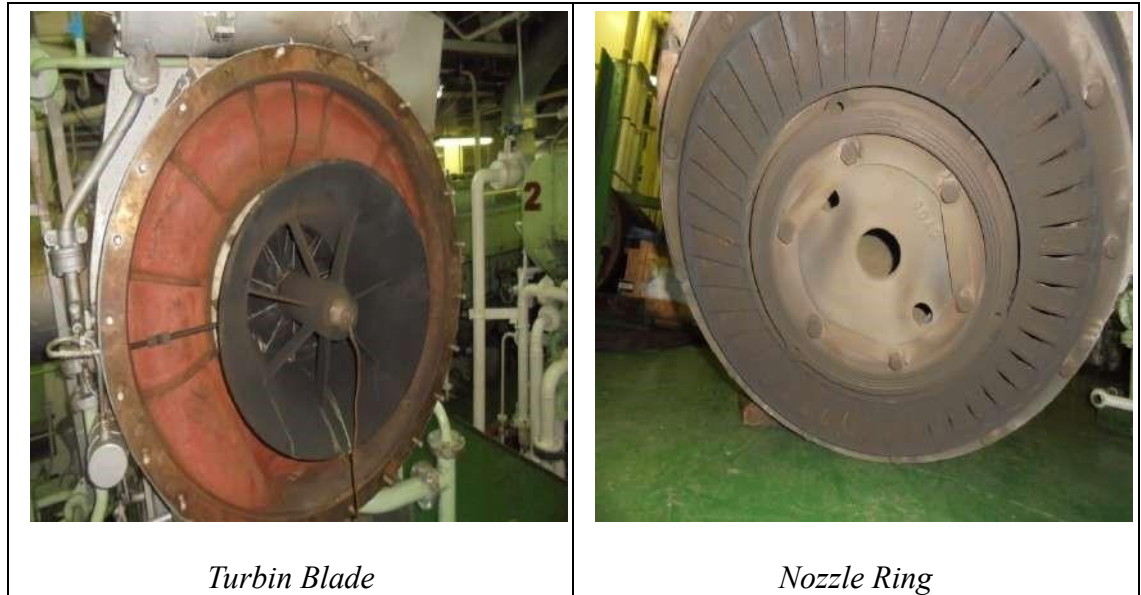
Dari ke 3 kemungkinan hal penyebab naiknya temperatur pada semua silinder dan dengan telah dilakukannya semua pengecekan secara aktual maka 2 faktor yang mempengaruhi adalah :

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

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

Analisis pada *turbocharger*:

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



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

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

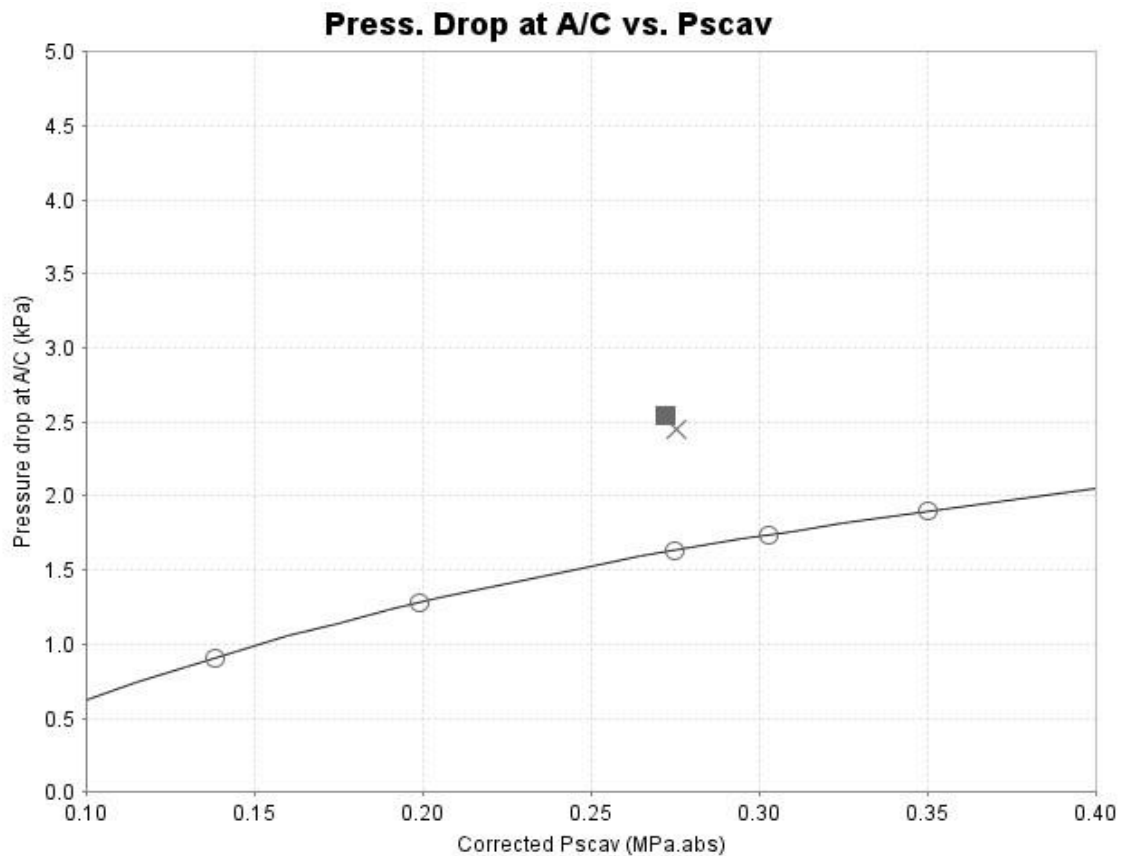
Dari tabel itu dapat kita simpulkan bahwa keadaan *turbin* dan *nozzle ring* yang kotor akan menyebabkan tekanan udara bilas yang dihasilkan menurun. Hal ini karena aliran gas buang terhambat melewati *nozzle ring* menuju *turbin* sehingga putaran turbin sedikit menurun. Akibatnya putaran *compressor*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

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

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

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

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



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*.



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

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

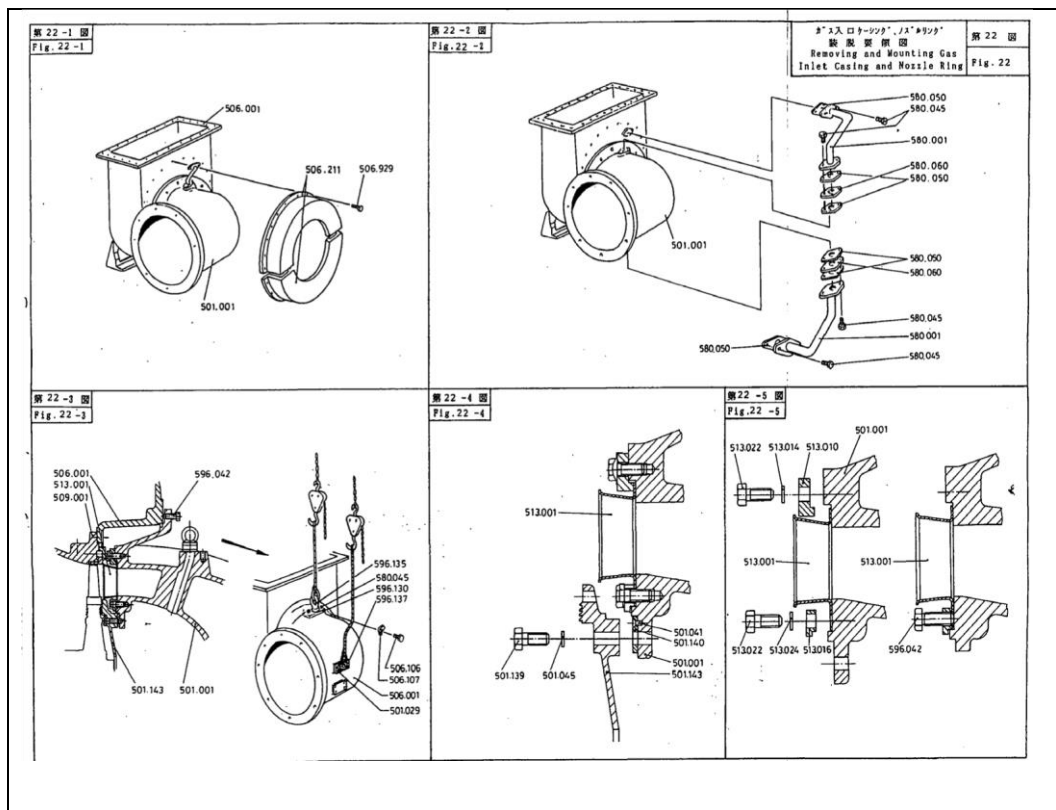
Mengingat operasional kapal dan pihak penyewa tidak memberikan ijin perawatan pada *turbocharger* keseluruhan, maka pemecahan yang diambil adalah dengan hanya melakukan perawatan pada sisi saluran gas buang masuk *turbocharger* dan membersihkan bagian dari *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* yang kotor.

a) Cara melepas *nozzle ring* dan *turbin* pada saluran gas buang :

- (1) Lepas alat ukur putaran turbin (*tachometer*) dan temperatur gas buang masuk turbin (*thermomete*)
- (2) Lepas semua baut pengikat tutup *turbocharger* pada saluran gas buang.

- (3) Lepas baut penghubung sambungan saluran gas buang dan tutup turbocharger.
- (4) Lepas pipa-pipa instalasi untuk turbin washing masuk dan pipa drain.
- (5) Lepas tutup turbocharger sisi gas buang dengan menggunakan chain block dengan hati-hati.
- (6) Lepas nozzle ring yang terpasang pada tutup turbin dengan melepas semua baut pengikatnya.
- (7) Nozzle ring dan turbin pada posisi bebas untuk dilakukan pembersihan dari karbon yang menempel.

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



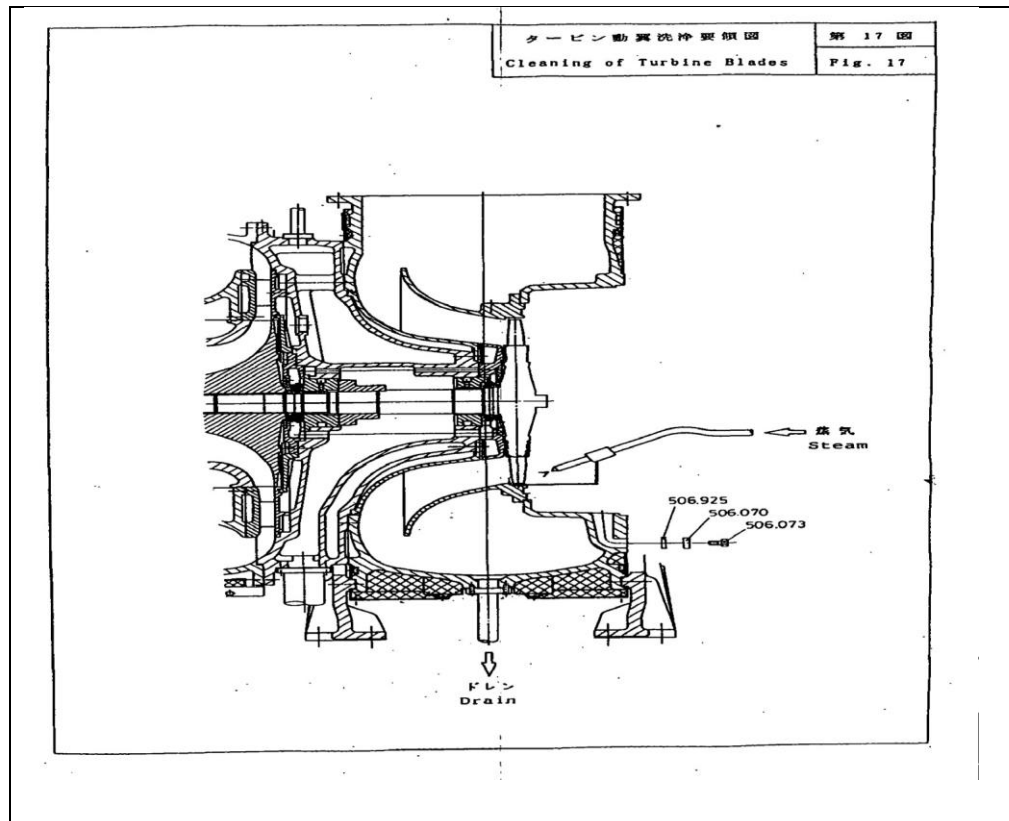
Gambar 3.5 Langkah-Langkah Membuka *Nozzle Ring* dari Turbin
Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

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 sudusudu turbin secara merata dan kotoran terkelupas sedikit demi sedikit. Cara

ini dilakukan untuk menjaga agar kisi-kisi turbin tidak terluka / rusak karena pukulan benda padat (bila dibersihkan menggunakan palu cipping, sikat kawat atau alat lainnya). Keberhasilan pembersihan dengan cara ini dapat dilihat dari putaran turbin yang bebas dan tidak adanya suara gesekan *Turbin* dengan rumah *Turbocharger*.



Gambar 3.6 Cara Pembersihan *Turbin Blade* dengan *Steam*
Sumber Gambar : Dari Buku Manual *Turbocharger* Mesin Induk

(2) Cara pembersihan *nozzle ring*

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

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

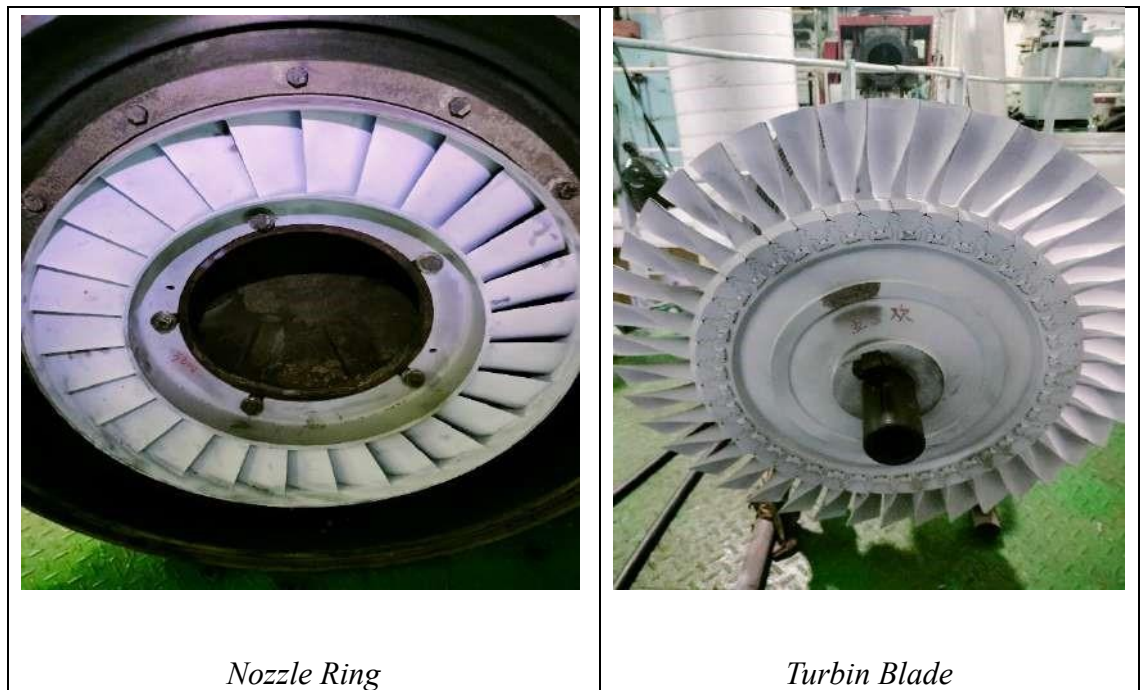
(1) Pasang kembali *nozzle ring* pada tutup *turbin* dan ikat bautnya.

- (2) Pasang dengan hati-hati tutup turbin dengan menggunakan chain block, ujung nozzle ring harus tepat pada posisi depan turbin
 - (3) Pasang semua baut pengikat tutup turbin dengan kencang dan seimbang
 - (4) Sambungkan flange penghubung dengan saluran gas buang dan ikat semua bautnya secara seimbang.
 - (5) Pasang pipa-pipa instalasi untuk turbin washing dan drain pipa-nya.
 - (6) Pasang alat ukur putaran turbin (*tachometer*) dan pengukur temperatur gas buang masuk turbin (*thermometer*)
- 2) Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin blade* dengan cara pembilasan (*turbin washing*). Ada 2 cara yaitu :
- a) Pembilasan kering (*dry cleaning*)

Pembilasan ini dilakukan dengan cara 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.



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 :

- Persiapkan terlebih dahulu alat-alat yang akan dipergunakan seperti *wire brush tube cleaner*, sikat plastic, ember, selang air, selang angin dan lainnya.
- 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 $< 75^{\circ}\text{C}$. Cairan yang cukup panas akan mempermudah proses pelarutan kotoran selama sirkulasi.

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

2. Evaluasi Alternatif Pemecahan Masalah.

- a. Menurunnya 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 pelabuhan yang dituju tidak bertambah lama.
- b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :
 - (1) Pembersihan tidak optimal.
 - (2) Waktu pembersihan terburu-buru dan saluran gas buang masih panas karena mesin baru jalan sehingga di butuhkan kehati-hatian saat bekerja.
 - (3) Permasalahan teratasi tapi sifatnya hanya sementara, kemungkinan akan terjadi lagi dalam beberapa hari operasional kapal.
- 2) Pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan *turbin* dengan cara pembilasan (*turbin washing*).
 - a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :
 - (1) Pelaksanaan dapat dilakukan pada saat kapal berjalan dan waktu yang singkat.
 - (2) Pekerjaan relatif ringan karena sistem pembilasan *turbin* telah ada.
 - b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :
 - (1) Pembersihan tidak optimal terutama jika kotoran telah mengeras, perlu dilaksanakan berulang kali tiap mendapatkan hasil yang maksimal.
 - (2) Penggunaan *grain* yang sering saat turbin washing dapat menimbulkan bunga api pada *economizer*.
- 3) Pembersihan *nozzle ring* dan *turbin* dengan cara *overhaul* satu set *turbocharger*.
 - a) Kelebihan dari alternatif ini adalah:
 - (1) Pembersihan optimal, kinerja *turbocharger* kembali optimal.
 - (2) Mesin Induk akan dapat beroperasi optimal.
 - b) Kekurangan dari alternatif ini adalah :
 - (1) Pekerjaan tidak dapat segera dilaksanakan saat *voyage* itu juga, karena perlu persetujuan biro klasifikasi, penyewa kapal dan divisi teknis perusahaan (*superintendent*)
 - (2) Karena perencanaan yang lama membuat kapal akan terus berjalan pada putaran mesin rendah, sehingga keterlambatan dan kerugian bertambah besar serta penyewa akan memutus kontrak.
- b. Temperatur udara bilas yang masuk kedalam silinder ruang pembakaran tinggi/di atas standar:

- 1) Pembersihan *air cooler* dengan *wire brush tube cleaner* pada sisi air tawar
 - a) Kelebihan dari alternatif ini adalah :
 - (1) Pekerjaan dapat dilakukan tiap kapal di pelabuhan maupun saat kapal berlabuh.
 - (2) Pekerjaan dapat dilakukan dengan cepat ± 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. Menurunnya tekanan udara bilas yang di *supply turbocharger* rendah/di bawah standar

Dengan pembersihan kotoran pada *nozzle ring* dan sudu-sudu *turbin* dengan membuka pipa saluran gas buang masuk *turbocharger*. Setelah *nozzle ring* terlepas, dan dalam kondisi bebas kemudian di bersihkan dengan cara 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 ruang pembakaran di atas standar/tinggi

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

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka penulis mengambil kesimpulan kurang optimalnya perawatan pada kompresor udara disebabkan sebagai berikut:

1. PMS tidak dilaksanakan sesuai prosedur menyebabkan kurang optimalnya perawatan pada mesin kompresor udara yang mengakibatkan pengurangan penurunan performa kompresor udara.
2. Kurangnya pemeliharaan dan pengawasan berkala terhadap filter udara menyebabkan perawatan yang kurang optimal pada kompresor udara.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan dan implikasi diatas, maka penulis memberikan saran yang dapat dijadikan langkah konkrit sebagai berikut:

1. Seharusnya Chief engineer memonitor pelaksanaan PMS secara rutin, dengan melakukan inspeksi dan pengukuran performa kompresor udara secara berkala
2. 2nd engineer Seharus nya memastikan bahwa kualitas filter udara yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang direkomendasikan oleh maker. Filter udara yang kurang berkualitas mengurangi efektivitas dalam menyaring kotoran dan debu dari udara

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., & Tsuda, K. (2006). *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Handoyo, J. J. (2022). *Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal ATT III*. Jakarta: Buku Maritim Djangkar.
- Poerwadarminta, W. J. S. (2002). *Kamus Umum Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Sehrawat, M. ., & Narang, J. . (2001). *Production Management*. Nai Sarak: Dhanpahat RAI Co.
- Sukoco, & Arifin, Z. (2013). *Teknologi Motor Diesel* (Riduwan, ed.). Bandung: Alfabeta.