

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



MAKALAH

**UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBO
CHARGER UNTUK MENUNJANG OPTIMALISASI DAYA
MESIN INDUK PADA KAPAL PB. BELINI VII**

Oleh :

MOHAMMAD TAUFIK

NIS. 02078/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2024

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



MAKALAH

**UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBO
CHARGER UNTUK MENUNJANG OPTIMALISASI DAYA
MESIN INDUK PADA KAPAL PB. BELINI VII**

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

Oleh :

MOHAMMAD TAUFIK

NIS. 02078/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2024

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



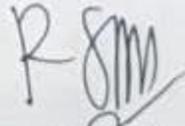
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : MOHAMMAD TAUFIK
No. Induk Siwa : 02078/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBO
CHARGER UNTUK MENUNJANG OPTIMALISASI
DAYA MESIN INDUK PADA KAPAL PB. BELINI VII

Pembimbing I,

Jakarta, Februari 2024
Pembimbing II,


Nafi Almuzani, M. M.Tr., M.Mar.E
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19720901 200502 1 001


RR. Retno Sawitri, M.MTr
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19820306 200502 2 001

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 : MOHAMMAD TAUFIK
No. Induk Siwa : 02078/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBO
CHARGER UNTUK MENUNJANG OPTIMALISASI
DAYA MESIN INDUK PADA KAPAL PB. BELINI VII

Penguji I

Penguji II

Penguji III

Ir. Pande Irianto, S. Siregar, MM
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19620522199703 1 001

Bosin Prabowo, S.SiT
Penata TK. I (III/d)
NIP 19780110200604 1 001

Nafi Almuzani, M.MTr.M.Mar.E
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19720901200502 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

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

KATA PENGANTAR

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

**“UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBO CHARGER UNTUK
MENUNJANG OPTIMALISASI DAYA MESIN INDUK PADA KAPAL PB.
BELINI VII”**

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

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

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

1. Dr.Ir.H.Ahmad Wahid,S.T.,M.T.,M.Mar.E, selaku Ketua Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.SiT.,M.M.,M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Nafi Almuzani, M. M.Tr.,M.Mar.E., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Ibu RR. Retno Sawitri, M.MTr., 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

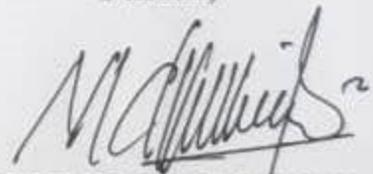
menyelesaikan tugas makalah ini.

7. Tri Maria Rahmawaty Istri tercinta Rumaisha Harianti anak tercinta terima kasih karena telah mendampingi dan memberikan semangat disaat melakukan penyusunan Makalah.
8. Jaharuddin dan Sumarliani selaku orang Tua yang telah memberikan doa kepada anaknya Disaat melaksanakan Diklat dan dalam menyelesaikan tugas makalah.
9. Al. Haruddin. Spd dan Alm. Saifa sebagai orang tua Kandung, terimakasih karena telah mendidik, membesarkan dan merawat hingga dewasa hingga di jenjang ini.
10. Seluruh rekan-rekan Pasis Ahli Teknika Tingkat I angkatan LXIX tahun ajaran 2024 yang ikut memberikan bimbingan, sumbangsih, pikiran dan saran yang baik secara material maupun moril sehingga makalah ini akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, Februari 2024

Penulis,



MOHAMMAD TAUFIK

NIS. 02078/T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
D. Metode Penelitian	5
E. Waktu dan Tempat Penelitian	6
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	8
B. Kerangka Pemikiran	19
BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	21
B. Analisis Data	23
C. Pemecahan Masalah	28

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	41
B. Saran	42

DAFTAR PUSTAKA	43
-----------------------------	----

DAFTAR ISTILAH

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagian-bagian dari turbocharger	12
Gambar 2.2. Konstruksi Bagian dari <i>Turbocharger</i>	13
Gambar 3.1 Kerusakan <i>Nozzle Ring Turbocharger</i>	22
Gambar 3.2 Kerusakan pada <i>turbin blade</i>	25
Gambar 3.3 Proses <i>balancing</i> pada <i>rotor turbocharg</i>	32
Gambar 3.4 <i>Data report</i> hasil <i>Balancing Rotor</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Di tengah persaingan bisnis pelayaran yang ketat, Nahkoda dan *Chief Engineer* sebagai pimpinan di kapal ini dihadapkan pada tuntutan untuk bekerja maksimal guna mendukung kelangsungan perusahaan. Sebagai *Chief Engineer*, kesadaran akan pentingnya kelancaran operasional kapal menjadi fokus utama.

Mesin induk kapal, yang merupakan motor diesel, beroperasi dengan memanfaatkan tekanan ledakan pembakaran di ruang silinder. Proses terjadinya pembakaran pada ruang silinder tersebut dapat terjadi karena adanya unsur segitiga api, dimana unsur yang terkandung didalamnya proses tersebut antara lain adalah ; panas, bahan bakar, dan oksigen. Oksigen yang mendukung proses terjadinya pembakaran pada ruang silinder tersebut di suplai menggunakan *turbocharger*. Kelancaran operasional kapal sangat tergantung pada kondisi kinerja mesin induk. Oleh karena itu, perawatan yang rutin dan terencana menjadi suatu keharusan, terutama pada bagian *turbocharger*, untuk memastikan kelancaran berbagai aktivitas di kapal PB. BELINI VII.

Dalam konteks ini, sebagai *Chief Engineer* bertanggung jawab memantau kondisi mesin induk agar mesin induk selalu dalam kondisi optimal. Perawatan yang cermat pada setiap bagian mesin, dengan fokus khusus pada *turbocharger*, akan memberikan kontribusi besar terhadap kelangsungan operasional kapal dan mendukung tujuan perusahaan untuk tetap eksis di tengah persaingan yang intens.

Turbocharger harus dapat menghasilkan tekanan udara bilas yang diperlukan sekaligus mempertahankan cadangan yang memadai untuk mengantisipasi *surgings*. *Surgings* merupakan terhentinya aliran gas dan terjadinya aliran balik udara dari ruang bilas (*intake manifold*) ke *diffuser* dan *impeller*. Pada proses pembakaran motor induk, gas buang dijaga agar tetap konstan pada suatu tekanan yang lebih

tinggi dari tekanan atmosfer dengan demikian turbin dapat beroperasi pada efisiensi optimum.

Turbocharger beroperasi dengan memanfaatkan gas buang / *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran selanjutnya gas buang dari *exhaust manifold* mengalir ke dalam *turbocharger* melalui *nozzle ring* menekan sudu sudu turbin untuk memutar rotor (*turbin side*) yang selanjutnya di teruskan ke *compressor whell / impeller* melalui poros yang terhubung dengan turbin side untuk menghisap dan menekan udara luar masuk ke dalam ruang bakar. Dengan kondisi operasi yang demikian, *turbine blade* (*sudu-sudu turbin*) rentan mengalami pengikisan/ pengendapan karbon yang diakibatkan oleh material-material yang terkandung dalam gas buang (*exhaust gas*). *Carbon* menjadi komponen utama yang menyebabkan pengikisan/ pengendapan pada sudu-sudu turbin (*turbine blade*) serta terbentuknya kerak pada sudu-sudu (*nozzle ring*) dari *turbocharger*.

Apabila kinerja *turbocharger* yang tidak maksimal/normal jika dibiarkan atau tidak diambil tindakan secara berlarut-larut akan mempunyai efek yang besar pada *performance* mesin karena tekanan udara bilas tidak normal $1,3 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan yang normal 2.10 kg/cm^2 pada putaran NCR (*Normal continuous rated*) dan temperatur udara bilas terlalu tinggi 85°C sedangkan yang normal temperaturnya 48°C , sehingga membawa dampak yang serius atau fatal terhadap komponen komponen mesin induk dari kerusakan *material* mesin.

Untuk dapat memberikan solusi yang positif mengenai hal tersebut, maka diperlukan rencana perawatan permesinan yang baik, teratur dan tepat waktu sehingga operasional kapal dapat berjalan dengan baik dan lancar sesuai dengan apa yang diharapkan awak mesin kapal dan perusahaan. Disamping juga diharapkan kondisi usia mesin dan komponennya dapat mencapai umur yang panjang dan selalu berada pada kondisi yang baik dan dapat berfungsi secara baik dan maksimal.

Pada saat penulis bekerja dikapal, terjadi gangguan atau kerusakan sebagai berikut pada tanggal 16 Juli 2023 pada saat kapal dalam pelayaran saat kondisi laut *rough sea* terjadi *surging* pada *turbocharger*. Ditandai dengan suara dentuman pada sisi *turbocharger* yang pada akhirnya mengakibatkan bunyi dari putaran *turbocharger* yang menjadi berisik dan tidak stabil (tidak beraturan). Selanjutnya disusul dengan turunnya tekanan udara masuk di *intake manifold* dari $2,1 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $1,3$

kg/cm² pada putaran mesin yang sama, dan disertai turunnya putaran *turbocharger* dari 22.000 rpm ke 15.000 rpm. Pada asap yang keluar dari cerobong mengeluarkan asap yang hitam pekat hal ini mengakibatkan kenaikan temperature gas buang di semua *cylinder* di atas batas *temperature* maksimal yang diijinkan 500°C sehingga *exhaust manifold (expansion joint)* sampai memerah, dan temperatur gas buang yang keluar dari *turbocharger* juga tinggi 560°C tidak seperti biasanya 330°C. Masalah tersebut mengakibatkan turunnya performa dari *turbocharger* dan sekaligus berdampak pada turunnya performa dari mesin induk pada sebelah kiri, dan jika dibiarkan akan mengakibatkan kerusakan yang tidak hanya pada *turbocharger* tapi juga berdampak pada bagian bagian mesin induk sebelah kiri yang dikarenakan kurangnya *supply* udara oleh *turbocharger* ke dalam mesin.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk membahas ke dalam makalah dengan judul: **“UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG OPTIMALISASI DAYA MESIN INDUK PADA KAPAL PB. BELINI VII”**.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, Penulis dapat mengidentifikasi beberapa permasalahan yang timbul yang berkaitan dengan *turbocharger*, yaitu:

- a. Terjadi *surging* pada *turbocharger*.
- b. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*.
- c. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik.
- d. Adanya kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.
- e. *Rotor unbalance* / tidak seimbangnyanya *rotor*.

2. Batasan Masalah

Dari masalah-masalah yang teridentifikasi, maka penulis membatasi pembahasan hanya pada 3 (tiga) masalah yang terjadi di kapal PB. BELINI VII, sebagai berikut:

- a. Terjadi *surging* pada *turbocharger*.
- b. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*.
- c. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka penulis dapat merumuskan masalah yang terjadi sebagai berikut :

- a. Apa penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* ?
- b. Apa penyebab terjadinya kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring* ?
- c. Apa penyebab perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk menganalisis penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger*.
- b. Untuk menganalisis penyebab terjadinya kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*
- c. Untuk menganalisis penyebab perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik.

2. Manfaat Penelitian

Penelitian makalah bermanfaat secara teoritis dan praktis, antara lain :

a. Aspek Teoritis

- 1) Sebagai tambahan informasi dan pengetahuan untuk para pembaca khususnya peserta diklat di STIP Jakarta mengenai masalah yang terjadi pada *turbocharger* dan solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasinya.
- 2) Memberikan nilai tambah sebagai perbendaharaan bahan bacaan yang bermutu di perpustakaan STIP Jakarta.

b. Aspek Praktis

- 1) Memberikan sumbang saran bagi perusahaan pelayaran khususnya PT. Andalas Bahtera Baruna untuk meningkatkan perhatiannya terhadap perawatan permesinan kapal sehingga operasional kapal dapat berjalan dengan lancar.
- 2) Sebagai bahan untuk pembelajaran bagi para perwira dan rating dalam memahami perawatan berkala pada *turbocharger* sesuai dengan *planned maintenance system (PMS)*.

D. METODE PENELITIAN

1. Metode Pendekatan

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah:

a. Deskriptif kualitatif

Yaitu mendeksripsikan bagaimana pengaruh kurangnya perawatan *turbocharger* terhadap daya mesin induk dan mengatasi masalah tersebut sehubungan dengan kondisi yang terjadi sehingga mesin induk dapat bekerja secara maksimal.

b. Study kasus

Yaitu pengaruh kurangnya perawatan *turbocharger* terhadap daya mesin induk 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, menggunakan teknik-teknik pengumpulan data antara lain sebagai berikut:

a. Observasi

Penulis menggunakan pengamatan secara langsung di atas kapal PB. BELINI VII 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 kurangnya perawatan *turbocharger* terhadap daya mesin induk.

3. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kualitatif yaitu menggambarkan data yang ditemukan dilapangan dan membandingkan dengan teori / aturan yang ada.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Pelaksanaan pengambilan data dilakukan pada saat penulis bekerja sebagai *Chief Engineer* di atas kapal PB. BELINI VII sejak tanggal 23 Desember 2022 sampai dengan 23 November 2023.

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian yaitu kapal PB. BELINI VII, kapal tipe *pusher tug* yang beroperasi di alur pelayaran dalam negeri.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penyusunan makalah yang sistematis diperlukan dalam memudahkan penyusunan maupun pemahaman dalam makalah yang disusun, adapun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan Latar Belakang yang menguraikan Identifikasi Masalah yang menguraikan tentang masalah yang terjadi, Batasan Masalah merupakan masalah utama yang akan dipecahkan, Rumusan Masalah merupakan pertanyaan yang mencerminkan hipotesis atau dugaan penyebab

terjadinya masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Metode Penelitian, Waktu dan tempat Penelitian dan Sistematika Penulisan Makalah.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada BAB II dijelaskan tentang Tinjauan Pustaka yang menguraikan teori-teori yang berkaitan dengan variabel yang terdapat dalam Judul Makalah, variabel dalam batasan masalah dan rumusan masalah serta variabel yang tercermin dalam pemecahan masalah dan Kerangka Pemikiran merupakan alur pikir penulis dalam identifikasi masalah dan memilih masalah yang akan dipecahkan hingga rencana pemecahan masalah.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan data-data yang diambil dari lapangan sesuai dengan pengalaman penulis selama bekerja di atas kapal PB. BELINI VII. Data-data dirumuskan dalam deskripsi data, kemudian dianalisis permasalahan yang terjadi dan menjabarkan pemecahan dari permasalahan tersebut. Dengan demikian permasalahan yang sama tidak terjadi lagi. Dengan kata lain menawarkan solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Sebagai penutup Bab ini menyimpulkan hasil-hasil dari penelitian melalui kesimpulan untuk kemudian diambil lagi saran-saran yang sebaiknya dapat digunakan untuk menghindari terjadinya permasalahan yang sama.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya maka penulis mencari beberapa landasan teori untuk pemecahan perawatan *turbocharger* di atas kapal PB. BELINI VII, diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Perawatan dan Perbaikan

a. Definisi Perawatan

Menurut Sofyan Assauri (2019:34) dalam bukunya yang berjudul “Manajemen Produksi dan Operasi” bahwa perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Menurut Jusak Johan Handoyo, (2019:57) dalam bukunya yang berjudul “Sistem Perawatan Permesinan Kapal” bahwa perawatan adalah suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem operasi sehingga dari sistem ini dapat diharapkan menghasilkan *out put* sesuai dengan yang dikehendaki.

Perawatan dan perbaikan adalah suatu kegiatan yang perlu dilaksanakan terhadap seluruh obyek baik Non – Teknis meliputi manajemen dan sumber daya manusia agar dapat berfungsi dengan baik dan teknis meliputi suatu material atau benda yang bergerak ataupun benda yang tidak bergerak, sehingga material tersebut dapat dipakai dan berfungsi dengan baik serta selalu memenuhi persyaratan internasional.

b. Jenis-Jenis Perawatan

Menurut J.E Habibie (2012:15) dalam bukunya yang berjudul “Manajemen Perawatan Dan Perbaikan” bahwa perawatan dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelompok yaitu :

1) Perawatan Insidentil

Perawatan insidentil perawatan yang membiarkan mesin bekerja sampai rusak, baru kemudian dilakukan perawatan atau perbaikan. Pada umumnya metode ini sangat mahal, oleh karena itu beberapa bentuk sistem perencanaan diterapkan dengan mempergunakan sistem perawatan terencana, tujuannya untuk memperkecil kerusakan dan beban kerja dari suatu pekerjaan perawatan yang diperlukan.

2) Perawatan Terencana

Perawatan terencana adalah perawatan yang dilakukan dengan melakukan perencanaan pada mesin untuk dioperasikan setiap saat dibutuhkan. Perawatan terencana dibagi menjadi dua jenis yaitu :

a) Perawatan korektif

Perawatan korektif adalah perawatan yang ditujukan untuk memperbaiki kerusakan yang sudah diperkirakan, tetapi bukan untuk mencegah karena tidak ditujukan untuk alat-alat yang kritis, atau alat-alat yang penting bagi keselamatan atau penghematan.

b) Perawatan pencegahan

Perawatan pencegahan adalah perawatan yang ditujukan untuk mencegah kegagalan atau berkembangnya kerusakan, atau menemukan kegagalan sedini mungkin. Dapat dilakukan melalui penyetelan secara berkala, rekondisi atau penggantian alat-alat atau berdasarkan pemantauan kondisi.

3) Perawatan Berkala

Perawatan berkala biasanya melibatkan pembongkaran, penggantian *spare part* secara berkala terhadap mesin berdasarkan waktu pengoperasian atau jam kerja.

4) Perawatan Berdasarkan Pantauan Kondisi (Pemeliharaan Prediktif)

Perawatan berdasarkan kondisi dilakukan berdasarkan hasil pengamatan (*monitoring*) dan analisis untuk menentukan kondisi dan kapan pemeliharaan akan dilaksanakan.

c. Definisi Perbaikan

Menurut Jusak Johan Handoyo, (2019:57) dalam bukunya yang berjudul “Sistem Perawatan Permesinan Kapal” bahwa perbaikan (*repair*) adalah tindakan perbaikan kapal pada saat terjadi kerusakan. Sistem perawatan dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka akan lebih intensif.

Perawatan dan Perbaikan memiliki tujuan yang sama yaitu untuk menjaga kapal atau bisnis dapat berjalan dengan lancar dan efisien agar sesuai dengan jadwal kapal atau rancangan. Namun, mengetahui perbedaanya akan membantu kita menentukan kapan harus menggunakan teknik perawatan dan teknik perbaikan. Dengan begitu kapal dan perusahaan akan tetap berjalan dengan produktif dan menguntungkan tanpa masalah.

Berikut ini adalah perbedaan antara perawatan dan perbaikan :

Tabel 2.1.

Pembandingan Perbedaan Perawatan dan Perbaikan

Perawatan	Perbaikan
Pemeliharaan atau perawatan untuk memastikan aset selalu dalam kondisi baik.	Perbaikan yang dilakukan untuk mengembalikan fungsi normal dari aset perusahaan
Mencegah terjadinya kerusakan dan perbaikan yang tidak terduga.	Dilakukan saat terjadi kerusakan pada mesin, peralatan, dan aset lainnya.
Untuk beberapa maintenance seperti pengecekan dan pembersihan biasanya tidak mengeluarkan biaya. Jika membutuhkan biaya, jumlahnya jauh lebih kecil dari perbaikan.	Mebutuhkan biaya yang tidak sedikit, tergantung dari seberapa berat kerusakannya.
Maintenance adalah proses yang direncanakan dan diaplikasikan secara berkala.	Dapat terjadi secara tidak terduga

Tidak mengganggu proses produksi atau bisnis perusahaan karena dilakukan di hari libur atau hari yang telah ditentukan.	Dapat merugikan bisnis secara finansial karena akan mengganggu produktivitas.
---	---

Sumber : *Operating and maintenance manual book*

2. *Turbocharger*

a. *Definisi Turbocharger*

Menurut Wiranto Arismunandar dan Koichi Tsuda, (2019:12) dalam bukunya yg berjudul “Penggerak Mula Turbin” bahwa *Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang membutuhkan daya dari sumber tenaganya berasal dari hasil gas buang mesin induk yang berfungsi untuk memutar *turbin*. Biasanya digunakan di mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang memasuki mesin.

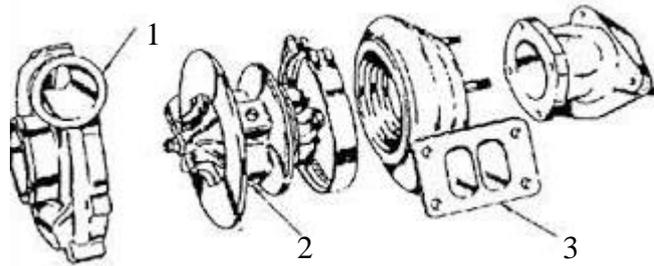
Daya mesin, rendemen *thermis* dan pemakaian bahan bakar per jam dari mesin diesel relatif tetap. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna dari bahan bakar yang tersedia dan hasil kerja mesin diesel yang efisien, maka diperlukan sejumlah tambahan udara yang dialirkan ke dalam silinder mesin pada sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan kedalam silinder, seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin bertambah.

Untuk itu mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger*, bertujuan untuk memadatkan udara masuk kedalam silinder mesin, sehingga daya mesin lebih besar dibanding mesin dengan dimensi yang sama dan bagian *turbocharger* terdiri dari *turbin side* dan *blower side*. Bagaimana memanfaatkan dan mengubah energi gas sisa hasil pembakaran ke dalam energi mekanis. Hal tersebut dilakukannya dengan menyalurkan tekanan gas hasil pembakaran ke suatu *turbin* dan mempergunakan tenaga *turbin* ini untuk menggerakkan *blower*.

Blower ini dipergunakan untuk menekan udara yang disalurkan ke ruang bakar. Dengan *turbocharger* kenaikan daya mesin diesel dapat mencapai

sebesar 30-40%, dan kini *turbocharger* yang ekonomis dan terpercaya dapat dimanfaatkan dan berkembang maju.

b. Konstruksi Dari *Turbocharger*



Gambar 2.2.
Bagian-bagian dari turbocharger

Unit bagian dari *turbocharger* terdiri dari :

1) Rumah kompresor (*compressor housing / blower*)

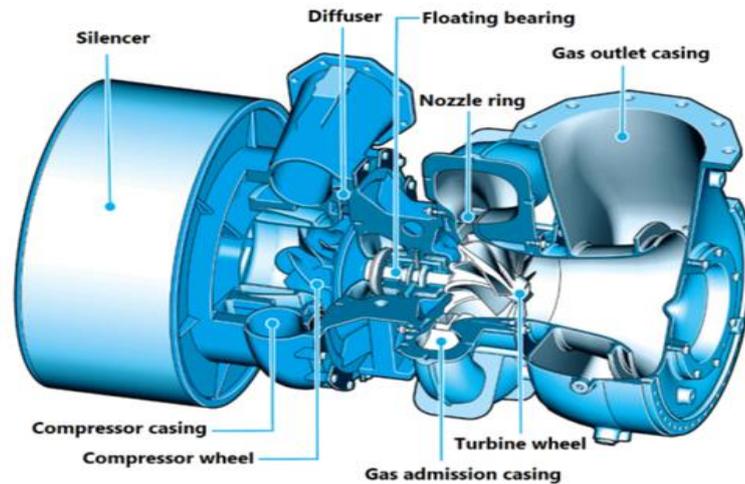
Rumah kompresor adalah tempat bagi blower untuk menghisap udara luar yang kemudian diteruskan menuju intercooler. Rumah kompresor terbuat dari bahan aluminium bersambung dengan bagian pusat inti (*cartridge group*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.

2) Pusat inti (*cartridge group*)

Bagian inti dari *turbocharger* yang memanfaatkan gaya dari gas sisa pembakaran dalam silinder untuk menggerakkan blower yang menyalurkan udara bertekanan kedalam ruang pembakaran. Pada bagian pusat inti terdapat poros *turbin* dan *turbin* serta roda kompresor termasuk *turbine shaft*, *compressor wheel*, *shaft bearing*, *thrust washer* dan *oil seal ring*. Komponen-komponen tersebut ditunjang oleh bagian *center housing*, bagian-bagian yang berputar pada *turbocharger* dioperasikan pada kecepatan dan temperatur yang tinggi sehingga materialnya dibuat sangat selektif dengan kepresisian yang tinggi. Mur dan baut *turbocharger* dasarnya adalah sistem inch.

3) Rumah *turbin* (*turbine housing*)

Tempat turbin menerima gaya aksial dari gas sisa pembakaran (exhaust gas) kemudian diteruskan lewat poros (*shaft*) menuju *blower*. Terbuat dari bahan *cast steel* dan bersambung dengan bagian rumah pusat inti (*cartridge group*) dengan memakai cincin baja penjamin. Diantara sambungan rumah *turbin* dan *manifold* buang dipasang gasket yang terbuat dari bahan *stainless steel* untuk menjamin sambungan tersebut.



Gambar 2.3.

Konstruksi Bagian Dari Turbocharger

c. Prinsip Kerja Turbocharger

Turbocharger mengalami perkembangan dari masa ke masa. Namun pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama. Prinsip kerja *turbocharger* adalah manifold gas dari aliran mesin diesel melalui casing inlet gas (7) dan cincin nozzle (8) ke roda turbin. Roda turbin (9) menggunakan energi yang terkandung dalam gas buang untuk menggerakkan roda kompresor (12). Kompresor mengambil udara segar, dikompresi dan kemudian dimasukkan ke dalam silinder mesin. Gas buang lolos untuk membebaskan udara melalui *exhaust manifold* yang terhubung ke *casing gas outlet* (6). Udara yang diperlukan untuk pengoperasian mesin diesel dan yang dikompresi dalam *turbocharger* ditarik melalui filter silencer (1) ke roda kompresor (12) kemudian melewati diffuser (11) dan melalui rumah kompresor (13). Rotor berjalan dalam dua bantalan radial (2/5) salah satu bantalan adalah bearing bush (4) dan satu bantalan adalah thrust bearing (3) pada akhir kompresor. Bantalan mendapatkan pelumasan dari rangkaian mesin pelumasan. Outlet minyak selalu pada titik terendah dari

casing *bearing* (10). *Turbocharger* dilengkapi dengan tangki darurat minyak pelumas (14). Jika sistem utama minyak pelumasan gagal masih ada minyak pelumas darurat yang dapat memberi minyak pada bantalan sampai rotor.

d. Sistem atau Cara Kerja *Turbocharger*

Sebuah *turbocharger* secara dasar adalah sebuah pompa udara. Gas buang panas yang meninggalkan mesin setelah pembakaran diarahkan langsung ke roda turbin disamping *turbocharger* untuk membuat turbin tersebut berputar hingga 22.000 Rpm. Roda Turbin itu terhubung oleh sebuah batang ke roda kompresor. Semakin turbin berputar cepat, kompresor pun ikut berputar dengan cepat. Putaran kompresor tersebut mendorong aliran udara dan mengkompres udara tersebut sebelum dipompakan ke dalam ruang pembakaran mesin.

Banyak sistem turbo yang menambahkan pendingin (*Intercooler*) antara kompresor dan silinder, karenan udara yg terkompres dan berputar sedemikian cepatnya dapat mencapai suhu tinggi yg ekstrim. Prinsip dasar dibalik penggunaan *turbocharger* cukup sederhana, namun sebuah *turbocharger* adalah sebuah komponen mesin yang sangat kompleks. Tidak hanya komponen-komponen dalam *turbocharger* itu sendiri yg harus terkoordinasi secara tepat, tapi juga *turbocharger* dan mesin harus benar-benar cocok. jika tidak, maka dapat menghasilkan mesin yang tidak efisien dan bahkan kerusakan

e. Keuntungan Sistem Pengisian Udara Bilas oleh *Turbocharger*

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2018:88) dalam bukunya yang berjudul “Teknologi Motor Diesel”, beberapa keuntungan dari sistem pengisian udara bilas yang dilakukan oleh *turbocharger* adalah sebagai berikut :

- 1) Tenaga mesin dapat ditingkatkan antara 35 % sampai 40 %

Dengan penambahan pasokan udara ke *cylinder* pembakaran maka tekanan rata-rata efektif udara bilas pun meningkat dengan demikian. Daya efektif yang dihasilkan akan meningkat, sehingga pembakaran akan meningkat pula, dengan kata lain tenaga mesin akan bertambah

besar antar 35 % sampai 40 %.

2) Pembakaran lebih sempurna

Karena udara didinginkan lebih dahulu di *intercooler*, hingga kandungan molekul oksigen lebih banyak, massa jenis udara akan bertambah. Pembakaran dengan jumlah oksigen yang banyak akan beraksi dengan bahan bakar yang terdiri dari unsur *carbon* (C), *hydrogen* (H₂), *nitrogen* (N₂), *sulfur* (S₂) yang akan menghasilkan gas hasil pembakaran *karbondioksida* (CO₂) yang sempurna.

3) Perbandingan kompresi kecil

Karena tekanan udara kompresi lebih besar, sementara tekanan akhir kompresi tetap (35-40 bar), sehingga udara dan bahan bakar sebelum kompresi lebih besar dibandingkan sesudah kompresi.

4) Jumlah udara yang masuk ke silinder lebih banyak

Karena udara yang ditekan oleh *turbocharger* dan didinginkan lebih dulu di *intercooler*, maka kandungan oksigen lebih banyak dengan meningkatkan massa jenis udara tersebut, secara otomatis jumlah dari udara yang masuk ke dalam silinder pun lebih meningkat.

3. *Surging pada Turbocharger*

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:295) dalam bukunya yang berjudul "Sistem Perawatan Permesinan Kapal" jika pada saat olah-gerak, suplai udara dari *blower* berkurang, berarti juga tekanan udaranya berkurang. Sementara tekanan udara dari pompa bilas tetap walaupun saat olah gerak sehingga tekanan udara dari pompa bilas lebih besar daripada tekanan udara dari *blower*. Hal ini akan terjadi tekanan balik dan tekanan ini berbenturan di dalam *blower*, yang menimbulkan bunyi seperti "suara kuat", kejadian ini disebut *Surging*.

Penyebab dari sisi *turbocharger* terjadinya kerusakan pada *turbin side* dan *blower side* yang mengakibatkan tidak tercapainya putaran *shaft rotor* (kurangnya putaran *turbocharger* dibawah standart yang disyaratkan oleh *engine maker*) diantaranya dengan melakukan perawatan *turbocharger* secara berkala sesuai PMS pada buku petunjuk panduan mesin. Adapun perawatan terhadap *turbocharger* diantaranya sebagai berikut :

- a. Penggantian lub oil *turbocharger* sesuai jam kerja yang di syatkan.
- b. Pembersihan saringan udara *blower side* secara berkala.
- c. Melakukan *overhaul* terhadap *turbocharger* sesuai PMS
- d. Melakukan *rebalancing* pada rotor *turbocharger* (*rotor recondition*)
- e. Melakukan rekondisi dan pembersihan pada *nozzle ring*
- f. Mengganti *floating bearings* dan mempertahankan *clearance* dari *bearings* terhadap *shaft rotor* sesuai rekomendasi dari *maker*.
- g. Melakukan *solid shoot blow* dengan *marine grid / granule* pada sisi *turbin side* dan *wet shoot blow* dengan air panas pada *blower side* secara berkala sesuai petunjuk buku manual.

Di dalam perawatan ini bukan hanya sudu-sudu *nozzle ring* saja yang diperbaiki, akan tetapi menyangkut semua bagian-bagian lainnya termasuk pengukuran-pengukuran dari *clearance turbocharger* sesuai panduan buku petunjuk. Adapun tujuan pembersihan ini adalah untuk membersihkan *nozzle ring* dari kotoran-kotoran jelaga yang menempel supaya gas buang keluar lewat *nozzle ring* untuk memutar sudu-sudu *turbin* lancar dan rutin dapat berputar dengan baik, sehingga *turbocharger* bisa bekerja dengan normal dan dapat menghasilkan udara yang bertekanan yang cukup dalam proses pembakaran di dalam *cylinder*.

Surging ini harus dihilangkan, karena jika sering terjadi akan merusak *deffuser* dari *blower side* dan *compressor whell*. Hal tersebut akan membawa dampak terhadap suplai udara yang berkurang karena penurunan putaran yang di sebabkan oleh retensi yang berlebihan karena kerusakan *bearings dan shaft rotor*, oleh karena tekanan benturan dari *surging* tersebut.

Pada saat kondisi sedang olah-gerak (*manoeuvre*), putaran engine berubah-ubah terutama dari *full* ke *half* atau ke *slow* dan *dead slow* secara cepat dan mendadak sehingga putaran rotor belum/tidak stabil atau masih rendah sehingga mengakibatkan putaran *blower* yang juga tidak stabil atau masih rendah. Sementara tekanan udara di *intake manifold* tetap besar sehingga menimbulkan tekanan balik bertubrukan di dalam *blower side* dan menimbulkan bunyi *Surging*.

Untuk mengatasi *surging* dapat dilakukan dengan cara :

- a. Turunkan putaran (Rpm) mesin secara bertahap. Sebelumnya tentu harus memberitahukan kepada anjungan untuk posisi kapal, dengan menurunkan putaran maka tekanan udara *blower* menjadi lebih stabil daripada tekanan udara pompa bilas.
- b. *Blow down* udara dari *intake manifold* sehingga tekanan udara di *intake manifold* lebih kecil daripada tekanan udara *blower*, dengan menggunakan katup cerat yang sudah tersedia.

4. Kerusakan *Nozzle Ring* pada *Turbocharger*

Nozzle Ring merupakan suatu komponen yang terdapat pada bagian *Turbocharger*. *Nozzle ring* terletak tepat didepan roda turbin, sudu-sudu, di *diafragma nozzle ring* bertindak sebagai rangkaian saluran *konvergen* yang mempercepat aliran gas buang, pada saat ia meninggalkan pembakaran dan mengarahkan aliran gas buang ke turbin kearah efisiensi maksimum. Jadi *nozzle ring* adalah komponen individual yang berfungsi mengubah energi tekanan menjadi kecepatan (energi kinetik) dimana energy dari gas buang yang bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi di lepaskan dari ruang bakar menuju ke turbin. Didalam turbin gas panas tersebut di sebar dan diarahkan / dipancarkan kearah turbin blade. Dari gas yang bertekanan tinggi ini oleh *turbin blade* akan di ubah menjadi energi kecepatan yang di teruskan untuk memutar *turbo blower* (kompresor).



Gambar 2.4.
Nozzle Ring Turbocharger

Bila *nozzle ring* rusak maka akan mengakibatkan *turbo blower* tidak dapat bekerja secara maksimal, sehingga tekanan udara bilas yang masuk ke dalam ruang bakar mesin menjadi menurun. Hal ini disebabkan karena *nozzle ring* rusak yang menyebabkan arah pancaran dari gas buang yang tinggi menjadi tidak beraturan sehingga *turbin blade* tidak dapat bekerja dengan baik yang menyebabkan putaran *turbo blower* menjadi tidak normal yang berakibat pada pembakaran dan pembilasan tidak sempurna.

- a. Perbandingan bahan bakar dengan udara seimbang, dimana 1 kg bahan bakar membutuhkan 15 kg faktor udara.
- b. Bahan bakar harus berbentuk kabut, sehingga kinerja alat pengabut bahan bakar harus optimal.
- c. Pencampuran kabut bahan bakar dengan udara harus merata/senyawa.
- d. Tekanan pengabutan bahan bakar yang cukup tinggi untuk di kabutkan ke dalam ruang kompresi.
- e. Mutu bahan bakar yang di gunakan bermutu baik, yaitu seimbang antara unsur $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$.
- f. Kelambatan penyalan (*ignition delay*) atau ID harus tepat.

Apabila terlalu cepat akan terjadi ketukan atau knocking, tetapi bila terlambat maka pembakaran pun terlambat sehingga gas buang akan tinggi. Kerusakan *nozzle ring* pada *Turbocharger*.

5. Daya Motor Induk

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:65) dalam bukunya yang berjudul “Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal” Daya motor induk adalah salah satu parameter dalam menentukan kinerja dari suatu motor induk tersebut. Daya diklasifikasikan menjadi 2 macam yaitu :

- a. Daya indicator yaitu daya secara teoritis yang diambil melalui diagram indicator dari hasil pembakaran di dalam setiap silinder mesin induk. Daya indicator ini dapat diukur melalui hasil pengukuran diagram indicator dengan menggunakan planimeter dengan skala pegas yang sudah ditentukan pada saat pengambilan diagram indicator tersebut.

Mesin induk di kapal tidak semuanya dapat diambil diagram indikatornya, sehingga daya indicator dapat juga dihitung dengan menggunakan data-data mesin yang sudah ada, yang umumnya secara teoritis dilakukan pada perhitungan mesin induk dan disingkat dengan sebutan (P_i). Rumus daya indicator adalah $(P_i) = 0,785.D^2.S.Z.pi.n.50$.

- b. Daya efektif (P_e) yaitu daya yang benar-benar efektif menggerakkan poros engkol, yaitu daya indicator setelah dikurangi kerugian mekanik atau umumnya disingkat dengan sebutan rendemen mekanik (m).

Berikut rumusnya : $(P_e) = 0,785.D^2.S.Z.pe.n.50$

Dimana : P_i = daya indikator dalam IKW

P_e = daya efektif dalam EKW

D = diameter silinder dalam meter \rightarrow D = diameter torak

S = langkah torak dalam meter

d = diameter batang torak (m)

N = putaran motor dalam RPS

Z = jumlah silinder dalam buah

P_i = tekanan rata-rata indikator dalam bar

P_e = tekanan rata-rata efektif dalam bar

B. KERANGKA PEMIKIRAN

Berdasarkan tinjauan pustaka dan teori yang telah dijelaskan diatas, maka untuk memudahkan dalam memahami pembahasan pada makalah ini, penulis membuat kerangka pemikiran yang berhubungan dengan masalah yang teridentifikasi sebagai berikut

**UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER* UNTUK
MENUNJANG OPTIMALISASI DAYA MESIN INDUK
PADA KAPAL PB. BELINI VII**

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Terjadi surging pada *turbocharger*.
2. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*.
3. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik.
4. Adanya kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.
5. *Rotor unbalance* / tidak seimbangya rotor.

BATASAN MASALAH

Terjadi *Surging* pada *turbocharger*

Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*

Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

RUMUSAN MASALAH

Mengapa terjadi *surging* pada *turbocharger*?

Mengapa terjadi kerusakan *nozzle ring turbocharger*?

Mengapa perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik?

ANALISIS DATA

1. Diduga pada sisi gas buang (*exhaust gas*) sistem.
2. Diduga Sistem udara bilas
3. Diduga *Fuel oil system*

1. Diduga faktor *internal turbocharger*
2. Diduga faktor *external* dari *turbocharger*

1. Diduga suku cadang *turbocharger* tidak tersedia di atas kapal
2. Diduga Kurangnya monitoring pelaksanaan PMS sesuai *runninghours turbocharger*

PEMECAHAN MASALAH

1. Diperkirakan perlunya untuk menurunkan RPM secara bertahap agar tekanan udara *blower* menjadi lebih kecil daripada tekanan udara pompa bilas
2. Diperkirakan perlunya perawatan *air cooler* sisi udara secara berkala
3. Diperkirakan perlunya Melakukan *shoot blow (wet shoot blow & solid shoot blow)*

1. Diperkirakan perlunya melaksanakan *monitoring* terhadap jadwal penggantian *nozzle ring*
2. Diperkirakan perlunya Meningkatkan pengawasan dalam perawatan *nozzle ring*

1. Perlunya melakukan kordinasi dengan pihak perusahaan dalam pengiriman suku cadang *turbocharger* ke kapal
2. Diperkirakan perlunya untuk meningkatkan pelaksanaan perawatan sesuai PMS dan *runninghours turbocharger*

OUTPUT

PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER* DAPAT DIJALANKAN DAN TERLAKSANA DENGAN BAIK SEHINGGA KINERJA MESIN INDUK DAPAT OPTIMAL

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Selama penulis bertugas di atas kapal PB. BELINI VII, Penulis menemukan beberapa permasalahan yang berkaitan dengan *turbocharger*, diantaranya yaitu :

1. Terjadi *Surging* pada *Turbocharger*

Pada tanggal 16 Juli 2023, pukul 10.15 LT pada saat kapal dalam pelayaran saat kondisi laut *rough sea*, mendadak terjadi *surging* pada *turbocharger* yang di tandai dengan suara dentuman ledakan yang tidak beraturan pada sisi *turbocharger*, selanjutnya dilakukan pemeriksaan pada parameter mesin yang ada untuk di ambil data data pendukung untuk mengantisipasi terjadinya *surging* kembali, setelah diambil data data parameter dari mesin selanjutnya dilakukan pengurangan putaran mesin dari *sea speed* ke *half speed* untuk menghindari kerusakan dari *turbocharger* sebagai akibat dari *surging* tersebut. Pada saat pengambilan data data *performance* dari mesin didapati perbedaan *P max* yang melebihi batas deviasi (> 20 bar) yang diijinkan dan juga *temperature* gas buang tiap *cylinder* yang melebihi batas deviasi yang diijinkan (*max deviation temperature* = 50°C).

2. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*

Pada tanggal 16 Juli 2023, pukul 10.15 LT pada saat kapal dalam pelayaran dalam kondisi laut *rough sea* pada *turbocharger* sering mengalami dentuman atau lazimnya disebut *surging*. Dalam keadaan ini tiba tiba *turbocharger* mengalami penurunan putaran dari 25.000 Rpm ke 15.000 Rpm yang seharusnya 25.000 – 30.000 Rpm dan di sertai suara gesekan antar logam pada sisi *turbin side* dengan suara *abnormal* yang tidak beraturan. Penurunan

putaran *Turbocharger* tersebut mengakibatkan turunnya *supply* udara ke dalam ruang bakar yang semula 2.2 kg/cm^2 menjadi 1.3 kg/cm^2 , dimana keadaan tersebut mengakibatkan kurangnya komposisi udara dalam pembakaran dan komposisi bahan bakar menjadi lebih banyak sehingga mengakibatkan kenaikan *temperature* gas buang diatas ambang batas normal ($> 450 \text{ }^\circ\text{C}$) yang seharusnya ($330 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$) di semua *cylinder*. Dari kejadian tersebut mengindikasikan penurunan kinerja dari *turbocharger*. Setelah kapal sampai di Pelabuhan tujuan pada tanggal 9 November 2021 di Pelabuhan dilakukan overhaul terhadap *turbocharger* supaya kerja turbocharger menjadi normal kembali, dan kerja mesin menjadi lebih optimal pada putaran NCR (normal continuous rated = 1350 Rpm). Pada saat overhaul di dapati sudu sudu plat dari *nozzle ring* mengalami penyumbatan oleh carbon sisa dari pembakaran dan pengikisan ataupun kerusakan yang di karenakan oleh *overheating* dari aliran gas buang ($> 500^\circ\text{C}$) dan juga benturan ataupun gesekan dengan *turbin blade*.



Gambar 3.1.
Kerusakan Nozzle Ring Turbocharger

Selanjutnya pada saat overhaul di lakukan penggantian bagian bagian yang rusak seperti *nozzle ring spare*, rotor yang sudah di *balancing* ($< 100 \text{ mg}$), dan *floating bearings TS dan BS* dari *spare parts* yang tersedia di atas kapal (*Turbocharger* termasuk *critical equipment* menurut aturan keselamatan pelayaran harus tersedia 1 *spare on board*). dan di lakukan penyetelan *radial clearance* dan *axial clearance* pada rotor terhadap *catridge* dan juga *clearance* dari *compressor whell* terhadap *diffuser* sesuai dengan panduan buku manual.

Tabel 3.1.
Engine Performance Data

<i>Description</i>	Unit	M/E S	M/E P	<i>Remark</i>
<i>Engine Speed</i>	Rpm	1350	1350	
<i>Turbocharger</i>	Rpm	2600	15000	
<i>Charge Air Pressure</i>	Bar	2,1	1.3	<i>Press air M.E P abnormal</i>
<i>Charge Air Bef. Cooler</i>	°C	38	64	<i>Temp air M.E P abnormal</i>
<i>Charge Air Aft. Cooler</i>	°C	40	68	
<i>Exh. Temp. After T/C</i>	°C	360	480	<i>Temp T/C M.E P abnormal</i>
<i>Exh. Temp. Bef. T/C</i>	°C	470	345	<i>Temp T/C M.E P abnormal</i>
<i>L.O Pressure</i>	Bar	3,5	3.4	
<i>L.O Temperature</i>	°C	70	74	
<i>S.W.C Pressure</i>	Bar	2	2	
<i>S.W.C Temperature</i>	°C	30	30	
<i>F.W.C Pressure</i>	Bar	2.2	2.0	
<i>F.W.C Temperature</i>	°C	70	72	
<i>Engine Load in ±</i>	HP	1200	1200	
<i>Engine Load in ±</i>	%	75%	75%	

Sumber : *Log book engine (PB.BELINI VII)*

3. Perawatan pada *turbocharger* kurang optimal

Pada putaran maksimal *turbocharge* mengalami gesekan antara cover *turbocharge* dengan sudu-sudu blower side dan turbin side jika di biarkan secara terus menerus akan sangat membahayakan *turbocharger* sehingga berdampak kerusakan yang serius pada *turbocharge* tersebut, dan temperatur gas buang sangat tinggi melebihi 450 °C, maka putaran harus cepat diturunkan di bawah putaran 1000 rpm. Apabila diperhatikan suara *surging* tersebut berbunyi pada saat tekanan udara bilas dari mesin induk 1,25 bar yang terbaca pada manometer udara bilas. Sesuai dengan *Instruction Maintenance and Operation Book* bahwa pada putaran maksimal maka tekanan udara bilas minimal 1,6 bar. Masinis jaga setelah menurunkan *handle* bahan bakar selalu mengecek temperatur gas buang tiap-tiap *cylinder* pada mesin induk dan mencatat temperatur gas buang tersebut.

B. ANALISIS DATA

Beberapa penyebab dari permasalahan diatas sesuai dengan landasan teori dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Terjadi *Surging* pada *Turbocharger*

Gangguan pada *turbocharger* akan mengurangi tenaga yang dihasilkan oleh motor induk. Gangguan pada *turbocharger* ini terjadi saat kapal berangkat dari pelabuhan, tiba-tiba terdengar bunyi atau suara ledakan yang keras dan tidak beraturan pada *turbocharger* mesin induk atau yang biasa dikenal dengan istilah *surging*. *Surging* adalah kejadian dimana *turbocharger* mengalami *over running* lalu berhenti seketika, kemudian berputar dengan normal kembali, tidak berapa lama *over running* kembali. Saat akan terjadi *surging*, kompressor akan berputar dengan kecepatan normalnya (*over running*). Hal ini terjadi kompressor tidak menghasilkan udara bertekanan yang di suplai kedalam mesin induk, sehingga seolah-olah *turbocharger* berputar tanpa beban.

Surging terjadi karena suatu getaran frekuensi tinggi dari impeller (rotor) yang berputar pada keadaan tertentu dan kompressor udara harus menyalurkan udara dengan tekanan tertentu sesuai dengan putaran *turbin*. Beberapa faktor terjadinya *surging* pada *turbocharger* sebagai berikut terhambatnya atau terganggunya system udara dan variasi beban yang terjadi pada masing-masing silinder berubah-ubah. Dari ke dua kategori utama tersebut kemungkinan penyebab dari *turbocharger surging* antara lain :

a. Pada *turbocharger*

- 1) Kerusakan pada *turbin blades* (sudu – sudu jalan) sehingga gas buang ke sudu akan terganggu dan berkurang hingga mengakibatkan tidak tercapainya putaran *rotor shaft* yang diharapkan sehingga udara yang dihasilkan pun akan berkurang ke engine.
- 2) Kerusakan pada *compressor whell* dan *inducer whell*. Demikian pula sebaliknya kerusakan yang terjadi di sisi ini akan menyebabkan kekurangan suplai udara yang dibutuhkan *engine* sebagai udara bilas.
- 3) Kotornya *filter mesh* dari *turbocharger* akan mengakibatkan terganggunya aliran udara segar kedalam *engine*.

b. Penyebab pada sisi gas buang (*Exhaust Gas*) Sistem.

- 1) Terhalangnya aliran gas buang dari *engine* ke *turbocharger* dikarenakan tersumbatnya *protection grid / filter* yang dibuat untuk melindungi *turbin blades* didalam *turbocharger* agar tidak terkena hantaman kemungkinan adanya pecahan benda asing dari dalam *engine* sehingga membahayakan *turbine blades* seperti pecahan *exhaust valve* atau pecahan patahan *piston ring* dan lainnya.
 - 2) *Vibrasi* tekanan di dalam *exhaust trunk / exhaust receiver*
 - 3) Bertambahnya *back pressure* setelah *turbocharger*
- c. Penyebab dari faktor sistem udara bilas
- 1) Kotornya *air cooler* sehingga mengakibatkan buntu
 - 2) Kotornya *scaving port* (lubang udara bilas)
 - 3) Variasi *load* yang berubah-ubah
 - 4) Temperatur *scavenge receiver* yang terlalu tinggi
- d. Penyebab dari faktor *fuel oil system*
- 1) *Injector* yang sudah tidak baik
 - 2) *Fuel oil pump* yang sudah tidak baik
 - 3) Adanya udara dalam sistem bahan bakar
 - 4) Temperatur bahan bakar yang terlalu rendah



Gambar 3.2.
Kerusakan Pada Turbin Blade Turbocharge

Turbocharger terdiri dari sebuah *turbin side* dan sebuah *blower side*, keduanya dipasang satu poros. *Turbin side* berfungsi sebagai pemutar *blower side* dengan memanfaatkan energi gas buang. Gas buang dari *exhaust manifold* disalurkan menuju rumah sudu *turbin* gas hingga *turbin* berputar. Putaran *turbin* disalurkan ke *compressor* melalui poros penghubung hingga *compressor* juga berputar. Putaran *turbocharger* bisa mencapai 30.000 *rpm* lebih, putaran yang begitu tinggi menghasilkan jumlah udara yang jauh lebih banyak dibandingkan pengisian alami.

Tetapi akibat dari proses pembakaran yang tidak sempurna, menghasilkan karbon-karbon atau jelaga-jelaga tersebut menempel di *sudu-sudu nozzle ring* dan *sudu-sudu turbin* yang lama kelamaan membuat saluran gas bekas atau *sudu-sudu nozzle ring* dan *sudu-sudu turbin* akan menyempit, bahkan menutup *sudu-sudu turbin side* tersebut. Akibat dari penyumbatan *sudu-sudu nozzle ring* dan *sudu-sudu turbin* maka gas bekas tidak dapat mengalir dengan lancar, sehingga gas bekas terkumpul di saluran gas buang (*manifold*) dan masuk ke dalam ruang silinder, yang menyebabkan suhu gas buang di tiap-tiap silinder meningkat.

Banyaknya kotoran pada *air cooler air side* sehingga mengakibatkan tekanan udara balik terhadap *blower side* (*back pressure*).

Temperatur udara bilas yang terlalu tinggi

2. Kerusakan *Turbocharger* Pada *Nozzle Ring*

Faktor penyebab kerusakan *turbocharger* pada bagian *nozzle ring* dapat bervariasi, diantara penyebabnya adalah :

a. Faktor *internal turbocharger*

Unbalance dari *rotor turbocharger* dikarenakan banyaknya kotoran *carbon deposit* yang menempel pada sudu *turbin side* dan juga kotoran yang menempel pada *compressor wheel* pada sisi *blower side*, sehingga menghasilkan *vibrasi* yang berlebihan saat *turbocharger* berputar, hal tersebut mengakibatkan material *bearings TS* ataupun *BS* cepat rusak dan menjadikan *clearance* antara *shaft* dan *bearings* menjadi lebih besar, kondisi tersebut mengakibatkan *rotor* jatuh dan bersentuhan

antara sudu sudu *turbin* dengan *nozzle ring* saat *turbocharger* berputar pada putaran tinggi.

b. Faktor *external* dari *turbocharger*

Hasil pembakaran bahan bakar yang kurang sempurna sebagai akibat dari pemakaian bahan bakar yang tidak sesuai dengan *spesifikasi* yang disyaratkan oleh *engine maker*, yang mana di dalam bahan bakar tersebut terkandung *material* yang dapat merusak *material* dari *instrument* pembakaran seperti : *material fuel pump, injector*, ataupun sudu sudu dari *nozzle ring* dan juga sudu sudu dari *turbin side*. Diantara kandungan bahan bakar yang merusak material mesin seperti : *sulfur, vanadium, aluminium, dan silicon*.

Carbon deposit yang berlebihan sebagai akibat dari kurangnya komposisi udara saat pembakaran (komposisi bahan bakar terlalu kaya). Hal ini mengakibatkan pembentukan kerak yang berlebihan yang dapat menutup sisi *nozzle ring*, sehingga mengakibatkan tertahannya gas buang sepanjang sisi *exhaust manifold* sampai *turbocharger*. Dampak dari hal tersebut mengakibatkan *overheating / temperature* gas buang yang melebihi ambang batas aman bagi material mesin (di atas *exhaust temperature high alarm*) sehingga dapat merusak sudu sudu dari *nozzle ring*.

Kerusakan *nozzle ring* sebagai akibat dari benturan dengan benda asing seperti pecahan material dari *exhaust valve spindle* ataupun *exhaust valves seat* yang membentur sudu sudu dari *nozzle ring* di saat *turbocharger* berputar kencang.

3. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

Pelaksanaan jadwal perawatan sangat mendukung kinerja dari suatu permesinan diatas kapal agar tidak terjadi permasalahan saat permesinan tersebut beroperasi. Sebagai mana fakta yang telah dialami penulis selama di kapal, pelaksanaan jadwal perawatan *turbocharger* tidak sesuai dengan rencana/ *planing maintenance system (PMS)*.

Dari segi operasional, kondisi jam kerja komponen *turbocharger* yang sudah melampaui batas dalam penggunaannya sehingga fungsi dan kemampuan suku cadang tidak maksimal. Kurangnya pengontrolan data inventori spare part

turbocharger kurang berjalan optimal. Data – data penggunaan spare part tidak terdaftar dengan baik, sehingga aktual stok spare part *turbocharger* di atas kapal kurang terkontrol. Ketidak tersediaan spare part diatas kapal menyebabkan perawatan berkala *turbocharger* terhenti dan tertundanya pergantian komponen sesuai jadwal yang seharusnya. Sehingga kurang menunjang pelaksanaan *plan maintenance system* (PMS) secara optimal.

C. PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan uraian analisis data di atas, maka di perlukan tindakan tindakan pemecahan masalahnya sebagai berikut :

1. Pemecahan Masalah

a. Terjadi *Surging* pada *Turbocharger*

1) Menurunkan RPM secara bertahap agar tekanan udara *blower* menjadi lebih stabil dari pada tekanan udara pompa bilas

Berdasarkan pengalaman penulis upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah *surging* yaitu dengan menurunkan RPM mesin agar tekanan gas buang ke *turbin side* lebih stabil dan mengurangi dampak dari *oversize cylinder liner* tersebut terutama terhadap *surging* dengan cara penggantian *cylinder liner* dengan suku cadang yang baru. *Cylinder liner* yang sudah *oversize* melebihi toleransi maksimal harus dilakukan penggantian baru agar masalah serupa tidak terulang lagi. Di atas kapal tidak tersedia *cylinder liner* sejumlah yang dibutuhkan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa 5 dari 6 silinder sudah harus diganti karena melebihi batas toleransi. Namun yang terjadi di atas kapal adalah tidak bisa dilakukan penggantian *cylinder liner* karena tidak adanya suku cadang, sehingga ditempuh cara alternatif untuk mengurangi dampak dari *oversize cylinder liner* tersebut dengan cara:

a) Menurunkan putaran Mesin Induk

Berdasarkan pengalaman penulis menurunkan putaran mesin dari posisi fullspeed 1350 rpm secara bertahap sampai 900 rpm sudah tidak terdeteksi adanya *surging* pada *turbocharger* dan hasil

observasi penurunan putaran Mesin Induk bisa lebih membuat pembakaran lebih stabil karena berada pada putaran yang relatif rendah dan gas buang yang dihasilkan lebih baik daripada menggunakan putaran Mesin Induk maksimal sedangkan gas buang yang dihasilkan tidak stabil karena dampak dari lolosnya kompresi dari *oversize cylinder liner*.

b) Mengoperasikan *auxiliary blower* secara manual

Berdasarkan hasil observasi, *oversize cylinder liner* menyebabkan lolosnya kompresi untuk pembakaran sehingga pembakaran yang berlangsung tidak optimal. Sedangkan saat terjadi *surgings*, berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan studi pustaka, didapati tekanan udara bilas di bawah 0,8 bar. Untuk tetap dapat mensuplai udara bilas sesuai yang dibutuhkan Mesin Induk agar tidak terjadi *surgings* maka *auxiliary blower* yang berfungsi untuk membantu suplai udara ke dalam Mesin Induk dioperasikan secara manual. Dengan cara ini *auxiliary blower* akan terus beroperasi selama Mesin Induk beroperasi untuk mensuplai kekurangan udara akibat lolosnya kompresi dan *surgings*. Namun, harus diperhatikan temperature dari motor *auxiliary blower* untuk selalu dilakukan pengecekan karena dengan terus beroperasi maka motor akan panas dan menyebabkan motor terbakar.

2) Perawatan *air cooler* sisi udara secara berkala

Penyebab *surgings* dari sisi udara bilas, hal ini dikarenakan oleh adanya tekanan balik (*back pressure*) ke sisi *blower side* dikarenakan kotorannya *air cooler air side* / sisi udara. Hal ini biasa disebabkan oleh adanya kotoran karbon ataupun kotoran debu yang bercampur dengan uap minyak yang menempel pada *fin plate air cooler*. Untuk membersihkan *air cooler* sisi udara tersebut bisa kita lakukan dengan dua cara, diantaranya :

a) Perendaman

Melepas *air cooler* dari rumah kedudukan *air cooler* selanjutnya di

rendam di dalam box dengan chemical air cooler cleaner selama beberapa saat dan selanjutnya di bilas dengan air tawar.

b) Resirkulasi

Dengan melakukan chemical recirculation selama beberapa saat pada sisi air cooler air side dengan chemical air cooler cleaner dan selanjutnya di bilas dengan air tawar.

Selain dari pada *back pressure* pada *blower side*, *surging* juga dapat di sebabkan oleh panasnya temperatur udara bilas. Untuk mengatasi dari pada panasnya temperature udara bilas ($> 85^{\circ} \text{C}$) dapat di lakukan dengan :

- (1) Membersihkan pipa pipa sisi air laut pada *air cooler* secara berkala.
- (2) Menjaga tekanan Air laut dari *Main cooling sea water pump* yang masuk ke *air cooler* pada batas tekanan yang disyaratkan oleh *manual book* (2.0 kg/cm^2).
- (3) Membersihkan saringan *sea chest* secara berkala untuk menjaga aliran air laut ke *main cooling sea water pump* tetap lancar.

3) **Melakukan *Shoot Blow* (*Wet Shoot Blow* & *Solid Shoot Blow*)**

Pada *turbocharger surging* juga dapat disebabkan oleh *system* bahan bakar. *System* bahan bakar (*instrument* pembakaran) pada mesin sangat berpengaruh terhadap kualitas pembakaran di dalam mesin. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tenaga yang optimal, dan tenaga yang di hasilkan oleh tiap tiap *cylinder* harus seimbang antara *cylinder* yang satu dengan yang lain (*P max deviation*) tidak boleh melebihi batas yang disyaratkan ($> 20 \text{ bar}$). Hal tersebut akan mengakibatkan daya yang diterima oleh *turbin side* menjadi *fluktuatif* (tidak stabil) sehingga menjadikan putaran *turbocharger* tidak konstan. Bila *P max deviation* terlalu besar akan menjadikan *high vibration* pada saat *turbocharger* berputar. Untuk mengatasi *P max*

deviation yang terlalu besar kita dapat melakukan pembenahan pada instrument pembakaran diantaranya adalah :

- a) Dilakukan penyetelan tekanan pengabutan dari *fuel injection valve* sesuai petunjuk buku manual (350 kg/cm²).
- b) Dilakukan penggantian spare part pada *fuel injection valve* sesuai jadwal interval waktu pada PMS.
- c) Dilakukan penggantian *spare part* dengan memakai spare part COM (*Certified of maker*).
- d) Dilakukan penggantian *barrel dan plunger pada fuel pump* sesuai jadwal PMS.
- e) Dilakukan pengecekan dan penyetelan *timing injection* sesuai dengan petunjuk panduan buku manual (12° BTDC).

Selain daripada pembenahan pada instrument pembakaran seperti di atas pada *system* bahan bakar perlu juga di lakukan Tindakan untuk membuang atau mengurangi kandungan air pada bahan bakar dengan melakukan *drain* pada tangki *service tank* dan *settling tank* secara berkala, dan juga dengan melakukan *purging* bahan bakar untuk membuang udara yang terjebak di dalam system bahan bakar dengan cara membuang buih bahan bakar melalui *cover* saringan bahan bakar dan pada setiap *venting screw* pada *fuel pump*.

b. Kerusakan Turbocharger pada Nozzle Ring

1) Melakukan monitoring terhadap jadwal penggantian nozzle ring

Unbalance pada *turbocharger* yang diakibatkan oleh banyaknya kotoran *carbon* yang menempel pada sisi *turbin side* dapat kita atasi dengan melakukan *maintenance routine*. Diantara *maintenance routine* untuk mengurangi kotoran carbon yang menempel pada turbin side yaitu dengan melakukan *solid shoot blow* menggunakan *marine grid / granule* pada putaran yang di syaratkan sesuai buku panduan mesin. Tetapi bilamana *turbocharger* sudah mengalami kerusakan dan harus di lakukan *overhaul* maka perlu di lakukan pembongkaran dan

penggantian pada komponen *turbocharger* diantaranya komponen yang di ganti atau di perbaiki adalah :

- a) *Nozzle ring* (Kondisi baru atau recondition)
- b) *Floting bearings / Bearing bush TS dan BS.*
- c) *Rotor (complete set BS , TS, Shaft) yang sudah di balancing.*

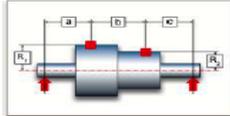
Dalam pekerjaan *balancing* harus di lakukan oleh seorang *expert* di *workshop specialist turbocharger* dan hasil pengukuran *balancing* tidak boleh melebihi 200 mg pada sisi *turbin side* maupun *blowerside*

Balancing report

Type data

Rotor type	VTR160-complete
Last change	8/21/2013 6:44 PM
Set speed	1200 rpm

ABC geometry

Position of correction planes		
Distance a	145 mm	
Distance b	121 mm	
Distance c	143 mm	
Radius 1	46 mm	
Radius 2	42 mm	

Tolerance

Tolerance	User defined
Selected planes	Correction planes

Dynamic Tolerance of Unbalance

Correction Plane 1	15,0 g-mm
Correction Plane 2	15,0 g-mm

Measuring Results, Run: 1 8/21/2013 / 6:40:52 PM

Rotor ID	160I153		
Measuring speed	901 rpm		

Correction

Correction Plane 1 - Mass (Remove)	585 mg	157 °	1,8 * Tol
Correction Plane 2 - Mass (Remove)	1,70 g	9 °	4,8 * Tol

Measuring Results, Run: 7 8/21/2013 / 6:55:54 PM

Rotor ID	160I153		
Measuring speed	1200 rpm		

Correction

Correction Plane 1 - Mass (Remove)	195 mg	149 °	in Tol
Correction Plane 2 - Mass (Remove)	14,3 mg	218 °	in Tol

Gambar 3.4.

Data Report Hasil Balancing Rotor

Demikian untuk proses *balancing* dari *rotor turbocharger*. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan keseimbangan saat *turbocharger* dalam putaran tinggi supaya *vibration* yang timbul saat *turbocharger* berputar cepat saat kecil (di bawah batas *maximum vibration* yang diijinkan).

2) Meningkatkan Pengawasan Dalam Perawatan *Nozzle Ring*

Hasil pembakaran yang kurang sempurna sebagai akibat dari pemakaian bahan bakar yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang di syaratkan oleh *engine maker*. Dalam penggunaan bahan bakar untuk dipakai pada mesin diesel kita harus melihat berbagai aspek, yang

mana kandungan komposisi dari bahan bakar tersebut harus sesuai dengan rekomendasi dari *engine maker* contohnya adalah *viscosity / kekentalan*. Kekentalan minimum yang disyaratkan dalam pemakaian di mesin diesel adalah 4 cst dan normalnya adalah 5 – 12 cst, bila mana kekentalan kurang dari minimum maka akan berpengaruh terhadap pengabutan atau bahkan dapat merusak material dari *instrument* pembakaran mesin. Disamping dari kekentalan di dalam bahan bakar harus terhindar dari kandungan *material* berbahaya seperti *sulfur, vanadium, alumunium dan silicon* bilamana konsentrasi dari kandungan material tersebut melebihi batas maksimal yang diijinkan maka akan dapat merusak material dari instrument pembakaran yang menjadikannya cepat aus seperti pada *barrel & plunger pada fuel pump* dan *needle valve pada fuel injection valve*, dan pada akhirnya akan berdampak pada kualitas pembakaran yang tidak sempurna, dan juga akan mengakibatkan kerusakan pada *turbocharger (nozzle ring)*.

Untuk mengatasi permasalahan dalam bahan bakar maka kita harus melakukan Tindakan sebagai berikut :

- a) Membuat permintaan bunker sesuai rekomendasi *engine maker*, dan melakukan uji laboratorium terhadap kandungan berbahaya sebelum memakai bahan bakar tersebut.
- b) Melakukan purifikasi untuk membuang kandungan air dan lumpur dalam bahan bakar.
- c) Melakukan *drain* secara berkala pada tangki *settling tank dan service tank* untuk mengurangi kadar air dalam bahan bakar.
- d) Menambahkan zat aditif berupa *fuel oil treatment* pada tangki *bunker tank* sesuai aturan komposisi dari buku petunjuk *oil treatment*.

Demikian cara cara penanganan bahan bakar supaya lebih berkualitas di dalam pemakaian terhadap mesin, dan tidak merusak material dari instrument pembakaran, contoh dari *supply*

bunker beserta nilai Batasan maksimumnya adalah sebagai berikut :

Carbon deposit yang berlebihan sebagai akibat dari kurangnya komposisi udara saat pembakaran (komposisi bahan bakar terlalu kaya). Untuk mengatasi pembentukan *carbon deposit* yang berlebihan, dan untuk mengurangi banyaknya *carbon deposit* yang menempel pada sisi *nozzle ring* dapat kita lakukan saat *turbocharger* sedang bekerja yaitu dengan melakukan *solid shootblow* pada *turbin side* sesuai *interval* yang disyaratkan oleh buku panduan mesin (tiap 48 jam).

Untuk mengatasi masalah *overheating* sebagai akibat dari *temperature* gas buang yang berlebihan dapat kita atasi dengan melakukan perawatan *routine* pada *instrument* pembakaran sesuai *PMS* diantaranya adalah :

- (1) Melakukan penyetelan *fuel injection pressure* pada *FIV* sesuai yang di syartkan buku panduan mesin (350 kg/ cm²)
- (2) Melakukan penyetelan *fuel injection timing* pada *fuel pump* sesuai rekomendasi dari *engine maker* ataupun *shop test certificated* (12 ° BTDC).
- (3) Melakukan penyetelan *valve clearence* pada *intake valves* (0.4 mm) dan *exh valves* (0.7 mm).
- (4) Melakukan penyetelan *T – yoke / valves bridge* ke *zero setting*.

Demikian adalah Langkah Langkah perawatan *routine* pada *instrument* pembakaran. Hal tersebut kita lakukan untuk menjaga supaya kualitas pembakaran di dalam mesin menjadi lebih baik dan di hasilkan pembakaran yang sempurna sehingga dapat mengurangi kandungan *carbon residu* pada pembakaran bahan bakar.

Kerusakan *nozzle ring* sebagai akibat dari benturan dengan benda asing. Untuk menghindari kejadian tersebut maka kita selaku

engineer di atas kapal harus melakukan Langkah Langkah perawatan yang benar terhadap mesin, diantara Langkah Langkah tersebut yang dapat kita lakukan adalah:

- (1) Melakukan *top overhaul* pada *cylinder head* sesuai PMS pada buku petunjuk panduan mesin.
- (2) Memakai *spare parts COM (certified of maker)* dalam penggantian *spare parts*.
- (3) Melakukan pengecekan berkala terhadap baut baut pengikat *cylinder head* maupun baut baut pada *rocker arm* sesuai torsi pada buku manual.

Demikian Langkah Langkah pencegahan yang dapat kita lakukan supaya kerusakan *nozzle ring* akibat dari benturan dengan benda asing dapat kita hindari.

c. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

Perawatan tidak dilaksanakan dengan baik suku cadang *turbocharger* tidak tersedia di atas kapal. Untuk itu, alternatif pemecahan masalahnya yaitu **koordinasi dengan pihak perusahaan dalam pengiriman suku cadang *turbocharger* ke kapal.**

Segala sesuatu akan berjalan dengan baik apabila direncanakan dengan baik, termasuk pengaturan suku cadang. Dalam hal suku cadang yang perlu direncanakan adalah bagaimana agar suku cadang selalu tersedia sewaktu dibutuhkan. Adapun pengertian manajemen suku cadang dan perannya adalah sebuah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian dan pengontrolan suku cadang untuk mencapai sasaran yang efektif dan efisien. Yang perlu diperhatikan dalam merencanakan kebutuhan suku cadang antara lain:

- 1) Berapa banyak jumlah suku cadang dan dalam jangka waktu berapa lama biasanya dibutuhkan untuk pemakaian, kemudian dalam jangka waktu berapa lama sebelumnya telah dilakukan permintaan.
- 2) Perencanaan dalam hal pembukuan, catatan pemakaian dan

penerimaan suku cadang yang benar dan mudah untuk pengontrolan, seperti dibutuhkan adanya, pengelompokan jenis suku cadang dan lain sebagainya.

- 3) Dalam hal penyimpanan agar direncanakan supaya mudah untuk mencari seperti penataan yang rapi, dikelompokkan menurut jenis suku cadang, diberikan label pada kotak penyimpanan. Sistem administrasi yang baik akan memudahkan pengontrolan dan mengurangi kesalahan yang akan terjadi, sehingga akan dapat memudahkan dalam mencari dan dapat dengan mudah ditemukan apabila terjadi kesalahan. Beberapa peralatan dasar untuk mengontrol adalah catatan yang baik dari peralatan seperti mesin perkakas, dan fasilitas serta *historical record system* dari reparasi perawatan yang dapat memperkirakan jenis dan jumlah suku cadang yang akan digunakan.

Setiap kali memesan suku cadang, perlu dipertimbangkan dan pengaturan yang mendekati tepat-guna, yaitu agar suku cadang tidak kehabisan pada saat yang dipesan belum datang, akan tetapi suku cadang juga jangan sampai berlebihan di atas kapal yang menyebabkan modal-mati (*idle money*), karena modal tersebut dapat digunakan untuk orang lain.

Segala kebutuhan suku cadang harus dicatat oleh KKM atau masinis dikapal agar kesalahan pendataan mengenai ketersediaan suku cadang yang ada dikapal tidak terjadi, sehingga tidak dapat menimbulkan ketidaksamaan hasil data material suku cadang antara pihak perusahaan maupun pihak dikapal, maka pihak kapal harus membuat kearsipan yang baik, antara lain:

- a) Sekali dalam sebulan KKM harus mencatat setiap pemakaian suku-cadang dan barang-umum dalam Buku Material atau dalam Buku "Stock In/Out", sesuai pemakaian berdasarkan Label-label dan Buku catatan pengeluaran suku-cadang dan barang-umum.
- b) Jika setiap barang yang dipakai telah mencapai titik pemesanan / permintaan, sebagaimana yang tercantum dalam formulirnya

suku-cadang dan barang umum, harus segera di pesankan agar tetap dalam tingkat "Stock" atau persediaan normal.

- c) Setiap suku-cadang dan barang-umum yang dipesan / diminta harus dicatat dan dimasukkan dalam formulir "dipesan / diterima". Jika pesanan sudah diterima agar di tuliskan dalam kolom penerimaan.
- d) Setiap permintaan material dan pemakaian material harus dibuatkan Nomer Surat masing-masing sesuai urutan pengeluaran surat yang telah diketahui / ditanda-tangani oleh Nakhoda, dengan maksud agar mempermudah mencari Data-data dokumen tersebut. Misalkan:
- e) Surat permintaan material (*Material requisition*).
- f) Surat pemakaian material (*Material consumption*),

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Terjadi surging pada *Turbocharger*

Evaluasi pemecahan masalahnya sebagai berikut :

1) Menurunkrn RPM secara bertahap agar tekanan udara *blower* menjadi lebih stabil daripada tekanan udara pompa bilas

Keuntungannya:

Dapat mencegah terjadinya tekanan balik yang menyebabkan *surgin* pada *turbocharger*.

Kerugiannya:

Diperlukan pemahaman dan ketelitian crew mesin

2) Perawatan *air cooler* sisi udara secara berkala

Keuntungannya:

Pengerjaan lebih mudah, sehingga dapat dilaksanakan oleh semua crew mesin.

Kerugiannya:

Diperlukan waktu dan ketelitian dalam pelaksanaannya.

3) Melakukan *Shoot Blow (Wet Shoot Blow & Solid Shoot Blow)*

Keuntungannya :

Shoot blow (wet shoot blow & solid shoot blow) dapat mencegah terjadinya *surgin* pada *turbocharger*.

Kerugiannya :

Diperlukan pemahaman dan ketelitian crew mesin

b. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*

Evaluasi pemecahan masalahnya sebagai berikut :

1) Melakukan *monitoring* terhadap jadwal penggantian *nozzle ring*

Keuntungannya :

Jadwal penggantian *nozzle ring* terpantau dengan seksama sehingga dapat diganti tepat waktu.

Kerugiannya :

Diperlukan peran perwira dalam memonitor jadwal penggantian *nozzle ring*.

2) Meningkatkan pengawasan dalam perawatan *nozzle ring*

Keuntungannya :

Dengan pengawasan dalam perawatan *nozzle ring* sehingga hasilnya lebih maksimal.

Kerugiannya :

Diperlukan ketelitian dalam pelaksanaannya.

c. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

Koordinasi dengan pihak perusahaan dalam pengiriman suku cadang *turbocharger* ke kapal

Keuntungannya :

Suku cadang *turbocharger* tersedia di atas kapal sehingga perawatan dapat terlaksana tepat waktu.

Kerugiannya :

Diperlukan komunikasi antara pihak kapal dengan pihak perusahaan dalam pengadaan suku cadang.

3. Pemecahan Masalah yang Dipilih

a. Terjadi surging pada *Turbocharger*

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang dipilih untuk mengatasinya yaitu menurunkan RPM secara bertahap agar tekanan udara *blower* menjadi lebih besar daripada tekanan udara pompa bilas.

b. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang dipilih untuk mengatasinya yaitu melaksanakan monitoring secara terjadwal sesuai dengan PMS tentang perbaikan ataupun pergantian *nozzle ring*

c. Perawatan *turbocharger* belum dilaksanakan dengan baik

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang dipilih untuk mengatasinya yaitu memastikan ketersediaan suku cadang diatas kapal, berkordinasi bersama pihak kantor terkait dengan ketersediaan dan pengiriman suku cadang turbocharger.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya, mengenai permasalahan yang terjadi pada *turbocharger*, maka penulis menyimpulkan beberapa penyebab dari permasalahan tersebut diantaranya:

1. Terjadinya *surgings* pada *turbocharger* dapat disebabkan oleh faktor:
 - a. Faktor *internal* sering di sebabkan oleh keausan dari *compressor whell dan diffuser pada inducer whell* sehingga berpengaruh terhadap *supply* udara ke dalam mesin saat *load* dari mesin berubah cepat.
 - b. Faktor *eksternal* penyebab *surgings* pada *turbocharger* adalah kotornya *air cooler air side dan sea water cooling side* serta dari *system* bahan bakar yang mengakibatkan *unbalance* pada tekanan maksimum pembakaran di tiap *cylinder* sehingga mengakibatkan putaran *turbocharger* yang tidak stabil, sehingga menjadikan *turbocharger* mengalami *surgings* saat ada perubahan *load* mesin.
2. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring* disebabkan oleh faktor :
 - a. Faktor *internal* dari *turbocharger* yaitu *unbalance* pada *rotor turbocharger* yang menjadikan *turbocharger* mengalami *high vibration* yang dapat merusak *bearings dan shaft* yang selanjutnya mengakibatkan *turbin side* dari *rotor* bersentuhan dengan *nozzle ring* saat *turbocharger* berputar kencang.
 - b. Faktor eksternal dari *turbocharger* yaitu
 - 1) Pemakaian bahan bakar yang mengandung *material* berbahaya yang melebihi batas yang diijinkan seperti *sulfur, vanadium, alumunium*

dan *silicon* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada instrument pembakaran yang pada akhirnya bermuara pada pembakaran yang tidak sempurna dengan residu *carbon* yang tinggi dan gas buang sisa pembakaran dengan *temperature* yang *overheat* hingga merusak *material dari nozzle ring*.

- 2) Kerusakan *nozzle ring* pada *turbocharger* dikarenakan benturan dengan benda asing di sebabkan oleh kelelahan bahan dari komponen *spare parts* pendukung di *cylinder head* ataupun dari kualitas *material* dari *spare parts* tersebut.
3. Perawatan *turbocharger* belum terlaksana dengan baik dikarenakan suku cadang *turbocharger* tidak tersedia di atas kapal dan kurangnya monitoring pelaksanaan PMS sesuai *running hours turbocharger*.

B. SARAN

Dari beberapa kesimpulan mengenai penyebab dari terjadinya permasalahan pada *turbocharger*, penulis memberikan beberapa saran kepada para *engineer* untuk :

1. Untuk menghindari terjadinya *surgings* pada *turbocharger*:
 - a. Menurunkan RPM secara bertahap agar tekanan udara *blower* menjadi lebih stabil daripada tekanan udara pompa bilas.
 - b. Perawatan *air cooler* sisi udara secara berkala dengan cara perendaman maupun resirkulasi.
 - c. Melakukan *Shoot Blow* (*Wet Shoot Blow & Solid Shoot Blow*)
2. Untuk menghindari terjadinya kerusakan *nozzle ring* pada *turbocharger*:
 - a. Melakukan *monitoring* terhadap jadwal penggantian *nozzle ring*
 - b. Meningkatkan pengawasan dalam perawatan *nozzle ring*
3. Nakhoda dan Chief Engginer hendaknya menjalin koordinasi dengan pihak perusahaan dalam pengiriman suku cadang *turbocharger* ke kapal agar suku cadang di kapal tersedia dan selalu memantau pelaksanaan PMS di atas kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto dan Koichi Tsuda. (2019). *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Danoesgoro, Goenawan. (2018). *Manajemen Perawatan*. Jakarta: Yayasan Bina Citra Samudra.
- Gasper, Vincent. (2017). *Total Quality Management*. Jakarta: PT. Gramedia
- Handoyo, Jusak Johan. (2019). *Perawatan dan Perbaikan Kapal*. Jakarta: Djangkar
- Handoyo, Jusak Johan. (2019). *Motor Diesel Penggerak Utama Kapal*. Jakarta: Djangkar
- NSOS.(2012). *Manajemen Perawatan dan Perbaikan*. Jakarta : PT.Triasko Madra.
- Maanen, P.Van. (2021). *Motor Diesel Kapal, Jilid I*. Jakarta: Triasko Maddra.
- Sukoco dan Zainal Arifin. (2018). *Teknologi Motor Diesel*. Jakarta: Erlangga

DAFTAR ISTILAH

- Bearing* : Bantalan yang berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya di dalam *casing* dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas.
- Blower* : Bagian dari komponen *turbocharger* yang bersebelahan atau dipasang satu as dengan turbin. Peralatan tersebut berfungsi menghasilkan udara bilas yang ditekan ke dalam silinder mesin.
- Casing* : Suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan. Pada ujung *casing* terdapat ruang besar mengelilingi poros turbin disebut *exhaust hood*, dan diluar *casing* dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor.
- Cylinder* : Bagian dari komponen mesin untuk tempat Bergeraknya torak di dalamnya, dan merupakan tempat berlangsungnya pembakaran.
- Dynamic balancing rotor blade* : Perbaikan untuk menyeimbangkan *rotor blade* agar kembali seimbang (*balance*).
- Engineer* : Orang yang bertugas dan bertanggung jawab untuk merawat dan menjaga mesin induk dan alat-alat lainnya yang berhubungan dengan mesin di atas kapal (perwira mesin).
- Exhaust Manifold* : Saluran pipa gas buang tiap-tiap silinder dan diproses untuk menghasilkan udara bilas melalui *turbocharger*.
- Ignition Delay* : Keterlambatan pembakaran didalam ruang pembakaran mesin.
- Impulse system* : Memasukkan udara yang bertekanan ke dalam silinder motor menggunakan *turbocharger* dengan sistem denyut.
- Injector* : Bagian dari komponen mesin yang berfungsi untuk pengabutan bahan bakar sehingga terjadinya ledakan atau pembakaran yang terjadi di dalam silinder mesin.
- Intercooler* : Suatu alat khusus dengan bahan anti karat, dilengkapi dengan sirip-sirip campuran aluminium yang berfungsi mendinginkan gas buang yang akan diproses oleh *turbocharger*.

- Moving Blade* : Sudu-sudu yang dipasang dipasang di sekeliling rotor membentuk suatu piringan. Dalam suatu rotor turbin terdiri dari beberapa baris piringan dengan diameter yang berbeda-beda. Banyaknya baris sudu gerak biasanya banyaknya tingkat.
- Nozzle Ring* : Bagian komponen dari *turbocharger* yang berbentuk saluran untuk mengatur kecepatan gas buang yang disalurkan untuk memutar *turbin blade*
- Overhaul* : Melakukan pengecekan secara menyeluruh dan melakukan perbaikan atau mengganti jika ada yang rusak.
- Piston* : Bagian dari komponen mesin yang berfungsi untuk menghasilkan kompresi hingga terjadi ledakan.
- Poros : Pada umumnya poros turbin sekarang terdiri dari silinder panjang yang solid. Sepanjang poros dibuat alur-alur melingkar yang biasa disebut akar (*root*) untuk tempat dudukan, sudu-sudu gerak (*moving blade*).
- Rotor : Bagian yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor. Jumlah baris sudu-sudu gerak pada rotor sama dengan jumlah baris sudu diam pada *casing*. Pasangan antara sudu diam dan sudu gerak disebut tingkat (*Stage*).
- Surging* : Suatu titik operasi dimana *compressor* tidak mampu mempertahankan kestabilan aliran untuk memberikan udara tekanan lebih, dan terjadilah pembalikan arah aliran, ditandai dengan suara denyat bergemuruh atau suara hentakan.
- System Injection* : Pendesakan minyak bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin diesel dengan tekanan tinggi.
- Turbine* : Mesin *turbocharger* yang berfungsi mengubah energi potensial fluida (energi kinetik) menjadi energi mekanik untuk menghasilkan kerja berupa putaran poros engkol.
- Turbocharger* : Suatu bagian dari komponen mesin untuk meningkatkan tenaga mesin dengan memanfaatkan dari gas buang.