

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



MAKALAH

**UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA
TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA
MESIN INDUK DI MV LUNI**

Oleh :

SAHWI LAODE PANDIMA
NIS. 02071/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2024

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



MAKALAH

**UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA
TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA
MESIN INDUK DI MV LUNI**

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

Oleh :

SAHWI LAODE PANDIMA

NIS. 02071/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2024

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

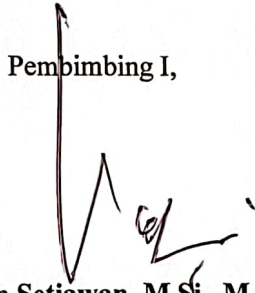


TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : SAHWI LAODE PANDIMA
No. Induk Siwa : 02071/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA
TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA
MESIN INDUK DI MV LUNI

Pembimbing I,

Jakarta, Januari 2024
Pembimbing II,


Drs. Ridwan Setiawan, M.Si., M.Mar.E
Pembina Utama (IV/e)
NIP. 19570612 198203 1 002


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

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 : SAHWI LAODE PANDIMA
No. Induk Siwa : 02071/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA
TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA
MESIN INDUK DI MV LUNI

Penguji I

Ir. PANDE IRIANTO SIREGAR M.M
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19620522 199703 1 001

Penguji II

MOHAMAD RIDWAN, S.Si.T., M.M
Penata (III/c)
NIP. 1978070720 091210 0 502

Penguji III

DRS. RIDWAN SETIAWAN, M.Si., M.Mar.E
Pembina Utama (IV/c)
NIP. 19570612 198203 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

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

KATA PENGANTAR

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

“UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI MV LUNI”

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

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

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

1. 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 Teknika Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Drs. Ridwan Setiawan, M.Si., 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. Capt. Suhartini, MM.,MMTr., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah.

6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah.
7. Orang tua tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
8. Istri tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
9. Anak tersayang yang telah memberikan waktu dan semangat selama pengerjaan makalah.
10. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknik Tingkat I Angkatan LXIX tahun ajaran 2024 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moril sehingga makalah akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, Januari 2024

Penulis,



SAHWI LAODE PANDIMA

NIS. 02071/T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah	2
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
D. Metode Penelitian	4
E. Waktu dan Ternpat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan	5
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Kerangka Pemikiran	19
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	20
B. Analisis Data	22
C. Pemecahan Masalah	28
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	38
B. Saran	38
 DAFTAR PUSTAKA	40
 LAMPIRAN	
 DAFTAR ISTILAH	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Turbocharger</i>	8
Gambar 2.2 Sistem <i>Turbocharger</i>	9
Gambar 2.3. Bagian-bagian dari turbocharger.....	10
Gambar 2.4. Skema Proses Pembakaran pada Mesin Diesel.....	15

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Ship Particular
- Lampiran 2. Crew List

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sarana angkutan laut terutama kapal laut merupakan alat pengangkut yang masih sangat dibutuhkan dalam era globalisasi saat ini, selain berkapasitas besar juga efisien digunakan untuk memperlancar perekonomian rakyat antar pulau ataupun antar Negara. Dalam memperlancar pengoperasian kapal sangat diperlukan suatu cara perawatan pesawat-pesawat yang berada di kapal terutama mesin induk sebagai mesin penggerak utama.

Pada umumnya kapal-kapal niaga menggunakan tenaga mesin diesel sebagai tenaga penggerak utama. Salah satu faktor penting untuk menunjang kinerja mesin induk adalah proses pembakaran pada *cylinder* motor induk yang ditunjang dengan kecepatan udara. oleh karena itu, untuk mencapai hasil yang diharapkan maka harus dilakukan perawatan terencana sesuai dengan *planned maintenance system (PMS)*.

Perawatan merupakan faktor paling penting dalam mempertahankan kehandalan fasilitas-fasilitas yang diperlukan. Sebagaimana kita ketahui bahwa harga suku cadang mesin yang ada di atas kapal tergolong mahal, untuk itu sering pemilik kapal mencoba untuk menunda penggantian suku cadang yang seharusnya diganti, karena sudah waktunya dilakukan penggantian menurut jam kerja (*running hours*), dengan dalih untuk menghemat biaya.

Upaya yang diperlukan untuk memberikan efisiensi yang optimum, kapasitas *turbocharger* harus benar-benar sesuai dengan daya mesin. Kinerja *turbocharger* ditentukan oleh sudut udara masuk ke *impeller*, *diffuser* serta sudut masuk gas ke turbin, dalam hal ini hanya bisa tepat pada kecepatan rotor tertentu saja. Pada putaran-putaran rotor yang lain sudut masuknya gas tidak sesuai dengan sudut

masuk suhu sehingga kerugiannya meningkat. Agar bisa memberikan efisiensi yang lebih baik pada beban tidak penuh maka *turbocharger* bisa dirancang untuk meningkatkan dengan tajam daya mesinnya. Sebuah waktu *gate* bisa dimanfaatkan untuk mencapai boost yang benar pada beban penuh. Hal ini kadang-kadang digunakan pada mesin-mesin putaran menengah.

Turbocharger harus menghasilkan tekanan udara yang diperlukan sekaligus mempertahankan cadangan yang memadai untuk mengantisipasi *surgings*. *Surgings* merupakan terhentinya aliran gas dan terjadinya aliran balik udara dari ruang ke *diffuser* dan *impeller*. *Surgings* adalah sesuatu yang tidak dikehendaki karena akan mempengaruhi pembakaran dan lebih penting lagi, meningkatkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada bantalan pendorong.

MV LUNI adalah kapal jenis *Bulk Carrier* berbendera Korea milik perusahaan Donghwa Sea Shipping Co. Ltd yang beroperasi di alur pelayaran Daru Vanino-Russia menuju Tianjin-China. MV LUNI dilengkapi dengan mesin induk jenis motor diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger*. Pada tanggal 12 Januari 2023 saat kapal dalam pelayaran dari Russia menuju China, terjadi kenaikan suhu gas buang sebagaimana terlihat pada display monitor, sehingga mengakibatkan putaran mesin harus diturunkan. Setelah diadakan pengecekan secara kasat mata, penulis menemukan indikasi pada *turbocharger* bermasalah sehingga suplai udara tidak maksimal dan berakibat tidak ada keseimbangan dalam proses pembakaran pada *cylinder* motor induk.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik mengangkat judul makalah sebagai berikut: **“UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI MV LUNI”**.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, dapat ditemukan beberapa identifikasi masalah sebagai berikut :

- a. Suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal

- b. Turunnya tekanan udara akibat *turbocharger* kurang berfungsi
- c. Putaran *turbin* tidak normal
- d. Tekanan udara menurun dibawah normal
- e. *Filter* udara isap *turbocharger blower side* kotor

2. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan yang terjadi pada sistem udara, maka penulis membatasi masalah pada makalah ini antara lain :

- a. Suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal
- b. Turunnya tekanan udara akibat *turbocharger* kurang berfungsi.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah diatas, maka penulis dapat merumuskan pembahasan masalah yang akan dibahas pada bab selanjutnya sebagai berikut :

- a. Apa penyebab suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal ?
- b. Apa penyebab terjadinya turunya tekanan udara akibat *turbocharger* yang kurang berfungsi ?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk menganalisa penyebab suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal dan mencari alternatif pemecahan masalahnya.
- b. Untuk mengetahui penyebab turunnya tekanan udara akibat *turbocharger* yang kurang berfungsi dan mencari alternatif pemecahan masalahnya sehingga *turbocharger* dapat berfungsi dengan baik.

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat bagi Dunia Akademis

- 1) Agar hasil analisis dapat memberikan gambaran pada pembaca tentang sistem udara pembakaran pada *turbocharger system* di kapal.

- 2) Sebagai bahan bacaan di perpustakaan STIP Jakarta bagi perwira siswa yang ingin mempelajari tentang sistem udara pembakaran atau *turbocharger system*.

b. Manfaat bagi Dunia Praktis

- 1) Sebagai masukan bagi perusahaan pelayaran terkait yang berguna bukan hanya untuk MV LUNI tetapi juga dijadikan acuan untuk diterapkan pada mesin diesel sebagai mesin induk lainnya, terutama yang sejenis.
- 2) Untuk berbagi pengalaman dengan kawan-kawan seprofesi tentang masalah yang dihadapi pada *turbocharger* dan cara penanganannya.

D. METODE PENELITIAN

1. Teknik Pendekatan

Metode pendekatan yang digunakan dalam makalah ini adalah deskriptif kualitatif. Deskriptif kualitatif adalah upaya pengolahan data menjadi sesuatu yang dapat diutarakan secara jelas dan tepat dengan tujuan agar dapat dimengerti oleh orang yang tidak langsung mengalaminya sendiri, yang disajikan dalam uraian kata-kata.

2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan makalah ini, penulis menggunakan beberapa cara untuk membantu dalam menganalisa dan membahas permasalahan yang ada. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu :

a. Teknik Observasi

Teknik ini merupakan suatu metode yang sistematis dan yang dipertimbangkan dengan baik melalui pengamatan, penyelidikan dan penelitian serta pengumpulan data dari kapal secara langsung pada saat penulis masih aktif bekerja di kapal MV LUNI sebagai *Second Engineer*.

b. Studi Pustaka

Studi pustaka atau kepustakaan dapat diartikan sebagai serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka,

membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian. Pengumpulan data dengan mencari dan mengumpulkan data yang ada hubungannya dengan judul makalah ini untuk dapat mengetahui pemecahan dalam masalah ini.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dalam menyusun makalah ini dilaksanakan pada saat penulis bekerja di atas MV LUNI sebagai *Second Engineer* Sejak 28 November 2022 sampai dengan 13 Januari 2023. Selama kurun waktu tersebut penulis menjalankan tugas sebagai *Second Engineer* dan menemukan permasalahan dalam perawatan *turbocharger*.

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di atas MV LUNI berbendera Korea milik Donghwa Sea Shipping Co. Ltd yang beroperasi di alur pelayaran Rusia, Korea Selatan, 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, batasan dan rumusan masalah, Tujuan dan manfaat penelitian, Metode Penelitian, 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 pemikiran yang merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi selama penulis bekerja di atas MV LUNI. 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

Menjelaskan 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 TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya maka penulis mencari beberapa landasan teori untuk pemecahan perawatan *turbocharger* di atas MV LUNI, diantaranya yaitu sebagai berikut :

1. Upaya Mengoptimalkan

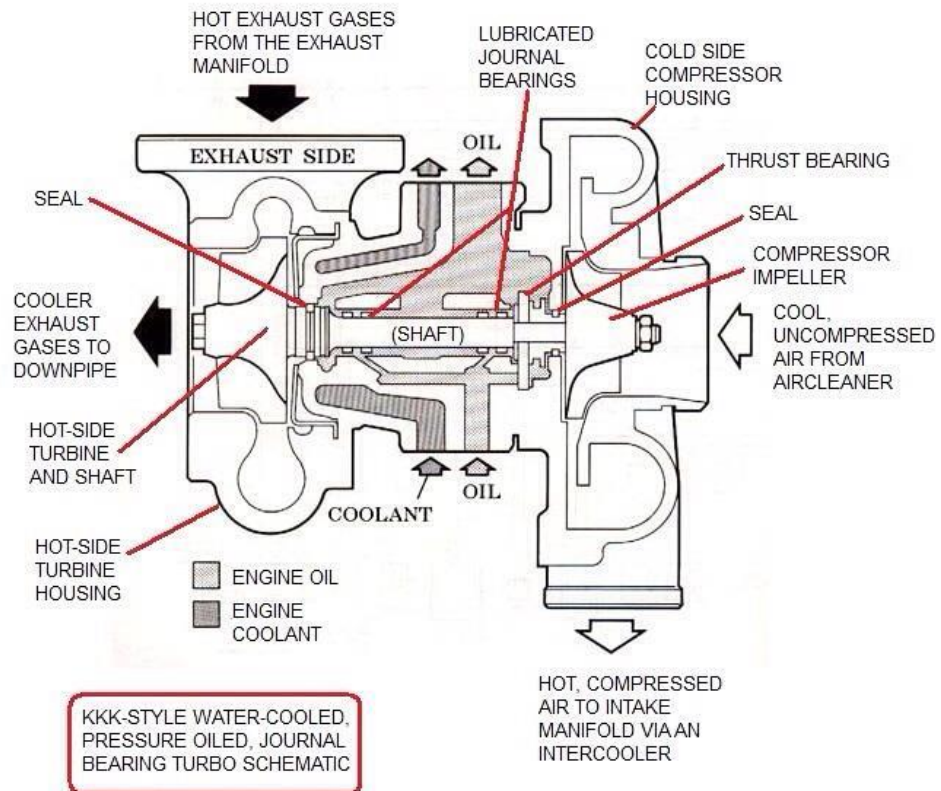
Menurut Winardi (2019:363) menjelaskan bahwa upaya adalah usaha untuk mewujudkan sesuatu sedangkan mengoptimalkan yaitu tindakan membuat sesuatu menjadi optimal. Jadi yang dimaksud dengan upaya mengoptimalkan yaitu usaha memaksimalkan kegiatan sehingga mewujudkan tujuan yang diinginkan atau dikehendaki. Dari uraian tersebut diketahui bahwa optimalisasi hanya dapat diwujudkan apabila dalam pewujudannya secara efektif dan efisien. Dalam penyelenggaraan organisasi, senantiasa tujuan diarahkan untuk mencapai hasil secara efektif dan efisien agar optimal.

2. Kinerja *Turbocharger*

a. Definisi

Menurut Arismunandar (2012:12) bahwa kinerja mesin (*engine performance*) adalah prestasi kinerja suatu mesin, dimana prestasi tersebut erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan serta daya guna dari mesin tersebut.

Menurut Endrodi (2014:24) bahwa *turbocharger* adalah pesawat yang digerakan oleh gas buang dari mesin diesel yang berfungsi untuk memompa udara yang digunakan untuk pembilasan dan pembakaran di dalam silinder.



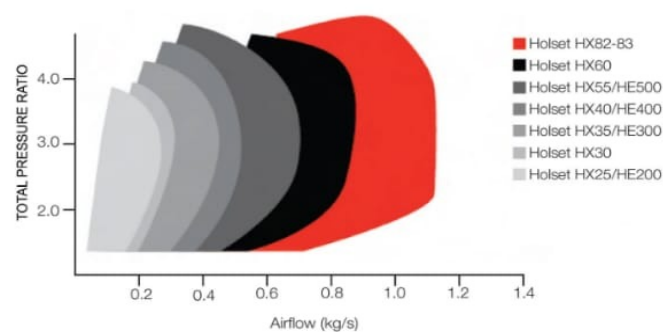
Gambar 2.1 *Turbocharger* (type: HOLSET HX82)

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*. Sekitar tahun 1971, seorang dari negara Swiss bernama Alfred Buchi telah menemukan ide tentang bagaimana memanfaatkan dan mengubah energi gas sisa hasil pembakaran ke dalam energi mekanis. Hal ini 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.

HOLSET HX82 - HX83 TURBOCHARGER SPECS	
For Engine Capacity (liters)	Up to 25
Output Range (kW)	375-840
Airflow (kg/s)	1.5
DIMENSIONS:	
Length (mm)	332
Width (mm)	318
Height (mm)	300
Smallest Mass (kg)	35
Largest Mass (kg)	55
OPTIONS:	
Ti Impeller	Yes
Machined From Solid Impeller	Yes

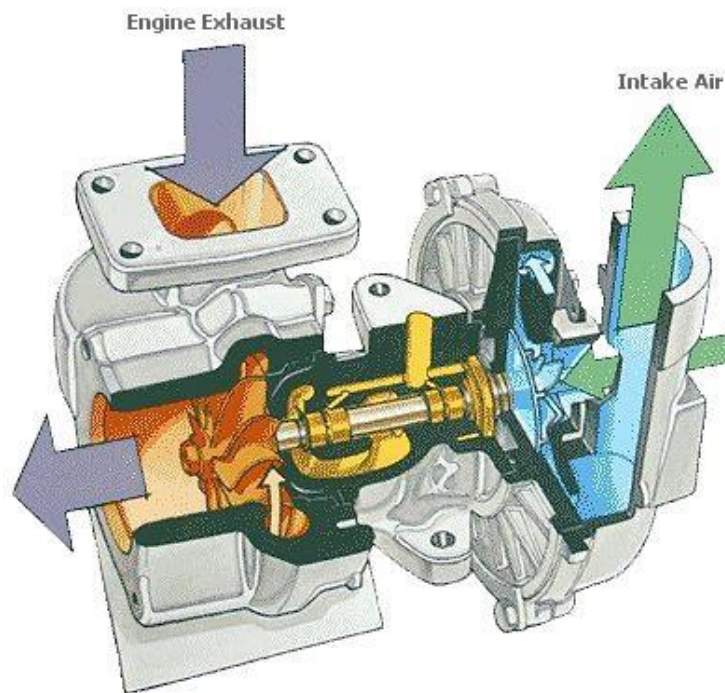


Gambar 2.2 Spesifikasi *turbocharger*

b. Prinsip Kerja *Turbocharger*

Menurut E. Karyanto (2000:148) prinsip kerja turbocharger adalah: proses langkah pembuangan didalam silinder mesin dilakukan oleh piston menyebabkan gas asap hasil pembakaran terdorong keluar, dari katup buang melalui manifold buang menekan ke suatu roda turbin dan keluar lewat saluran pembuangan. Hal ini mengakibatkan roda kompressor

(*blower*) berputar sehingga menghasilkan tekanan hembusan, yang menyebabkan terjadi pemadatan udara masuk dan tekanan diatas satu atmosfer. Selanjutnya udara yang bertekanan disalurkan ke manifold masuk, kemudian masuk ke dalam silinder melalui katup masuk. Untuk itu mesin diesel dilengkapi dengan *turbocharger*, dengan tujuan untuk memperbesar tenaga mesin tanpa menambah terlalu banyak berat dan ukuran mesin.

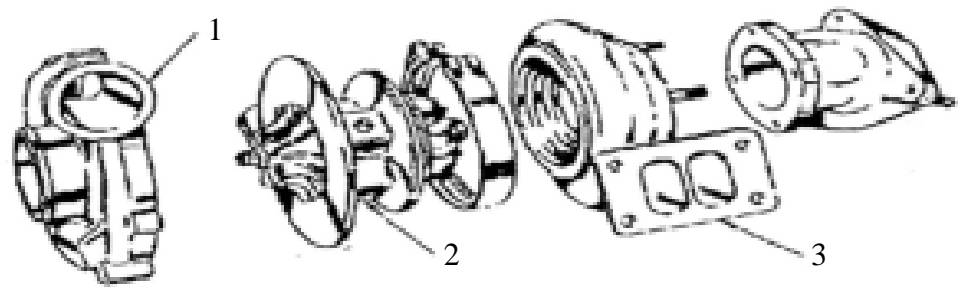


Gambar 2.3 Sistem *Turbocharger*

Adapun penggunaan *turbocharger* pada mesin diesel 4-tak memiliki penataan *exhaust manifold* secara khusus, yaitu sebagai berikut:

- 1) Mesin 4 dan 6 silinder dilengkapi 2 buah saluran gas buang (*exhaust manifold*)
- 2) Mesin 5 dan 9 silinder dilengkapi 3 buah saluran gas buang (*exhaust manifold*)
- 3) Mesin 7 dan 8 silinder dilengkapi 4 buah saluran gas buang (*exhaust manifold*)

c. **Konstruksi Dari Turbocharger**



Gambar 2.4. 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 alumunium bersambungan dengan bagian pusat inti (*centre core*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.

2) Pusat inti (*centre core*)

Merupakan 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 rumah pusat inti terdapat poros turbin dan turbin serta roda kompresor (*blower*), bantalan, *ring*, cincin plat, *oil deflector*. Bagian-bagian yang berputar termasuk *turbin shaft*, *compressor wheel*, *shaft bearing*, *thrust*, *washer* dan *oil seal ring*. Komponen-komponen ini ditunjang oleh bagian *center housing*. Bagian-bagian yang berputar pada turbocharger dioperasikan pada kecepatan 12.500 rpm dan temperatur 550°C, sehingga materialnya dibuat sangat selektif dengan kepresisian yang tinggi

3) Rumah turbin (*turbine housing*)

Rumah turbin adalah tempat turbin menerima gaya aksial dari gas sisa pembakaran (*exhaust gas*) kemudian diteruskan lewat poros (*shaft*)

menuju *blower*. Rumah turbin terbuat dari bahan *caststeel* dan bersambungan dengan bagian rumah pusat inti atau *centre core* dengan memakai cincin baja penjamin. Diantaranya sambungan rumah turbin dan *manifold* buang dipasang *gasket* yang terbuat dari bahan *stainles steel* untuk menjamin sambungan tersebut.

d. Keuntungan Sistem Pengisian Udara oleh *Turbocharger*

Menurut Sukoco, dan Zainal Arifin, (2008:23) dalam buku karangannya yang berjudul “Teknologi Motor Diesel”, beberapa keuntungan dari sistem pengisian udara yang dilakukan oleh *turbocharger* adalah sebagai berikut :

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

Dengan pertambahan pasokan udara ke *cylinder* pembakaran maka tekanan rata-rata efektif udara 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 silinderpun lebih meningkat.

e. Kerugian Pengisian Tekan dengan *Turbocharger*

Menurut Endrodi (2004:24) pengisian tekan yang dilakukan oleh *turbocharger* juga memiliki beberapa kerugian seperti di bawah ini:

- 1) Konsumsi bahan bakar dan pelumas silinder lebih boros.
- 2) Harga beli mesin diesel lebih mahal.
- 3) Perawatan lebih banyak dan kompleks sehingga biaya lebih besar.
- 4) Waktu perawatan yang lebih lama.
- 5) Memerlukan keahlian ekstra pada waktu *overhaul turbocharger*.

f. Sistem Pengisian Tekan

Sistem pengisian tekan pada sisi gas buang terdapat dua sistem yaitu sistem denyut (*pulse system*) dan sistem tekanan rata (*constant pressure system*):

1) Sistem denyut (*Pulse System*)

Pada sistem ini gas buang yang keluar dari masing-masing silinder dibagi atas group/kelompok. Pengelompokan pipa gas buang ini didasarkan dari susunan *firing order* dan *exhaust manifold*-nya. Diameter pipa gas buang tidak besar, sehingga baik tekanan maupun kecepatan gas buang keluar dari masing-masing silinder tidak mengalami penurunan. Hal ini mengakibatkan putaran roda sudu turbin gas buang menjadi sangat tinggi, yang berarti putaran udara blower juga sangat tinggi. Udara yang dihasilkan cukup banyak untuk pembakaran bahan bakar didalam silinder sehingga pembakaran bahan bakar sempurna dan daya motor optimal/maksimum.

2) Sistem Tekanan Rata

Gas buang yang keluar dari masing-masing silinder digabung dalam satu *exhaust manifold* tanpa mempertimbangkan *firing order*-nya.

Diameter pipa gas buang lebih besar sehingga tekanan gas buang menurun dan putarannya menjadi rendah. Hal ini berakibat putaran *turbocharger*-nya tidak setinggi sistem denyut dan udara yang dihasilkan *blower*-nya juga tidak sebanyak sistem denyut. Akibat masih diperlukan *blower* udara bantu yang digerakan oleh motor listrik. Terutama saat mengolah gerak dimana putaran motor diesel belum stabil.

Sistem pengisian tekan pada sisi udara terdapat tiga sistem yaitu sistem seri, paralel, campuran:

a) Sistem Seri

Udara hasil turbocharger dipasang seri dengan udara hasil blower bantu yang digerakkan oleh motor listrik.

b) Sistem Paralel

Udara hasil *turbo blower* dipasang paralel dengan hasil blower bantu yang digerakan oleh motor listrik.

c) Sistem Seri dan Paralel

Adalah kombinasi dari kedua sistem seri dan paralel.

3. Sistem Pembakaran di Dalam Silinder

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

Pembakaran yang tuntas dan sempurna secara kimiawi ini akan menghasilkan panas, proses reaksinya disebut *Exterm*. Bila sejumlah gas atau udara di kompresi atau di *expansi* akan ada perubahan suhu selama proses terjadi, namun bila keadaan suhunya tidak ada perubahan, maka prosesnya di sebut *isotermis*. Keadaan itu hanya mungkin terjadi apabila selama proses kompresi berlangsung panas yang timbul diambil dan bila prosesnya *ekspansi*, panas yang hilang diganti sehingga suhunya tinggal tetap. Lain halnya bila sejumlah gas itu saat di lakukan kompresi maupun *expansi* tanpa ada tambahan panas atau kehilangan panas, proses yang demikian di sebut *adiabatic*.

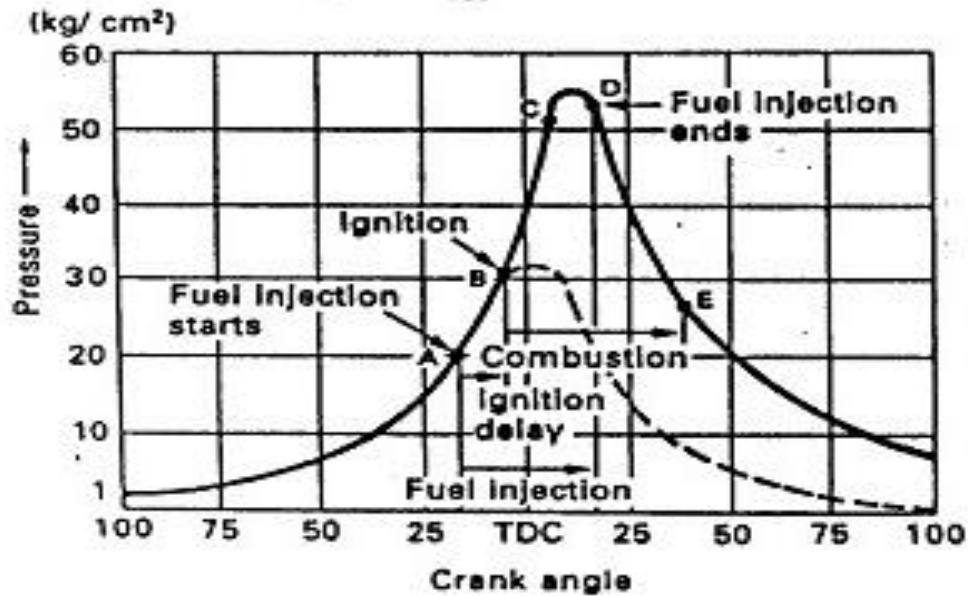
Selain faktor bahan bakar di atas, Sukoco, M.Pd, Zainal Arifin, M.T (2003:97) syarat-syarat proses pembakaran yang sempurna antara lain sebagai berikut :

- 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 penyalaan (*ignition delay*) atau ID harus tepat.

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

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin dalam bukunya yang berjudul “Teknologi Motor Diesel”, mengatakan bahwa : Motor diesel adalah merupakan mesin pembangkit tenaga, dengan input bahan bakar. Motor diesel termasuk pada mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) artinya proses pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan energi panas, dilakukan di dalam mesin itu sendiri. Dengan demikian tujuan proses pembakaran adalah menghasilkan energi panas dan menaikkan tekanan yang tinggi didalam *cylinder*, tekanan tersebut untuk di konversikan menjadi energi mekanik pada

poros engkol. Bahan bakar motor diesel dimasukkan kedalam *cylinder* pada akhir langkah kompresi, dengan cara diinjeksikan dengan cara tekanan yang tinggi hingga diperoleh kabutan yang halus. Sementara pada motor bensin bahan bakar dimasukkan pada awal langkah isap bersamaan dengan udara yang masuk kedalam *cylinder*. Perbedaan ini berpengaruh pada homogenitas campuran udara dan bahan bakar.



Gambar 2.4. Skema Proses Pembakaran pada Mesin Diesel

Bahan bakar diinjeksikan kedalam *cylinder* pada akhir proses kompresi, tidak sekali injeksi namun pada periode tertentu, yang digambarkan mulai dari titik A sampai dengan titik D. Mulai dari proses injeksi dititik A tersebut, kabutan bahan bakar mulai bertemu dengan udara yang dikompresikan dan temperature udara, dan pada titik B bahan bakar mulai terbakar. Mulai dari titik B garis grafik tekanan terus naik sampai berakhirnya injeksi bahan bakar kedalam *cylinder* pada titik D. Sesudah titik D proses pembakaran bahan bakar masih berlanjut hingga titik E namun tekanan didalam *cylinder* mulai menurun. Hal ini karena pemuaian ruang didalam *cylinder* semakin cepat, sejalan dengan kecepatan piston bergerak menuju TMB untuk melakukan proses usaha. Apabila diperhatikan secara seksama, persiapan proses pembakaran pada motor diesel hanya diberikan waktu yang sangat singkat, yaitu mulai bahan bakar diinjeksikan dari titik A dan diharapkan mulai terbakar pada titik B. Periode ini diistilahkan sebagai periode *Ignition Delay*,

atau kelambatan penyalaan. Pada periode tersebut terjadi proses pencampuran udara dan bahan bakar yang akan ditentukan oleh dua kondisi yang diberikan yaitu proses penetrasi dan atomisasi. Penetrasi merupakan kemampuan butiran bahan bakar menembus udara bertekanan tinggi untuk menyebar keseluruh ruang pembakaran, dan penyebaran tersebut akan menentukan kondisi homogenitas campuran, sedangkan Atomisasi akan menentukan kecepatan bahan bakar menguap. Periode *ignition delay* ini akan menentukan kualitas yang terjadi pada titik B, yaitu apakah titik tersebut maju, atau mundur, atau mungkin justru tidak terjadi. Kualitas yang diharapkan terjadi titik B adalah hasil jarak yang pendek dengan titik A. Sebab bila titik B tersebut semakin mundur, maka pada motor diesel akan semakin besar terjadinya fenomena Detonasi.

Ignition delay merupakan proses untuk mempersiapkan reaksi antara bahan bakar dengan udara tersebut. Panjang dan pendeknya *Ignition Delay Periode* (IDP) akan seperti gambar berikut. *Ignition Delay* yang baik adalah yang pendek, hingga tidak perlu terjadi penumpukan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam *cylinder*. Semakin panjang *ignition delay* maka akan semakin terasa terjadinya detonasi didalam *cylinder*. Detonasi merupakan fenomena meningkatnya tekanan secara mendadak di dalam *cylinder*. Pada motor diesel tekanan mendadak akan terjadi saat terjadi pembakaran bahan bakar dalam jumlah yang banyak sekaligus.

Proses pembakaran motor induk terjadi dalam ruang bakar silinder motor dengan pengabutan sejumlah bahan bakar yang disemprotkan menentang udara bertemperatur tinggi. Pengabut bahan bakar dengan sempurna dimungkinkan oleh suatu "*Nozzle*". yang ditempatkan dengan moncongnya menghadap ke ruang bakar silinder motor. Udara bersuhu tinggi dihasilkan oleh gerakan piston dalam langkah pemampatan (kompresi) sehingga pada suatu batas tekanan tertentu, timbul pencetus pembakaran sendiri dan berlangsunglah pembakaran yang tiba-tiba (mendadak).

4. Perawatan

a. Definisi Perawatan

Menurut Supandi (2001:13) dalam bukunya Manajemen Perawatan Industri, perawatan adalah suatu usaha yang dilakukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya dan perawatan adalah suatu aktivitas untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

b. Perawatan Terencana (*Plan Maintenance*)

Menurut Jusak Johan Handoyo (2015:61) dalam bukunya yang berjudul Manajemen Perbaikan Dan Perawatan Kapal, perawatan berencana artinya kita sudah menentukan dan mempercayakan kepada seluruh Prosedur Perawatan yang dibuat oleh *maker* melalui *Manual Instruction Book*, untuk dilaksanakan dengan benar, tepat waktu dan berapapun biaya perawatan (*maintenance cost*) yang akan dikeluarkan tidak menjadi masalah, demi mempertahankan operasi kapal tetap lancartanpa pernah terlambat dan memperkecil atau mencegah kerusakan-kerusakan yang tetjadi.

Perawatan Berencana akan terlaksana dengan baik apabila dapat dipenuhi dengan benar dan rasa tanggungjawab oleh personel-personel yang terkait. Beberapa keuntungan-keuntungan Perawatan Berencana yang dilaksanakan dengan benar dan baik, antara lain:

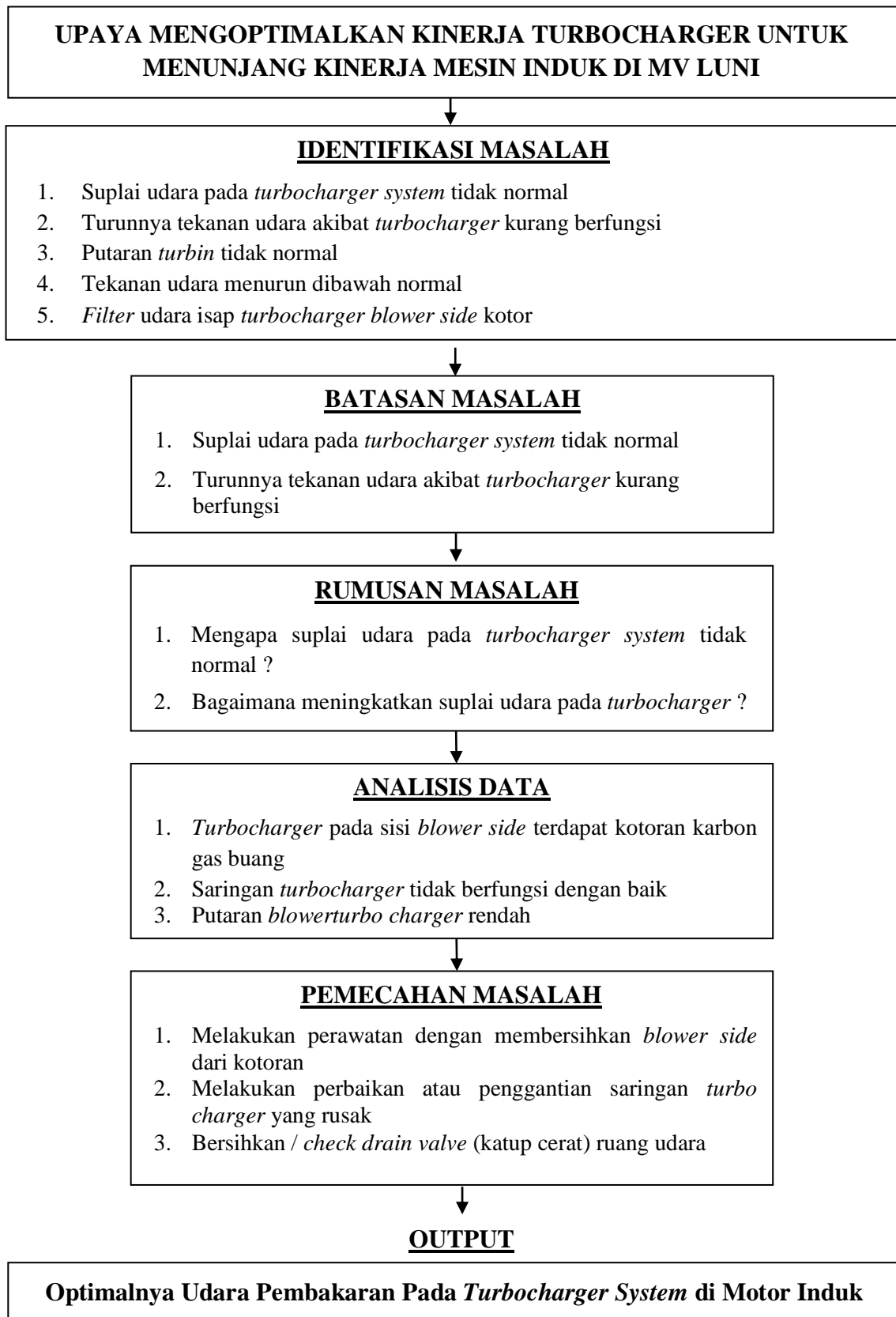
- 1) Memperpanjang waktu kerja unit pesawat atau mesin dan mempertahankan nilai penyusutan pada kapal.
- 2) Kondisi material pada pesawat atau mesin dapat dipantau setiap saat oleh pengawas di darat, hanya dengan melihat pelaporan administrasi perawatan.

- 3) Dengan tersedianya suku cadang yang cukup, maka pada saat ada perawatan dan perbaikan tidak kehilangan waktu operasi.
- 4) Operasi kapal lancar dengan memberikan rasa aman dan tenang kepada semua personil kapal dan manajemen darat bahwa semua permesinan bekerja secara optimal, normal dan terkontrol dengan benar.
- 5) Walaupun biaya perawatan sangat besar, namun semuanya dapat diperhitungkan sesuai anggaran biaya perawatan dan diperkirakan paling sedikit ada penghematan biaya sebesar 20%.

Perawatan Berencana adalah suatu Perawatan yang direncanakan sebelumnya berdasarkan *Manual Instruction Book* dari setiap mesin atau pesawat. Perawatan yang sudah mempersiapkan suku cadang, sehingga kerusakan dapat secepatnya diperbaiki dan mencegah terganggunya operasi kapal. Sistem Perawatan Berencana atau yang lebih populer disebut *PMS*, sebenarnya sudah ada sejak adanya perkembangan munculnya kapal-kapal samudra yang harus mengarungi lautan luas sampai berhari-hari, sehingga dirasa perlu melakukan system perawatan yang berencana. Dengan melaksanakan system perawatan dan perbaikan permesinan sesuai *Manual Instruction Procedure* yang diterbitkan oleh pabriknya, yaitu sesuai *running hours*, walaupun kondisi mesin atau pesawat saat itu masih berjalan dengan baik dan normal, namun waktunya sudah mencapai jadwal perawatan.

Perawatan dan perbaikan dengan mengacu pada *running hours* memang diperlukan kondisi suku cadang yang cukup atau kondisi *Minimal Stock Level* benar-benar sudah disiapkan.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Fakta yang penulis temui selama bekerja di atas MV LUNI sebagai *Second Engineer* diantaranya yaitu :

1. Suplai Udara Pada *Turbocharger System* Tidak Normal

Mesin induk dibuat sedemikian rupa, sehingga dapat bekerja baik dan efisien. Di MV LUNI sering ditemui bahwa mesin induk mengalami terganggu. Gangguan tersebut bisa disebabkan oleh berbagai hal yang antara lain *turbocharger* kotor pada *moving blade* oleh karbon gas buang yang menempel, bahan bakar telah tercampur air atau *Intercooler* yang sudah terlalu kotor Sehingga tidak bisa menghasilkan udara bersih untuk pembakaran dan tekanan yang rendah. Disini dapat menunjukan bahwa dalam sistem perawatan terhadap mesin induk tidak berjalan dengan baik.

Sistem perawatan berencana terdiri dari banyak elemen seperti rencana kerja, kontrol persediaan, informasi dan instruksi. Tujuan dari perawatan dan pemeliharaan mesin induk dan pesawat penunjang lainnya adalah untuk meningkatkan efisiensi mesin induk pada saat operasi normal. Dari kondisi yang berhasil dihimpun berdasarkan fakta-fakta yang pernah dialami selama bekerja di atas MV LUNI diantaranya adalah kondisi dari mesin induk yang tidak dapat bekerja secara efektif dan efisien yang salah satu penyebabnya adalah akibat beberapa pesawat penunjang mesin induk seperti *Intercooler* yang sudah melebihi jam kerja untuk perawatannya sesuai dengan yang sudah diatur dalam buku instruksi manual yaitu 4000 jam.

Dalam keadaan normal pada saat kapal berjalan dengan kecepatan penuh, tekanan udara setelah *Intercooler* pada manometer tercatat 1,5 – 2,0 bar. Akan tetapi sekarang ini pada kondisi mesin induk yang sama tekanan udara setelah *Intercooler* hanya 0,7–1,0 bar. Pada akhirnya kondisi inilah yang menyebabkan daya mesin induk menurun.

2. Turunnya Tekanan Udara Akibat *Turbocharger* Kurang Berfungsi

Di kamar mesin MV LUNI dilengkapi dengan *Engine Control Room* yang berfungsi sebagai tempat penjagaan anak buah kapal mesin pada saat kapal sedang berlayar. Begitu juga merupakan tempat memonitor semua pesawat yang ada di kamar mesin. Pada waktu kapal berlayar dengan muatan penuh, dengan putaran mesin yang sama, suhu gas buang sudah mencapai antara 400°C hingga 420°C.

Keadaan suhu gas buang tersebut sudah melewati batas maksimal yang diizinkan, dimana batas maksimal suhu gas buang adalah 390°C. Keadaan seperti ini tidak boleh dibiarkan secara berterusan. Karena akibatnya akan menimbulkan masalah lain yang lebih besar pada bagian mesin induk lain. Setelah mengetahui keadaan ini, kepala kamar mesin selalu menurunkan putaran mesin induk sehingga suhu gas buang pun turun menjadi 390°C kemudian melaporkannya kepada Nahkoda.

Hasil pengecekan turbocharger dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 Hasil Pengecekan *Turbocharger*

<i>Description</i>	Unit	M/E P	M/E S	<i>Remark</i>
<i>Engine Speed</i>	Rpm	1500	1500	
<i>Turbocharger</i>	Rpm	11500	16000	<i>Abnormal M.E P</i> (Normalnya 15000 rpm sampai 18000 rpm)
<i>Charge Air Pressure</i>	Bar	0,75	1,6	<i>Press air M.E P abnormal</i>
<i>Charge Air Bef.Cooler</i>	°C	85	38	<i>Temp air M.E P abnormal</i>
<i>Charge Air Aft.Cooler</i>	°C	90	40	

<i>Exh.Temp.After T/C</i>	°C	470	350	<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	3,7	3,9	
<i>L.O Temperature</i>	°C	70	70	
<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>	KW	824	824	
<i>Engine Load in ±</i>	%	80	80	

B. ANALISIS DATA

Dari kondisi dan fakta kejadian yang dikemukakan dalam deskripsi data tersebut di atas dan batasan masalah yang diambil yaitu suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal / terlalu banyak kotoran, maka dapat diketahui beberapa penyebab timbulnya permasalahan tersebut, yaitu sebagai berikut :

1. Suplai Udara Pada *Turbocharger System* Tidak Normal

Pada umumnya mesin induk di kapal saat ini menggunakan mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger*. Dimana *turbocharger* ini dipasang, salah satu gunanya adalah untuk mengurangi kerugian gas pembuangan. *Turbocharger* ini bekerja dengan adanya tekanan dari gas buang sewaktu mesin induk sedang berjalan akan membuat *blower side* berputar karena *blower side* terletak seporos dengan *side* maka *blower* pun ikut berputar. Pada saat kapal berlayar dengan muatan dan beban penuh pada putaran mesin 185 rpm, putaran *Turbocharger* tercatat pada *tachometer* sebesar 15.000 rpm sampai 18.000 rpm.

Gas buang yang keluar dari masing-masing silinder sesuai dengan *firing order* ini memutar sudu *blower side* yang pada saat bersamaan memutar *blower* untuk memompakan udara bersih kedalam silinder. Apabila ada salah satu silinder atau lebih yang pembakarannya tidak sempurna, maka akan mengakibatkan tekanan gas buang tidak rata.

Akibatnya putaran *Turbocharger* juga tidak stabil, hal ini dapat dilihat pada *Tachometer Turbocharger* yang hanya menunjukkan pada angka 10.000 *rpm*, seharusnya untuk putaran mesin 185 *rpm*, dimana putaran *turbocharger* sekitar 15000 *rpm* sampai 18000 *rpm*, serta sering menimbulkan suara *Surging* pada sisi *blower Turbocharger* mesin induk. Hal ini kemungkinan bisa disebabkan dari keadaan sudu–sudu daripada *blower side* sudah mulai tebal dengan karbon yang menempel. Dengan adanya masalah tersebut akan berpengaruh pada kurangnya pengisapan udara dan pasokan udara bersih ke dalam silinder oleh *blower turbo*.

Kebocoran pada gas buang disebabkan terjadinya suhu *ekstrem* pada *exhaust manifold* gas buang. Sedangkan sambungan *flexible expansion joint* yang berfungsi untuk meredam pemuaian pipa tersebut dari bahan yang tipis. Jadi kalau sering terjadi pemuaian yang *ekstrem* maka sambungan pipa tersebut yang akan pecah lebih dahulu. Apabila gas buang yang bocor ini ikut terisap oleh *blower turbocharger*, maka udara yang mengandung jelaga ataupun kotoran minyak akan masuk ke dalam *Intercooler* yang lama–kelamaan dapat menyebabkan sisi udara *Intercooler* buntu. Ini akan mengakibatkan pasokan udara yang melewati *Intercooler* terganggu yang selanjutnya berpengaruh pada kinerja mesin induk. Sebelum kebocoran gas buang tersebut diatasi diatasi, maka *Intercooler* sisi udara akan tetap kotor bahkan bisa makin parah atau buntu sama sekali.

Akibat dari udara yang dihasilkan oleh *turbocharger* berkurang serta kurang lancar, sehingga udara yang masuk didalam silinder menjadi berkurang / menurun disamping karena kerja *turbocharger* tidak stabil juga dikarenakan *blower* casing sudah kotor sehingga rotor berputarnya berat/ tersendat-sendat dan terjadi surging pada *blower side*.

Pemeliharaan (*maintenance*) adalah faktor terpenting dalam pengoperasian kapal, terutama pemeliharaan *turbocharger* dan mesin induk sebagai penggerak kapal. Untuk pemeliharaan tersebut perlu dibutuhkan seorang Masinis yang handal dan mampu untuk melaksanakan serta memiliki motivasi yang tinggi dalam melaksanakan kerja sesuai planing dan tujuan yang diharapkan. Dalam *Planned Maintenance System* (PMS) di kapal dibuat oleh *Chief Engineer* dibantu Perwira Mesin yang mengacu pada *instruction*

manual book yang dikeluarkan *maker*. PMS ini setelah selesai dibuat ditandatangani oleh Nakhoda selanjutnya dikirim ke kantor pusat. Di kantor pusat setelah dapat persetujuan dari manajer teknik dan ditandatangani, dikembalikan lagi ke kapal untuk dilaksanakan PMS tersebut.

Di kapal dalam pelaksanaannya sering tidak sesuai dengan jadwal pemeliharaan yang telah ditetapkan, oleh karena terkendala ketatnya jadwal pengoperasian kapal sehingga dalam pemeliharaan *turbocharger* disini tidak mengacu pada jadwal pemeliharaan yang telah ditentukan.

Kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh putaran lebih dianggap hal umum, dan sering kali berasal dari adanya kebakaran di dalam lorong udara atau dari beban mesin yang melebihi batas saat kapal berlayar di cuaca buruk *over speed* dapat mengarah lebih jauh ke kerusakan mekanik seperti kerusakan pada bantalan pendukung (*bearing failure*) atau kerusakan pada sudu-sudu turbin (*turbine wheels*). Oleh karena *ballbearing turbocharger* dan *nozzle ring* ini berada pada bagian dalam dari *turbocharger*, maka harus diadakan pemeriksaan *ballbearing* dan bila ternyata terjadi kerusakan *ballbearing* harus diganti serta membersihkan atau mengeluarkan karbon-karbon atau jelaga-jelaga yang sudah menjadi kerak yang menempel pada sudu-sudu *nozzle ring*, maka *turbocharger* dibuka secara menyeluruh, hingga kebagian *nozzle ring*-nya.

Jelaga-jelaga atau kerak-kerak yang melekat atau menempel di sudu-sudu *nozzle ring* ini dapat dikeluarkan atau dibersihkan dengan mudah. Untuk perawatan secara menyeluruh atau *overhaul*, biasanya pihak perusahaan mendatangkan teknisi yang special dan khusus yang berpengalaman di bidang *turbocharger*. Di dalam *overhaul* ini bukan hanya sudu-sudu *nozzle ring* saja yang diperbaiki, akan tetapi menyangkut semua bagian-bagian lainnya, termasuk penggantian *ballbearing* bila ternyata sudah rusak. Sangat sulit bagi masinis untuk mengukur *clearance* dari bearing pada saat *turbocharger* pada keadaan terpasang. *Clearance bearing* hanya bisa diukur pada saat pemasangan (*overhaul*) dengan menggunakan alat ukur (*clock meter*) dengan ukuran normal *axial* maksimum 0.16 mm dan ukuran normal radial maksimum 0.99 mm. Setelah dilakukan pengukuran di dapat ukuran *axial* sebesar 0,19

mm dan ukuran *radial* sebesar 1,2 mm maka *clearance bearing* tersebut melebihi normal maka perlu dilakukan penggantian dengan *bearing* yang baru.

Pengukuran-pengukuran dari *clearance-clearance*, sehingga diharapkan *turbo chager* bisa bekerja dengan normal dan dapat menghasilkan udara yang bertekanan yang cukup dalam proses pembakaran yang sempurna. Selain dari penggantian suku cadang, dapat pula dilaksanakan dengan pembersihan pada *sudu-sudu turbin side*. Adapun tujuan pembersihan ini adalah untuk membersihkan *blade turbin side* gas buang dari kotoran-kotoran jelaga yang menempel supaya gas buang keluar lewat *nozzle* untuk memutar *sudu-sudu turbin* gas buang lancar dan rutin dapat berputar dengan baik, sehingga dapat menghasilkan udara cukup untuk pembakaran.

Pada saat mesin beroperasi dapat juga dilakukan pembersihan pada *sudu-sudu turbin* dengan cara *menginjection pressure* air panas ke *turbin side*, putaran dari mesin induk harus di turunkan hingga putaran 170 rpm atau pada kecepatan maju pelan. Ini dimaksud agar suhu dari gas buang mengalami penurunan, sehingga temperatur pada bagian atau bahan *turbo* ikut turun hingga mendapatkan selisih *temperature* dengan air panas yang tidak terlalu tinggi. Setelah *temperature* dari *turbocharger* sudah turun, katup cerat di bagian bawah *turbocharger* dibuka, yang kemudian diikuti dengan katup air panas, sampai air panas keluar dari pipa cerat. Proses pembersihan ini bisa dilakukan selama 20 menit, dan bisa diulangi kembali sampai jelaga-jelaga atau kerak-kerak terkikis dari *sudu-sudu nozzle ring*, atau sampai *turbocharger* tidak terjadi *surging*.

Dan ikuti instruksi-instruksi dalam hal perawatan dan pengoperasian dari pabrik pembuatannya, antara lain : prosedur pembersihan *sudu-sudu turbin* dengan penyemprotan air panas $\pm 60^{\circ}\text{C}$ kedalam rumah *turbine*, ketika kapal mesin utama bekerja dengan putaran *slow* untuk membersihkan permukaan *sudu-sudu turbocharger*.

2. Turunnya Tekanan Udara Akibat Turbocharger Kurang Berfungsi

- a. Udara luar dihisap kemudian dipompa masuk ke dalam silinder dilakukan oleh turbo bagian sisi *blower*.

Kerangka dari sisi *blower* dilengkapi dengan saringan udara (*air filter*) masuk. Selain itu, sisi *blower* juga dilengkapi dengan *splitter* yang berfungsi sebagai jalur aliran udara dan untuk mengurangi terjadinya kehilangan udara yang disebabkan oleh perubahan arah aliran itu sendiri. Apabila saringan udara sudah kotor maka akan mempengaruhi produksi udara yang masuk ke dalam silinder. Untuk menghindari hal seperti ini maka saringan udara harus dibersihkan atau dicuci secara berkala, menggunakan bahan kimia khusus pembersih saringan.

Udara bersih sangat penting dalam meningkatkan kelancaran pengoperasian *turbocharger* karena udara yang tidak bersih dari luar akan mempengaruhi daya mesin induk. Sebaliknya udara yang bercampur debu-debu dan partikel-partikel kecil lainnya akan mengganggu pengoperasian *turbocharger*. Walaupun kecil, tetapi kalau tidak mendapatkan perhatian maka debu-debu ini akan bertambah banyak dan pada akhirnya akan menyebabkan kerja *turbocharger* terganggu.

Mengingat kondisi di lingkungan sekitar sangat kotor, maka udara yang masuk ke kamar mesin menjadi terpolusi. Udara yang kotor tersebut akan terhisap langsung oleh saringan udara *turbocharger*. Ini terjadi karena udara tersebut mengandung banyak debu-debu dan partikel kecil.

Berdasarkan *instruction book manual* temperatur udara masuk silinder idealnya adalah 37–47°C tetapi penulis pernah mengalami temperaturnya naik sampai 70°C yang pada akhirnya mengakibatkan temperatur gas buang pada tiap-tiap silinder juga naik. Bilamana udara pembakaran masuk silinder tidak memadai dengan volume udara yang dihasilkan oleh *Turbocharger* mengakibatkan udara yang masuk ke dalam silinder berkurang. Disamping itu putaran *turbocharger* tidak stabil karena sudu–sudu *blower turbo* sudah kotor oleh jelaga sehingga rotor berputar berat atau tersendat–sendat dan menimbulkan *surgings*. Yang dimaksud “*surgings*” pada *turbocharger* adalah suatu keadaan dimana secara tiba–tiba aliran udara pembilas ke mesin menjadi tersendat–sendat.

Kondisi ini biasanya disertai dengan bunyi suara yang tidak biasanya. Pemasukan udara yang tersendat ini adalah akibat dari aliran udara

membalik sehingga menyebabkan gelombang balik kesisi isap *blower*, aliran udara yang membalik tersebut disebabkan oleh jatuhnya tekanan udara pada sisi tekan, sehingga tidak mampu mendorong udara keluar dari *blower*, penyebab dari *surging* umumnya sebagai berikut:

- 1) Tidak adanya keseimbangan antara udara yang dibutuhkan dengan udara yang disuplai ke dalam silinder. Pengisian tekan (*supercharging*) menyebabkan keterlambatan pembakaran (*Ignition Delay*).
 - 2) Putaran *blower side* yang kurang mencukupi.
 - 3) Pada waktu baling–baling terangkat di permukaan air, putaran mesin meningkat.
- b. Pada motor diesel tanpa *turbocharger*, berat *volume* udara sangat tergantung pada kondisi udara *atmosfer* di hisap.

Bila tekanan udara lebih tinggi dan temperatur yang lebih rendah, berat udara yang dihisap akan bertambah. Sebaliknya bila tekanan udara lebih rendah dan temperatur yang lebih tinggi, berat udara yang dihisap akan berkurang, jika kita bandingkan dengan daya motor maksimum yang dihasilkan, dengan faktor kelebihan udara yang sama, ternyata bahwa dengan tekanan udara yang lebih tinggi dan temperatur yang lebih rendah dapat diperoleh daya motor yang lebih besar.

Demikian juga dalam keadaan dimana jumlah maksimum bahan bakar yang disemprotkan adalah konstan, meskipun faktor kelebihan udara tidak konstan, tekanan udara yang lebih tinggi dan temperatur yang lebih rendah akan menghasilkan daya motor yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena tekanan yang lebih rendah dan temperatur yang lebih tinggi akan menyebabkan berkurangnya jumlah udara yang dimasukkan sehingga faktor kelebihan udara menjadi lebih menurun, dengan demikian efisien termal dan daya motor yang dihasilkan akan menurun, sementara itu gas buang berasap lebih tebal.

Hal ini terjadi akibat pembakaran yang tidak sempurna, karena tidak ada keseimbangan antara bahan bakar dan udara sehingga gas buang dari hasil

pembakaran tidak dapat menggerakkan *blower* secara optimal. Udara yang dihisap oleh *blower* atau *compresor* tidak selamanya bersih, akan tetapi sering tercampur dengan kotoran-kotoran debu, minyak-minyak yang ada disekitar *blower side*, serta karbon karbon yang di hasilkan oleh pembakaran yang keluar lewat cerobong, dihisap oleh *blower* kamar mesin, dimana salah satu saluran udara dari *blower* diarahkan ke *blower side*.

C. PEMECAHAN MASALAH

1. Alternatif Pemecahan Masalah

Suplai Udara Pada *Turbocharger System* Tidak Normal

Alternatif pemecahan masalahnya yaitu :

1) Memaksimalkan Perawatan Terhadap *Turbocharger*

Tehnik perawatan pada *turbocharger* biasanya dilakukan pada saat mesin induk dalam keadaan tidak beroperasi. Adapun perawatan yang dilakukan terhadap *turbocharger* sebagai berikut :

a) Perawatan pada saringan udara (*filter silencer*)

Saringan udara pada *blower turbocharger* berfungsi untuk menyaring udara yang bercampur dengan kotoran seperti debu, uap minyak dan partikel-partikel kecil. Langkah pembersihan dapat dilakukan dengan pencucian menggunakan cairan *chemical multi cleaner*. Cara tersebut dapat membersihkan kotoran yang menempel pada kawat. Untuk bagian gabus tipis dianjurkan mengganti dengan saringan baru, mengingat nilai ekonomis dari saringan relatif murah.

b) Perawatan pada sudu-udu *turbine*.

Untuk perawatan ini, posisi mesin induk dalam keadaan beroperasi dan putaran mesin dalam keadaan maksimal, sekitar 75% dari ketentuan yang tertera dari *intruction manual book* mesin di atas kapal.

Sudu-sudu turbin merupakan bagian dari salah satu komponen *turbocharger* yang mempengaruhi putaran dari *turbocharger*. Dari komponen bagian sudu turbin bentuk *blade* dan panjang kisar *blade* harus benar-benar baik kondisinya. Karena sudu langsung digerakan oleh aliran kecepatan di gas buang. Oleh karena itu, hal-hal yang berhubungan dengan kecepatan aliran gas buang harus benar-benar diperhatikan dan di jaga guna menghindari kerusakan turbin *blade*.

Kerusakan turbin *blade* disebabkan karena rusaknya *filter receiver* yang terletak sebelum masuk *turbine side* sehingga kotoran - kotoran yang berada di dalam ruang tabung *receiver manifold* gas buang langsung mengenai *turbine blade* sehingga *turbine blade* rusak.

c) Perawatan *Flexible join*

Untuk merawat pada bagian ini dilakukan dengan selalu menjaga isolasi tetap baik dan harus menjaga baut dan sambungan tetap terikat kencang, jangan sampai ada kelonggaran dari ikatan baut sebab akan memberikan kesempatan lebih bebas dari getaran. Akibat pengaruh getaran mesin atau kapal dan kemungkinan kebocoran gas buang keluar akibat rusaknya *flexible joint* karena getaran yang berlebih. Selalu *maintenance* minimal *spare part* tetap tersedia dan siap digunakan pada saat diperlukan.

Apabila terdeteksi adanya kebocoran gas buang segeralah melakukan pengecekan dari mana sumber kebocoran. Apabila diketahui dari *flexible join* bocor atau pecah segeralah lakukan penggantian dengan suku cadang yang sudah siap sehingga permasalahan dapat segera diatasi dan efek dari kebocoran gas buang terhadap keadaan di kamar mesin bias dihindarkan.

Dalam hal permasalahan kebocoran baik pada sambungan *plans* dan pada *flexible joint* yang bocor hanya saja pada waktu itu tiak mencukupi untuk sementara mengatur waktu yang aman maka

hanya dilakukan dengan dibalut oleh semen lalu dibalut oleh asbestos supaya gas buang tidak bocor untuk beberapa waktu sehingga siap waktu untuk diganti dengan *spare part* yang tersedia. Selama perjalanan maka lakukan persiapan-persiapan bahan dan kunci-kunci yang diperlukan. Sehingga akan lebih cepat dan lancar saat proses penggantian. Pada saat pelaksanaan mengganti atau memasang *flexible joint* haruslah diperhatikan arah nya jangan sampai terbalik harus searah dengan aliran gas buang, sehingga umur *flexible joint* tersebut tidak cepat rusak.

Hal-hal yang perlu diperhatikan agar *flexible joint* tidak cepat rusak diantaranya adalah:

- (1) Jaga jangan sampai terjadi adanya *pressure* yang berlebih atau *back pressure* akibat gas buang tidak lancar keluar cerobong akibat tertahan oleh sudu pancar yang menyempit akibat kotoran yang menempel.
 - (2) Jagalah temperatur gas buang yang *over heat*.
 - (3) Hindarkan dan *maintenance* jangan sampai adanya getaran yang berlebihan.
 - (4) Jagalah dari terjadinya *over speed engine*.
- d) Perawatan berdasarkan *running hours (overhaul)*

Pelaksanaan *overhaul* dalam perawatan *turbocharger* sangat perlu dilaksanakan guna mendapatkan *performance turbocharger* yang maksimal, *overhaul* dilakukan menurut jam kerja berdasarkan *Intruccion Manual Book* di atas kapal dari *maker*. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga dari kerusakan dan keausan serta kebocoran minyak pelumas dari *labirinth seal* yang dapat membawa dampak buruk terhadap *performance* mesin induk dan *turbocharger* itu sendiri.

2) Melakukan *Overhaul / Cleaning* Pada *Turbocharger*

Turbocharger memiliki perawatan sendiri yaitu perawatan periodik antara lain:

- a) Pengecekan minyak lumas yang dipergunakan harus sesuai untuk bantalan dan harus diganti selama waktu tertentu yaitu 120 jam.
- b) Setelah 100 jam operasi check baut dan kur yang kendur.
- c) Setelah 250 jam pembersihan filter.
- d) Setelah 500 jam operasi bersihkan kompressor turbocharger, atau setiap terjadi penurunan tekanan 10% pada beban yang sama, contoh tekanan yang dihasilkan turbocharger $0,80 \text{ kg/cm}^2$ pada beban yang sama terjadi penurunan menjadi $0,72 \text{ kg/cm}^2$ maka waktunya untuk pembersihan kompressor. Pembersihan dapat dilakukan dengan cara:
 - (1) Pembersihan secara periodik yaitu pada saat pembongkaran/*overhaul* turbocharger untuk pembersihan, pembersihan dapat menggunakan minyak tanah, kerosin, atau minyak lumas untuk menghindari bahaya. Air tidak efektif untuk membersihkan kompressor.
 - (2) Pembersihan saat ada beban yaitu pembersihan kompressor ketika mesin dipanaskan atau kurang lebih $\frac{3}{4}$ dari beban penuh. Jika hal itu tidak dapat dilakukan, pembersihan kompressor ketika mesin beroperasi pada beban penuh.
- e) Setiap 4000 jam kerja bersihkan elemen filter udara, pembersihan dapat dilakukan dengan cara menyemprot menggunakan udara tekan, jika kotoran terlalu tebal dan lengket bersihkan dengan kerosin dan sebelum dipasang kembali.
- f) Setiap 8000 jam atau 1 tahun lakukan pembersihan Bagian-bagian kompressor. (impeller, diffuser, exhaust manifold, dll) .
- g) Setiap 16000 jam operasi atau 2 tahun lepaskan semua bagian, bersihkan data check turbocharger, ganti spare part jika perlu, ganti oring dengan yang baru.

- h) Setiap 32000 jam atau 4 tahun turbocharger harus di balance dan pengecekan impeller, turbin rotor dan bagian penting lain yang diperlukan, dengan menghubungi pusat service-nya.
- i) Hal penting pada perawatan dan pengawas turbocharger yaitu pada penggantian bantalan poros tiap 16000 jam:
 - (1) Cabut hanya kompressor dan *turbin casing* aja.
 - (2) Pasang *dial gauge spindel* pada jari-jari baut poros pada rotor shaf impeller dan atur posisi dial gauge. Kemudian gerakan rotor shaft naik turun menggunakan tangan kemudian liat posisi jarum kemudian catat dan bandingkan dengan toleransi yang diijinkan yaitu 0,92.
 - (3) Jika toleransi yang ditunjukan melebihi batas yang diijinkan segera lakukan penggantian bantalan porosnya (*bearing*).

b. Turunnya Tekanan Udara Akibat *Turbocharger* Kurang Berfungsi

Penyebab menurunnya tekanan udara adalah saringan udara pada *turbocharger* kotor. Oleh sebab itu, pembersihan terhadap saringan udara tersebut harus dilakukan sesering mungkin, karena mengingat *turbocharger* sangat penting agar jumlah udara yang dihisap dan dimanfaatkan oleh *blower side* dalam kapasitas yang cukup besar dan memiliki kecepatan maksimal dalam kebutuhan proses pembilasan dan proses pembakaran pada silinder mesin induk.

Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu :

1) Membersihkan *blower side*

- a) Mencuci dengan *chemical*

Proses pembersihan saringan udara dengan cara mencuci menggunakan *chemical* yaitu :

- (1) Lepas saringan udara dari *housing*

- (2) Masukkan saringan udara ke dalam wadah berisi *chemical* sekitar 3-5 jam
 - (3) Keluarkan dari wadah lalu cuci saringan udara menggunakan air deterjen
 - (4) Setelah bersih lalu keringkan saringan udara
- b) Menyemprot dengan angin

Proses membersihkan saringan udara pada *turbocharger* dengan angin adalah sebagai berikut :

- (1) Lepas saringan udara dari *housing*.
- (2) Semprot dengan udara bertekanan 3 – 7 kg/cm² dari bagian dalam dengan jarak dekat.
- (3) Kemudian semprot dari luar untuk membersihkan debu yang menempel pada dinding saringan udara sebelah luar dengan jarak 20–30 cm.
- (4) Semprot kembali dari sebelah dalam.

Pembersihan ini bertujuan agar saringan *turbocharger* hanya menghisap udara dengan baik tanpa adanya kotoran yang menyumbat kisi-kisi saringan pada *turbocharger*. Pemeliharaan (*maintenance*) adalah faktor terpenting dalam pengoperasian kapal, terutama pemeliharaan *turbocharger* sehingga asupan dan kecepatannya udara tetap terjaga.

2) Membersihkan ruang udara

Karena banyaknya karbon (sisa pembakaran) yang bercampur dengan sisa oli dalam ruang udara, ruang ini minimal sekali sebulan dibersihkan dengan memakai minyak tanah, sebab bila hal ini lambat dilakukan, kotoran-kotoran ini akan membentuk endapan-endapan yang berupa lumpur yang setiap saat dapat terbakar dan juga sangat mengganggu aliran udara dan proses pembakaran dalam *cylinder*.

Hal ini perlu dilakukan sebab sesuai dengan pengalaman penulis, katub ini sering tersumbat oleh kotoran - kotoran yang berupa lumpur,

dari sisa - sisa pembakaran yang bercampur dengan oli sehingga kotoran-kotoran yang lainnya tidak dapat mengalir keluar, katub ini pada saat berlayar dibuka $\frac{1}{4}$ putaran, dengan tujuan agar kotoran - kotoran dapat keluar dan udara tidak terlalu banyak keluar, tetapi pada saat dipelabuhan katub ini harus dibuka penuh agar kotoran - kotoran lebih mudah keluar.

3) Perbaikan *Exhaust Valve*

Beberapa kerusakan yang sering terjadi pada katup gas buang antara lain yaitu *seating*/kedudukan daun katup bergeser atau aus dan batang katup bengkok. Akibat dari kerusakan tersebut khususnya untuk *seating valve* kedudukan katup yang rusak akan sangat berpengaruh pada beberapa fungsi lain seperti terjadi kebocoran pada kompresi motor induk, mesin induk sulit di start, mesin induk *abnormal* dan penggunaan bahan bakar menjadi boros.

Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan penggantian dengan *exhaust valve* yang baru. Akan tetapi apabila tidak tersedia suku cadang yang baru di atas kapal maka dapat merekondisinya. Bila daun katup aus hanya sedikit maka perbaikan dapat dengan cara men-sekir lagi, namun apabila daun katup tersebut pecah maka untuk memperbaikinya harus dengan melakukan penggantian dengan yang baru. Dan setiap penggantian katup yang baru di-sekir lagi lebih dahulu, hal ini bertujuan supaya kedudukan daun katup dapat merapat dengan *seating* katup dari kepala selinder.

Selanjutnya, untuk menjaga kinerja katup gas buang maka perlu dilakukan perawatan secara berkala dan berkesinambungan. Adapun perawatan-perawatan yang dapat dilakukan terhadap katup gas buang diantaranya yaitu :

- a) Pemeriksaan kerak karbon, keadaan muka katup dan perubahan warna
- b) Periksa perubahan warna dan bentuk batang katup, keausan dan pelumasan

- c) Periksa kelonggaran dan keausan pemegang katup
- d) Periksa pegas katup terhadap kemungkinan patah, aus, korosi, kekuatannya
- e) Ukur diameter batang katup
- f) Lapping/skir katup pada dudukannya pada jam kerja yang telah ditentukan
- g) Penggantian katup jika muka katup sudah rusak
- h) Secara berkala adakan pengukuran dengan *feeler gauge* (*valve clearance*).

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Suplai Udara Pada *Turbocharger System* Tidak Normal

Evaluasi pemecahan masalahnya yaitu :

1) Memaksimalkan Perawatan Terhadap *Turbocharger*

Keuntungannya :

- a) Suplai udara pada *turbocharger* normal
- b) Proses pembakaran sempurna

Kerugiannya :

- a) Membutuhkan kedisiplinan Masinis yang bertanggung jawab dalam hal perawatan *turbocharger*
- b) Membutuhkan pemahaman tentang prosedur perawatan yang benar.

2) Melakukan *Overhaul / Cleaning* Pada *Turbocharger*

Keuntungannya :

- a) *Turbocharger* dapat berfungsi dengan baik
- b) Dapat diketahui kondisi dari semua komponen-komponen *turbocharger*

Kerugiannya :

- a) *Overhaul* membutuhkan waktu yang cukup lama
- b) Membutuhkan suku cadang untuk mengganti komponen-komponen yang rusak

b. Turunnya Tekanan Udara Akibat *Turbocharger* Kurang Berfungsi

Evaluasi pemecahan masalahnya yaitu :

1) Membersihkan *blower side*

Keuntungannya :

Blower side bersih dari kotoran sehingga dapat berfungsi dengan baik.

Kerugiannya :

Membutuhkan pemahaman dan ketelitian dalam pelaksanaannya.

2) Membersihkan ruang udara

Keuntungannya :

Dapat menunjang proses pembakaran yang sempurna

Kerugiannya :

Membutuhkan pemahaman dan ketelitian dalam pelaksanaannya.

3) Perbaiki *Exhaust Valve*

Keuntungannya :

a) *Exhaust valve* dapat berfungsi dengan baik

b) Tekanan udara normal

Kerugiannya :

a) Membutuhkan suku cadang baru atau layak pakai

b) Membutuhkan ketelitian dalam pelaksanaannya

3. Pemecahan Masalah yang Dipilih

a. Suplai Udara Pada *Turbocharger System* Tidak Normal

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah suplai udara pada *turbocharger system* yang tidak normal yaitu dengan cara memaksimalkan perawatan terhadap *turbocharger*.

b. Turunnya Tekanan Udara Akibat *Turbocharger* Kurang Berfungsi

Masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah turunnya tekanan udara yaitu dengan cara membersihkan *blower side* dan ruang udara secara berkala.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari uraian pembahasan pada bab-bab sebelumnya sebelumnya, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal disebabkan oleh :
 - a. Suplai udara tidak mencukupi disebabkan *turbocharger* mengalami gangguan dan saringan *turbocharger* tidak berfungsi dengan baik.
 - b. Temperatur udara tidak normal disebabkan kotoranya kisi-kisi *Intercooler* karena udara dari luar kotor dan kotoranya *Intercooler* pada sisi pendingin air.
2. Turunnya tekanan udara akibat *turbocharger* kurang berfungsi disebabkan oleh :
 - a. Kotoranya *blower side turbocharger* dan ruang udara dikarenakan perawatan yang tidak dilaksanakan sesuai dengan jadwal / *planned maintenance system* (PMS).
 - b. Kerusakan pada *exhaust valve* dikarenakan jam kerja dari *exhaust valve* yang sudah melewati batas maksimal.

B. SARAN

Berdasarkan uraian pembahasan pada Bab-bab sebelumnya mengenai perawatan sistem udara di MV LUNI, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

Untuk mengatasi masalah suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal / terlalu banyak kotoran, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut

- a. Hendaknya melakukan perawatan pada *turbocharger* dengan membersihkan *blower side*, sehingga *turbocharger* dapat berfungsi dengan baik.
 - b. Hendaknya melakukan perawatan dengan baik pada saringan *turbocharger*, sehingga udara dapat dihisap dengan baik dan udara yang masuk dalam keadaan bersih.
2. Untuk mengatasi masalah turunnya tekanan udara akibat *turbocharger* kurang berfungsi, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :
- a. Hendaknya melakukan perawatan dengan membersihkan *blower side* dan ruang udara secara berkala.
 - b. Hendaknya melaksanakan perawatan dan perbaikan pada *exhaust valve* secara berkala dan menggantinya sesuai jam kerja (*running hours*) dari *exhaust valve* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar. (2012). *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: Paramudya Paramita
- Daryanto. (2006). *Motor Diesel Kapal*. Jilid 1; Pusdiklat Perhubungan Laut Jakarta.
- Endrodi. (2000). *Motor Diesel Penggerak Utama*. Semarang: PIP Semarang
- Jusak Johan Handoyo. (2015). *Manajemen Perbaikan Dan Perawatan Kapal*. Jakarta: Djangkar
- Karyanto, E. (2000). *Panduan Reparasi Mesin Diesel, Dasar Operasi Service*. Jakarta: CV. Pedoman Ilmu Jaya
- Winardi. (2019). *Manajemen Perilaku Organisasi*. Jakarta: Penerbit Kencana
- Wiranto, Tsuda Koichi. (2001). *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Cetakan Sembilan, Jakarta : PT Pradya Paramitra
- Zainal Arifin, Sukoco. (2008). *Teknologi Motor Diesel*, Cetakan Pertama. Bandung : Alfabeta

CERTIFICATE OF VESSEL'S NATIONALITY

Cert.NO : 2018 - 27

Owners	Name (Company) : DONGHWA SEA SHIPPING CO., LTD.			
	Address. : 607, 38, Haegwanro, Jung-gu, Busan, Korea			
Official Number	JJR-141071	Gross Tonnage	24,549.00 Tons	
IMO Number	9070711	Total Capacity of Enclosed Spaces	82,298.635 Cubic meters	
Signal Letters	D8DA	Under the Upper Deck	74,275.783 Cubic meters	
Kind of Vessel	MOTOR VESSEL	Closed-in Spaces above the		
Name of Vessel	LUNI	Upper Deck	8,022.852 Cubic meters	
Port of Registry	JEJU	Forecastle	Cubic meters	
Material of Hull	STEEL	Bridge	Cubic meters	
Riggings(if a Sailing Vessel)		Poop	Cubic meters	
Type and Number of Engines	DIESEL 1	Deck House	4,452.020 Cubic meters	
Kind and Number of Propellers	SCREW 1	Other Spaces	3,570.832 Cubic meters	
where Built	JAPAN	Total Capacity of Exempted		
Name of Builders	OSHIMA SHIPBUILDING CO., LTD	Spaces	Cubic meters	
Date of Launch	11-04-1994	Forecastle	Cubic meters	
Main Dimensions	Length	177.67 meters	Bridge	Cubic meters
	Breadth	30.50 meters	Poop	Cubic meters
	Depth	15.80 meters	Deck House	Cubic meters
			Other Spaces	Cubic meters

It is hereby certified that the above described particulars are exact in all respect,
and the above mentioned vessel is of Korean Nationality

The 12th day of Feb. 2018

REPUBLIC OF KOREA

It is Hereby certified that the above is a true translation of "Certificate
of Vessel's Nationality" of the above mentioned vessel.

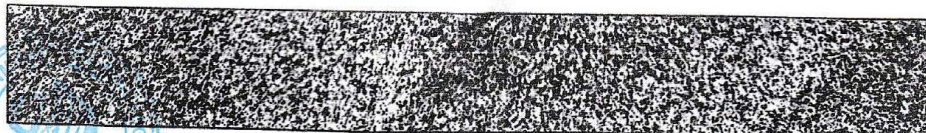


The 12th day of Feb. 2018

(Signature)

[Handwritten Signature]

Director General of BUSAN Regional Oceans & Fisheries Administration



DAFTAR ISTILAH

<i>Bearing</i>	: Bantalan yang berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya di dalam <i>casing</i> dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas.
<i>Back pressure</i>	: Suatu kejadian terjadinya tekanan balik pada <i>turbocharger</i> diakibatkan <i>intercooler</i> kotor atau sumbat oleh minyak berlumpur dan debu
<i>Bellow expansion joint</i>	: <i>Flange</i> sambungan saluran gas buang antara <i>exhaust valve</i> dengan <i>exhaust manifold</i>
<i>Blower</i>	: Bagian dari komponen <i>turbocharger</i> yang bersebelahan atau dipasang satu as dengan turbin, dan berfungsi menghasilkan udara bilas yang ditekan kedalam silinder mesin melalui <i>intercooler</i> .
<i>Bearing</i>	: Suatu elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara 2 (dua) atau lebih komponen agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan, seperti <i>bearing</i> dengan <i>shaft pompa</i>
<i>Charter party</i>	: Persetujuan kontrak kesepakatan antara penyewa dengan pemilik kapal
<i>Casing</i>	: Suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan. Pada ujung kesing terdapat ruang besar mengelilingi poros turbin dan diluar casing dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor <i>turbocharger</i>
<i>Constant pressure system</i>	: Suatu sistem gas buang mesin dimana tekanan gasnya konstan atau tetap sebelum masuk <i>turbocharger</i>
<i>Cylinder</i>	: Bagian dari komponen mesin tempat Bergeraknya torak naik turun untuk menghasilkan suatu usaha dan merupakan tempat berlangsungnya pembakaran
<i>Downtime</i>	: Kehilangan waktu operasional kapal karena kerusakan peralatan kapal
<i>Dead slow</i>	: Kecepatan kapal paling rendah, biasanya kecepatan kapal seperti ini saat kapal olah gerak
<i>Decision maker</i>	: Pengambilan suatu keputusan sebelum suatu tindakan dilakukan

<i>Exhaust Manifold</i>	: Saluran pipa gas buang tiap-tiap silinder dan diteruskan ke <i>turbocharger</i>
<i>Exhaust valve</i>	: Katup buang yang berfungsi untuk membuang sisa gas pembakaran dalam ruang bakar dan diteruskan ke saluran <i>exhaust manifold</i>
<i>Engine room blower vent</i>	: Suatu komponen yang berfungsi untuk mensuplai atau mengisap udara dari udara luar atau dari kamar mesin
<i>Extrapolation</i>	: Mengekstrapolasi kemampuan intelektual seseorang
<i>Fuel pump</i>	: Alat untuk memompa bahan bakar sebelum bahan bakar tersebut masuk pengabut
<i>Fresh water cooler</i>	: Suatu alat/media pendingin air tawar mesin
<i>Gross tonnage</i>	: Berat kapal yang terdiri dari berat geladak-geladak dan ambang palka
<i>Ignition Delay</i>	: Keterlambatan pembakaran didalam ruang pembakaran mesin.
<i>Impeller</i>	: Bagian dari suatu pompa dimana berfungsi untuk mengisap dan menekan air/benda cair lainnya
<i>Injector</i>	: Bagian dari komponen mesin yang berfungsi untuk pengabutan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran dalam ruang silinder.
<i>Intercooler</i>	: Suatu peralatan dengan bahan anti karat, dilengkapi dengan sirip-sirip campuran alumunium yang berfungsi untuk mendinginkan udara tekan dari <i>turbocharger</i> sebelum masuk ruang udara bilas dan ruang bakar.
<i>Interpretation</i>	: Mengenal sesuatu pembahasan serta memahaminya
<i>Intercooler cleaner</i>	: Suatu cairan <i>chemical</i> yang dianjurkan untuk membersihkan <i>intercooler</i>
<i>Lube oil</i>	: Bahan pelumas mesin yang berfungsi sebagai media pendingin, pelumas metal-metal bergesekan, pembersih kotoran dan sebagai media penyekat
<i>Lifetime</i>	: Memperpanjang waktu kerja dari suatu peralatan permesinan
<i>Lapping</i>	: Suatu pekerjaan menskir ulang katup gas buang karena katup tersebut sudah rusak atau aus
<i>Nozzle Ring</i>	: Bagian komponen dari <i>turbocharger</i> yang berbentuk saluran untuk mengatur kecepatan gas buang yang disalurkan untuk memutar <i>turbin blade</i> .

<i>Nozzle</i>	: Suatu komponen dalam sistem pengabut bahan bakar berupa katup atau <i>needle valve</i> yang berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar ke ruang bakar
<i>Maker</i>	: Pabrik pembuat mesin induk yang ada di atas kapal.
<i>Manual instruction</i>	: Buku petunjuk mengenai perawatan dan cara mengoperasikan mesin yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat
<i>Main engine</i>	: Suatu instalasi mesin yang terdiri dari berbagai unit/sistem pendukung dan berfungsi untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal, sehingga kapal dapat berjalan maju dan mundur
<i>Overhaul</i>	: Melakukan pengecekan secara menyeluruh, perbaikan atau mengganti komponen mesin jika ada yang rusak.
<i>Owner</i>	: Pemilik dari suatu kapal atau perusahaan
<i>Overheating</i>	: Suatu keadaan dimana suhu dari suatu mesin atau peralatan lainnya diatas suhu normal
<i>Piston</i>	: Bagian dari komponen mesin yang berfungsi untuk menghasilkan kompresi hingga terjadi ledakan atau usaha
<i>PMS (Planned Maintenance System)</i>	: Suatu sistem perencanaan pemeliharaan kapal yang berisi hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan dan pemeliharaan peralatan kapal.
<i>Pulse system</i>	: Suatu sistem gas buang mesin dimana tekanan gasnya secara denyut sebelum masuk <i>turbocharger</i>
<i>Rotor</i>	: Bagian yang berputar terdiri dari ppros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor. Jumlah baris sudu-sudu gerak pada rotor sama dengan jumlah baris sudu diam pada casing. Pasangan antara sudu diam dan sudu gerak disebut tingkat (Stage).
<i>Spindle</i>	: Tuas pada katup gas buang
<i>Surging</i>	: Terjadinya putaran tidak stabil pada rotor <i>turbocharger</i> akibat tekanan gas buang tidak rata ditandai dengan suara denyut bergemuruh atau suara hentakan.
<i>Spring</i>	: Pegas yang menerima tekanan dari tekanan pengabut bahan bakar
<i>Scavenging box</i>	: Ruang udara bilas tempat udara yang didinginkan oleh <i>intercooler</i> sebelum masuk ke ruang bakar silinder
<i>Turbine</i>	: Merupakan mesin turbo yang berfungsi mengubah energi potensial fluida (energi kinetik) menjadi energi mekanik

untuk menghasilkan kerja berupa putaran pada rotor.

- Turbocharger* : Suatu bagian dari komponen mesin untuk meningkatkan tenaga mesin dengan memanfaatkan tekanan dari gas buang, sehingga rotor blower berputar, mengisap dan menekan udara masuk ke ruang bakar
- Translation* : Menerjemahkan suatu pembahasan
- Undersize* : Suatu ukuran sebuah komponen dimana komponen tersebut ukurannya di bawah standar
- Workshop* : Bengkel darat yang mempunyai legalisasi untuk memperbaiki suatu peralatan atau material.



PENGAJUAN SINOPSIS MAKALAH

NAMA : SAHWI LAODE PANDIMA
NIS : 02071/T-I
BIDANG KEAHLIAN : TEKNIKA
PROGRAM DIKLAT : DIKLAT PELAUT- I

Mengajukan Sinopsis Makalah sebagai berikut

A. Judul

UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI MV LUNI

B. Masalah Pokok

1. Suplai udara pada *turbocharger system* tidak normal
2. Turunnya tekanan udara akibat *turbocharger* kurang berfungsi

C. Pendekatan Pemecahan Masalah

1. Melakukan perawatan berkala dengan membersihkan *blower side* dari kotoran dan penggantian saringan *turbocharger*
2. Melakukan perawatan dengan membersihkan / *check drain valve* (katup cerat) ruang udara

Dosen Pembimbing I

Menyetujui :

Dosen Pembimbing II

Jakarta, Januari 2024
Penulis

Drs. Ridwan Setiawan, M.Si., M.Mar.E

Pembina Utama (I/le)

NIP. 19570612 198203 1 002

Capt. Suhartini, MM., MMTr

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800307 200502 2 002

Sahwi Laode Pandima

NIS : 02071/T-I

Kepala Divisi Pengembangan Usaha

Capt. Suhartini, MM., MMTr

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800307 200502 2 002

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

Judul Makalah : UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA
TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA
MESIN INDUK DI MV LUNI

Dosen Pembimbing I : Drs. Ridwan Setiawan, M.SI., M.Mar.E

Bimbingan I :

No.	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Pembimbing
	12/1-2024	Judul	G
	15/1-2024	BAB I & II	G
	20/1-2024	BAB III	G
	24/1-2024	BAB III/IV	G
	27/1-2024	Finalisasi	G


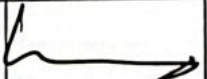



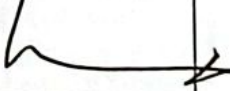
Catatan : Diperbaiki & ditandatangani
.....
.....

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

Judul Makalah : UPAYA MENGOPTIMALKAN KINERJA
TURBO CHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA
MESIN INDUK DI MV LUNI

Dosen Pembimbing II : Capt. Suhartini, MM.,MMTr

Bimbingan II :

No.	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Pembimbing
1.	12/1-2024	Pengajuan Sinopsis	
2.	15/1-2024	Pengajuan BAB I	
3.	20/1-2024	Pengajuan BAB II	
4.	24/1-2024	Pengajuan BAB III	
5.	27/1-2024	Pengajuan BAB IV	
6.	29/1-2024	Ace untuk di Sibangka	

Catatan :

.....

.....

NAME OF VESSEL (HULL NO.)	MV LUNI (10166)
OWNER	DONGHWA SEA SHIPPING CO., LTD.
REGISTRY / FLAG	JEJU / KOREA
NUMBER	JLR-141071
DESIGN	D8DA
CLASS NO.	KOREAN REGISTER OF SHIPPING / 9400008
	9070711
TYPE OF VESSEL	BULK CARRIER
DATE	21 JUN., 1994
SHIPYARD	OSHIMA SHIPBUILDING CO., LTD
GROSS TONNAGE	24,549 TON
DISPLACEMENT / LIGHT TONNAGE	14,453 TON / 7,371 TON
SUMMER DRAFT / TPC	43.108 TON / 11.241 M / 49.0 TON
LENGTH X BREADTH X DEPTH	184.99 M(176.80 M) X 30.50 M X 15.80 M
GEAR	CRANE: 4 SETS (ACTUAL SWL: 25 MT) DERRICK: NONE
HATCH	5 HOLDS / 5 HATCHES
COVER TYPE	END FOLDING TYPE WEATHER-TIGHT STEEL HATCH COVER
QUANTITY (UPPER DECK)	N/A
(2ND DECK)	N/A
HATCH SIZE	NO.1: 14.40 M X 15.30 M, NO.2: 19.20 M X 15.30 M NO.3: 19.20 M X 15.30 M, NO.4: 19.20 M X 15.30 M NO.5: 19.20 M X 15.30 M
HOLD SIZE	NO.1: 26.20 M X 24.00 M X 15.20 M, NO.2: 30.20 M X 30.00 M X 14.20 M NO.3: 26.50 M X 30.00 M X 14.20 M, NO.4: 30.20 M X 30.00 M X 14.20 M NO.5: 26.20 M X 29.20 M X 14.20 M
GRAIN CAPACITY	NO.1: 9,140 CBM, NO.2: 12,296 CBM NO.3: 10,772 CBM, NO.4: 12,250 CBM NO.5: 9,832 CBM
BALECAPACITY	NO.1: 8,962.0 CBM, NO.2: 12,058 CBM NO.3: 10,564 CBM, NO.4: 12,013 CBM NO.5: 9,643 CBM
KEEL TO MAST	46.00 M
WATER LINE TO MAST	FULL: 34.76 M / BALLAST: 38.5 M
TO H/COAMING	NO.1: 18.30M NO.2 - NO.5: 17.45M
LENGTH OF T.TOP	NO.1: 20.0T / NO.2 & 4: 16.5T / NO.3: 29.0T / NO.5: 21.0T
LENGTH OF UPPER DECK	NO.1: 2.43 T, NO.2-5: 3.4 T
LENGTH OF H.COVER	NO.1: 1.75 T, NO.2-5: 2.4 T
LENGTH OF 2ND DECK PONTOON	N/A
ACTUAL F.O. TANK CAPACITY	F.O 100% FULL: 1,695.3 CBM F.O 80%: 1,356.24 CBM D.O 100% FULL: 123.4 CBM D.O 80%: 98.72 CBM
ACTUAL F.O. CONSUMPTION	F.O (CARGO FULL): 22.0 MT/DAY F.O (BALLAST): 19.0 MT/DAY D.O IN PORT: 0.1 MT/DAY F.O IN PORT(CARGO WORK): 2.9 - 4.8 M/T / DAY
CAPACITY	23,945.3 CBM, 24,542 MT
CAPACITY / CONSTANT	311.2 CBM, 230 MT
MAIN ENGINE TYPE	DIESEL UNITED SULZER 6RTA52 M.C.O. : 10,400 PS x 117 RPM C.S.O. : 8,840 PS x 110.8 RPM
AUX' ENGINE TYPE	YANMAR M200L-EN 4 STROKE CYCLE SINGLE ACTING SOLID AND DIRECT INJECTION TURBO CHARGER INTER COOLER 3 SETS 750 ps x 720 r.p.m.
PRESENT SPEED	LOAD 11.0 KNOT, BALLAST 12.0 KNOT (ECO. SPD)
TEL / FAX	444001085 / +001-870-77390664 / +001-870-78320025
	www.luniship.com

선원명부 (Crew List)

□입항 (Arrival) □출항 (Departure)				작성일자:	페이지 Page No.
BUSAN, S KOREA					
(Name of ship): MV. LUNI			선박국적 (Nationality of ship): KOREAN		
성명 (Name) LAST / FIRST / MID	직명 (Ran)	생년월일 (Date of birth)	국적 (Nationality)	선원수첩번호 (Seaman's book No.) 여권번호 (Passport No.)	비고 (Remark) Passport Expire date
				승선일 / 승선지 (Date / Port of embarkation)	
KIM KYUNGHOON	CAPT	1959.12.03	KOREAN	JJ1119-00016 / M65758961 2022.10.13 / ULSAN	PPT EXP: 2029.12.20
LEE SANG HUN	C/O	1958.02.18	KOREAN	PH763-82260 / M73077436 2023.03.09 / DONGHAE	PPT EXP: 2031.03.09
NOEL CHUCK NERO RIGODON	2/O	1988.01.01	PHILIPPINES	BS216-04254 / P34166708 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2029.10.01
SENDY OCTAVIAN TO	3/O	1985.10.02	INDONESIAN	BS236-00314 / C7932201 2023.02.05 / DANGJIN	PPT EXP: 2026.05.13
JEONG JELYONG	C/E	1953.11.03	KOREAN	BS090-02725 / M349MB296 2023.03.29 / POHANG	PPT EXP: 2033.01.19
NAM HYUN UK	1/E	1972.12.25	KOREAN	BS014-00437 / MM22290150 2023.07.21 / BUSAN	PPT EXP: 2031.02.17
SAHWI LAODE PANDIMA	2/E	1991.08.29	INDONESIAN	BS224-04053 / C9659132 2022.12.02 / BUSAN	PPT EXP: 2027.06.23
GUNTUR INDI PRAKOSO	3/E	2000.01.02	INDONESIAN	BS239-02309 / C7308951 2023.06.28 / ULSAN	PPT EXP: 2025.08.14
TUBAC CELESTINO SAMONTE	BSN	1974.05.19	PHILIPPINES	BS230-02054 / P8712301A 2023.06.28 / ULSAN	PPT EXP: 2028.09.11
RADEN SENO SATRIO	AB-A	1971.03.01	INDONESIAN	BS220-01503 / C4969179 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2024.09.11
MARQUEZ ROLAND CAZENAS	AB-B	1967.03.28	PHILIPPINES	A0027248 / P6045552B 2023.03.09 / DONGHAE	PPT EXP: 2031.01.04
PAYAN PANDIANGAN	AB-C	1994.11.30	INDONESIAN	BS222-00499 / C8099175 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2026.08.05
DENY EGIANZHA	OS-A	1994.01.26	INDONESIAN	BS 220-02355 / C8425770 2022.09.26 / ULSAN	PPT EXP: 2026.12.21
SAFIUDDIN	OS-B	1990.08.11	INDONESIAN	BS215-02212 / C7932740 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2026.05.31
EJORCADAS NECITO CAPARRO	OLR#1	1970.11.08	PHILIPPINES	C1295020 / P7227200A 2023.03.09 / DONGHAE	PPT EXP: 2026.05.17
APRIHADI AHMAD	OLR-A	1988.04.10	INDONESIAN	BS220-01881 / C7573502 2023.06.28 / ULSAN	PPT EXP: 2025.12.02
ADHITIYA ISKANDAR	OLR-B	1978.06.06	INDONESIAN	BS212-01679 / C7385659 2023.03.09 / DONGHAE	PPT EXP: 2025.09.21
ALBY ELNAZ PRANANDA	OLR-C	1994.03.31	INDONESIAN	BS215-03332 / C7157867 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2025.11.12
KRISEDO ROLANSIUS	WPR	1997.10.10	INDONESIAN	BS235-02308 / E2533103 2023.06.28 / ULSAN	PPT EXP: 2033.02.03
FAHMI IDRIS	COX	1971.10.19	INDONESIAN	BS229-04388 / E0791812 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2032.12.05
TAUFIK RIADI	M/M	1983.05.02	INDONESIAN	BS225-04387 / C6975103 2023.01.12 / ANIN	PPT EXP: 2025.08.31

: 21 명
L : 21 CREW

서명 : 선장 또는 대리점
(Signature)

W. H. Kim
MASTER
LUNI

(0/2018.02.01.)

DONGHWA SEA SHIPPING CO., LTD.