

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN TURBOCHARGER UNTUK  
MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL  
TUG BOAT KIJANG MAS 6**

**Oleh :**

**INDRA MUKTI**  
**NIS. 01837/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I  
JAKARTA  
2022**

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI PERAWATAN TURBOCHARGER UNTUK  
MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL  
TUG BOAT KIJANG MAS 6**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan  
Untuk Penyelesaian Program Diklat Pelaut ATT-I**

**Oleh :**

**INDRA MUKTI**

**NIS. 01837/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I**

**JAKARTA**

**2022**

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



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : INDRA MUKTI  
NIS : 01837/T-I  
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN TURBOCHARGER  
UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI  
KAPAL TUG BOAT KIJANG MAS 6

Pembimbing I

**Mohamad Ridwan, S.S.I.T., M.M**

Penata (III/c)

NIP.19780707 200912 1 005

Jakarta, Juli 2022

Pembimbing II

**Effendi, S.T., MM.**

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19581010 198203 1 004

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknika

**Diah Zakiah, ST, MT**

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19790517 200604 2 015

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



**TANDA PENGESAHAN MAKALAH**

Nama : INDRA MUKTI  
NIS : 01837/T-I  
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN TURBOCHARGER  
UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI  
KAPAL TUG BOAT KIJANG MAS 6

Penguji I

P. Dwikora Simanjuntak, S.Si.T.,MM  
Pembina (IV/a)  
19640906 199903 1 001

Penguji II

Almanar K. Pasaribu, SH.,M.Eng.,MM  
Dosen STIP

Penguji III

M. Ridwan, S.Si.T., M.M  
Penata (III/c)  
NIP.19780707 200912 1 005

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknika

Diah Zakiah, ST, MT  
Penata TK. I (III/d)  
NIP. 19790517 200604 2 015

## 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. Guna memenuhi persyaratan Kurikulum Program Upgreding ATT-I, maka semua pasis diwajibkan untuk membuat atau menulis sebuah makalah berdasarkan pengalaman selama bekerja di atas kapal dan ditunjang dengan teori-teori serta bimbingan dari pada dosen pembimbing STIP Jakarta. Sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini sesuai dengan waktu yang ditentukan dengan judul :

### **“OPTIMALISASI PERAWATAN TURBOCHARGER UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL TUG BOAT KIJANG MAS 6”**

Penulis menyadari akan keterbatasan kemampuan dalam penyusunan serta penulisan makalah ini, sehingga masih banyak kekurangan-kekurangan dan hasilnya masih belum sempurna.oleh sebab itu penulis membukakan diri untuk menerima kritik serta saran-saran yang positif guna menuju keperbaikan makalah ini. Selanjutnya segala rendah hati, bersama ini penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar besarnya kepada yang terhormat Yang Terhormat :

1. Capt. Sudiono, M.Mar, selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Bapak Dr. Ali Muktar Sitompul, MT, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Ibu Diah Zakiah, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknika Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Mohamad Ridwan, S.SI.T., M. M., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistimatika materi yang baik dan benar
5. Bapak Effendi, S.T., MM., 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. Istri tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
8. Anak tersayang yang telah memberikan semangat selama pengerjaan makalah.
9. Orang tua tercinta yang membantu atas doa dan dukungan selama pembuatan makalah.
10. Semua rekan-rekan Pasis Ahli Teknik Tingkat I Angkatan LXIII tahun ajaran 2022 yang telah memberikan bimbingan, sumbangsih dan saran baik secara materil maupun moril sehingga makalah ini akhirnya dapat terselesaikan.

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

Jakarta, Oktober 2022

Penulis,



INDRA MUKTI  
NIS. 01837/T-I

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TANDA PERSETUJUAN MAKALAH</b> .....	ii
<b>TANDA PENGESAHAN MAKALAH</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH .....	2
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	3
D. METODE PENELITIAN .....	4
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN .....	5
F. SISTEMATIKA PENULISAN .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
B. KERANGKA PEMIKIRAN.....	24
<b>BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. DESKRIPSI DATA.....	25
B. ANALISIS DATA.....	26
C. PEMECAHAN MASALAH.....	32
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. KESIMPULAN.....	42
B. SARAN.....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	44

## LAMPIRAN

### DAFTAR ISTILAH

### DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. M/E Mitshubishi MPTK

Lampiran 2. Pembongkaran *using turbocharger*

Lampiran 3. *Flexibel* M/E Bocor

Lampiran 4. Oli yang bocor karena *ring compresor wil* bocor

Lampiran 5. Using yang sudah diganti *spare part* baru

Lampiran 6. *Turbocharger* yang sudah perbaikan

Lampiran 7. *Casing turbocharger/keong turbocharger*

Lampiran 8. *Turbocharger Repair Kit*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Mesin induk di atas kapal menggunakan mesin induk jenis motor diesel. Kerja motor diesel dengan memanfaatkan tekanan ledakan pembakaran di ruang silinder, dimana ledakan pembakaran tersebut hasil akumulasi udara murni yang disuplai oleh *turbocharger* ke ruang silinder. Kelancaran operasional kapal sangat tergantung pada kondisi kerja mesin induk. Agar kondisi kerja mesin induk selalu baik maka diperlukan perawatan secara rutin dan terencana pada semua bagian mesin induk, terutama pada bagian *turbocharger*.

Pembahasan makalah ini berdasarkan pengalaman penulis saat bertugas di kapal Tug Boat Kijang Mas 6, dimana kapal menggunakan mesin induk jenis motor diesel. Kerja motor diesel dengan memanfaatkan tekanan ledakan pembakaran di ruang silinder, dimana ledakan pembakaran tersebut hasil akumulasi udara murni yang disuplai oleh *turbocharger* ke ruang silinder. Agar kondisi kerja mesin tetap optimal maka diperlukan perawatan secara rutin dan terencana pada semua bagian mesin induk, terutama pada bagian *turbocharger*.

Berdasarkan pengalaman penulis sebagai *Chief Engineer* di atas kapal Tug Boat Kijang Mas 6 yaitu terjadi kerusakan pada *turbocharger*. Sebagaimana kejadian pada tanggal 07 Agustus 2021 saat kapal dalam pelayaran dari Lampung tujuan ke Kalimantan tengah, mendadak putaran mesin induk menurun dari putaran normalnya yaitu dari 1100 rpm menjadi 750 rpm. Pada indikator tekanan udara bilas dari 1,5 bar turun hingga mencapai 0,74 bar. Dalam kejadian ini langsung cepat diambil tindakan dengan menghentikan mesin induk. Setelah dilakukan pengecekan, ditemukan penyebabnya adalah adanya gangguan pada *turbocharger*. Selanjutnya dilakukan pengecekan lebih lanjut untuk mengetahui titik permasalahannya, ternyata penyebab masalahnya yaitu adanya kerusakan pada *bearing*. Kejadian lainnya yaitu saat kapal dalam pelayaran terdengar suara mendesis di sekitar *flexible exhaust manifold* dan disertai dengan

meningkatnya suhu panas di sekitarnya. Selanjutnya segera dilakukan pengecekan, dan ditemukan adanya indikasi kebocoran pada *flexible exhaust manifold*. Karena dikhawatikan kebocoran akan semakin membesar yang akan menyebabkan kurangnya pasokan *gas exhaust* yang mendorong *turbin blade*, maka ABK mesin yang sedang berjaga melaporkan kepada KKM, bahwa telah terjadi kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk membahas masalah perawatan *turbocharger* ke dalam bentuk makalah dengan judul **“OPTIMALISASI PERAWATAN *TURBOCHARGER* UNTUK MENUNJANG KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL TUG BOAT KIJANG MAS 6”**.

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

### **1. Identifikasi Masalah**

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

- a. Terjadi kerusakan pada *bearing turbocharger*
- b. Adanya kebocoran pada *flexible exhaust manifold*
- c. Terjadi kerusakan pada *nozzle ring*.
- d. Perawatan *turbocharger* kurang maksimal
- e. Kurangnya pemahaman ABK mesin terhadap perawatan *turbocharger*

### **2. Batasan Masalah**

Dari masalah-masalah yang teridentifikasi, maka penulis membatasi pembahasan pada 2 (dua) masalah yang terjadi di kapal Tug Boat Kijang Mas 6 selama penulis bekerja sebagai *Chief Engineer*, sebagai berikut:

- a. Terjadi kerusakan pada *bearing turbocharger*.
- b. Adanya kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.

### **3. Rumusan Masalah**

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

- a. Mengapa terjadi kerusakan pada *bearing turbocharger* ?
- b. Mengapa terjadi kebocoran pada *flexible exhaust manifold* ?

## **C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **1. Tujuan Penelitian**

- a. Untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi pada *turbocharger* mesin induk di atas kapal Tug Boat Kijang Mas 6.
- b. Untuk mencari penyebab dari permasalahan utama yaitu terjadi kerusakan pada *bearing turbocharger* dan penyebab kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.
- c. Untuk mencari solusi dalam pemecahan masalah yang sedang terjadi yang bertujuan mempersingkat waktu dalam mengerjakan perawatan demi menunjang kelancaran operasional kapal.

### **2. Manfaat Penelitian**

Penulisan makalah ini bermanfaat secara teoritis dan praktis, antara lain :

#### **a. Aspek Teoritis**

- 1) Diharapkan dapat menjadi bahan referensi atau masukan bagi perkembangan industri perkapalan serta menambah pengetahuan yang lebih luas mengenai tindakan yang tepat dan efisien yang diterapkan oleh perusahaan pelayaran dalam persaingan yang semakin terasa.
- 2) Sebagai tambahan informasi dan pengetahuan untuk para KKM, masinis dan ABK mesin mengenai masalah pada *turbocharger* dan cara yang tepat untuk mengatasi masalah yang terjadi.

- 3) Diharapkan dapat memberikan nilai tambah sebagai perbendaharaan bahan bacaan yang bermutu di perpustakaan STIP Jakarta.

**b. Aspek Praktis**

- 1) Agar supaya makalah ini dapat memberikan sumbang saran bagi perusahaan kapal Tug Boat Kijang Mas 6 untuk meningkatkan perhatiannya terhadap kapal sehingga lebih maksimal melakukan perawatan berkala.
- 2) Agar supaya makalah ini dapat dijadikan sebagai bahan untuk pembelajaran bagi ABK mesin dalam membantu perusahaan dalam menekan biaya kapal dan tidak menunda bilamana terjadi masalah pada mesin dan *turbocharger*.

**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 normal.

**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 ini, menggunakan teknik-teknik pengumpulan data antara lain sebagai berikut :

### **a. Observasi**

Penulis menggunakan pengamatan secara langsung di atas kapal Tug Boat Kijang Mas 6 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, data yang ditampilkan bersifat deskriptif kualitatif yaitu menggambarkan data yang ditemukan di lapangan dan membandingkan dengan teori/aturan yang ada.

## **E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

### **1. Waktu Penelitian**

Waktu penelitian yaitu selama Penulis bekerja sebagai *Chief Engineer* di atas kapal Tug Boat Kijang Mas 6 sejak tanggal 10 Juni 2021 sampai dengan 10 Juni 2022.

### **2. Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di atas kapal Tug Boat Kijang Mas 6 yang termasuk kapal jenis tunda berbendera Indonesia yang beroperasi di alur pelayaran dalam negeri.

## **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. Adapun sistematika penulisan makalah ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi, masalah dan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini 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**

Bab ini menjelaskan data-data yang diambil dari lapangan sesuai dengan pengalaman penulis selama melakukan perbaikan *turbocharger* di atas kapal tug boat kijang mas 6. 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

Bab ini menjelaskan 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 dan perbaikan *turbocharger* di Tug Boat Kijang Mas 6, diantaranya :

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

Poerwodarminto. (2021:89) bahwa optimalisasi adalah berasal dari kata dasar *optimal* yang berarti terbaik, tertinggi, paling menguntungkan, menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi, pengoptimalan proses, cara, perbuatan mengoptimalkan (menjadikan paling baik, paling tinggi dan sebagainya) sehingga optimal adalah suatu tindakan, proses, atau metodologi untuk membuat sesuatu (sebagai sebuah desain, system, atau keputusan) menjadi lebih/ sepenuhnya sempurna, fungsional, atau lebih efektif.

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

Menurut Sofyan Assauri (2020:34) dalam bukunya Manajemen Produksi dan Operasi bahwa perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi/produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Menurut Supandi (2020:13) 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

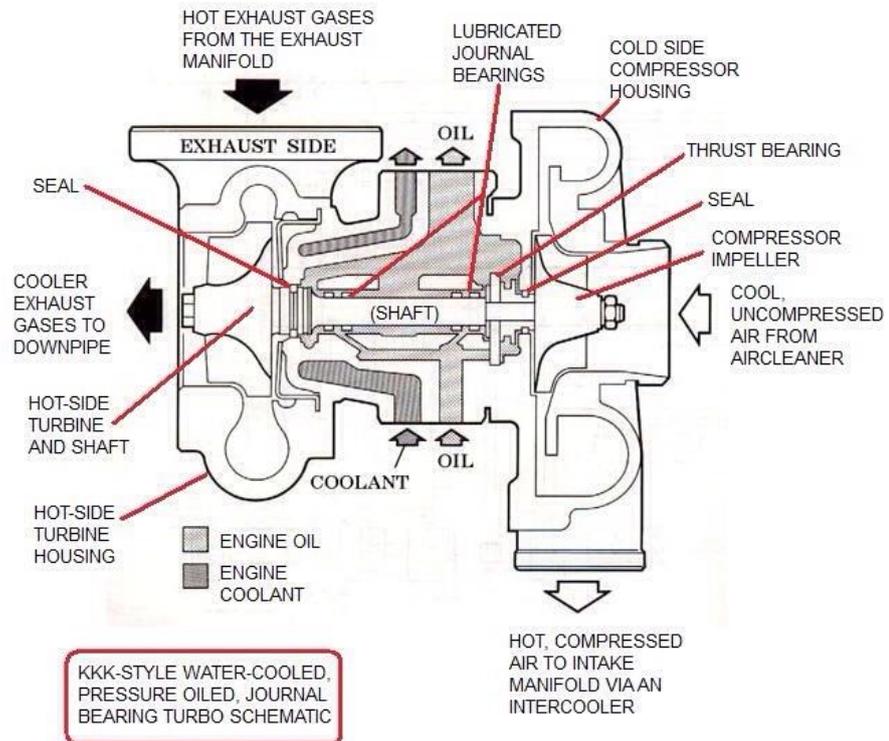
### 3. *Turbocharger*

#### a. Definisi

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:69), *bearing* adalah bantalan yang berfungsi sebagai penyangga *rotor shaft* sehingga membuat *rotor* dapat stabil/lurus pada posisinya di dalam *casing* dan *rotor* dapat berputar dengan aman dan bebas. Selain itu, *bearing* juga berfungsi untuk mengurangi gesekan yang terjadi antara poros yang berputar dengan tumpuannya (bagian komponen yang diam yang menopang poros).

*Bearing* pada umumnya dibedakan menjadi dua jenis yaitu anti *friction* (anti gesekan) *bearing* dan *plain bearing*. Jenis *anti friction bearing* merupakan *bearing* yang bagian di dalamnya memiliki komponen yang dapat berputar dan pada bagian luar *bearing* memiliki bagian yang diam saat bagian dalam *bearing* berputar. Sedangkan *bearing* jenis *plain bearing* merupakan *bearing* di dalamnya tidak memiliki komponen yang berputar, namun tetap memiliki fungsi yang sama dengan *anti friction bearing*. Ada juga komponen lainnya yang memiliki fungsi yang sama dengan *bearing*. *Plain bearing* ini juga sering disebut dengan istilah *bushing*. Posisi *bearing* ada 2 (dua) yaitu *blower side* dan *turbin side*.

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin, (2020:119), bahwa *turbocharger* merupakan sebuah kompresor dengan gaya sentrifugal yang mendapat daya dari *blower side* yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin induk. Biasa digunakan pada mesin pembakaran dalam, untuk meningkatkan tekanan udara yang masuk keruang pembakaran mesin.



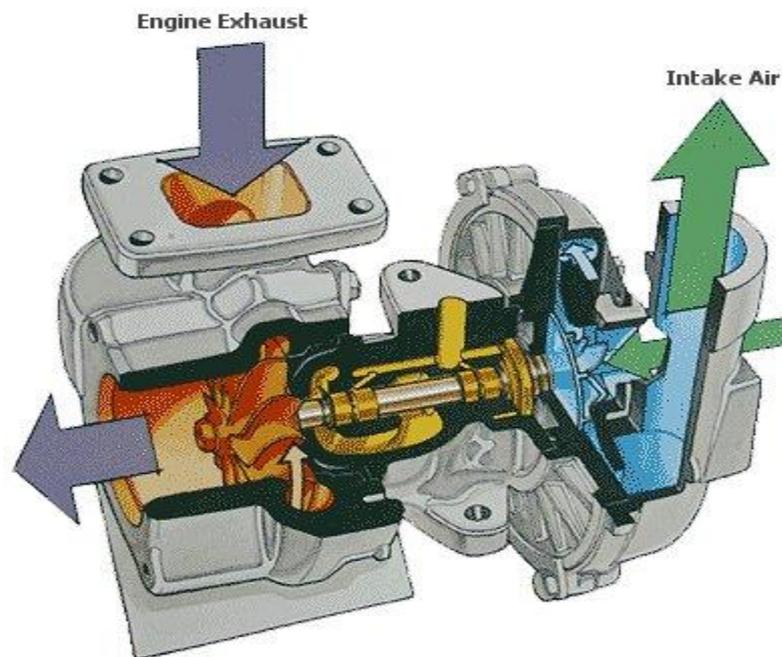
Gambar 2.1 Turbocharger

Menurut Karyanto (2019:31) aliran udara murni dari *turbocharger* dihasilkan oleh *blower side*, udara luar (udara kamar mesin) dihisap oleh *blower side* ditekan ke ruang udara bilas terlebih dahulu melalui *Intercooler* untuk proses pendinginan. Setelah itu udara dari ruang udara bilas masuk ke silinder mesin induk. Proses ini terjadi dalam mesin 2 (dua) tak jadi tidak melalui *intake valve* (klep masuk).

#### b. Cara Kerja Turbocharger

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin, (2020:123) menjelaskan mengenai cara kerja *turbocharger*. Pada saat motor diesel dihidupkan maka gas buang mengalir keluar melalui *exhaust manifold* akan dialirkan ke *turbin blade* sebelum ke udara luar. Gas buang yang masih memiliki tekanan akan memutar sudu-sudu dari turbin *blade* sehingga pada satu sisinya atau sisi *blower* akan menghisap udara dan menekan kesaringan *intecooler* dan diarahkan ke *intake manifold*. Sehingga pada waktu langkah hisap udara yang di *intake manifold* masuk ke silinder. Pada sistem *turbocharger*

tersebut dilengkapi *intercooler* sehingga temperatur yang akan masuk ke *intake manifold* dapat turun dari 58°C sampai 38°C.



Gambar 2.2 Sistem *Turbocharger*

Dengan adanya *turbocharger* ini maka pemasukan udara ke dalam silinder akan menambah volume dan tekanan dengan demikian meningkatkan tekanan akhir kompresi, ditambah bahan bakar yang disemprotkan dengan sempurna sesuai perbandingan yang tepat antara udara bilas dengan bahan bakar, sehingga menghasilkan daya yang besar pada mesin induk.

Menurut Karyanto (2019:21) mengatakan bahwa cara kerja *turbocharger* adalah proses pembuangan gas buang didalam silinder motor dilakukan oleh piston yang mendorong gas buang hasil pembakaran sehingga gas buang didalam ruang bakar terdorong keluar melalui katup buang menuju saluran buang *exhaust manifold*. Gas buang menekan kesuatu roda turbin sehingga menghasilkan putaran. *Blower* yang dipasang seporos dengan roda turbin menghasilkan putaran akibat terdorong oleh gas sisa hasil pembakaran yang keluar melalui cerobong mesin, sehingga menghasilkan tekanan udara, hembusan udara yang mengakibatkan terjadinya

pemadatan udara masuk dengan tekanan diatas satu atmosfer ke dalam silinder.

**c. Keuntungan Penggunaan *Turbocharger***

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2020:124), beberapa keuntungan dari *turbocharger* sebagai berikut :

1) Tenaga mesin dapat ditingkatkan

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.

2) Pembakaran lebih sempurna

Karena udara didinginkan lebih dahulu di *intercooler*, hingga kandungan molekul oksigen lebih banyak, massa udara akan bertambah. Pembakaran dengan jumlah oksigen yang banyak akan beraksi dengan bahan bakar yang terdiri dari unsur *carbon* (C), *hydrogen* (H<sub>2</sub>), *nitrogen* (N<sub>2</sub>), *sulfur* (S<sub>2</sub>) yang akan menghasilkan gas hasil pembakaran *karbondioksida* (CO<sub>2</sub>) yang sempurna.

3) Perbandingan kompresi kecil

Karena tekanan udara kompresi lebih besar, sementara tekanan akhir kompresi tetap (35 bar-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.

#### **d. Komponen *Turbocharger***

Komponen ini terdiri dari komponen utama dan komponen pendukung sebagai berikut :

##### 1) Komponen Utama *Turbocharger*

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2020:126), bahwa bagian dari *turbocharger* terdiri dari :

##### a) Rumah kompresor (*compressor housing / blower side*)

Rumah kompresor terbuat dari bahan aluminium bersambung dengan bagian pusat inti (*cartridge group*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.

##### b) Pusat inti (*cartridge group*)

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 ini 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.

##### c) Rumah turbin (*turbine side housing*)

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.

##### 2) Komponen Pendukung *Turbocharger*

##### a) *Intercooler*

##### (1) Definisi *Intercooler*

Menurut Wiranto Arismunandar, (2019:33) menjelaskan bahwa *intercooler* berfungsi untuk mendinginkan udara

masuk dari *blower* yang panas karena melewati *turbocharger*. Dengan mendinginkan udara masuk dari *blower* kedalam silinder mesin diperoleh berat jenis udara yang lebih besar, sehingga berat dan jumlah molekul udara pun bertambah. Hal ini dapat menambah jumlah bahan bakar yang ikut terbakar dan mengakibatkan daya mesin bertambah.

## (2) Fungsi *Intercooler*

*Intercooler* berfungsi untuk mendinginkan udara masuk dari *blower* yang panas karena melewati *turbocharger*. Dengan mendinginkan udara masuk dari *blower* kedalam silinder mesin diperoleh berat jenis udara yang lebih besar sehingga berat dan jumlah molekul udarapun bertambah. Hal ini dapat menambah jumlah bahan bakar yang ikut terbakar dan mengakibatkan daya mesin bertambah.

*Intercooler* adalah salah satu bagian terpenting dari mesin induk yang berfungsi untuk mendinginkan serta memadatkan udara yang berasal dari perangkat *turbocharger* yang akan dipergunakan untuk pembilasan dan pembakaran. Apabila bagian ini bekerja tidak baik maka pembakaran di dalam silinder akan berlangsung tidak baik. Seperti yang penulis alami dimana *Intercooler* sangat kotor karena tersumbat oleh debu dan gas pembakaran yang tercampur dengan uap minyak yang ditekan masuk sehingga terjadi penyumbatan pada kisi-kisi bagian udara.

Udara yang dimasukkan ke dalam ruang bakar pada tiap silinder sangat kurang, karena tekanan udara yang masuk sangat rendah. Hal tersebut mengakibatkan pembakaran yang tidak seimbang sehingga kinerja mesin berkurang. Hal ini dikarenakan udara yang dibutuhkan untuk pembakaran dan pembilasan tidak cukup.

Keseimbangan antara jumlah bahan bakar dengan banyaknya udara yang masuk kedalam silinder karena udara yang dihasilkan oleh *blower turbocharger* suhunya mencapai 80<sup>0</sup>C yang semestinya berkisar 60<sup>0</sup>C maka harus didinginkan agar dapat menaikkan daya mesin induk. Hal inilah yang diharapkan agar dapat diperoleh massa udara yang lebih banyak dan kecepatan serta kualitas udara meningkat. Jika keseimbangan campuran antara udara dan bahan bakar dapat selalu dipelihara maka dengan demikian akan dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna.

b) Saringan Udara (*air cleaner*)

Menurut Karyanto, (2019:59) bahwa saringan udara termasuk komponen yang mempunyai peranan penting yang tidak bias diabaikan dalam mesin diesel. Karena udara yang masuk kedalam silinder mesin harus sebersih mungkin.

c) Sistem Pelumasan *turbocharger*

Menurut Karyanto, (2019:59) bahwa sistem pelumasan pada *turbocharger* pada umumnya berasal dari sistem pelumasan mesin induk, dimana setelah melumasi mesin induk minyak pelumas menuju ke *turbocharger* dan kemudian kembali ke karter. Minyak lumas yang dipergunakan harus sesuai untuk bantalan dan harus diganti selama waktu tertentu.

e. **Pengoperasian *Turbocharger***

Menurut Karyanto (2019:49) menjelaskan bahwa hal-hal yang perlu dijaga selama mengoperasikan *turbocharger*, diantaranya yaitu:

- 1) Memastikan minyak pelumas, melumasi bagian turbin yang ada dalam *turbocharger*.
- 2) Menghindari keadaan-keadaan yang tiba-tiba pada putaran pada mesin.

- 3) Mengamati suara *blower* yang bekerja dan memastikan tidak ada suara-suara aneh yang terjadi pada *blower*.
- 4) Bila terdapat suara aneh atau ketidak seimbangan pada mesin *turbocharger*, turunkan putaran (beban) atau mematikan mesin. Kemudian periksa akan sumber suara tersebut.
- 5) Hindarilah penurunan putaran mesin secara tiba-tiba sehingga mesin seakan-akan ingin berhenti kecuali dalam keadaan memaksa atau darurat.
- 6) Hindari putaran mesin yang pelan pada jangka waktu yang lama, ini akan menyebabkan blower kotor dan efisiensi berkurang. Selain itu membuat turbin kotor dan juga memaksa gas buang akan menerobos melalui seal-seal masuk ke dalam bagian *blower*.
- 7) Setelah menjalankan mesin pada putaran tinggi atau beban penuh, jalankan mesin secara *idle* (pelan tanpa beban) selama kurang lebih 3 menit sampai dengan 5 menit sebelum mesin dimatikan, bila ini tidak dilaksanakan, akan dapat merusak bantalan poros turbin.

**f. Permasalahan yang Timbul pada *Turbocharger***

Menurut P. Van Maanen, (2020:25) bahwa permasalahan yang sering timbul pada *turbocharger* adalah seringnya udara yang dihasilkan dari *compressor turbocharger* tidak sesuai *performance turbocharger* yang bisa diakibatkan oleh beberapa hal, yaitu :

- 1) Putaran *turbocharger* tidak normal akibat *unbalance*
- 2) *Unbalance shaft turbo* bisa diakibatkan oleh :
  - a) *Compressor wheel* atau *inducer wheel* ada yang bopeng

Hal tersebut akibat benda asing yang masuk ke dalam kompresor. Masalah ini hanya bisa diatasi dengan mengganti baru material *Compressor wheel* atau *inducer wheel*.

- b) *Turbine blade* ada yang bopeng atau salah satunya patah

Untuk mengatasi masalah tersebut harus diadakan *recond* atau

mengganti *blade* dengan yang baru. Apabila hal ini terjadi akan mengakibatkan patahnya *damping spring axial* pada *bearing compressor*. Jika terjadi dalam waktu yang cukup lama *damping spring axial* bisa terlepas, gram-gram akan timbul dan saluran pelumas akan tersumbat. Akibatnya *turbocharger* mengalami *break down* sehingga operasi mesin induk terganggu.

c) *Shaft* sudah tidak lurus

Kelurusan *shaft* diketahui dengan mengukur *deflexi shaft* tidak boleh melebihi 0,04 mm. Hal ini bisa terjadi akibat *turbocharger* pernah *break down*. Solusinya *shaft* harus diganti.

3) Penggantian oli *turbocharger*

Untuk *turbocharger* yang baru selesai di *overhaul* atau ganti *bearing* baru pada 100 (seratus) jam pertama diadakan pengecekan pada ruang oli apa ada gram-gram atau kelainan termasuk cek ulang radialnya. Penggantian selanjutnya diadakan setiap 500 (lima ratus) jam mengingat kondisi alam kita yang tropis dan pembebanan mesin yang maksimal terutama disaat menampung beban kejut akibat gangguan penyulang.

Setiap 1.500 jam diadakan pembersihan *slinger / lubricating pump disc* untuk lubang saluran pelumasan dan kotoran pada dinding disc yang berfungsi sebagai separator.

4) Sistem pendingin *turbocharger*

Sistem pendinginan pada *turbocharger* perlu mendapat perhatian karena hal ini bisa mengakibatkan retaknya *body* maupun *gas inlet casing*, pembersihan saluran ini dilaksanakan setiap 1500 (seribu lima ratus) jam.

#### 4. *Flexible Exhaust manifold*

##### a. Definisi

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2020:129) bahwa fungsi *exhaust manifold* pada mesin induk, adalah sebagai penyalur gas buang sisa

pembakaran, sekaligus penyaring agar gas tersebut bisa lebih ramah lingkungan. Komponen ini merupakan bagian dari *exhaust system*. Sebagai komponen yang berfungsi untuk menyaring dan membuang gas sisa pembakaran, cara kerja *exhaust manifold* sebenarnya tidaklah rumit. Komponen ini hanya perlu mengalirkan gas hasil pembakaran pada tiap-tiap silinder ke pipa buang atau *exhaust pipe*. Selanjutnya, gas ini akan dialirkan ke *catalytic converter*, lalu ke *muffler*. Meskipun begitu, fungsi *exhaust manifold* sebagai penyalur dan penyaring gas buang ini tidak dapat diremehkan. Ia memiliki peran krusial untuk membantu agar gas sisa pembakaran tetap aman serta tidak mencemari lingkungan. Apabila *exhaust manifold* mengalami kerusakan, atau sedikit saja kebocoran, maka gas sisa pembuangan tidak akan tersaring.

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:46) menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan sistem udara bilas (pembilasan) yaitu suatu proses pengeluaran gas buang dari dalam silinder oleh gesekan udara baru yang masuk ke dalam silinder. Untuk mengeluarkan gas buang dari silinder dan mengisinya lagi dengan udara baru, mula-mula dipakai klep-klep yang ditempatkan pada *cylinder head*. Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2020:130) sistem udara bilas adalah rangkaian proses pengeluaran gas buang dari dalam silinder.

## **b. Pengaruh Udara Bilas Terhadap Pembakaran Di Dalam Silinder**

### 1) Proses aliran udara untuk pembakaran melalui *Turbocharger*

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:46), ada 7 (tujuh) tahap dari proses aliran udara untuk pembakaran melalui *turbocharger* langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Udara bersih masuk dihisap oleh *turbocharger*
- b) *Turbocharger* memampatkan udara menekan menuju *intercooler*
- c) *Intercooler* menurunkan suhu udara yang melewatinya

- d) Udara yang sudah dingin di hisap masuk ke dalam *cylinder* melalui *intercooler* untuk pembakaran.
- e) Setelah selesai pembakaran udara bilas akan keluar dari *cylinder*.
- f) Udara bilas yang keluar dari *cylinder* masuk ke *turbocharger* lalu menendang/memutar turbin pada *turbocharger*.
- g) Gas buang keluar dari *turbocharger* lalu dibuang melalui cerobong *exhaust*.

## 2) Pembakaran yang sempurna

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin (2020:55), untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, maka diperlukan udara yang dialirkan ke dalam ruang silinder pada sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan ke dalam 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 daripada mesin dengan dimensi yang sama.

*Turbocharger* merupakan sebuah peralatan, untuk menambah jumlah udara yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan tekanan gas buang. *Turbocharger* merupakan peralatan untuk mengubah pemasukan secara alami dengan paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena gesekan piston pada langkah isap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang.

## 5. Mesin Induk

### a. Definisi Mesin Induk

Mesin induk adalah instalasi mesin dalam kapal yang dipergunakan untuk menggerakkan / memutar poros baling-baling sehingga kapal dapat

bergerak. Pada umumnya mesin induk di kapal niaga menggunakan motor diesel.

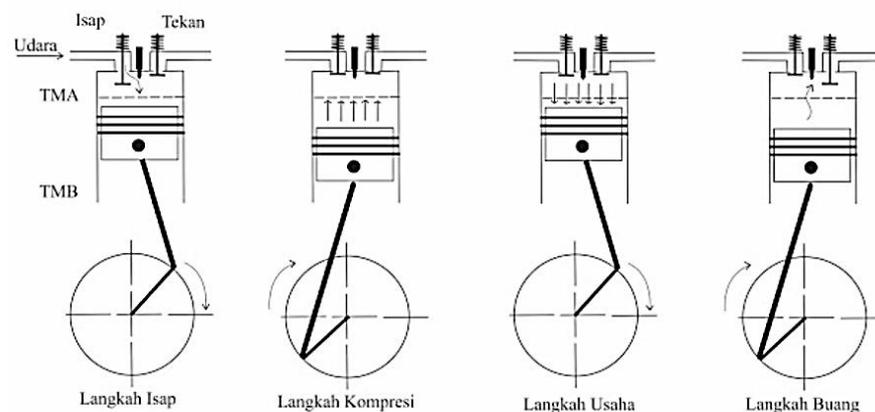
Menurut Jusak Johan Handoyo, (2019:34), dalam buku Mesin Diesel Pengerak Utama Kapal menyatakan bahwa Mesin diesel adalah satu pesawat yang mengubah energi potensial panas langsung menjadi energi mekanik, atau juga disebut *combustion engine system*. Pembakaran (*combustion engine*) dibagi dua yaitu:

- 1) Mesin pembakaran dalam (*internal combustion*) adalah pesawat tenaga, yang pembakarannya dilaksanakan di dalam pesawat itu sendiri.
- 2) Mesin pembakar luar (*external combustion*) adalah pesawat tenaga, dimana pembakarannya dilaksanakan di luar pesawat itu sendiri.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa motor diesel lebih efektif dalam penggunaannya.

#### b. Cara Kerja Mesin Induk Motor Diesel 4 Tak

Motor diesel di atas kapal berdasarkan cara kerjanya dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu motor diesel 4 tak dan 2 tak. Motor diesel 4 tak memiliki 4 langkah dalam satu kali siklus pembakaran sedangkan motor diesel 2 tak hanya membutuhkan 2 langkah dalam satu siklus pembakaran. Cara kerja motor diesel 4 tak dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.3 Langkah kerja motor diesel 4 tak

Menurut Jusak Johan Handoyo (2019:47) dalam bukunya yang berjudul Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, cara kerja mesin induk 4 tak dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Langkah hisap

Langkah hisap (*intake*) merupakan tahapan ketika katup intake membuka lalu menghisap campuran bahan bakar yang sebelumnya telah dikabutkan. Dalam langkah hisap sendiri terjadi beberapa proses.

Pertama, piston bergerak dari TMA (titik mati atas) lalu dilanjutkan menuju TMB (titik mati bawah), langkah ini hanya katup hisap yang terbuka dan memungkinkan udara masuk ke dalam silinder dan katup tertutup selama langkah hisap ini. Setelahnya klep inlet terbuka yang membuat bahan bakar mengalir masuk ke bagian silinder mesinnya. Tekanan udara di bawah 30 bar dan temperatur di bawah 550°C.

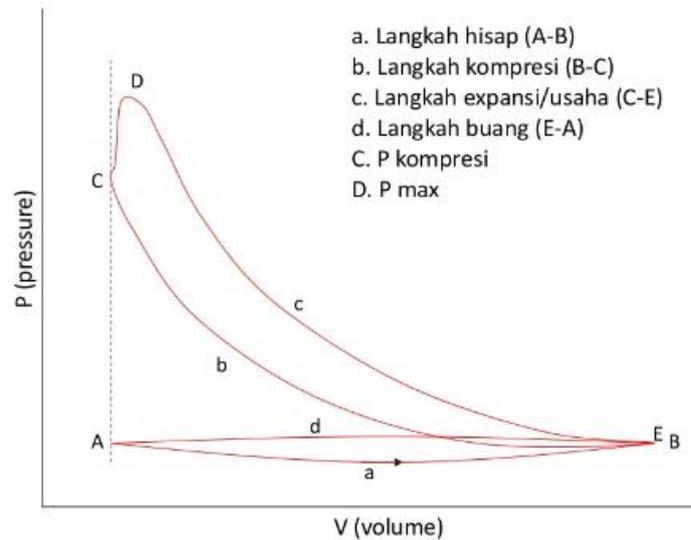
Tahapan selanjutnya poros engkol berputar hingga 180°, *camshaft* berputar hingga 90°, serta menghasilkan tekanan negatif. Kondisi inilah yang membuat pisa piston mampu menghisap kabut udara dan terjadi penyaluran bahan bakar menuju silinder. Proses ini berhasil membuat kabut udara serta bahan bakar masuk ke dalam silinder akibat dipengaruhi oleh tenaga mesinnya. Sedangkan besarnya tenaga mesin yang mampu diproduksi, dipengaruhi oleh faktor jumlah pembakaran pada sumber energi mesin.

2) Langkah kompresi

Pada tahapan kali ini katup inlet akan menutup, sedangkan piston akan bergerak mendorong ke arah ruang bakar akibat adanya momentum poros engkol *flywheel*. Pada langkah kompresi terjadi dalam beberapa langkah sebelum masuk ke tahap pembakaran.

Pertama piston bergerak menuju TMB menuju ke TMA yang diikuti dengan *klep in* dan *klep out* mulai menutup. Udara yang dihisap selama langkah ini, ditekan sampai tekanannya naik sekitar 30-40 bar dengan temperatur sekitar 600°C sampai 800 °C. Bahan bakar yang

sudah berada di dalam kubah pembakaran akan dimampatkan. Sebelum TMA menginjak pada posisi  $15^\circ$ , *nozzle* mulai menghasilkan bunga api yang membantu proses pembakaran.



Gambar 2.4 Diagram P-V Motor Diesel 4 Tak

### 3) Langkah pembakaran

Langkah pembakaran merupakan cara kerja mesin 4 tak paling penting. Sebab pada tahapan inilah pembuatan tenaga penggerak mulai dilakukan. Tenaga didapatkan dari campuran udara dan bahan bakar yang mulai dikompresi, lalu dinyalakan di ruang pembakaran. Disaat itulah kecepatan pembakaran akan merambat hingga menghasilkan ledakan yang tertahan pada bagian dinding kepala silinder. Kondisi inilah yang menimbulkan umpan balik saat menghasilkan tenaga. Ledakan sempurna di dalam ruang pembakaran membuat piston terlempar dari TMA menuju TMB. Alhasil katup intel menutup sempurna, lalu katup buang perlahan membuka akibat terjadinya dorongan.

Selanjutnya terjadilah proses transformasi gerak bolak balik pada piston yang mampu menghasilkan energi rotasi pada poros engkol. Bahkan putaran *camshaft* berubah menjadi  $270^\circ$ . Pada langkah pembakaran tekanan naik 40 bar – 120 bar dengan temperatur udara  $800^\circ\text{C}$ .

Pada saat akhir langkah pembakaran *nozzle* menyemprotkan bahan bakar dan kemudian campuran bahan bakar dan udara selanjutnya terbakar oleh panas yang dibangkitkan oleh tekanan energi pembakaran mengekspansikan gas dengan sangat cepat dan torak (*piston*) terdorong ke bawah. Gaya yang mendorong torak (*piston*) ke bawah diteruskan ke batang torak (*connecting road*) kemudian diteruskan ke poros engkol (*crankshaft*) dan mengubah dari gerak translasi lurus bolak-balik menjadi gerak putar (*rotasi*) untuk memberi tenaga pada mesin.

#### 4) Langkah buang

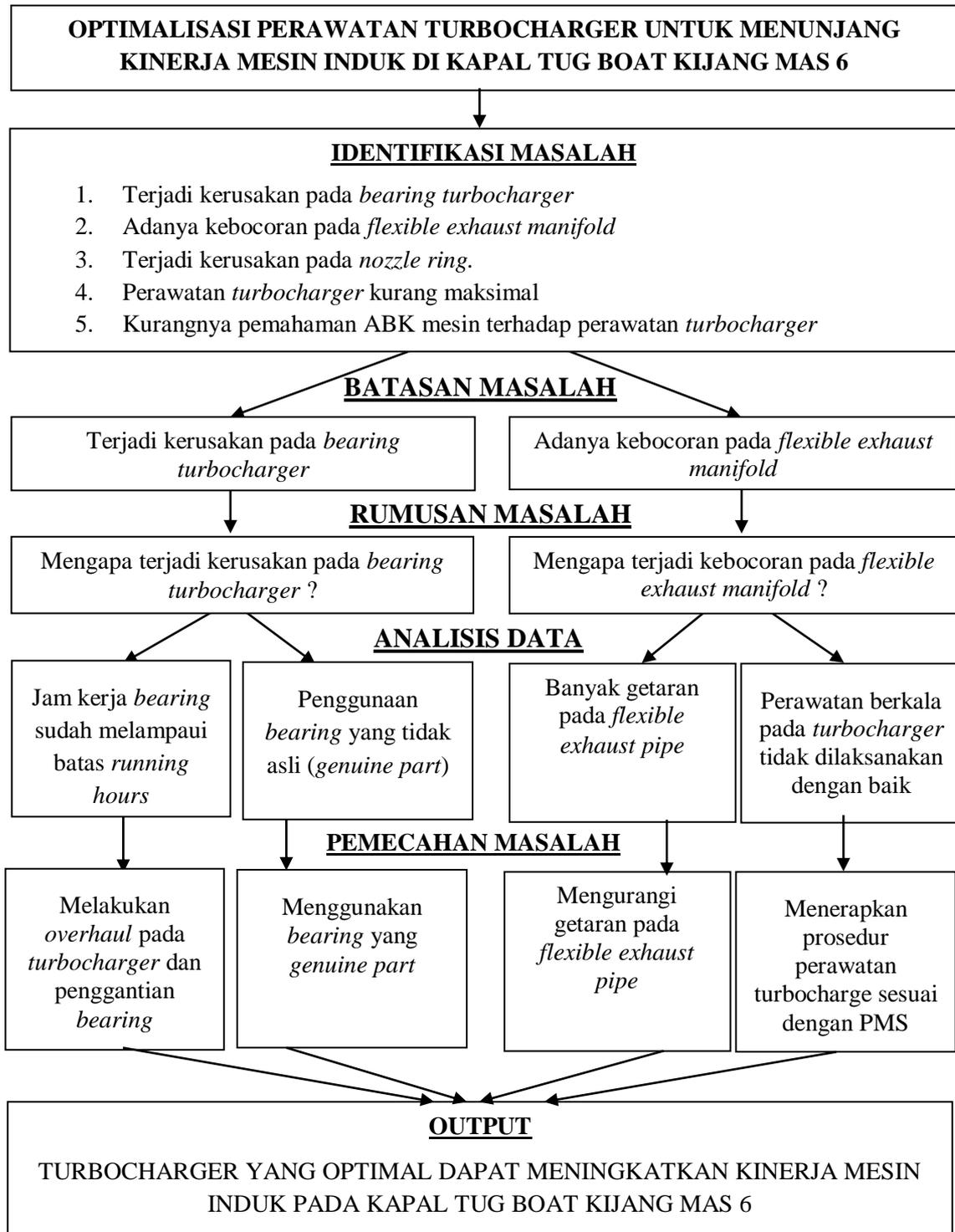
Langkah buang tidak kalah penting dalam rangkaian cara kerja mesin 4 tak. Sebab piston mendorong gas sisa pembakaran yang dikeluarkan dari silinder akan mengarah menuju *exhaust*. Proses pembuangan gas sisa pembakaran harus terjadi optimal demi menekan resiko munculnya gas baru yang tereduksi bersama dengan tenaga baru.

Pada langkah buang, torak (*piston*) dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Pada langkah buang ini hanya katup buang yang terbuka dan gas pembakaran dikeluarkan melalui katup buang. Gas akan terbang habis pada saat torak (*piston*) mencapai titik mati atas, setelah proses langkah buang dimulai langkah hisap, begitu seterusnya. Proses ini terjadi berulang-ulang. Selama mesin menyelesaikan empat langkah (langkah hisap, kompresi, pembakaran, buang) poros engkol (*crank shaft*) berputar dua kali dan menghasilkan satu kali pembakaran (tenaga), atau juga disebut motor diesel empat langkah. Pada langkah buang tekanan gas buang kembali ke 30 bar - 40 bar dan temperatur gas buang 600°C sampai 800 °C.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa motor diesel 4 tak yaitu motor diesel yang membutuhkan 4 langkah kerja piston dalam satu kali siklus pembakaran

## 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:



## **BAB III**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **A. DESKRIPSI DATA**

Selama penulis bertugas di atas kapal Tug Boat Kijang Mas 6 sebagai *Chief Engineer*, Penulis menemukan beberapa permasalahan yang berkaitan dengan *turbocharger*, diantaranya yaitu :

##### **1. Terjadi Kerusakan Pada *Bearing Turbocharger***

Pada tanggal 07 Agustus 2020 saat kapal dalam pelayaran dari Lampung tujuan ke Kalimantan tengah, mendadak putaran mesin induk menurun dari putaran normalnya yaitu dari 1100 rpm menjadi 750 rpm dan pada indikator tekanan udara bilas dari 1,5 bar turun hingga mencapai 0,74 bar. Dalam kejadian ini langsung cepat diambil tindakan dengan menghentikan mesin induk. Setelah dilakukan pengecekan, ditemukan penyebabnya adalah adanya gangguan pada *turbocharger*.

Selanjutnya dilakukan pengecekan lebih lanjut untuk mengetahui titik permasalahannya, ternyata penyebab masalahnya yaitu adanya kerusakan pada *bearing*. Gangguan pada *turbocharger* menyebabkan udara masuk ke ruang udara bilas terhambat dan mengakibatkan tekanan udara bilas turun. Pada mesin induk dengan menggunakan *turbocharger*, berat volume udara tergantung pada faktor dan kondisi udara *atmosfer* yang dihisap. Bila tekanan udara lebih tinggi dan temperatur lebih rendah, berat udara yang dihisap akan bertambah. Sebaliknya bila tekanan udara lebih rendah dan temperatur lebih tinggi, berat udara yang dihisap akan berkurang.

##### **2. Adanya Kebocoran Pada *Flexible Exhaust Manifold***

Pada tanggal 07 Agustus 2020, pukul 04.15 LT kapal dalam pelayaran terdengar suara mendesis di sekitar *flexible exhaust manifold* dan disertai dengan meningkatnya suhu panas di sekitarnya. Selanjutnya segera dilakukan

pengecekan, dan ditemukan adanya indikasi kebocoran pada *flexible exhaust manifold*. Karena dikhawatirkan kebocoran akan semakin membesar yang akan menyebabkan kurangnya pasokan *gas exhaust* yang mendorong *turbin blade*, maka ABK mesin yang sedang berjaga melaporkan kepada KKM, bahwa telah terjadi kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.

Selanjutnya KKM akan menghubungi ke anjungan dan memberitahukan kondisi *di kamar mesin* serta meminta waktu untuk diadakan perbaikan dan penggantian *Flexible exhaust manifold* (dalam hal ini *stop main engine*) pukul 04.40 LT.

Setelah itu dilakukan pencabutan dan penggantian *flexible exhaust manifold* menggunakan *ready spare part* (rekondisi). Proses penggantian *flexible exhaust manifold* berjalan lancar tanpa kendala/kesulitan. Selanjutnya pada pukul 06. 55 LT. *running main engine*, setelah dipastikan *running* normal, maka Rpm dinaikan bertahap. Pada pukul 07.15 LT *rpm main engine full speed (sea speed)*, kapal melanjutkan perjalanan menuju Kalimantan Tengah

Setelah melakukan pelayaran beberapa jam, pada pukul 12.40 LT kembali terdengar suara mendesis di sekitar *flexible exhaust manifold* dan di sertai suhu yang meningkat. Kemudian kembali di lakukan pengecekan dan didapati kasus kerusakan yang sama pada *flexible exhaust manifold* seperti kejadian pagi harinya. Selanjutnya dilakukan penggantian *flexible exhaust manifold* seperti di atas, menggunakan *ready spare part* (rekondisi) dikarenakan tidak tersedia suku cadang yang baru di atas kapal. Melihat kejadian tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadinya kebocoran pada *flexible exhaust manifold* pada mesin induk dikarenakan penggantian menggunakan suku cadang rekondisi, bukan suku cadang yang asli (*genuine part*).

## **B. ANALISIS DATA**

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

### **1. Terjadi Kerusakan Pada *Bearing Turbocharger***

Penyebabnya sebagai berikut :

**a. Jam Kerja *Bearing* Sudah Melampaui Batas *Running Hours***

Setiap suku cadang permesinan mempunyai batas pemakaian / jam kerja (*running hours*). Begitu juga dengan *bearing* di dalam *turbocharger*, dimana batas maksimal jam kerja *bearing* di kapal Tug Boat Kijang Mas 6 yaitu 10.000 jam (*running hours*). Faktanya pemakaian *bearing* sudah melebihi jam kerja yaitu 13.000 jam. Hal ini berpengaruh pada kinerja *bearing* tersebut, dimana *bearing* yang sudah melampaui jam kerja tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya.

Fakta yang penulis temui di kapal Tug Boat Kijang Mas 6 bahwa terjadinya kerusakan pada *bearing* disebabkan jam kerja *bearing* yang sudah melampaui batas. Hal ini disebabkan jadwal perawatan yang telah direncanakan tidak dilaksanakan dengan baik. Tidak dilakukannya perawatan secara teratur, terencana dan menyeluruh terhadap permesinan di kapal karena biaya perawatan yang sangat tinggi dan sebagian dari pemeliharaan perbaikan di kapal hanya ditulis pelaporan sudah dikerjakan sedangkan faktanya belum.

Belum maksimalnya penerapan prosedur perawatan mesin induk disebabkan beberapa faktor yaitu seperti kegiatan pekerjaan perawatan tidak dikerjakan sesuai rencana pekerjaan. Para masinis berperan penting di kamar mesin dalam menghadapi setiap masalah yang terjadi. Perawatan juga melihat dari segi biaya yang yang tinggi untuk semua perawatan karena atas intruksi dari perusahaan sehingga dapat mengurangi atau bahkan meniadakan kegiatan perawatan untuk mengontrol biaya-biaya yang tinggi.

**b. Penggunaan *Bearing* Yang Tidak Asli**

Suku cadang merupakan bagian penting manajemen logistik dan manajemen rantai *supply*. Suku cadang merupakan bagian dari alat unsur dalam permesinan yang disediakan untuk penggantian dari komponen atau bagian mesin. Suku cadang adalah bagian (*part*) yang terdiri atas beberapa komponen yang membentuk satu kesatuan dan mempunyai fungsi tertentu.

Penggunaan suku cadang *bearing* yang tidak asli dapat menyebabkan jam kerja *bearing* tersebut tidak mencapai waktu yang telah ditetapkan dalam *manual book*. Meskipun demikian penggunaan suku cadang *bearing* yang tidak asli seringkali dilakukan saat perbaikan *turbocharger*, sebagaimana yang penulis temukan saat bekerja di Tug Boat Kijang Mas 6 ternyata setelah dicek dengan seksama *bearing* tersebut sudah rekondisian atau bukan *bearing* baru. Ada beberapa faktor yang menyebabkan penggantian *bearing* menggunakan suku cadang tidak asli seperti keterlambatan pengiriman suku cadang dan juga alasan mengurangi pengeluaran biaya perawatan.

*Bearing* yang tidak asli dapat diketahui dari *part number* nya, dimana suku cadang *bearing* yang asli (*genuine part*) yaitu type *ABB VTR 564 D-32 rolling contact bearing*. Hal ini perlu diperhatikan karena *bearing* asli dengan yang KW dari segi tampilan dan merk sama, hanya saja *part number* nya berbeda.

Termasuk penyebab tidak tersedianya suku cadang *bearing* di atas kapal dan juga suku cadang permesinan lainnya yaitu sistem administrasi suku cadang yang ada di kapal kurang baik. Adapun penyebabnya antara lain :

- 1) Kurang optimalnya jalur informasi dari rangkaian prosedur perencanaan pengadaan suku cadang yang terintegrasi secara sistemik.
- 2) Penempatan suku cadang *bearing* dicampur dengan suku cadang lainnya. Pengelompokan jenis suku cadang yang kurang teratur dan tidak ada tandanya misalnya penomoran pada masing-masing kotak suku cadang, dan kadang dicampurnya suku cadang dari beberapa mesin dalam satu kotak.

Akan terjadi kesulitan di kemudian hari apabila penerimaan dan penggunaan suku cadang tidak dicatat dengan benar dan teliti, serta kemudian tidak dilakukan penyimpanan di gudang dengan baik. Apabila terjadi penggantian awak kapal dengan waktu serah terima yang relatif singkat, akan tidak mungkin untuk melakukan pengecekan secara

menyeluruh, sehingga akan membingungkan awak kapal baru, apabila terjadi kerusakan dan mereka membutuhkan suku cadang dengan segera.

Dengan tidak teraturnya penyimpanan suku cadang, akan sukar bagi para masinis yang baru naik, untuk memantau jumlah suku cadang yang sebenarnya yang ada di atas kapal sesuai dengan suku cadang yang ada dicatat oleh divisi/bagian teknik di darat. Dalam kaitan ini dirasakan pentingnya data tentang suku cadang yang biasa memberikan informasi tentang lokasi, nomor seri, pembuat, dan jenis suku cadang yang sesuai dengan yang aslinya.

## **2. Adanya Kebocoran pada *Flexible Exhaust Manifold***

Penyebabnya sebagai berikut :

### **a. Banyak Getaran Pada *Flexible Exhaust Pipe***

*Flexible exhaust pipe* merupakan saluran penyambung pipa cabang *exhaust* keperedam suara. Fungsi dari pipa, adalah mencegah tegangan timbul oleh pemuaian dari pipa panas, dan untuk menyederhanakan konstruksi peredam suara.

Indikasi adanya kebocoran pada *flexible exhaust manifold* yaitu terdengar suara mendesis di sekitar *flexible exhaust manifold* yang disertai dengan meningkatnya suhu panas di sekitarnya. Adanya kebocoran tersebut menyebabkan kurangnya pasokan *gas exhaust* yang mendorong *turbin blade*, sehingga berakibat pada penurunan performanya.

*Faktor penyebab terjadinya kebocoran pada flexible exhaust manifold diantaranya yaitu flexible exhaust manifold bergetar sehingga kedua sisi pipa akan saling tarik dan akan mengakibatkan kekalahan terhadap material yang tidak kuat atau akan mengakibatkan dari pada gasket di kedua sisi rusak ataupun akan merusak baut di kedua sisi.*

*Adapun kerusakan yang ditimbulkan oleh getaran-getaran pada pipa exhaust manifold diantaranya yaitu :*

- 1) *Pipa exhaust akan pecah*
- 2) *Flexible akan mengalami kebocoran*
- 3) *Baut/mur akan longgar*
- 4) *Packing/gasket akan mengalami kerusakan*

*Flexible* ini berfungsi untuk meredam atau menghubungkan kedua sisi pipa baik yang keluar dari pada *exhaust manifold* ataupun pipa yang masuk ke *manifold turbocharger* sehingga gas buang yang masuk ke sisi *turbin side* terpenahi.

Pipa *exhaust* berfungsi untuk mengalirkan gas dari hasil pembakaran mesin untuk di keluarkan kebagian luar dari ruang mesin, meredam kebisingan dan juga untuk mengurangi pencemaran gas buang. Pada proses hasil dari pembakaran maka pasti terdapat sisa pembakaran yaitu, *hydro carbons (fuel)*, *carbon monoxide*, *carbon dioxide*, *nitrogen oxides*, *sulfurdioxide*, *phosphours* atau juga terdapat molekul dari logam berat seperti *molybdenum*. Semuanya berupa gas dan selanjutnya di bawah tekanan tinggi maka gas buang yang mempunyai suhu yang tinggi itu akan di dorong oleh piston masuk kebagian *exhaust manifold*, biasanya *exhaust manifold* terbuat dari cast iron, stainless steel atau *fiberglass*.

Dalam desain *exhaust system* maka harus dipertimbangkan temperature gas buang yang dihasilkan mesin, kekuatan getaran, lingkungan juga harus memenuhi standar yang mengatur tentang desain *exhaust system*. Sambungan pada *exhaust system* juga harus menahan kemungkinan terjadinya keretakan. Dalam pengoprasian *exhaust system* harus mempunyai ketahanan untuk mengalirkan gas dengan temperature yang tinggi. Untuk beberapa *engine* yang besar *temperature* gas buang bisa mencapai 350°C, sehingga desain *exhaust pipe* bisa tahan pada *temperature* gas buang mencapai 800°C ([www.wipo.int](http://www.wipo.int)) untuk menjaga supaya *exhaust pipe* tetap bisa mengalirkan gas buang tersebut dengan baik dan aman.

**b. Perawatan Berkala Pada *Turbocharger* Tidak Dilaksanakan Dengan Baik**

Dalam melakukan perawatan pada *turbocharger* di atas kapal, agar mendapatkan hasil yang maksimal maka perlu menyerahkan kegiatan perawatan tersebut kepada kontraktor yang berlisensi / terpercaya seperti kontraktor dari maker langsung. Akan tetapi fakta yang penulis temui di atas Tug Boat Kijang Mas 6 perawatan *turbocharger* tidak dilakukan oleh kontraktor yang berlisensi sehingga perawatan tidak terlaksana secara maksimal. Hal ini bertujuan untuk menghemat biaya perawatan dikarenakan biaya untuk jasa perawatan dari kontraktor yang berlisensi lebih mahal.

Pemeliharaan (*maintenance*) adalah faktor terpenting dalam pengoperasian kapal, terutama pemeliharaan *turbocharger* dan mesin induk sebagai penggerak kapal. Untuk pemeliharaan tersebut dibutuhkan seorang Masinis yang mampu untuk melaksanakan serta memiliki motivasi yang tinggi dalam melaksanakan kerja sesuai rencana dan tujuan yang diharapkan. Dalam *Planned Maintenance System* (PMS) di kapal dibuat oleh masing-masing Kepala Departemen 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 Tug Boat Kijang Mas 6 pelaksanaan PMS sering tidak sesuai dengan jadwal pemeliharaan yang telah ditetapkan, oleh karena terkendala jadwal pengoperasian kapal yang sangat padat sehingga dalam pemeliharaan *turbocharger* disini tidak mengacu pada jadwal pemeliharaan yang telah ditentukan.

## C. PEMECAHAN MASALAH

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

### 1. Alternatif Pemecahan Masalah

#### a. Terjadi Kerusakan Pada *Bearing Turbocharger*

Alternatif pemecahannya sebagai berikut :

##### 1) Melaksanakan Perawatan secara Berkala

Dalam melakukan perawatan *turbocharger*, harus mengikuti petunjuk *Instruction Manual Book* sebagai berikut:

- a) Kuras/kosongkan oli *turbocharger*
- b) Buka saringan udara *turbocharger*
- c) Buka *cover blower side*
- d) Buka *blower side*
- e) Buka baut penahan as *turbocharger*
- f) Keluarkan *bearing turbo*
- g) Buka *cover turbin side*
- h) Cabut *turbin side* satu set dengan asnya kearah sisi *turbin side*
- i) Cabut *nozzle ring* dan kemudian bersihkan

Di dalam perawatan ini bukan hanya sudu-sudu *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 yang sempurna.

## 2) Menggunakan *Bearing Yang Genuine Part*

*Turbocharger* dapat bekerja secara maksimal apabila ditunjang dengan komponen pendukung dalam kondisi baik seperti *bearing*. Oleh karena itu, dalam melakukan penggantian *bearing* harus memperhatikan kualitas dari *bearing* tersebut. Caranya yaitu dengan menggunakan suku cadang yang asli (*genuine part*). Adapun *bearing* yang asli dapat diketahui dari *part number* nya. Untuk mendapatkan *bearing* yang asli, biasanya dipesan langsung dari *maker*. Untuk itu, pihak kapal (Kepala Kamar Mesin) perlu memberi masukan kepada pihak kantor terkait hal tersebut.

Sebagaimana dijelaskan pada analisis data di atas, penggunaan suku cadang yang tidak asli sering dilakukan karena tidak tersedianya suku cadang yang asli di atas kapal. Untuk itu, perlu adanya penanganan dalam penggunaan dan pengontrolan suku cadang. Dengan menggunakan *bearing* yang asli maka *bearing* dapat bekerja sesuai jam kerjanya yaitu 10.000 jam kerja sedangkan *bearing* yang tidak asli biasanya tidak bertahan sampai batas maksimal tersebut.

## 3) Melakukan Penggantian *Bearing Sesuai Running Hours*

Setiap komponen / permesinan mempunyai batas maksimal pemakaian atau yang biasa disebut dengan *running hours*, begitu juga dengan *bearing* memiliki batas jam kerja yaitu 10.000 jam kerja. Oleh karena itu, *bearing* yang sudah melebihi jam kerjanya harus diganti dengan suku cadang yang baru dan *genuine part*. Pergantian *bearing* ini biasanya bersamaan dengan *overhaul turbocharger*. Adapun langkah-langkah *overhaul turbocharger* secara garis besar menurut *Instruction Manual Book* adalah sebagai berikut:

### a) Pemeriksaan secara visual

Pemeriksaan dilakukan dengan memperhatikan di sekitar turbocharger, apakah terdapat hal-hal yang mengakibatkan timbulnya problem. Pemeriksaan pertama dapat di mulai dengan menentukan apakah terdapat oil dari *exhaust stack*, hal ini dapat terjadi karena kebocoran seal turbocharger atau tersumbatnya

saluran drain *turbocharger*. Kerusakan pada *engine* lain juga dapat mengakibatkan hal ini, diantaranya *ring piston* patah, tersumbatnya *air breather* atau mesin beroperasi tanpa beban terlalu lama.

b) Pemeriksaan secara mekanis

Kerusakan mekanis dapat muncul seperti suara asing pada *turbocharger*, kerusakan pipa dan *line* atau masuknya material asing ke dalam system. Jika tidak ditemukan kebocoran setelah melakukan pemeriksaan kebocoran, hidupkan *engine* dengan putaran sedang tanpa beban dan dengarkan suara engine untuk menentukan apakah terdapat kebocoran yang terdeteksi pada test sebelumnya

Kemudian matikan *engine* dan dengarkan suara penurunan putaran *turbocharger*. Perhatikan apakah terdengar suara *wheel* bergesekan dengan *turbocharger housing*, disamping itu material asing yang terdapat didalam *turbocharger* juga dapat menimbulkan suara asing.

**b. Adanya Kebocoran pada *Flexible Exhaust Manifold***

Alternatif pemecahannya sebagai berikut :

**1) Mengurangi Getaran pada *Flexible Exhaust Pipe***

Pada dasarnya parameter suatu mesin adalah kekuatan dan putaran. Kekuatan dan putaran tersebut tergantung dengan kecepatan kapal yang diinginkan dan hambatan yang timbul pada pergerakan kapal. Pada sistem transmisi mesin tidak semua daya yang dihasilkan mesin diserap oleh semua menjadi gerak, banyak energi yang terbuang dalam bentuk panas dan getaran.

Getaran kapal merupakan salah satu bagian dari keseluruhan masalah yang tercakup dalam dinamika kapal (*ship dynamic*). Getaran adalah gerakan bolak-balik yang ada di sekitar titik keseimbangan di mana kuat lemahnya dipengaruhi besar kecilnya energi yang diberikan.

Dalam dunia perkapalan, getaran paling besar terjadi pada ruang mesin. Karena pada ruang mesin terdapat mesin utama (*main engine*) yang bekerja sebagai penggerak utama kapal.

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

- a) Menjaga agar 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.
- b) Menjaga temperatur gas buang yang *over heat*.
- c) Menghindari adanya getaran yang berlebihan.
- d) Menjagadari terjadinya *over speed engine*.

Adapun metode pengukuran getaran pada *flexible exhaust* diantaranya sebagai berikut :

a) *Metode Impact*

Teknik pengukuran jenis ini digunakan untuk menentukan frekuensi alami dari materi struktur dan peralatan berhenti. Biasanya digunakan untuk melakukan pengecekan pada perancangan plat, panel dan penegar pada bangunan atas dan dinding tangki di area kamar mesin sebelum kapal selesai dikerjakan secara total.

Struktur alat biasanya di bagian atasnya terdapat dua sampai delapan accelerometer yang telah dipasang sebelum diberi magnet dengan tangan. Dipukul secara tidak berirama dengan palu. Palu tersebut dipasang bantalan karet pada permukaan pukuhnya dan terdapat peralatan tambahan berupa accelerometers untuk pengukuran benturan paksa. Sebagai hasilnya, komponen mendapatkan local defect dan bergetar pada frekuensi naturalnya. Melekat dengan transfer function, dan secara terus menerus dimonitor pada FFT analyser, menandai ketika pengukuran bisa dihentikan.

b) *Electronic System*

Pengukuran getaran yang menggunakan suatu sistem elektronik yang menghasilkan suatu rekaman yang bersifat permanen. Alat transducers memungkinkan untuk menghasilkan sinyal yang proposional atau sebanding untuk akselerasi, percepatan atau pergantian jarak (*displacement*). Perekam pada sistem elektronik ini dapat dibuat baik dari magnetic tape, kertas osilograf, atau di dalam format digital (komputer).

Penggunaan kertas osilograf selama pengetesan getaran dimaksudkan agar jejak getaran bisa diperiksa secara langsung dan hal tersebut akan sangat menolong dalam mengevaluasi getaran yang ada. Ketika *displacement* dari pada percepatan dan akselerasi direkam, sinyal frekuensi rendah yang diinginkan berhubungan dengan gerakan suatu getaran yang penting adalah komponen utama yang harus direkam. Lalu, rekaman sap di evaluasi sejak dibawah kemungkinan frekuensi tinggi dengan amplituso *displacement* yang rendah. Perlengkapan harus tersedia untuk pengendalian sistem yang sesuai guna mengakomodasi range amplitude yang lebar.

c) *Vibration Analyzer*

Suatu alternative dengan biaya yang cukup murah dalam pemantauan secara kontinu sinyal getaran adalah dengan mengambil data getaran dari mesin pada interval waktu ruitn melalui alat *vibration analyzer* genggam yang dapat menampilkan output Analisa getaran langsung ditempat seperti nilai puncak, filter, RMS dan lainnya, serta spectrum FFT. Alat genggam ini dilengkapi dengan sebuah *accelerometer vibration pick-up*, sehingga teknisi pemeliharaan dapat secara aman menyentuh bagian yang akan dipantau pada tiap mesin pemeriksaan rutin.

**b. Meningkatkan Pemahaman ABK Mesin tentang Prosedur Perawatan berkala pada *Turbocharger* sesuai dengan *Planned Maintenance System* (PMS)**

Dalam perawatan *turbocharger*, para masinis di Tug Boat Kijang Mas 6 hanya melakukan perawatan ringan saja, seperti penggantian oli dan mencuci *filter turbocharger*, sedangkan untuk perawatan secara menyeluruh diserahkan kepada kontraktor yang ditentukan oleh pihak kantor. Dalam memilih kontraktor seringkali pihak kantor kurang memperhatikan kualitas dari kontraktor tersebut, seperti menggunakan jasa kontraktor yang tidak berlisensi. Untuk itu, pihak kapal hendaknya memberikan masukan kepada pihak kantor agar perawatan *turbocharger* diserahkan kepada kontraktor yang berlisensi.

Selanjutnya untuk menjaga kinerja *turbocharger* ABK mesin perlu melaksanakan perawatan terencana sesuai *Planned Maintenance System* (PMS). Dalam hal ini diperlukan pemahaman dari para Masinis tentang perawatan *turbocharger* yang benar. Untuk itu, Kepala Kamar Mesin perlu memberikan pengarahan atau familiarisasi kepada Masinis untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang perawatan *turbocharger* yang benar.

Pelaksanaan perawatan terencana di atas kapal dapat dilakukan secara beberapa tahapan, yang secara keseluruhan harus dijalankan dengan benar dan sesuai dengan setiap Prosedur yang sudah ditentukan. Dengan melakukan perawatan sesuai PMS diharapkan komponen dari *turbocharger* bisa berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya.

Adapun perawatan yang dilakukan terhadap *turbocharger* sebagai berikut:

1) Perawatan pada sudu-sudu turbin

Sudu-sudu turbin merupakan bagian dari salah satu komponen *turbocharger* yang mempengaruhi putaran dari *turbocharger*. Dari komponen bagian sudu-sudu turbin, bentuk *blade* dan panjang kisar *blade* harus benar-benar baik kondisinya. Karena sudu-sudu langsung digerakkan oleh aliran kecepatan di gas buang. Oleh karena

itu, hal-hal yang berhubungan dengan kecepatan aliran gas buang harus benar-benar diperhatikan dan dijaga guna menghindari kerusakan *turbin blade*.

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

Perawatan pada sudu-sudu turbin (*moving blade*) dapat dilakukan dengan cara menginjeksikan material pembersih *marine grit* dengan udara bertekanan 0.4 Mpa-0.9 Mpa melalui perangkat pencucian yang terpasang dengan sedemikian rupa pada konstruksi turbin, urutan pada pencucian ini adalah sebagai berikut :

- a) Pada saat mesin penggerak utama beroperasi, turunkan putaran *turbocharger* dari putaran normal yang biasanya pada saat kapal pada kecepatan penuh antara 18. 000 RPM turun sampai 15. 000 RPM.
- b) Hubungkan peralatan pencucian *turbocharger* dengan udara bertekanan untuk menginjeksikan material pembersih.
- c) Buka katup udara bertekanan selama satu sampai dua menit untuk proses pendinginan sitem pembersihan. Pastikan katup udara bertekanan sudah tertutup rapat.
- d) Buka tutup tabung penampung dan masukan *marine grit* sebanyak 0.7 liter, dan tutup kembali dengan benar benar rapat penutup *tank* tersebut supaya tidak ada udara bocor keluar melalui tutup tersebut.
- e) Lakukan proses pencucian (*moving blade*) dengan membuka katup angin dan katup material masuk ke sistem dan *marine grit* yang masuk dengan udara yang bertekanan akan menembus karbon atau kotoran yang nempel, sehingga kotoran yang nempel akan bersih terangkat dan keluar ikut dengan gas buang keluar

cerobong. Lakukan proses tersebut sampai *marine grit* dalam tabung habis.

- f) Setelah selesai pembersihan naikan putaran pada putaran normal kembali.

## 2) Perawatan *blower side*

Perawatan pada sudu-sudu *blower* atau yang sering disebut juga dengan *flushing* pembersihan dengan menggunakan air panas yang disemprotkan oleh *nozzle* dalam bagian sisi *blower*. *Nozzle* ini dihubungkan dengan sebuah tabung air tawar dengan dosis tertentu yang dipasang di luar kesing dan dilengkapi dengan sebuah katup. Ketika katup dibuka air tawar di dalamnya akan terhisap karena adanya gaya aksial dan keadaan vakum pada *blower*, air ini disemprotkan menjadi partikel yang sangat kecil dan membersihkan kotoran karbon yang menempel pada sudut tertentu. Pencucian seperti ini harus dilakukan dengan keadaan *turbocharger* berputar pada putaran maksimum dan mesin pada putaran penuh.

## 2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

### a. Terjadi Kerusakan Pada *Bearing Turbocharger*

Evaluasi pemecahan masalahnya sebagai berikut :

#### 1) Melakukan Penggantian *Bearing Sesuai Running Hours*

Keuntungannya :

- a) *Bearing* dapat berfungsi dengan baik
- b) Dapat menunjang kinerja *turbocharger* sehingga operasional mesin induk berjalan lancar

Kerugiannya :

- a) Membutuhkan suku cadang yang siap pakai di atas kapal
- b) Membutuhkan ketelitian dalam penggantian *bearing turbocharger* agar hasilnya sesuai yang diharapkan

## 2) Menggunakan *Bearing yang Genuine Part*

Keuntungannya :

11. Masa pakai atau jam kerja *bearing* lebih lama dibandingkan dengan *bearing* yang OEM / tidak asli
12. Pengoperasian *turbocharger* tidak terganggu karena kerusakan *bearing* secara mendadak.

Kerugiannya :

- a) Harga suku cadang asli (*genuine part*) lebih mahal
- b) Banyak pertimbangan dari pihak kantor dengan alasan penghematan biaya perawatan.
- c) Suku cadang asli harus dipesan langsung ke pabrik pembuat (*maker*) dan ini terkadang harus menunggu dalam waktu yang lama.

### b. Adanya Kebocoran Pada *Flexible Exhaust Manifold*

Evaluasi pemecahan masalahnya sebagai berikut :

#### 1) Mengurangi Getaran pada *Flexible Exhaust Pipe*

Keuntungannya :

*Flexible exhaust pipe* dapat berfungsi dengan baik untuk mencegah tegangan timbul oleh pemuaian dari pipa panas, sehingga pasokan *gas exhaust* yang mendorong *turbin blade* tercukupi.

Kerugiannya :

- a) Membutuhkan ketelitian dan pemahaman ABK mesin terhadap indikasi terjadinya kebocoran
- b) Perlu pengawasan baik secara berkala

**2) Meningkatkan Pemahaman ABK Mesin tentang Prosedur Perawatan berkala pada *Turbocharger* sesuai dengan *Planned Maintenance System (PMS)***

Keuntungannya :

- a) Masinis memahami prosedur perawatan yang benar sehingga dapat menjaga performa *turbocharger*
- b) Dapat mencegah terjadinya kerusakan secara mendadak pada *turbocharger* karena dilakukan perawatan secara berkala
- c) Dapat meminimalkan biaya perawatan

Kerugiannya :

Membutuhkan waktu untuk melakukan familiarisasi kepada Masinis agar mereka memahami prosedur perawatan dengan benar.

**3. Pemecahan Masalah yang Dipilih**

**a. Terjadi Kerusakan Pada *Bearing Turbocharger***

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah terjadinya kerusakan pada *bearing turbocharger* yaitu menerapkan PMS sesuai dengan manual book.

**b. Adanya Kebocoran Pada *Flexible Exhaust Manifold***

Pemecahan masalah yang dipilih untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mengurangi getaran pada *flexible exhaust pipe* dan penggantian *flexible exhaust*. Menjaga agar 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.

## **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. Terjadi kerusakan pada *bearing turbocharger*, dapat diatasi dengan melakukan *overhaul* pada *turbocharger* sesuai dengan petunjuk maker, melaksanakan perawatan secara rutin dan penggantian *bearing* berdasarkan jam kerjanya (*running hours*)
2. Adanya kebocoran pada *flexible exhaust manifold*, dapat diatasi dengan cara melaksanakan perawatan secara rutin untuk mengurangi getaran pada *flexible exhaust pipe* sehingga dapat mencegah kebocoran pada *flexible exhaust manifold*.

#### **B. SARAN**

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

1. Pihak Kapal
  - a. Melakukan *overhaul* pada *turbocharger* dan penggantian *bearing* yang sudah melampaui batas jam kerjanya (*running hours*).
  - b. Dalam melakukan penggantian *bearing* harus menggunakan *bearing* yang *genuine part*.
  - c. Membimbing ABK Mesin tentang prosedur perawatan *turbocharger* sehingga ABK Mesin mampu melaksanakan tugas perawatan dengan baik.

- d. Meminta *spare part* untuk perawatan *turbocharger* kepada perusahaan dengan menyampaikan limit waktu *spare part* yang diperlukan agar dipenuhi.
2. Pihak Perusahaan
- a. Cepat merespon permintaan suku cadang *turbocharger* dan mengirim suku cadang dengan kualitas bagus atau *genuine part* sesuai kebutuhan di atas kapal.
  - b. Lebih selektif dalam penerimaan crew baru dan memberikan pemahaman tentang tugasnya sebelum dikirim ke kapal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. (2019). *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Cetakan Sembilan, Jakarta : PT Pradya Paramitra
- Assauri, Sofyan. (2020). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta : Raja Grafindo Persada
- Daryanto. (2019). *Motor Diesel Kapal*, jilid 1; Pusdiklat Perhubungan Laut Jakarta.
- Johan Handoyo, Jusak. (2019). *Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal*. Jakarta : Djangkar
- Johan Handoyo, Jusak. (2019). *Manajemen Perawatan dan Perbaikan Permesinan Kapal*. Jakarta : Djangkar
- Karyanto. (2019). *Panduan Reparasi Mesin Diesel, Dasar Operasi Servis*, Jakarta : CV. Pedoman Ilmu Jaya
- Poerwodarminto. (2021). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta : Balai Pustaka
- P. Van Maanen. (2020). *Mesin Diesel*. Jakarta : Nautech
- Supandi. (2020). *Manajemen Perawatan Industri*. Jakarta : Rineka Cipta
- Undang-Undang No.17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran
- Zainal Arifin, dan Sukoco. (2020). *Teknologi Motor Diesel*, Cetakan Pertama. Bandung: Alfabeta

**Lampiran 1**  
**M/E Mitshubishi MPTK**



**Lampiran 2**  
**Pembongkaran Using Turbocharger**



**Lampiran 3**  
**Flexibel M/E Bocor**



#### Lampiran 4

Oli yang bocor karena *ring compresor wil* bocor



## Lampiran 5

Using yang sudah diganti spare part baru



## Lampiran 6

### *Turbocharger yang sudah perbaikan*



**Lampiran 7**  
**Casing turbo/keong turbocharger**



**Lampiran 8**  
**Turbo Repair Kit**



## 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 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*).
- : 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.