

**ANALISA TIDAK OPTIMALNYA KINERJA TURBOCHARGER  
PADA MESIN INDUK DI KAPAL MT. EDRICK0 8**



**MUH. ZULFAHMI**  
**NIT : 16.42.191**  
**TEKNIKA**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN**  
**POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR**  
**TAHUN 2021**

ANALISA TIDAK OPTIMALNYA KINERJA TURBOCHARGER  
PADA MESIN INDUK DI KAPAL MT. EDRICK0 8

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program  
Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan Oleh

**MUH. ZULFAHMI**

**16.42.191**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR  
TAHUN 2021**

**SKRIPSI**  
**ANALISA TIDAK OPTIMALNYA KINERJA TURBO CHARGER**  
**PADA MESIN INDUK DI KAPAL MT. EDRICKO 8**

Disusun dan Diajukan oleh:

**MUH. ZULFAHMI**  
**NIT. 16.42.191**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi  
Pada tanggal, 10 MEI 2021

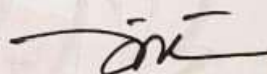
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Muhammad Ivan, S.Si.T., M.Si., M.Mar.E  
NIP. 19770304 200812 1 004



Tasdik Tona, S.T., M.M  
NIP. 19781221200912 1 003

Mengetahui:

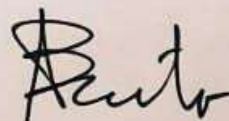
a.n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar  
Pembantu Direktur I



Capt. Hadi Setiawan, MT., M.Mar.  
NIP. 19751224 199808 1 001

Ketua Program Studi Teknika



Abdul Basir, MT., M.Mar.E  
NIP. 19681231 199808 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya : Muh.Zulfahmi  
Nomor Induk Taruna : 16.42.191  
Jurusan : Teknika

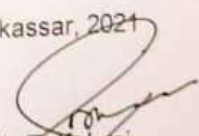
Menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

*Analisa Tidak Optimalnya Kinerja Turbocharger Pada Mesin Induk Di Kapal Mt. Edrick0 8*

Merupakan karya asli: seluruh ide yang ada dalam skripsi ini; kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Makassar, 2021

  
Muh. Zulfahmi  
NIT : 16.42.191

## ABSTRAK

MUH.ZULFAHMI,2021, “**Analisa Tidak Optimalnya Kinerja Turbocharger Pada Mesin Induk Di Kapal Mt. Edricko 8**”, (dibimbing oleh Muhammad Ivan dan Tasdik Tona)

Tujuan penelitian adalah mengetahui penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger* serta mengkaji dampak menurunnya kinerja *turbocharger main engine* di MT. Edricko 8. Penelitian dilaksanakan di MT. EDRICKO 8 mulai bulan Juni 2019 sampai Juli 2020. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif. Pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan penyebab tidak optimal dan menurunnya kinerja turbocharger main engine yaitu kotornya saringan udara pada *turbocharger* kotornya saringan pada blower sehingga tekanan udara yang dihisap menurun. Oleh sebab itu perawatan terhadap komponen turbocharger harus dilakukan secara berkala dan sesuai dengan buku petunjuk untuk meningkatkan kinerja dari turbocharger.

***Kata kunci : Turbocharger, Mesin Induk, Kapal***

## **ABSTRACT**

MUH.ZULFAHMI,2021, “**Analysis of the Turbocharger’s Non-Optimal Performance on the Mt. Edricko8’s Main Engine**”, (Guided By oleh Muhammad Ivan dan Tasdik Tona)

The purpose of the study was to determine the cause of the non-optimal performance of the turbocharger and to examine the impact of decreasing the performance of the main engine turbocharger in MT. Edricko 8. The research was conducted at MT. EDRICKO 8 from June 2019 to July 2020. The research method used is qualitative. Collecting data through interviews, observation, and documentation. The results showed that the cause of the non-optimal and decreasing performance of the main engine turbocharger was the dirty air filter on the turbocharger, the dirty filter on the blower so that the air pressure sucked decreased. Therefore, maintenance of the turbocharger components must be carried out regularly and in accordance with the manual to improve the performance of the turbocharger.

Keywords : Turbocharger, Main Engine, Ship

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan kasih dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan bagi Taruna jurusan Teknika dalam menyelesaikan studinya pada program diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini mungkin masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa, susunan kalimat, maupun cara penulisan serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam menguasai materi, waktu, dan data yang diperoleh. Untuk itu penulis senantiasa menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Tak lupa Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Capt. Sukirno, M.M Tr, M. Mar. E, selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Abdul Basir, MT., M. Mar. E., selaku Ketua Jurusan Teknika Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Bapak Muhammad Ivan, S.Si.T., M.Si., M. Mar. E., Selaku pembimbing I dan Bapak Tasdik Tona, S.T., M.M. selaku Dosen Pembimbing II Yang banyak meluangkan waktunya sehingga terselesainya skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
5. Nahkoda, KKM, Perwira-perwira, dan seluruh ABK dari kapal MT. EDRICKO 8
6. Seluruh Civitas Akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
7. Alm Ayahanda, dan Alm Ibunda yang menjadi sumber penyemangat dalam proses menyelesaikan pembuatan skripsi ini serta Kakak

tercinta, yang senantiasa memanjatkan doa dan memberi dukungan moral dan materil.

8. Seluruh Taruna/i PIP Makassar yang telah membantu dalam memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini, khususnya angkatan XXXVII.

Akhir kata Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi Penulis khususnya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melindungi dan memberkati kita semua.

Makassar, 19 Agustus 2021

**Penulis**



## DAFTAR ISI

|   | HALAMAN |
|---|---------|
| SAMPUL  | i       |
| HALAMAN PENGANTAR   | ii      |
| HALAMAN PENGESAHAN  | iii     |
| PERNYATAAN KEASLIAN                                       | iv      |
| ABSTRAK   | v       |
| ABSTACT   | vi      |
| KATA PENGANTAR  | vii     |
| DAFTAR ISI  | ix      |
| DAFTAR TABEL  | xi      |
| DAFTAR GAMBAR   | xii     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                  |         |
| A. Latar Belakang   | 1       |
| B. Rumusan Masalah  | 2       |
| C. Batasan Masalah  | 3       |
| D. Tujuan dan Manfaat Penelitian                          | 3       |
| E. Hipotesis  | 4       |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                            |         |
| A. Pengertian <i>Turbocharger</i>                         | 5       |
| B. Prinsip Kerja <i>Turbocharger</i>                      | 8       |
| C. Sistem <i>Turbocharger</i>                             | 9       |
| D. Komponen Pada Sistem <i>Turbocharger</i>               | 10      |
| E. Hubungan TurboCharger Dengan Gas Buang                 | 13      |
| F. Putaran Turbo Charge Terhadap Jumlah Udara Yang Dilsap | 13      |
| G. Bagian – Bagian <i>Turbocharger</i> Yang di Check List | 14      |
| H. Perawatan <i>Turbocharger</i>                          | 15      |
| I. Perawatan pada Komponen <i>Turbocharger</i>            | 16      |
| J. Kerusakan yang Sering Terjadi Pada <i>Turbocharger</i> | 16      |
| K. Keuntungan dan Kekurangan <i>Turbocharger</i>          | 17      |
| L. Kerangka Pikir   | 20      |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                          |         |
| A. Tempat Dan Waktu Penelitian                            | 21      |
| B. Batasan Istilah  | 21      |

|   |    |
|---|----|
| C. Metode Pengumpulan Data                    | 21 |
| D. Instrument Penelitian                      | 22 |
| E. Jenis Dan Sumber Data                      | 22 |
| F. Metode Analisa                             | 22 |
| G. Jadwal Pelaksanaan Penelitian              | 23 |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> |    |
| A. Gambaran Umum Tempat Penelitian            | 24 |
| B. Data Spesifikasi Main Engine               | 24 |
| C. Analisa Data Penelitian                    | 26 |
| D. Pembahasan Hasil Penelitian                | 33 |
| E. Data Perhitungan                           | 37 |
| F. Tabel Hasil Penelitian                     | 39 |
| G. Solusi dan Pemecahan Masalah               | 40 |
| H. Perawatan <i>Turbocharger</i>              | 48 |
| <b><i>BAB V PENUTUP</i></b>                   |    |
| A. KESIMPULAN                                 | 50 |
| B. SARAN                                      | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA                                | 52 |
| DAFTAR LAMPIRAN                               | 52 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Bagian <i>Turbocharger</i> .....                             | 17 |
| Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....                          | 29 |
| Tabel 4.1 Jam Kerja Overhaul <i>Turbocharger</i> .....                 | 35 |
| Tabel 4.2 Data ketentuan kinerja pada <i>turbocharger</i> .....        | 35 |
| Tabel 4.3 Data kinerja <i>turbocharger</i> hasil penelitian .....      | 35 |
| Tabel 4.4 Pemantauan <i>turbocharger</i> sehari sebelum kerusakan..... | 36 |
| Tabel 4.5 Pemantauan gas buang dari mesin induk .....                  | 38 |
| Tabel 4.6 Pemantauan filter <i>turbocharger</i> .....                  | 40 |
| Tabel 4.7 Pengaruh intercooler terhadap <i>turbocharger</i> .....      | 45 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Rumah Kompresor .....                                       | 12 |
| Gambar 2.2 : Pusat Inti .....  | 13 |
| Gambar 2.3 : Rumah Turbin .....  | 14 |
| Gambar 2.4 : Konstruksi Turbocharger .....                             | 14 |
| Gambar 2.5 : Proses Putaran <i>Turbocharger</i> .....                  | 16 |
| Gambar 4.1 : Main Engine Akasaka A-41 .....                            | 30 |
| Gambar 4.2 : Proses Kinerja <i>Turbocahrger</i> Pada Main Engine ..... | 42 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Perkembangan dunia perekonomian pada sektor maritim suatu negara sangatlah penting di era globalisasi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perkembangan dunia kelautan menjadi semakin pesat demikian juga persaingan dalam jasa angkutan laut. Dalam mengoperasikan kapal, maka diperlukan mesin bantu yang berfungsi secara optimal.

Salah satu permesinan bantu yang harus bekerja secara optimal adalah mesin diesel generator. Perkembangan Motor Diesel akhirnya memasuki perkembangan pemakaian dan pemasarannya yang lebih luas, dimana pada tahun 1950-an *Vernon Rose* mengembangkan pompa rotary serta *turbocharger*. Sehingga motor diesel sampai sekarang menjadi motor yang benar-benar efisien, ringan serta bebas polusi udara. Dibanding sebelumnya proses pemasukan udara pada motor diesel hanya terjadi pada proses langka isap torak serta perbedaan tekanan antara diluar dan didalam silinder.

. *Turbocharger* merupakan salah satu komponen yang dapat mengoptimalkan kerja dari mesin diesel tersebut. *Turbocharger* dipasang pada mesin diesel bertujuan untuk memasukkan udara sebanyak-banyaknya kedalam silinder dengan tekan lebih dari satu atmosfer. Dimana maksud dan tujuan dari dipasang akan terjadi pembakaran yang sempurna.

*Turbocharger* itu sendiri terdiri 2 bagian inti, yaitu: *blower side* yang berfungsi menghisap udara luar untuk mensu udara bersih yang dipakai dalam proses pembakaran didalam silinder. Bagian yang lainnya adalah *turbine side* yang berhubungan dengan exhaust gas dari mesin diesel generator yang melalui manifold selanjutnya dibawa keluar melalui cerobong.

*Turbocharger* merupakan suatu pesawat yang mampu menghasilkan udara bertekanan lebih dari 1 atm yang sangat dibutuhkan untuk proses pembakaran bahan bakar dalam silinder, dan pada motor diesel putaran *turbocharger* digerakan oleh tekanan gas buang dari dalam silinder sebelum keluar ke cerobong. Oleh karena itu putaran *turbocharger* perlu dipertahankan agar kinerja *turbocharger* tetap optimal terus menerus. Salah satu diantaranya yang harus dipertahankan adalah perawatan komponen – komponennya. Khususnya pada *turbine blade* selalu dirawat supaya putarannya tetap optimal dan tekanan gasnya tidak menurun.

Namun faktanya dilapangan kinerja *turbocharger* sering berubah – ubah disebabkan oleh pengaruh tekanan gas buang yang tidak stabil. Akibat pembakaran tidak sempurna sehingga gas buang mengandung karborasi yang pekat dan mudah melekat pada *turbin blade turbocharger*, sehingga tekanan ekspansi gas buang menurun.

Sehubungan dengan itu yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan antara perubahan temperature gas buang dengan putaran *turbocharger* serta putaran kompresor dengan udara luar. Sebab dengan fakta dalam prakteknya dilapangan yang terjadi adalah bila terjadi perubahan putaran mesin/rpm ada kemungkinan kinerja *turbocharger* menurun. Berkaitan dengan hal tersebut, maka akan di tuangkan dalam skripsi dengan judul. **“Analisa Tidak Optimalnya Kinerja Turbocharger Pada Mesin Induk Di Kapal MT. EDRICK 08**

## **B. Rumusan Masalah**

Sebagai mana telah dijelaskan pada latar belakang di atas, *blowerside* berfungsi menyuplai udara lebih untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna dalam ruang silinder, namun terkadang terjadi gangguan sehingga pengoperasian *turbocharger* menjadi tidak optimal. Berdasarkan latar belakang diatas, maka

penulis menetapkan rumusan masalah yaitu “Apa penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger*?”

### **C. Batasan Masalah**

Sesuai dengan rumusan masalah serta mengingat begitu luasnya permasalahan dalam pembahasan penelitian ini maka penulis akan membatasi ruang lingkup permasalahan dan menitik beratkannya pada:

1. Kotornya turbin side / sudu – sudu turbin *turbocharger*.
2. Kotornya saringan udara pada *blower side*.

### **D. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

#### **1. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

- a. Untuk mengkaji penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger main engine* di atas kapal
- b. Untuk mengkaji dampak menurunnya kinerja *turbocharger main engine*

#### **2. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

- a. Manfaat teoritis
  - 1) Memperluas pengetahuan tentang sistem *turbocharger* pada mesin induk.
  - 2) Sebagai bahan rujukan penelitian atau referensi berikutnya bagi peneliti lanjut serta rekan–rekan taruna yang akan melaksanakan praktek laut dan pembaca tentang *turbocharger*.
- b. Manfaat praktis
  - 1) Memberikan referensi bagi perusahaan serta alat transportasi darat dan transportasi laut yang bertenaga pendorong mesin diesel yang mempunyai sistem *turbocharger*.

- 2) Sebagai bahan masukan bagi *crew* khususnya pada masinis yang bekerja di atas kapal sebagai perwira dan sekalipun pada transportasi darat yang bekerja sebagai mekanik dimana berkaitan tentang mesin penggerak dan mempunyai sistem *turbocharger*.

#### **E. Hipotesis**

Berdasarkan pada masalah pokok yang dikemukakan berdasarkan rumusan masalah diatas, maka yang menjadi hipotesis dalam penulisan skripsi ini maka penulis menduga tidak optimalnya kinerja *turbocharger* dikarenakan:

1. Kotornya *turbin side* (sudu – sudu turbin)
2. Kotornya saringan udara pada *blower* sehingga tekanan udara yang dihisap menurun.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian *Turbocharger*

*Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari asap gas buang kendaraan biasanya digunakan di mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang memasuki mesin kunci. Keuntungan dari *Turbocharger* adalah mereka menawarkan sebuah peningkatan yang lumayan banyak dalam tenaga mesin hanya dengan sedikit menambah berat.

Menurut Alfred Buecchi, *turbocharger* merupakan suatu alat yang memanfaatkan gas buang hasil pembakaran untuk menggerakkan turbin dan di pasang seporos dengan *blower* yang disebut *compressor*. *Turbocharger* berputar dengan kecepatan tinggi menghasilkan udara dengan tekanan lebih untuk dimanfaatkan menaikkan tekanan udara masuk pada motor bakar.

*Turbocharger* (Alfalah, Sulistyono, & Ikhsan, 2017) didefinisikan sebagai salah satu komponen tambahan pada motor pembakaran dalam baik itu motor bensin maupun motor diesel yang berfungsi untuk meningkatkan mass flow yang masuk ke dalam engine, sehingga power yang dihasilkan dapat meningkat. Komponen utamanya terdiri dari turbin dan kompresor. Turbin pada *turbocharger* digerakkan oleh gas exhaust engine, kemudian putaran turbin yang dihasilkan menggerakkan kompresor untuk meningkatkan mass flow udara yang masuk ke mesin dan menjadikan mesin sangat efisien dan konsumsi bahan bakar yang ekonomis pada perbandingan tekanan kompresor dan turbin yang tinggi. *Turbocharger* berputar dengan kecepatan tinggi menghasilkan udara dengan tekanan lebih untuk dimanfaatkan menaikkan tekanan udara masuk pada motor bakar.

*Turbocharger* juga merupakan sebuah peralatan untuk menambah jumlah asupan udara yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang hasil dari pembakaran. *Turbocharger* merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara dari konsep natural atau alami menjadi sistem induksi paksa. Jika sebelumnya udara yang akan dimasukkan ke dalam silinder hanya mengandalkan kevakuman yang dibentuk dari pergerakan piston saat bergerak dari TMA ke TMB atau saat langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin yang digerakkan oleh tenaga dari gas buang hasil pembakaran (Sumardiyanto & Susilowati, 2017;Tjahjono, Purwantono, Hariyanti, & Tazani, 2018).

*Turbocharger* ditemukan oleh seorang insinyur swiss Dr. Alfred J. Buchi. Dr Buchi Chief Engineer Sulzer Saudara Departement Penelitian dan pada tahun 1951. *Turbocharger* diaplikasikan untuk dipakai pada tahun 1905. Lokomotif dan kapal bermesin diesel dengan *Tubocharge* mulai terlihat 1920-an sebuah kerugian dalam mesin bensin adalah rasio kompresi harus direndahkan (agar tidak melewati tekanan kompresi maksimum dan untuk mencegah *knocking* mesin) yang menurunkan efisiensi mesin ketika beroperasi pada tenaga rendah. Kerugian ini tidak ada dalam mesin diesel *Turbocharge* yang dirancang khusus. Namun, untuk operasi ketinggian, pendapatan tenaga dari kedua jenis mesin. Faktor terakhir ini membuat mesin pesawat dengan *Turbochargers* sangat menguntungkan dan awal dari pemikiran untuk mengembangkan alat ini. Komponen mesin ini memiliki tiga bagian penting: roda turbin, roda kompresor dan rumah as. Roda turbin yang bersudu – sudu ini berutar memanfaatkan tekanan gas buang keluar, kemudian melalui as terputarnya roda turbin ini berputar pula roda kompresor dengan sudu – sudunya sehingga memompa udara masuk dalam massa

yang padat. Mengingat komponen ini sering berputar melebihi 80.000 putaran per menit maka pelumasan yang baik sangat diperlukan (sumber : citra asri buana, 2013)

Prinsip kerja *Turbocharger* adalah proses pembuangan gas buang didalam silinder mesin dilakukan oleh piston yang mendorong gas buang hasil pembakaran sehingga gas buang didalam ruang bakar terdorong keluar melalui katup buang menuju saluran gas buang. Gas buang kemudian Gas buang menekan kesuatu roda Turbin sehingga menghasilkan putaran. *Blower* yang dipasang seporos dengan roda Turbin sehingga 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 kedalam silinder (panji, 2011)

Mahadi (2010), penggunaan *turbocharger* dengan *intercooler* adalah untuk memperbesar daya motor (30 – 80%) , mesin diesel dengan *turbocharger* dapat bekerja lebih efisien, apabila mesin harus bekerja pada ketinggian lebih dari 1500 meter diatas permukaan laut, *turbocharger* mempunyai arti penting dalam usaha mengatasi kerugian daya yang disebabkan oleh berkurangnya kepadatan udara atmosfer di tempat tersebut. Daya akan meningkat sebesar 66,1 % dengan memakai *turbocharger* dan *intercooler* pada putaran 2500 rpm dengan jumlah silinder dan ukuran / dimensi mesin yang sama. Tekanan efektif rata –rata meningkat sebesar 66,4 % pada putaran 2300 rpm dengan dimensi mesin yang sama. Torsi untuk motor bakar diesel ini juga meningkat sebesar 60,8% pada putaran 2100 rpm dengan dimensi mesin juga sama. Konsumsi bahan bakar spesifik menurun sebesar 5,20 % pada putaran 2100 rpm untuk motor bakar dengan *turbocharger* dan *intercooler* ini. Daya indikator pada motor bakar diesel ini meningkat sebesar 62,6%. Dengan hasil ini boleh dikatakan bahwa

penggunaan *turbocharger* dan *intercooler* sangat efisien dan sangat berpengaruh terhadap performansi motor bakar diesel tersebut.

Sebuah kerugian dalam mesin bensin adalah rasio kompresi harus direndahkan (agar tidak melewati tekanan kompresi maksimum dan untuk mencegah *knocking* mesin) yang menurunkan efisiensi mesin ketika beroperasi pada tenaga rendah. Kerugian ini tidak ada dalam mesin diesel di *turbocharger* yang dirancang khusus. Namun, untuk operasi pada ketinggian, pendapatan tenaga dari sebuah *turbocharger* membuat perbedaan yang jauh dengan keluaran tenaga total dari kedua jenis mesin. *Faktor terakhir ini membuat mesin pesawat dengan turbocharger sangat menguntungkan; dan merupakan awal pemikiran untuk pengembangan alat ini.*

## **B. Prinsip Kerja Turbocharger**

1. Pada saat langkah buang, dimana *exhaust valve* terbuka, gas-gas pembakaran dikeluarkan dari dalam silinder melalui *exhaust valve*.
2. Dalam perjalanan menuju cerobong, gas ini harus memutar sudut jalan *moving blades* sehingga poros turbin berputar.
3. Diujung poros turbin dipasangkan *blower* sehingga *blower* yang berputar ini akan mengisap udara dari kamar mesin dan menekannya ke dalam silinder melalui inlet *valve* yang terbuka pada saat langkah pemasukan. Bila *supply* gas memutar *moving blade* cukup banyak, maka poros turbin berputar cepat, dengan demikian *supply* udara oleh *turbocharger* juga cukup banyak yang masuk silinder, sehingga jumlah udara masuk silinder lebih berat, mengakibatkan pembakaran akan menjadi sempurna. Karena pembakaran dihasilkan maka tenaga motor akan bertambah ( $\pm 15\%$  hingga  $40\%$  tenaga, dibandingkan tanpa *turbocharger*). Untuk kerja *turbocharger* dapat diperoleh berdasarkan formula persamaan sebagai berikut :

$$W_c = m_a C_{p_a} (T_4 - T_3)$$

Dimana :

$m_a$  = Aliran Masa Udara (Kg)

$C_{p_a}$  = panas spesifik udara (Kj/kgK)

$T_4$  = temperature akhir kompresi

$T_3$  = temperature awal kompresi

Data yang diperoleh pada saat jaga dikamar mesin

$m_a$  = 14,5 Kg Ketentuan

$T_4$  = 200 °C  $C_p$  = 1,006 kj/kgK

$T_3$  = 35 °C

Sehingga kerja pada kompresor dapat dihitung berdasarkan formula persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} W_c &= m_a C_{p_a} (T_4 - T_3) \\ &= 14,5 \text{ Kg} \cdot 1,006 \text{ kj/kgK} (200 \text{ °C} - 35 \text{ °C}) \\ &= 14,5 \text{ Kg} \cdot 1,006 \text{ kj/kgK} (473 \text{ K} - 308 \text{ K}) \\ &= 14,5 \text{ Kg} \cdot 1,006 \text{ kj/kgK} (165 \text{ K}) \\ &= 2.406,9 \text{ kj} \end{aligned}$$

*Jadi, Kerja Kompresornya adalah 2.406,9 kj*

### **C. Sistem Turbocharger**

Sistem *turbocharger* adalah mesin pembakaran dalam yang mana disambungkan secara parallel ke gas *turbocharger* dan disesuaikan menjadi sambungan individual dan tidak menyambung. *Turbocharger* gas buang dibuat dengan memanfaatkan gas buang dan massa udara yang mengalir melalui mesin pembakaran dalam dengan tenaga yang bernilai. Sebagian tenaga mesin pembakaran dalam menyesuaikan dengan segera menyapalai gas buang, seperti gas buang *turbocharger* dalam pengoperasian bahwa mesin pembakaran dalam mengoperasikan maksimal menutup kondisi operasi secara optimum. Besarnya *exshaus* gas

*turbocharger* ditambah didalam rangkaian sesuai dengan tangkapan suplai gas buang didalam kasus perpindahan untuk memelihara tenaga sebagian udara tinggi dan tidak menyambung dalam rangkaian didalam kasus memindahkan sebagian tenaga yang rendah.gas buang kecil pada *turbocharger* dan mengoperasikan jarak antara rendahnya dan tingginya saplai gas buang pada mesin pembakaran dalam, itu berulang kali menambah dan sering mengulang dan suplementasi untuk gas buang yang besar pada *turbocharger*.

#### D. Komponen Pada Sistem *Turbocharger*

##### 1. Rumah Kompresor (Blower)

Rumah kompresor terbuat dari bahan aluminium bersambungan dengan bagian pusat inti (*centre core*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.

Gambar 2.1 Rumah Kompresor



Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Findonesian.china-turbocharger.com>

##### 2. Pusat Inti (*Centre Core*)

Pada bagian rumah pusat inti terdapat poros turbin dan turbin serta roda kompresor (*blower*), bantalan , *ring*, cincin

pelat, *oil deflector*. Bagian – bagian yang berputar termasuk *turbine shaft*, *kompresor 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 sangat tinggi.

Gambar 2.2 : Pusat Inti



Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F3.bp.blogspot.com>

### 3. Rumah Turbin (Turbine Housing)

Terbuat dari bahan *cast steel* dan bersambungan dengan bagian rumah pusat inti (*centre core*) dengan memakai cincin baja penjamin. Diantara sambungan rumah turbin dan manifold buang dipasang gasket yang terbuat dari bahan *stainless steel* untuk menjamin sambungan tersebut.

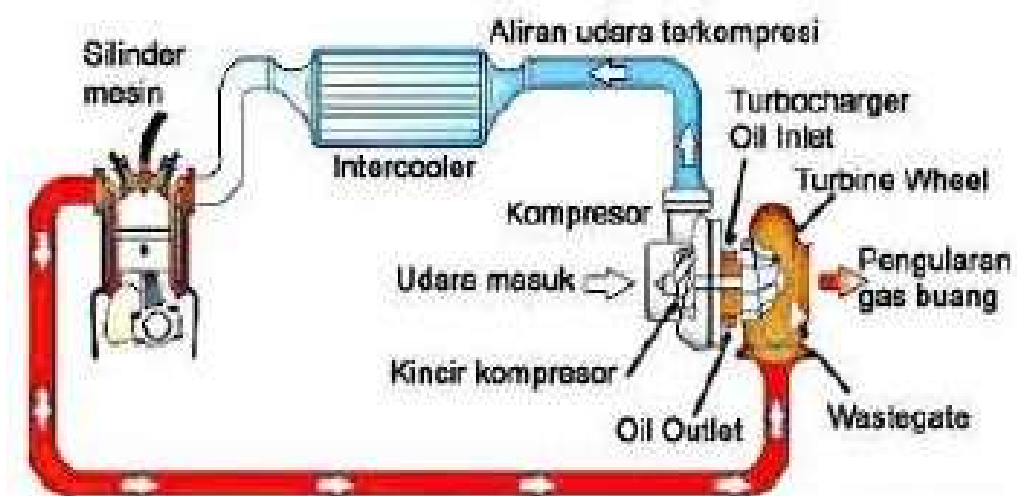
Gambar 2.3 : Rumah Turbin



Sumber: <https://www.google.co.id/search?q=gambar+turbin+turbo+charger&safe.com>

Konstruksi *turbocharger* terdiri dari sebuah turbin gas dan sebuah kompresor, keduanya dipasang satu poros. Turbin gas berfungsi sebagai pemutar kompresor dengan memanfaatkan energi panas gas buang. Konstruksi *turbocharger*.

Gambar 2.4 : Konstruksi *Turbocharger*



Sumber : <https://www.academia.edu/9770650/Turbochargerr>



Gas buang dari *exhaust* manifold disalurkan menuju rumah sudu turbin gas hingga turbin berputar. Putaran turbin disalurkan ke kompresor melalui poros penghubung hingga kompresor juga berputar. Putaran *turbocharger* bisa mencapai 100.000 rpm lebih, putaran yang begitu tinggi yang menghasilkan jumlah udara yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan pengisian alami.

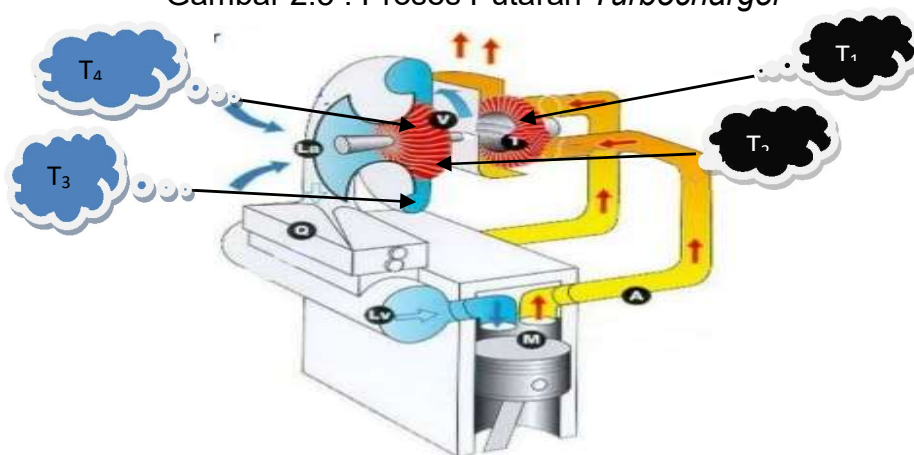
### E. Hubungan Turbocharger Dengan Gas Buang

Sesuai dengan prinsip kerja *turbocharger*, dimana *turbocharger* digerakan oleh adanya tekanan gas buang, menggerakkan sudu-sudu turbin sehingga compressor berputar pada shaft yang sama dengan turbin. Sehingga naik turunnya putaran *turbocharger* dipengaruhi oleh tekanan gas buang.

### F. Putaran Turbocharge Terhadap Jumlah Udara Yang Dilsap

Menurut Wiranto Arismunandar (2005;114) Motor bakar torak menjelaskan bahwa : motor 4-langkah yang bekerja dengan *turbocharger* tekanan isapnya lebih tinggi daripada tekanan udara atmosfer sekitarnya, hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer masuk ke dalam selinder selama langkah isap. Sehingga jumlah udara atau campuran dengan udara segar yang dimasukkan lebih besar daripada dengan proses pengisapan oleh torak pada waktu langkah isap.

Gambar 2.5 : Proses Putaran Turbocharger



Sumber : BBC Turbochargerr

Keterangan :

T1 : Suhu setelah *turbocharger*

T2 : Suhu sebelum gas buang *turbocharger*

T3 : Suhu udara untuk pembakaran setelah *turbocharger*

T4 : Suhu udara untuk pembakaran sebelum *turbocharger*

Berdasarkan persamaan siklus brayton.

Kondisi steady :

Dari kesetimbangan massa dan kesetimbangan energy dalam *volume control*, *turbocharger* di operasikan secara adibiatik dengan efek rugi energi kinetik diabaikan demikian juga energy potensial (siklus brayton).

#### **G. Bagian – Bagian *Turbocharger* Yang di Check List**

Adapun bagian-bagian *turbocharger* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 : Bagian *turbocharger*

| No. | Bagian-Bagian <i>turbocharger</i>  |
|-----|--|
| 1   | Output dan kecepatan mesin diesel  |
| 2   | Suhu air pendingin yang masuk  |
| 3   | Kecepatan <i>turbo charger</i>   |
| 4   | Emisi gas buang temperature setelah turbin                                       |
| 5   | Emisi gas buang temperature sebelum turbin                                       |
| 6   | Tekanan setelah dan sebelum turbin   |
| 7   | Kondisi saringan udara   |
| 8   | Kondisi minyak lumas   |
| 9   | Suhu udara setelah kompresor   |
| 10  | Suhu air cooling memasuki turbin casing  |
| 11  | Suhu air cooling meninggalkan turbin casing                                      |
| 12  | Kuantitas ,merek dan kualitas minyak pelumas                                     |
| 13  | Level dari minyak lumas sesuai dengan maximal dan minimum yang telah ditentukan. |

Sumber : Manual book *Turbocharger* MT. EDRICKO 8

## H. Perawatan Turbocharger

Perawatan dapat ditinjau dari berdasarkan beberapa pakar ilmuwan yaitu diantaranya sebagai berikut:

1. Menurut Ir. Suharto (1911), perawatan adalah perawatan pencegahan terhadap berbagai aktifitas yang harus dilakukan bukan hanya mencegah terjadinya kepatahan produksi, serta mengurangi ongkos operasi kapal.
2. Menurut NSOS (1990), Manajemen perawatan dan perbaikan, pilihan pertama untuk menentukan suatu strategi perawatan adalah antara “perawatan insidental” dan “perawatan berencana”. Perawatan insidental artinya kita membiarkan mesin bekerja sampai rusak. Jika kita ingin menghindari agar mesin bekerja tidak sampai rusak dengan cara strategi ini maka kita harus menyediakan kapasitas fungsi-fungsi yang kritis, maka beberapa type sistem diharapkan dapat memperkecil kerusakan dan beban kerja. Pada umumnya metode operasi ini sangat mahal oleh karena itu bentuk perencanaan diharapkan dengan menggunakan sistem perawatan berencana, maka tujuan kita adalah untuk memperkecil kerusakan dan beban kerja pekerjaan perawatan yang diperlukan. Menurut *Insturction Manual book*, perawatan instalasi yang teratur akan meningkatkan kerja dan kemampuan. Sebagaimana kondisi pengoperasian instalasi yang sebenarnya berpengaruh banyak pada waktu yang lama serta direkomendasikan. Ketika peralatan telah dioperasikan pada periode waktu yang lama dan pengalaman yang telah ditetapkan sebagaimana bentuk sebenarnya hal ini akan memungkinkan untuk menyesuaikan jadwal perawatan.

## **I. Perawatan pada Komponen *Turbocharger***

Adapun langkah-langkah perawatan yang dilakukan pada komponen utama guna mempertahankan kinerja *turbocharger* adalah sebagai berikut:

### **1. *Blower side* dan *turbin side***

Pada turbin terdapat sudu dan fluida kerja mengalir melalui ruang antara sudu tersebut, dan kemudian roda turbin dapat berputar .maka tentu ada gaya yang bekerja pada sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadinya perubahan momentum pada fluida kerja yang mengalir diantara sudunya.

### **2. Saringan Udara**

Saringan udara selalu dibersihkan agar udara yang dihisap oleh *blower* benar-benar bersih yang akan masuk kedalam silinder dengan jumlah volume udara yang konstan sesuai dengan kebutuhan pada mesin.

### **3. Minyak Pelumas**

Minyak pelumas pada *turbocharger* harus selalu diperhatikan selama mesin dalam pengoperasian agar kondisi kerja dari *turbocharger* tetap normal dengan mengikuti anjuran penggunaan minyak pelumas dari *temperature* yang diizinkan (120°C) sehingga bagian yang dilumasi dapat bekerja dalam jangka waktu yang lama. Penggantian minyak lumas dilakukan setiap 500 jam kerja serta membersihkan *oil reservoir* dengan menggunakan paraffin

## **J. Kerusakan yang Sering Terjadi Pada *Turbocharger***

Menurut Hery Sunaryo (1998;101) kerusakan yang sering terjadi pada *turbocharger* adalah sebagai berikut :

1. Terjadinya gesekan antara sudu-sudu turbin ataupun antara *compressor* dan rumahnya karena ausnya bantalan atau poros turbin yang perbaikannya dilakukan dengan mengganti poros dan bantalannya, atau karena ausnya sudu pada bagian diameter luar sehingga sudu harus diganti.

2. Bocornya pelumas, perbaikannya dilakukan dengan mengganti segel yang ada atau mengencangkan bagian-bagian yang bocor.
3. Tersumbatnya nosel turbin, perbaikannya dilakukan dengan membersihkan atau menggantinya.
4. Kerusakan bantalan, perbaikannya dilakukan dengan menggantinya dengan yang baru.
5. Kotoran pada sudu – sudu turbin *blade*, perbaikannya dilakukan dengan membersihkan saringan dan sudu – sudunya.

## **K. Keuntungan dan Kekurangan *Turbocharger***

### **1. Keuntungan *turbocharger*:**

Dalam penggunaannya, pemasangan *turbocharger* pasti ada maksud dan tujuannya. Pastinya ada keuntungan dan kerugiannya. Disini penulis mencoba mengulas beberapa keuntungan dalam pemasangan *turbocharger* pada mesin penggerak utama diantaranya yaitu:

- a. Peningkatan kekuatan untuk rasio berat.  
Sebuah *turbocharger* dapat meningkatkan daya dan torsi mesin diesel sebesar 30% -40% dari versi konvensional. (Karyanto, 2000).
- b. Mengurangi kebisingan mesin.  
Turbin *casing* bertindak sebagai kumpulan penyerapan kebisingan mesin gas buang. Demikian pula, bagian *inlet* kompresor mengurangi kebisingan yang dihasilkan oleh pulsa dalam *intake manifold*. Akibatnya, mesin *turbocharger* biasanya tenang dari pada konvensional lainnya (Maleev, 1995).
- c. Bahan bakar ekonomis.  
Sebuah mesin *turbocharger* memiliki efisiensi volumetrik yang lebih tinggi dibandingkan konvensional, dengan mencapai pembakaran yang lebih lengkap, yang menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah. (Wiranto Arismunandar, 1988).

d. Pengurangan asap.

Mesin *turbocharge* menghasilkan fase pembakaran lebih efisien dan bersih, yang mengurangi produksi asap pada mesin.

e. Membantu dalam meredam gas buang.

*Turbocharger* dapat meredam bunyi letupan yang dihasilkan oleh gas buang yang keluar, karena pada *turbocharger* tersebut dilengkapi dengan alat peredam suara (*silencer*). (Maleev, 1995)

f. Efisiensi mekanis motor dapat dinaikkan.

Kerugian-kerugian mekanis akibat terjadinya gesekan mempunyai hubungan dengan ukuran dan jumlah putaran motor. Pembesaran kerugian gesekan karena adanya penggunaan *turbocharger* hanya disebabkan karena bertambahnya putaran motor saja. Oleh karena adanya motor diesel yang dilengkapi dengan *turbocharge* mempunyai tingkat efisiensi mekanis yang lebih besar, bila dibandingkan dengan motor diesel yang tanpa *turbocharger* pada daya yang sama. Hal ini karena pada motor diesel yang menggunakan *turbocharger* tidak perlumemperbesar konstruksi utama motornya (Maleev, 1995).

g. Dapat bekerja ditempat yang mempunyai ketinggian.

Semakin tinggi letak suatu tempat dari permukaan laut, maka akan semakin rendah tekanan atmosfernya. Hal ini berarti kerapatan udara yang akan masuk kedalam silinder pembakaran motor akan berkurang dan sebagai akibatnya bahan bakar yang dapat dibakar didalam silinder akan berkurang juga, sehingga dapat menyebabkan tenaga motor berkurang dari semula. Penurunan ini akan lebih kecil pada motor yang dilayani oleh *turbocharger* (Wiranto Arismunandar, 1988).

h. Harga Mesin Lebih Murah.

Mesin yang menggunakan *turbocharger* pada umumnya lebih murah dibanding dengan pengisapan natural dengan tenaga yang sama. (Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud, 2000).

i. Sebuah *turbocharger* tak menyerap tenaga dari poros utama.

Dalam hal *turbocharger*, tak ada hubungan langsung secara mekanis sehingga karenanya tenaga blower atau kompresor tidak mengakibatkan kerugian pada daya poros utama (Yanmar Diesel Engine, 1986).

## 2. Kekurangan *Turbocharger*

Setelah membahas keuntungan diatas. Kini saatnya giliran penulis membahas kekurangan dari penggunaan *turbocharger*. Beberapa kekurangan dalam pemasangan *turbocharger* pada mesin penggerak utama diantaranya yaitu:

a. Membutuhkan perawatan ekstra terutama pelumasan.

*Turbocharger* lebih membutuhkan perawatan ekstra dalam pelumasan untuk kelancaran putaran poros dan karena putaran yang sangat tinggi dapat menghasilkan panas yang berlebih bahkan tidak terkontrol, hal tersebut dapat mengakibatkan keausan terhadap *bearing* dan bagian bagian penting yang lain dari *turbocharger*.

b. Lebih berisik.

Pemasangan *turbocharger* membuat kamar mesin lebih bising karena *turbocharger* mengeluarkan suara berdenging yang dihasilkan dari putaran turbin pada *turbocharger* yang tinggi.

c. Pengawasan yang ekstra dalam pengoperasian.

Menambah pekerjaan bagi operator mesin, karena harus terus memperhatikan kerja dari *turbocharger*. Dalam hal ini yang direpotkan tentu masinis dan oiler jaga. Yang harus melakukan pengawasan ekstra terhadap *turbocharger*.

d. Sangat mempengaruhi daya mesin.

Bila *turbocharger* mengalami gangguan maka dapat berpengaruh terhadap daya mesin. Ini disebabkan oleh karena *turbocharger* berhubungan langsung dengan gas buang yang dihasilkan oleh mesin induk. Begitu pula sebaliknya apabila *turbocharger* mengalami masalah itu juga akan menyebabkan *supply* udara bilas ke ruang pembakaran berkurang dan dapat menghambat laju kapal karena terganggunya kompresi mesin karena kurangnya asupan udara. (sumber : eri rozidin, 2012, keuntungan *turbocharger*).

#### L. Kerangka Pikir

Sesuai dengan judul skripsi yang di ambil maka susunan kerangka pikir adalah sebagai berikut :





## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat Dan Waktu Penelitian**

1. Tempat penelitian akan dilaksanakan di atas kapal pada saat melaksanakan prala (peraktek laut).
2. Waktu penelitian dilakukan kurang lebih 12 bulan terhitung mulai bulan Juni 2019 – Juli 2020 pada saat melaksanakan prala (peraktek laut) di atas kapal

#### **B. Batasan Istilah**

Adapun batasan istilah yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari asap gas buang kendaraan.
2. *Sentrifugal* adalah gaya yang bekerja pada benda yang berputar dengan arah gaya menjauh pusat atau inti.
3. *Turbine Blade* adalah komponen individual yang membentuk bagian turbin.
4. *Air Filter* adalah perangkat yang terdiri dari bahan berserat yang terdiri dari bahan berserat yang menghalangi partikular padat seperti debu.
5. *RPM (rotation per minute)* adalah jumlah putaran / rotasi yang dilakukan dalam satu menit

#### **C. Metode Pengumpulan Data**

Data dan informasi yang diperlukan untuk Proposal ini dikumpulkan melalui :

1. Metode Lapangan (*Field Research*), yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara peninjauan langsung pada objek yang diteliti.
2. Tinjauan Kepustakaan (*Library Research*), yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara membaca dan mempelajari buku-buku referensi yang berhubungan dengan masalah yang dibahas, untuk

memperoleh landasan teori yang akan digunakan dalam membahas masalah yang diteliti.

#### **D. Instrument Penelitian**

1. *Observasi* yaitu pengamatan yang dilakukan secara langsung terhadap objek yang akan diteliti dilapangan pada waktu penulis melakukan praktek laut di kapal.
2. Wawancara (*interview*) yaitu mengadakan tanya jawab secara langsung kepada perwira mesin di kapal.

#### **E. Jenis Dan Sumber Data**

1. Jenis data
  - a. Data *kualitatif* adalah data yang diperoleh dalam bentuk *variabel* berupa informasi-informasi sekitar pembahasan baik secara lisan maupun tulisan.
  - b. Data *kuantitatif* adalah data yang berupa angka merupakan hasil dari pengukuran pada saat melakukan perawatan di kapal.
2. Sumber data
  - a. Data *Primer*

Data *primer* merupakan data pokok yang diperoleh dari tempat penelitian yang merupakan hasil pengamatan secara langsung pada bagian yang telah diteliti khususnya bagian yang berkaitan dari judul yang penulis angkat pada penulisan kertas kerja ini.
  - b. Data *sekunder*

Data *sekunder* merupakan data pelengkap dari data *primer* yang bersumber dari buku-buku referensi yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.

#### **F. Metode Analisa**

Dalam penulisan ini, metode yang digunakan penulis untuk menganalisa data pada karya ilmiah ini adalah metode analisa *deskriptif kualitatif* yaitu teknik analisa yang digunakan untuk memaparkan suatu kejadian yang terjadi di kapal, yang berhubungan

dengan faktor penyebab *tidak optimalnya kinerja turbocharger pada mesin induk*. Atas dasar pengamatan penulis dengan melihat data yang ada, dengan menggunakan teknik yang ada, penulis berharap agar menghasilkan pemecahan masalah yang baik dalam penyusunan kertas kerja ilmiah ini.

### G. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan oleh peneliti tergambar pada table 3.1.

Tabel 3.1 : Jadwal Pelaksanaan Penelitian

| No | Kegiatan                               | TAHUN 2018 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----|--|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|    |  | BULAN      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|    |  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1  | Pengumpulan buku referensi             |            |   |   |   |   |   |   |   | ■ |    |    |    |
| 2  | Pemilihan judul                        |            |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  |    |    |
| 3  | Penyusunan proposal dan bimbngan       |            |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  |    |
| 4  | Seminar proposal                       |            |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  |    |
| 5  | Perbaikan seminar proposal             |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ■  |
|    |  | TAHUN 2019 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 6  | Pengambilan data penelitian            |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|    |  | TAHUN 2020 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|    |  | ■          | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■  | ■  |
| 7  | Penetapan judul untuk hasil penelitian |            |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  |    |
| 8  | Penyusunan hasil penelitian            |            |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  |    |    |
| 9  | Bimbingan seminar hasil                |            |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  |    |    |
| 10 | Seminar hasil penelitian               |            |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  |    |
| 11 | Perbaikan seminar hasil                |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ■  |
|    |  | TAHUN 2021 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 12 | Bimbingan seminar tutup                | ■          | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 13 | Seminar tutup                          |            |   |   |   | ■ |   |   |   |   |    |    |    |

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

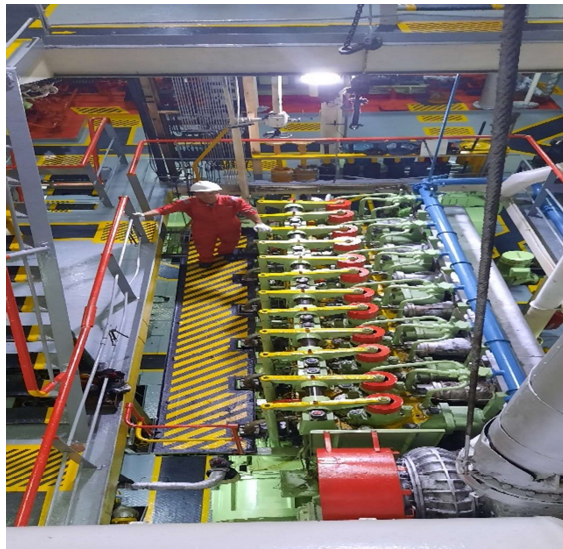
#### H. Gambaran Umum Tempat Penelitian

MT.EDRICKO 8 dibuat di Jepang pada tahun 1991, kapal MT. EDRICKO 8 berbendera Indonesia milik perusahaan PT. BITUMEN MARASENDE yang ber-alamat di Jl.Lure No 4 Makassar, Indonesia.

#### I. Data Spesifikasi Main Engine

Objek penelitian yang penulis lakukan pada *Turbocharger* Mesin Induk MT. EDRICKO 8

Gambar 4.1 : Main Engine Akasaka A-41



Sumber : MT. EDRICKO 8

#### 1. Ship Particular MT. EDRICKO 8

Data Teknik MT.EDRICKO 8

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| Tipe            | : Bitumen Tanker |
| Bendera         | : Indonesia      |
| Classification  | : BK14224        |
| IMO Number      | : 9034224        |
| REGISTRATION NO | : 09376          |

|                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Panggilan                 | : YHSI                              |
| Owner                     | : PT. Bitumen Marasende             |
| Bahan Kapal               | : Baja                              |
| Tonase Kotor (GT)         | : 5637,47 Tons                      |
| Tonase Bersih (NT)        | : 3945,00 Tons                      |
| Jumlah Crew               | : 23 Orang                          |
| Panjang Keseluruhan (LOA) | : 97,0 M                            |
| Lebar (B)                 | : 15,7 M                            |
| Leght draft               | : 1,932 M                           |
| Alamat                    | : Jl. Lureno 4 makassar, Indonesia. |

Dari uraian sejarah singkat MT. EDRICKO 8 tersebut, dengan ini penulis melampirkan data-data dari mesin induk MT. EDRICKO 8 adalah sebagai berikut:

#### Motor Induk

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Neme and Type         | : Akasaka A-41 (6 cylinder)                            |
| Main engine power     | : 2458 kw (MX) 3300 HP                                 |
| RPM                   | : 230 RPM  |
| Starting system       | : Air Reservoir  |
| Turbocharging system  | : Exhaust gas <i>turbocharger</i><br>[with air cooler] |
| Cooling system        | : Constant high temperature<br>cooling system          |
| Lubrication system    | : Wet sump system, forced<br>lubrication by gear pump  |
| Lubricating oil grade | : salyx 430 / 440 sae 40                               |

## 2. Spesifikasi *Turbocharger* Main Engine.

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| Type                       | : BBC VTR 321 -2   |
| Maker                      | : IHI Tokyo japan  |
| Standart Inlet Pressure    | : 0,34Mpa          |
| Standart Inlet Temperature | : 650°C            |
| RPM                        | : 22700            |
| Lubricating                | : Shell Tellus 168 |

### J. Analisa Data Penelitian

Padababini akan dibahas tentang penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger* serta cara penanggulangannya. Bekerjanya *turbocharger* dengan optimal bergantung pada penggunaan dan perawatan dari *turbocharger* tersebut sesuai jam kerjanya. Berdasarkan pengalaman yang dialami penulis pada saat berada di kapal MT. EDRICKO 8, penulis menemukan masalah yang berhubungan dengan *turbocharger*, yaitu tidak optimalnya kinerja *turbocharger* pada mesin induk. Oleh karena itu perlu diadakan pengecekan serta perawatan terhadap komponen-komponen penyusun *turbocharger* tersebut.

Tabel 4.1 : Jam Kerja Overhaul *Turbocharger*

| No. | Komponen <i>Turbocharger</i> Yang Di Overhaul | Jam Kerja             |
|-----|---|-----------------------|
| 1.  | Cek kebocoran udara dan gas                   | Pengecekan harian     |
| 2.  | Filter <i>Turbocharger</i>                    | Setiap 250 jam kerja  |
| 3.  | Pre Cleaner                                   | Setiap 1000 jam kerja |
| 4.  | Pembongkaran, pembersihan dan penggantian.    | Pertahun              |
| 5.  | Pembersihan Air Cooler                        | Pertahun              |

Sumber : Log book MT. EDRICKO 8

Tabel 4.2. Data ketentuan kinerja pada *turbocharger*

| Exhaust gas temperature (°C) |        | Exhaust gas Pressure |                      | Turbo Blower (rpm) | Air pressure           |                         |               | Air temperature (°C) |               |              |
|------------------------------|--------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|---------------|----------------------|---------------|--------------|
| Inlet                        | Outlet | Inlet turbine (MPa)  | Outlet turbine (Mpa) |                    | Inlet kompressor (MPa) | Outlet kompressor (Mpa) | Receive (MPa) | Inlet blower         | Before Cooler | After cooler |
| 450                          | 350    | 0,247                | 0,335                | 22.700             | 0,392                  | 0,455                   | 0,272         | 35                   | 200           | 38           |

Sumber : Instruction Manual Book Main Engine

Tabel 4.3. Data kinerja *turbocharger* hasil pengamatan

| Exhaust gas temperature (°C) |                      | Exhaust gas Pressure |                      | Turbo Blower (rpm) | Air pressure           |                         |                      | Air temperature (°C) |                      |                      |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Inlet                        | Outlet               | Inlet turbine (MPa)  | Outlet turbine (Mpa) |                    | Inlet kompressor (MPa) | Outlet kompressor (Mpa) | Receive (MPa)        | Inlet blower         | Before Cooler        | After cooler         |
| 450                          | 385                  | 0,214                | 0,340                | 22.700             | 0,260                  | 0,480                   | 0,248                | 34                   | 190                  | 37                   |
| 455                          | 380                  | 0,225                | 0,345                | 22.700             | 0,280                  | 0,475                   | 0,250                | 37                   | 180                  | 38                   |
| 450                          | 370                  | 0,220                | 0,340                | 22.700             | 0,265                  | 0,485                   | 0,265                | 38                   | 160                  | 35                   |
| 460                          | 375                  | 0,230                | 0,350                | 22.700             | 0,270                  | 0,470                   | 0,260                | 40                   | 170                  | 40                   |
| <b>T<sub>1</sub></b>         | <b>T<sub>2</sub></b> | <b>P<sub>1</sub></b> | <b>P<sub>2</sub></b> |                    | <b>P<sub>3</sub></b>   | <b>P<sub>4</sub></b>    | <b>P<sub>5</sub></b> | <b>T<sub>3</sub></b> | <b>T<sub>4</sub></b> | <b>T<sub>5</sub></b> |

Sumber : Hasil pengamatan di kapal MT. EDRICKO 8

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada saat melaksanakan penelitian selama praktek laut di kapal MT. EDRICKO 8 yaitu pada saat berlayar tepatnya waktu penelitian melaksanakan jaga di kamar mesin pada 28 desember 2019 pukul 04:45 pada saat jam jaga dari masinis 2 dimana pada saat itu *turbocharger* mengalami permasalahan yaitu terjadinya surging pada *turbocharger* yang berdampak pada kinerja *main engine*.

Pada saat itu kapal berlayar dari Singapura menuju sumbawa. Waktu itu penulis melaksanakan jaga kamar mesin pada

28 desember 2019 Saat bertugas jaga mengecek mesin yang sedang beroperasi terlihat pada indikator tekanan udara pada pressure gauge menurun dan overheat dari keadaan normal. Terlihat pada table 4.4

Tabel 4.4: Pemantauan *Turbocharger* sehari sebelum kerusakan

| JAM JAGA    | TEMPERATUR °C |           | TEKANAN Mpa |           | RPM   |
|-------------|---------------|-----------|-------------|-----------|-------|
|             | TURBIN        | KOMPRESOR | TURBIN      | KOMPRESOR |       |
| 16.00-20.00 | 450           | 34        | 0,224       | 0,260     | 22700 |
| 20.00-24.00 | 450           | 37        | 0,225       | 0,265     | 22700 |
| 00.00-04.00 | 455           | 40        | 0,220       | 0,270     | 21900 |
| 04.00-08.00 | 460           | 38        | 0,230       | 0,280     | 22700 |

Sumber : log book kamar mesin MT. EDRICKO 8

Berdasarkan pengamatan pada saat 1 hari sebelum kejadian hal yang menyebabkan turunnya kinerja *turbocharger* adalah akibat pengaruh perawatan yang dilakukan tidak sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dimana *turbocharger* seharusnya sekali dalam dua tahun *turbocharger* harus *overhaul* namun kenyataannya yang terjadi di kapal adalah sudah 3 tahun baru melakukan *overhaul*. Hal inilah yang menyebabkan turunnya kinerja *turbocharger* akibat pengaruh menebalnya kotoran pada turbin side seperti penulis buktikan pada saat melakukan *overhaul*. Sehingga hasil analisis membuktikan bahwa temperature yang keluar dari turbin menurun dibanding dengan temperatur yang masuk. Pada pembuktian untuk kerja turbin dengan kerja kompresor, hasil perbandingan bahwa pada kerja kompresor lebih Besar dibandingkan dengan kerja turbin menurun akibat adanya jelaga carbon pada sudu – sudu turbin.



Selain itu juga, pengamatan pun juga dilakukan pada temperatur gas buang dari mesin induk dan telah diperoleh hasil pada table 4.5.

Tabel 4.5. Pemantauan gas buang dari mesin induk

| WAKTU       | Cyl. No. 1 | Cyl. No. 2 | Cyl. No. 3 | Cyl. No. 4 | Cyl. No. 5 | Cyl. No. 6 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 16.00-20.00 | 360 °C     | 365 °C     | 365 °C     | 375 °C     | 368 °C     | 375 °C     |
| 20.00-24.00 | 358 °C     | 368 °C     | 368 °C     | 385 °C     | 370 °C     | 395 °C     |
| 00.00-04.00 | 365 °C     | 368 °C     | 370 °C     | 395 °C     | 368 °C     | 400 °C     |
| 04.00-08.00 | 370 °C     | 370 °C     | 370 °C     | 410 °C     | 368 °C     | 415 °C     |

Sumber : Log book kamar mesin MT. EDRICKO 8

Pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa mesin induk pada silinder no 4, dan 6 sudah bermasalah dan juga ikut berpengaruh terhadap kinerja dari *turbocharger*.

Dari hasil Analisa table 4.5, maka penulis akan membahas mengenai “penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger* pada mesin induk” dengan demikian penulis menganalisa dampak penyebab tersebut yakni sebagai berikut:

1. Analisa pada kotornya turbin side pada *turbocharger*

Turbin side merupakan suatu komponen utama pada *turbocharger*. Dimana turbin side dan blower side ditempatkan pada bagian ujung porosnya dengan posisi shaft yang sama. Sesuai dengan prinsip kerjanya *turbocharger* digerakkan oleh adanya tekanan gas buang menggerakkan turbin side (sudu-sudu turbin) sehingga blower side berputar pada shaft yang sama dengan turbin side. sehingga naik turunnya putaran *turbocharger* dipengaruhi oleh tekanan gas buang serta pengaruh beban penyumbatan kerak kerak karbon dan jelaga, dilapangan gas buang tersebut dapat mengandung caborasi yang berupa kerak-kerak karbon hasil sisa pembakaran dari ruang bakar dalam silinder, sehingga memberikan hambatan permukaan turbin

side (sudu-sudu turbin) namun sesuai dengan faktanya atau mengurangi aliran tekanan ekspansi pada turbin side.

2. Analisa pada kotornya saringan udara pada *turbocharger*

Saringan udara (*filter*) *turbocharger* merupakan bagian yang tidak kalah fungsinya bila dibandingkan dengan bagian-bagian *turbocharger* lainnya, saringan udara (*filter*) terdiri dari dua bagian penting yaitu saringan bagian luar berupa cotton busa tipis (*spoon*) yang membalut melingkar menutupi saringan bagian dalam sedangkan saringan bagian dalam berupa serat-serat tembaga yang sangat halus yang disusun didalam rumah saringan udara yang terdiri atas empat (4) lempengan yang mana bertujuan untuk memudahkan membersihkan dan merawat.

Pemakaian *turbocharger* secara terus menerus dalam jangka waktu tertentu akan mengakibatkan kotoran menempel pada saringan udara *turbocharger*. Adanya kotoran ini mengakibatkan udara yang diisap oleh *turbocharger* menjadi sedikit, akibatnya proses pembakaran pada ruang silinder tidak optimal.

Untuk menjaga saringan udara maka pembersihan dilakukan setiap 120 *running hours*. Apa bila saringan udara sudah rusak maka dilakukan penggantian.

Berdasarkan kejadian diatas sesuai analisa tersebut diketahui perbedaan tekanan dan temperature dari *turbocharger* filter sebelum dibersihkan dengan filter *turbocharger* filter setelah dibersihkan.

Tabel 4.6. Pemantauan filter *turbocharger*

| PEMANTAUAN PADA BULAN DESEMBER | TEMPERATUR °C |            | TEKANAN Mpa |            | RPM    |
|--------------------------------|---------------|------------|-------------|------------|--------|
|                                | TURBIN        | KOMPRESSOR | TURBIN      | KOMPRESSOR |        |
| MINGGU I SEBELUM DIBERSIHKAN   | 455           | 37         | 0,222       | 0,240      | 21.900 |
| MINGGU II SETELAH DIBERSIHKAN  | 450           | 34         | 0,224       | 0,260      | 22.700 |

Sumber : Log book kamar mesin MT. EDRICKO 8

3. Analisa supply dari gas buang mesin induk dari silinder no 4, dan 6 yang masuk turbin side tidak lancar

Akibat dari supply gas buang dari mesin induk silinder no 4, dan 6 yang masuk ke turbin side tidak lancar mengakibatkan temperatur gas buang dari keempat silinder tersebut cenderung naik sehingga dengan adanya handle yang tinggi berarti bahan bakar yang di supply pun banyak (melebihi dari yang dibutuhkan untuk pembakaran) sehingga panas yang dihasilkan oleh pembakaran tidak bisa berekspansi secara sempurna ke saluran gas buang (*exhaust manifold*). Di dalam turbin tidak hanya tenaga ekspansi di dalam gas yang dirubah menjadi tenaga mekanis akan tetapi juga tenaga kinetis gas buang yang mengalir dengan kecepatan tinggi. Akibatnya gas buang dengan kecepatan tinggi yang bertahan menyebabkan tenaga kinetis yang mengalir juga tertahan demikian pula ekspansi panas tidak berjalan sebagaimana mestinya sehingga panas yang tertahan tersebut merambat pada daerah saluran gas buang, termasuk expansion joint dan komponen-komponen lainnya yang ada di silinder head.

Akibat lainnya yang disebabkan oleh gas buang dari keempat silinder yang bertahan tersebut diatas, maka putaran *turbocharger* tidak stabil, dan udara yang dihisap oleh *turboblowerside* masuk ke ruang pembakaran berkurang sehingga terjadilah pembakaran yang tidak sempurna karena bahan bakar tidak sebanding dengan udara pembakaran. Akibat dari pembakaran tidak sempurna tersebut diatas maka gas buang banyak mengandung jelaga.

4. Analisa keadaan cuaca buruk

Hal ini juga menjadi salah satu alasan untuk surging pada saat itu. Akibat cuaca buruk mesin induk tiba-tiba mulai berputar melebihi batas dan terjadilah perubahan beban secara tiba-tiba. Dalam cuaca buruk, kapal mengangguk (*pitching*) dan baling-baling bisa terangkat naik dan terendam dalam air, menyebabkan perubahan

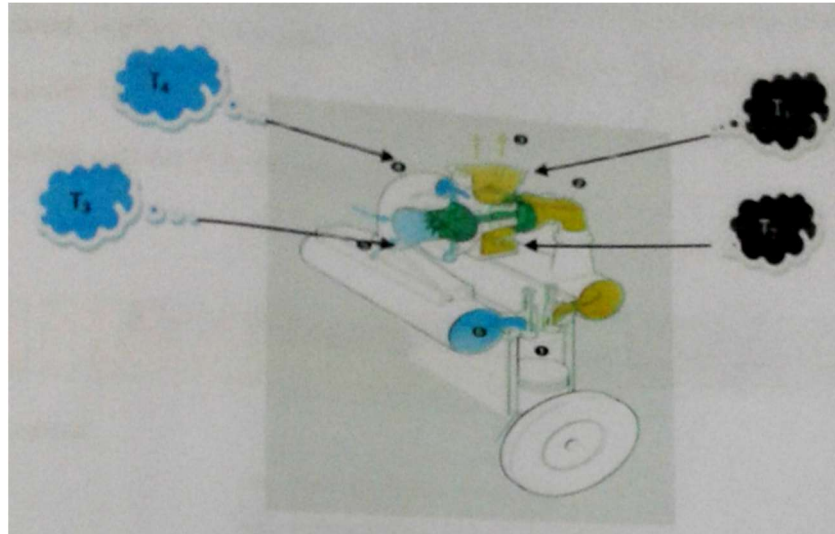
beban pada mesin induk dan mengakibatkan putaran dari mesin induk yang tidak stabil dan ikut membuat kinerja *turbocharger* tidak optimal

5. Mesin induk sering mengeluarkan asap hitam karena pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran dikatakan sempurna apabila memenuhi 3 kriteria yaitu :
  - A. Udara bilas bersih dan cukup
  - B. Pengabutan bahan bakar cukup baik
  - C. Dari kompresi yang cukup sehingga menghasilkan temperatur yang cukup untuk pembakaran

Udara bilas yang dihasilkan oleh *turbocharger* adalah udara yang panas dan bertekanan maka sebelum masuk silinder harus didinginkan oleh intercooler untuk selanjutnya masuk kedalam silinder. Apabila ruang udara intercooler kotor maka udara akan bertahan sehingga udara bilas masuk kedalam silinder berkurang. Akibatnya jumlah perbandingan bahan bakar dan jumlah udara menjadi tidak seimbang. Jika jumlah bahan bakar yang disemprotkan lebih banyak dibandingkan dari jumlah udara, hal ini akan mengakibatkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna yang dilihat langsung melalui cerobong asap yang akan berwarna hitam. Hal ini menjadi penyebab cepat kotornya ruang pembakaran yang dikarenakan banyak jelaga/kerak bekas pembakaran, jelaga-jelaga ini juga bisa menyumbat saluran gas buang terutama pada nozzle turbin side yang mengakibatkan *turbocharger* tidak bisa bekerja maksimum.

Oleh karena itu, bahan bakar sendiri mempunyai nilai viskositas yang tinggi dan apabila alat pengabut (injektor) tidak baik kondisinya maka bahan bakar tersebut sulit untuk dikabutkan dengan baik karena bahan bakar yang dikabutkan tidak bisa terurai. Proses yang berlangsung pada *turbocharger*.

Gambar 4.2. proses kinerja *turbocahrger* pada main engine



Sumber : Manual book *turbocharger*

**Sistem keluar turbin side : Proses 3-4 ekspansi**

$P_1$  (exhaust) : Tekanan sebelum turbin

$T_1$  (exhaust) : Temperatur sebelum turbin

$P_2$  (exhaust) : Tekanan setelah turbin

$T_2$  (exhaust) : Temperatur setelah turbin

**Sistem masuk blower side kompresor : Proses 1-2 kompresi**

$P_3$  (udara) : Tekanan masuk blower kompresor

$T_3$  (udara) : Temperatur masuk blower kompresor

$P_4$  (udara) : Tekanan keluar blower kompresor

$T_4$  (udara) : Temperatur keluar blower kompresor

**D. Pembahasan dan penelitian**

SPSS ( Statistic Produk and Service Solution ) adalah program aplikasi yang memiliki kemampuan analisis statistik cukup tinggi serta menggunakan menu-menu deskriptif dan kotak-kotak dialog yang sederhana sehingga mudah untuk dipahami cara pengoperasiannya.

1. Hasil Temperature Turbin saat pengoperasian

Table 4.1 Hasil Descriptive Temperatur Turbin

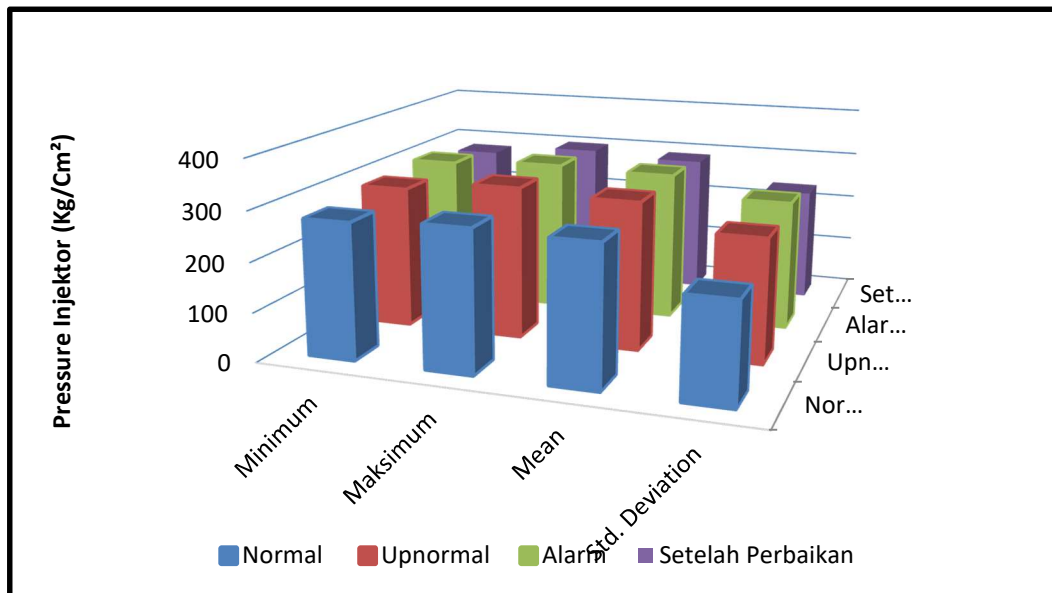
**Descriptive Statistics**

|                    | N | Minimum | Maximum | Mean   | Std. Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|--------|----------------|
| Normal             | 3 | 275     | 285     | 280.00 | 200.000        |
| Upnormal           | 3 | 290     | 310     | 300.00 | 250.000        |
| Alarm              | 3 | 300     | 310     | 305.00 | 265.000        |
| Stlh.Perbaikan     | 3 | 280     | 300     | 290.00 | 235.000        |
| Valid N (listwise) | 3 |         |         |        |                |

Analisa:

- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi normal adalah 280.00 dengan standar deviasi 200.000 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi upnormal adalah 300.00 dengan standar deviasi 250.000 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi alarm adalah 305.00 dengan standar deviasi 265.000 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi setelah perbaikan adalah 290.00 dengan standar deviasi 235.000 dengan jumlah pengamatan 3.

Grafik 4.1 Temperatur Turbin



2. Hasil Exhaust Gas saat pengoperasian

Table 4.1 Hasil Descriptive Gas Buang

Descriptive Statistics

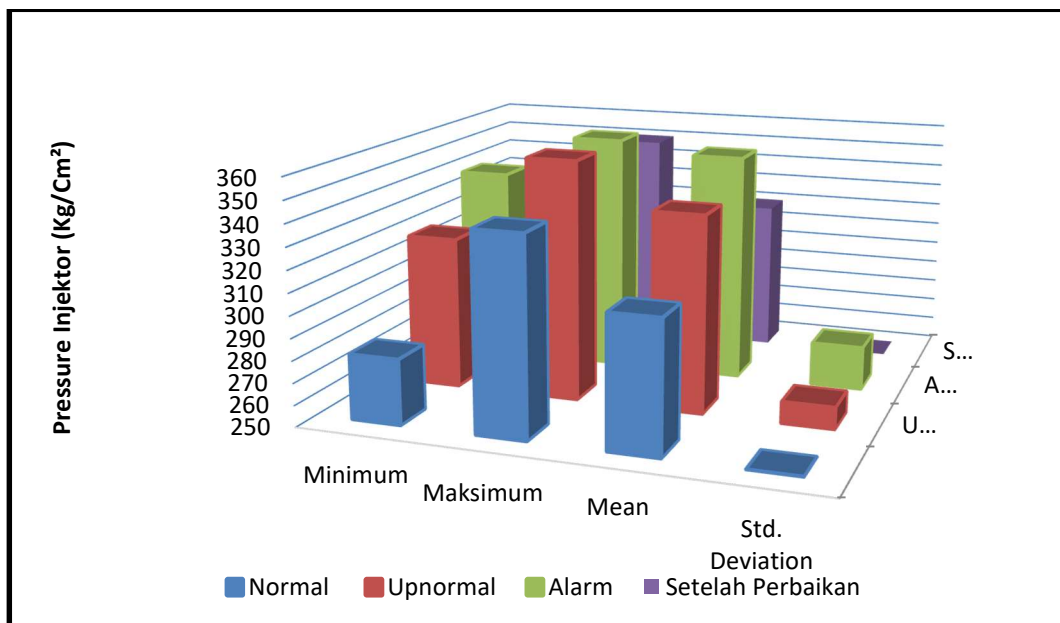
|                    | N | Minimum | Maximum | Mean   | Std. Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|--------|----------------|
| Normal             | 3 | 280     | 340     | 310.00 | 220.00         |
| Upnormal           | 3 | 320     | 360     | 340.00 | 260.00         |
| Alarm              | 3 | 340     | 370     | 355.00 | 270.00         |
| Stlh.Perbaikan     | 3 | 290     | 350     | 320.00 | 220.00         |
| Valid N (listwise) | 3 |         |         |        |                |

Analisa:

- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi normal adalah 310.00 dengan standar deviasi 220.00 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi upnormal adalah 340.00 dengan standar deviasi 260.00 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi alarm adalah 355.00 dengan standar deviasi 270.00 dengan jumlah pengamatan 3.

- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi setelah perbaikan adalah 320.00 dengan standar deviasi 220.00 dengan jumlah pengamatan 3.

Grafik 4.2 Gas Buang



### 3. Hasil RPM saat pengoperasian

Table 4.3 Hasil Descriptive RPM

#### Descriptive Statistics

|                    | N | Minimum | Maximum | Mean   | Std. Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|--------|----------------|
| Normal             | 3 | 2700    | 2800    | 2750.0 | 225.000        |
| Upnormal           | 3 | 2000    | 2500    | 2250.0 | 200.000        |
| Alarm              | 3 | 1900    | 2000    | 1950.0 | 150.000        |
| Stlh.Perbaikan     | 3 | 2700    | 2900    | 2800.0 | 230.000        |
| Valid N (listwise) | 3 |         |         |        |                |

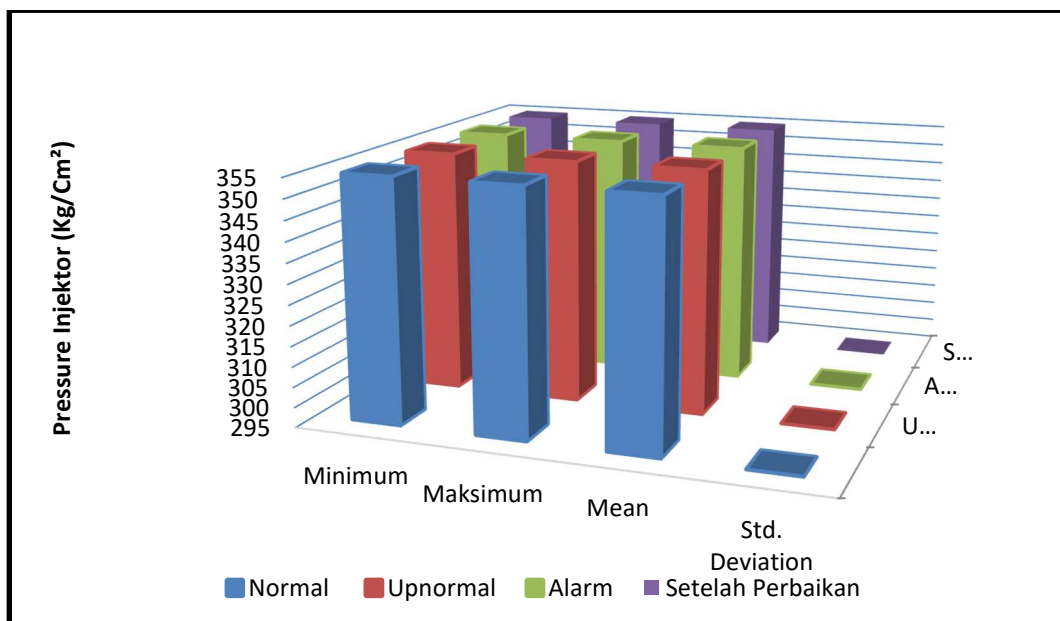
Analisa:

- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi normal adalah 2750.0 dengan standar deviasi 225.000 dengan jumlah pengamatan 3.



- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi upnormal adalah 2250.0 dengan standar deviasi 200.000 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi alarm adalah 1950.0 dengan standar deviasi 150.000 dengan jumlah pengamatan 3.
- Rata-rata nilai tekanan masuk kondisi setelah perbaikan adalah 2800.0 dengan standar deviasi 230.000 dengan jumlah pengamatan 3.

Grafik 4.3 RPM Main Engine



## E. Data Perhitungan

1. Berdasarkan dari hasil pengkajian maka terbukti bahwa udara yang masuk kedalam kompressor dimampatkan sehingga tekanan dan temperatur meningkat. Jadi melalui analisa tersebut dibuktikan bahwa kinerja *turbocharger* berlangsung pada dua proses dengan dua komponen utama (turbin side dan blower side). Serta dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan gas buang bilamana temperatur tinggi maka tekanan gas buang juga tinggi. Namun gas buang tersebut mengandung caborasi yang melekat pada sudu-sudu turbin sehingga lama-kelamaan menebal, dampak inilah yang memberikan beban dalam ruang

ekspansi turbin. Untuk kerja kompresor dapat diperoleh berdasarkan formula persamaan sebagai berikut :

$$Wc = m_a C_{p_a} (T4 - T3)$$

Dimana :

$m_a$  = Aliran Masa Udara (Kg)

$C_{p_a}$  = panas spesifik udara (Kj/kgK)

$T4$  = temperature akhir kompresi

$T3$  = temperature awal kompresi

Data yang diperoleh pada saat jaga dikamar mesin

$m_a$  = 14,5 Kg Ketentuan

$T4$  = 200 °C  $C_p$  = 1,006 kj/kgK

$T3$  = 35 °C

Sehingga kerja pada kompresor dapat dihitung berdasarkan formula persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} Wc &= m_a C_{p_a} (T4 - T3) \\ &= 14,5 \text{ Kg} \cdot 1,006 \text{ kj/kgK} (200 \text{ °C} - 35 \text{ °C}) \\ &= 14,5 \text{ Kg} \cdot 1,006 \text{ kj/kgK} (473 \text{ K} - 308 \text{ K}) \\ &= 14,5 \text{ Kg} \cdot 1,006 \text{ kj/kgK} (165 \text{ K}) \\ &= 2.406,9 \text{ kj} \end{aligned}$$

*Jadi, Kerja Kompresornya adalah 2.406,9 kj*

2. Adapun Untuk menghitung kecepatan kapal ( ship speed)

$$V = \frac{RPM \text{ use } \times 60 \text{ dtk } \times \text{ pitc } \text{ propeller}}{1852}$$

$$V = \frac{230 \times 60 \times 5.872}{1852}$$

$$V = \frac{13.800 \times 5.872}{1852}$$

$$V = \frac{81.033.600}{1852}$$

$$V = 754,64 \text{ knot/jam}$$

## F. Tabel Hasil Perhitungan

### 1. Kondisi Normal

Table 4.9 hasil perhitungan

| Hasil Rerhitungan Rumus |                |       |
|-------------------------|----------------|-------|
| Tekanan Turbin          | Temp Gas buang | Rpm   |
| 275                     | 280            | 22700 |

Table 4.10 Descriptive

#### Descriptive Statistics

|                    | N | Minimum | Maximum | Mean   | Std. Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|--------|----------------|
| Tekanan.Injektor   | 3 | 319.90  | 321.00  | 320.23 | 0.43205        |
| Temp.Gas.Buang     | 3 | 379.90  | 380.50  | 380.08 | 0.21370        |
| RPM                | 3 | 12.00   | 12.00   | 12.00  | 0.00000        |
| Valid N (listwise) | 3 |         |         |        |                |

### 2. Kondisi Upnormal

Table 4.11 hasil perhitungan

| Hasil Rerhitungan Rumus |                |       |
|-------------------------|----------------|-------|
| Tekanan Injektor        | Temp Gas buang | Rpm   |
| 290                     | 320            | 21900 |

Table 4.12 : descriptive

**Descriptive Statistics**

|                    | N | Minimum | Maximum | Mean     | Std. Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|----------|----------------|
| Tekanan.Injektor   | 3 | 279.90  | 13.00   | 280.1583 | 0.41523        |
| Temp.Gas.Buang     | 3 | 324.90  | 326.00  | 325.1583 | 0.41523        |
| RPM                | 3 | 11.50   | 8.21    | 8.1987   | 0.01033        |
| Valid N (listwise) | 3 |         |         |          |                |

3. Kondisi Setelah Perbaikan

Table 4.13 hasil perhitungan

| Hasil Rerhitungan Rumus |                |       |
|-------------------------|----------------|-------|
| Tekanan Injektor        | Temp Gas buang | Rpm   |
| 275                     | 280            | 22700 |

Table 4.14: descriptive

**Descriptive Statistics**

|                    | N | Minimum | Maximum | Mean   | Std. Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|--------|----------------|
| Tekanan.Injektor   | 3 | 319.90  | 321.00  | 320.23 | 0.43205        |
| Temp.Gas.Buang     | 3 | 379.90  | 380.50  | 380.08 | 0.21370        |
| RPM                | 3 | 12.00   | 12.00   | 12.00  | 0.00000        |
| Valid N (listwise) | 3 |         |         |        |                |

**G. Solusi dan Pemecahan Masalah**

Berdasarkan dari hasil pengkajian maka terbukti bahwa udara yang masuk kedalam kompressor dimampatkan sehingga tekanan dan temperatur meningkat. Jadi melalui analisa tersebut dibuktikan bahwa kinerja *turbocharger* berlangsung pada dua proses dengan

dua komponen utama (turbin side dan blower side). Serta dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan gas buang bilamana temperatur tinggi maka tekanan gas buang juga tinggi. Namun gas buang tersebut mengandung caborasi yang melekat pada sudu-sudu turbin sehingga lama-kelamaan menebal, dampak inilah yang memberikan beban dalam ruang ekspansi turbin.

Sehingga untuk menghindari adanya beban berlebihan serta hambatan daya hisap kompresor blower udara dari luar. Beberapa kali dilakukan pengamatan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan surging yaitu :

1. Pendingin udara (*intercooler*) yang tersumbat karena adanya kotoran dan juga mengindikasi tersumbat pada jalur pipa (*pipe line*) masuk dan kluarnya air pendingin

Tabel 4.6. Pengaruh Intercooler terhadap *turbocharger*

| SITUASI             | TEMPERATUR °C |            | TEKANAN Mpa |            | RPM   |
|---------------------|---------------|------------|-------------|------------|-------|
|                     | TURBIN        | KOMPRESSOR | TURBIN      | KOMPRESSOR |       |
| SEBELUM PEMBERSIHAN | 470           | 34         | 0,230       | 0,260      | 22700 |
| SETELAH PEMBERSIHAN | 450           | 34         | 0,224       | 0,260      | 22700 |

Sumber: log book kamar mesin MT. EDRICKO 8

2. Kotornya cincin-cincin penyaring sehingga mutu udara yang diisap berpenharuh atau menurun mengakibatkan putaran blower side akan terbeban sehingga putaran tidak stabil yang bisa menyebabkan sarging
3. Kotoran yang menempel pada sudu-sudu turbin dapat menbabkan ketidak seimbangan putaran akibatnya bisa merusak bantalan
4. Mesin induk mengalami putaran berlebihan yang tentunya akan berpengaruh pada putaran *turbochargeryang* juga berlebihan (*overspeed*) yang mengakibatkan adanya surging. Dalam hal ini,

dinyatakan penyebabnya karena cuaca buruk yang menyebabkan buritan kapal atau propeller terangkat atau bebas dari air/beban sehingga putarannya bebas dan menjadi overspeed yang berpengaruh langsung ke putaran mesin induk dan *turbocharger* yang berakibat putaran tidak normal kadang lambat dan kadang terlalu cepat.

Adapun pemecahan masalah yang akan dibahas mengenai penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger* pada mesin induk di kapal MT. EDRICKO 8, namun dari analisa tersebut diatas penulis hanya membahas sesuai dengan yang penulis alami, yang terjadi pada tempat penelitian yaitu di MT. EDRICKO 8 Adapun pembahasannya adalah:

1. Mengatasi Kotornya turbin side pada *turbocharger* yang menimbulkan beban terhadap sudu-sudu turbin

Masalah ini dapat diatasi dengan cara yaitu :

- a. *Overhaul turbocharger* secara keseluruhan

- 1) Prosedur Pembongkaran

- a) Sebelum melepas baut – baut pengikat yang ada tandailah setiap baut untuk mempermudah pemasangan kembali bagian – bagian itu ditempat semula.
- b) Buka pelat-pelat pengunci pada baut-baut pengikat sebelum melepas baut – baut yang ada. Bongkarlah terlebih dahulu kompresor dan rumahnya, baru kemudian turbinnya
- c) Gunakanlah kunci sok yang sesuai ukurannya dengan posisi pegangan yang fleksibel. Pembongkaran sebaiknya dilakukan ketika pengisi *turbo* sedang dalam kondisi terjepit ragum, sedangkan pelepasan rumah bantalan dari rumah turbin dilaksanakan dengan menumpuh rumah turbin dan menekan bagian pusatnya.

- d) Setelah pembongkaran roda kompresor dari poros dan rumah turbin, selanjutnya lakukan pembongkaran roda turbin, pembongkaran roda turbin dapat dilakukan dengan menumpu ke atas balok kayu yang terjepit ragum dan dengan pelan – pelan memukul poros turbin dengan palu.
  - e) Dalam melakukan pembongkaran harus diperhatikan adanya ring – ring pengunci yang ada untuk dilepas terlebih dahulu.
- 2) Pemeriksaan dan Pembersihan
- a) Pemeriksaan rumah bantalan atau sebaliknya apakah permukaannya halus dan tidak terdapat goresan, serta periksa lubang bantalan terhadap ukurannya dengan menggunakan meter peraba.
  - b) Pemeriksaan roda turbin dan porosnya yaitu periksa turbin dari bengkokan dan takikan sudu – sudu, jika sudu – sudu tidak dapat diluruskan seperti semula, gantilah roda turbin dan porosnya.
  - c) Pemeriksaan pelat penyangga dari keausan yang disebabkan oleh cincin – cincin segel. Jika ukuran sudah melebihi ketentuan, pelat penyangga harus diganti, serta periksa apakah ada retak atau keropos pada pegas tekananya, bila terjadi kerusakan pelat penyangga harus diganti.
  - d) Pemeriksaan roda kompresor dan rumahnya yaitu periksa sudu – sudu roda kompresor terhadap adanya keausan dan retak, maka sudu – sudu harus diganti jika terdapat kerusakan, dan periksa rumah kompresor terhadap adanya retak atau cacat yang lain.
  - e) Pemeriksaan bantalan – bantalan dilakukan terhadap adanya keausan terutama terhadap bantalan desak

(trust bearing). Jika terjadi keausan maka bantalan harus diganti.

### 3) Cara Pemasangan

- a) Periksa rumah bantalan sekali lagi terhadap adanya kotoran debu dan karbon, kemudian pasanglah bantalan yang baru dan kunciilah dengan ring pengunci.
- b) Lumasi semua bantalan tersebut dengan minyak dan putar setiap bantalan sehingga penyebaran pelumas merata, dan periksa kedudukannya.
- c) Pasanglah roda turbin dan poros ke rumah bagian tengah, pasang cincin segel yang baru ke dalam celah pada turbin, dan lumasi komponen itu dengan minyak pelumas.
- d) Pasang tutup turbin di atas sisi pembuangan rumah bagian tengah, kemudian pasang roda turbin dan porosnya ke dalam rumah bagian tengah.
- e) Pasang sebuah segel baru pada bantalan desak dan lekatkan pada leher desak (*trust collar*). tempatkan leher desak dan bantalan yang telah terpasang pada poros roda turbin.
- f) Geserlah turbin yang terpasang pada rumah bagian tengah ke bawah sehingga bantalannya mendesak ring dan terjadi kelurusan dalam.
- g) Pasanglah plat penyangga di atas poros roda turbin dan geserlah kebawah sampai terjadi kontak antara bantalan dan ring sehingga bergeser ke dalam plat penyangga.
- h) Pasang sekrup – sekrup pengikat, gunakan plat pengunci agar tidak terlepas pada waktu operasi.
- i) Pasanglah roda kompresor pada poros roda turbin pasang mur penahannya dan pegang roda turbin



- kemudian lakukan penjepitan pada ragum untuk penguatan mur roda kompresor.
- j) Lepaskan *turbo* dari penjepit, kemudian putarlah turbo untuk memeriksa kebebasan gerak putarannya.
  - k) Setelah bagian tengah telah dirakit kembali pasanglah ke dalam rumah turbin gas buang.
  - l) Pemasangan bagian tengah ke rumah turbin harus dijaga sedemikian rupa sehingga terhindar dari debutan karbon. Pemasangan dilakukan secara berhati – hati dan setelah itu diputar kedepan dan kebelakang sehingga dudukan terpasang dengan tepat.
  - m) Luruskan semua komponen sesuai dengan tanda – tanda yang dibuat pada waktu pembongkaran, pasang sekrup penutup dengan menggunakan alat pengunci yang baru, dan lanjutkan dengan pemasangan rumah kompresor.
  - n) Setelah semua komponen dipasang secara lengkap, adakan pemeriksaan akhir agar putaran betul-betul bebas dan pelumasannya lancar.
  - o) Jika *turbocharger* tidak segera dipasang pada motor, tutuplah *turbo* agar terhindar dari masuknya benda-benda asing ke dalamnya.
  - p) Jika *turbo* harus dipasang, bersihkan dulu manifold gas buang tempat *turbo* akan dipasang dengan menggunakan gas-ket, lalu kencangkan baut-bautnya, dan pasang saluran pemasukan minyaknya.
  - q) Setelah semuanya sudah terpasang maka *turbocharger* siap dioperasikan.

#### 4) Perawatan

Dengan cara penyempotan dengan menggunakan carbon cleaner chemical dengan disertai tekanan angin dari botol angin, 7,5 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk membersihkan kerak – kerak karbon dan jelaga pada turbin blade, maka harus menggunakan cara kerja yang kedua, mengingat waktu perawatan yang sempit, maka kita melakukan dengan cara yang kedua karena pekerjaannya lebih mudah dan lebih cepat untuk itu pertama buka baut – baut pengikat *cover*/penutup pada bagian *turbocharger* dan untuk memudahkan pekerjaan maka kerak-kerak jelaga yang menempel dibersihkan dengan cairan *chemical*, (carbon cleaner) disertai dengan penyemprotan dengan tekanan udara dari botol angin 7,5 kg/cm<sup>2</sup> dengan tekanan yang cukup menyebabkan kerak – kerak karbon yang melekat pada permukaan turbin blade akan terlepas dan lakukan hingga seluruh karbon dan jelaga dapat dikeluarkan, dan sudu – sudu turbin dalam keadaan bersih dan penutup *nozzle* baut – baut pengikat dikencangkan hingga rapat.

#### 2. Mengatasi saringan udara yang kotor pada *turbocharger*

Saringan udara (*filter*) *turbocharger* merupakan bagian yang tidak kalah fungsinya bila dibandingkan dengan bagian-bagian *turbocharger* lainnya, saringan udara (*filter*) terdiri dari dua bagian penting yaitu saringan bagian luar berupa *cotton* busa tipis (*spoon*) yang membalut melingkar menutupi saringan bagian dalam berupa serat-serat tembaga yang sangat halus disusun di dalam rumah saringan udara yang terdiri atas (4) lempengan yang bertujuan untuk memudahkan membersihkan dan merawat. Penyebab saringan udara bagian luar cepat kotor adalah karena terlambatnya pelaksanaan perawatan/membersihkannya sehingga daya hisap kompressor

udara dari luar menurun. Berdasarkan kejadiandiatas sesuai analisa tersebut diketahui perbedaan tekanan dan temperaturedari *turbochargerfilter* sebelum dibersihkan dengan *filterturbochargersetelah* dibersihkan. Adapun tindakan yang harus diambil untuk pemasangan saringan udara adalah sebagai berikut:

a. Faktor Pemasangan

Pemasangan saringan udara harus dengan teknik yang baik dan cara pemasangan yang benar yaitu:

- 1) Pemasangan filter udara harus dipasang hati – hati agar tidak melintar
- 2) Sesuaikan ukuran dengan keliling saringan udara pada *turbocharger*
- 3) Berikan kawat sebagai pengganjalagar saringan udara berada pada posisi yang tetap.

Saringan udara selalu dibersihkan agar udara yang dihisap oleh blower benar – benar bersih yang akan masuk kedalam silinder dengan jumlah volume udara yang konstan sesuai dengan kebutuhan pada mesin, untuk membersihkan saringan umumnya menempuh langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Melepaskan saringan udara dari *blower side*.
- b. Menyiapkan kerosene/solar.
- c. Tuangkan solar/kerosene ke ember berukuran lebih besar dari saringan udara.
- d. Rendam saringan udara dalam ember yang berisi kerosene/solar.
- e. Saringan udara dikeluarkan lagi dari ember dan dibersihkan lagi dengan air yang dicampur dengan deterjen pembersih untuk menghilangkan kotoran dan bau pada kerosene/solar.
- f. Selanjutnya dibilas dengan airtawar untuk mendapatkan hasil pembilasan yang lebih bersih.

- g. Jemur saringan udara dalam kamar mesin atau di bawah sinar matahari agar sisa-sisa air pada saringan udara cepat menguap dan cepat kering.
- h. Setelah saringan dibersihkan pasang kembali pada rangkanya dan siap untuk dipakai.

## **G. Perawatan *Turbocharger***

### **1. Perencanaan (*Planning*)**

Sebelum memulai suatu manajemen perawatan dalam hal ini perawatan pada *turbocharger* terlebih dahulu dibuat suatu rencana yang sesuai dengan buku petunjuk yang diberikan oleh pabrik pembuat. Maksud dari rencana perawatan diatas adalah perawatan yang meliputi penggantian minyak lumas, pembersihan saringan secara rutin, dan pengeluaran sisa-sisa kotoran. Apabila *turbocharger* tersebut melampaui batas kerja sesuai diisyatkan maka akan segera diadakan *overhaul* untuk pembersihan *turbocharger*, karena kotoran-kotoran yang menempel yang harus dikeluarkan kemudian dibersihkan.

### **2. Pengorganisasian (*Organizing*)**

Pengorganisasian adalah merupakan pembagian tugas yang akan dilaksanakan yaitu menyangkut perawatan yang telah disusun sehingga rencana perawatan tersebut dapat dilaksanakan dengan baik dan benar. Jadi masinis yang ditunjuk harus menyusun rencana kerja perawatan sesuai dengan buku petunjuk dan pengadaan suku cadang dari *turbocharger* tersebut.

Agar rencana kerja perawatanturbocharger ini tidak berbenturan dengan perawatan mesin yang lain maka masinis yang ditunjuk berkonsultasi dengan kepala kerja.

### **3. Pelaksanaan (*Actuating*).**

Setelah rencana perawatan telah diorganisasikan atau disusun dengan baik, maka penanggung jawab perawatan

*turbocharger* dalam hal ini mesin yang ditunjuk dapat melaksanakan pengorganisasian rencana perawatan tersebut, termasuk penggantian suku cadang yang aus dan rusak.

#### 4. Pengawasan (*Controlling*)

Pengawasan ini sangat penting pada perawatan dilihat dari segi manajemen, karena dengan pengawasan dapat dilihat sumber daya manusia yang berkualitas dan loyal terhadap perusahaan, pengawasan pada setiap pekerjaan yang telah dilaksanakan, karena pengawasan ini bukan saja untuk mencari kesalahan tetapi juga untuk menemukan kesalahan dalam pelaksanaan tugas sehingga dapat diperbaiki demi kelancaran tugas dimasa yang akan datang.

Berdasarkan dari hasil pengkajian maka terbukti bahwa, udara yang masuk kedalam kompresor dimanfaatkan sehingga tekanan dan suhu meningkat. Dibandingkan dengan proses yang terjadi pada turbin yaitu gas hasil pembakaran berekspansi didalam turbin gas sehingga sudu – sudu turbin berputar dengan shaft poros yang sama memutar *compressor* maka tekanan dan temperature menurun akibat proses ekspansi tersebut. Jadi melalui analisa tersebut dibuktikan bahwa kinerja *turbocharger* berlangsung pada dua proses dengan dua komponen utama. Serta dipengaruhi oleh temperature dan tekanan gas buang, bilamana temperature tinggi maka tekanan gas buang juga tinggi. Namun gas buang tersebut mengandung *caborasi* yang melekat pada sudu – sudu turbin sehingga lama – kelamaan menebal, dampak inilah yang memberikan beban dalam ruang ekspansi turbin.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa penelitian tersebut, maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan yang dapat diambil setelah penelitian di dalam skripsi ini antara lain :

1. Kotornya sudu-sudu pada turbin side mengakibatkan putaran pada blower side menurun.
2. Turunnya daya hisap udara luar oleh blower akibat kotornya saringan udara
3. Akibat dari supply gas buang mesin induk no 4 dan 6 masuk turbin side tidak lancar mengakibatkan temperature gas buang mesin induk dari keempat silinder tersebut cenderung naik dan putaran turbin menjadi rendah.
4. Pendingin udara (intercooler) sangat berpengaruh terhadap udara masuk ke dalam ruang bakar

#### **B. SARAN**

Mengingat permasalahan yang timbul terhadap system *turbocharger* terutama pada saat mesin beroperasi yang mengakibatkan turunnya kinerja *turbocharger*, sesuai dengan hasil observasi yang penulis dapatkan maka penulis sarankan :

1. Sebaiknya melakukan perawatan terhadap turbin side secara berkala sesuai dengan manual book yaitu major overhaul jika telah mencapai jam kerjanya yaitu 3000-4000 jam kerja terhadap *turbocharger* khususnya pada turbin side agar tekanan gas yang menyentuh turbin side tetap optimal dan tidak ada jelaga-jelaga karbon yang bertumpuk dalam ruang turbin.
2. Perawatan rutin untuk bagian blower side atau compressor yang dilakukan baik saat manuver maupun saat mesin diam. Perawatan saat mesin diam dengan mengganti saringan dari

blower side atau mencuci saringan tersebut. Sedangkan perawatan saat manuver yaitu dengan melakukan flushing menggunakan air hangat saat kapal dalam keadaan FA, setelah itu membuka kran cratan untuk membuang air bersama kotoran dari *turbocharger*.

3. Sebaiknya selalu memperhatikan temperatur air pendingin pada intercooler (sistem penyerapan panasnya tetap stabil) agar udara yang akan masuk ke ruang bakar diturunkan temperaturnya hingga udara lebih murni untuk proses pembakarannya dalam ruang silinder. Dan juga melakukan pembersihan (sogok) intercooler tiap sebulan sekali.
4. Utamakan memperhatikan jam kerja dari *turbocharger* bila mencapai jam kerjanya yaitu 8000-12000 jam kerja harus melakukan major overhaul untuk menjaga kinerjanya tetap optimal.

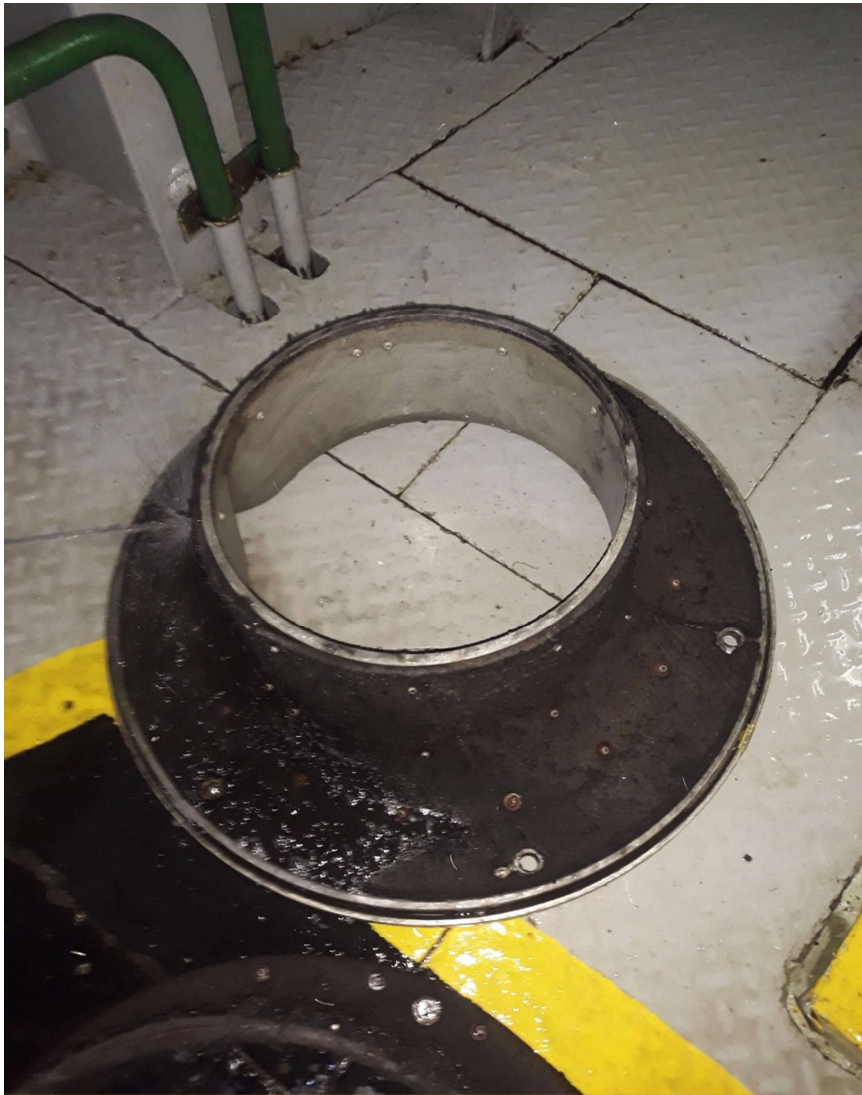
## DAFTAR PUSTAKA

- A.J.Wharton (CEng,FI MarE). (2005). *Diesel Engines*. London: Publishers, Moskow.
- Alfalah, W., Sulisty, E., & Ikhsan, R. (2017). Pengaruh Pemeliharaan Overhaul Turbocharger Terhadap Kinerja Mesin Unit VII Pltd AMPENAN. *Jurnal Power Plant*, 5(1).
- Arismunandar, Wiranto. 1988. *Motor Bakar Torak*. Bandung:ITB Bandung.
- Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud (2000), *Operasi Dan Pemeliharaan Motor Diesel*, Jakarta.
- Ir.Suharto (1911), *Metode Perawatan Turbocharger*. Surabaya.
- Mahadi. 2007. *Efek Penggunaan Supercharger terhadap Unjuk Kerja dan Konstruksi pada Sebuah Mesin Diesel*. Sumatera Utara : Universitas Sumatera Utara.
- Maleev (1995), *Persyaratan Yang Harus Dipenuhi Oleh Saringan Udara*. Erlangga Jakarta.
- Sumardiyanto, D., & Susilowati, S. E. (2017). Pengaruh Kondisi Udara Bilas Terhadap Kinerja Mesin Diesel. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*, 2, 81–88.
- Sunaryo, Hery dan Triyono. 1988. *Motor Diesel Penggerak Kapal*. Bandung: NSOS.



## LAMPIRAN I

Gambar : Proses Pembersihan *Filter dalam Turbocharger*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN II

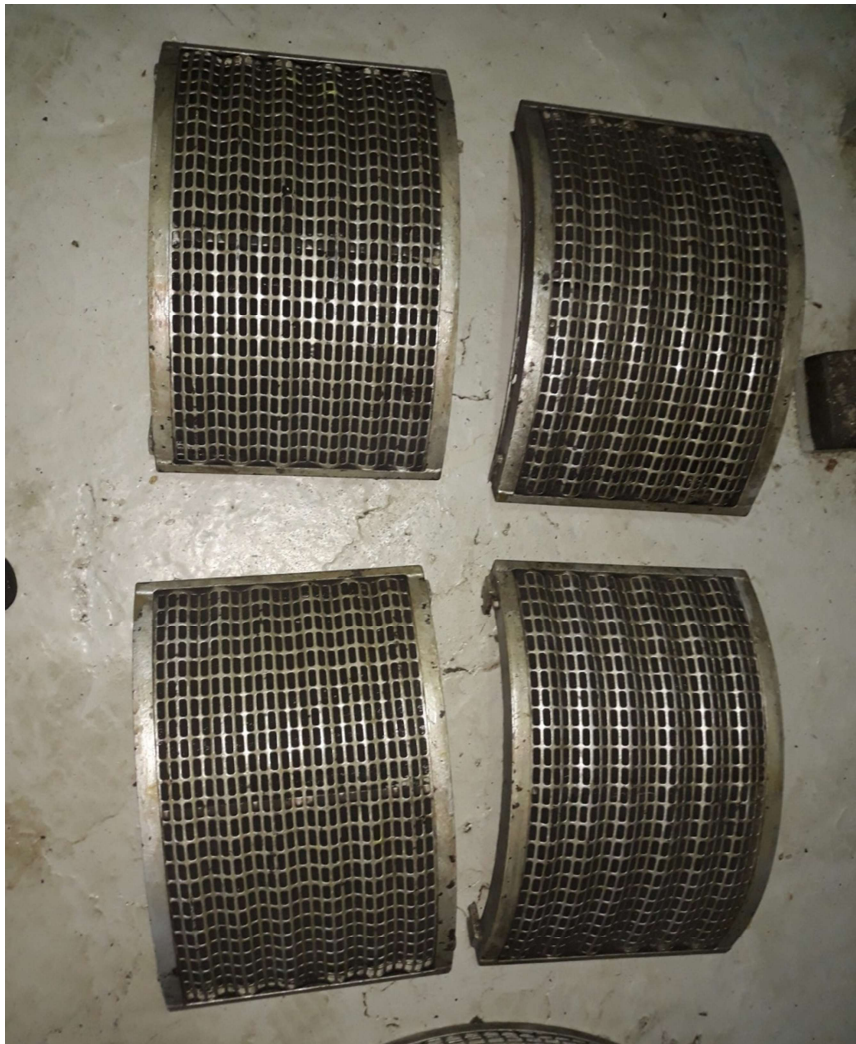
Gambar : *Proses Pembongkaran pada filter dan silincer Turbocharger*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

### LAMPIRAN III

Gambar : *Silincer Turbocharger*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

#### LAMPIRAN IV

Gambar : *Filter Kawat Turbocharger setelah diganti*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN V

Gambar : *Filter kawat Turbocharger sebelum diganti*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN VI

Gambar : setelah Pemasangan Filter Kawat Turbocharger pada Silincer



Sumber : Foto Engine Room MT. EDRICKO 8

## LAMPIRAN VII

Gambar : *cadet melakukan pembersihan pada bagian Turbocharger*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN VIII

Gambar : *Pemeriksaan Minyak Lumas pada Turbocharger*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*



## LAMPIRAN IX

*Gambar : Turbocharger Setelah Dibersihkan*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN X

Gambar : Overhaul *Turbocharger Mesin Induk*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN XI

Gambar : *Turbocharger mesin induk MT. EDRICKP 8*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN XII

Gambar : Pembongkaran Housing pada *Turbocharger*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN XIII

Gambar : *Proses Pengangkatan Turbin dan Blower*



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## LAMPIRAN XIV

Gambar : Silincer Reconditioning



Sumber : *Foto Engine Room MT. EDRICKO 8*

## RIWAYAT HIDUP



**MUH. ZULFAHMI MUBARAK**, Lahir di Sidrap (lise) pada tanggal 06 Mei 1996. Merupakan anak terakhir, dari sembilan bersaudara dari pasangan (Alm) Baharuddin dan (Alm) Hj. Fatmawati.

Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2001 di SDN 3 Lise sampai tahun 2009, Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Tellu Limpoe sampai tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Panca Lautang sampai tahun 2015. Setelah pendidikan di Sekolah Menengah Atas, penulis melanjutkan pendidikan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar pada tahun 2016, angkatan XXXVII, dan mengambil jurusan TEKNIKA. Pada semester V-VI penulis melaksanakan praktek laut (Prala) di atas kapal MT. EDRICKO 8, kapal milik PT. BITUMEN MARASENDE Mulai dari tanggal 28 JUNI 2019 sampai dengan tanggal 07 JULI 2020. Kemudian kembali menyelesaikan pendidikan semester VII dan semester VIII di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.