

TUGAS AKHIR

ANALISA PROSES OVERHAUL *TURBOCHARGER* TYPE TD 10 L PADA MESIN DIESEL KAPAL MV.CEMCON

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:
EZRAH TRI WIRA PRANATA
2207230003



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

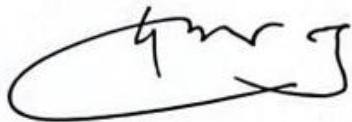
Nama : Ezra Tri wira Pranata
NPM : 2207230003
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Proses Overhaul *Turbocharger* Type TD10
L Pada Mesin Diesel Kapal MV.CEMCON
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil di hadapkan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik ada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan , 04 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Munawar A Siregar, S.T., M.T

Dosen Peguji II



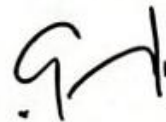
Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ezra Tri Wira Pranata
Tempat/Tanggal lahir : Pematangsiantar/ 25 Desember 2004
NPM : 2207230003
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Tugas Akhir yang berjudul,

**"ANALISA PROSES OVERHAUL *TURBOCHARGER* TYPE TD 10 L
PADA MESIN DIESEL KAPAL MV.CEMCON"**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang ada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 4 Agustus 2026

Saya, yang menyatakan



Ezrah Tri Wira Pranata

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami proses overhaul *Turbocharger* Type TD 10 L pada mesin diesel kapal MV. CEMCON, mengetahui hasil pengukuran komponen sebelum dan sesudah overhaul, serta mengidentifikasi komponen yang mengalami keausan atau kerusakan selama proses overhaul. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan observasi lapangan, studi literatur, pemeriksaan visual, pengukuran komponen, dan analisis hasil overhaul. Data diperoleh melalui proses pembongkaran *turbocharger*, pemeriksaan kondisi komponen, serta pengukuran clearance, aksial, dan radial menggunakan alat ukur seperti feeler gauge, dial indicator, dan sigmat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen yang paling dominan mengalami kerusakan adalah bearing, shaft, seal, dan compressor wheel. Kerusakan tersebut ditandai dengan keausan pada bearing, goresan pada poros, kebocoran pelumas pada seal, serta kerusakan sudu compressor wheel akibat masuknya benda asing. Hasil pengukuran setelah dilakukan overhaul menunjukkan bahwa nilai clearance, aksial, dan radial kembali berada dalam batas toleransi sehingga kinerja *turbocharger* menjadi lebih baik. Analisis juga menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan *turbocharger* adalah kurangnya pelumasan (oil starvation), kontaminasi pelumas, serta Foreign Object Damage (FOD) yang diperparah oleh kurangnya perawatan berkala dan ketidaksesuaian prosedur pengoperasian.

Kata Kunci: *Turbocharger, Overhaul, Bearing, Compressor Wheel*, Pelumasan, Mesin Diesel Kapal

ABSTRACT

This study aims to identify and understand the overhaul process of the TD 10 L Turbocharger used in the diesel engine of MV. CEMCON, evaluate the measurement results of components before and after the overhaul, and identify components that experience wear or damage during the overhaul process. The research employed a descriptive method using field observations, literature review, visual inspection, component measurements, and analysis of overhaul results. Data were collected through the disassembly of the turbocharger, inspection of component conditions, and measurements of axial and radial clearances using measuring instruments such as a feeler gauge, dial indicator, and vernier caliper. The results showed that the components most frequently affected by damage were the bearing, shaft, seal, and compressor wheel. The damage was characterized by bearing wear, shaft scratches, lubricant leakage through the seal, and damage to the compressor wheel blades caused by foreign object intrusion. Measurement results after the overhaul indicated that the axial and radial clearances had returned to the specified tolerance limits, resulting in improved turbocharger performance. The analysis also revealed that the primary causes of turbocharger failure were oil starvation, lubricant contamination, and Foreign Object Damage (FOD), which were further aggravated by inadequate periodic maintenance and improper operating procedures.

Keywords: *Turbocharger, Overhaul, Bearing, Compressor Wheel, Lubrication, Marine Diesel Engine.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang segala puji dan Syukur penulis mengucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “Analisa Proses Overhaul *Turbocharger* Type TD 10 L Pada Mesin Diesel Kapal MV.CEMCON”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

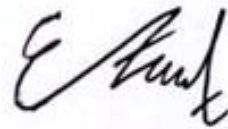
1. Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ir.Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Julkifli dan Ibunda Sriatun yang telah mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Rekan – rekan seperjuangan, Muhammad Arif Suta, Muhammad Ferdiansyah, Kevin Yudha Pratama, Dito Irfansyah, M. Rifkianda Putra, Rizky Irawan

8. Rekan – rekan seperjuangan kelas A1 Pagi Stambuk 2022, serta rekan – rekan bidang keahlian konversi manufaktur yang telah banyak memberi saran dan dukungan kepada penulis.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis dengan senang hati dan penuh lapang dada menerima kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan , 04 Agustus 2026

Penulis



Ezrah Tri Wira Pranata

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABLE	xi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori Mesin Diesel Kapal	5
2.1.1 Cara Kerja <i>Turbocharger</i>	8
2.2.1 Komponen <i>Turbocharger</i>	10
2.2 <i>Turbocharger</i> type TD 10 L	20
2.3 Pelumasan dan Pendingin	22
2.3.1 pelumasan	22
2.3.2 pendingin	22
2.4 keausan pada <i>turbocharger</i>	24
2.5 Gesekan (Friction) pada <i>Turbocharger</i>	25
2.6 Penyebab Kerusakan pada Komponen <i>Turbocharger</i>	26
2.6.1 Kerusakan Akibat Kurangnya Pelumasan (Oil Starvation)	26
2.6.2 Kerusakan Akibat Kontaminasi Pelumas	27
2.6.3 Kerusakan Akibat Benda Asing (Foreign Object Damage – FOD)	28
2.7 Klasifikasi dan Jenis <i>Turbocharger</i>	28
2.7.1 Single <i>Turbocharger</i>	28
2.7.2 Twin <i>Turbocharger</i>	29
2.7.3 Variable Geometry <i>Turbocharger</i> (VGT)	29
2.7.4 Two-Stage <i>Turbocharger</i>	29
2.7.5 <i>Turbocharger</i> Tipe TD 10 L	30
2.8 TD 10 L	30
BAB 3	33
METODE PENELITIAN	33
3.1 Tempat Dan Waktu	33
3.1.1 Tempat Penelitian	33
3.1.2 Waktu Penelitian	33
3.2 Bahan dan Alat	34
3.2.1 Bahan Penelitian	34
3.2.2 Alat Penelitian	36
3.3 Bagan Alir Penelitian	40
3.4 Rancangan Alat Penelitian	41

3.5 Prosedur Penelitian	41
3.6 Langkah Proses Pembongkaran Komponen <i>Turbocharger</i>	43
3.7 Langkah Langkah Pengukuran Pada <i>Turbocharger</i>	43
3.8 Variabel	43
3.9 Pengumpulan Data	44
3.10. Pengolahan Data	44
BAB 4	45
HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Langkah – Langkah Melakukan Overhoul <i>Turbocharger</i>	45
4.2 Melakukan pengukuran	48
4.3 diagram Hasil Analisa	53
4.4 Penanganan Permasalahan Kerusakan pada <i>turbocharger</i>	54
4.5 Analisis Penyebab Kerusakan <i>turbocharger</i>	55
4.6 Faktor Penyebab Kerusakan <i>Turbocharger</i>	56
4.6.1 Penyebab Terjadinya Kontaminasi Pelumas	57
4.7 hasil analisa	58
BAB 5	59
KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
Lampiran 1. SK Pembimbing	
Lampiran 2. Lembar Asistensi	
Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 4. DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Turbocharger</i> Kapal MV.CEMCON (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	8
Gambar 2. 2 Skema Instalasi Sederhana <i>Turbocharger</i> dengan Intercooler	8
Gambar 2. 3 Siklus motor bakar 4 langkah	10
Gambar 2. 4 Aliran Fluida Pada <i>Turbocharger</i>	10
Gambar 2. 5 turbin dan casing turbin (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	11
Gambar 2. 6 compresor dan casing compresor (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	12
Gambar 2. 7 Sistem Center Housing	12
Gambar 2. 8 Plate, Back (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	13
Gambar 2. 9 Ring Piston (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	14
Gambar 2. 10 Sleeve Flinger (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	15
Gambar 2. 11 <i>Bearing</i> (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	15
Gambar 2. 12 Deflektor oil (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	16
Gambar 2. 13 Ring Trust (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	17
Gambar 2. 14 Insert (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	17
Gambar 2. 15 Snap Ring (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	18
Gambar 2. 16 O-Ring (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	18
Gambar 2. 17 Nut, Lock (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	19
Gambar 2. 18 Thrust <i>Bearing</i> (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	19
Gambar 2. 19 Air Filter (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	20
Gambar 2. 20 <i>Turbocharger</i> type TD 10 L	21
Gambar 2. 21 Sistem pelumasan dan pendingin <i>Turbocharger</i>	24
Gambar 3. 1 Diterjen (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	34
Gambar 3. 2 Metal Ppelumassh (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	34
Gambar 3. 3 Solar (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	35
Gambar 3. 4 Pasir (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	35
Gambar 3. 5 <i>Turbocharger</i> Kapal MV.CEMCON (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	36
Gambar 3. 6 Water jet (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	36
Gambar 3. 7 Puller (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	37
Gambar 3. 8 <i>Dial</i> (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	37
Gambar 3. 9 Sigmat (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	38
Gambar 3. 10 Oil Gun (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	38
Gambar 3. 11 Sikat (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	38
Gambar 3. 12 Mesin Ballancing (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	39
Gambar 3. 13 Kunci-Kunci (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	39
Gambar 3. 15 Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 3. 16 pengukuran <i>Turbocharger</i> (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	41
Gambar 3. 17 Data ukur <i>Turbocharger</i> (PT. Waruna Shipyard Indonesia)	42
Gambar 4. 1 saluran udara dan gas buang	45
Gambar 4. 2 sistem pelumasan	46
Gambar 4. 3 pelepasan <i>turbocharger</i>	46
Gambar 4. 4 casing kompresor dan turbin	47
Gambar 4. 5 <i>rotor</i> dan poros <i>turbocharger</i>	47
Gambar 4. 6 <i>bearing</i>	47
Gambar 4. 7 Pengukuran menggunakan feeler guage sebelum rekondisi	49
Gambar 4. 8 Pengukuran menggunakan <i>dial</i> sebelum maintenance	51

Gambar 4. 9 Pengukuran menggunakan feeler guage sesudah di rekondisi	51
Gambar 4. 10 Hasil pengukuran menggunakan <i>dial</i> sesudah maintenance	52
Gambar 4. 11 Diagram <i>Rotor</i>	53
Gambar 4. 12 Diagram <i>Bearing</i>	54

DAFTAR TABLE

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	33
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran menggunakan feeler guage sebelum rekondisi	50
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran menggunakan <i>dial</i> sebelum maintenance	51
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Sesudah di rekondisi	51
Tabel 4. 4 hasil Pengukuran menggunakan <i>dial</i> sesudah maintenance	52
Tabel 4. 5 Analisis Visual	53

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia permesinan kapal, efisiensi dan keandalan mesin merupakan faktor utama yang menentukan kelancaran operasi dan keselamatan pelayaran. Mesin induk kapal yang beroperasi dalam jangka waktu lama membutuhkan sistem pendukung yang mampu meningkatkan efisiensi pembakaran serta tenaga keluaran tanpa harus menambah konsumsi bahan bakar secara berlebihan. Salah satu komponen yang berperan penting dalam hal ini adalah *Turbocharger*.

Turbocharger dipatenkan pada tahun 1905 oleh Swiss Alfred Büchi. Aplikasi pertamanya dalam mesin terhubung ke bidang penerbangan melalui kontribusi Auguste Rateau dari Prancis, yang menciptakan mesin pesawat turbocharged selama Perang Dunia Pertama. *Turbocharger* adalah agregat yang terdiri dari sambungan pada poros umum turbin; dengan demikian, ia bekerja sebagai mesin pneumatik, diberi makan oleh gas buang dari mesin, yang menghasilkan kerja mekanis. Kompresor bertindak sebagai mesin pneumatik yang digerakkan oleh energi turbin, yang menarik udara bersih, meningkatkan tekanan. (Cosmin, Sorin, Lon, & Loana., 2024).

Turbocharger merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara dari konsep natural atau alami menjadi sistem induksi paksa. Sementara udara yang disuplai ke silinder hanya didasarkan pada ruang hampa yang disebabkan oleh gerakan piston selama transisi dari titik mati atas ke titik mati bawah atau selama langkah isap. Dengan menggunakan *turbocharger*, udara dikompresi ke dalam silinder melalui putaran kompresor yang digerakkan oleh turbin.

Pada sistem engine terdapat exhaust engine yang berfungsi menggerakkan turbin pada *turbocharger* dan putaran turbin yang dihasilkan menggerakkan kompresor untuk meningkatkan aliran massa udara yang masuk ke mesin, sehingga pada rasio tekanan kompresor-turbin yang tinggi akan menjadikan mesin sangat efisien dan hemat bahan bakar. Tekanan udara masuk dari mesin pembakaran dan ditingkatkan dengan udara yang bertekanan lebih tinggi yang dihasilkan dari putaran *turbocharger*.

Saat menggunakan *turbocharger* yang menggunakan tekanan gas buang untuk menggerakkan turbin dan kompresor, tekanan dan kecepatan udara yang

masuk ke ruang bakar meningkat dan jumlah udara yang dapat masuk ke dalam silinder meningkat. Meningkatkan jumlah udara di dalam silinder memungkinkan menambah bahan bakar, yang juga meningkatkan tenaga yang dihasilkan oleh silinder. Penambahan kompresor pada sistem udara tekan membantu meningkatkan tekanan di ruang bakar dan meningkatkan tenaga serta torsi yang dihasilkan. (Furqan, Saifuddin, Muhammad.,2023).

Salah satu jenis *Turbocharger* Type TD 10 L adalah varian *turbocharger* industri/laut yang banyak dipasangkan pada mesin diesel Mitsubishi seri S (mis. S6R, S16R) dan mesin-mesin empat langkah serupa untuk aplikasi kapal dan genset. Unit TD 10 L sering muncul pada katalog suku cadang dan manual servis sebagai model pengganti untuk unit *turbocharger* pada mesin-mesin tersebut.

Turbocharger memiliki beberapa kelemahan yang banyak dibahas dalam literatur ilmiah. *turbocharger* bekerja pada suhu yang sangat tinggi serta putaran yang ekstrem sehingga sangat rentan mengalami kerusakan seperti keausan bantalan, kegagalan pelumasan, hingga kerusakan poros (Idzior dkk. 2014). Mereka menegaskan bahwa kondisi operasi yang tidak menguntungkan, seperti temperatur gas buang yang tinggi dan kecepatan putaran yang mencapai ratusan ribu rpm, menyebabkan *turbocharger* mudah mengalami kegagalan mekanis. Selain itu, salah satu kekurangan utama *turbocharger* adalah terjadinya "turbo lag", yaitu jeda respons tenaga akibat turbo membutuhkan waktu untuk mencapai putaran optimum sebelum menghasilkan tekanan udara tambahan. Fenomena ini terutama terjadi pada putaran rendah ketika energi dari gas buang belum cukup untuk memutar turbin secara cepat. Kompleksitas sistem *turbocharger* juga menjadi masalah tersendiri. sistem turbo memerlukan komponen tambahan seperti intercooler, wastegate, dan sistem pelumasan khusus, sehingga perawatan dan biaya operasionalnya lebih tinggi dibanding mesin tanpa turbo. Selain itu, *turbocharger* juga menimbulkan tekanan balik (back-pressure) pada sistem buang yang dapat mempengaruhi efisiensi mesin serta meningkatkan kebutuhan kualitas pelumas yang sangat tinggi untuk menjaga kestabilan pelumasan pada kecepatan putaran yang ekstrem. Dalam konteks mesin besar seperti mesin kapal, *turbocharger* dapat mengalami kerusakan fisik seperti keausan *rotor*, penurunan performa kompresor, hingga kasus kerusakan akibat kontaminasi dan pelumasan yang buruk.

Kelemahan-kelemahan ini menunjukkan bahwa meskipun *turbocharger* memberikan peningkatan performa dan efisiensi, tetap diperlukan manajemen operasional dan perawatan yang baik agar sistem bekerja secara optimal (Hendrawan dkk. 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana prosedur overhaul *Turbocharger* Type TD 10 L pada mesin kapal yang dilakukan sesuai prosedur PT. WARUNA SHIPYARD INDONESIA?
2. Komponen apa saja yang perlu diperiksa dan diganti selama proses overhaul *Turbocharger*?
3. Faktor-faktor apa yang dapat mempengaruhi kerusakan pada *Turbocharger* Type TD 10 L setelah dilakukan overhaul?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini disusun untuk memberikan batasan yang jelas terhadap permasalahan yang dibahas sehingga penelitian tidak melebar dari tujuan utama. Adapun ruang lingkup penelitian ini meliputi:

1. Objek penelitian terbatas pada *turbocharger* Type TD10 L yang digunakan pada mesin kapal MV.CEMCON. Penelitian tidak mencakup perangkat bantu mesin lainnya.
2. Fokus analisis hanya pada proses overhaul dan pemeriksaan komponen, termasuk pembongkaran, pembersihan, pengukuran, identifikasi keausan, dan evaluasi kelayakan komponen seperti turbine wheel, compressor wheel, bearing, shaft, seal ring, dan housing.
3. Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, dokumentasi perawatan, manual book *turbocharger*, serta referensi jurnal. Penelitian ini tidak melakukan pengujian laboratorium yang bersifat eksperimen terhadap *turbocharger*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dan memahami prosedur overhaul *Turbocharger* Type TD 10 L yang sesuai dengan standar.
2. Untuk mengetahui data ukur sebelum dan sesudah dilakukan overhaul pada *turbocharger*.
3. Untuk mengidentifikasi komponen-komponen penting yang mengalami keausan atau kerusakan pada saat overhaul..

1.5 Manfaat Penelitian

Ada pun manfaat dalam mengetahui proses overhaul turbovcharger sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan di bidang permesinan kapal, khususnya mengenai sistem kerja dan perawatan *turbocharger*. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi atau bahan acuan bagi mahasiswa dan peneliti lain yang ingin mengkaji lebih dalam mengenai proses overhaul dan perawatan sistem *turbocharger* pada mesin kapal diesel.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu para teknisi, mekanik, serta operator kapal dalam memahami langkah-langkah prosedur overhaul yang benar dan sesuai dengan standar pabrik. Dengan demikian, proses perawatan dapat dilakukan dengan lebih efisien, aman, serta mampu mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius pada *turbocharger* maupun mesin utama kapal.
3. Penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi komponen-komponen pada *Turbocharger* Type TD 10 L sebelum dan sesudah dilakukan overhaul. Dengan adanya analisis ini, diharapkan pihak manajemen permesinan kapal dapat menyusun jadwal perawatan yang lebih terencana, serta mengambil langkah-langkah preventif untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem *turbocharger* secara keseluruhan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Mesin Diesel Kapal

Mesin diesel kapal merupakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran di dalam ruang bakar. Mesin diesel banyak digunakan sebagai mesin penggerak utama (*main engine*) maupun mesin bantu (*auxiliary engine*) pada kapal karena memiliki efisiensi termal yang tinggi, konsumsi bahan bakar yang relatif rendah, serta mampu menghasilkan torsi besar pada putaran rendah. Karakteristik tersebut menjadikan mesin diesel sebagai pilihan utama pada berbagai jenis kapal niaga, kapal penumpang, maupun kapal industri yang memerlukan keandalan tinggi selama beroperasi dalam waktu yang panjang.

Prinsip kerja mesin diesel didasarkan pada proses penyalaan sendiri (*compression ignition*), yaitu pembakaran bahan bakar yang terjadi akibat temperatur udara di dalam silinder meningkat karena proses kompresi. Berbeda dengan mesin bensin yang menggunakan busi sebagai sumber penyalaan, mesin diesel hanya mengompresi udara hingga mencapai tekanan dan temperatur tinggi, kemudian bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran secara spontan. Proses tersebut menghasilkan tekanan gas yang mendorong piston sehingga menghasilkan tenaga mekanik yang diteruskan ke poros engkol (*crankshaft*) untuk menggerakkan sistem propulsi kapal.

Pada umumnya mesin diesel kapal menggunakan siklus empat langkah (*four-stroke diesel engine*), yaitu langkah hisap (*intake stroke*), langkah kompresi (*compression stroke*), langkah usaha (*power stroke*), dan langkah buang (*exhaust stroke*). Pada langkah hisap, udara segar masuk ke dalam silinder melalui katup masuk ketika piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB). Selanjutnya pada langkah kompresi, udara dimampatkan sehingga tekanan dan temperaturnya meningkat secara signifikan. Menjelang akhir langkah kompresi, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar sehingga terbakar secara otomatis akibat temperatur udara yang tinggi. Energi hasil pembakaran tersebut menghasilkan tekanan yang mendorong piston ke bawah pada langkah usaha

sehingga menghasilkan tenaga. Setelah itu, gas sisa pembakaran dikeluarkan melalui katup buang pada langkah buang sebelum siklus kembali berulang.

Kinerja mesin diesel dipengaruhi oleh beberapa sistem pendukung yang bekerja secara terpadu, antara lain sistem bahan bakar, sistem pelumasan, sistem pendinginan, sistem udara masuk (*air intake system*), dan sistem pembuangan gas buang (*exhaust system*). Setiap sistem memiliki fungsi yang saling berkaitan dalam menjaga performa mesin agar tetap optimal. Sistem pelumasan berfungsi mengurangi gesekan antar komponen yang bergerak, sistem pendinginan menjaga temperatur kerja mesin tetap stabil, sedangkan sistem udara masuk berfungsi menyediakan udara yang cukup untuk proses pembakaran. Apabila salah satu sistem mengalami gangguan, maka efisiensi pembakaran akan menurun dan berpotensi menyebabkan kerusakan pada komponen mesin.

Dalam mesin diesel modern, kebutuhan udara pembakaran yang besar dipenuhi melalui penggunaan *turbocharger*. *Turbocharger* memanfaatkan energi gas buang untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan kompresor melalui satu poros. Putaran kompresor menghasilkan udara bertekanan yang dialirkan ke dalam ruang bakar sehingga jumlah oksigen meningkat. Dengan meningkatnya massa udara yang masuk ke dalam silinder, proses pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga daya mesin meningkat tanpa harus memperbesar kapasitas silinder. Selain meningkatkan daya, penggunaan *turbocharger* juga mampu meningkatkan efisiensi bahan bakar serta mengurangi emisi gas buang.

Pada mesin diesel kapal, *turbocharger* bekerja pada kondisi operasi yang sangat berat karena harus berputar dengan kecepatan tinggi dan menerima temperatur gas buang yang dapat mencapai ratusan derajat Celsius. Oleh karena itu, *turbocharger* memerlukan sistem pelumasan dan pendinginan yang baik agar komponen-komponennya, seperti bearing, shaft, compressor wheel, dan turbine wheel, tetap bekerja secara optimal. Kerusakan pada sistem pelumasan maupun masuknya benda asing ke dalam *turbocharger* dapat menyebabkan penurunan performa mesin bahkan mengakibatkan kegagalan operasi mesin secara keseluruhan.

Dengan demikian, pemahaman mengenai prinsip kerja mesin diesel kapal beserta sistem pendukungnya menjadi dasar yang penting dalam menganalisis

proses overhaul *turbocharger*. Pengetahuan tersebut diperlukan untuk memahami hubungan antara kondisi operasi mesin, sistem pelumasan, sistem pemasukan udara, serta keandalan *turbocharger* dalam menjaga efisiensi dan performa mesin diesel kapal.

Turbocharger merupakan sebuah pesawat bantu yang berfungsi untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan cara memanfaatkan energi gas buang dari hasil pembakaran dalam silinder. Gas buang tersebut akan memutar turbin bagian turbine side pada *turbocharger* kemudian ditransmisikan ke kompressor bagian blower side. Kompressor tersebut berputar dan menghisap udara luar dan di tekan masuk ke dalam intercooler yang berfungsi untuk mendinginkan udara sebelum masuk ke dalam silinder guna meningkatkan massa oksigen yang terdapat pada udara luar yang di hisap oleh kompressor (Sumardiyanto, 2017).

Menurut (Purnama & Saksono, 2017), *Turbocharger* merupakan suatu perangkat tambahan pada sistem pemasukan udara yang berfungsi untuk meningkatkan densitas udara yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan energi kinetik dari gas buang (exhaust gas). Alat ini mengubah sistem pemasukan udara dari yang semula bersifat alami (naturally aspirated), yang bergantung pada kevakuman akibat gerakan piston saat langkah isap, menjadi sistem pemasukan paksa (forced induction), di mana udara ditekan masuk ke dalam silinder oleh kompresor (blower) yang digerakkan oleh turbin yang berputar akibat tekanan gas buang dari mesin.

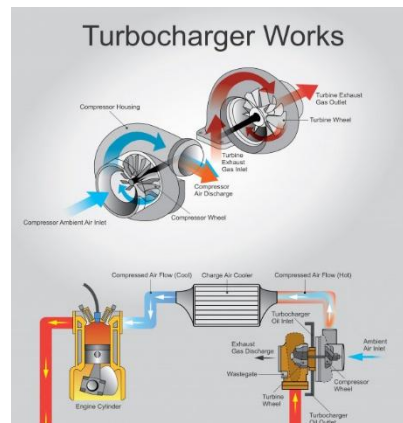
TD 10 L merupakan identitas model *turbocharger* yang digunakan oleh pabrikan Mitsubishi untuk membedakan tipe dan spesifikasi *turbocharger*. Huruf TD menunjukkan seri atau keluarga *turbocharger* yang dirancang untuk aplikasi mesin diesel (*Turbo Diesel Series*). Angka 10 menunjukkan ukuran atau kelas *turbocharger* dalam seri tersebut, yang berkaitan dengan dimensi dan kapasitas aliran udara sesuai desain pabrikan. Sementara itu, huruf L merupakan kode varian yang membedakan konfigurasi atau spesifikasi tertentu pada model TD10, seperti desain rumah kompresor (*compressor housing*), rumah turbin (*turbine housing*), atau karakteristik aplikasi mesin. Secara keseluruhan, kode TD10L digunakan sebagai identitas model *turbocharger* yang memiliki spesifikasi teknis tertentu sesuai dengan kebutuhan mesin diesel yang menggunakannya.



Gambar 2. 1 *Turbocharger* Kapal MV.CEMCON (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

2.1.1 Cara Kerja *Turbocharger*

Pada prinsipnya kerja dari *turbocharger* pada mesin induk yaitu merubah tekanan gas buang hasil sisa pembakaran menjadi energi mekanis untuk menaikkan tekanan udara yang masuk ke intake manifold (saluran masuk udara) dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Skema Instalasi Sederhana *Turbocharger* dengan Intercooler

Dengan menggunakan *turbocharger* yang memanfaatkan tekanan gas buang untuk menggerakkan turbin dan kompresor, tekanan dan kecepatan udara yang masuk ke ruang bakar akan meningkat dan dengan sendirinya jumlah udara yang bisa ditampung dalam silinder juga meningkat. Meningkatnya jumlah udara dalam silinder, memungkinkan kita untuk menambahkan bahan bakar lebih banyak lagi, sehingga power yang dihasilkan oleh silinder juga meningkat. Penambahan *Turbocharger* pada system udara paksa akan membantu meningkatkan tekanan dalam ruang bakar sehingga daya dan torsi yang dihasilkan akan meningkat.

Peningkatan tersebut bukan hanya terjadi dalam ruang bakar tetapi juga pada pipa – pipa penghantar udara yang ada pada supercharger menuju karburator sehingga bahan bakar yang dihantarkan menuju karburator juga harus memiliki tekanan agar bisa dikabutkan (*Kristanto & Hartadi, 2001*).

Turbocharger dapat meningkatkan unjuk kerja dari sebuah motor bakar. Terjadi peningkatan daya sebesar 34,97% dari motor bakar yang menggunakan *turbocharger* diikuti dengan peningkatan Sfc sebesar 11,8%002E. Pada prinsipnya *turbocharger* akan meningkatkan daya motor sehingga efisiensi pun akan meningkat dan pada akhirnya akan meningkatkan tingkat keselamatan kapal yang menjadi tujuan utama (*Hendrawan, 2018, 2019a, 2020*).

Berikut 4 tahap kerja dari Mesin Induk di kapal yaitu :

1. Hisap (Charge Exchange Stroke)

Pada mesin Diesel, piston bergerak kebawah dan udara ditarik melalui katup masuk dalam mesin diesel, Pada mesin dengan *Turbocharger*, Udara di kompress sebelum disuplai ke dalam silinder selama langkah hisap. karena proses tersebut berada pada tekanan yg lebih tinggi, kadar udara yg lebih besar masuk kedalam ruang bakar sehingga bahan bakar nantinya akan terbakar lebih efisien.

2. Kompresi (Compression Stroke)

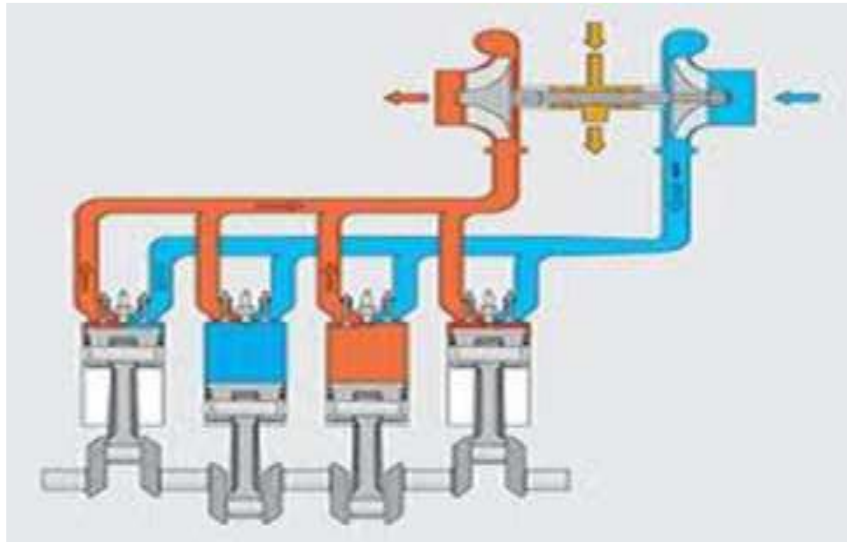
Ketika Piston bergerak keatas (TMA) , udara akan di kompressi oleh piston sehingga temperatur di dalam silinder naik menjadi tinggi.

3. Usaha (Power Stroke)

Dalam mesin diesel, sebelum piston mencapai TMA injector akan mengabutkan bahan bakar pada tekanan tinggi (± 280 bars) dan udara panas tersebut akan terbakar secara spontan dan mendorong piston bergerak kebawah.

4. Pembuangan (Exhaust Stroke)

Gas Buang dikeluarkan melalui katup pembuangan ketika piston bergerak keatas (TMA).

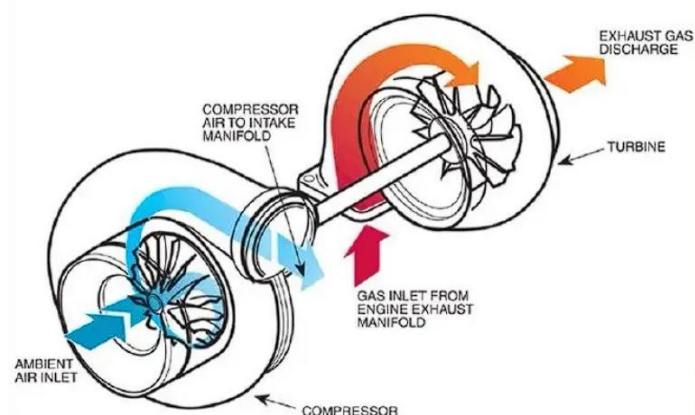


Gambar 2. 3 Siklus motor bakar 4 langkah

2.2.1 Komponen *Turbocharger*

1. *Turbin*

Turbin adalah sebuah komponen mekanik yang berfungsi untuk mengkonversikan energi panas fluida yang melewatinya menjadi energi mekanis putaran poros turbin. Setiap turbin selalu melibatkan fluida yang mengandung energi panas yang mengalir melewati sudu-sudu turbin. Setiap sudu turbin berdesain membentuk nozzle-nozzle sehingga disaat fluida melewatinya, fluida akan tereksansi diikuti dengan perubahan energi panas menjadi mekanis. Fluida yang dikonversikan energi panasnya menjadi tenaga putaran poros pada sistem *turbocharger* tentu saja adalah udara gas buang dari hasil pembakaran motor bakar. Gas buang ini masih menyimpan cadangan energi berbentuk panas dan tekanan yang masih cukup bermanfaat (*Scribd, 2025*).



Gambar 2. 4 Aliran Fluida Pada *Turbocharger*

Turbin pada *turbocharger* tersusun atas *rotor* dan casing. Turbin ini biasa berType sentrifugal dengan casing berbentuk volute mirip seperti casing pompa sentrifugal. Gas buang masuk melalui sisi casing, mengalir mengikuti bentuk "keong" dan masuk ke sudu melalui tepi *rotor*. Selanjutnya gas buang mengalir mengikuti bentuk sudu turbin sekaligus mengalami proses penyerapan energi panas dan tekanan menjadi putaran sudu, dan berakhir ke sisi tengah *rotor* untuk keluar ke sisi *exhaust* (Scribd, 2025).



Gambar 2. 5 turbin dan casing turbin (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

2.Kompresor

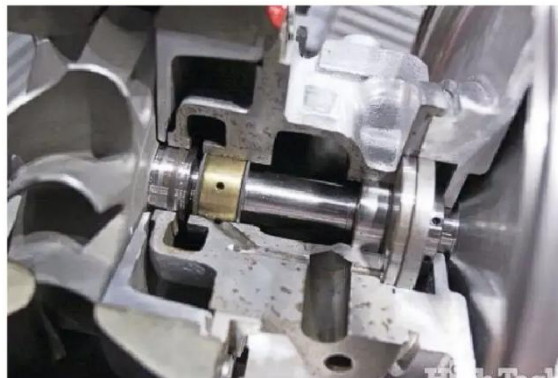
Kompresor pada *turbocharger*, berfungsi untuk mengubah energi mekanis putaran poros *turbocharger* menjadi energi kinetik aliran udara. Kompresor berada pada satu poros dengan turbin, sehingga pada saat gas buang mesin mulai memutar turbin, kompresor juga akan ikut berputar dengan kecepatan putaran yang sama. Energi mekanis yang dihasilkan turbin akan langsung digunakan sebagai tenaga penggerak kompresor. Kompresor *turbocharger* berType sentrifugal dan tersusun atas dua bagian utama yakni sudu-sudu *rotor* dan casing. Pada saat impeller *rotor* kompresor mulai berputar dengan kecepatan tinggi, udara atmosfer akan mulai terhisap dan masuk ke kompresor melalui sisi inlet. Udara ini akan diakselerasi oleh impeller secara *radial* menjauhi poros kompresor. Pada saat udara terakselerasi hingga ke casing kompresor yang juga berfungsi sebagai diffuser, kecepatan aliran udara akan turun dan tekanan statiknya akan meningkat. Peningkatan tekanan udara ini akan diikuti dengan kenaikan temperatur juga. Selanjutnya, udara terkompresi ini dikeluarkan untuk menuju ke *intercooler* (Scribd, 2025).



Gambar 2. 6 compresor dan casing compresor (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3. *Center Housing*

Masing-masing turbin dan kompresor pada *turbocharger* tersusun atas bagian *rotor* dan rumah casing. Keduanya berada pada satu poros yang ditopang oleh sebuah sistem *bearing* (bantalan) di tengah-tengah antara turbin dan kompresor. Untuk kebutuhan assembly, casing turbin dan kompresor disatukan oleh sebuah sistem bernama *Center Housing*. Karena sistem *bearing* juga terletak pada *Center Housing*, maka sistem lubrikasi turbocharge juga berpusat pada *Center Housing*.



Gambar 2. 7 Sistem *Center Housing*

Putaran poros *turbocharger* dapat mencapai 100.000 rpm. Dengan putaran secepat itu, dibutuhkan *bearing* dengan kualitas baik. Thrust *bearing* tradisional dari turbocharge biasanya terbuat dari perunggu. Pada perkembangan selanjutnya *bearing* modern *turbocharger* adalah berupa ball *bearing* dengan bahan keramik. Penggunaan ball *bearing* lebih banyak dipilih karena lifetime *turbocharger* menjadi lebih baik. (Scribd, 2025).

Di dalam *Center Housing* terdapat beberapa komponen yaitu

a. *Plate, Back*

Komponen ini pada *turbocharger* berfungsi sebagai piringan belakang kompresor atau *compressor back plate* yang memiliki peran penting dalam mengatur dan menstabilkan aliran udara di dalam turbo. Bagian ini bekerja dengan mengarahkan udara berkecepatan tinggi yang keluar dari impeller menuju ruang diffuser sehingga energi kecepatan udara dapat dikonversi menjadi tekanan yang lebih tinggi secara efisien. Selain itu, piringan ini juga menjaga jarak presisi antara impeller dan housing kompresor untuk mencegah terjadinya gesekan yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis. Komponen ini sekaligus menjadi bagian struktural yang menahan tekanan internal ruang kompresor ketika turbo beroperasi pada putaran tinggi serta berfungsi sebagai penghalang agar pelumas dari ruang *bearing* tidak masuk ke sisi kompresor. Dengan peran tersebut, piringan belakang kompresor ini membantu menjaga efisiensi kerja *turbocharger*, mencegah kontaminasi, serta memperpanjang umur pakai sistem turbo secara keseluruhan.



Gambar 2. 8 Plate, Back (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

b. *Ring Piston (T-side)*

Komponen ini merupakan ring piston (T-side) yang digunakan pada *turbocharger*, khususnya berfungsi sebagai *seal ring* yang dipasang pada sisi turbin. Ring ini bekerja untuk mencegah kebocoran pelumas dari ruang *bearing* menuju sisi turbin ketika *turbocharger* berputar pada kecepatan sangat tinggi. Dalam sistem turbo, pelumas digunakan untuk melumasi dan mendinginkan poros serta *bearing*, namun tidak boleh masuk ke ruang turbin karena dapat terbakar dan menyebabkan asap berlebih serta penurunan performa. Oleh karena itu, ring piston ini membentuk lapisan penyekat yang menjaga agar tekanan gas buang pada sisi turbin tetap

terpisah dari ruang pelumasan internal *turbocharger*. Selain mencegah kontaminasi, ring ini juga membantu menjaga kestabilan putaran poros turbo dengan memastikan tekanan di kedua sisi tetap seimbang. Dengan fungsi tersebut, ring piston (T-side) menjadi komponen penting yang mendukung keandalan, umur pakai, serta performa keseluruhan *turbocharger*.



Gambar 2. 9 Ring Piston (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

C. Sleeve Flinger

sleeve flinger merupakan bagian kecil namun sangat penting pada *turbocharger*, terutama pada sistem pelumasannya. Sleeve flinger berfungsi untuk membantu mengendalikan aliran pelumas pada area poros dan *bearing* dengan cara memutar pelumas menjauhi ruang kompresor maupun ruang turbin ketika poros turbo berputar dengan kecepatan tinggi. Saat turbo beroperasi, poros dan *bearing* membutuhkan pelumasan berkelanjutan, namun pelumas tidak boleh bocor masuk ke sisi kompresor atau turbin karena dapat menyebabkan asap putih atau hitam, kontaminasi udara masuk, serta penurunan efisiensi turbo. Sleeve flinger bekerja dengan prinsip gaya sentrifugal, yaitu membuang atau menepis pelumas berlebih sehingga hanya jumlah pelumas yang ideal yang tetap berada di area pelumasan. Selain itu, komponen ini membantu menjaga tekanan dalam housing dan mencegah terjadinya oil carry-over yang dapat merusak impeller maupun turbin. Dengan demikian, sleeve flinger berperan menjaga kebersihan ruang turbo, melindungi komponen berputar, dan memastikan *turbocharger* bekerja dengan stabil serta memiliki umur pakai yang lebih panjang.



Gambar 2. 10 Sleeve Flinger (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

d. *Bearing*

Part ini merupakan *journal bearing* (*bushing bearing*) pada *turbocharger* Mitsubishi, yaitu komponen yang berfungsi sebagaiudukan sekaligus jalur putar bagi poros turbo (*shaft*). *Bearing* jenis ini bekerja dengan prinsip pelumasan hidrodinamis, di mana pelumas yang mengalir di antara permukaan bushing dan poros menciptakan lapisan pelumas tipis yang mampu menahan beban putaran sangat tinggi dari *turbocharger*. *Journal bearing* memastikan poros dapat berputar dengan halus, stabil, dan minim gesekan meskipun turbo bekerja pada kecepatan puluhan hingga ratusan ribu rpm. Selain mengurangi gesekan, komponen ini juga membantu meredam getaran serta menjaga posisi poros agar tetap terpusat sehingga impeller dan turbin dapat berputar tanpa menyentuh housing. Kondisi *journal bearing* yang baik sangat penting karena keausan kecil saja dapat menyebabkan poros menjadi tidak seimbang, pelumas bocor ke sisi kompresor/turbin, hingga kerusakan total *turbocharger*. Oleh karena itu, part ini termasuk komponen vital dalam proses overhaul dan penggantian rutin *turbocharger*.



Gambar 2. 11 *Bearing* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

e. Deflektor oil

Part ini, yang dikenal sebagai oil deflector, merupakan komponen penting pada *turbocharger* yang berfungsi mengarahkan, mengontrol, dan mengatur aliran pelumas di dalam bagian central housing. Oil deflector bekerja dengan memastikan bahwa pelumas pelumas yang masuk dapat tersebar secara tepat ke area *bearing* dan *shaft* tanpa menyebabkan kelebihan pelumas yang dapat bocor ke sisi kompresor maupun turbin. Selain itu, komponen ini membantu mencegah turbulensi pelumas berlebih yang dapat mengganggu kestabilan pelumasan pada kecepatan putar turbo yang sangat tinggi. Dengan berperan sebagai penghalang dan pengarah, oil deflector turut menjaga tekanan pelumasan tetap stabil serta mencegah terjadinya kontaminasi pelumas ke ruang gas panas atau udara tekan. Kondisi oil deflector yang baik sangat penting karena kerusakan kecil pada komponen ini dapat menyebabkan pelumas bocor, pelumasan tidak merata, dan berujung pada kerusakan *bearing* maupun *shaft turbocharger*.



Gambar 2. 12 Deflektor oil (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

f. Ring Trust

Fungsi Ring Trust dalam *turbocharger* adalah sebagai komponen penahan gaya dorong (gaya dorong) yang dihasilkan oleh rotasi poros *turbocharger*. Thrust ring berperan penting untuk menjaga posisi dan kestabilan poros agar tetap berada di tengah rumah turbo selama berputar dengan kecepatan tinggi, serta mencegah terjadinya kontak langsung antara poros dan permukaan housing yang dapat menyebabkan kerusakan atau kerusakan. Ring Trust juga berfungsi untuk menahan gaya aksial yang timbul akibat tekanan kompresi udara pada *turbocharger*, sehingga kinerja dan umur pakai *turbocharger* dapat lebih optimal dan tahan lama. Jika cincin dorong mengalami keausan atau kerusakan, dapat menyebabkan poros

bergeser atau bahkan gagal berputar secara normal, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi serta memperbesar risiko kerusakan *turbocharger* secara keseluruhan.



Gambar 2. 13 Ring Trust (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

g. *Insert*

Insert pada *turbocharger* berfungsi sebagai bantalan atauudukan bagi poros *rotor turbocharger*. Komponen ini biasanya terbuat dari material logam khusus yang tahan terhadap sirkulasi dan panas tinggi, sehingga dapat menahan putaran tinggi dari poros serta mendistribusikan beban secara merata.



Gambar 2. 14 Insert (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

h. *Snap Ring*

Fungsi Snap Ring pada *turbocharger* sangat penting sebagai pelindung sistem dari kebocoran pelumas dan udara. Snap Ring berperan sebagai segel antara komponen yang berputar (poros *rotor*) dan housing *turbocharger*, sehingga memastikan bahwa pelumas pelumas tidak bocor keluar dan udara atau buangan gas tidak masuk ke dalam ruang pelumasan.



Gambar 2. 15 Snap Ring (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

i. *O-Ring*

Komponen ini berfungsi sebagai penyekat pelumas pada bagian center housing, khususnya di sisi turbin atau kompresor, agar pelumas pelumas tidak bocor masuk ke ruang turbin maupun ruang kompresor. O-Ring menjaga agar tekanan di dalam *bearing housing* tetap stabil serta memastikan pelumas hanya beredar di area yang seharusnya, yaitu bantalan dan poros.



Gambar 2. 16 O-Ring (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

j. *Nut Lock*

Nut Lock merupakan salah satu komponen penting dalam sistem *turbocharger*, khususnya pada bagian poros turbin-kompresor. Nut Lock berfungsi sebagai pengunci untuk menjaga posisi impeller dan *rotor shaft* tetap stabil pada putaran tinggi. Lock nut dirancang untuk menahan gaya aksial dan *radial* yang terjadi selama proses kerja *turbocharger*.



Gambar 2. 17 Nut, Lock (PT. Waruna Shipyard Indonesia)
k. *Thrust Bearing*

Bearing merupakan komponen utama yang berfungsi untuk menopang poros turbin-kompresor agar dapat berputar dengan kecepatan sangat tinggi dengan gesekan minimal. Pada *turbocharger* Mitsubishi, komponen ini termasuk dalam jenis *thrust bearing* atau *journal bearing*, yang dibuat khusus untuk bekerja dengan sistem *hydrodynamic lubrication*.



Gambar 2. 18 *Thrust Bearing* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

4. *Air Filter*

Filter udara (*air filter*) dalam sistem *turbocharger* memiliki fungsi yang sangat penting dan krusial berdasarkan berbagai jurnal ilmiah. Fungsi utama filter udara adalah menyaring udara yang masuk ke *turbocharger* dari berbagai partikel kotoran, debu, dan kontaminan lain yang dapat merusak bagian dalam *turbocharger*, khususnya *rotor* dan bilah turbin. Dengan adanya filter udara, kinerja *turbocharger* dapat terjaga optimal karena udara yang bersih meningkatkan

efisiensi kompresi dan pembakaran mesin. Beberapa penelitian juga menegaskan bahwa kotor dan tersumbatnya filter udara dapat menyebabkan penurunan tekanan udara masuk, penurunan kecepatan putar *turbocharger*, hingga penurunan keseluruhan performa mesin diesel atau kapal yang menggunakan *turbocharger* tersebut.

Selain itu, filter udara berfungsi sebagai pelindung utama yang mencegah kerusakan akibat erosi dan fouling (penumpukan kotoran halus) pada komponen *turbocharger*. Erosi biasanya disebabkan oleh partikel berukuran besar, sedangkan fouling terutama oleh partikel submikron yang dapat menyumbat saluran pendingin dan menghambat kerja turbin. Oleh karena itu, pemilihan material filter udara yang tepat juga sangat menentukan efisiensi filtrasi dan aliran udara, sehingga memberikan kontribusi terhadap kebisingan, kinerja, dan operasional *turbocharger* yang ekonomis.

Secara keseluruhan, peran filter udara dalam *turbocharger* adalah sebagai penyaring pelindung yang menjaga kestabilan aliran udara bersih dan kualitas udara yang masuk, sehingga *turbocharger* dapat beroperasi pada kecepatan optimal dan mesin dapat menghasilkan energi maksimal dengan konsumsi bahan bakar yang efisien (Dziubak, T., & Karczewski, M. 2022).

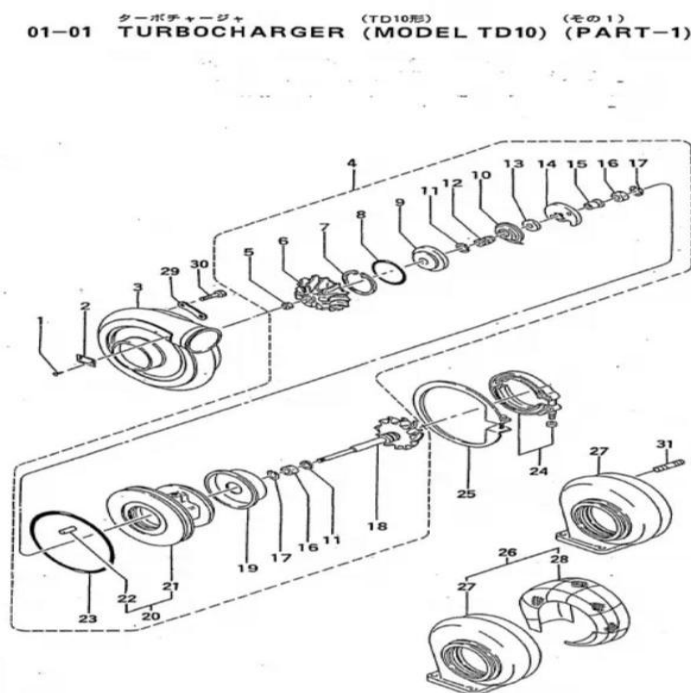


Gambar 2. 19 Air Filter (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

2.2 *Turbocharger* type TD 10 L

Turbocharger Type TD 10 L merupakan salah satu produk unggulan dari Mitsubishi Heavy Industries (MHI) yang banyak digunakan untuk mesin diesel,

khususnya pada aplikasi mesin kapal dan generator industri. *Turbocharger* ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pembakaran mesin dengan cara memanfaatkan energi buangan gas untuk memutar turbin yang kemudian menekan udara masuk ke ruang bakar sehingga mesin dapat bekerja lebih optimal. Sejak dikembangkannya *turbocharger* oleh Mitsubishi pada tahun 1950-an, turbin seri TD, termasuk Type TD 10 L, telah dikenal memiliki performa yang handal, ketahanan yang baik, dan kemudahan dalam perawatan. Penelitian modern membuktikan bahwa perawatan berkala pada *turbocharger* TD 10 L sangat penting untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal, menghindari kerusakan akibat penumpukan kotoran atau keausan, dan mencegah gangguan yang melonjak seperti yang dapat mengurangi daya mesin. Metode perawatan meliputi pembersihan, penggantian filter udara, dan penggantian pelumas secara rutin, yang secara signifikan dapat memperpanjang umur pemakaian *turbocharger* serta meningkatkan efisiensi operasional mesin diesel yang menggunakannya (Maulana, M. N. 2024).



Gambar 2. 20 Turbocharger type TD 10 L

2.3 Pelumasan dan Pendingin

2.3.1 pelumasan

Cara kerja pelumasan *turbocharger* didasarkan pada prinsip pelumasan pelumas mesin yang berperan penting untuk menjaga kinerja dan umur *turbocharger*. Pelumas mesin dialirkan ke bagian *bearing* dan poros *turbocharger* untuk mengurangi kerusakan akibat putaran sangat tinggi serta mendinginkan komponen yang bekerja pada suhu tinggi.

Secara rinci, alur sistem pelumasan *turbocharger* adalah sebagai berikut: Pelumas mesin dipompa oleh pompa pelumas mesin menuju bore pelumasan di center housing *turbocharger*. Pelumas ini melumasi *bearing* journal dan thrust *bearing* yang menopang poros turbin dan kompresor yang berputar dengan kecepatan tinggi. Setelah melumasi, pelumas kemudian mengalir keluar dan kembali ke baki pelumas (oil pan) untuk didaur ulang. Pelumasan yang optimal mencegah keausan pada *bearing*, mengurangi panas berlebih, dan potensi kegagalan *turbocharger*.

pelumasan pelumas didistribusikan melalui center housing dengan tekanan sekitar 2-5 bar dan suhu pelumas bisa mencapai 150-180°C saat turbo beroperasi. Studi ini menekankan pentingnya penggunaan pelumas berkualitas tinggi dan sistem pelumasan yang efisien untuk mencegah kerusakan pada poros turbo akibat pengoperasian dan panas tinggi.

Selain itu, perawatan pelumasan penting dilakukan dengan mengganti pelumas secara teratur dan memastikan tekanan pelumas tetap stabil agar pelumasan dapat bekerja maksimal. Penggunaan pelumas yang sesuai standar pabrikan sangat dianjurkan untuk menjaga kestabilan kinerja *turbocharger* (Wu, Zhang, Li, 2023).

Dengan demikian, pelumasan *turbocharger* adalah elemen kunci untuk memastikan komponen turbo dapat berputar dengan bebas dan tahan lama di lingkungan kerja yang ekstrem.

2.3.2 pendingin

Turbocharger menghasilkan panas yang sangat tinggi, terutama di bagian *bearing* dan centre housing, karena putaran poros yang sangat cepat dan suhu gas buang yang tinggi. Oleh sebab itu, sistem pendingin (copelumasng) pada

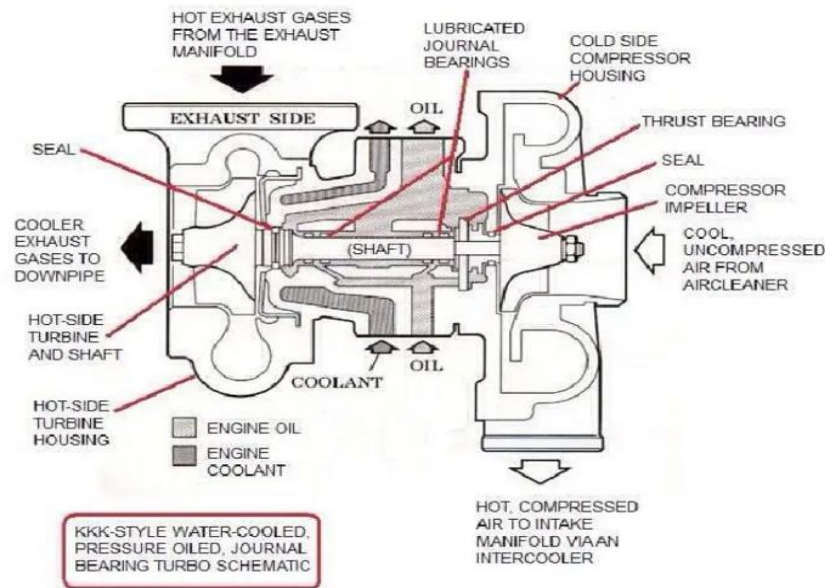
turbocharger memainkan peran esensial dalam menjaga kinerja dan keandalan turbo.

memperhitungkan konduksi dan konveksi pendinginan bersamaan dengan pemanasan viskos dan tekanan di dalam film pelumas. Temperatur tinggi pada *bearing* dapat menyebabkan degradasi film pelumas, jika pendinginan tidak cukup, maka gesekan meningkat dan risiko kerusakan *bearing* semakin besar (Chong, Lee, dan Lee (2021),

Selain pelumasan dengan pelumas sebagai media pendingin utama, beberapa sistem *turbocharger* juga menggunakan pendinginan air (water-copelumasng) di bagian centre housing. Sistem pendingin air pada casing *bearing turbocharger* dan menemukan bahwa pada suhu pendingin yang tinggi dapat terjadi fenomena boiling (pendidihan), termasuk subcooled boiling dan film boiling, yang secara signifikan mengurangi efisiensi transfer panas dari permukaan logam ke air pendingin. Kehadiran boiling menyebabkan lapisan uap terbentuk pada dinding, yang menjadi insulasi panas dan menaikkan temperatur permukaan—kondisi ini bisa sangat berbahaya bagi struktur turbo karena overheat lokal.

Sebuah penelitian lain (IJRTE) menunjukkan bahwa aliran air pendingin melalui *bearing* housing bisa menurunkan suhu centre housing secara signifikan. Dalam metode kedua pada riset itu, air pendingin dialirkan sangat dekat dengan housing *bearing*, yang dapat mengurangi kenaikan suhu centre housing dan mengurangi risiko panas terperangkap (heat soak) setelah mesin mati. Namun, riset tersebut juga mencatat bahwa air pendingin yang terlalu panas bisa mengurangi efek pendinginan karena efisiensi konduksi panas menurun.

Di sisi aplikasi praktis, sistem pendingin air sangat bermanfaat terutama untuk *turbocharger* dengan beban tinggi atau pada kondisi operasi yang intensif (seperti mesin kapal atau mesin berat), karena dapat membantu menjaga suhu poros dan *bearing* tetap stabil serta mencegah kerusakan akibat pemanasan berlebih. Jurnal rekayasa material menunjukkan bahwa pada mesin diesel laut, centre housing dan turbin turbo perlu didinginkan oleh coolant karena panas yang dihasilkan cukup besar.



Gambar 2. 21 Sistem pelumasan dan pendingin *Turbocharger*

2.4 keausan pada *turbocharger*

Kearsan pada *turbocharger* adalah salah satu mekanisme kegagalan utama yang dapat menurunkan performa dan umur pakai komponen turbo. Dalam literature tribologi, keausan ini sering terjadi pada *bearing* journal dan poros turbo akibat beban gesek tinggi dan kondisi suhu ekstrem. Model tribologis untuk journal *bearing turbocharger* dengan mempertimbangkan efek termal; mereka menemukan bahwa kenaikan suhu pelumas menyebabkan penurunan viskositas, yang mempercepat keausan karena film pelumas menjadi lebih tipis dan gesekan meningkat (Low, Hamdan, & Chong. 2023).

Kehadiran keausan juga dievaluasi dalam konteks kegagalan *bearing* turbo diesel. Sebuah analisis kegagalan menunjukkan bahwa poros turbo dapat mengalami keausan parah setelah retainer *bearing* mengalami retak karena kelelahan (fatigue), yang menyebabkan rotasi off-center dan kontak tidak seimbang antara *bearing* dan rumahnya. Situasi tersebut menciptakan tekanan lokal dan gesekan yang sangat besar, mempercepat keausan dan akhirnya menyebabkan kerusakan *bearing* yang lebih serius.

Gesekan (friction pair) pada *rotor* sangat rentan terhadap keausan, terutama ketika material, pelapisan, dan teknologi manufaktur tidak dioptimalkan. Mereka merekomendasikan penggunaan material baru, pelapisan khusus, serta peningkatan

proses pembuatan untuk meningkatkan resistensi keausan pada *rotor* turbo (*Faspelumasa dkk. 2023*)

Dalam konteks perawatan mesin besar seperti lokomotif, menganalisis tingkat keausan pada *bearing* dan seal turbin *turbocharger*. Hasil penelitian mereka mengungkapkan perbedaan ukuran yang signifikan akibat keausan pada *bearing* dan seal antara turbin end dan blower end. Jika ukuran komponen melebihi batas toleransi, maka harus dilakukan penggantian agar tidak terjadi kegagalan lebih lanjut (*Indra & Syafii (2022)*).

2.5 Gesekan (Friction) pada *Turbocharger*

Gesekan pada komponen *turbocharger*, terutama di area bantalan (*journal bearing* dan *thrust bearing*), adalah salah satu sumber kerugian mekanis yang signifikan dan dapat memengaruhi efisiensi serta respon turbo. Model tribologis untuk memperkirakan kehilangan daya akibat gesekan di *journal bearing* turbo, dengan mempertimbangkan pembentukan film pelumas dan efek termal. Hasil analisis menunjukkan bahwa kenaikan temperatur pada pelumas menyebabkan viskositas menurun, sehingga film minyak menjadi lebih tipis dan gesekan meningkat (*Low, Hamdan, dan Chong 2019*).

Selain itu, gesekan pada pasangan *rotor (shaft / poros turbo)* juga menjadi isu penting. Penelitian meninjau *friction pair* pada *rotor* turbo otomotif dan menemukan bahwa pemilihan material, pelapisan, dan teknologi manufaktur sangat memengaruhi ketahanan terhadap keausan dan gesekan (*Faspelumasa, Hetman, dan Staryi 2023*).

Analisis sistematis yang dilakukan mengungkapkan bahwa kehilangan torsi akibat gesekan *bearing* pada *turbocharger* modern dapat diukur secara langsung pada test bench hingga kecepatan 100.000 rpm (*Vanhaelst, Kheir, dan Czajka 2016*).

Dari sisi desain, optimalisasi *bearing*, khususnya *thrust bearing*, juga berpengaruh besar terhadap gesekan. Konsep *bearing* “pocket” bisa secara signifikan mengurangi gesekan dibanding desain konvensional karena aliran pelumas dan geometri yang lebih efisien.

Gesekan yang berlebih tidak hanya menurunkan efisiensi turbin, tetapi juga dapat menimbulkan panas lokal yang merusak film pelumas dan mempercepat

keausan. Oleh karena itu, analisis gesekan dengan pendekatan tribologis sangat penting untuk merancang *turbocharger* yang lebih awet dan efisien.

2.6 Penyebab Kerusakan pada Komponen *Turbocharger*

Kerusakan pada *turbocharger* merupakan salah satu permasalahan kritis dalam sistem permesinan, terutama pada mesin diesel kapal maupun mesin industri. *Turbocharger* bekerja pada kecepatan putar yang sangat tinggi, berkisar antara 20.000–200.000 rpm, dan berada pada kondisi termal ekstrem. Karena itu, komponen-komponen internalnya, seperti *bearing*, *shaft*, turbine wheel, dan *compressor* wheel, sangat rentan mengalami kerusakan apabila sistem pendukungnya tidak berfungsi optimal. Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar kerusakan turbo bukan disebabkan oleh cacat pabrik, tetapi oleh gangguan operasional seperti pelumasan yang buruk, kontaminasi partikel, serta masuknya objek asing (*foreign object*).

Menurut *Dellis et al. (2013)*, sekitar 40–50% kegagalan *turbocharger* disebabkan oleh masalah pelumasan, terutama terkait oil degradation, oil starvation, coking, dan ketidakstabilan suplai pelumas. Para peneliti tersebut menjelaskan bahwa tingginya temperatur gas buang menyebabkan pelumas mudah terdegradasi dan membentuk deposit karbon (*coking*) yang kemudian menghambat aliran pelumasan ke *bearing*. Kurangnya pelumasan mengakibatkan gesekan berlebih dan peningkatan temperatur lokal, yang pada akhirnya merusak lapisan permukaan *bearing* serta dapat menyebabkan poros mengalami seizure.

2.6.1 Kerusakan Akibat Kurangnya Pelumasan (Oil Starvation)

Melett (2016) menjelaskan bahwa oil starvation adalah penyebab kegagalan *turbocharger* yang paling sering ditemukan pada industri perbaikan turbo. Kondisi ini terjadi ketika volume atau tekanan pelumas tidak mencukupi untuk membentuk film pelumasan yang stabil. Pada sistem *turbocharger* Type journal *bearing*, film pelumas berfungsi sebagai bantalan hidrodinamis yang mengangkat poros agar tidak bersentuhan langsung dengan permukaan *bearing*. Tanpa film ini, poros akan bergesekan langsung dan menyebabkan *metal-to-metal contact*.

Tanda umum kerusakan akibat oil starvation adalah:

- perubahan warna *bearing* akibat panas berlebih,
- keausan cepat pada permukaan *bearing*,

- goresan longitudinal pada poros,
- peningkatan *shaft end-play* atau ketidaksentrisan.

Niitsu Turbo Industries (2020) menambahkan bahwa aliran pelumas yang terhambat dapat terjadi akibat:

- Filter pelumas tersumbat,
- Saluran pelumas kotor,
- Tekanan pompa pelumas rendah,
- Waktu pemanasan mesin terlalu singkat sebelum dibebani penuh,
- Shutdown mesin mendadak tanpa waktu *copelumasng down*.

Kesalahan prosedur operasi seperti menghentikan mesin secara tiba-tiba membuat pelumas berhenti mengalir ketika turbo masih berputar pada kecepatan tinggi. Hal ini menyebabkan kerusakan progresif pada *bearing* dan dapat menimbulkan kebocoran pelumas ke kompresor atau turbin.

2.6.2 Kerusakan Akibat Kontaminasi Pelumas

Kontaminasi pelumas merupakan penyebab kerusakan kedua yang paling umum. *Melett (2016)* menunjukkan bahwa partikel sekecil 5–15 mikron pada pelumas dapat menyebabkan *scoring* pada *bearing* dan poros *turbocharger* karena celah kerja (clearance) pada *bearing* turbo sangat kecil. Kontaminasi dapat berasal dari:

- partikel logam akibat keausan mesin,
- debu atau pasir dari sistem asupan udara,
- karbon hasil pembakaran,
- serpihan gasket atau seal.

Kontaminasi menyebabkan gesekan abrasif dan mempercepat keausan. Jika dibiarkan, kerusakan ini membuat poros tidak lagi berada pada posisi tengah (misalignment) sehingga menghasilkan getaran tinggi dan dapat memecahkan rumah *bearing*.

Ashari et al. (2025) menjelaskan bahwa kontaminasi pelumas juga dapat berasal dari pencampuran pelumas dengan gas buang akibat keausan sealing bush. Campuran ini mempercepat oksidasi pelumas dan menurunkan kemampuan pelumasan secara signifikan.

2.6.3 Kerusakan Akibat Benda Asing (Foreign Object Damage – FOD)

FOD merupakan penyebab kerusakan yang dapat merusak *turbocharger* dalam hitungan detik. Menurut Genuine Turbo (tanpa tahun), kerusakan FOD pada sisi kompresor biasanya disebabkan oleh:

- baut lepas dari ducting,
- serpihan filter udara,
- serpihan logam dari air intake,
- debu dan pasir dalam jumlah besar.

Sedangkan FOD pada sisi turbin disebabkan oleh:

- pecahan katup buang,
- serpihan piston atau ring,
- kerak karbon keras pada exhaust manifold.

Kerusakan FOD biasanya ditandai oleh:

- bilah *compressor*/turbine yang tergerus atau patah,
- ketidakseimbangan rotasi,
- peningkatan getaran hingga menyebabkan *bearing* rusak.

2.7 Klasifikasi dan Jenis *Turbocharger*

Turbocharger merupakan perangkat yang berfungsi meningkatkan jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar dengan memanfaatkan energi gas buang mesin. Seiring perkembangan teknologi mesin diesel, *turbocharger* telah mengalami berbagai pengembangan sehingga tersedia dalam beberapa jenis yang disesuaikan dengan kebutuhan daya, efisiensi, karakteristik mesin, serta kondisi operasional. Klasifikasi *turbocharger* umumnya didasarkan pada jumlah *turbocharger* yang digunakan, geometri turbin, dan sistem pengaturan aliran gas buang.

2.7.1 Single *Turbocharger*

Single *turbocharger* merupakan jenis *turbocharger* yang paling banyak digunakan pada mesin diesel karena memiliki konstruksi yang sederhana, biaya perawatan relatif rendah, dan mudah dioperasikan. Jenis ini hanya menggunakan satu unit *turbocharger* yang melayani seluruh kebutuhan udara pembakaran mesin.

Pada mesin diesel kapal berkapasitas kecil hingga menengah, penggunaan single *turbocharger* mampu meningkatkan efisiensi pembakaran dan daya mesin

secara signifikan tanpa menambah kompleksitas sistem. Namun demikian, jenis ini masih memiliki kelemahan berupa turbo lag, yaitu keterlambatan respons *turbocharger* pada putaran mesin rendah akibat energi gas buang yang belum cukup untuk memutar turbin secara optimal.

2.7.2 Twin Turbocharger

Twin *turbocharger* adalah sistem yang menggunakan dua unit *turbocharger* pada satu mesin. Sistem ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu parallel twin turbo dan sequential twin turbo.

Pada sistem parallel, kedua *turbocharger* bekerja secara bersamaan sehingga masing-masing menerima sebagian aliran gas buang dari mesin. Sistem ini banyak digunakan pada mesin berbentuk V karena mampu meningkatkan kapasitas udara masuk secara merata.

Sedangkan pada sistem sequential, *turbocharger* pertama bekerja pada putaran rendah untuk mengurangi turbo lag, kemudian *turbocharger* kedua mulai bekerja ketika putaran mesin meningkat. Sistem ini menghasilkan distribusi tenaga yang lebih baik pada seluruh rentang putaran mesin, tetapi memiliki konstruksi yang lebih kompleks dan biaya perawatan yang lebih tinggi.

2.7.3 Variable Geometry Turbocharger (VGT)

Variable Geometry Turbocharger (VGT) merupakan *turbocharger* yang dilengkapi dengan sudu turbin yang dapat berubah posisi sesuai kondisi operasi mesin. Perubahan sudut sudu tersebut mengatur kecepatan aliran gas buang yang mengenai turbin sehingga putaran *turbocharger* tetap optimal pada berbagai kondisi beban mesin.

Keunggulan utama VGT adalah mampu mengurangi turbo lag, meningkatkan efisiensi bahan bakar, memperbaiki respons akselerasi mesin, serta membantu menurunkan emisi gas buang. Meskipun demikian, mekanisme pengatur sudu pada VGT lebih rumit sehingga membutuhkan sistem kontrol dan perawatan yang lebih baik dibandingkan *turbocharger* konvensional.

2.7.4 Two-Stage Turbocharger

Two-stage *turbocharger* menggunakan dua *turbocharger* dengan ukuran berbeda yang bekerja secara bertahap. *Turbocharger* berukuran kecil bekerja

terlebih dahulu pada putaran rendah, sedangkan *turbocharger* berukuran besar mulai bekerja ketika kebutuhan udara meningkat pada putaran tinggi.

Sistem ini mampu menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi dibandingkan single *turbocharger* sehingga cocok digunakan pada mesin diesel berdaya besar yang membutuhkan efisiensi tinggi. Namun, konstruksinya lebih kompleks serta memerlukan biaya investasi dan perawatan yang lebih besar.

2.7.5 *Turbocharger* Tipe TD 10 L

Turbocharger Type TD 10 L merupakan salah satu *turbocharger* seri TD yang banyak digunakan pada mesin diesel kapal berukuran menengah. *Turbocharger* ini menggunakan radial flow turbine dan centrifugal compressor, sehingga mampu menghasilkan tekanan udara yang stabil untuk mendukung proses pembakaran pada berbagai kondisi operasi mesin.

Dalam penelitian ini, *turbocharger* TD 10 L digunakan pada mesin diesel kapal MV. CEMCON di PT. Waruna Shipyard Indonesia. Komponen utama *turbocharger* ini terdiri atas compressor housing, turbine housing, center housing, compressor wheel, turbine wheel, shaft, journal bearing, thrust bearing, seal ring, dan sistem pelumasan. Seluruh komponen tersebut bekerja secara terpadu sehingga proses kompresi udara berlangsung secara optimal. Oleh karena itu, pemeriksaan kondisi komponen, pengukuran clearance, serta pelaksanaan overhaul secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga keandalan dan umur pakai *turbocharger*.

Secara umum, pemilihan jenis *turbocharger* harus disesuaikan dengan karakteristik mesin, kebutuhan daya, efisiensi operasional, serta kemudahan perawatan. Pada penelitian ini, fokus pembahasan diarahkan pada *Turbocharger* Type TD 10 L karena merupakan *turbocharger* yang digunakan pada mesin diesel kapal MV. CEMCON dan menjadi objek utama dalam proses overhaul serta analisis kondisi komponennya.

2.8 TD 10 L

Turbocharger Type TD 10 L merupakan salah satu *turbocharger* yang digunakan pada mesin diesel untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan daya mesin dengan memanfaatkan energi gas buang. *Turbocharger* ini termasuk dalam seri TD yang diproduksi oleh *Mitsubishi Heavy Industries* dan banyak diaplikasikan pada mesin diesel industri maupun mesin diesel kapal karena memiliki konstruksi

yang kokoh, keandalan tinggi, serta mampu beroperasi pada kondisi kerja yang berat. Pada penelitian ini, *Turbocharger* Type TD 10 L digunakan pada mesin diesel kapal MV. CEMCON yang menjadi objek penelitian di PT. Waruna Shipyard Indonesia.

Turbocharger bekerja berdasarkan prinsip pemanfaatan energi gas buang yang sebelumnya terbuang ke atmosfer. Gas buang dari mesin dialirkan menuju turbine housing sehingga memutar turbine wheel. Putaran turbin diteruskan melalui shaft menuju *compressor wheel* yang berada pada sisi kompresor. *Compressor wheel* kemudian menghisap udara dari lingkungan, memampatkannya, dan menyalurkannya ke *intake manifold* melalui *intercooler*. Udara yang telah dimampatkan memiliki massa oksigen yang lebih besar sehingga proses pembakaran di dalam silinder menjadi lebih sempurna dan menghasilkan peningkatan daya mesin serta efisiensi konsumsi bahan bakar.

Turbocharger Type TD 10 L terdiri atas beberapa komponen utama yang saling mendukung dalam proses kerjanya. Komponen tersebut meliputi *compressor housing*, *compressor wheel*, *turbine housing*, *turbine wheel*, *center housing*, *shaft*, *journal bearing*, *thrust bearing*, *seal ring*, *oil deflector*, dan *snap ring*. Masing-masing komponen memiliki fungsi penting dalam menjaga kestabilan putaran rotor, mengurangi gesekan, mencegah kebocoran pelumas, serta mempertahankan keseimbangan putaran *turbocharger* yang dapat mencapai puluhan ribu putaran per menit.

Pada pengoperasiannya, *Turbocharger* Type TD 10 L bekerja pada temperatur gas buang yang tinggi dan kecepatan putaran yang sangat besar. Oleh karena itu, *turbocharger* memerlukan sistem pelumasan yang mampu membentuk lapisan film pelumas di antara poros dan *bearing* untuk mengurangi gesekan serta membantu proses pendinginan komponen. Apabila sistem pelumasan tidak bekerja dengan baik, maka akan terjadi peningkatan gesekan yang menyebabkan keausan pada bearing dan shaft. Selain itu, masuknya partikel asing melalui saluran udara maupun saluran gas buang dapat menyebabkan kerusakan pada sudu *compressor wheel* atau *turbine wheel*, sehingga keseimbangan rotor terganggu dan performa *turbocharger* menurun.

Dalam proses overhaul, Turbocharger Type TD 10 L harus melalui beberapa tahapan pemeriksaan, yaitu pembongkaran, pembersihan komponen, pemeriksaan visual, pengukuran clearance, pengukuran gerak aksial dan radial poros, pemeriksaan kondisi bearing, seal, serta compressor wheel dan turbine wheel. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan standar toleransi yang ditetapkan oleh pabrikan untuk menentukan apakah komponen masih layak digunakan, direkondisi, atau harus diganti. Tahapan tersebut bertujuan untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai spesifikasi sehingga turbocharger dapat beroperasi secara optimal setelah proses perakitan kembali.

Pada penelitian ini, hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa komponen yang paling banyak mengalami keausan adalah bearing, shaft, seal, dan compressor wheel. Keausan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti oil starvation, kontaminasi pelumas, dan *Foreign Object Damage (FOD)*. Oleh karena itu, pelaksanaan overhaul secara berkala serta pemeriksaan sistem pelumasan dan sistem pemasukan udara menjadi langkah penting dalam menjaga keandalan Turbocharger Type TD 10 L. Dengan perawatan yang sesuai prosedur, turbocharger mampu mempertahankan efisiensi pembakaran, meningkatkan performa mesin diesel, serta memperpanjang umur pakai komponen-komponennya sehingga operasional kapal dapat berlangsung secara aman dan efisien.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Waruna Shipyard Indonesia tepatnya di Workshop Engine dan Kapal MV.CEMCON

3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No.	Uraian Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■	■				
2	Studi Literatur		■	■			
3	Penulisan Laporan			■	■		
4	Seminar Proposal				■	■	
5	Pengambilan & Analisa Data					■	■
6	Penulisan Laporan Akhir						■
7	Sidang Sarjana						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah :

1. Deterjen

Deterjen digunakan sebagai bahan pembersih untuk membantu menghilangkan kotoran, minyak, dan karbon yang menempel pada komponen *turbocharger* saat dilakukan perawatan atau overhaul.



Gambar 3. 1 Deterjen (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

2. Metal Ppelumassh

metal ppelumassh merupakan bahan pembersih dan penghalus yang digunakan untuk memperbaiki kondisi permukaan komponen logam. Penggunaannya sangat penting terutama pada tahap akhir pembersihan (finishing).



Gambar 3. 2 Metal Ppelumassh (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3. Solar

Solar (diesel fuel) sering digunakan sebagai bahan pembersih dalam proses overhaul *turbocharger* karena sifatnya yang mampu melarutkan minyak, karbon ringan, dan kotoran yang menempel pada komponen-komponen *turbocharger*. Solar digunakan sebelum tahap pembersihan lanjutan seperti deterjen atau metal ppelumassh.



Gambar 3. 3 Solar (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

4. Pasir

pasir digunakan sebagai media pembersih pada tahap sandblasting, yaitu teknik penyemprotan pasir bertekanan tinggi untuk membersihkan permukaan komponen *turbocharger*. Penggunaan pasir bertujuan untuk menghilangkan kerak keras, karat, dan kontaminan yang tidak bisa dihilangkan dengan solar, deterjen, maupun metal ppolumassh.



Gambar 3. 4 Pasir (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah:

1. *Turbocharger*

Turbocharger adalah media utama dalam penelitian ini dimana *Turbocharger* berfungsi untuk meningkatkan tenaga mesin dengan memanfaatkan gas buang untuk memutar turbin, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar menjadi lebih banyak dan pembakaran menjadi lebih efisien.



Gambar 3. 5 *Turbocharger* Kapal MV.CEMCON (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

2. Water jet

Water jet adalah teknik pembersihan menggunakan semburan air bertekanan tinggi untuk membersihkan komponen *turbocharger*. Penggunaan water jet di kombinasikan dengan pasir sehingga menjadi sand blasting



Gambar 3. 6 Water jet (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3. Feeler

Feeler berfungsi untuk mengukur gap pada comperssor wheel dan turbin wheel



Gambar 3. 7 Puller (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

4. Dial

Dial adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur aksial, kerataan, dan *radial turbocharger*. Karena *turbocharger* berputar dengan kecepatan sangat tinggi (hingga 120.000 – 200.000 rpm), setiap penyimpangan kecil dapat menyebabkan vibrasi, overheating, dan kerusakan.



Gambar 3. 8 *Dial* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

5. Sigmat

Sigmat adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur dimensi linear seperti panjang, diameter dalam, diameter luar, dan kedalaman. Dalam overhaul *turbocharger*, sigmat memiliki peran penting karena turbo terdiri dari komponen berpresisi tinggi yang membutuhkan pengecekan ukuran yang akurat.



Gambar 3. 9 Sigmat (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

6. Oil gun

Oil gun adalah alat yang digunakan untuk menyemprotkan pelumas (pelumas) ke bagian-bagian tertentu secara terarah dan terkontrol. Pada proses overhaul *turbocharger*, oil gun memiliki peran penting untuk memastikan komponen terkena pelumas secara rata



Gambar 3. 10 Oil Gun (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

7. Sikat

Sikat (brush) adalah alat manual yang digunakan untuk membersihkan permukaan dan celah pada komponen *turbocharger*. Karena turbo bekerja pada suhu tinggi dan aliran gas berkecepatan tinggi, banyak bagian yang mengalami penumpukan karbon, pelumas mengeras, dan debu logam.



Gambar 3. 11 Sikat (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

8. Mesin Ballancing

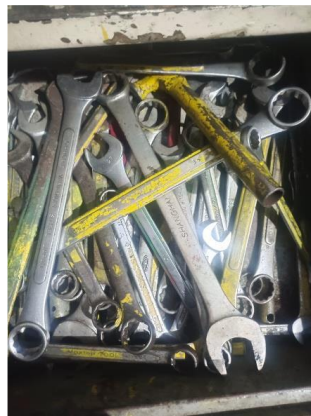
Mesin balancing (balancing machine) adalah alat khusus untuk menyeimbangkan *rotor turbocharger*, yang terdiri dari *shaft*, *compressor wheel*, dan *turbine wheel*. Karena *turbocharger* berputar dengan kecepatan sangat tinggi (bahkan mencapai 120.000–200.000 rpm), ketidakseimbangan sekecil apa pun dapat menimbulkan getaran yang merusak.



Gambar 3. 12 Mesin Ballancing (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

9. Kunci-Kunci

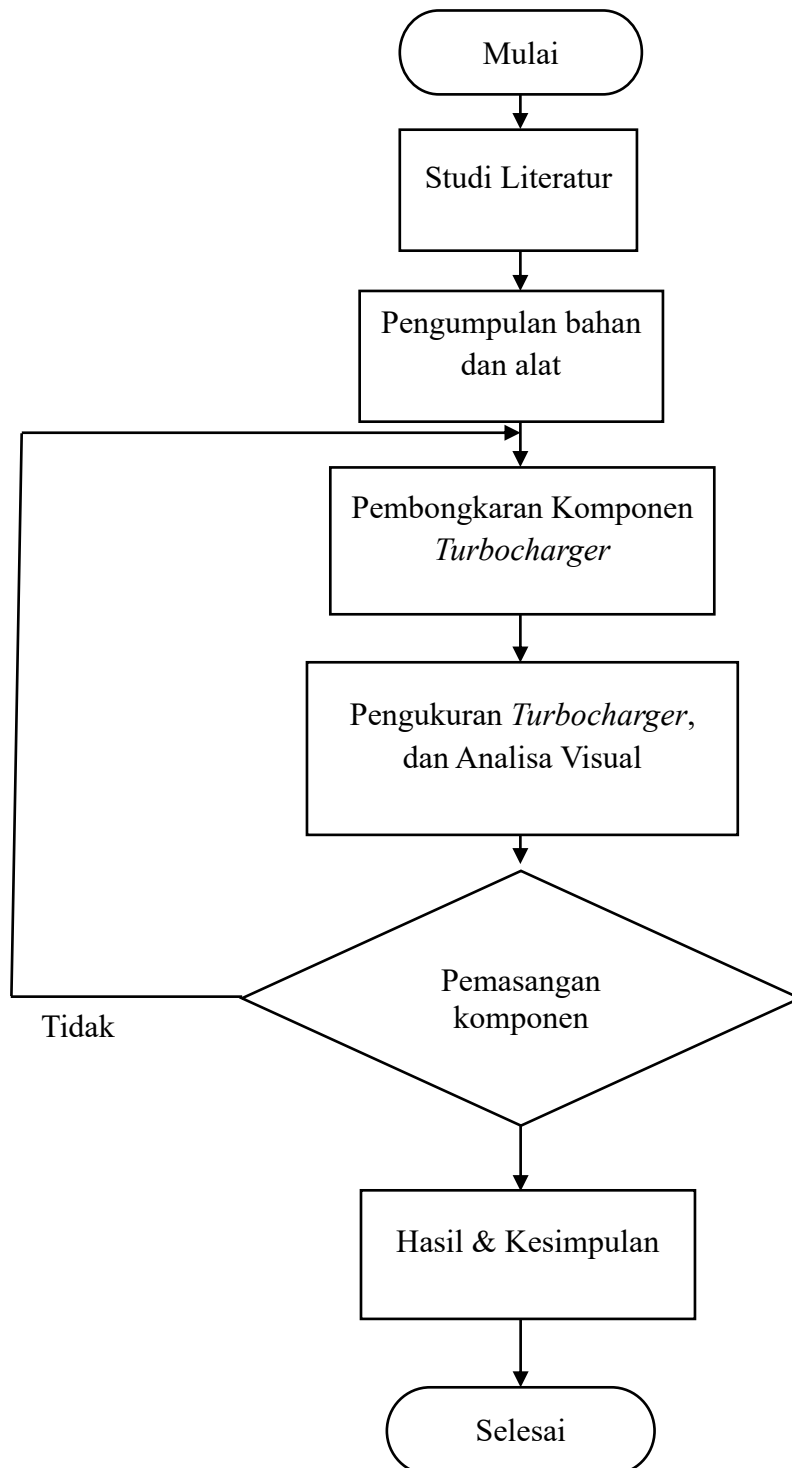
Kunci ring pas adalah alat tangan yang digunakan untuk mengencangkan atau mengendurkan baut dan mur.



Gambar 3. 13 Kunci-Kunci (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat gambar dibawah ini:

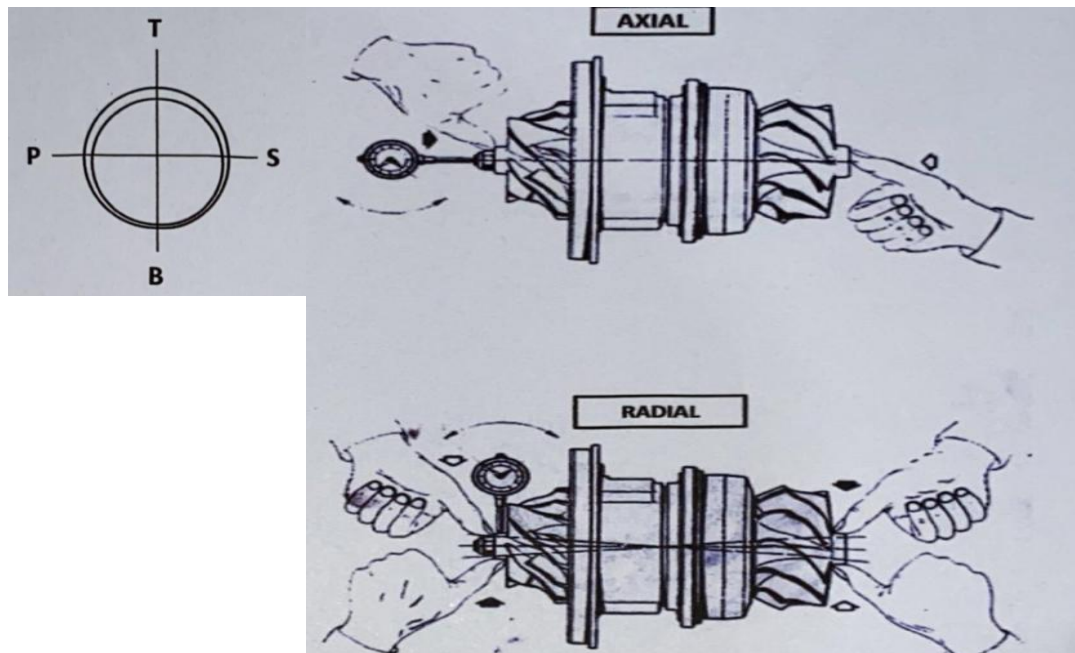


Gambar 3. 14Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Rancangan alat penelitian ini dibuat untuk menjelaskan bentuk, fungsi, dan cara pengukuran pada *Turbocharger* menggunakan alat ukur *dial* dan *puller*. Pada gambar ditunjukkan rancangan *Turbocharger* yang menjadi objek pengukuran.

Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan keseragaman ketebalan dan mendeteksi adanya keausan pada komponen *Turbocharger*. Hasil dari pengukuran ini menjadi dasar dalam proses analisis kondisi komponen serta penentuan langkah dan rekomendasi perawatan atau perbaikan selanjutnya.



Gambar 3. 15 pengukuran *Turbocharger* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian sejalan dengan petunjuk yang diketahui diperusahaan tempat melakukan penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data secara langsung antara lain berupa data hasil manual book, dan data ukur *Turbocharger* .
2. Melakukan proses pembongkaran komponen *Turbocharger* serta melakukan pengecekan visual dan non visual dengan operator lapangan yang mengerti tentang permesinan mesin *Turbocharger*
3. Melakukan pengecekan pada *rotor* untuk mengetahui dan mengidentifikasi clearance yang rusak pada sebelum pembongkaran dilakukan.

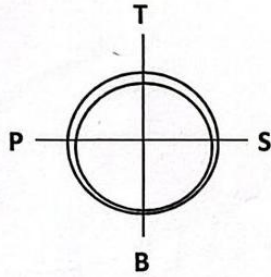
4. Melakukan pengukuran keausan pada *blade rotor*
5. Melakukan pengolahan data keausan pada komponen *Turbocharger* dari pengukuran secara langsung untuk menentukan nilai yang efektif sebagai referensi.
6. Mengidentifikasi penyebab kerusakan pada *rotor Turbocharger* dengan hasil pengolahan pengukuran keausan. Berikut rangkuman operator dan.

Nama Kapal : MV. CEMCON Pemilik : PT. WARUNA NUSA SENTANA Klasifikasi : BKT Permasalahan : - Pemeriksaan rutin	Pelaksana : DEPT. ENGINE & MACHINING No. Proyek : K.25.03.04 No. Item/Pekerjaan : M12/TURBOCHARGER GENSET NO 1
---	--

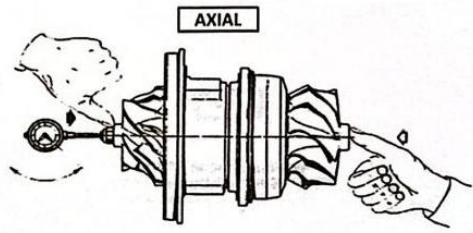
Waktu Pemeriksaan : ☒ Sebelum Perbaikan ☐ Sesudah Perbaikan

DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERBAIKAN / VERIFIKASI

Type T/C : TD 10L-42F Spesifikasi : SN : A30568 PN : 49181-03522	Model Mesin : MITSUBISHI S12A-PTA Running Hour :
--	---

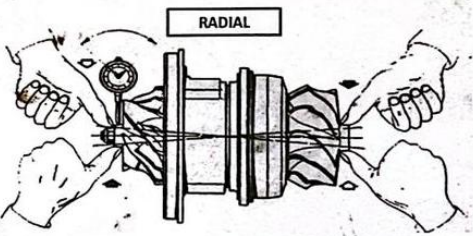


Clearance Turbin - Casing		Keterangan
T	0.60	Tidak ada referensi
B	0.70	Tidak ada referensi
P	1.00	Tidak ada referensi
S	0.30	Tidak ada referensi



AXIAL

Clearance Compressor Wheel - Casing		Keterangan
T	0.75	Tidak ada referensi
B	0.35	Tidak ada referensi
P	0.60	Tidak ada referensi
S	0.60	Tidak ada referensi



RADIAL

Hasil Pengukuran		Standart
Axial	0.15	0.08 - 0.12 mm
Radial	0.55	0.35 - 0.50 mm

Gambar 3. 16 Data ukur *Turbocharger* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

3.6 Langkah Proses Pembongkaran Komponen *Turbocharger*

1. Sebelum melakukan proses pembongkaran *komponen Turbocharger* hal yang perlu diperhatikan yaitu, memastikan semua dalam kondisi aman dan *safety* meliputi *safety shoes*, *wearpack*, *safety helmet*, dan pastikan juga area kerja dan peralatan kerja sudah aman dan layak digunakan.
2. Mempersiapkan semua alat yang diperlukan untuk proses pembongkaran yakni: Belting, sigmat, puller, *dial*, kunci ring pas (10-17), palu, marker.
3. Pastikan proses pembongkaran dilakukan sesuai SOP dan selalu perhatikan *safety* yang berlaku pada PT. Waruna Shipyard Indonesia.
4. Buka clam-an filter dari chasing *compressor* lalu tarik filter sampai terlepas.
5. Buka clam-an casing kompressor dan baut intake lalu tarik kedepan casing *comperessor* ke depab secara perlahan agar tidak terkena *blade comperessor wheel*.
6. Lepaskan pipa-pipa pelumas yang terhubung ke *turbocharger*.
7. Buka baut pada casing turbin.
8. tarik ke depan secara perlahan center haousing.
9. buka nut pada kompressor wheel lalu tarik *compressor wheel* hingga terlepas.
10. tarik dari belakang turbin wheel.
11. keluarkan bagian dalam center housing seperti: O-Ring, snap ring, trust ring, *bearing*, deflektor oil.

3.7 Langkah Langkah Pegukuran Pada *Turbocharger*

1. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah proses overhaul.
2. Memastikan alat ukur yang di gunakan dalam kondisi baik tanpa kerusakan sedikit pun.
3. Pengukuran yang diambil yaitu gap, aksial dan *radial*.
4. Ada pun beberapa alat ukur yang di gunakan : puller sigmat dan *dial*

3.8 Variabel

1. Data pengukuran keausan *Turbocharger*.
2. Menentukan perbaikan dan pergantin part dengan hasil pertimbangan data ukur setelah di lakukan pembongkaran .
3. Menganalisa penyebab terjadinya keausanpada komponen *Turbocharger*.

3.9 Pengumpulan Data

1. Pengumpulan data dilakukan selama 1 bulan di PT. Waruna Shipyard Indonesia.
2. Data yang dikumpulkan meliputi hasil pengukuran keausan, dokumentasi kondisi komponen, serta catatan perawatan sebelumnya.

3.10. Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Pengolahan terkait kajian kerusakan dan pengukuran keausan pada komponen *Turbocharger* pada mesin diesel dikapal MV.CEMCON.
2. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keausan yang terjadi pada setiap komponen dan nilai tersebut dibandingkan dengan standar batas toleransi yang telah ditentukan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Langkah – Langkah Melakukan Overhaul *Turbocharger*

Proses pembongkaran *turbocharger* dilakukan secara bertahap untuk memudahkan pemeriksaan komponen dan mencegah kerusakan pada bagian *turbocharger*. Adapun langkah-langkah pembongkaran *turbocharger* adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan area kerja

Sebelum pembongkaran dilakukan, terlebih dahulu menyiapkan alat kerja seperti kunci pas, kunci ring, obeng, tang, puller, dan alat ukur. Area kerja dibersihkan serta disiapkan agar proses pembongkaran berjalan aman dan teratur. Penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti sarung tangan dan sepatu keselamatan juga diperlukan.

2. Pelepasan saluran udara dan saluran gas buang

Langkah berikutnya yaitu melepas saluran udara masuk (air inlet), saluran udara keluar (air outlet), serta saluran gas buang yang terhubung pada *turbocharger*. Pelepasan dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak sambungan atau komponen pendukung lainnya.



Gambar 4. 1 saluran udara dan gas buang

3. Pelepasan sistem pelumasan

Pipa suplai pelumas dan pipa pengembalian pelumas dilepas dari *turbocharger*. Pelumas yang masih berada di dalam sistem ditampung untuk mencegah pencemaran dan menjaga kebersihan area kerja.



Gambar 4. 2 sistem pelumasan

4. Pelepasan *turbocharger* dari mesin

Turbocharger dilepas dari dudukannya dengan membuka baut pengikat pada manifold atauudukan mesin. Setelah terlepas, *turbocharger* dipindahkan ke meja kerja untuk dilakukan pembongkaran lebih lanjut.



Gambar 4. 3 pelepasan *turbocharger*

5. Pembongkaran casing kompresor dan turbin

Casing kompresor dan casing turbin dibuka dengan melepas baut pengikat secara bertahap. Setelah casing terlepas, dilakukan pemeriksaan awal terhadap kondisi bagian dalam *turbocharger*.



Gambar 4. 4 casing kompresor dan turbin

6. Pelepasan *rotor* dan poros *turbocharger*

Rotor yang terdiri dari roda kompresor, poros, dan roda turbin dilepas secara hati-hati. Komponen ini merupakan bagian utama *turbocharger* sehingga proses pelepasan harus dilakukan dengan teliti untuk menghindari kerusakan.



Gambar 4. 5 rotor dan poros *turbocharger*

7. Pelepasan *bearing*

Bantalan (*bearing*) dan seal *turbocharger* dilepas untuk dilakukan pemeriksaan terhadap tingkat keausan, goresan, atau kerusakan lainnya yang dapat mempengaruhi kinerja *turbocharger*.



Gambar 4. 6 bearing

8. Pembersihan dan pemeriksaan komponen

Seluruh komponen yang telah dibongkar dibersihkan dari pelumas, debu, dan kerak karbon. Setelah itu dilakukan pemeriksaan kondisi komponen untuk mengetahui adanya kerusakan atau keausan.

4.2 Melakukan pengukuran

Feeler gauge adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur celah atau kerenggangan antara dua komponen yang berdekatan dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Alat ini terdiri dari beberapa lembar baja tipis dengan ukuran ketebalan yang berbeda-beda. Dalam perawatan dan pemeriksaan *turbocharger*, feeler gauge digunakan untuk memastikan bahwa celah antar komponen masih sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga *turbocharger* dapat bekerja dengan baik dan aman.

Dalam analisa kerusakan *turbocharger*, feeler gauge berfungsi untuk mengukur celah pada komponen seperti poros, tubin, dan bagian lain yang mengalami keausan akibat penggunaan. Hasil pengukuran dapat digunakan untuk mengetahui apakah terjadi keausan berlebih yang dapat menyebabkan getaran, penurunan efisiensi kerja *turbocharger*, atau bahkan kerusakan pada komponen lainnya. Dengan demikian, feeler gauge membantu teknisi dalam menentukan kondisi komponen dan tindakan perbaikan yang diperlukan.

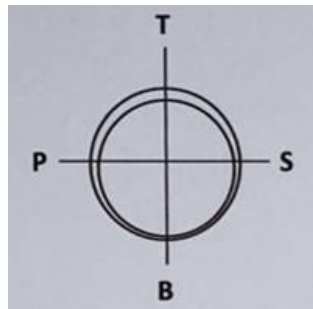
Keunggulan feeler gauge adalah bentuknya yang sederhana, mudah digunakan, memiliki tingkat ketelitian yang baik, serta tidak memerlukan sumber daya listrik dalam pengoperasiannya. Selain itu, alat ini tersedia dalam berbagai ukuran ketebalan sehingga dapat digunakan untuk mengukur celah yang sangat kecil dengan akurat. Karena praktis dan ekonomis, feeler gauge menjadi salah satu alat ukur yang penting dalam proses inspeksi, perawatan, dan analisa kerusakan *turbocharger*.

Dial indicator adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur penyimpangan, pergeseran, getaran, atau keolengan (run-out) suatu komponen dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Alat ini bekerja menggunakan jarum penunjuk pada skala ukur yang akan bergerak sesuai dengan perubahan posisi benda yang diukur. Dalam pemeriksaan *turbocharger*, dial indicator sering

digunakan untuk mengukur gerakan poros dan memastikan kondisi komponen masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan.

Dalam analisa kerusakan *turbocharger*, *dial* indicator digunakan untuk mengukur celah aksial (*axial play*) dan celah *radial* (*radial play*) pada poros *turbocharger*. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan bantalan (*bearing*) dan kondisi poros. Jika hasil pengukuran menunjukkan nilai yang melebihi standar, maka dapat disimpulkan bahwa telah terjadi keausan atau kerusakan pada komponen yang berpotensi menyebabkan getaran, kebocoran pelumas, serta penurunan kinerja *turbocharger*.

Keunggulan *dial* indicator adalah memiliki tingkat ketelitian yang sangat tinggi, mampu mendeteksi penyimpangan dalam ukuran yang sangat kecil, serta memberikan hasil pengukuran yang akurat dan mudah dibaca. Selain itu, alat ini dapat digunakan untuk berbagai jenis pemeriksaan mekanis, sehingga sangat membantu dalam proses inspeksi, perawatan, dan analisa kerusakan *turbocharger* maupun komponen mesin lainnya.



a. Standart Pengukuran



a. Pengukuran menggunakan feeler guage

Gambar 4. 7 Pengukuran menggunakan feeler guage sebelum rekondisi

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran menggunakan feeler guage sebelum rekondisi (mm)

Clearance kompressor side		Clearance kompressor side	
T	0,60	T	0,75
B	0,70	B	0,35
P	1,00	P	0,60
S	0,30	S	0,60

Keterangan:

- Posisi pengukuran *Turbocharger* T, B, P, dan S, yaitu: T (Atas), B (bawah), P (kiri), dan S (kanan).

Dari tabel di atas menunjukkan hasil pengukuran clearance pada beberapa titik pengukuran sebelumnya dilakukan proses rekondisi. Data dibagi dalam empat titik : T, B, P, dan S yang menunjukkan posisi pengukuran. Ketidak teraturan ukuran dan bentuk ditemukan dalam hasil pengukuran.

sebelum proses rekondisi. Celah gap antara chasing dan *rotor* belum sepenuhnya rata atau sesuai standar toleransi pabrikan. Diperlukan proses rekondisi untuk menyamakan gap untuk mendukung kerja *turbocharger* secara optimal.



a. Pengukuran menggunakan *dial*



b. Pengukuran menggunakan *dial*

Gambar 4. 8 Pengukuran menggunakan *dial* sebelum maintenance

Tabel 4. 2 Hasil pengukuran menggunakan *dial* sebelum maintenance (mm)

Aksial	Radial
0,15	0,55

Keterangan:

- Aksial : depan - Belakang
- Radial : Atas - Bawah

Dari tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran dimana aksial 0,15 dan *radial* 0,55. Angka tersebut melampaui batas toleransi dari standart yang di perbolehkan yaitu aksial seharus nya memiliki range 0,08-0,12 sedangkan *radial* memiliki range 0,35-050.

Terjadi perubahan tersebut di sebabkan karena pengaruh usia karena berputar secara terus menerus di angka 100.000 rpm menyebabkan keausan pada daerah *bearing* dan juga dari kontaminasi pelumas yang sudah mulai kotor yang mecebakkan kecacatan di area *bearing*. Partikel partikel kecil yang terbawa pelumas untuk melumasi antara shaft dan *bearing* mampu menggerus sehingga menghasilkan gesekan yang mampu membuat kerusakan pada *bearing*.



Gambar 4. 9 Pengukuran menggunakan feeler guage sesudah di rekondisi

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Sesudah di rekondisi (mm)

Clearance kompressor side		Clearance kompressor side	
T	0,55	T	0,55
B	0,55	B	0,55
P	0,55	P	0,55
S	0,55	S	0,55



Gambar 4. 10 Hasil pengukuran menggunakan *dial* sesudah maintenance

Tabel 4. 4 hasil Pengukuran menggunakan *dial* sesudah maintenance (mm)

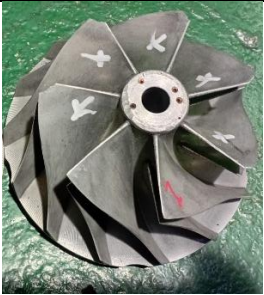
Aksial	Radial
0,08	0,45

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut menunjukkan hasil pada beberapa titik pengukuran sebelum dilakukan rekondisi dan maintenance. Data dibagi dalam 6 kolom utama: T, B, P, S, Aksial, dan Radial yaitu: T (Atas), B (bawah), P (kiri), S (kanan), Aksial (gerak depan belakang) dan Radial (gerak atas bawah), yang menunjukkan posisi pengukuran.

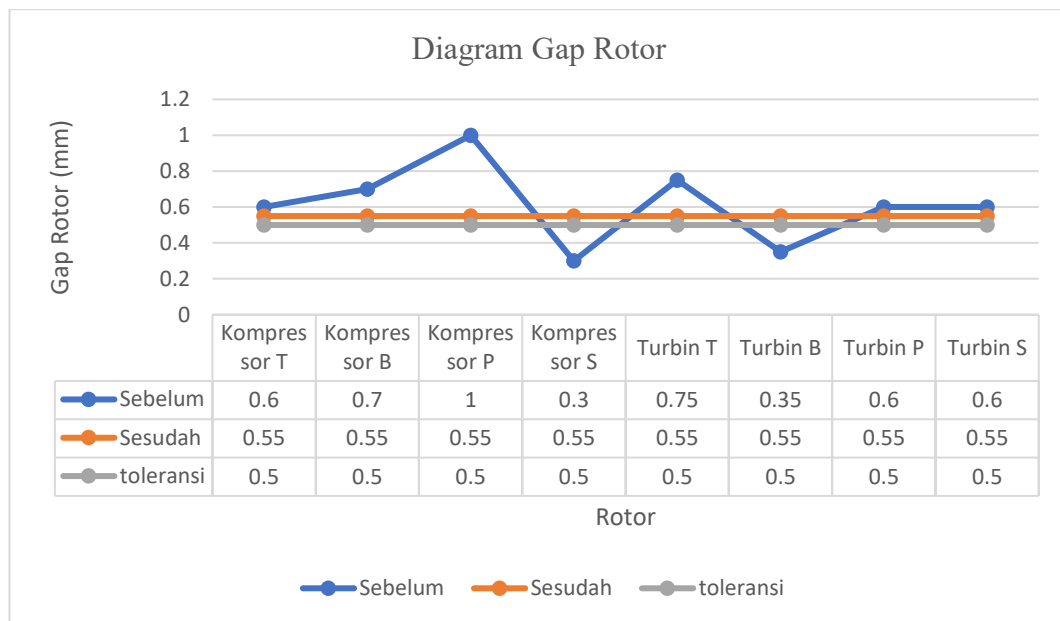
Keterangan :

- Standart clearance aksial 0,08-0,12mm sedangkan radial 0,35-0,50mm
- Posisi pengukuran *Turbocharger* T, B, P, S, Aksial, dan Radial yaitu: T (Atas), B (bawah), P (kiri), S (kanan), Aksial (gerak depan belakang) dan Radial (gerak atas bawah)
- Dari hasil pengukuran *cylinder* liner pada tabel diatas yang belum dilakukan *honing* terdapat keausan pada kompressor wheel dan bagian bearing.
- setelah dilakukan pergantian *bearing* dan rekondisi pada turbin wheel maka hasil pengukuran kembali masuk dalam batas toleransi.

Tabel 4. 5 Analisis Visual

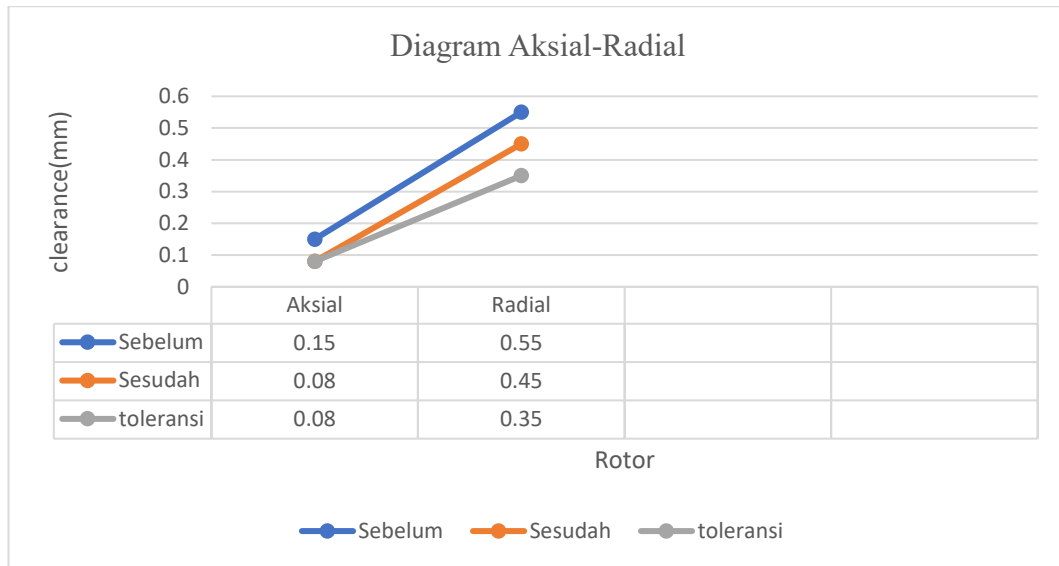
No	Nama Item	Gambar	Penyebab Kerusakan
1	Kompresor wheel		Kerusakan terjadi karena masuknya benda asing kedalam <i>turbocharger</i> . Sehingga menyebabkan terkikisnya daun-daun dari <i>rotor</i> tersebut.
2	Bearing		Kerusakan terjadi di sebabkan kontaminasi pelumas yang sudah lama tidak di ganti. Sehingga menjadi kotor dan melukai <i>bearing</i> .

4.3 diagram Hasil Analisa



Gambar 4. 11 Diagram *Rotor*

Dapat dilihat pada grafik 4.11 data sebelum perbaikan pada garis (biru) Data cenderung tidak konsisten (fluktuatif) dan Beberapa titik ada di bawah gap nya terlalu lebar hingga 1mm, dimana toleransinya yaitu 0,50-0,75 mm. Sesudah melakukan perbaikan pada garis (Oranye) data lebih stabil dan konsisten di angka 0,55 mm dan semua titik berada di angka yang sama (0,55 mm) dan lebih seragam dibandingkan kondisi sebelumnya.



Gambar 4. 12 Diagram *Bearing*

Dapat dilihat pada grafik 4.12 data sebelum perbaikan pada garis (biru) angka yang di tunjukkan lebih tinggi dari batas toleransi. Sesudah melakukan perbaikan pada garis (Oranye) angkanya kembali masuk ke dalam batas toleransi. Standart clearance aksial 0,08-0,12mm sedangkan *radial* 0,35-0,50mm

Grafik ini digunakan untuk membandingkan data ukur sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, dengan tujuan utama untuk:

- Menilai tingkat keausan *rotor* dan *bearing*
- Mengevaluasi efektivitas proses perbaikan seperti rekondisi
- Menganalisis pengaruh keausan terhadap pelumasan dan perfoma mesin

4.4 Penanganan Permasalahan Kerusakan pada *turbocharger*

Penanganan permasalahan kerusakan pada *turbocharger* adalah suatu proses sistematis yang dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, memperbaiki, serta mencegah kerusakan atau keausan pada *turbocharger*, agar fungsi mekanik dan termal dari mesin dapat dipertahankan secara optimal.

turbocharger merupakan komponen vital dalam sistem mesin diesel yang menjadi penyuplai udara pada mesin. Karena bekerja pada putaran tinggi secara terus menerus, dan suhu ekstrem turbo sangat rentan mengalami keausan. Keausan ini dapat berupa gesekan yang akan memengaruhi efisiensi pembakaran, konsumsi pelumas, dan performa mesin secara keseluruhan.

Penanganan kerusakan pada *turbocharger* merupakan bagian penting dari pemeliharaan dan perawatan mesin diesel kapal. Proses ini harus dilakukan secara teliti dan berdasarkan data pengukuran yang akurat. Dengan penanganan yang tepat, performa mesin akan tetap optimal, konsumsi bahan bakar dan pelumas lebih efisien, serta mencegah kerusakan yang lebih serius di masa depan.

4.5 Analisis Penyebab Kerusakan *turbocharger*

Analisis penyebab kerusakan cylinder liner adalah suatu proses sistematis dan teknis yang dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta memahami berbagai faktor penyebab terjadinya kerusakan pada *turbocharger* yaitu komponen penyuplai udara bertekanan dan di teruskan ke ruang bakar pada mesin diesel. Kerusakan ini merupakan salah satu bentuk degradasi material yang terjadi akibat kombinasi pengaruh mekanis, termal, kimiawi, dan operasional yang berlangsung selama siklus kerja mesin.

Turbocharger merupakan bagian vital dari sistem kerja mesin diesel, karena bekerja pada putaran tinggi dan suhu ekstrem. Dalam jangka panjang, turbo sangat rentan terhadap kerusakan akibat gesekan langsung, pelumasan yang tidak optimal, kontaminasi oleh partikel asing, hingga benda asing yang masuk secara tidak sengaja ke *turbocharger*. Kerusakan yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan performa mesin secara signifikan.

Analisis keausan dilakukan dengan berbagai metode, antara lain pemeriksaan visual permukaan liner, pengukuran gap (menggunakan feeler gauge), pengujian kadar logam dalam pelumas pelumas (*oil analysis*) dan pengukuran batas aman main rotor (menggunakan *dial*). Melalui proses analisis ini, mekanik atau teknisi dapat mengetahui jenis kerusakan yang terjadi.

Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memperoleh data akurat mengenai kondisi turbo, menentukan langkah perbaikan yang paling tepat (seperti proses rekondisi, ballancing, dan pergantian spare part), serta merancang strategi

pencegahan agar kerusakan tidak terjadi kembali dalam waktu dekat. Analisis penyebab keausan *turbocharger* tidak hanya berfungsi sebagai tindakan korektif saat terjadi masalah, tetapi juga sebagai bagian penting dari pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) dan inspeksi rutin mesin diesel, khususnya pada mesin kapal seperti tugboat, ferry, kapal barang, maupun genset industri.

Dengan melakukan analisis secara menyeluruh, perawatan mesin dapat dilakukan dengan lebih efisien, kerusakan berat bisa dicegah lebih awal, dan masa pakai mesin dapat diperpanjang secara signifikan.

4.6 Faktor Penyebab Kerusakan *Turbocharger*

Kerusakan *turbocharger* dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang memengaruhi kinerja dan umur pakai komponen. Salah satu faktor utama adalah kegagalan sistem pelumasan. *Turbocharger* bekerja pada putaran dan temperatur yang sangat tinggi sehingga memerlukan pelumasan yang optimal. Tekanan pelumas yang rendah, kualitas pelumas yang buruk, atau saluran pelumas yang tersumbat dapat menyebabkan gesekan berlebih pada *bearing* dan *shaft*. Kondisi tersebut akan mempercepat keausan komponen dan berpotensi menyebabkan kerusakan yang lebih serius.

Faktor lain yang sering menyebabkan kerusakan *turbocharger* adalah kontaminasi pelumas. Masuknya debu, serpihan logam, atau endapan karbon ke dalam sistem pelumasan dapat menggores permukaan *bearing* dan *shaft*. Akibatnya, komponen mengalami keausan tidak normal yang dapat mengurangi efisiensi kerja *turbocharger*. Oleh karena itu, kondisi pelumas dan filter pelumas harus selalu dijaga agar sistem pelumasan tetap bersih dan berfungsi dengan baik.

Masuknya benda asing ke dalam *turbocharger* juga menjadi penyebab umum kerusakan. Benda asing yang berasal dari saluran udara masuk maupun saluran gas buang dapat menghantam sudu kompresor dan turbin. Kerusakan yang ditimbulkan dapat berupa sudu yang bengkok, retak, atau patah sehingga mengganggu keseimbangan putaran *turbocharger* dan menurunkan performanya. Kondisi ini biasanya terjadi akibat filter udara yang rusak atau kurangnya perawatan pada sistem pemasukan udara.

Selain itu, suhu operasi yang terlalu tinggi dapat mempercepat kerusakan *turbocharger*. Temperatur yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kualitas

pelumas pelumas, pembentukan kerak karbon, serta deformasi pada komponen *turbocharger*. Overheating umumnya terjadi akibat sistem pendinginan yang tidak bekerja dengan baik, beban mesin yang terlalu tinggi, atau kebiasaan mematikan mesin secara tiba-tiba setelah beroperasi pada putaran tinggi.

Kerusakan *turbocharger* juga dapat disebabkan oleh putaran yang melebihi batas desain atau dikenal sebagai overspeed. Kondisi ini dapat terjadi akibat kerusakan wastegate, kebocoran pada sistem intake, atau modifikasi mesin yang tidak sesuai spesifikasi. Putaran yang terlalu tinggi akan meningkatkan gaya sentrifugal pada *compressor* wheel dan *shaft* sehingga berisiko menyebabkan retak atau patahnya komponen.

Secara keseluruhan, faktor penyebab kerusakan *turbocharger* meliputi kegagalan pelumasan, kontaminasi pelumas, masuknya benda asing, suhu operasi yang berlebihan, putaran *turbocharger* yang terlalu tinggi, serta kurangnya perawatan dan pengoperasian yang tidak sesuai prosedur. Dengan melakukan perawatan berkala dan pemeriksaan rutin terhadap sistem pelumasan, udara masuk, serta kondisi komponen *turbocharger*, risiko kerusakan dapat diminimalkan sehingga umur pakai *turbocharger* menjadi lebih panjang.

4.6.1 Penyebab Terjadinya Kontaminasi Pelumas

Kontaminasi pelumas pada *turbocharger* terjadi ketika pelumas pelumas tercampur dengan zat asing yang dapat menurunkan kualitas pelumasan. Penyebab utama kontaminasi pelumas adalah masuknya debu dan kotoran akibat filter udara atau filter pelumas yang kotor maupun rusak. Selain itu, serpihan logam hasil keausan komponen mesin dan *turbocharger* juga dapat bercampur dengan pelumas dan mempercepat kerusakan komponen.

Kontaminasi pelumas juga dapat disebabkan oleh endapan karbon yang terbentuk akibat suhu operasi yang tinggi, serta masuknya air atau cairan pendingin ke dalam sistem pelumasan karena kebocoran pada komponen mesin. Kondisi ini mengurangi kemampuan pelumas dalam melumasi dan melindungi komponen *turbocharger*.

Kurangnya perawatan berkala, seperti keterlambatan penggantian pelumas dan filter, turut meningkatkan risiko kontaminasi pelumas. Oleh karena itu,

perawatan sistem pelumasan secara rutin sangat diperlukan untuk menjaga kebersihan pelumas dan mencegah kerusakan *turbocharger*.

4.7 hasil analisa

Berdasarkan hasil pemeriksaan dan pengamatan, ditemukan beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi pada *turbocharger*. Kerusakan yang paling dominan yaitu keausan bantalan (*bearing wear*) akibat pelumasan yang kurang optimal. Keausan ini menyebabkan poros *turbocharger* menjadi tidak stabil dan menimbulkan getaran saat beroperasi.

Selain itu, ditemukan kebocoran pelumas (oil leakage) pada sistem seal *turbocharger*. Kebocoran terjadi karena keausan seal ring yang mengakibatkan pelumas masuk ke sisi kompresor maupun turbin. Kondisi ini dapat menurunkan kinerja *turbocharger* dan meningkatkan konsumsi pelumas mesin.

Kerusakan lain yang ditemukan adalah kerusakan pada roda kompresor atau turbin, seperti keausan dan goresan pada sudu akibat masuknya partikel asing atau penumpukan kotoran. Kerusakan ini menyebabkan penurunan tekanan udara masuk sehingga performa mesin menjadi kurang maksimal.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kondisi pelumasan, kebersihan sistem udara, dan perawatan berkala sangat mempengaruhi umur pakai serta kinerja *turbocharger*. Oleh karena itu, inspeksi dan perawatan rutin perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Prosedur *overhaul Turbocharger* Type TD 10 L pada mesin diesel kapal MV. CEMCON telah dilaksanakan sesuai tahapan standar, mulai dari persiapan alat, pembongkaran komponen, pembersihan, pemeriksaan visual, pengukuran, penggantian komponen yang tidak memenuhi standar, perakitan kembali, hingga pengujian akhir. Pelaksanaan prosedur yang sesuai standar memberikan hasil *overhaul* yang aman dan mampu mengembalikan kinerja *turbocharger* secara optimal.
2. Hasil pengukuran sebelum dan sesudah *overhaul* menunjukkan adanya perubahan nilai *clearance*, aksial, dan radial pada komponen *turbocharger*. Setelah dilakukan penggantian atau rekondisi komponen yang mengalami keausan, hasil pengukuran kembali berada dalam batas toleransi yang ditentukan, sehingga kondisi *turbocharger* dinyatakan layak untuk dioperasikan kembali.
3. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa komponen yang paling banyak mengalami keausan dan kerusakan adalah *bearing*, *shaft*, *seal*, dan *compressor wheel*. Kerusakan tersebut disebabkan oleh *oil starvation*, kontaminasi pelumas, serta *Foreign Object Damage (FOD)* yang mengakibatkan meningkatnya keausan, kebocoran pelumas, dan menurunnya efisiensi kerja *turbocharger*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Proses *overhaul turbocharger* sebaiknya selalu dilakukan sesuai manual pabrikan dan prosedur kerja yang berlaku, disertai penggunaan alat ukur yang telah dikalibrasi agar hasil pemeriksaan dan pengukuran lebih akurat.
2. Pemeriksaan kondisi pelumas, filter pelumas, serta sistem pemasukan udara perlu dilakukan secara berkala untuk mencegah *oil starvation*, kontaminasi pelumas, dan masuknya benda asing yang dapat mempercepat kerusakan komponen *turbocharger*.

3. Penelitian selanjutnya disarankan tidak hanya membahas proses *overhaul*, tetapi juga melakukan pengujian performa *turbocharger* sebelum dan sesudah *overhaul*, seperti pengukuran tekanan udara, putaran *turbocharger*, dan efisiensi mesin, sehingga manfaat *overhaul* terhadap kinerja mesin dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrwashdeh, S. S., Al-Falahat, A. M., & Murtadha, T. K. (2022). Effect of *Turbocharger* Compression Ratio on Performance of the Spark-Ignition Internal Combustion Engine. *Emerging Science Journal*, 6(3).
- Andi Hendrawan, Adit Julianto Nugroho. (2017). PENGARUH *TURBOCHARGER* TERHADAP DAYA MESIN IN INDUK KN. PRAJAPATI.
- Ashari, M. S., Robbi, S. D., Sandi, W. M., Kristiyono, A. E., & Prawoto, A. (2025). Analisis Kerusakan *Bearing* Turbine Side di *Turbocharger* Type VTR-160 pada Auxiliary Engine. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 4(1), 39–49.
- Chong, W. W. F., Lee, C. T., & Lee, M. B. (2021). Simulating thermo-hydrodynamic lubrication of *turbocharger* journal *bearing*. *Jurnal Tribologi*, 30, 13–23.
- Cosmin Constantin Suciu, Sorin Vlad Igret, Ion Vetres, Ioana Ionel. (2024). Review of the Integration of Hybrid Electric *Turbochargers* for Mass-Produced Road Vehicles.
- Dellis, P., Retzios, E., Geralis, A., Gasparakis, E., & Pesiridis, A. (2013). *Turbocharger* Lubrication – Lubricant Behavior and Factors That Cause *Turbocharger* Failure. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 2(1), 40–54.
- Dziubak, T., & Karczewski, M. (2022). Experimental Studies of the Effect of Air Filter Pressure Drop on the Composition and Emission Changes of a Compression Ignition Internal Combustion Engine. *Energies*, 15(13), 4815.
- Faspelumasa, V., Hetman, M., & Staryi, A. (2023). Performance analysis of *turbocharger rotor* friction pairs of an automobile engine. *Problems of Tribology*.
- Furqan Muhammad Nur, Saifuddin, Muhammad Sami. (2023). ANALISIS KINERJA *TURBOCHARGER* PADA SAAT BEBAN MAKSIMUM MENGGUNAKAN METODE RCFA (ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS) DI PLTMG ARUN.
- Ganapathi, R., & Durga Prasad, B. (2015). The Effect of Turbocharging on Volumetric Efficiency in Low Heat Rejection C.I. Engine fueled with

- Jatropha for Improved Performance. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 4(03).
- Genuine Turbo. (n.d.). *Turbocharger* Failure Analysis – Foreign Object Damage and Contamination.
- Hendrawan, A. (2018). KESELAMATAN ANALISA DAN KESEHATAN KERJA PADA NELAYAN. Jurnal Saintara, 3(1).
- Hendrawan, A. (2019a). ANALISA INDIKATOR KESELAMATAN PELAYARAN PADA KAPAL NIAGA Andi. Jurnal Saintara, 3(2).
- Hendrawan, A. (2019b). ANALISA PENGEBAK KEAUSAN POROS BALING BALING KAPAL. Jurnal Saintara, 4(1), 1–8.
- Hendrawan, A. (2020). ANALISA TINGKAT KEBISINGAN KAMAR MESIN PADA KAPAL. WIJAYAKUSUMA Prosiding Seminar Nasional, 10–15.
- Hendrawan, A., Lusiani, Kusumastuti, A., & Pramono, S. (2023). Damage Analysis of Turbo Charger on Main Engine at KM. Leuser. Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim, 5(1), 15–21.
- Idzior, M., Karpiuk, W., & Bieliński, M. (2014). Operating problems of turbocharging systems in compression-ignition engines. Journal of Ppelumassh CIMAC, 9(1), 25–34.
- Indra, M., & Syafii, I. (2022). Analisis Komponen Kritis *Turbocharger* Pada Lokomotif CC 204. Universitas Sriwijaya Repository.
- Kristanto, P., & Hartadi, R. (2001). Analisa *Turbocharger* pada Motor Bensin Daihatsu Tipe CB-23. JURNAL TEKNIK MESIN, 3(1), 12–18.
- Low, C. W., Hamdan, S. H., & Chong, W. W. F. (2019). Thermal Assessment on Tribological Properties of *Turbocharger* Journal Bearing. Journal of Transport System Engineering
- Low, C. W., Hamdan, S. H., & Chong, W. W. F. (2023). Thermal assessment on tribological properties of *turbocharger* journal bearing. Journal of Transport System Engineering, 9(1), 1–11.
- Maulana, M. N. (2024). Perawatan *Turbocharger* Type TD10 untuk meningkatkan kinerja mesin diesel generator MV. Pusri Indonesia 1
- Melett Ltd. (2016). Oil Contamination – *Turbocharger* Failure Modes. Melett Technical Manual.

- Melett Ltd. (2024). Insufficient Lubrication in *Turbochargers*. Technical Failure Report.
- Muhammad Sadeli Ashari, Shofa Dai Robbi, Wulan Marlia Sandi, Antonius Edy Kristiyono, Agus Prawoto. (2025). Kerusakan *Bearing* Turbine Side di *Turbocharger* Type VTR-160 pada Auxiliary Engine.
- Niitsu Turbo Industries. (2020). Turbo Failure Analysis and Common Causes of Malfunction. Technical Publication.
- Purnama, S., & Saksono, P. (2017). Analisa Perbandingan Aplikasi Sistem Satu dan Dua Tingkat Turbocaharger Terhadap Performansi Cummins Engine K38-C Sofi. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 3(1).
- Scribd.com (2025). Komponen-Komponen *Turbocharger*
- Sumardiyanto, D., & Susilowati, S. E. (2017). Pengaruh kondisi udara bilas terhadap kinerja mesin diesel. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 4(2), 81–88. <https://doi.org/10.21009/jkem.4.2.5>
- Vanhaelst, R., Kheir, A., & Czajka, J. (2016). A systematic analysis of the friction losses on *bearings* of modern *turbocharger*. *Combustion Engines*, 164(1), 22–31.
- Wu, X., Zhang, Y., & Li, H. (2023). Mekanisme Pelumasan dan Pendinginan pada *Turbocharger*. *Jurnal Ilmu Teknik Mesin*.
- Xu, X. J., Kim, S. S., Chen, K. M., & Luo, Q. F. (2005). Analysis of the Failure of *Turbocharger Shaft Bearing* in Diesel Engines. *Key Engineering Materials*, 297–300, 1376–1381.

Lampiran 1. SK Pembimbing



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAH-PT/Ak.Ppg/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f umsumedan](#) [u umsumedan](#) [u umsumedan](#) [u umsumedan](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2176/IL3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 29 Oktober 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : EZRAH TRI WIRA PRANATA
Npm : 2207230003
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISA PROSES OVERHAUL TURBO CHARGER TYPE TD 10 PADA MESIN DIESEL KAPAL MV CEMCON .

Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT.

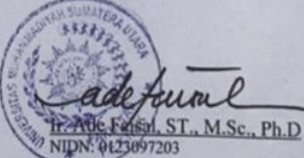
Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 07 Jumadil Awal 1447 H
29 Oktober 2025 M

Dekan



H. Ade Fatah, ST., M.Sc., Ph.D
NIDN: 0123097203





Agensi Sertifikasi Malaysia
Malaysian Qualifications Agency

Lampiran 2. Lembar Asistensi

Judul : Analisa Proses Overhaul Turbocharger Type TD
10 L Pada Mesin Diesel Kapal MV.CEMCON
Nama : Ezra Tri Wira Pranata
NPM : 2207230003

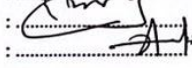
Dosen Pembimbing : Chandra A. Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	26/11-2024	Ikuti format penulisan	f.
2.	3/12.2025	perbaiki bab I, II	f.
3.	12/12/2025	Acc sumpro	f.
4.	5/6.2026	sesuaikan format	f.
5.	13/6.2026	perbaiki bab <u>IV</u>	f.
6.	17/6.2026	Acc semhas	f.
		Acc Giday	f.

**DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026**

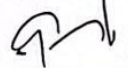
Nama : Ezrah Tri Wira Pranata
NPM : 2207230003
Judul Tugas Akhir : Analisa Proses Overhaul Turbocharger Type TD 10 L Pada mesin Diesel Kapal MV Cemcon

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T. : 
Pembimbing - II : Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. : 
Pembimbing - III : Arya Rudi Nasution, S.T., M.T. : 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230016	Muhammad arif Suta	1. 
2	2207230013	Muhammad Ferdiansyah. S	2. 
3	2207230032	KEVIN WIDHA PRATAMA	3. 
4	2207230053	Dwi Rizkiy AIRDANA	4. 
5	2207230004	DITO Irfan Syah	5. 
6	2207230136	AHLAD NAWALY MZ	6. 
7	2207230024	Ardiansyah Muli	7. 
8	2207230003	Ezrah Tri Wira Pranata	8. 
9	2207230030	Rananta Haba Ramadhan	9. 
10	2207230096	DIDIL PRATOMO	10. 

Medan, 14 Juli 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Ezrah Tri Wira Pranata
NPM : 2207230003
Judul Tugas Akhir : Analisa Proses Overhaul Turbocharger Type TD 10 L Pada mesin Diesel Kapal MV Cemcon
Dosen Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - II : Arya Rudi Nasution, S.T., M.T.

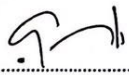
KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

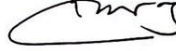
Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

.....
Sirom dan perbaikan sesuai saat seminar.
.....
.....

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....

.....)

Medan, 14 Juli 2026
Dosen Pembimbing - I


Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Ezrahi Tri Wira Pranata
NPM : 2207230003
Judul Tugas Akhir : Analisa Proses Overhaul Turbocharger Type TD 10 L Pada mesin Diesel Kapal MV Cemcon
Dosen Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - II : Arya Rudi Nasution, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

Perbaikan sesuai dengan Catatan yang Tertera
pada Buku

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

()

Medan, 14 Juli 2026
Dosen Pembimbing - II

()
Arya Rudi Nasution, S.T., M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: Ezra Tri Wira Pranata
Alamat	: Jalan Tangki Lorong 20 Kota Pematangsiantar, Sumatera Utara
Tempat, Tanggal Lahir	: Pematangsiantar, 25 Desember 2004
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Umur	: 21 Tahun
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Email	: ezrahpranata@gmail.com
Kewarganegaraan	: Indonesia
No. Telepon	: 089636811669
Moto Hidup	: Tidak Harus Lima Tambah Lima Untuk Mencapai Sepuluh

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun 2010 – 2016 MIS AL-IHLAS Pematangsiantar

Tahun 2016 – 2019 SMP N 4 Pematangsiantar

Tahun 2019 – 2022 SMA N 2 Pematangsiantar

Tahun 2022 – 2026 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara