

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER*
DALAM OPTIMALISASI KINERJA MESIN INDUK DI
KAPAL KM. PULAU LAYANG**



FIRMAN ARIZAL
NIT 08.20.043.1.06

disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER*
DALAM OPTIMALISASI KINERJA MESIN INDUK DI
KAPAL KM. PULAU LAYANG**



FIRMAN ARIZAL
NIT 08.20.043.1.06

disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

**POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Firman Arizal
Nomor Induk Taruna : 08.20.043.1.06
Program Studi : D IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**"UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER* DALAM
OPTIMALISASI KINERJA MESIN INDUK PADA KAPAL KM. PULAU
LAYANG"**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 18 Februari 2025


Firman Arizal
NIT: 08.20.043.1.06

The image shows a yellow rectangular stamp with the text "METERAI TEMPEL" and "PE.1DAMX195799041". A handwritten signature in black ink is written over the stamp. Below the stamp, the name "Firman Arizal" and the NIT number "NIT: 08.20.043.1.06" are printed.

HALAMAN PERSETUJUAN

PERSETUJUAN SEMINAR HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN
TURBOCHARGER DALAM OPTIMALISASI
KINERJAMESIN INDUK PADA KAPAL KM.
PULAU LAYANG

Nama : Firman Arizal

NIT : 08.20.043.1.06

Program Studi : D IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

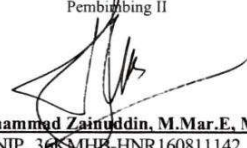
Surabaya, 13 FEBRUARI 2025

MENYETUJUI

Pembimbing I



Dr. H. Saiful Irfan, M.Mar.E
Renata Tk. I (III/d)
NIP. 197609052010121001

Pembimbing II


Mochammad Zainuddin, M.Mar.E, M.H
NIP. 360112-HNR160811142

Mengetahui:

Kaprodi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya


Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 196905312003121001

HALAMAN PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN KARYA ILMIAH TERAPAN

UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TURBOCHARGER DALAM OPTIMALISASI KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL KM. PULAU LAYANG

Disusun dan Diajukan Oleh:

FIRMAN ARIZAL

NIT. 08.20.043.1.06

Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi

Pada tanggal 18 Februari 2023

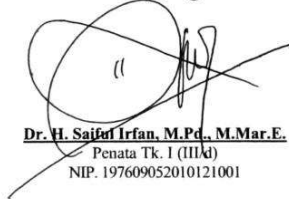
Menyetujui

Penguji I



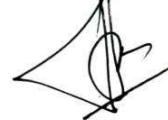
Dr. Antonius Edy Kristivono, M.Pd. M. Mar.E.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19690531 200312 1 001

Penguji II



Dr. H. Saiful Irfan, M.Pd., M.Mar.E.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197609052010121001

Penguji III



Mochammad Zainuddin M.Mar.E., M.H.
NIP. 36KMHB-HNR160811142

Mengetahui

Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. Antonius Edy Kristivono, M.Pd. M. Mar.E.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19690531 200312 1 001

ABSTRAK

FIRMAN ARIZAL. 2022, “Upaya Perawatan dan Perbaikan *Turbocharger* dalam Optimalisasi Kinerja Mesin Induk di Kapal Km. Pulau Layang”. Dibimbing oleh Bapak Dr. H. Saiful Irfan, M.Pd., M.Mar.E. sebagai Pembimbing I dan Bapak Mochammad Zainuddin, M.Mar.E., M.H. sebagai Pembimbing II.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis upaya perawatan dan perbaikan *turbocharger* dalam mengoptimalkan kinerja mesin induk pada kapal KM. Pulau Layang. Faktor-faktor penyebab terjadinya *surging*, seperti penumpukan kerak pada *nozzle ring*, kegagalan pembakaran pada *cylinder head*, dan pengaruh ombak yang menyebabkan fluktuasi beban mesin, dianalisis dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi penyebab kerusakan pada *nozzle ring* dan mencari solusi pemecahan masalahnya. Tujuan penelitian adalah untuk memahami penyebab *surging* dan dampaknya terhadap performa mesin, serta mencari pendekatan untuk mengatasi kerusakan *turbocharger*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perawatan *turbocharger* yang baik dan pemeliharaan rutin dapat meningkatkan kinerja mesin induk dan mencegah kerusakan lebih lanjut.

Kata kunci: *turbocharger*, perawatan, *surging*, mesin induk.

ABSTRACT

FIRMAN ARIZAL. 2022, *"Efforts in Maintenance and Repair of the Turbocharger to Optimize the Performance of the Main Engine on the Vessel M/V Pulau Layang"*. Supervised by Mr. Dr. H. Saiful Irfan, M.Pd., M.Mar.E. as Supervisor I and Mr. Mochammad Zainuddin, M.Mar.E., M.H. as Supervisor II.

This study aims to analyze the maintenance and repair efforts of the turbocharger to optimize the main engine performance on the KM. Pulau Layang vessel. The factors causing surging, such as carbon buildup on the nozzle ring, combustion failure on cylinder head no. 2 S, and the impact of waves leading to engine load fluctuations, are analyzed in this study. Additionally, the research identifies the causes of turbocharger nozzle ring damage and explores solutions for addressing these issues. The objectives of this study are to understand the causes of surging and its impact on engine performance, as well as to find approaches for resolving turbocharger damage. The findings indicate that proper turbocharger maintenance and regular upkeep can improve the main engine performance and prevent further damage.

Keywords: *turbocharger, maintenance, surging, main engine.*

KATA PENGANTAR

Dengan Puji syukur atas kebesaran Allah SWT. Tuhan semesta alam, karena atas segala kuasa penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Program Pendidikan D-IV di Politeknik Pelayaran Surabaya dan Karya Ilmiah Terapan yang judul **“UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER* DALAM OPTIMALISASI KINERJA MESIN INDUK PADA KAPAL KM. PULAU LAYANG”**

Penulis sangat menyadari bahwa di dalam proposal Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam hal penyajian materi maupun teknik penulisan, tetapi berkat bantuan dan dorongan dari para pembimbing penulisan Karya Ilmiah Terapan ini dapat terselesaikan. Untuk itu tanpa mengurangi rasa hormat, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

- a. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya beserta jajarannya yang telah menyediakan fasilitas dan pelayanan, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini.
- b. Bapak Dr. H. Saiful Irfan, M.Pd., M.Mar.E. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan dan motivasi yang sangat besar bagi penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
- c. Bapak Mochammad Zainuddin, M.Mar.E., M.H. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya dan dengan sabar memberikan semangat serta bimbingan dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
- d. Bapak/ibu Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, khususnya lingkungan program studi teknik Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberi bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
- e. Bapak Khulal Aziz dan Ibu Komsaniah selaku orang tua saya serta saudara kandung saya Novita dan Isnia yang telah memberi doa restu sehingga saya dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
- f. Chief Engineer Adi Tri Gunawan dan Ilman yang banyak berbagi ilmu kepada penulis tentang permesinan di kapal.
- g. First Engineer Ilman dan Parwanto yang telah memberikan banyak pengetahuan yang sangat membantu dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini.
- h. Seluruh Taruna-Taruni POLTEKPEL Surabaya yang telah membantu dalam memberikan semangat dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini, khususnya angkatan XI Diploma III dan IV.
- i. Sahabat dan orang terdekat penulis yaitu Vitha, Ibas, senior Anata, dan lainnya yang selalu memberi semangat dan membantu penulis menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.

Sebagai penutup, penulis berharap agar Karya Ilmiah Terapan ini dapat memberikan manfaat baik bagi pembaca maupun bagi penulis itu sendiri. Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam Karya Ilmiah ini. Oleh karena itu, saran dan masukan sangat diterima dengan harapan dapat memperbaiki penulisan maupun sumbangsih pengembangan Karya Ilmiah ini. Penulis juga berharap Karya Ilmiah ini bisa menambah wawasan bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya,.....2025

Firman Arizal
NIT:07.19.001.2.06

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. RUMUSAN MASALAH	4
C. BATASAN MASALAH	5
D. TUJUAN PENELITIAN	5
E. MANFAAT PENELITIAN.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA.....	7
B. LANDASAN TEORI	9
C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN	34
BAB III METODE PENELITIAN	40
A. JENIS PENELITIAN.....	40
B. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	41
C. SUMBER DATA	41

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA	42
E. TEKNIK ANALISA DATA	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
A. GAMBARAN UMUM OBJEK PENELITIAN	49
B. HASIL PENELITIAN	52
C. PEMBAHASAN	70
BAB V PENUTUP	83
A. KESIMPULAN	83
B. SARAN	84
LAMPIRAN.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	7
Tabel 4. 1 Hasil Wawancara Dengan <i>Chief Engineer</i>	56
Tabel 4. 2 Hasil Wawancara Dengan <i>Second Engineer</i>	57
Tabel 4. 3 Observasi 1 Hari Sebelum Dan Sesudah <i>Surging</i>	59
Tabel 4. 4 Kesimpulan hasil wawancara.....	65
Tabel 4. 5 Observasi 3 Hari Sebelum Dan Sesudah <i>Surging</i>	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembilasan <i>Direct Scavenging</i>	13
Gambar 2. 2 Pembilasan <i>Uniflow Scavenging</i>	14
Gambar 2. 3 Pembilasan <i>Cross-Flow Scavenging</i>	14
Gambar 2. 4 Pembilasan <i>Loop Scavenging</i>	15
Gambar 2. 5 <i>VTR turbocharger</i>	16
Gambar 2. 6 Komponen <i>turbocharger</i>	17
Gambar 2. 7 <i>Turbocharger disassembly</i>	17
Gambar 2. 8 Potongan melintang <i>turbocharger</i> tampak dari <i>turbine side</i>	19
Gambar 2. 9 Potongan melintang <i>turbocharger</i> tampak dari <i>compressor side</i>	20
Gambar 2. 10 <i>Cartridge group assembly</i>	21
Gambar 2. 11 <i>Nozzle ring</i>	22
Gambar 2. 12 <i>Rotor Shaft</i>	22
Gambar 2. 13 Bahan <i>alluminium alloy</i> pada <i>impeller</i>	24
Gambar 2. 14 Bahan <i>titanium nikel</i> paduan <i>inconel</i> pada <i>nozzle ring</i> dan <i>turbineblades</i>	24
Gambar 2. 15 <i>Radial Flow Turbocharger</i>	25
Gambar 2. 16 <i>Axial Flow turbocharger</i>	26
Gambar 2. 17 <i>Single-Turbocharger</i>	27
Gambar 2. 18 <i>Twin-Turbocharger</i>	27
Gambar 2. 19 <i>Variable Geometry Turbocharger (VGT)</i>	28
Gambar 2. 20 <i>Single-Stage Turbocharger</i>	29
Gambar 2. 21 <i>Double-Stage Turbocharger</i>	29
Gambar 2. 22 Beberapa konfigurasi <i>double-stage turbocharger</i>	30
Gambar 2. 23 <i>Diagram</i> pelumasan oli mesin pada <i>turbocharger</i>	32
Gambar 2. 24 Oli sintetik khusus <i>Turbo Oil T46</i>	32
Gambar 2. 25 Kerangka Pikir Penelitian.....	34
Gambar 3. 1 <i>Diagram Root Cause Analysis (RCA)</i>	46
Gambar 4. 1 Kapal KM. Pulau Layang.....	50
Gambar 4. 2 Data ship's particulair KM. PULAU LAYANG.....	50
Gambar 4. 3 Data <i>crew list</i> KM. Pulau Layang	51
Gambar 4. 4 Name plate <i>Turbocharger</i> dengan tipe <i>VTR 321-2P</i>	52
Gambar 4. 5 Penurunan tekanan udara bilas dari <i>turbocharger</i>	54
Gambar 4. 6 Penurunan tekanan udara bilas <i>turbocharger</i> yang keluar dari Intercooler.....	54
Gambar 4. 7 Penurunan tekanan udara bilas <i>turbocharger</i> yang keluar dari Intercooler.....	54
Gambar 4. 8 Akumulasi karbon pada sudu-sudu <i>nozzle ring turbocharger</i>	55
Gambar 4. 9 <i>Engine Logbook</i> KM. Pulau Layang.....	58
Gambar 4. 10 <i>Running Hours Turbocharger</i>	60

Gambar 4. 11 Kondisi <i>turbocharger</i> setelah terjadi <i>surging</i>	60
Gambar 4. 12 <i>Filter silencer turbocharger</i> setelah dibuka.....	61
Gambar 4. 13 Kondisi <i>nozzle ring turbocharger</i> setelah dibuka	61
Gambar 4. 14 Kondisi <i>turbine wheel turbocharger</i> setelah dibuka.....	61
Gambar 4. 15 Kondisi <i>compressor wheel turbocharger</i> setelah dibuka.....	62
Gambar 4. 16 Kondisi <i>turbocharger</i> setelah dibuka.....	62
Gambar 4. 17 Kondisi <i>compressor casing dan diffuser turbocharger</i> setelah dibuka	62
Gambar 4. 18 Kondisi sudu-sudu <i>nozzle ring tersumbat carbon deposit</i>	63
Gambar 4. 19 Kondisi sudu-sudu <i>nozzle ring</i> telah terjadi <i>deformasi</i>	63
Gambar 4. 20 Kondisi <i>scaving air pipe</i>	63
Gambar 4. 21 Kondisi <i>cilinder head 2S</i>	64
Gambar 4. 22 Kondisi <i>cilinder head 2S</i>	64
Gambar 4. 23 <i>Diagram Root Cause Analysis</i>	69
Gambar 4. 24 Penurunan <i>filter silencer turbocharger M/E S</i>	73
Gambar 4. 25 Pelepasan <i>bearing</i>	73
Gambar 4. 26 Penurunan <i>rotor shaft</i>	74
Gambar 4. 27 Penurunan <i>compressor casing dan diffuser</i>	74
Gambar 4. 28 Pelepasan <i>nozzle ring</i>	74
Gambar 4. 29 Membersihkan <i>rotor shaft</i>	75
Gambar 4. 30 Membersihkan <i>catridge housing</i>	75
Gambar 4. 31 Menganti <i>nozzle ring</i> dengan <i>sparepart</i> baru.....	75
Gambar 4. 32 Membersihkan <i>filter silencer</i>	76
Gambar 4. 33 Membersihkan <i>compressor housing</i>	76
Gambar 4. 34 Membersihkan saluran <i>scaving air</i>	76
Gambar 4. 35 Pemasangan kembali komponen-komponen <i>turbocharger</i>	77
Gambar 4. 36 Pengetesan <i>clearance bearing</i>	77
Gambar 4. 37 Pemasangan kembali <i>filter silencer</i>	77
Gambar 4. 38 Pelepasan <i>cylinder head M/E S no. 2</i>	78
Gambar 4. 39 Pemeriksaan kondisi <i>cylinder head M/E S no. 2</i>	78
Gambar 4. 40 Kondisi <i>cylinder head M/E S no. 2</i>	78
Gambar 4. 41 Pemasangan kembali <i>spare cylinder head M/E S no. 2 dan exhaust gasket</i>	79
Gambar 4. 42 <i>Running test M/E S</i>	79
Gambar 4. 43 Tekanan udara bilas setelah perawatan <i>turbocharger</i>	79
Gambar 4. 44 Tekanan udara bilas setelah perawatan <i>turbocharger</i>	80
Gambar 4. 45 Tekanan udara bilas setelah perawatan <i>turbocharger</i>	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 <i>Ships Particulars</i>	85
Lampiran 1. 2 <i>Crew List</i>	86
Lampiran 1. 3 Surat Mutasi.....	87
Lampiran 1. 4 <i>Mannual Instruction</i>	88
Lampiran 1. 5 <i>Mannual Instruction</i>	89
Lampiran 1. 6 Wawancara Dengan <i>Chief Engineer</i> dan <i>First Engineer</i>	90
Lampiran 1. 7 <i>Logbook 24 Mei 2023</i>	91
Lampiran 1. 8 <i>Logbook 25 Mei 2023</i>	92
Lampiran 1. 9 <i>Logbook 26 Mei 2023</i>	93
Lampiran 1. 10 <i>Running Hours Turbocharger M/E S</i>	94

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, sektor ekonomi global mengalami perkembangan yang pesat, salah satunya didorong oleh sektor transportasi, khususnya pelayaran. Industri pelayaran memegang peranan penting dalam perdagangan internasional, di mana kapal menjadi moda transportasi utama yang menjamin kelancaran distribusi barang lintas negara. Untuk tetap kompetitif di tengah persaingan bisnis pelayaran yang semakin ketat, perusahaan pelayaran dituntut untuk memberikan pelayanan terbaik dengan menjaga performa kapal tetap optimal. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menerapkan teknologi permesinan yang canggih pada kapal, seperti penggunaan *turbocharger* pada mesin induk, yang secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal.

KM. Pulau Layang merupakan kapal kontainer berbendera Indonesia yang dimiliki oleh PT. SALAM *PACIFIC* INDONESIA *LINES*. Kapal dengan berat kotor atau *Gross Register Tonnage (GRT)* 6.285 Ton dilengkapi dengan mesin induk jenis *motor diesel GUANGZHOU GDF8320ZCD-6* dengan daya 2060 KW dan *turbocharger* tipe *VTR 321-2P*. *Turbocharger* ini memiliki kecepatan putaran maksimum (n_{max}) sebesar 27.500 *RPM*. Temperatur kerja maksimum (t_{max}) yang diizinkan adalah $<640^{\circ}\text{C}$. Sehingga memiliki kemampuan melaju atau *service speed* maksimum 13 knots. KM. Pulau Layang juga menghadapi tantangan serupa dalam menjaga keandalan mesin induknya.

Sebagai salah satu kapal niaga yang melayani rute pelayaran nasional, kapal diharuskan beroperasi secara efisien dan tanpa gangguan, mengingat pada setiap penundaan akibat kerusakan mesin menimbulkan kerugian finansial yang signifikan baik bagi perusahaan maupun pemilik muatan.

Mesin induk atau *main engine* merupakan jantung kapal yang menentukan kecepatan dan efisiensi operasionalnya. Pada umumnya, mesin induk bekerja dengan memanfaatkan ledakan pada proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar sebagai gaya untuk mendorong *piston*, dan *turbocharger* memainkan peranan penting, seperti mendukung efisiensi pembakaran, menghasilkan tenaga yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah. Ini tidak hanya berdampak pada peningkatan kecepatan dan daya tahan kapal, tetapi juga membantu menekan biaya operasional serta emisi gas buang. Kendati demikian, kelancaran operasional kapal sangat bergantung pada kinerja mesin induk, maka diperlukan perawatan secara rutin dan terencana agar kondisi dan kinerja mesin induk dalam keadaan baik khususnya pada bagian *turbocharger*. *Turbocharger* sebagai salah satu komponen penting dalam sistem mesin induk, rentan terhadap masalah teknis yang dapat memengaruhi kinerja keseluruhan mesin. Beberapa masalah umum yang sering dihadapi oleh *turbocharger* termasuk pengendapan karbon pada sudu *turbine*, *surging*, kebocoran oli, dan keausan pada komponen turbin (*turbinee*) serta kompresor (*compressor*). Ketika masalah tersebut tidak segera diatasi, kinerja *turbocharger* akan menurun, yang pada gilirannya berdampak pada penurunan daya mesin, peningkatan konsumsi bahan bakar, serta risiko kerusakan yang lebih besar pada mesin induk.

Pengalaman penulis sebagai kadet di kapal KM. Pulau Layang memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pentingnya menjaga performa mesin induk agar tetap optimal. Pada tanggal 24 Mei 2023, saat kapal dalam perjalanan dari Surabaya menuju Samarinda, penulis menyaksikan secara langsung bagaimana gangguan *turbocharger* dapat memengaruhi kinerja mesin induk. Dalam kondisi laut yang bergelombang, terjadi fenomena *surging* pada *turbocharger* yang ditandai dengan suara dentuman keras dan putaran *turbocharger* yang tidak stabil. Tekanan udara masuk di *intake manifold* turun drastis dari 2,2 Bar menjadi 1,6 Bar. Hal ini menyebabkan suhu gas buang di semua silinder mesin meningkat melebihi batas aman, dan kinerja mesin induk secara keseluruhan menurun signifikan.

Jika fungsi *turbocharger* tidak beroperasi secara optimal atau normal dan dibiarkan tanpa tindakan yang tepat dalam jangka waktu lama, hal ini akan berdampak besar pada kinerja mesin. Tekanan udara bilas menjadi tidak normal, yaitu 1,6 Bar, yang seharusnya 2,20 Bar pada putaran *NCR (Normal Continuous Rated)*, dan suhu udara bilas yang terlalu tinggi, yaitu pada kisaran 85°C, sedangkan suhu normalnya adalah pada kisaran 48°C. Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan yang serius atau bahkan fatal pada komponen-komponen mesin induk akibat kerusakan material. Dan diikuti munculnya asap hitam pekat dari cerobong. Hal ini menyebabkan kenaikan suhu gas buang di seluruh silinder yang melebihi batas suhu maksimal yang diizinkan, yaitu lebih dari 500°C, sehingga *exhaust manifold (expansion joint)* memerah. Suhu gas buang yang keluar dari *turbocharger* juga meningkat pada kisaran 520-640°C, jauh lebih tinggi dari suhu normal yang berkisar antara 400-480°C. Masalah

ini menyebabkan penurunan fungsi *turbocharger*, yang berdampak langsung pada kinerja mesin induk. Jika dibiarkan, hal ini dapat mengakibatkan kerusakan tidak hanya pada *turbocharger*, tetapi juga pada komponen-komponen mesin induk lainnya, akibat kurangnya pasokan udara dari *turbocharger* ke mesin.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini akan membahas secara mendalam mengenai berbagai aspek perawatan dan perbaikan objek penelitian *turbocharger* tipe *VTR 321-2P* guna menjaga kinerja mesin induk kapal KM. Pulau Layang. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk memberikan solusi yang berbasis pada praktik terbaik dan teknologi terbaru dalam pemeliharaan *turbocharger*, sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan keandalan pada mesin induk kapal KM. Pulau Layang.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis ingin membahas permasalahan tersebut ke dalam skripsi dengan judul **"UPAYA PERAWATAN DAN PERBAIKAN *TURBOCHARGER* DALAM OPTIMALISASI KINERJA MESIN INDUK PADA KAPAL KM. PULAU LAYANG"**.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang dan batasan masalah di atas, penulis dapat mengidentifikasi beberapa permasalahan yang timbul yang berkaitan dengan *turbocharger* yaitu:

1. Apa faktor-faktor penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* ?

2. Apa dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya kerusakan pada *nozzle ring turbocharger* ?

C. BATASAN MASALAH

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan penulis, oleh karena itu penulis membatasi ruang lingkup pembahasan pada masalah karya ilmiah ini untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dengan memusatkan pada permasalahan yang terjadi di kapal KM. Pulau Layang sebagai berikut:

1. Terjadi *surging* pada *turbocharger*
2. Kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring*.

D. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Penelitian Adapun tujuan diadakan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui fakto-faktor penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* dan bagaimana hal tersebut memengaruhi performa mesin induk di KM. Pulau Layang.
2. Untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan *turbocharger* pada *nozzle ring* dan mencari pendekatan untuk pemecahan masalah tersebut.

E. MANFAAT PENELITIAN

Dengan adanya penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis dapat memberikan sumbangsih pengembangan akan tercapainya beberapa

manfaat secara teoritis dan praktis yang dapat dicapai sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Menyediakan tambahan wawasan dan informasi bagi pembaca khususnya para taruna POLTEKPEL SURABAYA, terkait permasalahan yang terjadi pada *turbocharger* dan solusi untuk mengatasinya.
- b. Menyumbangkan literasi karya ilmiah penelitian terapan berupa skripsi yang berkualitas untuk memperkaya koleksi perpustakaan POLTEKPEL SURABAYA.

2. Manfaat Praktis

- a. Penelitian ini membantu penulis dalam meningkatkan pemahaman terkait sistem *turbocharger* dan memahami permasalahan nyata di lapangan, sehingga menjadi bekal yang berharga.
- b. Sebagai referensi dan bahan ajar untuk para civitas akademisi, khususnya di POLTEKPEL SURABAYA, untuk lebih fokus pada perawatan mesin kapal agar operasional kapal dapat berjalan dengan optimal.
- c. Sebagai referensi pembelajaran bagi perwira dan awak kapal dalam memahami perawatan berkala pada *turbocharger* sesuai dengan *Planned Maintenance System (PMS)*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya

No	Judul Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	Sulistiyono. (Sumber: <i>Indonesian Journal of Marine Engineering/P</i> IP Semarang:2020)	Optimalisasi Perawatan <i>Turbocharger</i> Terhadap Proses Pembakaran Motor Induk Mv. <i>Spring Mas</i>	Pada kapal tersebut Penyebab menurunnya kinerja pada <i>turbocharger</i> tersebut adalah perawatan yang tidak optimal dan usia <i>running hours turbocharger</i>	Pada penelitian sebelumnya fokus pada kurangnya manajemen, alat dan metode yang tepat, serta pengaruh eksternal, seperti kebocoran oli, <i>overheating</i> dan kurang optimalnya sistem pendinginan, penggantian komponen yang tidak sesuai dengan <i>PMS</i> . menjadi penyebab utama perawatan <i>turbocharger</i> yang tidak optimal. Sedangkan, pada penelitian ini berfokus pada solusi perawatan yang bertujuan mengatasi masalah <i>surging</i> dan kerusakan <i>nozzle ring</i>
2.	Setyawan, Faisal Yogi. (Sumber: <i>Indonesian Journal of Marine Engineering/P</i> IP Semarang:2022)	Pengaruh Perawatan <i>Turbocharger</i> terhadap Kinerja Mesin Induk di MV. Kali Mas	Pada kapal tersebut Penyebab tidak optimalnya kinerja pada <i>turbocharger</i> adalah minimnya perhatian terhadap pemeliharaan pada <i>compressor impeller</i> dan <i>turbine blades</i>	Penelitian sebelumnya berfokus pada penyebab menurunnya kinerja <i>turbocharger</i> akibat kurangnya perhatian terhadap kebersihan dan keseimbangan komponen, seperti penumpukan karbon dan kotoran pada <i>compressor impeller</i> , kebocoran atau penyumbatan pada saluran udara, kerusakan pada <i>turbine blades</i> akibat <i>overheating</i> dan gangguan pada keseimbangan putaran komponen akibat keausan. Sedangkan, pada

No	Judul Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
				penelitian ini berfokus pada solusi perawatan yang bertujuan mengatasi masalah <i>surging</i> dan kerusakan <i>nozzle ring</i>

Referensi Penelitian tentang Upaya Perawatan Dan Perbaikan *Turbocharger* Dalam Optimalisasi Kinerja Mesin Induk 5 (lima) tahun terakhir. Sebagaimana dalam tabel tersebut:

Review Penelitian Sebelumnya yang pertama dilakukan oleh Sulistyono pada tahun 2020 yang berjudul Optimalisasi Perawatan *Turbocharger* Terhadap Proses Pembakaran Motor Induk di *MV. SPRING MAS* menitikberatkan pada penyebab ketidakefektifan perawatan *turbocharger* dalam mendukung proses pembakaran pada mesin utama. Studi ini menunjukkan bahwa perawatan yang tidak optimal dapat memicu peningkatan suhu gas buang yang tak terkendali, sehingga mengganggu efisiensi mesin induk dan berisiko mempengaruhi operasi kapal.

Dalam penelitian ini, Sulistyono menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan teknik analisis *root cause analysis (RCA)* untuk menganalisis faktor-faktor penyebab, termasuk metode, alat, manajemen, dan faktor eksternal. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara, dan tinjauan literatur terkait perawatan *turbocharger* di kapal.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemeliharaan dan perbaikan berkala pada komponen utama *turbocharger*, seperti *filter* dan bagian *internal* lainnya, sangat penting untuk menjaga efisiensi *turbocharger* dan menghindari penurunan kinerja mesin utama kapal. Optimalisasi perawatan *turbocharger*

ini diharapkan dapat memperpanjang masa pakai *turbocharger* dan mendukung operasi mesin induk yang lebih andal.

Review Penelitian Sebelumnya yang kedua berjudul Pengaruh Perawatan *Turbocharger* terhadap Kinerja Mesin Induk di *MV. Kali Mas*, Berdasarkan Faisal Yogi Setyawan (2022), membahas bagaimana perawatan yang tidak optimal pada *turbocharger* dapat menurunkan kinerja mesin induk kapal. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengukur variabel kinerja *turbocharger* sebelum dan setelah dilakukan perawatan. Salah satu temuan utama dalam penelitian ini adalah bahwa kegagalan dalam perawatan bagian-bagian kritis seperti *compressor impeller* dan *turbine blades* dapat menyebabkan penurunan tekanan udara yang disalurkan ke ruang bakar, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan efisiensi mesin induk. Hasil penelitian ini menyarankan perlunya perhatian lebih pada kebersihan dan keseimbangan komponen *turbocharger* menunjukkan bahwa perawatan yang lebih terstruktur dan berkala dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan dan meningkatkan kinerja mesin induk secara keseluruhan.

B. LANDASAN TEORI

1. Perawatan dan Perbaikan

a. Pengertian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), perawatan berarti tindakan merawat atau menjaga suatu benda agar tetap berfungsi dengan baik dan dapat digunakan secara optimal. Secara umum,

perawatan bertujuan untuk mempertahankan performa dan memperpanjang usia pakai suatu peralatan atau sistem.

Suhardi (2021) menyatakan bahwa perawatan melibatkan inspeksi, pembersihan, pelumasan, dan penggantian komponen yang rusak atau aus agar suatu sistem atau komponen tetap bekerja sesuai dengan spesifikasi desainnya.

Sedangkan perbaikan Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), perbaikan berarti proses, cara, atau perbuatan memperbaiki, mengembalikan, atau meningkatkan kondisi suatu benda atau sistem yang mengalami kerusakan atau penurunan fungsi.

Sudirman (2020) menjelaskan dalam Jurnal Teknik Mesin dan Perawatan, mendefinisikan perbaikan sebagai proses diagnostik dan penanganan yang dilakukan ketika suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan atau kerusakan yang signifikan. Tindakan perbaikan berfokus pada identifikasi masalah dan penggantian atau perbaikan komponen yang rusak untuk mengembalikan fungsinya ke kondisi optimal.

b. Jenis-jenis perawatan

Manajemen Perawatan dan Perbaikan, perawatan mesin dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu:

1) Perawatan insidental

Perawatan insidental dilakukan dengan membiarkan mesin beroperasi hingga terjadi kerusakan, kemudian baru dilakukan perbaikan. Menurut Putri (2023) dalam jurnal Analisis

Manajemen Perawatan Komponen *APILL* Tenaga Surya dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance*, perawatan insidental kurang efisien untuk komponen-komponen penting karena dapat menyebabkan downtime yang tidak terduga dan mengganggu proses produksi.

2) Perawatan terencana

Perawatan ini dilakukan dengan perencanaan sebelumnya untuk memastikan mesin selalu siap digunakan. Dalam perawatan terencana, terdapat dua jenis utama yaitu perawatan korektif yang berfokus pada perbaikan kerusakan yang teridentifikasi tanpa menyentuh komponen kritis dan perawatan pencegahan yang ditujukan untuk mengidentifikasi dan mengatasi tanda-tanda kerusakan dini guna mencegah kegagalan total.

3) Perawatan berkala

Perawatan berkala melibatkan kegiatan pengecekan dan penggantian suku cadang sesuai dengan jam kerja atau interval waktu tertentu.

4) Perawatan berdasarkan kondisi (pemeliharaan prediktif)

Jenis perawatan ini dilakukan berdasarkan hasil monitoring kondisi mesin yang dianalisis untuk memprediksi kapan perawatan diperlukan. Menurut Wibowo (2022) dalam jurnal "Implementasi Pemeliharaan Prediktif pada Mesin *Diesel*," metode ini memungkinkan operator untuk memperkirakan waktu

perawatan berdasarkan data, sehingga mengurangi biaya perawatan yang tidak perlu (Wibowo, 2022).

2. Udara Bilas

a. Udara Bilas

Udara bilas atau sering disebut *scavenging air* adalah proses di mana udara segar digunakan untuk menggantikan gas buang yang ada di dalam ruang bakar mesin *diesel*. Proses ini sangat penting pada mesin *diesel* 2-tak yang memiliki sistem pembakaran dan pembuangan gas yang bersamaan.

Pada mesin *diesel* 2-tak, udara bilas bertujuan untuk membersihkan ruang bakar dari gas buang hasil pembakaran sebelumnya, sementara pada mesin *diesel* 4-tak, proses pembilasan terjadi dalam siklus terpisah dengan sistem katup buang dan hisap.

Ramadhan dan Fitriani (2025) menekankan pentingnya kualitas udara bilas pada mesin *diesel* kapal dalam menjaga efisiensi mesin diesel kapal. Dalam jurnalnya, Optimalisasi Efektivitas Preventive Maintenance Berbasis Usage-Based Maintenance untuk Mengurangi Downtime di PT PQR, pengaturan tekanan udara bilas yang tepat dapat menurunkan risiko overheating pada komponen mesin, sehingga memperpanjang umur pakai mesin secara keseluruhan.

1) Perbandingan Sistem Bilas pada Mesin *Diesel* 2-Tak dan 4-Tak

Udara bilas pada mesin *diesel* 2-tak biasanya lebih kompleks karena harus menggantikan gas buang secara langsung tanpa adanya langkah hisap terpisah. Mesin ini cenderung menggunakan

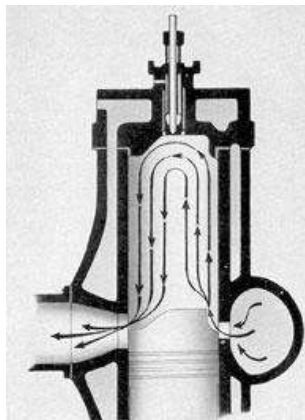
sistem uniflow atau loop scavenging agar udara segar dapat menggantikan gas buang secara efisien.

Sedangkan mesin *diesel* 4-tak memiliki langkah hisap dan buang yang terpisah, di mana udara segar masuk selama langkah hisap dan gas buang dikeluarkan pada langkah buang.

2) Jenis-Jenis Udara Pembilasan pada Mesin *Diesel* 2-Tak

a) Udara bilas dengan sistem sirkulasi langsung (*direct scavenging*)

Pada sistem ini, udara segar mengalir langsung dari saluran *intake* ke saluran *exhaust*, dengan sedikit atau tanpa interaksi dengan gas buang.



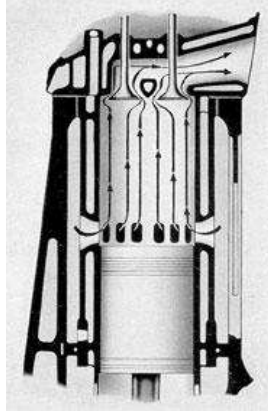
Gambar 2. 1 Pembilasan *Direct Scavenging*

Sumber: <https://maritime.org/doc/fleetsub/diesel/chap6.php>

b) Udara bilas dengan sistem sirkulasi saluran terpisah (*uniflow scavenging*)

Dalam sistem *uniflow*, udara segar masuk melalui saluran *intake* dan mengalir melalui satu saluran menuju *exhaust valve* atau *exhaust port*. Gas buang dikeluarkan melalui *exhaust port*

yang terletak di sisi yang berlawanan. Sistem ini sering ditemukan pada mesin *diesel* 2-tak besar.

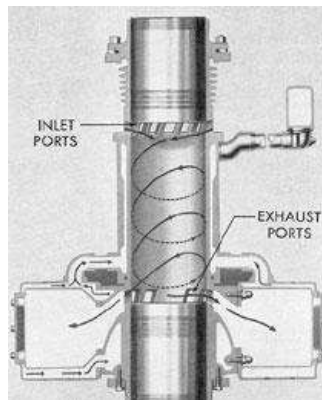


Gambar 2. 2 Pembilasan *Uniflow Scavenging*

Sumber <https://maritime.org/doc/fleetsub/diesel/chap6.php>

c) Udara bilas dengan sistem *crossflow* (*cross-flow Scavenging*)

Pada sistem ini, udara segar masuk melalui saluran *intake* yang terletak di satu sisi silinder, sementara gas buang dikeluarkan melalui saluran *exhaust* yang terletak di sisi berlawanan. Udara segar dan gas buang berinteraksi lebih banyak, tetapi udara segar akan memaksa gas buang keluar dengan lebih efisien.

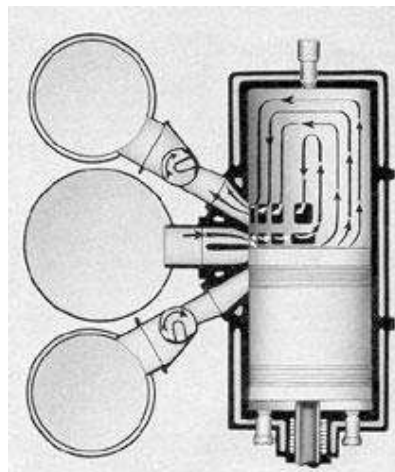


Gambar 2. 3 Pembilasan *Cross-Flow Scavenging*

Sumber: <https://maritime.org/doc/fleetsub/diesel/chap6.php>

d) Udara bilas dengan sistem *loop scavenging*

Pada sistem *loop scavenging*, udara segar mengalir melalui saluran *intake* dan kembali mengalir melalui ruang bakar dan keluar melalui saluran *exhaust*, menciptakan aliran udara yang melengkung (*looping*). Sistem ini dapat mengurangi interaksi antara gas buang dan udara segar, meningkatkan efisiensi bilas. Ini umumnya digunakan pada mesin *diesel* 2-tak dengan desain silinder yang lebih kecil.



Gambar 2. 4 Pembilasan *Loop Scavenging*

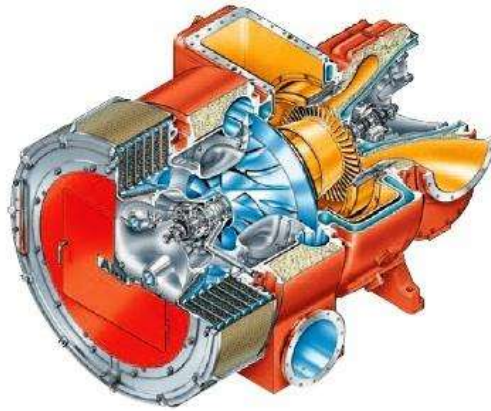
Sumber: <https://maritime.org/doc/fleetsub/diesel/chap6.php>

b. Pengaruh *Turbocharger* Terhadap Proses Pembakaran

Menurut Dwinanto, M., Pell, Y. M., & Wadu, A. B. J. (2023), menggunakan perangkat lunak *Diesel-RK* untuk menganalisis pengaruh rasio tekanan kompresor *turbocharger* terhadap kinerja mesin *diesel model 4D56 2.5L*. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan rasio tekanan kompresor dapat meningkatkan daya mesin dan efisiensi bahan bakar.

3. *Turbocharger*

a. Pengertian *Turbocharger*

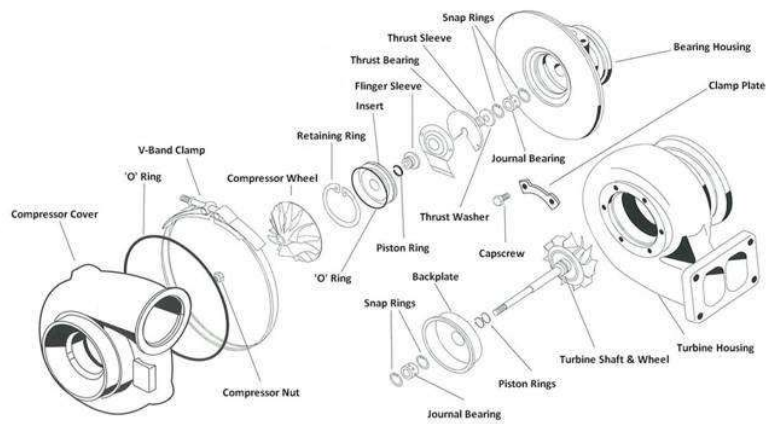


Gambar 2. 5 *VTR turbocharger*

Sumber: <https://www.turbomare.com>

Turbocharger adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan daya mesin dengan memanfaatkan energi dari gas buang. Dalam konteks mesin kapal, *turbocharger* sangat penting untuk meningkatkan kinerja mesin induk, terutama dalam mesin *diesel* kapal besar. Menurut Priambodo dan Rahayu (2021), *turbocharger* bekerja dengan prinsip menggunakan gas buang untuk memutar *turbine* yang kemudian menggerakkan roda kompresor (*compressor wheel*) untuk memasukkan udara bertekanan ke dalam silinder mesin. Proses ini meningkatkan tekanan udara yang masuk ke ruang bakar, memungkinkan pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna dan efisiensi energi yang lebih tinggi (Jurnal Teknik Mesin dan Maritim, 2021).

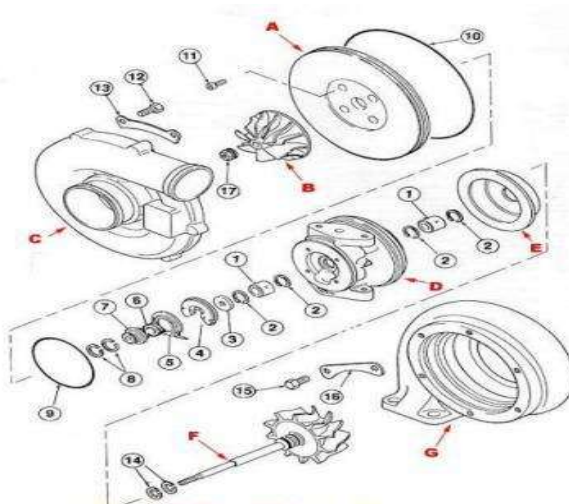
b. Komponen Utama *Turbocharger*



Gambar 2. 6 Komponen *turbocharger*

Sumber: <https://aet-turbos.co.uk>

Turbocharger memiliki bagian-bagian penting yang memiliki fungsi tertentu dan saling berhubungan satu sama lain. Berdasarkan prinsip kerjanya, *turbocharger* tersusun atas tiga komponen inti yaitu rumah kompresor atau *compressor housing (blower side)*, pusat inti (*centre core*), dan rumah turbin atau *turbine housing*. Di bawah ini merupakan bentuk konstruksi dari *turbocharger*:



Gambar 2. 7 *Turbocharger disassembly*

Sumber: <https://www.turbokits.com>

Keterangan:

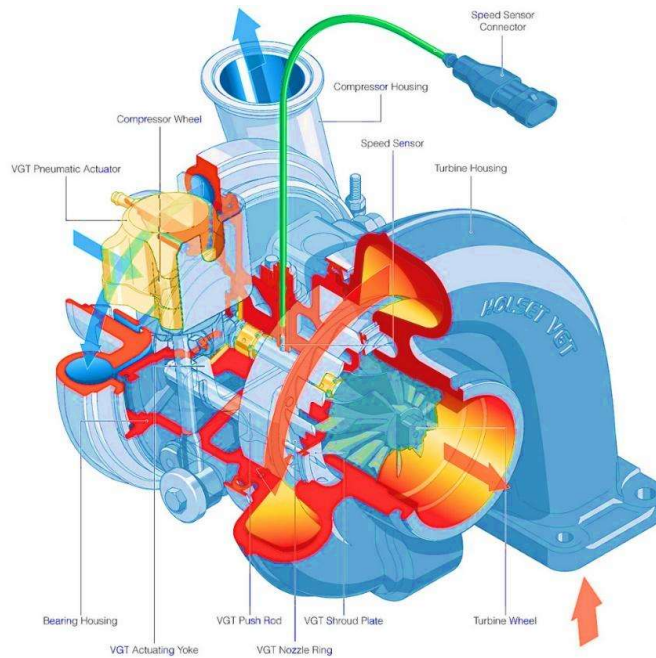
- A. *Seal plate*
- B. *Compressor wheel*
- C. *Compressor housing*
- D. *Bearing housing*
- E. *Heat shield*
- F. *Turbine wheel*
- G. *Turbine housing*

Keterangan:

- 1. *Bearing*
- 2. *Bearing clips*
- 3. *Thrust washer*
- 4. *Thrust bearing*
- 5. *Oil splash guard*
- 6. *Matting ring*
- 7. *Compressor seal*
- 8. *O-ring*
- 9. *O-ring*
- 10. *Compressor housing bolt*
- 11. *Compressor housing retainer*
- 12. *Turbine seal*
- 13. *Turbine housing bolt*
- 14. *Turbine housing retainer*
- 15. *Compressor nut*

1) *Turbine Housing*

Rumah turbin (*turbine housing*) adalah komponen utama yang menerima gaya dari gas buang untuk memutar poros (*shaft*) dan kemudian menggerakkan roda kompresor (*compressor wheel*) pada *blower side*. Rumah *turbine* ini terbuat dari baja cor dan memiliki cincin baja penjamin yang memastikan koneksi yang kuat dengan bagian inti (*cartridge group*), yang juga dilengkapi dengan gasket baja tahan karat untuk menjaga kedap dan kekuatan sambungan.

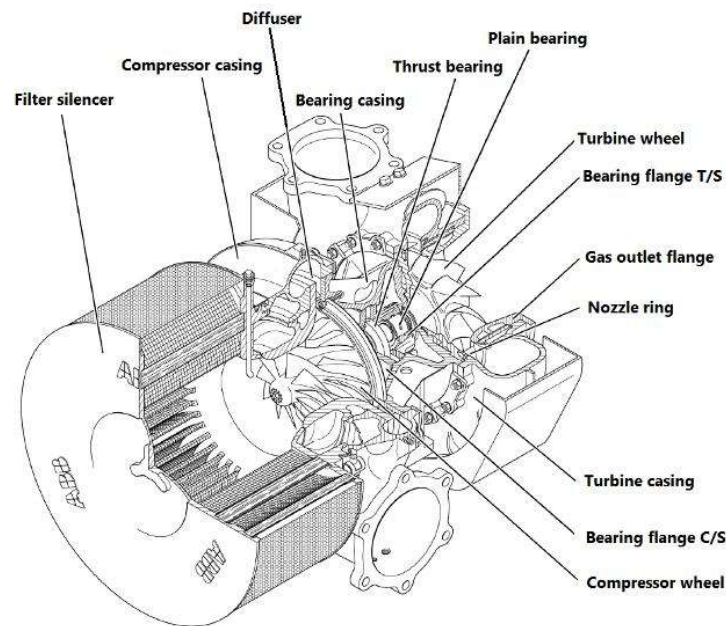


Gambar 2. 8 Potongan melintang *turbocharger* tampak dari *turbine side*

Sumber: <https://cartestimony.blogspot.com/>

2) *Compressor Housing*

Fungsi kompresor (*compressor*) adalah untuk menghisap udara luar dan menekannya ke dalam ruang bakar mesin induk. Tingkat kompresi tinggi memastikan suplai udara segar optimal ke ruang bakar, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran. Rumah kompresor (*compressor housing*) berfungsi sebagai tempat bagi blower untuk menghisap udara dari luar dan meneruskannya ke *intercooler*. Terbuat dari *aluminium*, rumah kompresor (*compressor housing*) ini terhubung ke *cartridge group* dengan sistem penguncian menggunakan baut dan cincin pelat.

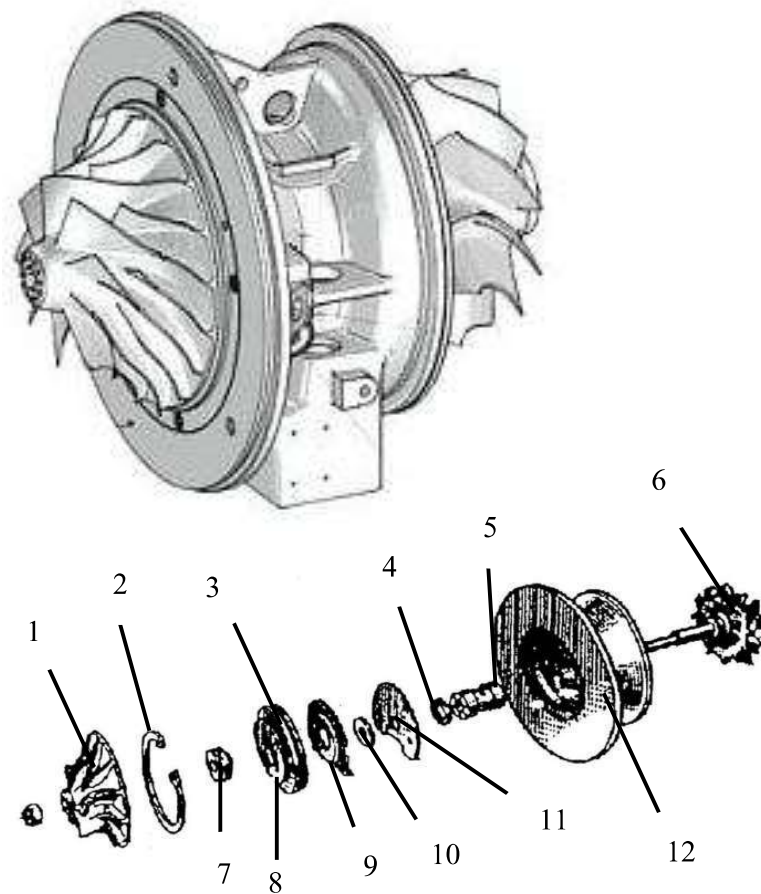


Gambar 2. 9 Potongan melintang *turbocharger* tampak dari *compressor side*

Sumber: <https://www.turbomare.com/>

3) Pusat Inti (*Cartridge Group*)

Pusat inti, atau *cartridge group*, merupakan komponen inti *turbocharger* yang mengubah energi dari gas buang di dalam silinder menjadi tenaga untuk menggerakkan *blower*, yang pada akhirnya menyalurkan udara bertekanan ke dalam ruang pembakaran. Bagian ini terdiri dari *turbine shaft*, *compressor wheel*, *shaft bearing*, *thrust washer*, dan *oil seal ring*, yang berputar dengan kecepatan dan suhu tinggi.



Gambar 2. 10 Cartridge group assembly

Sumber: [https://www.marine-turbocharger .com/](https://www.marine-turbocharger.com/)

Komponen Pusat Inti:

1. Compressor Wheel
2. Piston Ring
3. O-ring
4. Bearing
5. Thrust Washer
6. Shaft and Turbine Wheel
7. Spacer Sleeve
8. Insert
9. Oil Deflector
10. Thrust Ring
11. Thrust Plate
12. Bearing Housing

4) *Nozzle ring*

Nozzle ring mengarahkan aliran gas buang pada sudut yang tepat, memungkinkan *turbine* bekerja secara efisien. *Nozzle ring* sering menjadi titik rentan terhadap kerusakan akibat paparan suhu tinggi dan akumulasi karbon, yang menyebabkan penurunan efisiensi serta potensi kerusakan pada *turbine*. Perawatan berkala pada *nozzle ring* sangat penting untuk mempertahankan fungsinya dan mengurangi risiko kerusakan pada keseluruhan *turbocharger*.



Gambar 2. 11 *Nozzle ring*
Sumber: Dokumentasi penelitian

5) *Rotor Shaft*

Rotor shaft menghubungkan *turbinee* dengan *compressor* dan berfungsi untuk mentransfer putaran yang dihasilkan *turbine* ke *compressor*.



Gambar 2. 12 *Rotor Shaft*
Sumber: Dokumentasi penelitian

c. Konstruksi Bahan Komponen Utama

Blower side (sisi kompresor) pada *turbocharger* komponen-komponennya, seperti rumah kompresor (*compressor housing*) dan *impeller*, biasanya terbuat dari *aluminium alloy* yang ringan, memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang baik, dan konduktivitas termal yang tinggi untuk membantu mendinginkan udara yang dipampatkan. Selain itu, pada *turbocharger* yang lebih besar, *impeller* dapat terbuat dari baja berkualitas tinggi untuk ketahanan terhadap keausan dan tekanan tinggi. Bahan-bahan ini memberikan keuntungan berupa ketahanan terhadap keausan, bobot yang ringan, serta efisiensi dalam pendinginan udara yang telah diproses.

Di sisi turbin, bahan yang digunakan harus mampu bertahan pada suhu ekstrem yang dapat mencapai lebih dari 1000°C. Oleh karena itu, *Inconel*, paduan *nikel* yang sangat tahan terhadap suhu tinggi dan korosi, sering digunakan pada komponen *turbine*. *Titanium alloys* juga digunakan pada beberapa bagian karena ketahanan terhadap suhu tinggi dan bobotnya yang ringan. Selain itu, baja tahan panas sering dipakai pada *housing* dan *nozzle ring turbine* untuk meningkatkan ketahanan terhadap suhu ekstrem dan korosi. Bahan-bahan ini memastikan komponen turbin memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, keausan, dan korosi, serta dapat meningkatkan umur pakai *turbocharger*.



Gambar 2. 13 Bahan *alluminium alloy* pada *impeller*

Sumber: <https://www.shipssp.com/turbocharger-s-spare-parts/22641903.html/>



Gambar 2. 14 Bahan *titanium nikel* paduan *inconel* pada *nozzle ring* dan *turbineblades*

Sumber: <https://obtmatalwork.cn.made-in-china.com/>

Material pada *turbocharger* berperan penting dalam menentukan kinerja dan daya tahan mesin diesel. Menurut Hendrawan et al. (2023), kerusakan pada komponen *turbocharger*, seperti blade turbin yang aus dapat mengurangi efisiensi mesin dan menurunkan daya pada mesin induk. *Inconel* dan paduan *titanium* adalah bahan yang paling sering digunakan pada bagian *turbine* karena ketahanan mereka terhadap suhu ekstrem dan oksidasi yang terjadi pada gas buang. Di sisi lain, untuk bagian *compressor*, bahan seperti *aluminium alloy* lebih disukai karena memberikan kekuatan dan bobot yang ringan, yang sangat penting pada aplikasi mesin dengan kecepatan tinggi.

d. Jenis-jenis *Turbocharger*

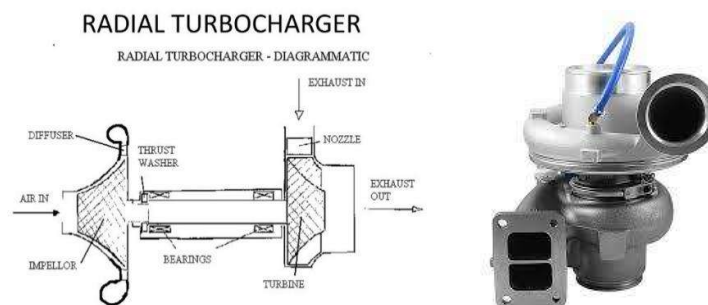
Terdapat beberapa jenis *turbocharger* yang digunakan berdasarkan konstruksi dan fungsinya. Berikut ini adalah jenis-jenis *turbocharger* yang umum digunakan.

Pembagian jenis *turbocharger* menurut prinsip Aliran gas dapat dibagi menjadi dua, yaitu *Radial Flow* dan *Axial Flow turbocharger*. Klasifikasi ini mengacu pada arah aliran gas buang yang menggerakkan *turbine* dalam *turbocharger*:

1) *Radial Flow Turbocharger*

Radial flow turbocharger mengandalkan aliran gas yang bergerak dari pusat *impeller* ke arah tepi. *Radial flow turbocharger* banyak digunakan pada mesin kapal dengan kapasitas menengah seperti kapal pesiar dan kapal kargo kecil serta mesin mobil.

Pada *turbocharger* jenis ini oli mesin sering digunakan pada sistem pelumasan *turbocharger* mesin kapal yang menggunakan mesin *diesel* sebagai penggeraknya, karena sebagian besar sistem pelumasan *turbocharger* terhubung langsung dengan sistem pelumasan mesin.



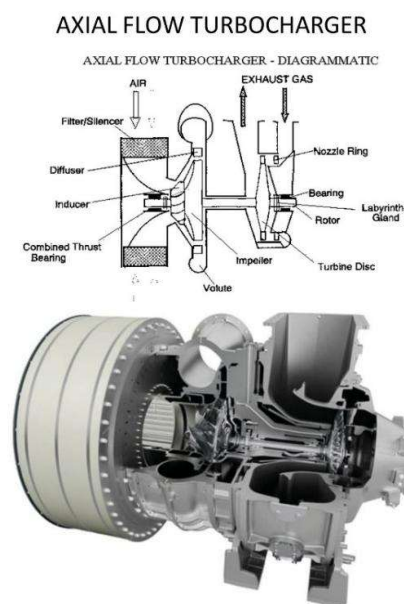
Gambar 2. 15 *Radial Flow Turbocharger*

Sumber: <https://ziquauto.en.made-in-china.com/>

2) *Axial Flow Turbocharger*

Pada *axial flow turbocharger* aliran gas buang bergerak secara aksial, yaitu sejajar dengan sumbu *turbine*. Gas buang mengalir melalui *turbine* dalam garis lurus, melewati beberapa *rotor* dan *stator* untuk memberikan pemampatan bertahap pada gas dan sangat efektif pada aplikasi dengan kapasitas besar dan kebutuhan aliran udara yang tinggi, seperti pada kapal besar yang bekerja pada kecepatan rendah dengan beban tinggi seperti kapal *tanker*, kapal kontainer, dan kapal pesiar besar. Contoh *axial flow turbocharger*: *ABB VTR*, *MAN TCA*, dan *Napier*.

Pada *turbocharger* jenis ini oli *turbocharger* khusus umumnya digunakan dalam *turbocharger* yang bekerja pada mesin dengan beban tinggi atau pada mesin yang sering beroperasi pada suhu ekstrem.



Gambar 2. 16 *Axial Flow turbocharger*

Sumber: <https://www.nauticexpo.com/>

Pembagian jenis *turbocharger* berdasarkan tipe desain, penggunaan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu *Single-Turbocharger*, *Twin-Turbocharger*, dan *Variable Geometry Turbocharger (VGT)*.

1) *Single-Turbocharger*

Pada desain ini, hanya terdapat satu *turbocharger* yang umumnya digunakan pada mesin dengan kapasitas yang lebih kecil atau kapal dengan kebutuhan tenaga yang relatif lebih rendah.



Gambar 2. 17 *Single-Turbocharger*
Sumber: Dokumentasi penelitian

2) *Twin-Turbocharger*

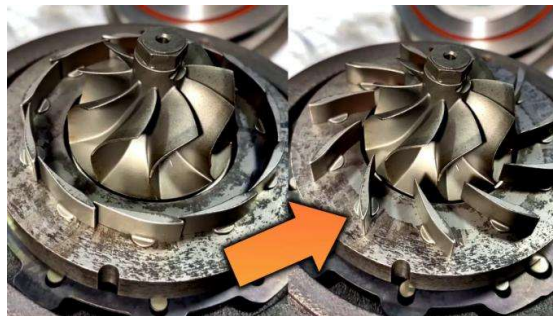
Pada sistem ini, terdapat dua *turbocharger* yang bekerja secara bersamaan pada kondisi operasi tertentu. *Twin-turbo* digunakan pada mesin dengan kapasitas lebih besar untuk mengoptimalkan pembakaran pada berbagai rentang kecepatan dan beban.



Gambar 2. 18 *Twin-Turbocharger*
Sumber: <https://brighthubengineering.com/>

3) *Variable Geometry Turbocharger (VGT)*

Turbocharger ini dilengkapi dengan mekanisme pengatur sudut bilah *turbin* yang dapat berubah sesuai dengan kebutuhan beban mesin. Dengan pengaturan sudut bilah yang fleksibel, *VGT* mampu memberikan performa yang lebih baik pada berbagai kondisi operasi, baik pada beban rendah maupun tinggi.



Gambar 2. 19 *Variable Geometry Turbocharger (VGT)*

Sumber: <https://www.thedrive.com/>

Pembagian jenis *turbocharger* berdasarkan jumlah tahap (*stage*) dapat dibagi menjadi dua, yaitu *Single-Stage Turbocharger* dan *Double-Stage Turbocharger (Twin-Stage Turbocharging)*. Klasifikasi ini mengacu pada jumlah tahap (*stage*) yang digunakan untuk memampatkan udara sebelum disalurkan ke mesin.

1) *Single-Stage Turbocharger*

Single-stage turbocharger adalah sistem *turbocharger* yang hanya menggunakan satu tahap (*stage*) untuk memampatkan udara yang masuk ke mesin. Pada sistem ini, proses gas buang dari mesin akan menggerakkan *turbine*, yang kemudian menggerakkan kompresor (*compressor*) untuk menambah tekanan udara yang masuk ke ruang bakar dalam satu tahap.

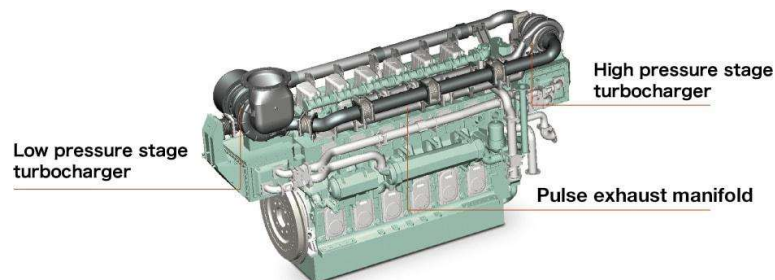


Gambar 2. 20 *Single-Stage Turbocharger*

Sumber: <https://ziqunauto.en.made-in-china.com/>

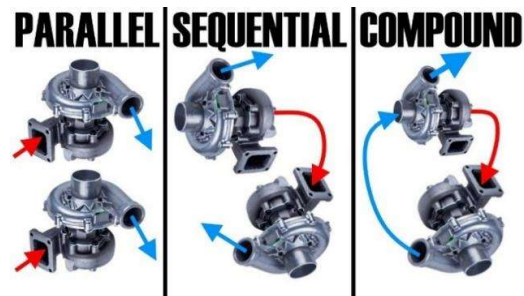
2) *Double-Stage Turbocharger (Twin-Stage Turbocharging)*

Double-stage turbocharger adalah sistem *turbocharger* yang menggunakan dua tahap pemampatan untuk mengompresi udara yang masuk ke mesin. Dalam sistem ini, udara pertama kali dipampatkan oleh kompresor pertama (*stage 1*), lalu udara tersebut dipampatkan lagi oleh kompresor kedua (*stage 2*) sebelum akhirnya disalurkan ke ruang bakar mesin. Sistem *double-stage turbocharger* memiliki beberapa konfigurasi yang dapat disesuaikan dengan jenis mesin dan kondisi operasi kapal, seperti *series turbocharging*, *parallel turbocharging*, *sequential turbocharging*.



Gambar 2. 21 *Double-Stage Turbocharger*

Sumber: <https://www.yanmar.com/>



Gambar 2. 22 Beberapa konfigurasi *double-stage turbocharger*
 Sumber: <https://www.yanmar.com/>

4. *Surging Turbocharger*

Menurut Tazani, A. A. (2021). *Surging* pada *turbocharger* merupakan fenomena aliran balik udara yang tidak stabil akibat tekanan balik (*backpressure*) yang berlebihan. Kondisi ini menyebabkan getaran berlebihan dan berpotensi merusak komponen *turbocharger*, sehingga menurunkan efisiensi mesin dan memperpendek umur pakai *turbocharger* jika tidak segera ditangani dengan perawatan yang tepat.

Fenomena *surging* ini sebaiknya dicegah karena jika sering terjadi, dapat menyebabkan kerusakan pada komponen seperti *diffuser* di sisi *blower side* dan *compressor wheel*. Akibat dari tekanan benturan ini, suplai udara akan menurun karena adanya penurunan kecepatan putaran *blower* yang disebabkan oleh kerusakan pada bantalan dan poros. Hal ini terjadi karena retensi berlebihan yang diakibatkan oleh *surging*.

Selama kondisi *manouver*, putaran mesin sering berubah dari penuh (*full*) ke setengah (*half*) atau bahkan hingga ke tingkat rendah (*slow*) secara cepat dan mendadak. Perubahan ini membuat *rotor* belum stabil sehingga putaran *blower* juga belum mencapai kestabilan yang diharapkan. Tekanan udara pada *intake manifold* tetap tinggi, menyebabkan tekanan balik yang bertubrukan di sisi *blower*, dan menghasilkan suara *surging*.

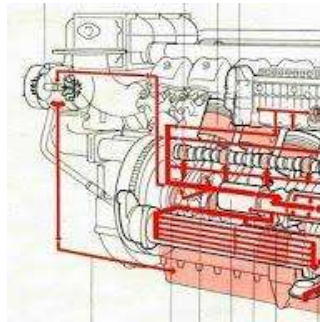
5. Sistem Pelumasan *Turbocharger*

Tujuan utama dari sistem pelumasan *turbocharger* adalah untuk mencegah gesekan langsung pada komponen yang bergerak, dengan menyediakan lapisan pelumas di antara permukaan yang bergesekan. Hal ini dijelaskan oleh Liu et al. (2023) dalam jurnal *Effect of Oil Dispersion on Lubricating Film Thickness Generation under Oil Droplet Supply Conditions* bahwa pelumas harus mampu membentuk lapisan antar permukaan yang bergesekan untuk mengurangi kontak langsung antar permukaan tersebut. dispersi minyak dalam bentuk tetesan dapat meningkatkan ketebalan lapisan pelumas, yang pada gilirannya mengurangi gesekan dan keausan pada komponen mesin. Dalam *turbocharger*, pelumasan diberikan pada *full-floating bearing* yang terdapat dalam *center housing*. Minyak pelumas dialirkan melalui pipa masuk (*oil inlet pipe*) dan disirkulasikan di antara bantalan-bantalan. Setelah melumasi bantalan, minyak pelumas dialirkan melalui pipa keluaran (*oil outlet pipe*) untuk kembali ke *sump*, guna menjaga kontinuitas aliran pelumas ke bantalan *turbocharger* dan memastikan kapasitas pelumasan yang memadai agar tidak terjadi kerusakan.

Ada beberapa jenis oli yang biasa digunakan dalam sistem *turbocharger*, dan pemilihan jenis oli yang tepat sangat penting untuk memastikan kinerja *turbocharger* tetap optimal dan tahan lama. Berikut adalah jenis-jenis oli yang biasa digunakan dalam *turbocharger*:

a. Oli mesin

Oli mesin adalah jenis oli yang paling umum digunakan untuk melumasi disalurkan ke *turbocharger* melalui saluran oli mesin, dengan memanfaatkan sistem pelumasan pada motor *diesel*, di mana pelumas dipompa ke bantalan *turbocharger* dan kemudian dialirkan kembali ke sistem motor *diesel*.



Gambar 2. 23 Diagram pelumasan oli mesin pada *turbocharger*

Sumber: <https://shop.sclubricants.com/>

b. Oli sintetik khusus

Beberapa produsen *turbocharger* merekomendasikan penggunaan oli khusus yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelumasan dan pendinginan *turbocharger* dengan lebih baik daripada oli mesin biasa. Oli khusus untuk *turbocharger* memiliki formula khusus yang dirancang untuk tahan terhadap suhu sangat tinggi dan tekanan tinggi yang dialami *turbocharger*.

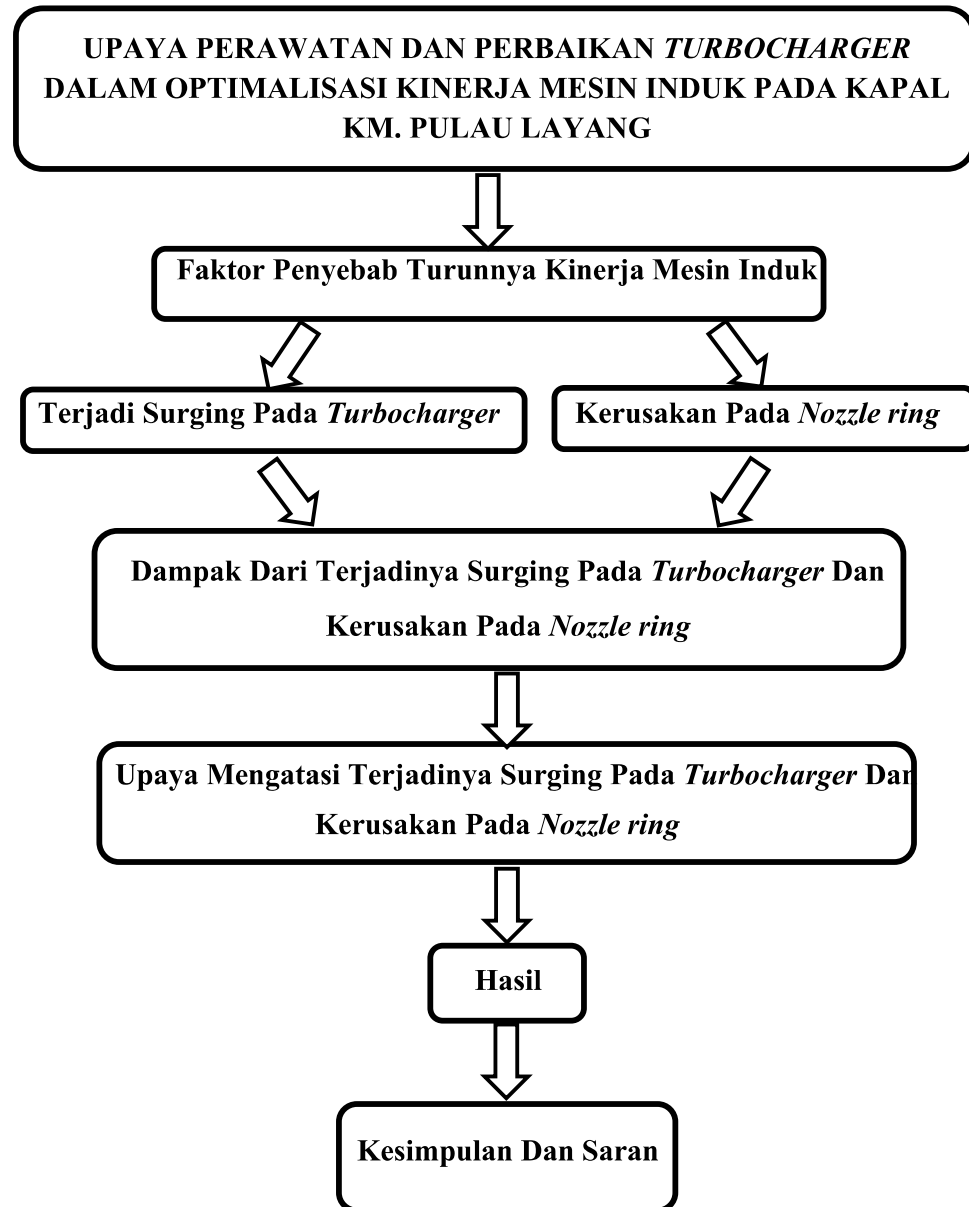


Gambar 2. 24 Oli sintetik khusus *Turbo Oil T46*

Sumber: <https://shop.sclubricants.com/>

6. Sistem Pendinginan

Pendinginan pada *turbocharger* dilakukan menggunakan air tawar yang bersirkulasi dari pompa air tawar mesin induk. Air tawar ini mengalir dari *F.W cooler* atau *F.W Expansion* melalui pipa yang sebagian besar disalurkan ke *jacket cooling* mesin induk dan juga ke *turbocharger* untuk menjaga suhu *turbocharger* tetap terkendali. Setelah melewati *turbocharger*, air tawar kembali ke pipa keluaran sistem pendinginan mesin induk, dan akhirnya dialirkan kembali ke *F.W cooler* untuk proses pendinginan ulang.

C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN**Gambar 2. 25** Kerangka Pikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. JENIS PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah metode deskriptif kualitatif. Penulis berfokus untuk menggambarkan pengaruh kurangnya perawatan *turbocharger* terhadap performa mesin induk dan mencari solusi yang dapat meningkatkan kinerja mesin.

1. Metode Pendekatan

a. Deskriptif Kualitatif

Pendekatan deskriptif kualitatif digunakan untuk menggambarkan permasalahan yang terjadi pada *turbocharger* dan hubungannya dengan daya mesin induk. Penulis akan mengumpulkan data, mengobservasi permasalahan yang ada, serta membandingkan hasil pengamatan tersebut dengan teori-teori yang relevan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai penyebab masalah dan upaya perbaikan yang dapat dilakukan.

b. Studi Kasus

Metode studi kasus diterapkan untuk melihat pengaruh kurangnya perawatan *turbocharger* terhadap kinerja mesin induk. Studi ini dilakukan dengan merujuk pada kondisi yang sebenarnya di kapal KM. Pulau Layang, dan membandingkannya dengan teori-teori yang relevan serta prosedur perawatan yang diterapkan di kapal tersebut.

B. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan oleh penulis selama masa praktek laut, yang dimulai pada tanggal 13 Agustus 2022 dan berakhir pada tanggal 19 September 2023. Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal KM. Pulau Layang, yang dimiliki oleh PT. Salam *Pacific Indonesia Lines* (PT. SPIL).

C. SUMBER DATA

1. Data Primer

Data primer merujuk pada data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dari sumbernya. Ini berarti peneliti mengumpulkan informasi tanpa bergantung pada data yang sudah ada sebelumnya atau yang telah dikumpulkan oleh pihak lain. Data primer dianggap sebagai bentuk data yang paling autentik dan objektif karena belum diolah atau dianalisis oleh orang lain (Uswatun Khasanah, 2020). Secara praktis, data primer ini diperoleh melalui observasi langsung terhadap penurunan kinerja *turbocharger* saat mesin induk beroperasi. Peneliti juga mengumpulkan informasi melalui wawancara atau diskusi dengan para masinis di KM. Pulau Layang yang terlibat selama praktik pelayaran di atas kapal. Wawancara tersebut bertujuan untuk memperoleh pemahaman mengenai bagaimana perawatan *turbocharger* dapat memengaruhi optimalisasi kinerja mesin induk.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia dan telah dikumpulkan serta diproses oleh pihak lain. Dalam hal ini, peneliti memperoleh data dari berbagai sumber yang sudah ada, seperti buku, artikel, laporan, situs web, dan basis data. Data sekunder biasanya digunakan untuk melengkapi data primer atau memberikan konteks dan informasi latar belakang yang berguna dalam suatu penelitian.

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Untuk memperoleh data yang objektif, aktual, akurat, serta dapat dipertanggung jawabkan di dalam menyusun data untuk skripsi ini dan dengan berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang penulis lakukan sebelumnya, maka penulis akan menjelaskan bagaimana teknik-teknik pengumpulan data, dan sangatlah penting sebagai bahan analisa untuk menyelesaikan permasalahan yang dirumuskan. Di bawah adalah beberapa teknik pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti selama melakukan penelitian yaitu:

1. Observasi

Penulis melakukan observasi langsung di atas kapal KM. Pulau Layang, mengamati kendala-kendala yang terjadi pada *turbocharger* dan dampaknya terhadap performa mesin induk. Observasi ini bertujuan untuk memperoleh informasi terkait kondisi nyata di lapangan yang dapat mempengaruhi kinerja mesin induk kapal.

2. Studi Kepustakaan

Penulis mengumpulkan informasi melalui buku, jurnal, dan sumber-sumber ilmiah lainnya yang berkaitan dengan perawatan *turbocharger* dan pengaruhnya terhadap kinerja mesin induk. Studi kepustakaan ini digunakan untuk memperkuat analisis dan memberikan landasan teori yang relevan.

3. Dokumentasi

Pengumpulan data juga dilakukan melalui dokumentasi terkait dengan rekaman perawatan *turbocharger* dan catatan teknis mesin induk di kapal KM. Pulau Layang. Dokumentasi ini memberikan informasi lebih lanjut mengenai perawatan yang telah dilakukan dan kondisi mesin yang sebenarnya.

E. TEKNIK ANALISA DATA

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif, yaitu dengan menggambarkan data yang diperoleh dari lapangan dan membandingkannya dengan teori yang ada. Penulis akan mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan permasalahan pada *turbocharger*, dan menjelaskan solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja mesin induk di kapal. Dalam hal ini, penulis penulis menggunakan metode *Root Cause Analysis (RCA)* yang dijelaskan sebagai berikut:

1. *Root Cause Analysis*

Root Cause Analysis (RCA) secara umum didefinisikan sebagai metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah atau kejadian dengan pendekatan yang sistematis dan terstruktur. Menurut Suryaningrum (2022) dalam jurnal *Quality Management and Improvement*, *RCA* merupakan proses yang bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai faktor penyebab, baik yang langsung maupun yang tidak langsung, dengan menggunakan pendekatan berbasis data. Tujuan utama *RCA*, menurut Widhianingsih dan Wahyuni (2024), adalah untuk menjawab pertanyaan "apa, bagaimana, dan mengapa" terkait suatu peristiwa, sehingga dapat dirumuskan strategi penanganan yang tepat untuk masalah yang ditemukan.

Sementara itu, menurut Widhianingsih, W., & Wahyuni, H. C. (2024), *RCA* adalah metode penelitian kualitatif yang bertujuan untuk membangun konstruksi pemaknaan empirik, logik, dan etik berdasarkan fenomena yang diteliti. Proses ini melibatkan pengumpulan data, analisis mendalam, dan deskripsi untuk membentuk pemahaman yang komprehensif.

Menurut Yusuf, M. A., Indrajaya, F., Murati, F., & Sukmawatie, N. (2024), dalam proses *Root Cause Analysis (RCA)* terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan, yaitu:

a. Mengidentifikasi Masalah

Pada langkah pertama, identifikasi masalah menjadi titik awal dalam proses *RCA*, di mana fokus utamanya adalah memahami apa yang telah terjadi dan dampaknya terhadap sistem atau proses.

b. Menjelaskan Apa yang Terjadi

Setelah masalah diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melakukan analisis mendalam dengan mengumpulkan data, informasi, dan fakta yang relevan mengenai kejadian tersebut. Hal ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih jelas mengenai permasalahan yang sesungguhnya, termasuk faktor-faktor yang mungkin berkontribusi terhadap timbulnya masalah tersebut.

c. Mengidentifikasi Faktor Penyebab

Pada langkah ketiga, peneliti melakukan analisis lebih dalam mengenai faktor-faktor yang menyebabkan masalah. Di sini, penting untuk menggali lebih jauh untuk menemukan alasan mengapa permasalahan tersebut terjadi, serta apa saja variabel atau kondisi yang berkontribusi terhadap timbulnya masalah.

d. Mengidentifikasi Akar Penyebab

Setelah faktor-faktor penyebab teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis menyeluruh untuk mengidentifikasi akar penyebab dari masalah tersebut. Salah satu metode yang umum digunakan dalam tahap ini adalah dengan mengajukan pertanyaan “mengapa” secara berulang, yang dikenal dengan teknik *Five Why Analysis*. Dengan metode ini, peneliti dapat menggali lebih dalam hingga menemukan penyebab paling mendasar dari masalah.

e. Merancang dan Menentukan Rencana Perbaikan

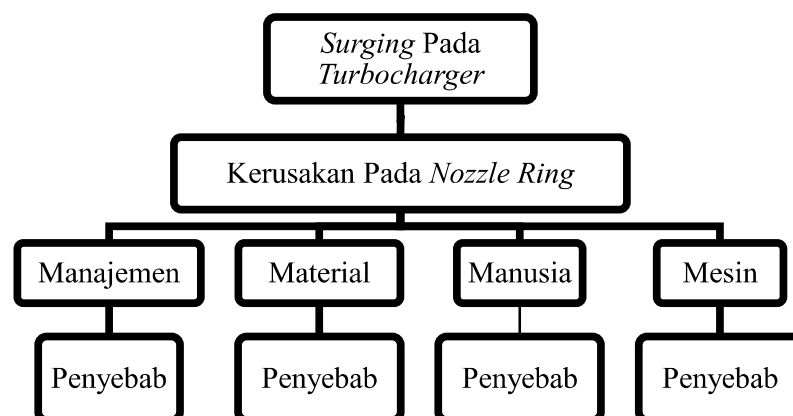
Setelah akar penyebab ditemukan, langkah berikutnya adalah merancang rencana perbaikan yang efektif. Rencana perbaikan ini harus dirancang untuk mengatasi akar masalah, sehingga masalah tidak terulang di masa mendatang. Langkah ini melibatkan perencanaan solusi yang spesifik dan dapat diterapkan dalam konteks yang ada.

f. Mengukur Hasil Evaluasi Perbaikan

Setelah perbaikan diterapkan, penting untuk melakukan evaluasi guna memastikan bahwa perbaikan yang dilakukan efektif dalam mengurangi atau menghilangkan akar penyebab masalah. Pengukuran hasil evaluasi perbaikan ini bertujuan untuk menilai apakah rencana yang diterapkan sudah berhasil dalam mencegah terulangnya masalah, serta memberikan dasar untuk tindakan korektif lebih lanjut jika diperlukan.

Dapat di gambarkan dalam *Diagram Root Cause Analysis (RCA)*

Surging pada turbocharger sebagai berikut:



Gambar 3. 1 *Diagram Root Cause Analysis (RCA)*

Dari diagram diatas bisa kita tarik kesimpulan rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan untuk permasalahan ini adalah dengan cara:

a. Manajemen

Rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan adalah dengan cara meningkatkan manajemen *PMS* dengan memastikan bahwa perawatan dilakukan sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan, serta memonitor pelaksanaan *PMS* secara lebih ketat.

b. Material

Rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan adalah dengan cara memastikan bahwa komponen mesin, terutama yang rentan terhadap keausan seperti nozzle *ring*, diganti sesuai dengan waktu pemakaian yang telah ditentukan berdasarkan rekomendasi pabrikan dapat bekerja sebagaimana dengan standar yang sudah ditetapkan oleh perusahaan.

c. Manusia

Rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan adalah dengan cara memberikan pelatihan rutin dan penyegaran bagi seluruh tim perawatan, khususnya masinis 1 yang bertanggung jawab atas *PMS main engine* terutama pada *turbocharger*, agar mereka memiliki pemahaman yang lebih mendalam tentang prosedur dan pentingnya pelaksanaan perawatan mesin yang tepat.

d. Mesin

Rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan adalah dengan cara melakukan inspeksi rutin untuk mencegah penumpukan kerak pada *nozzle ring*, perlu dilakukan pembersihan rutin dan pengecekan kondisi *nozzle ring* secara berkala, serta memastikan bahwa komponen *turbocharger* berfungsi dengan baik. Selain itu, evaluasi terhadap pengaruh kondisi lingkungan operasional terhadap kinerja mesin perlu dilakukan untuk mengatur operasi mesin agar lebih stabil. Penyempurnaan sistem pembuangan gas dan pembakaran yang lebih efisien juga dapat membantu mengurangi pembentukan kerak dan memastikan mesin beroperasi dalam kondisi optimal.