

**ANALISIS EFEKTIFITAS *TURBOCHARGER* TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI MV. APL HOLLAND**



MUHAMMAD RAIHAN IMRAN

20.42.069

TEKNIKA

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
PELAYARAN POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

**ANALISIS EFEKTIFITAS *TURBOCHARGER* TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. APL HOLLAND**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan oleh

MUHAMMAD RAIHAN IMRAN

20.42.069

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
PELAYARAN POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

SKRIPSI

**ANALISIS EFEKTIFITAS *TURBOCHARGER* TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. APL HOLLAND**

MUHAMMAD RAIHAN IMRAN
20.42.069

Telah Dipertahankan Di Depan Panitia Ujian Skripsi
Pada Tanggal 12 Juni 2025

Menyetujui :

Pembimbing I



Winarno, S.Sos., M.M., M.Mar.E.
NIP : 19700116 200912 1 001

Pembimbing II



Ir. Hasan, S.Si.T., M.T., M.Mar.E
NIP : 19840323 201902 1 002

Mengetahui :

a.n. Direktur PIP MAKASSAR

Pembantu Direktur I



Capt. Faizal Saransi, M.T., M.Mar
NIP: 19750329 199903 1 002

Ketua Program Studi Teknika



Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP: 19760409 200604 1 001

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan taufik hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi tentang profesi kepelautan dengan judul “Analisis Efektifitas *Turbocharger* terhadap Kinerja Mesin Induk Di Kapal MV. APL Holland”.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, selama melaksanakan penelitian ini penulis banyak menghadapi tantangan dan hambatan, namun semuanya dapat teratasi berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih yang tak terhingga serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

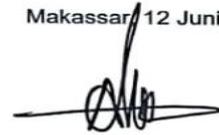
1. Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar., selaku Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Capt. Hadi Setiawan, M.T., M.Mar., selaku Pembantu Direktur II Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
4. Ibu Capt. Oktavera Sulistiana, M.T., M.Mar., selaku Pembantu Direktur III Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
5. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P selaku Ketua Program Studi Teknika PIP Makassar yang telah memberikan motivasi, arahan serta izin untuk melakukan penelitian.
6. Bapak Winarno, S.Sos., M.M., M.Mar.E selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberi arahan dan bimbingan kepada penulis.
7. Bapak Ir. Hasan, S.Si.T.,M.T., M.Mar.E, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberi arahan dan bimbingan kepada penulis.
8. Seluruh dosen PIP Makassar yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam membantu proses penyusunan skripsi ini.
9. *Master, Chief Engineer* dan *Watch Engineer* serta seluruh *crew* MV. APL HOLLAND yang telah memberikan bantuan terutama dalam proses

pengumpulan data.

10. Semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang memberikan support dan memotivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf bila terdapat hal-hal yang tidak berkenan di hati, semoga skripsi ini dapat diterima bagi pembaca dan dapat dilanjutkan agar menjadi sumber penelitian selanjutnya.

Makassar, 12 Juni 2025



MUHAMMAD RAIHAN IMRAN

NIT : 20.42.069

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : MUHAMMAD RAIHAN IMRAN
Nomor Induk Taruna : 20.42.069
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS EFEKTIFITAS *TURBOCHARGER* TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MV. APL HOLLAND

Merupakan karya asli, seluruh ide dalam skripsi ini kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 12 Juni 2025



MUHAMMAD RAIHAN IMRAN

NIT : 20.42.069

ABSTRAK

MUHAMMAD RAIHAN IMRAN, 2025 Analisis Efektifitas *Turbocharger* terhadap Kinerja Mesin Induk Di MV. APL HOLLAND (Dibimbing oleh WINARNO dan HASAN).

Turbocharger merupakan sebuah peralatan untuk menambah asupan udara yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang hasil dari pembakaran. Prinsip kerja *turbocharger* pada mesin induk yaitu merubah tekanan gas buang hasil sisa pembakaran menjadi energi mekanis untuk menggerakkan turbin dan kompresor sehingga menaikkan tekanan udara yang masuk ke dalam silinder.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab tidak optimalnya kinerja *turbocharger main engine* dan upaya agar dari ketidakefektifannya kinerja *turbocharger main engine* Di atas MV. APL HOLLAND.

Penelitian ini dilaksanakan ketika penulis melaksanakan praktek laut (prala) Di atas MV. APL HOLLAND selama 7 bulan yakni dari tanggal 18 November 2023 sampai dengan 21 Juni 2024. Sumber data yang diperoleh adalah data yang didapatkan langsung dari tempat penelitian dengan metode observasi dan juga metode keperpustakaan berupa dokumen-dokumen *instruction manual book* serta buku-buku yang berkaitan dengan judul skripsi

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu kotornya saringan udara pada *blower turbocharger* dan menempelnya jelaga atau karbon pada sudu-sudu turbin sehingga mempengaruhi kinerja dari *turbocharger* yang mengakibatkan menurunnya tenaga pada mesin induk.

Kata Kunci : *Mesin Induk, Tenaga, Turbocharger*

ABSTRACT

MUHAMMAD RAIHAN IMRAN, 2024 *Analysis of Turbocharger Effectiveness on Main Engine Performance on MV. APL HOLLAND (Supervised by WINARNO and HASAN).*

A turbocharger is a device to increase the intake of air entering the cylinder by utilizing the energy of exhaust gases resulting from combustion. The working principle of turbocharging in the main engine is to change the exhaust gas pressure resulting from combustion residue into mechanical energy to drive the turbine and compressor thereby increasing the air pressure entering the cylinder.

This research aimed to determine the causes of non-optimal performance of the turbocharger main engine and efforts to prevent non-optimal performance of the turbocharger main engine on the MV. APL HOLLAND.

This research was carried out when the author carried out sea practice (prala) on board the MV. APL HOLLAND for 7 months, namely from 18 November 2023 to 21 June 2024. The source of the data obtained was data obtained directly from the research site using observation methods and also research methods. libraries in the form of instruction manual book documents and books related to the title of the thesis.

The results obtained from this research are that the air filter on the turbocharger blower is dirty and soot or carbon sticks to the turbine blades, which affects the performance of the turbocharger, resulting in a decrease in power in the main engine.

Keywords: Main Engine, Power, Turbocharger

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGAJUAN SKIRPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Penemu <i>Turbocharger</i>	5
B. Pengertian <i>Turbocharger</i>	6
C. Fungsi <i>Turbocharger</i>	7
D. Prinsip Kerja <i>Turbocharger</i>	7
E. Sistem <i>Turbocharger</i>	8
	ix

F. Komponen <i>Turbocharger</i>	11
G. Perawatan Pada Komponen <i>Turbocharger</i>	14
H. Hubungan <i>Turbocharger</i> Dengan Gas Buang	16
I. Pengaruh <i>Air Cooler</i> Pada Kinerja <i>Turbocharger</i>	16
J. Putaran <i>Turbocharger</i> Terhadap Jumlah Udara Yang Dihisap	17
K. Kerusakan Yang Sering Terjadi Pada <i>Turbocharger</i>	18
L. Kerangka Pikir	18
M. Hipotesis	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian	20
B. Metode Pengumpulan Data	20
C. Jenis dan Sumber Data	20
D. Metode Analisis	21
E. Jadwal Penelitian	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	23
A. Hasil Penelitian	23
B. Pembahasan Hasil Penelitian	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50
RIWAYAT HIDUP	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1 Alfred Büchi	5
2.2 Prinsip Kerja <i>Turbocharger</i>	8
2.3 <i>Pulse System Turbocharging</i>	10
2.4 Constant Pressure System Turbocharging	11
2.5 <i>Blower Side Housing</i>	11
2.6 Pusat Inti	12
2.7 <i>Turbine Housing</i>	13
2.8 <i>Turbocharger Blow - off Valve</i>	14
2.9 Kerangka Pikir	18
4.1 MV. APL HOLLAND	23
4.2 <i>Main Engine Name Plate</i>	25
4.3 <i>Compressor Pressure Ratio of Turbocharger (TPL 77)</i>	26
4.4 Tabel Inspeksi pada <i>Turbocharger</i>	28
4.5 <i>Turbine Blade</i>	30
4.6 <i>Turbocharger Air Filter</i>	31
4.7 <i>Turbocharger Maintenance Points</i>	32
4.8 <i>Air Cooler of Main Engine (Water Side)</i>	36
4.9 <i>Air Cooler of Maine Engine Turbocharger (Air side)</i>	37
4.10 <i>Turbocharger In and Out Gas Temperature (Normal condition at 40 RPM of Main Engine)</i>	38
4.11 <i>Turbocharger In and Out Gas Temperature (Abnormal condition at 40 RPM of Main Engine)</i>	38
4.12 <i>Turbocharger RPM Counter (Normal condition at 40 RPM)</i>	39
4.13 <i>Turbocharger RPM Counter (Abnormal condition at 40 RPM)</i>	39
4.14 <i>Scavenging Air Pressure Gauge (Normal condition at 40 RPM)</i>	40
4.15 <i>Scavenging Air Pressure Gauge (Abnormal condition at 40 RPM)</i>	40
4.16 Perawatan <i>Turbocharger</i> setiap 18,000 <i>Running Hours</i>	42
4.17 <i>Axial Clearance Tolerance</i>	43

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
3.1 Jadwal Penelitian	22
4.1 Data <i>Ship Particular</i> MV. APL HOLLAND	24
4.2 Data Spesifikasi <i>Main Engine</i>	24
4.3 Data Spesifikasi <i>Turbocharger</i>	25
4.4 Perbandingan Rasio Kompresi <i>Naturally Aspirated</i> dan <i>Turbocharged</i>	27
4.5 Perbandingan data Abnormal, Normal dan Setelah Perawatan	41
4.6 <i>Turbocharger Running Hours, June 2024</i>	43
4.7 No. 4 <i>Turbocharger Inspection Report</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. <i>Turbocharger Manual Book</i>	50
2. <i>Data Running Hours Turbocharger</i>	53
3. <i>Turbocharger Inspection Report</i>	54
4. <i>Ship Particular</i>	55
5. <i>Crew List</i>	56
6. Sertifikat Kapal	57
7. MV. APL HOLLAND	58
8. <i>Main Engine dan Turbocharger</i>	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanfaatan kendaraan bermotor berbasis mesin diesel sebagai sarana transportasi tidak sepenuhnya memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan. Salah satu permasalahan signifikan yang ditimbulkan adalah emisi gas buang hasil dari proses pembakaran bahan bakar, yang dapat berdampak buruk terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia. Sebagai respons terhadap isu tersebut, produsen otomotif bersama masyarakat mulai menunjukkan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan dengan mengembangkan inovasi teknologi. Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah penyempurnaan konstruksi mesin diesel melalui penerapan sistem penyaringan emisi, seperti turbocharger, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran sekaligus menurunkan kadar emisi gas buang.

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi motor diesel mengalami kemajuan signifikan, khususnya sejak tahun 1950-an ketika Vernon Rose berhasil mengembangkan pompa putar (*rotary pump*) dan sistem *turbocharger*. Inovasi ini membuka jalan bagi penggunaan dan distribusi motor diesel secara lebih luas. Sebelumnya, proses pemasukan udara ke dalam silinder motor diesel hanya mengandalkan langkah hisap torak dan perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar silinder. Namun, dengan teknologi baru tersebut, motor diesel menjadi lebih efisien, ringan, dan ramah lingkungan dibandingkan dengan generasi sebelumnya.

Turbocharger merupakan perangkat yang berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi (lebih dari 1 atmosfer), yang berperan penting dalam mendukung proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin. Pada mesin diesel, *turbocharger* bekerja dengan memanfaatkan tekanan gas buang yang dihasilkan dari ruang

bakar sebelum dialirkan keluar melalui saluran pembuangan. Oleh karena itu, kestabilan putaran *turbocharger* perlu dijaga agar performanya tetap maksimal secara berkelanjutan. Salah satu aspek penting dalam menjaga performa tersebut adalah dengan melakukan perawatan rutin pada setiap komponen turbocharger, khususnya *turbine blade*, agar putaran tetap stabil dan tekanan gas buang tidak mengalami penurunan.

Secara empiris, performa *turbocharger* kerap mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh ketidakstabilan tekanan gas buang. Kondisi ini umumnya dipicu oleh proses pembakaran yang tidak sempurna, sehingga menghasilkan emisi gas buang yang mengandung residu karbon dalam konsentrasi tinggi.

Selama pelaksanaan praktik laut, penulis pernah menghadapi permasalahan pada sistem *turbocharger* yang tidak berfungsi secara optimal. Setelah dilakukan pemeriksaan terhadap data hasil pengukuran, ditemukan bahwa performa *turbocharger* mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan kondisi normal. Hal ini ditandai dengan menurunnya parameter seperti tekanan gas buang pada turbin (baik sisi *inlet* maupun *outlet*), tekanan pada *turbo blower*, serta tekanan dan temperatur udara bilas (*scavenging air*) di beberapa titik, yaitu *inlet* dan *outlet* kompresor, *receive*, serta sebelum dan sesudah *cooler*. Menyadari kondisi tersebut, penulis segera melaporkan situasi kepada masinis jaga saat itu, yaitu *Second Engineer*. Berdasarkan instruksi dari *Second Engineer*, laporan tersebut diteruskan kepada *Chief Engineer*, yang kemudian memberikan arahan untuk melakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap *turbocharger* setelah kapal sandar di pelabuhan Jebel Ali (AE).

Sesuai dengan latar belakang diatas, maka penulis sangat tertarik untuk membahas ke dalam bentuk skripsi dengan judul. "Analisis Efektifitas *Turbocharger* Terhadap Kinerja in Induk Di Kapal MV. APL HOLLAND".

B. Rumusan Masalah

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

1. Hal – hal apa saja yang menyebabkan kurangnya efektifitas *turbocharger* terhadap kinerja mesin induk di atas MV. APL HOLLAND?
2. Apa dampak yang ditimbulkan pada kinerja mesin induk jika *turbocharger* tidak bekerja secara efektif di atas MV. APL HOLLAND?
3. Upaya apa yang dilakukan untuk merawat dan mencegah *turbocharger* yang tidak bekerja secara efektif pada kinerja mesin induk di atas MV. APL HOLLAND?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui hal – hal yang menyebabkan kurangnya efektifitas *turbocharger* terhadap kinerja mesin induk di kapal MV. APL HOLLAND.
2. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan jika *turbocharger* tidak bekerja secara efektif untuk kinerja mesin induk di kapal MV. APL HOLLAND.
3. Untuk mengetahui upaya yang dilakukan untuk merawat dan mencegah *turbocharger* yang tidak bekerja secara efektif pada kinerja mesin induk di kapal MV. APL HOLLAND.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Manfaat teoritis
 - a. Menambah wawasan dan pemahaman mengenai prinsip kerja serta komponen sistem *turbocharger* pada mesin induk kapal.
 - b. Memberikan kontribusi sebagai literatur pendukung bagi penelitian selanjutnya, serta menjadi referensi bagi taruna dan pihak lain yang akan melaksanakan praktek laut atau mempelajari lebih dalam tentang sistem *turbocharger*.
2. Manfaat praktis
 - a. Memberikan referensi bagi perusahaan serta alat transportasi darat dan transportasi laut yang bertenaga pendorong mesin diesel yang mempunyai sistem *turbocharger*.
 - b. Memberikan informasi yang bermanfaat bagi para kru kapal, khususnya para perwira mesin, serta teknisi di sektor transportasi darat yang menangani sistem penggerak berbasis mesin diesel dengan *turbocharger*, sebagai acuan dalam memahami cara kerja dan penanganan sistem tersebut.

E. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, serta mempertimbangkan luasnya cakupan isu yang dapat dibahas dalam penelitian ini, penulis menetapkan batasan kajian dan memfokuskan analisis pada :

1. Kotornya *turbine blade turbocharger*.
2. Kotornya *Air Filter* pada *blower side turbocharger*.
3. Kotornya *Water and Air side of Air Cooler*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penemu *Turbocharger*

Alfred Büchi (lahir 11 Juli 1879 – wafat 27 Oktober 1959) merupakan seorang insinyur dan inovator asal Swiss yang dikenal luas sebagai pelopor dalam pengembangan teknologi turbocharger. Ia dilahirkan di Winterthur, Swiss, dan menghabiskan masa kecilnya di sana serta di kota Ludwigshafen. Ayahnya, Johann Büchi, menjabat sebagai eksekutif senior di Sulzer, sebuah perusahaan manufaktur dan teknik industri ternama di Swiss, yang turut memberi pengaruh besar dalam membentuk ketertarikan Alfred terhadap dunia teknik. Pada tahun 1899, ia melanjutkan pendidikan tinggi di bidang teknik mesin di Institut Politeknik Federal Zürich (ETH Zürich), dan berhasil menyelesaikan studinya pada tahun 1903. Setelah lulus, ia sempat bekerja sebagai insinyur profesional di Belgia dan Inggris, sebelum akhirnya kembali ke Swiss dan menetap di Wetzikon pada tahun 1908.

Gambar 2.1 Alfred Büchi



Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Alfred_B%C3%BCchi

B. Pengertian *Turbocharger*

Hendrawan, A. (2020), *Turbocharger* merupakan jenis kompresor sentrifugal yang berfungsi menghasilkan induksi paksa (*forced induction*) pada mesin pembakaran dalam, dengan tujuan meningkatkan efisiensi termal serta kinerja pembakaran di ruang bakar. Perangkat ini pertama kali dikembangkan oleh insinyur asal Swiss, Alfred Büchi, pada awal abad ke-20. Prinsip kerja *turbocharger* didasarkan pada pemanfaatan energi kinetik dari gas buang hasil pembakaran, yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Turbin tersebut terhubung secara mekanis dengan kompresor yang kemudian memampatkan dan mensuplai udara bertekanan ke dalam silinder mesin, sehingga meningkatkan massa udara yang masuk dan memungkinkan pembakaran bahan bakar yang lebih optimal.

Tazani, A. A. (2021), *Turbocharger* adalah perangkat yang berfungsi untuk meningkatkan volume udara yang masuk ke dalam silinder mesin dengan memanfaatkan energi kinetik dari gas buang hasil proses pembakaran. Sistem ini mengubah metode pemasukan udara dari yang semula bersifat *naturally aspirated* (pengisian alami) menjadi *forced induction* (induksi paksa). Selain meningkatkan suplai udara, *turbocharger* juga dirancang untuk memanfaatkan kembali energi yang seharusnya terbuang melalui sistem pembuangan (*exhaust*), sehingga meningkatkan efisiensi energi mesin. Dalam sistem ini, gas buang digunakan untuk menggerakkan turbin yang terhubung langsung dengan kompresor. Kompresor tersebut kemudian memampatkan udara dan mengalirkannya ke ruang bakar, sehingga tekanan dan massa udara yang masuk ke dalam silinder meningkat. Akibatnya, proses pembakaran menjadi lebih optimal dan output daya mesin mengalami peningkatan yang signifikan.

Hodmiantua Sitanggang, S. T., & Siahaan, E. W. B. (2021), *Turbocharger* merupakan sebuah sistem yang berperan untuk memasukkan udara dengan tekanan lebih tinggi daripada tekanan

udara sekitar ke dalam silinder guna dikompresi pada langkah kompresi, sehingga dapat meningkatkan tenaga mesin. Fungsi utama dari *turbocharger* adalah meningkatkan kerapatan udara yang masuk ke dalam silinder mesin. Dengan meningkatnya kerapatan udara tersebut, jumlah bahan bakar yang terbakar juga bertambah, sehingga menghasilkan peningkatan daya output mesin untuk setiap volume langkah silinder.

C. Fungsi *Turbocharger*

McCumber, B. E. (2022), Peran utama *turbocharger* ialah meningkatkan kinerja mesin dengan mengekstraksi entalpi dan momentum gas buang guna mengompresi udara pemasukan. Proses ini menambah massa udara dan karenanya kandungan oksigen yang dialirkan ke ruang bakar, sehingga pembakaran berlangsung lebih efisien dan mampu menghasilkan output daya yang lebih besar.

Menurut Heywood, J. B. (2021), ada 3 fungsi utama *turbocharger* yaitu :

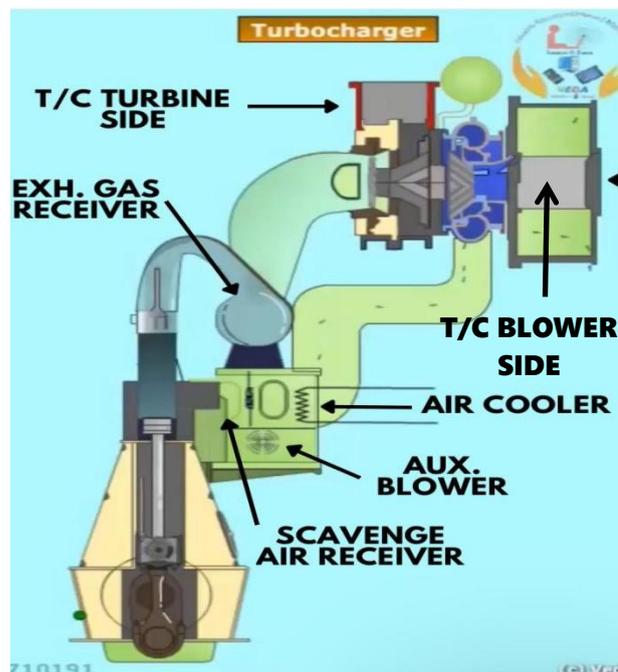
1. Meningkatkan efisiensi bahan bakar: Karena lebih banyak udara beroksigen yang tersedia untuk pembakaran, mesin dapat menggunakan bahan bakar dengan lebih efisien.
2. Meningkatkan daya: *Turbocharger* memungkinkan mesin menghasilkan lebih banyak daya dari kapasitas mesin yang lebih kecil.
3. Menurunkan emisi: Karena proses pembakaran menjadi lebih efisien, *turbocharger* turut berperan dalam mengurangi jumlah gas buang yang dihasilkan.

D. Prinsip Kerja *Turbocharger*

Krisnanda, I. (2020), *Turbocharger* bekerja berdasarkan prinsip pemanfaatan energi gas buang untuk meningkatkan suplai udara ke dalam ruang bakar. Ketika mesin diesel dioperasikan, gas buang yang dikeluarkan melalui *exhaust manifold* diarahkan ke turbin terlebih

dahulu sebelum dibuang ke atmosfer. Energi kinetik dari gas buang ini memutar turbin yang terhubung secara mekanis dengan kompresor melalui poros penggerak. Kompresor kemudian menghisap udara dari lingkungan luar melalui *filter* udara, lalu memampatkannya dan mengalirkannya ke intake manifold. Proses pemampatan ini meningkatkan tekanan sekaligus suhu udara. Untuk memastikan densitas udara tetap tinggi saat masuk ke ruang bakar, udara yang telah dikompresi perlu didinginkan terlebih dahulu menggunakan *intercooler*. Pendinginan ini menurunkan suhu dan tekanan udara, sehingga memungkinkan kompresor mengalirkan lebih banyak udara ke dalam silinder, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi dan tenaga pembakaran.

Gambar 2.2 Prinsip Kerja *Turbocharger*



Sumber : <https://www.youtube.com/watch?V=4KDIRJYIJI>

E. Sistem *Turbocharger*

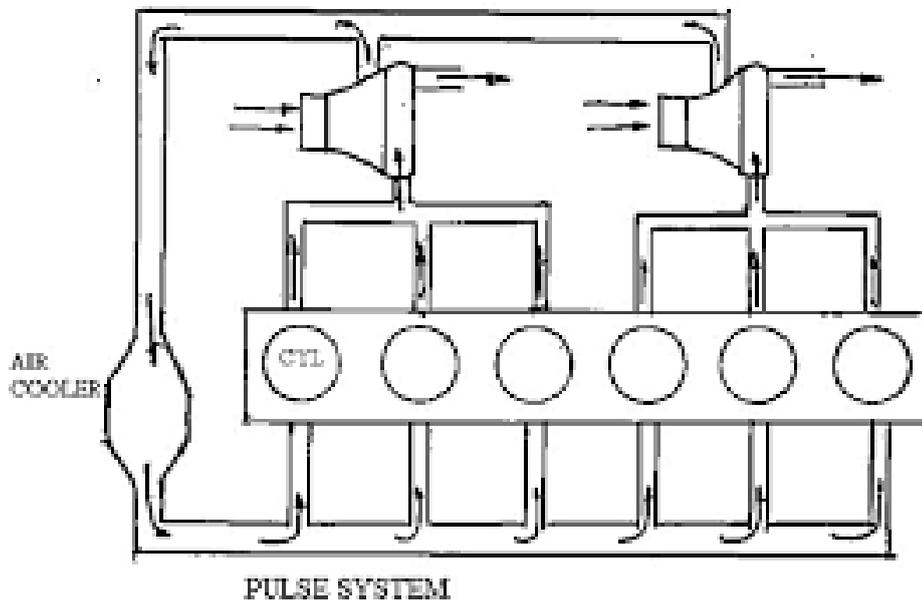
Nicholas C. Baines (2020), Sistem *turbocharger* merupakan bagian integral dari mesin pembakaran dalam yang dihubungkan

secara paralel dan dirancang menjadi unit tersendiri yang bekerja secara individual. *Turbocharger* memanfaatkan energi dari aliran gas buang serta massa udara yang melewati mesin pembakaran untuk menghasilkan tenaga tambahan yang signifikan, sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan performa sistem secara keseluruhan.

Sistem dalam *turbocharger* terbagi menjadi 2 yaitu *Pulse system* dan *Constant pressure system* :

1. *Pulse system turbocharging* memanfaatkan gelombang tekanan dari gas buang setiap silinder secara terpisah untuk menggerakkan turbin. Setiap pulsa gas buang membawa tekanan dan kecepatan yang tinggi, lalu diarahkan langsung menuju turbin dengan kehilangan tekanan seminimal mungkin. Pemanfaatan sistem ini adalah sebagai berikut :
 - a. Sistem *pulse turbocharging* memanfaatkan karakteristik dinamis dari aliran gas buang, termasuk keberadaan gelombang tekanan, untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi kerja turbin.
 - b. Penulis menekankan pentingnya pengaturan waktu buka tutup katup buang agar tidak terjadi gangguan antara aliran gas dari silinder yang berbeda, yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi aliran pulsa.
 - c. Buku ini menunjukkan bahwa rancangan manifold buang perlu dirancang agar aliran dari masing-masing silinder tetap terpisah, guna mencegah terjadinya kebocoran pulsa antar saluran. Umumnya, digunakan konfigurasi seperti 3-3 atau 6-6 pada mesin enam silinder.
 - d. Sistem pulse terbukti lebih optimal digunakan pada putaran mesin rendah hingga menengah, karena memberikan respons turbo yang cepat sehingga cocok diterapkan pada kendaraan bermotor.

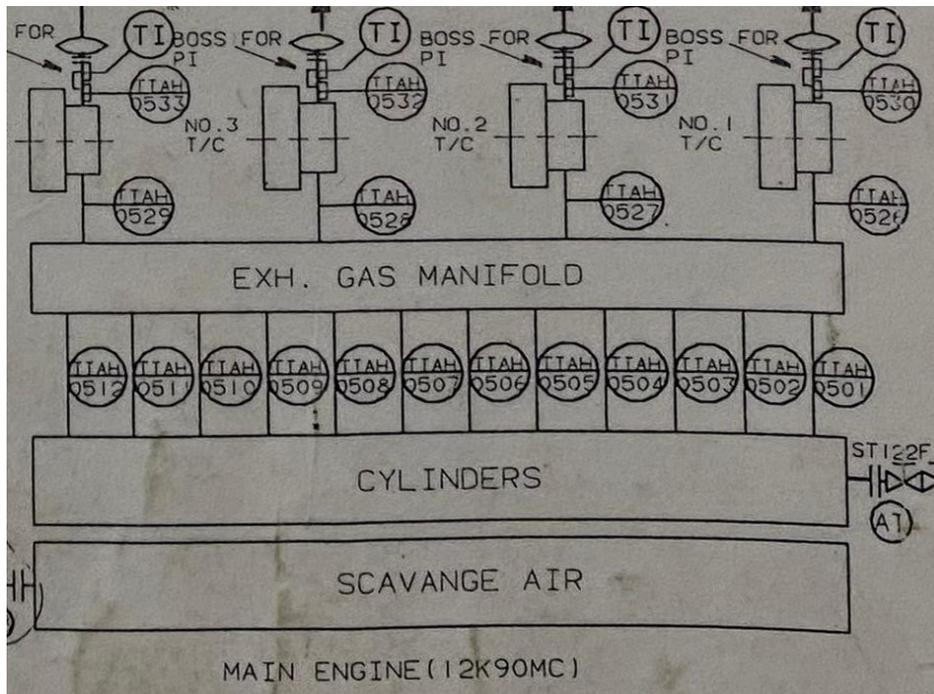
Gambar 2.3 *Pulse System Turbocharging*



Sumber : [TURBOCHARGING - Marine engineers knowledge](#)

1. Sistem *turbocharging* tipe *constant pressure* bekerja dengan mengalirkan seluruh gas buang dari setiap silinder ke dalam satu *manifold* berukuran besar. Di dalam *manifold* ini, tekanan gas buang disamaratakan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke turbin. Pada sistem ini, energi dari setiap pulsa silinder tidak dimanfaatkan secara terpisah. Pemanfaatan sistem ini adalah sebagai berikut :
 - a. Sistem ini ideal diterapkan pada mesin yang beroperasi dalam kondisi beban tetap, seperti mesin diesel laut atau pembangkit listrik.
 - b. Meskipun tidak memanfaatkan tekanan pulsa dari gas buang, sistem ini tetap menawarkan keunggulan berupa rancangan yang lebih sederhana, distribusi tekanan yang konsisten, serta kestabilan beban termal selama operasi.
 - c. Manifold berukuran besar beserta turbin dalam sistem ini dirancang untuk menyesuaikan dengan aliran gas buang rata-rata, bukan berdasarkan tekanan maksimum dari setiap ledakan silinder.

Gambar 2.4 Constant Pressure System Turbocharging



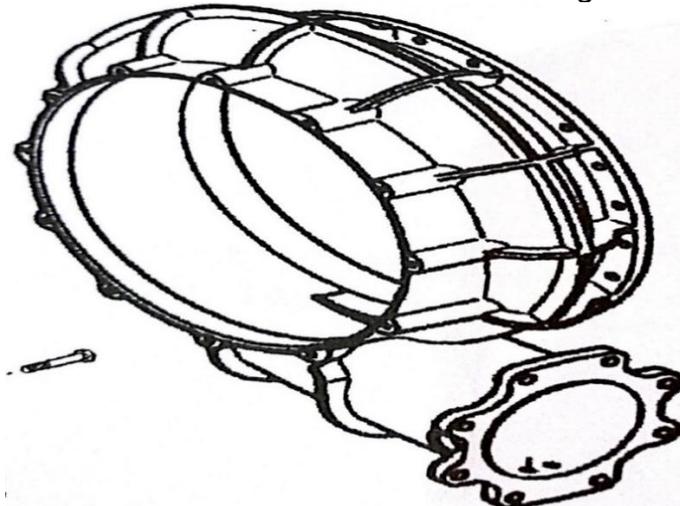
Sumber: Engine Room MV. APL Holland

F. Komponen Turbocharger

1. Blower Side Housing

Housing blower terbuat dari material aluminium dan terintegrasi dengan *centre core*. Komponen ini diamankan secara mekanis menggunakan baut serta cincin pelat sebagai penopang struktural.

Gambar 2.5 Blower Side Housing

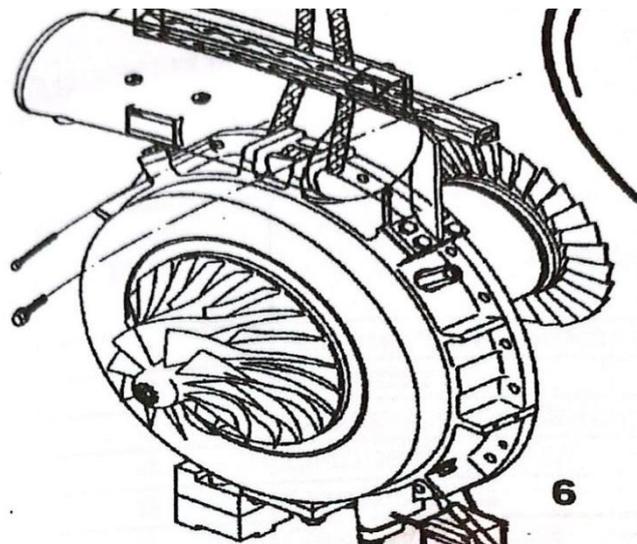


Sumber : Turbocharger Manual Book of MV. APL HOLLAND

2. Pusat Inti (*Centre Core*)

Di dalam *centre housing* terdapat poros turbin, turbin, roda kompresor (*blower*), bantalan, *ring*, cincin pelat, serta *oil deflector*. Komponen-komponen yang berotasi meliputi poros turbin, roda kompresor, bantalan poros, *thrust washer*, dan *oil seal ring*. Semua elemen tersebut didukung oleh struktur *centre housing*. Mengingat bagian-bagian yang bergerak ini beroperasi pada kecepatan putar dan suhu yang sangat tinggi, material yang digunakan dipilih dengan cermat dan diproses dengan tingkat presisi yang sangat ketat guna menjamin keandalan dan performa optimal.

Gambar 2.6 Pusat Inti

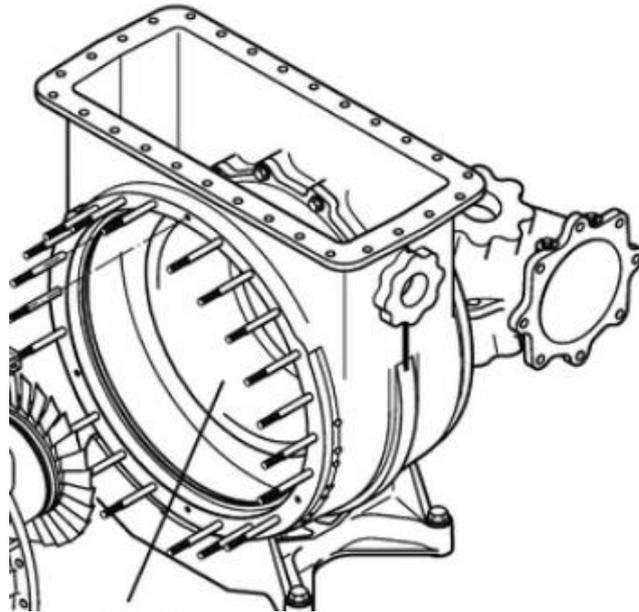


Sumber : *Turbocharger Manual Book of MV. APL HOLLAND*

3. Rumah Turbin (*Turbine Housing*)

Komponen ini dibuat dari material *cast steel* dan terhubung ke *centre housing* menggunakan cincin pengunci berbahan baja. Pada sambungan antara *housing turbine* dan *manifold* gas buang dipasang gasket stainless steel guna memastikan kedap dan integritas sambungan tersebut.

Gambar 2.7 *Turbine Housing*

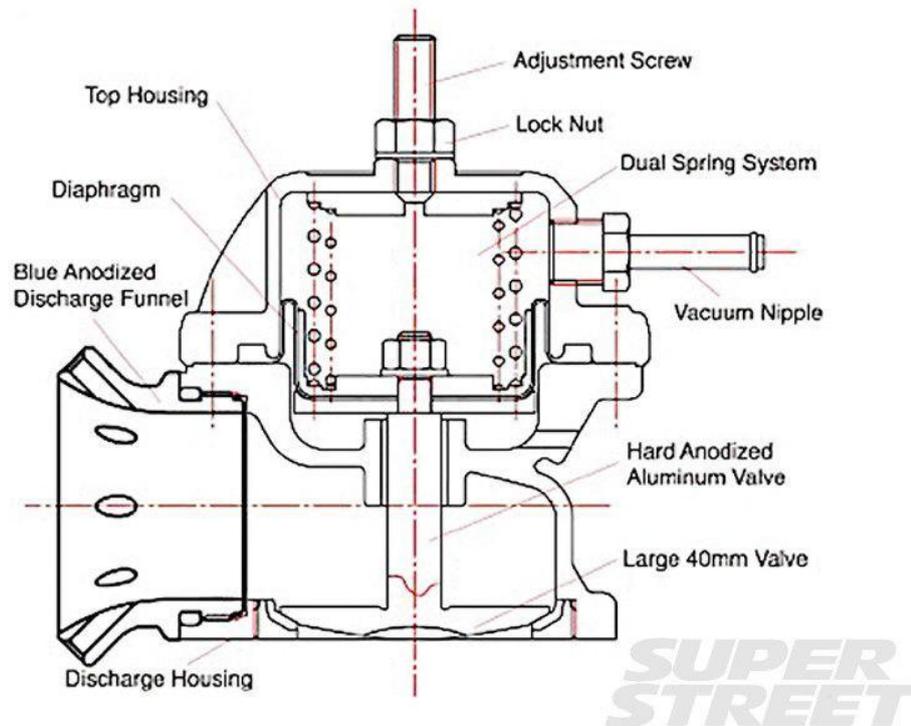


Sumber : *Turbocharger Manual Book of MV. APL Holland*

4. Blow-off Valve

Pada *intake manifold*, katup akan menutup untuk menghalangi aliran udara bertekanan dari *turbocharger* masuk ke ruang bakar. Tanpa keberadaan *blow-off valve*, tekanan udara terkompresi dapat terus meningkat, yang berisiko menimbulkan kebocoran, kerusakan pada komponen intake manifold, serta fenomena surging pada turbocharger. Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan mekanis pada berbagai elemen mesin. Saat mesin dalam keadaan akselerasi atau idle, katup tetap dalam posisi tertutup. Katup akan terbuka ketika putaran mesin menurun, sehingga tekanan udara berlebih memiliki kekuatan yang cukup untuk mengatasi gaya pegas *blow-off valve* dan melepaskan tekanan tersebut.

Gambar 2.8 Turbocharger Blow – off Valve



Sumber : <https://www.jk-forum.com/articles/turbochargers-part-5-blow-valves/>

G. Perawatan Pada Komponen Turbocharger

Hossain dan Zhang (2023) menyatakan bahwa hasil analisis pada sejumlah kapal dagang menunjukkan bahwa mayoritas kerusakan turbocharger terjadi akibat kurangnya perawatan rutin atau keterlambatan dalam pelaksanaannya.

1. Pembersihan Rutin pada Bilah Turbin dan Kompresor

Bilah turbin cenderung mengalami penumpukan residu seperti karbon atau partikel logam dari aliran gas buang. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perawatan secara berkala melalui proses pencucian menggunakan air atau uap ketika mesin sedang beroperasi pada beban tertentu. Selain itu, pembersihan secara manual dilakukan saat kapal berlabuh di pelabuhan atau dalam masa *docking*.

2. Inspeksi dan Penggantian Komponen Bantalan

Bantalan berisiko mengalami kerusakan apabila pelumasan tidak optimal atau terjadi kontaminasi pada sistem oli. Tindakan preventif mencakup pemeriksaan kelonggaran secara berkala serta penggantian komponen tersebut sesuai jadwal yang ditentukan atau ketika keausan mulai terdeteksi.

3. Pengecekan dan Penanganan pada *Seal Oli*

Kebocoran pada seal dapat mengakibatkan oli masuk ke saluran gas buang maupun ruang kompresor. Oleh karena itu, seal harus diganti secara rutin selama proses *overhaul* utama, serta dilakukan pemantauan terhadap tekanan dan suhu oli untuk mendeteksi kegagalan lebih awal.

4. Pemeriksaan Komponen *Nozzle Ring* dan *Diffuser*

Akibat tekanan dan suhu tinggi, *nozzle* berpotensi mengalami penyumbatan atau kerusakan berupa erosi. Langkah perawatan yang diterapkan meliputi pembersihan dari jelaga dan penggantian bila ditemukan keretakan atau perubahan bentuk yang dapat memengaruhi kinerja.

5. Penyeimbangan Poros dan Penyelarasan Komponen Berputar

Untuk mencegah getaran berlebih, poros *turbocharger* perlu dijaga agar tetap seimbang. Bila terdapat komponen seperti *impeller* atau *rotor* yang diganti, maka diperlukan pengujian kembali menggunakan metode penyeimbangan dinamis.

6. Pemantauan Getaran dan Kebisingan Operasional

Penggunaan sensor getaran dan suara bertujuan untuk mengenali gejala awal keausan pada bantalan atau ketidakseimbangan rotor. Informasi dari pemantauan ini menjadi dasar dalam sistem pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*), guna mencegah kerusakan sebelum terjadi kegagalan total.

H. ***Surging pada Turbocharger***

Bintang Andrian, P. U. T. R. A. (2020), Kondisi ini terjadi ketika tekanan udara yang dihasilkan oleh pompa bilas lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara dari blower. Akibatnya, terjadi tekanan balik yang bertabrakan dengan blower, menghasilkan suara seperti ledakan. Hal ini juga disebabkan oleh penurunan tekanan udara dari blower, sementara tekanan udara dari ruang penampung bilas tetap lebih tinggi, sehingga tercipta tekanan balik yang bertumbukan dengan blower dan menimbulkan suara ledakan.

I. ***Pengaruh Air Cooler Pada Kinerja Turbocharger***

O'Donnell, D. A. R. (2021), *Air cooler* atau *intercooler* berfungsi untuk menurunkan suhu udara yang dipampatkan oleh kompresor turbocharger. Saat udara dipampatkan, suhu udara tersebut meningkat, yang dapat mengurangi kepadatan udara dan mengurangi jumlah oksigen yang masuk ke ruang bakar. Dengan menurunkan suhu udara, *intercooler* meningkatkan kerapatan udara, memungkinkan lebih banyak oksigen masuk ke ruang bakar, dan pada gilirannya meningkatkan efisiensi pembakaran dan daya yang dihasilkan oleh mesin. Pengaruh *air cooler* terhadap kinerja *turbocharger* meliputi:

1. Peningkatan Kepadatan Udara: Dengan menurunkan suhu udara yang dipampatkan, *intercooler* meningkatkan kepadatan udara yang masuk ke mesin, memungkinkan lebih banyak oksigen untuk pembakaran.
2. Efisiensi Pembakaran yang Lebih Baik: Udara yang lebih dingin membantu pembakaran bahan bakar yang lebih efisien, menghasilkan daya yang lebih besar tanpa perlu menambah bahan bakar yang lebih banyak.
3. Meningkatkan Kinerja Turbocharger: Dengan mendinginkan udara yang masuk, turbocharger dapat bekerja lebih efisien dan memberikan daya tambahan tanpa meningkatkan suhu mesin secara berlebihan.

J. Putaran *Turbocharger* Terhadap Jumlah Udara Yang di Isap

Gregory, B. S. (2020), konsep terkait turbocharger sering kali menjelaskan hubungan antara putaran (RPM) turbocharger dan udara yang diisap oleh mesin. Putaran turbocharger berperan penting dalam mengatur jumlah udara beroksigen yang dipampatkan dan dimasukkan ke dalam ruang bakar mesin. Dengan putaran yang lebih tinggi, turbocharger dapat memampatkan lebih banyak udara, sehingga meningkatkan jumlah udara yang masuk ke mesin. Ini memungkinkan mesin untuk membakar lebih banyak bahan bakar dan menghasilkan lebih banyak daya. Oleh karena itu, ada hubungan langsung antara putaran turbocharger dan jumlah udara yang diisap oleh mesin. Mesin yang lebih besar atau yang menggunakan turbocharger yang lebih besar mungkin memerlukan putaran turbocharger yang lebih tinggi untuk mencapai aliran udara yang diinginkan.

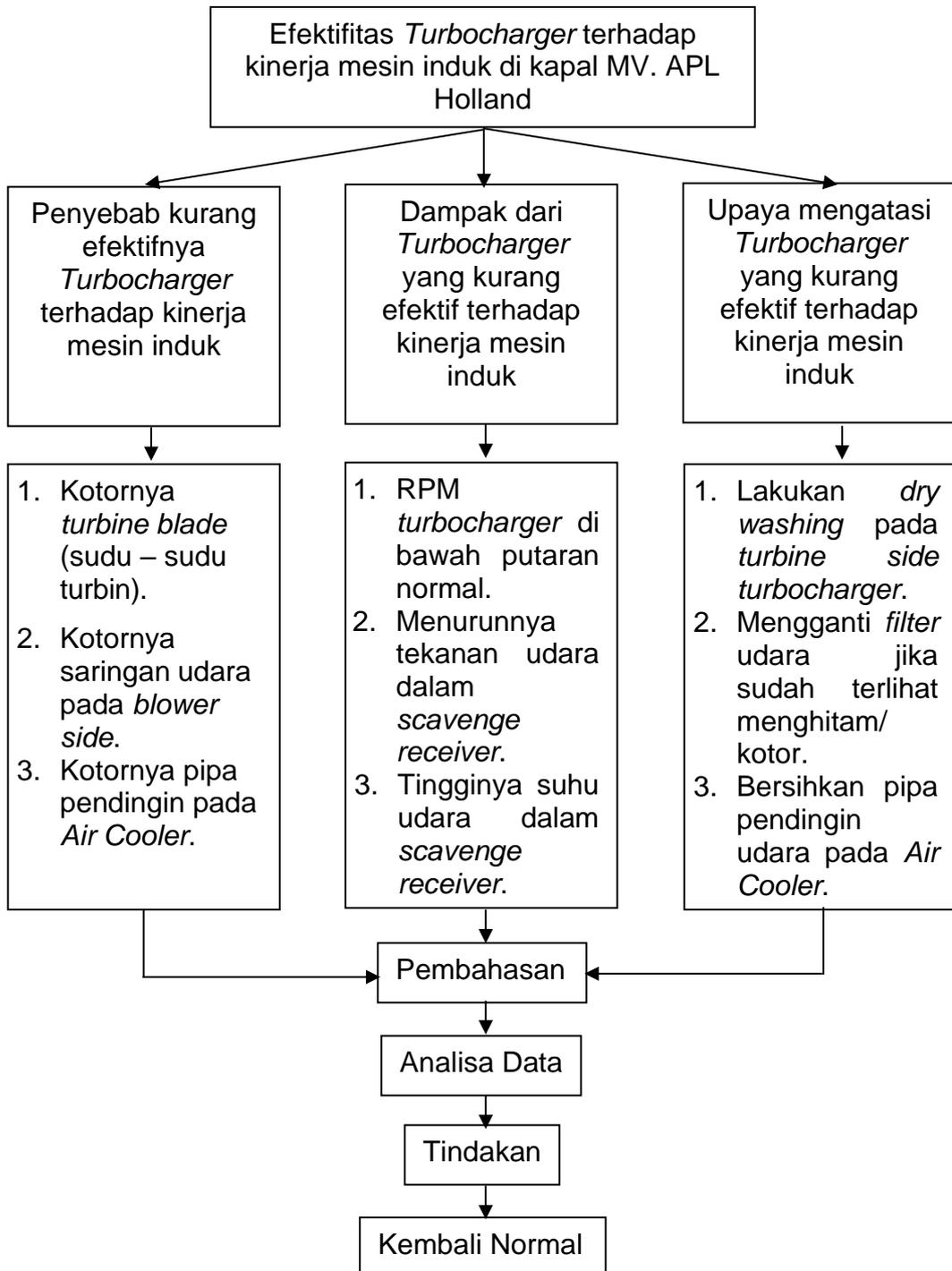
K. Kerusakan yang Sering Terjadi Pada *Turbocharger*

Wang, Liu, dan Chen (2021) menyatakan bahwa Kerusakan yang sering terjadi pada *turbocharger* adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya kontak gesekan antara sudu turbin atau antara kompresor dengan housing-nya akibat keausan pada bantalan atau poros turbin, yang perbaikannya meliputi penggantian poros dan bantalan tersebut, atau kerusakan pada sudu di bagian diameter luar yang mengharuskan penggantian sudu.
2. Kebocoran pelumas yang ditangani dengan penggantian *seal* atau pengetatan komponen yang mengalami kebocoran.
3. Penyumbatan pada *nozzle turbine*, yang diperbaiki dengan pembersihan secara menyeluruh atau penggantian *nozzle* yang tersumbat.
4. Kerusakan pada bantalan, yang memerlukan penggantian dengan bantalan baru untuk memastikan kelancaran operasional.
5. Akumulasi kotoran pada sudu turbin (*turbine blade*), yang diatasi dengan pembersihan *filter* udara serta sudu turbin secara rutin

L. Kerangka Pikir

Gambar 2.9 Kerangka Pikir



M. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Kotornya *turbine blade* (sudu – sudu turbin).
2. Kotornya *air filter* pada *blower side* sehingga tekanan udara pada *Scavenging Air Receiver* menurun.
3. Kotornya pipa *Air Cooler* pada *Water and Air side*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MV. APL HOLLAND dan dengan waktu penelitian selama kurang lebih 7 bulan yaitu tanggal 18 November 2023 sampai dengan 21 Juni 2024.

B. Metode Pengumpulan Data

Data dan informasi yang diperlukan untuk skripsi ini dikumpulkan melalui:

1. Metode Lapangan (*Field Research*)

Penulis melakukan pengumpulan data melalui observasi langsung pada objek penelitian selama pelaksanaan Praktek Laut (PRALA), guna memperoleh informasi empiris yang relevan.

2. Metode Kepustakaan (*Liberary Research*)

Penulis mempelajari dan menganalisis berbagai literatur serta referensi ilmiah yang berkaitan dengan topik penelitian, terutama pada bagian landasan teori dan aspek-aspek masalah yang diteliti.

C. Jenis Dan Sumber Data

Adapun jenis data yang digunakan dapat digolongkan dalam dua jenis yaitu:

1. Jenis Data

a. Data Kualitatif

Metode dalam pengumpulan data adalah metode lapangan (*Field Research*), Penulis melakukan pemeriksaan terhadap data-data yang di peroleh dari hasil observasi atau pengamatan langsung terhadap objek penelitian dimana penulis akan melakukan praktek kerja laut (prala).

b. Data Kuantitatif

Data yang diperoleh dalam bentuk angka-angka yang berasal dari dokumentasi dan data yang di kumpulkan di atas kapal yang perlu diolah kembali.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu:

- a. Data primer, yakni data yang diperoleh secara langsung dari sumber atau responden asli. Data ini merupakan informasi asli yang belum tersedia dalam bentuk terkompilasi, sehingga harus dikumpulkan melalui interaksi langsung dengan pihak terkait. Dalam konteks penelitian ini, sumber data primer meliputi Kepala Kamar Mesin, Masinis 2, serta Masinis jaga lainnya yang memberikan informasi langsung mengenai objek studi.
- b. Data sekunder, yaitu data yang telah tersedia dan dapat diperoleh dari sumber tidak langsung, biasanya berupa dokumen, arsip resmi, atau publikasi terdahulu. Data sekunder ini berfungsi sebagai pelengkap dan pendukung data primer dalam analisis penelitian.

D. Metode Analisis

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah metode deskriptif, yang bertujuan untuk mengungkap dan menggambarkan secara rinci fakta-fakta yang ditemukan di lapangan melalui proses pencatatan, analisis, serta interpretasi data. Langkah awal penelitian dimulai dengan pelaksanaan praktek laut di kapal, yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman situasional berdasarkan pengetahuan yang telah diperoleh dari studi kepustakaan. Selanjutnya, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang muncul dan penentuan tujuan penelitian sesuai dengan permasalahan tersebut. Berdasarkan langkah-langkah tersebut, data yang relevan dikumpulkan untuk mendukung penelitian. Data yang terkumpul kemudian diolah sesuai

dengan teori dan metode yang telah ditetapkan sebelum pengumpulan data dilakukan. Setelah pengolahan, data dianalisis dengan membandingkan hasil temuan dengan teori yang digunakan sebagai landasan. Dari hasil analisis tersebut, dibuat pembahasan yang mendalam mengenai temuan penelitian.

E. Jadwal Penelitian

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Nama Objek	Tahun 2021			Tahun 2022								
	Bulan											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
Diskusi buku referensi	■	■										
Pemilihan judul			■									
Penyusunan proposal dan bimbingan				■	■	■						
Seminar proposal							■					
Perbaikan seminar proposal								■				
	Tahun 2022- 2024											
Pengambilan Data Penelitian	■											
	Tahun 2024				Tahun 2025							
	Bulan											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Penetapan judul untuk hasil penelitian	■											
Penyusunan hasil penelitian	■	■	■									
Seminar hasil				■								
Perbaikan					■	■	■	■	■			
Seminar tutup										■		