

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB *SURGING* PADA
TURBOCHARGE MAIN ENGINE TYPE HHM- MAN B&W
6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2**



MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN
NIT 09.21.013.1.10

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB *SURGING* PADA
TURBOCHARGE MAIN ENGINE TYPE HHM- MAN B&W
6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2**



MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN
NIT 09.21.013.1.10

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN

Nomor Induk Taruna : 09.21.013.1.10

Program Studi : Sarjana Terapan Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**“IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB SURGING PADA TURBOCHARGE
MAIN ENGINE TYPE HHM- MAN B&W 6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2”**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, ialah ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang di tetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 05 Maret 2026



MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB SURGING PADA
TURBOCHARGER MAIN ENGINE TYPE HHM-MAN
B&W 6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2


Program Studi : DIPLOMA IV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
Nama : MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN
NIT : 09.21.013.1.10
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Proposal Tugas Akhir


Surabaya, 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

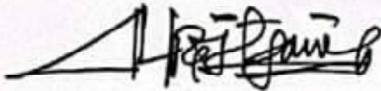

(MOEJIONO M.T., M.Mar., E)
NIP. 197212142002121001)

Dosen Pembimbing II


(Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, SE.M.Ak)
NIP. 198609032009122001)

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan


(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar., E.M.Pd)
NIP. 196905312003121001)

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB SURGING PADA
TURBOCHARGER MAIN ENGINE TYPE HHM-MAN
B&W 6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2

Program Studi : DIPLOMA IV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL

Nama : MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN

NIT : 09.21.013.1.10

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan



Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir


Surabaya,


2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I


Dosen Pembimbing II


(MOEJIONO M.T.,M.Mar.E.)
NIP. 197212142002121001)


(Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI,SE.M.Ak)
NIP. 198609022009122001)

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan


(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E., M.Pd)
NIP. 196905312003121001)

**LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB *SURGING* PADA
TURBOCHARGE MAIN ENGINE TYPE HHM- MAN B&W
6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2**

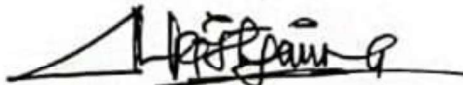
Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN
NIT 09.21.013.1.10

Telah dipresentasikan di depan panitia seminar Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya
Pada tanggal, 05 Februari 2026

Menyetujui

Penguji I



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd, M.Mar.E)
NIP. 196905312003121001

Penguji II



(Moejiono, M.T., M.Mar.E)
NIP.197212142002121001

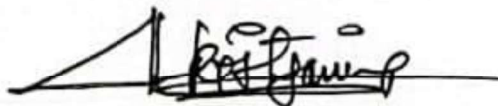
Penguji III



(Dr. Indah Ayu Jehanda Putri, S.E, M.Ak)
NIP. 198609022009122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E.)
NIP. 196905312003121001

ABSTRAK

MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN, IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB *SURGING* PADA *TURBOCHARGE MAIN ENGINE* TYPE HHM-MAN B&W 6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2. Di Bimbing oleh bapak Moejiono,M.T.,M.Mar.E dan Dr. Indah Ayu Johanda Putri,SE,M.Ak

Turbocharge, sangat menentukan dalam proses kelancaran pengoperasian mesin induk. *Turbocharge* bertugas menjaga operasional mesin utama dan mencegah kerusakan. *Turbocharge* memiliki dua bagian: sisi turbin dan sisi *blower*, jenis penelitian ini deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan *surging* pada *turbocharge* dan langkah-langkah memastikan pengoperasian *turbocharge* secara normal untuk memahami pengaruh lonjakan terhadap kinerja mesin induk HHM-MAN B&W 6L42MC di MV. Tanto Sakti 2 dan memberikan rekomendasi untuk mengatasi permasalahan ini. Metode pengumpulan data menggunakan metode observasi, wawancara, studi pustaka. Kesimpulan dari penelitian ini adalah *surging* terjadi karena ring piston yang patah, *scavange air trunk* banyak lumpur, kebocoran pada *exhaust valve*, *intercooler* tidak bekerja dengan baik, minyak lumas kotor, dan faktor alam sehingga upaya yang di lakukan yaitu dengan mengganti ring piston, membersihkan *scavange air trunk*, mengganti *exhaust valve*, *flush intercooler* dengan *chemical*, mencuci *filter L.O main engine*.

Kata kunci : *Turbocharge, Surging, main engine, PMS.*

ABSTRACT

MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN, IDENTIFICATION OF FACTORS CAUSING SURGING IN TURBOCHARGE MAIN ENGINE TYPE HHM-MAN B&W 6L42MC IN MV TANTO SAKTI 2. Guided by Mr. Moejiono, M.T., M.Mar.E and Dr. Indah Ayu Johanda Putri, SE, M.Ak

Turbocharging is crucial for the smooth operation of the main engine. It maintains the main engine's operation and prevents damage. The turbocharger consists of two parts: the turbine side and the blower side. This descriptive qualitative study aims to understand the factors that cause turbocharger surging and the steps to ensure normal turbocharger operation. This study aims to understand the effect of surging on the performance of the HHM-MAN B&W 6L42MC main engine on the MV. Tanto Sakti 2 and provide recommendations for addressing this issue. Data collection methods used observation, interviews, and literature studies. The conclusion of this study is that surging occurs due to broken piston rings, mud in the scavenge air trunk, exhaust valve leaks, a malfunctioning intercooler, dirty lubricating oil, and natural factors. Therefore, the efforts taken include replacing the piston rings, cleaning the scavenge air trunk, replacing the exhaust valve, flushing the intercooler with chemicals, and washing the main engine's L.O. filter.

Keywords: Turbocharge, Surging, main engine, PMS

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT Tuhan Semesta Alam, yang telah memberikan anugerah dan kesehatan sehingga peneliti dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini. Proposal penelitian ini dibuat untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya, dengan judul penelitian :**“IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB SURGING PADA TURBOCHARGE MAIN ENGINE TYPE HHM-MAN B&WM 6L42MC DI MV TANTO SAKTI 2”**

Peneliti menyadari bahwa penulisan karya ilmiah terapan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan waktu, pikiran, kemampuan serta pengalaman peneliti dalam penyusunan karya ilmiah ini. Oleh karena itu peneliti sangat mengharapkan dan berterimakasih apabila ada masukan dari pembimbing, penguji, maupun pembaca lainnya.

Untuk itu izinkan pada kesempatan ini, saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhoemat :

1. Kepada yth Bapak Moejiono,M.T.,M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan fasilitas.
2. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono,M.Pd.,M.Mar.E. selaku Ketua Prodi Teknika yang telah memberikan pelayanan dalam menyelesaikan KIT ini.
3. Bapak Moejiono,MT.,M.Mar.E selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya dan memberikan arahnya.
4. Ibu Dr. Indah Ayu Johandra Putri,SE,M,Ak. selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya dan membimbing penulisannya
5. Kedua Orang tua saya telah memberikan support dan dukungannya.
6. Seluruh Civitas Akademika Politeknik Pelayan Surabaya.
7. Teman-teman seperjuangan yang juga selalu memberikan motivasi baik berupa pendapat, motivasi dan hal lainnya dalam rangka pembuatan karya ilmiah ini.

Penulisan menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak hal yang perlu ditingkatkan, sehingga peneliti menyampaikan maaf atas segala kesalahan dan kekurangan dalam penulisan karya ilmiah terapan ini. Kritik dan saran membangun senantiasa penulis harapan agar kedepannya dapat menjadi lebih baik. Semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak

Surabaya, Maret 2026

MUHAMMAD MIZAN RACHMAT RAMADHAN
NIT.09210131110

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Permasalahan.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Review Penelitian Sebelumnya	10
B. Landasan Teori	12
C. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	36

BAB III METODE PENELITIAN	37
A. Jenis Penelitian	37
B. Tempat / Lokasi dan Waktu Penelitian.....	37
C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	38
D. Teknik Analisis Data.....	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Gambaran Umum Lokasi	44
B. Hasil Penelitian	49
C. Pembahasan.....	60
BAB V PENUTUP.....	67
A. Kesimpulan	67
B. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin Side	14
Gambar 2. 2 Blower Side	16
Gambar 2. 3Komponen Turbocharge	19
Gambar 2. 4 Bagian Pusat Inti (centre core).....	20
Gambar 2. 5Shaft Turbocharge	22
Gambar 2. 6 Bearing Turbin side.....	23
Gambar 2. 7Compressor Blower.....	23
Gambar 2. 8 Blow Off Valves.....	24
Gambar 2. 9Intercooler.....	24
Gambar 2. 10 Filter Turbocharge	30
Gambar 3. 1Diagram Fishbone.....	43
Gambar 4. 1 Tanto Sakti 2	45
Gambar 4. 2 Ship Paticular	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 4. 1 Hasil Observasi Faktor dan Dampak	51
Tabel 4. 2 Faktor- Factor Penyebab Terjadinya Turbocharge	51
Tabel 4. 3 Cuaca Buruk.....	54
Tabel 4. 4 Pelepasan intercooler	55
Tabel 4. 5 Cabut Exhaust Valve.....	55
Tabel 4. 6 filter L.O M.E Kotor	56
Tabel 4. 7 Diagram Fishbone	56
Tabel 4. 8 Suhu Gas Buang.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara dengan Chief Engineer	73
Lampiran 2 Ship Particular	74
Lampiran 3 Sign ON dan OFF	75
Lampiran 4 Bongkar Exhaust valve	78
Lampiran 5 Rakit Exhaust valve	79
Lampiran 6 Kondisi Filter LO. ME Setelah Cleaning	80
Lampiran 7 Pemasangan Filter LO. ME	81
Lampiran 8 Data logbook turbocharge	82

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Permasalahan

Pada zaman modern sekarang ini industri dan perekonomian berkembang sangat maju sehingga membutuhkan kecepatan dan kelancaran dalam bidang transportasi, dalam transportasi laut menggunakan kapal karena mampu membawa banyak muatan dibanding moda transportasi lainnya, kapal adalah sebuah moda transportasi yang bisa menghubungkan antar pulau, dan cocok digunakan di negara Indonesia karena mempunyai banyak pulau yang tersebar dari Sabang hingga Merauke.

Mesin yang dipakai agar bisa menggerakkan kapal adalah mesin yang memakai sistem pembakaran untuk sumber tenaga. Tenaga tersebut berasal dari proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar, agar dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna aspek yang terpenting ialah adanya udara yang cukup menuju ke dalam silinder. Bagian dari *main engine* yang krusial dan langsung terkait adalah *turbocharge* sebagai pompa udara dalam proses pembakaran. *Main engine* berhubungan dengan *turbocharge* yang digunakan untuk menunjang kegiatan operasional *main engine*. Dengan keinginan pasar yang meningkat pada bidang pelayaran, maka butuh perawatan dan perbaikan secara lengkap pada permesinan kapal agar tidak terjadi kerusakan. Dengan mematuhi aturan dan kebijakan yang dilakukan oleh perusahaan dan buku panduan manual *turbocharge*. Kelancaran kegiatan operasional *main engine* bergantung dengan kondisi *turbocharge*.

Turbocharge akan menghasilkan udara bertekanan lebih dari 1 atm yang dibutuhkan pada proses pembakaran di dalam silinder dan di *main engine* putaran *turbocharge* digerakkan oleh tekanan dari gas buang pada silinder sebelum keluar melewati cerobong, oleh karena itu *turbocharge* harus mempertahankan putarannya agar kinerjanya tetap stabil. Bagian *turbocharge* terdiri atas 2 bagian inti, yaitu bagian *turbin side* dan *blower side*, di lapangan *turbocharge* sering mengalami *surging* yang mengakibatkan pembakaran tidak sempurna.

Pada saat kapal berlayar dari Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya menuju Pelabuhan Karingau Balikpapan pada tanggal 10 Agustus 2023 saat dalam perjalanan tiba-tiba terjadi *trouble turbocharge main engine* di sekitar pulau Masalembu yang mengalami *surging* setiap beberapa menit sekali pada saat itu KKM memerintahkan *Second Engineer* untuk menyetel *rack* bahan bakar dan menurunkan *rpm* ke *155 rpm* untuk menjaga *temperature* gas buang tiap silinder agar tidak melebihi 400°C dan menyalakan *auxiliary blower* dikarenakan saat itu juga silinder nomor 1,3,5 sudah mengalami patah ring piston sehingga suhu gas buang naik pada semua silinder. Setelah kapal sandar di Pelabuhan Karingau Balikpapan, KKM memerintahkan untuk melakukan *overhaul* pada *turbocharge main engine* agar dapat beroperasi kembali normal.

Berdasarkan kejadian tersebut di atas, maka penulis menuangkan permasalahan tersebut dalam bentuk Tugas Akhir dengan suatu permasalahan dan penanganan masalah sesuai dengan pengalaman yang penulis dapatkan selama melakukan praktek di kapal dengan judul “Identifikasi Faktor Penyebab

Surging Pada Turbocharge Main Engine Type HHM-MAN B&W 6L42MC Di MV. Tanto Sakti 2” Adapun alasan dari penulis memilih judul tersebut adalah untuk lebih mempelajari tentang *turbocharge main engine* baik dari fungsi atau kegunaannya, cara perawatannya, komponen-komponennya dan pengaruhnya, mengingat *turbocharge* adalah komponen yang krusial dari *main engine* di kapal.

Mesin utama (*main engine*) merupakan komponen paling vital dalam sistem propulsi kapal karena berfungsi menghasilkan tenaga penggerak untuk memutar propeller. Keandalan mesin utama sangat menentukan kemampuan kapal untuk beroperasi secara optimal, aman, dan efisien. Pada kapal niaga seperti MV Tanto Sakti 2, mesin utama tipe HHM-MAN B&W 6L42MC dirancang untuk bekerja secara kontinu dengan beban tinggi dalam jangka waktu panjang. Oleh karena itu, setiap gangguan pada sistem mesin utama dapat berdampak langsung pada keselamatan pelayaran, keterlambatan operasi, dan kerugian finansial. Salah satu komponen pendukung yang sangat berpengaruh terhadap performa mesin adalah **Turbocharger**. Turbocharger meningkatkan suplai udara bertekanan tinggi ke dalam silinder sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna, tenaga mesin meningkat, dan konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien. Dengan kata lain, tanpa turbocharger, mesin modern seperti HHM-MAN B&W 6L42MC tidak dapat beroperasi pada performa optimalnya. Keberadaan turbocharger juga membantu memenuhi regulasi emisi gas buang internasional seperti MARPOL Annex VI.

Turbocharger bekerja pada putaran sangat tinggi (hingga >20.000 rpm), suhu tinggi, dan tekanan udara besar. Kondisi ekstrem tersebut

membuat turbocharger sangat sensitif terhadap perubahan kecil pada aliran udara atau kondisi mesin. Salah satu gangguan yang paling berbahaya dan sering terjadi adalah **Surging**. Surging adalah kondisi ketika aliran udara pada sisi kompresor turbocharger menjadi tidak stabil. Aliran udara yang seharusnya mengalir menuju manifold isap berubah menjadi aliran bolak-balik (flow reversal). Ketidakstabilan tersebut terjadi karena kompresor bekerja pada titik yang melampaui batas stabilitasnya. Ketika surging terjadi, gejala umum yang muncul antara lain: Suara keras seperti “ngik-ngik” atau “batuk” dari turbocharger, Getaran sangat kuat pada housing turbocharger, Penurunan tekanan udara masuk, Fluktuasi putaran mesin, Meningkatnya tekanan gas buang. Dampak dari surging sangat serius, antara lain: Kerusakan mekanis pada baling-baling kompresor, bearing turbo, dan poros. Overheating karena kompresor bekerja tidak stabil. Pembakaran tidak sempurna, sehingga konsumsi bahan bakar meningkat. Kerusakan sistem mesin utama, yang dapat menyebabkan mesin mati mendadak (*emergency shut down*). Downtime operasional kapal dan biaya perbaikan sangat tinggi. Karena itu, memahami penyebab surging dan melakukan tindakan pencegahan merupakan hal yang sangat penting untuk menjaga keandalan kapal.

Mesin HHM-MAN B&W 6L42MC adalah mesin diesel dua langkah berdaya besar yang banyak digunakan pada kapal kargo. Mesin tipe ini menggunakan turbocharger tunggal yang dirancang untuk menghasilkan suplai udara yang konsisten pada berbagai kondisi operasi.

Namun, mesin tipe ini memiliki beberapa karakteristik yang membuatnya sensitif terhadap surging, Sistem udara masuk dan buang yang

sangat bergantung pada kebersihan saluran. Komponen turbocharger yang rentan *fouling* dan *erosion*. Kinerja mesin yang sangat dipengaruhi oleh kondisi beban, terutama saat manuver keluar masuk pelabuhan. Permukaan bilah kompresor yang dapat kehilangan efisiensi jika terjadi deposit karbon atau kotoran. Ketika mesin bekerja pada putaran

rendah atau kondisi beban yang bervariasi, turbocharger dapat mengalami ketidakcukupan aliran udara, yang pada akhirnya memicu surging. Beberapa faktor utama yang sering menjadi penyebab surging, terutama pada kapal seperti MV Tanto Sakti 2 dengan mesin HHM-MAN B&W 6L42MC. Fouling pada Sisi Kompresor Penumpukan kotoran atau deposit minyak pada bilah kompresor menyebabkan bentuk aerodinamis bilah berubah. Akibatnya, Efisiensi kompresor menurun, Titik operasi kompresor bergeser menuju garis surging, Ini adalah penyebab surging paling umum pada mesin yang jarang dibersihkan. Restriksi pada Jalur Masuk Udara Aliran udara ke kompresor dapat terhambat karena Air filter kotor, Saluran udara masuk tersumbat, Katup intake tidak bekerja baik. Jika tekanan udara masuk terlalu rendah, kompresor tidak dapat mempertahankan aliran stabil. Back Pressure pada Jalur Gas Buang Tekanan gas buang yang terlalu tinggi membuat turbin turbocharger tidak mampu berputar pada kecepatan yang dibutuhkan untuk menghasilkan tekanan udara yang stabil. Kondisi ini dapat disebabkan oleh, Manifold gas buang tersumbat karbon, Saluran gas buang sempit, Kerusakan pada sistem exhaust valve, Semakin tinggi back pressure, semakin besar peluang terjadinya surging. Kerusakan Bearing atau Ketidaksejajaran Poros Jika poros turbocharger mengalami gesekan berlebih atau ketidak sejajaran, Putaran

turbocharger menurun Getaran meningkat Aliran udara menjadi tidak stabil Kondisi ini sangat berpotensi menyebabkan surging berulang. Ketidakseimbangan antara Suplai Bahan Bakar dan Suplai Udara Surging dapat terjadi ketika mesin menerima bahan bakar terlalu banyak (overfueling), tetapi suplai udara tidak mencukupi. Kondisi ini biasanya terjadi saat Mesin cepat naik putaran (accelerating), Injeksi bahan bakar mengalami fault, Governor bekerja tidak stabil. Kondisi Lingkungan Lingkungan laut sangat kaya dengan partikel debu garam, kelembapan tinggi, dan minyak. Jika tidak terkontrol, partikel-partikel ini dapat masuk ke turbocharger dan mempercepat fouling. Dampak Surging Bagi Operasional Kapal Surging menimbulkan sejumlah dampak serius, di antaranya Kerusakan Komponen Turbocharger Surging menyebabkan benturan udara berulang pada bilah kompresor, sehingga dapat memicu keretakan atau patahnya bilah. Penurunan Efisiensi Bahan Bakar. Karena aliran udara berkurang, pembakaran bahan bakar tidak sempurna sehingga konsumsi meningkat. Kenaikan Emisi Mesin yang surging menghasilkan lebih banyak asap hitam, NO_x, dan PM. Risiko Keamanan. Jika surging terjadi secara terus-menerus, turbocharger bisa gagal total (turbocharger failure), berpotensi menyebabkan kebakaran atau kerusakan mesin utama.

Pentingnya Identifikasi Penyebab Surging pada MV Tanto Sakti 2. Insiden surging yang terjadi pada kapal MV Tanto Sakti 2 menjadi alasan utama perlunya dilakukan penelitian ini. Hingga saat ini, belum ada dokumentasi atau analisis menyeluruh mengenai, Penyebab spesifik surging, Kondisi turbocharger berdasarkan data lapangan, Hubungan antara pola

operasi mesin dan kejadian surging, Efektivitas prosedur perawatan turbocharger yang dilakukan selama ini. Tanpa identifikasi yang tepat, masalah surging kemungkinan akan berulang dan menyebabkan biaya perawatan yang semakin tinggi. Urgensi Penelitian Penelitian ini sangat penting karena Mengurangi Risiko Kerusakan Turbocharger Turbocharger merupakan salah satu komponen termahal pada sistem mesin kapal. Kerusakan berat dapat menghabiskan biaya ratusan juta rupiah. Meningkatkan Efisiensi Operasional Dengan mengatasi penyebab surging, konsumsi bahan bakar dapat ditekan. Menjamin Keamanan Kapal dan Awak Surging yang tidak tertangani dapat memicu kerusakan fatal. Mendukung Perawatan Preventif Temuan penelitian dapat dijadikan dasar SOP perawatan turbocharger.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan ruang lingkup masalah yang sudah disampaikan pada pembahasan sebelumnya, maka perumusan dari permasalahan yang ingin disampaikan dalam penulisan ini adalah:

1. Faktor apakah yang menyebabkan terjadinya surging pada turbocharge?
2. Bagaimana mencegah terjadinya surging pada turbocharge?
3. Bagaimana upaya dan perawatan agar turbocharge dapat bekerja secara normal sesuai dengan manual book pada turbocharge di MV. TANTO SAKTI 2?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis ialah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya surging turbocharge
2. Untuk mengetahui bagaimana upaya dan perawatan turbocharge agar main engine dapat bekerja secara normal.
3. Mengetahui dan menganalisis secara menyeluruh penyebab terjadinya surging pada turbocharger main engine type HHM–MAN B&W 6L42MC di kapal MV Tanto Sakti 2

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis terhadap pengembangan ilmu teknik perkapalan, khususnya dalam memahami lebih dalam mengenai fenomena surging pada turbocharger tipe HHM-MAN B&W 6L42MC. Melalui pendekatan kualitatif, penelitian ini memperkaya referensi ilmiah mengenai faktor-faktor teknis dan operasional yang dapat menyebabkan terjadinya surging. Hasil temuan ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya dalam bidang teknik mesin kapal maupun sistem pemeliharaan mesin secara umum. Selain itu, penelitian ini juga berperan dalam memperkuat teori mengenai hubungan antara beban operasional mesin induk dengan gangguan pada sistem turbocharger, sehingga dapat mendukung pengembangan model pemeliharaan preventif yang lebih efektif. Dengan demikian, penelitian ini turut memberikan sumbangan penting dalam

membangun dasar teoritis yang lebih komprehensif terkait performa dan permasalahan sistem turbocharger di dunia pelayaran.

2. Manfaat Praktis

Penelitian kualitatif yang berjudul “Identifikasi Faktor Penyebab Surging pada Turbocharge Main Engine Type HHM-MAN B&W 6L42MC di MV Tanto Sakti 2” memiliki berbagai manfaat praktis. Bagi perusahaan pelayaran PT Tanto Intim Line, hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran nyata dan mendalam mengenai faktor-faktor teknis serta operasional yang menyebabkan terjadinya surging pada turbocharger. Informasi ini sangat berguna sebagai bahan evaluasi untuk meningkatkan sistem perawatan dan operasional mesin induk, khususnya dalam penyusunan prosedur pemeriksaan dan pemeliharaan turbocharger agar gangguan serupa tidak terulang. Bagi para engineer kapal, seperti teknisi mesin dan technical superintendent, penelitian ini menjadi acuan praktis dalam mengenali gejala awal surging serta langkah-langkah pencegahannya secara cepat dan tepat. Selain itu, bagi kalangan akademisi atau taruna pelayaran, penelitian ini berfungsi sebagai referensi empiris yang menghubungkan teori mesin diesel dengan permasalahan nyata di lapangan, sehingga dapat dijadikan sebagai studi kasus dalam penulisan laporan akhir, tugas kuliah, atau penelitian lanjutan. Tak hanya itu, hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan oleh pihak galangan kapal atau bengkel re-manufacture sebagai data lapangan yang berharga dalam merancang strategi overhaul, perbaikan, atau modifikasi turbocharger agar lebih tahan terhadap risiko surging.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Penulis & Tahun	Judul	Metode & Hasil Penelitian	Perbedaan
1	Knežević et al. (2020) – <i>Journal of Marine Science and Engineering</i>	<i>Fault Tree Analysis and Failure Diagnosis of Marine Diesel Engine Turbocharger System</i>	Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA), Simulasi Pada Wärtsilä-Transas Simulator (MAN 6S60MC-C). Hasil Penelitian Identifikasi Penyebab Utama Kegagalan Turbocharger Termasuk Fouling, Blockage, Overheat. Memberikan Pemodelan Dan Probabilitas Kerusakan. Fokus Pada <i>Preventive Maintenance Planning</i> .	Skala Internasional Dan Berbasis Simulasi Modern. Tidak Spesifik Membahas MAN B&W 6L42MC Atau Kapal MV Tanto Sakti 2. Fokus Pada Reliability Dan Fault Prediction, Bukan Identifikasi Empiris Faktor Penyebab Aktual Di Lapangan.
2	Mizythras et al. (2022) <i>International Journal Of Engine Research</i>	<i>A Novel Objective-Oriented Methodology For Marine Engine Turbocharger Matching</i>	Metode: Pengembangan Model 0-D Silinder Pemetaan Kompresor Parametris. Hasil: Metodologi Baru Dalam Pemilihan Turbocharger Untuk Efisiensi Optimal, Mempertimbangkan Konsumsi Bahan Bakar, Profil Operasi Kapal, Dan Matching Performa Turbo-Engine. Studi Kasus: Aframax Tanker (MAN Engine)	Fokus Pada Proses Pemilihan Turbocharger Yang Optimal, Bukan Gangguan (surging). Pendekatan Simulatif Dan Teoritis, Bukan Berdasarkan Studi Lapangan Aktual. Tidak Menyelidiki Surging Secara Spesifik Pada HHM-MAN B&W 6L42MC.

No	Penulis & Tahun	Judul	Metode & Hasil Penelitian	Perbedaan
3.	Tazani et al. (2020) – Jurnal Nasional Teknologi Terapan	<i>Strategi Mengatasi Penyebab Surging Pada Mesin Diesel Penggerak Utama Di MT. Ontari</i>	Metode: Kualitatif Deskriptif Dengan Analisis SWOT. Observasi Lapangan Dan Wawancara. Hasil: Faktor Penyebab Surging Termasuk Liner Oversize, Piston Ring Patah, Sludge Di Scavenging Air Trunk, Tekanan Udara Bilas Rendah. Solusi: Blower Manual, Overhaul Spare Parts, Pengurangan Putaran Mesin.	Paling Mirip Dengan Topik Anda. Namun, Berbeda Dari Segi kapal (MT Ontari), Mesinnya Sama-Sama MAN B&W 6L42MC. Fokus Pada Strategi Penanggulangan, Skripsi Anda lebih Fokus Pada Identifikasi Awal Dan Bukan Penanganan
4.	Agus Tjahjono, Vega F. Andromeda, Purwanton o, A. A. Tazani(2022)	<i>“Impact Analysis Of Oversize Cylinder Liner On Piston Ring And Surging For Main Engine” (Prosiding / Makalah Konferensi / Artikel Terindeks Di Repository).</i>	Studi kasus On-Board (pengukuran Dan Inspeksi Mesin Pada kapal MT. ONTARI), Kombinasi Pengamatan Lapangan, Inspeksi Komponen (liner, Piston Ring), Hasil Versized Cylinder Liner Menyebabkan Incomplete Combustion Yang Menghasilkan Gas Sisa Dan Fluktuasi Tekanan/Temperature Sehingga Turbocharger Kadang Berputar Tidak Stabil Dan Timbul Gejala Surge; Rekomendasi Perbaikan Mesin Pembakaran (Re-Bore / Perbaikan Liner), Pembersihan Ruang Bakar, Perawatan Filter Udara Dan Pemeriksaan Pemetaan Bahan Bakar.	Penelitian Ini Kasus Pada Kapal MT. ONTARI Dan Fokus Pada Oversize Cylinder Liner Sebagai Pemicu; Bukan Analisis Lengkap Komponen turbocharger (mis. wastegate, VGT, intercooler, ducting) ataupun Log Kejadian Dari MV Tanto Sakti 2. Jika Anda Meneliti MV Tanto Sakti 2, Poin- Poin Liner & Pembakaran Tetap Relevan, Tetapi Perlu Ditambah Data Operasi/Diagnostics Spesifik
5	Afdolludin Afta Tazani (2021)	<i>Strategi Mengatasi Penyebab Surging Mesin Diesel Penggerak Utama di MT. Ontari</i>	Deskriptif kualitatif (SWOT), Hasil Faktor Penyebab Utama Tetap Sama, Namun Penelitian Ini Menekankan Strategi Operasional Seperti Pengaturan Blower Manual Dan Pengurangan Konsumsi Pelumas Silinder (Tazani, 2021)	Lebih Menitikberatkan Pada strategi Preventif Operasional Dibanding Analisis Sebab.

B. Landasan Teori

1. Pengertian Turbocharge

Menurut (Sukoco & Arifin, Teknologi Motor Diesel, 2013) bahwa turbocharge yaitu komponen main engine yang memiliki fungsi untuk menjadi pompa isap dan pompa tekan udara agar masuk ke dalam main engine untuk membilas udara dan pembakaran yang sempurna pada main engine, turbocharge dapat menaikkan daya 30 – 45% dan jumlah udara yang masuk ke main engine dengan memanfaatkan gas buang. Menurut (Endrodi, 2004) Pada mesin diesel menggunakan turbocharge memiliki fungsi agar dapat memasukkan udara dalam jumlah yang banyak ke dalam silinder. Hal tersebut bertujuan untuk menambah jumlah oksigen sehingga akan terjadi pembakaran yang sempurna dan mendapatkan daya yang lebih besar pada main engine dibandingkan tanpa menggunakan turbocharge. Menurut (Mahadi, 2010) Turbocharge yaitu bagian yang berupa kompressor pada main engine untuk menambah daya mesin dengan cara menambah massa oksigen saat proses pembakaran pada main engine.

Menurut (Maanen, 1995) fungsi dari turbocharge yaitu untuk menghasilkan udara yang bertekanan dari blower menuju ruang pembakaran. Turbocharge adalah ide yang ditemukan oleh seorang insinyur Swiss Alfred Buchi. Patennya untuk turbocharge diaplikasikan untuk dipakai pada tahun 1905. Lokomotif dan kapal bermesin diesel dengan turbocharge mulai terlihat tahun 1920an. Prinsip kerja turbocharge adalah dengan proses pembuangan gas buang di dalam silinder motor dilakukan oleh piston yang mendorong gas buang hasil pembakaran

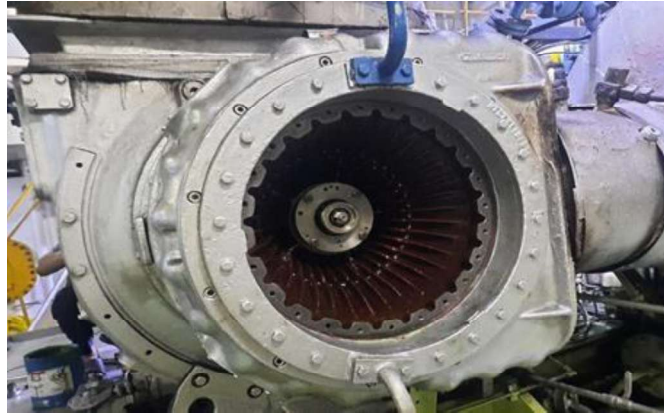
sehingga gas buang di dalam ruang bakar terdorong keluar melalui katup buang menuju saluran gas buang. Gas buang menekan ke suatu roda turbin sehingga menghasilkan putaran. Blower dipasang seporos dengan roda turbin menghasilkan putaran akibat terdorong oleh gas sisa hasil pembakaran yang keluar melalui cerobong mesin, sehingga menghasilkan tekanan udara, hembusan udara yang mengakibatkan terjadinya pemadatan udara masuk dengan tekanan di atas satu atmosfer ke dalam silinder. Menurut (Johan, 2014) perawatan turbocharge yang kurang tepat dapat berdampak pada kerugian di operasional kapal karena pengadaan spare part sangat mahal. Oleh karena itu maintenance yang dilakukan harus sesuai manual book.

Turbocharge yang digunakan di MV. Tanto Sakti 2 adalah ABB-VTR 454, *turbocharge* ini sangat penting karena meningkatkan kinerja pada *main engine* dan dapat mengatasi kerugian daya yang disebabkan dari berkurangnya kepadatan udara atmosfer pada ketinggian tertentu. Terdapat dua bagian utama dari *turbocharge* yaitu *turbin side* dan *blower side*, *turbin side* berfungsi untuk merubah panas dan tekanan pada gas buang menjadi daya putar untuk menggerakkan *blower side*, sedangkan *blower side* berfungsi untuk menghisap udara bersih dari luar untuk mensuplai udara dari luar masuk ke dalam ruang bak.

a. Turbin side

Turbin Side adalah komponen kunci dalam sistem turbocharge pada main engine, seperti yang digunakan dalam kendaraan bermotor atau mesin industri besar. Fungsinya adalah untuk meningkatkan efisiensi

dan performa mesin dengan memanfaatkan energi gas buang yang terbang.



Gambar 2. 1 *Turbin Side*

Sumber : Dokumen Penelitian, 2023

Fungsi dan cara kerja :

1) Penangkapan gas buang :

Turbin sisi turbocharge terletak pada sisi mesin yang menerima gas buang dari ruang pembakaran. Gas gas ini mengalir ke turbin setelah melewati silinder dan proses pembakaran.

2) Konversi energi :

Di dalam turbin, gas buang bertekanan tinggi dan suhu tinggi memutar bilah-bilah turbin. Proses ini mengubah energi termal dan kinetik gas buang menjadi energi mekanik putaran.

3) Penggerak Kompresor :

Energi mekanik dari turbin ini kemudian digunakan untuk memutar kompresor sisi lain dari turbocharge. Kompresor ini mengisap udara dari lingkungan dan memampatkannya sebelum memasukkannya kembali ke ruang pembakaran mesin.

4) Peningkatan Daya dan Efisiensi :

Dengan menambah jumlah udara yang tersedia untuk pembakaran, mesin dapat menghasilkan lebih banyak daya dan bekerja lebih efisien. Turbocharge juga membantu dalam mengurangi konsumsi bahan bakar karena mesin dapat bekerja dengan campuran udara dan bahan bakar yang lebih optimal.

5) Desain dan material :

a) Bahan

Turbin sisi turbocharge biasanya terbuat dari bahan-bahan yang tahan panas tinggi seperti titanium atau superalloy untuk menahan suhu ekstrem dan tekanan yang tinggi.

b) Desain

Turbin dirancang dengan bentuk bilah yang aerodinamis untuk memaksimalkan efisiensi konversi energi. Desain ini juga mempertimbangkan penanganan aliran gas buang yang optimal untuk mencegah kerugian daya.

b. *Blower side / Compressor Wheel*

Blower side turbocharge, yang juga dikenal sebagai kompresor *turbocharge*, merupakan bagian integral dari sistem turbocharge pada main engine. Komponen ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi mesin dengan meningkatkan jumlah udara yang masuk ke ruang pembakaran.



Gambar 2. 2 *Blower Side*

Sumber : Dokumen Penelitian, 2023

Fungsi dan cara kerja :

1) Pengambilan Udara :

Blower sisi turbocharge terletak di sisi yang berlawanan dari turbin dalam sistem turbocharge. Komponen ini mengisap udara dari atmosfer melalui filter udara

2) Pemampatan Udara :

Setelah udara masuk ke blower, udara dikompresi oleh bilah-bilah kompresor yang berputar dengan kecepatan tinggi. Proses ini meningkatkan tekanan dan kepadatan udara sebelum udara tersebut masuk ke ruang pembakaran mesin.

3) Peningkatan Daya :

Dengan meningkatkan tekanan udara yang masuk ke ruang pembakaran, mesin dapat membakar lebih banyak bahan bakar secara efisien. Ini menghasilkan tenaga lebih besar tanpa perlu menambah ukuran mesin.

4) Pendinginan Udara :

Udara yang dikompresi juga menjadi panas akibat proses pemampatan. Beberapa sistem turbocharge dilengkapi dengan intercooler untuk mendinginkan udara sebelum masuk ke mesin, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran lebih lanjut.

5) Desain dan material :

a) Bahan :

Blower biasanya dibuat dari material yang ringan dan kuat, seperti aluminium atau paduan titanium, untuk mengurangi bobot dan mengatasi beban termal serta mekanis yang tinggi.

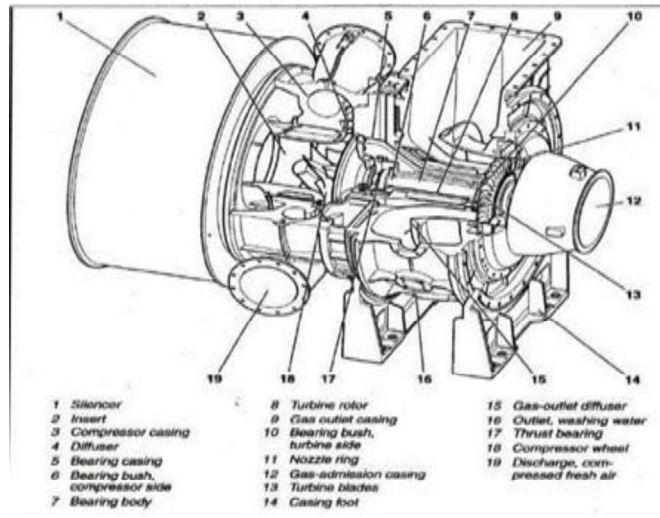
b) Desain :

Desain bilah kompresor yang aerodinamis dan geometri yang presisi sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi pemampatan udara. Bentuk bilah dirancang untuk mengoptimalkan aliran udara dan mengurangi kehilangan energi.

(1) Komponen-komponen turbocharge

Menurut (Alfalah, Sulisty, & Ikhsan, 2017) turbocharge didefinisikan sebagai salah satu komponen tambahan pada pembakaran yang berfungsi untuk meningkatkan udara masuk ke dalam main engine sehingga power yang dihasilkan lebih besar. Komponen yang utama terdiri dari turbin dan kompresor, turbin pada

turbocharge digerakkan oleh gas buang main engine kemudian putaran turbin yang dihasilkan akan menggerakkan kompressor untuk meningkatkan udara yang masuk ke main engine dan membuat konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien. Turbocharge berputar pada kecepatan tinggi dan menghasilkan udara dengan tekanan diatas 1 atm dimanfaatkan untuk menaikkan tekanan udara masuk pada main engine. Turbocharge merubah sistem masuk udara dari konsep natural menjadi sistem induksi paksa. Jika tanpa menggunakan turbocharge, udara akan dimasukkan ke dalam silinder dengan mengadakan kevakuman yang terbentuk dari pergerakan piston saat bergerak dari TMA menuju TMB. Jika main engine memakai turbocharge maka udara akan ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompressor yang diputar oleh turbin side yang digerakkan oleh gas buang hasil pembakaran pada main engine. (Sumardiyanto & Susilowati, 2017) Menurut (Kristanto & Hartadi, 2001) penambahan turbocharge akan membantu meningkatkan tekanan dalam ruang bakar sehingga daya dan torsi.



Gambar 2. 3 Komponen *Turbocharge*

Sumber : manual book HHM-MAN B&W 6L42MC

Menurut Wiranto (Arismunandar & Wiranto, 2019) untuk meningkatkan performa mesin diesel salah satunya dengan cara menggunakan turbocharge. Gas buang seluruh silinder akan disalurkan melalui exhaust manifold dan diekspansikan di turbin side sehingga menghasilkan energi mekanik yang digunakan sebagai tenaga agar dapat memutar bagian blower side.

Bagian-bagian turbocharge adalah :

(a) Rumah Kompresor (Blower)

Terbuat dari bahan aluminium tersambung dengan bagian pusat (centre core) ditahan oleh baut dan cincin plat.

(b) Pusat Inti (Centre core)

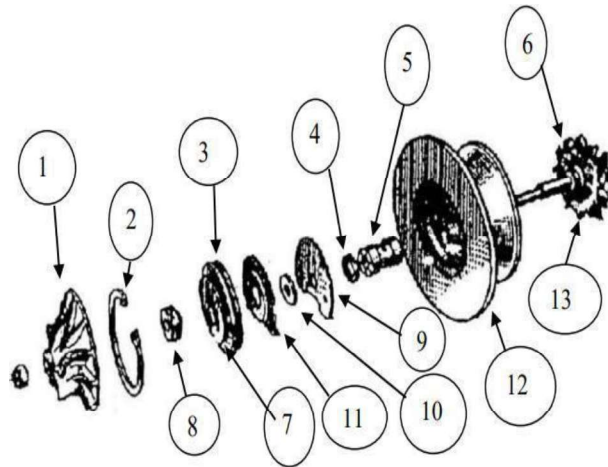
Bagian ini terdapat beberapa bagian yaitu poros turbin, roda kompresor (blower), bantalan, ring,

dan cincin plat. Bagian yang ikut berputar yaitu turbin shaft, compressor wheel, shaft bearing, thrust, washer, dan oil seal ring.

(c) Rumah Turbin

Menggunakan bahan dari cast steel dan disambung dengan bagian rumah pusat inti atau yang disebut centre core dengan menggunakan cincin baja penjamin. Diantara itu sambungan rumah turbin dan manifold.

Bagian-bagian pusat inti adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Bagian Pusat Inti (*centre core*)

Sumber: *Manual book Turbocharge*

Keterangan gambar

- 1)) *Compressor Wheel*
- 2)) *Piston Ring*
- 3)) *Bearing*
- 4)) *Thrust Washer*
- 5)) *Piston Ring*

- 6)) *Insert*
- 7)) *Spacer Sleeve*
- 8)) *Thrust Plate*
- 9)) *Thrust Plate*
- 10)) *Oil Deflector*
- 11)) *Bearing Housing*
- 12)) *Shaft & Turbin Wheel*
- 13)) *Poros (Shaft)*

Bagian-Bagian *Penting* Turbocharge

a. *Turbine Shaft*

Turbin shaft adalah bagian yang mempunyai fungsi sebagai alat untuk mengkonversikan sebuah energi panas fluida saat yang melewatinya akan jadi energi mekanis putaran poros turbin, turbin shaft turbocharge yaitu bagian yang penting pada sistem turbocharge yang memiliki tanggung jawab untuk menghubungkan roda kompresor dengan roda turbin. Turbin di turbocharge terdiri dari casing dan rotor. Gas buang masuk melewati bagian casing mengalir mengikuti bentuk casing (keong) dan masuk ke sudu melewati tepi rotor. Berikutnya gas buang akan mengalir seperti bentuk dari sudu turbin sekaligus mengalami prosedur penyerapan panas dan tekanan menjadi putaran, dan terakhir bergerak ke bagian tengah rotor untuk keluar ke arah exhaust.



Gambar 2. 5 Shaft Turbocharge

Sumber : <https://indonesian.marineturbochargerparts.com/sale/11298123-mixed-flow-turbo-rotor-abb-turbocharger-shaft-rr-series-marine-turbocharger-parts.html>

1) Bearing Housing/ Center Housing Turbin dan compressor

Terdiri dari bagian rotor dan rumah casing, bagian tersebut ditopang oleh bearing (bantalan) ditengah antara kompressor dan turbin. Perakitan casing turbin dan juga compressor disatukan dengan system bernama Center Housing & Rotation Assembly (CHRA). Poros turbocharge bisa berputar hingga 100.000 rpm, oleh karena itu butuh bearing kualitas terbaik dengan material yang terbuat dari perunggu. Namun pada jenis bearing modern menggunakan ball bearing dengan bahan material dari bahan keramik, turbocharge berputar sangat cepat dan memiliki suhu yang tinggi dari gas buang main engine sehingga membutuhkan sistem pelumasan dan pendinginan yang baik agar turbocharge dapat beroperasi dengan sempurna.



Gambar 2. 6 Bearing Turbin side
Sumber : Dokumen Penelitian, 2023

2) Kompresor

Kompresor berperan dalam hal mengubah energi mekanis dari turbin menjadi energi kinetik aliran udara. Hal ini memungkinkan udara yang masuk ke dalam ruang bakar menjadi lebih banyak dan lebih padat, sehingga meningkatkan pembakaran.



Gambar 2. 7 Compressor Blower
Sumber : Dokumen Penelitian, 2023

3) Blow Off Valve

Berfungsi untuk melepaskan udara terkompresi yang terlalu

berlebihan saat akan masuk ke dalam ruang pembakaran saat main engine mulai beroperasi.



Gambar 2. 8 *Blow Off Valves*

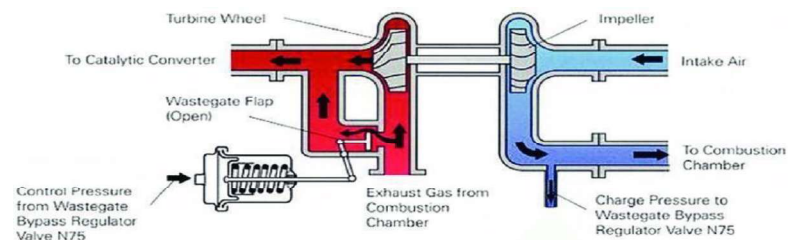
Sumber : <https://www.bar-tek.com/all-about-blow-off-valves>

4) Intercooler

Berfungsi untuk mendinginkan udara yang telah dikompresi oleh turbocharge sebelum masuk ke ruang pembakaran.

5) Wastegates

Berfungsi untuk mengatur tekanan gas buang dari turbocharge agar tidak berlebih.



Gambar 2. 9 *Intercooler*

Sumber: <https://www.researchgate.net/figure/Waste->

Main Engine Main engine mempunyai fungsi untuk menghasilkan sebuah energi dorong agar kapal bisa bergerak maju atau mundur, kapal niaga biasanya memakai mesin diesel untuk penggerak utamanya karena daya yang dihasilkan besar. Menurut (Handoyo, 2015) mesin diesel yaitu pesawat

pembakaran dalam (Internal Combustion Engine) yang disebabkan karena panas yang dihasilkan mendapatkan energi potensial untuk cara kerjanya berasal dari pembakaran bahan bakar yang dilakukan di dalam silinder.

Menurut (Boy, 2009) mesin diesel yaitu mesin yang memiliki cara kerja dengan bolak balik pada piston. Suhu panas dan tekanan pada dalam silinder dihasilkan dari pembakaran dalam silinder yang dikonversikan menjadi energi oleh crankshaft dari pergerakan connecting rod yang tersambung pada piston. Pembakaran dalam silinder akan menghasilkan sumber panas sehingga dibutuhkan pendinginan agar dapat menurunkan temperature main engine, main engine mendapatkan pendinginan dari air tawar. Sistem suhu tinggi (FW-HT) digunakan untuk mendinginkan lubricating oil cooler, jacket cooling, cylinder liner, cylinder head, exhaust valve dan intercooler pada main engine.

Menurut (Maanen, 1995) sistem pendinginan pada mesin diesel dibutuhkan sistem yang terdiri dari pipa, pompa, dan media pendingin. Sistem yang komplek tersebut dikarenakan main engine dihubungkan pada sebuah sistem pendinginan dan beberapa pesawat bantu lainnya juga membutuhkan sistem pendinginan. Menurut (Endrodi, 2004) supaya mesin diesel bisa bekerja maksimal secara terus menerus pada kondisi aman, maka komponen main engine yang menerima panas seperti komponen

lubricating oil cooler, cylinder liner, cylinder head, exhaust valve, dan intercooler dipindahkan ke zat pendingin berupa air tawar sebagai medianya. Komponen logam tersebut akan meleleh pada suhu tinggi jika tidak mendapatkan media pendingin, oleh karena itu media pendingin berupa air tawar dibutuhkan agar dapat memindahkan panas dan mencegah kerusakan pada material tersebut. Main engine yang dipakai MV. TANTO SAKTI 2 adalah mesin diesel jenis 2 tak yang memiliki siklus pembakaran dalam dua langkah saja, mesin ini dikenal karena sederhana dan kecepatannya yang tinggi, namun juga memiliki kekurangan dalam hal efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang. Prinsip kerja mesin diesel 2 tak adalah menyelesaikan satu siklus pembakaran dalam dua langkah piston atau satu putaran poros engkol. Proses ini mencakup langkah kompresi dan pembakaran secara bersamaan, di mana bahan bakar dan udara masuk serta gas buang keluar pada waktu yang hampir bersamaan.

Menurut (Khaeroman & Susanto, 2022) Langkah – langkah siklus pembakaran mesin 2 tak :

a) Langkah pertama:

Proses ekspansi, Pembuangan dan Pembulatan awal 1.

Torak pertama kali bergerak dari TMA ke TMB, pertama digerakkan oleh udara pejalan (air starting). Apabila mesin sudah bergerak ke atas melewati batas sekitar 20% di atas TMB, maka hal ini berarti torak sudah langsung melakukan

langkah kompresi sampai TMA dan seterusnya pengabut bekerja, terjadilah proses pembakaran yang masih berlangsung mulai dari sekitar 10o sebelum TMA sampai sekitar 5o engkol setelah TMA. Pembakaran pada volume tetap maka terjadi prose ekspansi. 2. Akibat pembakaran timbul panas yang menghasilkan tenaga atau daya yang sangat besar yang diteruskan torak yang bergerak ke bawah untuk memutar poros engkol mesin. 3. Pada saat torak berada $\pm 20\%$ dari langkahnya sebelum TMB, torak akan sampai pada permukaan bagian atas lubang pembuangan sehingga terjadi proses pembuangan gas bekas pembakaran selama $\pm 20\%$ dari langkah torak sampai di TMB. 4) Pada saat torak berada $\pm 10\%$ dari langkahnya sebelum TMB, torak akan sampai pada permukaan bagian atas lubang pembilasan sehingga terjadi 10 proses pembilasan membersihkan sisa-sisa gas bekas pembakaran selama $\pm 10\%$ dari langkah torak sampai di TMB. Proses ini juga disebut pembilasan awal.

b) Langkah ke dua: Proses pembilasan, Kompresi dan Pembakaran

(1) Torak bergerak dari TMB ke TMA

(2) Pada saat torak bergerak ke atas, lubang-lubang udara bilas masih terbuka selama $\pm 10\%$ dari langkah torak dan lubang lubang pembuangan juga masih terbuka selama $\pm 20\%$ dari langkah torak (overlapping)

sehingga terjadi proses pembalasan. Proses udara bilas yang bertekanan $\pm 1,5 \text{ kg/cm}^2$ dari hasil blower turbo charger mendorong keluar sisa-sisa gas pembakaran atau proses ini disebut juga pembilasan susulan.

- (3) Pada saat torak bergerak ke atas sampai $\pm 10\%$ dari langkah torak, lubang- lubang udara pembilasan tertutup dan pada saat torak berada $\pm 20\%$ dari langkah torak, lubang-lubang gas buang tertutup
- (4) Selanjutnya setelah torak bergerak ke atas melewati $\pm 20\%$ dari langkah torak, ketika lubang-lubang udara bilas dan gas buang sudah tertutup semuanya, maka terjadi proses awal kompresi.
- (5) Proses kompresi ketika udara murni yang masuk ke dalam silinder segera ditekan ke atas sampai mencapai tekanan $\pm 40 \text{ kg/cm}^2$.
- (6) Pada saat torak mencapai ± 80 engkol sebelum TMA, pompa tekanan tinggi bahan bakar minyak memompakan bahan bakar minyak ke pengabut dan langsung dikabutkan ke dalam silinder.
- (7) Proses selanjutnya terjadi pembakaran di dalam silinder hingga mencapai suhu $\pm 1.200^\circ \text{C}$. Proses pembakaran ini berlanjut sampai pada torak melewati ± 50 engkol setelah TMA.
- (8) Jadi pada mesin diesel selalu terjadi dua kali proses

pembakaran, yaitu sebelum dan sesudah TMA sehingga disebut juga dual proses pembakaran

b. *Filter Turbocharge*

Filter turbocharge adalah sebuah alat yang menggunakan energi kinetik dari gas buang untuk memampatkan udara yang masuk ke dalam mesin, sehingga meningkatkan tekanan udara di intake manifold. Hal ini memungkinkan mesin untuk menghasilkan tenaga yang lebih besar tanpa meningkatkan konsumsi bahan bakar. *Filter pada turbocharge memiliki beberapa fungsi penting untuk memastikan kinerja mesin yang optimal*

- 1) Menghilangkan debu dan kotoran : Filter udara bertugas menyaring udara kotor yang diisap mesin agar bersih, hal ini sangat penting untuk mencegah kerusakan pada komponen turbocharge dan mesin.
- 2) Mengurangi hambatan : Dengan membersihkan udara, filter udara juga mengurangi hambatan yang dapat mengganggu kinerja turbocharge. Udara yang lebih bersih dapat memasuki ruang bakar dengan lebih efektif, meningkatkan performa mesin.
- 3) Mengurangi kerak pada mesin : Oli mesin diesel mengandung detergen yang membasil jelaga yang timbul agar tidak menjadi kerak pada komponen mesin. Jika ada kerak pada mesin, kinerja mesin akan terganggu, membuat proses pembakaran tidak berjalan optimal dan meningkatkan konsumsi bahan bakar.



Gambar 2. 10 *Filter Turbocharge*
Sumber : Dokumen Penelitian, 2023

4) Pembakaran tidak sempurna

Pembakaran tidak sempurna adalah pada mesin diesel sebagai masalah umum yang dapat mempengaruhi performa, efisiensi bahan bakar, dan emisi kendaraan. Berikut adalah beberapa aspek terkait dengan pembakaran tidak sempurna pada mesin diesel :

a) Penyebab pembakaran tidak sempurna :

Kualitas bahan bakar : Bahan bakar diesel yang tercemar atau berkualitas rendah dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna.

b) Sistem injeksi :

Nozzel injector yang kotor atau rusak, atau tekanan injeksi yang tidak sesuai dapat mempengaruhi penyemprotan bahan bakar, sehingga mengurangi efisiensi pembakaran.

- c) Kompresi mesin :
Kelemahan dalam rasio kompresi mesin atau adanya keausan pada komponen seperti piston dan cincin piston dapat mengganggu proses pembakaran.
 - d) Sistem penyalaaan :
Meskipun mesin diesel tidak menggunakan busi seperti mesin bensin, sistem pemanas bahan bakar yang tidak berfungsi dengan baik bisa mempengaruhi pembakaran, terutama pada suhu rendah.
 - e) Sistem udara :
Masalah dengan sistem penyaringan udara, seperti filter udara yang kotor, dapat mengurangi pasokan udara bersih ke ruang bakar.
- 5) Dampak pembakaran tidak sempurna
- a) Penurunan performa : Mesin mungkin kehilangan tenaga dan respons yang kurang baik.
 - b) Konsumsi bahan bakar meningkat : Pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan bahan bakar tidak terbakar sepenuhnya, sehingga mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi.
 - c) Emisi polutan : Pembakaran tidak sempurna dapat menghasilkan emisi yang lebih tinggi, seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan partikel-partikel padat.

- d) Penumpukan karbon : Karbon dapat menumpuk pada berbagai komponen mesin, termasuk piston dan ruang bakar, yang bisa mengurangi efisiensi dan memperpendek umur mesin.
- 6) Perbaikan dan pencegahan :
- a) Perawatan berkala: Melakukan perawatan rutin, termasuk pembersihan atau penggantian filter udara dan bahan bakar, serta pemeriksaan sistem injeksi.
 - b) Pemeriksaan sistem injeksi : Memeriksa dan merawat nozzel injector untuk memastikan penyemprotan bahan bakar yang tepat
 - c) Kualitas bahan bakar : Menggunakan bahan bakar diesel berkualitas tinggi untuk memastikan pembakaran yang lebih bersih.
 - d) Kalibrasi mesin : Memastikan semua komponen mesin berada dalam kondisi yang baik dan sesuai spesifikasi pabrik. Dengan memahami dan menangani masalah pembakaran tidak sempurna, Anda dapat menjaga performa mesin diesel Anda tetap optimal dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan konsumsi bahan bakar.

2. Pengertian Surging

Surging adalah kondisi dimana saat ada faktor yang tidak sesuai dengan jalannya turbocharge, ini terjadi karena ada tekanan yang tinggi pada manifold scavenge air trunk, sehingga udara yang bertekanan tinggi

tersebut mengalir terbalik kembali menuju arah sisi kompresor dan menyebabkan surging, surging bisa terjadi karena gas buang kurang merata yang dialirkan oleh turbin turbocharge. Menurut (Doug Woodyard, 2009) surging adalah peristiwa dimana saat turbocharge mengalami overrunning lalu berhenti sekejap, dan kemudian berputar kembali dengan normal, tidak lama kemudian overrunning kembali. Saat sebelum terjadi surging, kompresor berputar pada kecepatan di atas kecepatan normal (overrunning), hal itu bisa terjadi dikarenakan kompresor tidak menghasilkan udara bertekanan yang akan disuplai masuk ke dalam main engine, sehingga seakan turbocharge berputar tanpa beban. Surging dapat terjadi karena getaran frekuensi yang tinggi dari impeller (rotor) yang berputar di keadaan tertentu dan kompresor udara harus dapat menyalurkan udara dengan tekanan tertentu sesuai dengan putaran turbin dan karena sebab tekanan udara di dalam ruang pembilasan (scavenge air trunk) sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara yang dihasilkan oleh blower kompresor, maka akan ada kecenderungan tekanan udara berbalik arah melawan sudu-sudu blower yang berputar. Salah satu penyebab surging di turbocharge dikarenakan ketidakmampuan diffuser untuk menghasilkan tekanan yang cukup untuk mendorong udara menuju ruang bakar. Penyebab surging tidak selalu berasal dari turbocharge, karena turbocharge dengan main engine adalah sebuah pasangan yang saling melengkapi dan memiliki interdependensi yang kuat. Kita akan jabarkan dari tiga sudut pandang penyebab surging yaitu main engine, turbocharge, dan lingkungan saat pengoperasi. Surging dapat dipengaruhi

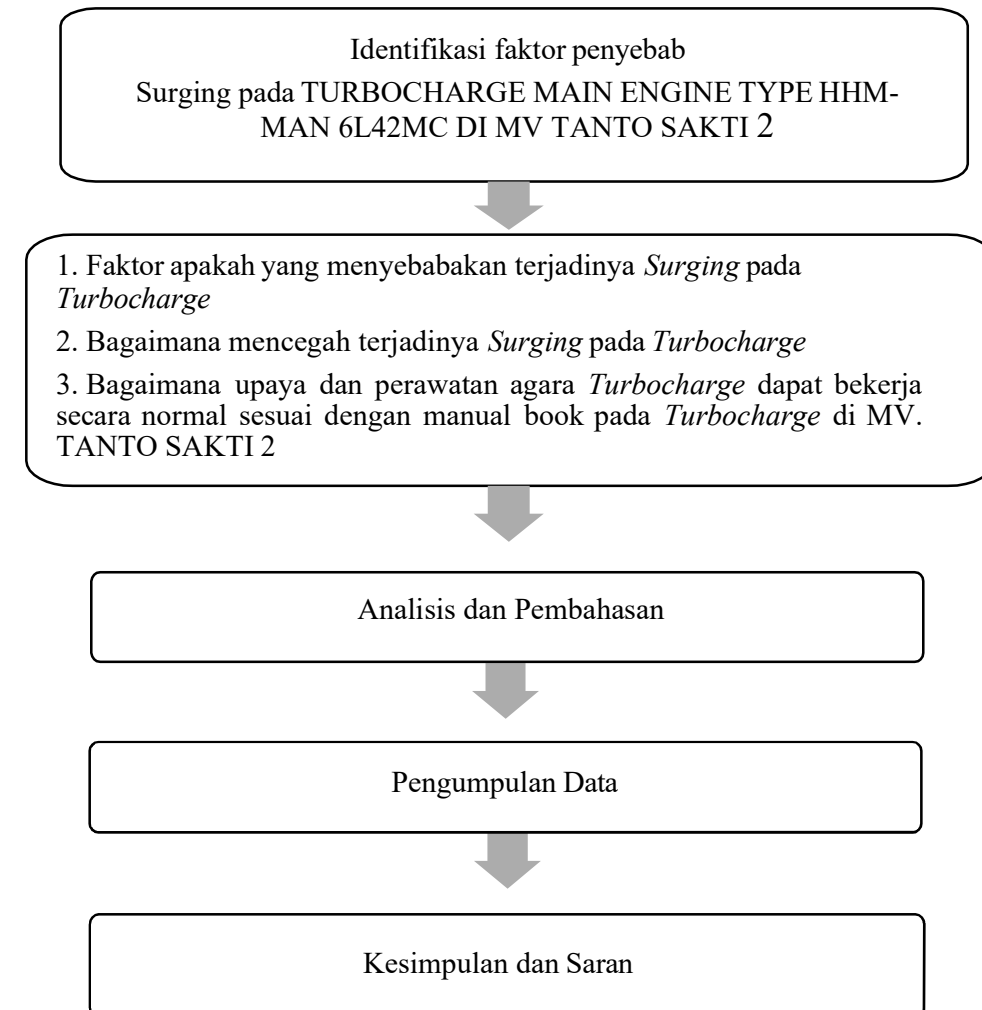
oleh kualitas pembakaran main engine yang kurang sempurna. Pembakaran pada main engine terjadi karena injector menyemprotkan bahan bakar ke dalam silinder yang berisi tekanan udara yang sangat tinggi dan memiliki temperature yang tinggi karena proses kompresi. Saat proses kompresi tekanan udara yang dibutuhkan untuk pembakaran tidak cukup, oleh karena itu proses pembakaran yang berlangsung tidak sempurna dan mengganggu pengoperasian dari turbocharge udara bilas (scavenge air) pada main engine digunakan sebagai sumber udara untuk dikompresikan saat melakukan proses pembakaran di silinder main engine. Penyebab surging bisa dikarenakan kompresi yang lolos pada saat pembakaran, dikarenakan ring piston patah sehingga terjadi pembakaran yang tidak sempurna, dan juga karena ruang scavenge air trunk telah banyak lumpur sisa pembakaran dan minyak lumas ini menyebabkan tekanan udara bilas turun dan terjadi pembakaran yang tidak sempurna sehingga efeknya gas buang akan naik lalu faktor alam karena cuaca buruk sehingga bagian propeller tidak sepenuhnya di dalam air laut sehingga RPM akan naik turun. Udara bilas dapat berfungsi untuk membilas sisa pembakaran di silinder menuju exhaust manifold agar membersihkan sisa gas waktu pembakaran di dalam combustion chamber. Udara bilas bertekanan tinggi itu dihasilkan oleh putaran blower pada turbochager waktu mesin beroperasi dan dibantu oleh auxiliary blower saat kapal melaksanakan manouver dan saat putaran main engine kurang dari 80 RPM (sesuai instruction manual book B&W 6L42MC) turbocharge saat menghasilkan udara bertekanan harus di atas tekanan 1 atm dan dalam keadaan dingin.

Jika saat udara dingin, maka udara itu bisa menjadi padat dan berat. Sehingga molekul oksigennya (O₂) bertambah banyak. Molekul oksigen yang terlalu banyak bisa menjadi pembakaran yang sempurna, sehingga daya mesin menjadi lebih maksimal. Jika hasil udara tekan yang di suplai blower mulai berkurang maka otomatis jumlah udara murni yang masuk ke silinder juga mengalami penurunan. Keadaan ini dapat menyebabkan proses pembakaran di dalam silinder menjadi tidak sempurna dan daya yang dihasilkan main engine tidak maksimal, serta pembilasan sisa gas pembakaran juga tidak bisa berlangsung secara maksimal, sehingga akan banyak sisa kotoran yang terkumpul di dalam ruang pembakaran.

Turbocharge yang digunakan di MV. Tanto Sakti 2 adalah ABB-VTR 454, *turbocharge* ini sangat penting karena meningkatkan kinerja pada *main engine* dan dapat mengatasi kerugian daya yang disebabkan dari berkurangnya kepadatan udara atmosfer pada ketinggian tertentu. Terdapat dua bagian utama dari *turbocharge* yaitu *turbin side* dan *blower side*, *turbin side* berfungsi untuk merubah panas dan tekanan pada gas buang menjadi daya putar untuk menggerakkan *blower side*, sedangkan *blower side* berfungsi untuk menghisap udara bersih dari luar untuk mensuplai udara dari luar masuk ke bak.

C. Kerangka Pemikiran Penelitian

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



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang dipilih pada bagian sebelumnya, penulis memilih permasalahan yang terjadi di MV. Tanto Sakti 2 menggunakan tipe penelitian kualitatif yaitu metode yang digunakan supaya menemukan pengetahuan atau teori saat penelitian diwaktu tertentu (Sukardi, 2013) Permasalahan ini akan berisi kutipan data dan memberi laporan gambaram penyajian laporan, kutipan tersebut berasal dari catatan di kapal, dokumen foto pribadi, dan dokumen resmi lainnya. Adapun permasalahan yang diamati yaitu mengenai identifikasi faktor penyebab surging pada turbocharge main engine type HHM – MAN B&W 6L42MC di MV. Tanto Sakti 2.

B. Tempat / Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Peneliti melakukan penelitian saat Praktek Laut (PRALA) di atas kapal MV. Tanto Sakti 2 milik perusahaan PT. Tanto Intim Line yang beralamat di Alun-Alun Priok No. 27 Surabaya Jawa Timur.

2. Waktu Penelitian

Adapaun waktu dan tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu pada saat peneliti melaksanakan Praktek Laut (PRALA) di atas kapal dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu selama peneliti

melaksanakan praktek berlayar selama 12 bulan yang di mulai dari tanggal 9 agustus 2023 sampai dengan 11 agustus 2024.

C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber Data

Menurut Arikunto (2002), Sumber data adalah benda ,hal atau orang, tempat peneliti mengamati,membaca atau bertanya tentang data. Data peneliti meliputi:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya melalui narasumber yang tepat dan yang dijadikan responden dalam penulisan penelitian. Menurut Sugiyono (2009) yang dimaksud dengan data primer adalah sumber data yang berlangsung memberikan data kepada pengumpul data.

Sumber data yang primer diperoleh dengan cara observasi atau pengamatan terhadap suatu kejadian yang berlangsung pada suatu objek yang diteliti mengenai keadaan pada kegiatan di lapangan maupun yang bersifat observasi dan wawancara. Dalam melengkapi pengamatan juga dilakukan wawancara dengan beberapa narasumber di atas kapal kepada *Master, Chief Officer* dan *Chief Engineer*.

b. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung untuk memperoleh gambaran secara lengkap,utuh,dan menyeluruh maka disamping adanya data primer, masih diperlukan adanya

tambahan yaitu data sekunder. Data sekunder menurut Sugiyono (2016) Data sekunder merupakan sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya melalui orang lain atau lewat dokumen. Jadi data sekunder bersifat mendukung dan melengkapi data primer. Penulis memperoleh data-data ini dari internet yang memiliki kaitan dengan obyek yang diteliti di perpustakaan. Dalam melengkapi penelitian ini juga dilakukan dokumentasi dengan mengambil gambar untuk mengetahui kebenarannya sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan cara yang digunakan peneliti untuk mendapatkan data dalam suatu penelitian. Menurut Sugiyono (2019), Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling utama dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Pengumpulan data dapat dilakukan dalam berbagai sumber dan berbagai cara. Untuk memperoleh data yang diperlukan maka penulis menggunakan Teknik sebagai berikut:

a. Teknik Observasi

Observasi adalah kegiatan dengan perhatian dipusatkan terhadap suatu objek yang melibatkan seluruh indra untuk mendapatkan data. Oleh sebab itu observasi adalah pengamatan langsung dengan indra penciuman, pendengaran, penglihatan, peradaban, dan jika perlu dengan indra perasa. Instrumen yang dipakai pada observasi ini berupa pedoman pengamatan, tes, kuesioner, rekaman gambar, dan

rekaman suara (Siyoto, 2015). Metode Observasi ini adalah bentuk usaha ilmiah dengan mengumpulkan data terhadap subjek pengamatan dengan metode standar yang dilakukan secara sistematis. Dengan memakai metode ini, diperoleh data dengan mengamati masalah yang timbul dan berkaitan dengan identifikasi faktor penyebab surging pada turbocharge main engine type HHM – MAN B&W 6L42MC di MV. TANTO SAKTI.

b. Teknik wawancara

Menurut (Sugiyono, 2009) wawancara yaitu percakapan yang dilakukan oleh dua pihak, yaitu wawancara yang mengajukan pertanyaan dan yang diwawancarai memberikan jawaban atas pertanyaan. Dalam penelitian ini wawancara dilakukan setelah melakukan observasi, wawancara dilakukan oleh peneliti itu sendiri, sedangkan dalam penelitian ini penulis mewawancarai perwira bagian mesin. Dalam interview ini penulis mengajukan pertanyaan - pertanyaan secara lisan kepada *Chief Engineer* selaku kepala kamar mesin di kapal MV. TANTO SAKTI 2. Pada penelitian ini penulis menggunakan tiga teknik pengumpulan data yaitu observasi, wawancara dan studi pustaka. Alasan penulis menggunakan observasi karena pengumpulan data dilakukan secara langsung pada obyek yang diteliti. Wawancara karena penulis melibatkan crew bagian mesin dalam interview penulis mengajukan pertanyaan- pertanyaan secara lisan untuk memperoleh data pendukung karena informasi itu dapat diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, karangan-

karangan ilmiah, ensiklopedia, dan sumber - sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik atau internet. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode studi pustaka karena informasi pendukung diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, karangan-karangan ilmiah, ensiklopedia, dan sumber-sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik atau internet.

c. Teknik Dokumentasi

Menurut Sugiyono (2018) Dokumentasi adalah suatu cara yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi dalam bentuk buku, arsip, dokumen, tulisan angka dan gambar yang berupa laporan serta keterangan yang dapat mendukung penelitian.

Dokumentasi merupakan catatan peristiwa yang telah terjadi. Data yang di dapat berupa tulisan, gambar, atau karya monumental dari seseorang. Dokumen yang digunakan yaitu dokumen yang berhubungan dengan Penulis memperoleh data-data ini dari internet maupun buku-buku yang ada di kapal serta buku yang memiliki kaitan dengan obyek yang diteliti di perpustakaan.

D. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif, dengan pendekatan utama menggunakan metode Fishbone Diagram (Ishikawa Diagram) untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama menurunnya daya mesin induk akibat penurunan performa turbocharge. teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan pendekatan utama

menggunakan metode Fishbone Diagram (Ishikawa Diagram) untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama menurunnya performa turbocharger sehingga menyebabkan surging pada Main Engine HHM-MAN B&W 6L42MC di MV Tanto Sakti 2.

Fishbone Diagram dipilih karena mampu memetakan secara sistematis hubungan sebab-akibat antara masalah utama dan factor teknis penyebabnya. Metode ini efektif, untuk mengidentifikasi akar permasalahan dan menyusun strategi perbaikannya.

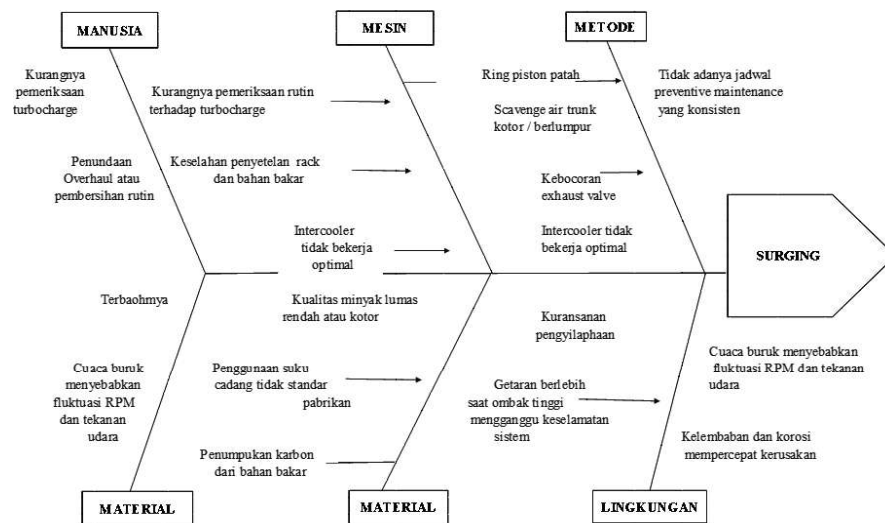
1. Identifikasi Masalah Utama (*Main Problem*)

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif menggunakan model Miles & Huberman yang terdiri dari tiga tahapan utama, Kondensasi Data: penyederhanaan, pemilihan, dan pemusatan data penting. Penyajian Data menyusun data dalam bentuk narasi, tabel, atau bagan agar mudah dipahami. Penarikan verifikasi dan penentuan temuan utama berdasarkan pola yang muncul.

Identifikasi masalah utama Berdasarkan data observasi, wawancara, dan dokumentasi, permasalahan utama yang terjadi pada Turbocharge Main Engine HHM-MAN B&W 6L42MC di MV Tanto Sakti 2 adalah kejadian surging. Faktor-faktor penyebab yang teridentifikasi, Ring piston patah, Scavenge air trunk kotor dan berlumpur, Kebocoran pada exhaust valve, Intercooler tidak bekerja optimal, Minyak lumas kotor, Faktor alam (cuaca buruk, RPM naik turun).

2. Pembuatan Diagram Fishbone

Fishbone Diagram digunakan untuk memetakan penyebab utama timbulnya surging dengan enam kategori penyebab: Man, Method, Machine, Material, Measurement, dan Environment. Diagram ini membantu proses analisis akar masalah secara sistematis sehingga memudahkan penyusunan langkah perbaikan.



Gambar 3. 1 Diagram Fishbone

Sumber : <https://acceleron.com/charge-magazine/how-surging-affects>