

**ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN  
INDUK PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN  
LANGKAH PERBAIKAN DI KAPAL  
MV. TANTO TANGGUH**



Diajukan dalam rangka penyelesaian  
DIII Permesinan Kapal

Disusun oleh :  
**ARRAFI WAL IKHSAN**  
**NPM. 22 02 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III PERMESINAN KAPAL  
POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI DANAU DAN  
PENYEBERANGAN PALEMBANG  
TAHUN 2025**

**ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN  
INDUK PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN  
LANGKAH PERBAIKAN DI KAPAL  
MV. TANTO TANGGUH**



Diajukan dalam rangka penyelesaian  
DIII Permesinan Kapal

Disusun oleh :  
**ARRAFI WAL IKHSAN**  
**NPM. 22 02 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III PERMESINAN KAPAL  
POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI DANAU DAN  
PENYEBERANGAN PALEMBANG  
TAHUN 2025**

**ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN INDUK  
PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN LANGKAH  
PERBAIKAN DI KAPAL MV. TANTO TANGGUH**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**ARRAFI WAL IKHSAN  
NPM. 2202003**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KKW  
Pada tanggal, 19/01/2025

Menyetujui

Penguji I



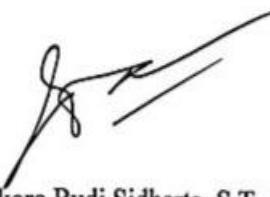
**Ir. M. Fahmi Amrillah, S.T., M.T., IPP.  
NIP: 19950807 202203 1 003**

Penguji II



**Sri Kelana, M.Pd.  
NIP: 198211152009121004**

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Diploma III Permesinan Kapal



**Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc.  
NIP: 19780513 200912 1 001**

**PERSETUJUAN SEMINAR  
KERTAS KERJA WAJIB**

Judul : Analisa Penyebab Patahnya Ring Piston Mesin Induk  
Pada Cylinder No 5 Untuk Melakukan Langkah  
Perbaikan Di Kapal MV. Tanto Tangguh

Nama Taruna/i : Arrafi Wal Ikhsan

NPM : 22 02 003

Program Studi : Diploma III Permesinan Kapal

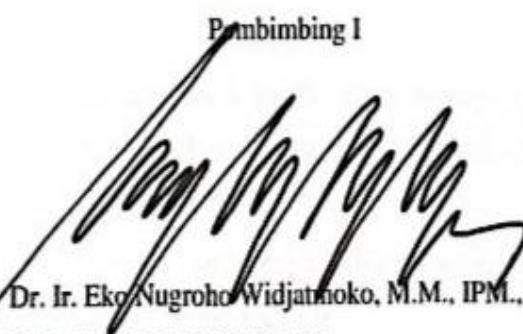
Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Palembang, 19 Agustus 2025

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Eko Nugroho Widjatmoko, M.M., IPM., M.Mar.E  
NIP. 19711221 200212 1 001



Broto Priyono, S.S.I.T., M.T.  
NIP: 197801162000031001

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Diploma III Permesinan Kapal



Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.Sc.  
NIP. 19780513 200912 1 001

## SURAT PENGALIHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARRAFI WAL IKHSAN

NPT : 22 02 003

Program Studi : D-III PERMESINAN KAPAL

Adalah **Pihak I** selaku peneliti asli karya ilmiah yang berjudul "ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN INDUK PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN LANGKAH PERBAIKAN DI KAPAL MV. TANTO TANGGUH"

dengan ini menyerahkan kertas kerja wajib kepada:

Nama : Politeknik Transportasi SDP Palembang

Alamat : Jl. Sabar Jaya no.116, Prajin, Banyuasin 1 Kab. Banyuasin, Sumatera  
Selatan

Adalah **Pihak ke II** selaku pemegang Hak cipta berupa laporan Tugas Akhir Taruna/I, Program Studi Diploma III Permesinan Kapal selama batas waktu yang tidak ditentukan.

Demikianlah surat pengalihan hak ini kami buat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Palembang, 15 Agustus 2025

Pemegang Hak Cipta Pencipta

(Politeknik Transportasi SDP Palembang)

Pencipta



(ARRAFI WAL IKHSAN)

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertandatangan dibawah ini:

NAMA : ARRAFI WAL IKHSAN

NPM : 22 02 003

PROGRAM STUDI : D III PERMESINAN KAPAL

Menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib yang saya tulis dengan judul:

**ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN INDUK PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN LANGKAH PERBAIKAN DI KAPAL MV. TANTO TANGGUH**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KKW tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh politeknik transportasi sungai danau penyeberangan palembang.

Palembang, 19 Agustus 2025

Pencipta



(ARRAFI WAL IKHSAN)



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN  
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN  
BADAN LAYANAN UMUM

POLITEKNIK TRANSPORTASI SUNGAI, DANAU DAN PENYEBERANGAN PALEMBANG



Jl. Sabar Jaya No. 116 | Telp. : (0711) 753 7278 | Email : kepegawaian@poltektranssdp-palembang.ac.id  
Palembang 30763 | Fax. : (0711) 753 7263 | Website : www.poltektranssdp-palembang.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME  
Nomor : 75 / PD / 2025

Tim Verifikator Smiliarity Karya Tulis Politeknik Transportasi Sungai, Danau dan Penyeberangan Palembang, menerangkan bahwa identitas berikut :

Nama : ARRAFI WAL IKHSAN  
NPM : 2202003  
Program Studi : D. III STUDI PERMESINAN KAPAL  
Judul Karya : Analisa Penyebab Patahnya Ring Piston Mesin Induk Pada Cylinder No 5 Untuk Melakukan Langkah Perbaikan Dikapal Mv. Tanto Tangguh

Dinyatakan sudah memenuhi syarat dengan Uji Turnitin 15% sehingga memenuhi batas maksimal Plagiasi kurang dari 25% pada naskah karya tulis yang disusun. Surat keterangan ini digunakan sebagai prasyarat pengumpulan tugas akhir dan *Clearence Out* Wisuda.



Kurniawan.,S.I.P  
NIP. 19990422 202521 1 005

"The Bridge Start Here"



## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahi rabbil a'lamin, segala puji dan syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridho nya, sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga dapat menyelesaikan Kertas Kerja Wajib ini tepat pada waktunya yang telah ditentukan.

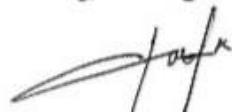
Kertas kerja wajib ini merupakan syarat utama bagi Taruna dalam menempuh masa studi di Politeknik Transportasi Sungai Danau dan Penyeberangan Palembang. Permasalahan yang ditemui berdasarkan hasil pengamatan dan pengalaman selama mengimplementasikan teori yang telah dipelajari dalam magang lapangan di Perusahaan pelayaran menjadi dasar pemikiran penulis mengkaji permasalahan tersebut kedalam kertas kerja wajib ini. Penulis meyakini bahwa dalam penyusunan KKW ini sangat diperlukan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT.
2. Kepada orang tua, dan keluarga saya yang telah mendukung serta membantu saya Bapak Wazir Amran, dan Ibu Hotimah
3. Dr. Ir. Eko Nugroho Widjatmoko, M.M., IPM., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Transportasi SDP Palembang dan selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Broto Priyono, S.SI.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Driaskoro Budi Sidharta, S.T., M.SC. selaku ketua Prodi Studi Permesinan Kapal Politeknik Transportasi SDP Palembang
6. Seluruh Dosen Poltektrans SDP Palembang yang membantu dalam penyelesaian proposal judul ini
7. Rekan-rekan taruna-taruni Poltektrans SDP Palembang angkatan XXXIII yang telah berjuang bersama – sama.
8. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan proposal judul ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu. Tiada yang dapat penulis persembahkan kepada beliau dan semua pihak yang telah membantu, semoga Allah melimpahkan rahmatnya.
9. Terimakasih juga kepada Kakak kandung saya yang telah membantu saya, dan mensupport saya, saudari Merina Lingkiwati, dan Resi Sringki.

10. Untuk kamar 27, terimakasih sudah membawa tawa, dan canda selama pendidikan dikampus semoga sukses untuk penghuni kamar 27.
11. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada orang-orang yang pernah ada, yang dengan caranya masing-masing telah memberikan arti, dukungan, serta inspirasi di sepanjang perjalanan ini. Kehadiran mereka, walau mungkin hanya sejenak, tetap menjadi bagian yang bermakna dan tak terlupakan dalam proses terselesaiannya karya ini

Penulis menyadari bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan tugas akhir ini. Semua bantuan dan bimbingan serta doa restu yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Kiranya tugas akhir ini bermanfaat bagi Penulis khususnya dan bagi para Pembaca pada umumnya.

Palembang, 19 Agustus 2025



Arrafi Wal Ikhwan

# **ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN INDUK PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN LANGKAH PERBAIKAN DI KAPAL MV. TANTO TANGGUH**

Arrafi Wal Iksan (22 02 003)

Dibimbing oleh: Dr. Ir. Eko Nugroho Widjatmoko, M.M., IPM., M.Mar.E., dan  
Broto Priyono, S.SI.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Piston ring merupakan komponen vital pada mesin diesel, khususnya mesin induk kapal, yang berfungsi menjaga tekanan kompresi, mencegah kebocoran gas pembakaran, serta memastikan pelumasan silinder berjalan optimal. Kerusakan piston ring, seperti patah atau retak, dapat menyebabkan penurunan performa mesin, meningkatnya konsumsi bahan bakar dan oli, hingga berisiko menimbulkan kerusakan pada piston maupun cylinder liner.

Hasil penelitian pada kasus kerusakan piston ring silinder nomor 5 mesin induk kapal MV Tanto Tangguh menunjukkan bahwa kerusakan terjadi akibat kombinasi beberapa faktor. Faktor utama yang ditemukan yaitu kelelahan material, tekanan termal berlebih akibat pembakaran tidak sempurna, pelumasan yang kurang optimal, serta prosedur perawatan yang belum sesuai standar. Berdasarkan temuan tersebut, disarankan langkah perbaikan berupa peningkatan pengawasan kondisi mesin secara berkala, penggunaan material piston ring dengan ketahanan termal lebih tinggi, serta penerapan jadwal overhaul dan perawatan preventif yang lebih disiplin untuk menjaga keandalan mesin dan keselamatan pelayaran

**Kata kunci:** piston ring, kerusakan mesin, mesin induk kapal.

**ANALISA PENYEBAB PATAHNYA RING PISTON MESIN INDUK  
PADA CYLINDER NO 5 UNTUK MELAKUKAN LANGKAH  
PERBAIKAN DI KAPAL MV. TANTO TANGGUH**

Arrafi Wal Iksan (22 02 003)

Dibimbing oleh: Dr. Ir. Eko Nugroho Widjatmoko, M.M., IPM., M.Mar.E., dan  
Broto Priyono, S.SI.T., M.T.

**ABSTRACT**

The piston ring is a vital component in diesel engines, particularly in main ship engines, serving to maintain compression pressure, prevent combustion gas leakage, and ensure optimal cylinder lubrication. Damage to the piston ring, such as cracks or fractures, can lead to decreased engine performance, increased fuel and oil consumption, and potential damage to both the piston and the cylinder liner.

The findings of this study on the piston ring failure in cylinder number 5 of the main engine of MV Tanto Tangguh indicate that the damage was caused by a combination of several factors. The main factors identified were material fatigue, excessive thermal stress due to incomplete combustion, insufficient lubrication, and maintenance procedures that did not meet proper standards. Based on these results, improvement measures are recommended, including regular monitoring of engine conditions, the use of piston ring materials with higher thermal resistance, and the implementation of disciplined overhaul schedules and preventive maintenance to ensure engine reliability and operational safety at sea.

**Keywords:** piston ring, engine failure, main engine.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Halaman Persetujuan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
H alaman Surat Hak Cipta.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Halaman Pernyataan Keaslian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Kata Pengantar .....	vi
Abstrak .....	viii
<i>Abstract</i> .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Batasan Masalah .....	3
E. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
A. Penelitian Terdahulu.....	5
B. Landasan Hukum .....	6
C. Landasan Teori .....	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
A. Desain Penelitian .....	16
B. Teknik Pengumpulan Data .....	18
C. Teknik Analisis Data .....	19
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	21
A. Gambaran Umum, dan Lokasi Penelitian.....	21
B. Analisis .....	22
C. Pembahasan .....	27

BAB V PENUTUP.....	36
A. Kesimpulan.....	36
B. Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	38
LAMPIRAN.....	39

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Mesin 2 Tak.....	10
Gambar 2.2 Piston Crown MV Tanto Tangguh .....	12
Gambar 2.3 Pemeriksaan terhadap ring piston .....	14
Gambar 4.1 Kapal MV Tanto Tangguh.....	21
Gambar 4.2 Ring Piston bekas .....	26
Gambar 4.3 Overhoul main engine .....	29
Gambar 4.4 Pengukuran gap ring piston .....	31

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 kelebihan dan kekurangan mesin 2 tak .....	9
Tabel 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	18
Tabel 4.1 ships particular Sumber MV Tanto Tangguh.....	21
Tabel 4.2 Kesimpulan penyebab Ring Piston di Kapal MV Tanto Tangguh.....	24
Tabel 4.3 Penurun RPM.....	25
Tabel 4.4 Log book sumber MV Tanto Tangguh .....	26
Tabel 4.5 Log book sumber MV Tanto Tangguh .....	27
Tabel 4.6 Jadwal pergantian LO .....	32

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 .....	39
Lampiran 2 .....	39
Lampiran 3 .....	40
Lampiran 4 .....	42
Lampiran 5 .....	44
Lampiran 6 .....	44
Lampiran 7 .....	45
Lampiran 8 .....	45
Lampiran 9 .....	46
Lampiran 10 .....	46
Lampiran 11 .....	47
Lampiran 12 .....	47
Lampiran 13 .....	48
Lampiran 14 .....	49
Lampiran 15 .....	50
Lampiran 16 .....	51

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Pendahuluan**

Menurut Arifin, J (2020) Dalam era modern dengan pesatnya perkembangan teknologi, tingkat persaingan di dunia bisnis semakin tajam. Untuk menjaga kelancaran operasional, para pelaku usaha memerlukan sarana transportasi yang dapat menunjang aktivitas distribusi mereka. Di antara berbagai moda transportasi, jalur laut menjadi pilihan yang banyak diminati karena dinilai lebih aman dan efisien. Moda ini berperan penting dalam kegiatan pengiriman barang, baik dalam skala antar pulau, antar negara, hingga lintas benua. Kondisi tersebut mendorong perusahaan pelayaran sebagai penyedia jasa angkutan laut untuk terus bersaing dalam memberikan layanan terbaik. Ketatnya persaingan membuat setiap perusahaan dituntut meningkatkan mutu pelayanan demi kepuasan pengguna jasa.

Menurut Bernaraja, N (2024) Sebagian besar permukaan bumi terdiri atas perairan, sehingga pemanfaatan sektor kelautan menjadi hal yang sangat penting bagi manusia. Laut tidak hanya dimanfaatkan untuk kepentingan pariwisata, tetapi juga berperan besar dalam proses distribusi kebutuhan pokok ke berbagai wilayah di dunia. Lebih jauh lagi, sektor maritim memiliki kontribusi signifikan dalam mendukung aktivitas perdagangan internasional, yang tercermin dari tingginya arus ekspor dan impor di berbagai pelabuhan dunia.

Permasalahan pada mesin induk kapal kerap muncul akibat gangguan pada komponen kritis, salah satunya piston ring. Patah atau retaknya piston ring dapat menurunkan tekanan kompresi di ruang bakar sehingga proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Kondisi ini mengakibatkan turunnya daya mesin, meningkatnya konsumsi bahan bakar maupun oli, serta menimbulkan potensi kerusakan lanjutan pada piston dan *cylinder liner*. Selain itu, faktor *overheating* atau panas berlebih juga menjadi penyebab dominan terjadinya kerusakan pada komponen mesin. *Overheating* biasanya muncul ketika sistem pendingin tidak bekerja optimal, beban mesin terlalu tinggi, atau suplai udara pembakaran tidak

seimbang. Suhu silinder yang melebihi batas desain dapat merusak sifat mekanis material piston ring, menjadikannya rapuh dan mudah patah.

Selain faktor panas, sistem pelumasan yang tidak memadai juga berkontribusi besar terhadap kerusakan. Oli pelumas berfungsi membentuk lapisan tipis di antara piston ring dan dinding silinder untuk mengurangi gesekan dan mengantarkan panas. Apabila distribusi oli terganggu, spesifikasi pelumas tidak sesuai, atau terjadi penyumbatan pada jalur pelumasan, maka gesekan yang berlebih akan menghasilkan panas lokal yang mempercepat keausan. Kombinasi antara lemahnya pelumasan, tingginya temperatur, dan beban kerja mesin yang berulang pada akhirnya mempercepat proses degradasi material, hingga memicu patahnya piston ring. Oleh sebab itu, pengendalian terhadap aspek pendinginan dan pelumasan harus dijalankan secara disiplin agar kerusakan serupa dapat dicegah, serta keandalan mesin induk tetap terjaga selama operasional pelayaran.

Sebagai bentuk penanganan, ring piston yang rusak segera diganti, dan dilakukan pembersihan secara menyeluruh pada *cylinder head* dan piston. Tindakan ini bertujuan untuk mengembalikan kinerja mesin induk ke kondisi optimal dan mencegah kerusakan yang lebih serius selama pelayaran berikutnya.

Berdasarkan urgensi perawatan piston ring dalam menjaga performa mesin, penulis memutuskan untuk mengangkat topik ini sebagai bahan skripsi dengan judul **“Analisa Penyebab Patahnya Ring Piston Mesin Induk Pada Cylinder No 5 Untuk Melakukan Langkah Perbaikan Dikapal Mv. Tanto Tangguh.”**

## B. Rumusan Masalah

1. Apa saja faktor menyebabkan patahnya piston ring pada mesin induk di MV. Tanto Tangguh ?
2. Apa dampak yang diakibatkan dari patahnya piston ring pada mesin induk di MV. Tanto Tangguh?
3. Bagaimana cara menanggulangi agar piston ring pada mesin induk di MV.Tanto Tangguh agar tidak terjadi kerusakan atau patah ?

### **C. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui faktor yang menyebabkan kerusakan piston ring pada mesin induk di MV. Tanto Tangguh.
2. Mengetahui dampak kerusakan pada piston ring mesin induk di MV. Tanto Tangguh
3. Untuk mengetahui upaya yang dilakukan untuk mencegah kerusakan piston ring mesin induk di MV. Tanto Tangguh.

### **D. Batasan Masalah**

Mengingat cakupan topik dalam Kertas Kerja Wajib (KKW) ini cukup luas, penulis menyadari adanya keterbatasan dalam hal pengetahuan dan pemahaman. Oleh karena itu, penulis tidak membahas seluruh sistem yang terdapat pada mesin induk secara menyeluruh. Untuk mencegah pembahasan menjadi terlalu melebar, fokus utama penelitian ini diarahkan pada analisis kerusakan ring piston pada mesin induk kapal MV. Tanto Tangguh, yang menjadi lokasi pelaksanaan praktik laut dan kegiatan penelitian penulis selama satu tahun.

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan wawasan bagi penulis terkait prosedur perawatan serta perbaikan mesin induk apabila terjadi kerusakan pada piston ring. Selain itu, bagi perusahaan pemilik kapal, hasil penelitian ini juga dapat menjadi acuan dalam memahami pentingnya pemeliharaan mesin induk agar kinerjanya tetap optimal.

#### **1. Manfaat teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik mesin kapal, khususnya dalam memahami lebih dalam mengenai kerusakan pada ring piston mesin diesel. Secara teoritis, hasil dari studi ini dapat menambah referensi ilmiah mengenai faktor-faktor penyebab patahnya ring piston, seperti tekanan kerja, sistem pelumasan, suhu operasional, serta karakteristik bahan penyusun.

2. Manfaat praktis terbagi menjadi :

a. Bagi Taruna

Penelitian ini memberikan pengalaman dan wawasan langsung bagi taruna dalam memahami lebih dalam tentang sistem kerja mesin induk, terutama bagian ring piston. Dengan mempelajari kasus kerusakan yang terjadi secara nyata di kapal, taruna dapat meningkatkan kemampuan analisis teknis terhadap permasalahan mesin, serta mengetahui langkah-langkah perbaikan yang sesuai di lingkungan kerja nyata.

b. Bagi kampus

Penelitian ini memberikan kontribusi nyata bagi kampus sebagai bahan referensi ilmiah dalam bidang teknik permesinan kapal, khususnya mengenai analisis kerusakan komponen mesin diesel. Hasil penelitian ini dapat menambah koleksi karya ilmiah yang relevan dan aplikatif, sehingga dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran bagi dosen dan mahasiswa dalam proses perkuliahan maupun penelitian selanjutnya

C. Bagi Perusahaan

Penelitian ini membantu PT Tanto Intim Line meningkatkan keandalan operasional kapal melalui identifikasi penyebab kerusakan ring piston. Temuan penelitian dapat digunakan untuk memperbaiki prosedur perawatan, mengatur jadwal inspeksi, mencegah kerusakan berulang, mengurangi downtime, menekan biaya, serta meningkatkan efisiensi dan keselamatan pelayaran

d. Bagi Peneliti lainnya

Penelitian ini dapat menjadi acuan awal bagi peneliti lain yang tertarik untuk mengkaji lebih lanjut mengenai kerusakan komponen mesin diesel kapal, khususnya ring piston. Temuan dan data yang disajikan dalam penelitian ini dapat dijadikan perbandingan dalam melakukan studi sejenis, baik dari segi penyebab kerusakan, metode analisis, maupun upaya perbaikannya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **A. Penelitian Terdahulu**

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai kerusakan piston ring pada mesin induk kapal.

Mukhammad Jimi (2020) dalam penelitiannya terhadap kasus pada kapal MV. KT 05 menemukan bahwa penyebab utama patahnya ring piston berasal dari kurangnya pelumasan yang terjadi di dalam ruang silinder. Dalam proses analisis, ia menggunakan metode *Ultrasonic Scanning Guidance* (USG) untuk menelusuri dampak yang ditimbulkan akibat kerusakan tersebut.

Yusuf Rico (2021) melakukan penelitian pada kasus kerusakan piston ring di silinder nomor 7 pada kapal MT. Gandawati. Ia menyimpulkan bahwa faktor dominan yang menyebabkan kerusakan adalah keausan dan cacat pada cylinder liner. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan metode *fishbone diagram* sebagai alat bantu analisis. Salah satu rekomendasi yang diajukan untuk mencegah kerusakan serupa adalah dengan melakukan penggantian cylinder liner sesuai panduan dalam manual mesin

Penelitian yang dilakukan oleh Irghy Pahrezy (2023) membahas mengenai analisis kerusakan ring piston pada mesin induk kapal SPOB ROYAL REY. Berdasarkan hasil observasi dan pengolahan data, penelitian tersebut mengungkapkan bahwa kerusakan pada ring piston merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam sistem permesinan kapal. Melalui proses analisis yang mendalam terhadap kondisi mesin induk, penelitian ini memberikan gambaran mengenai penyebab utama kerusakan, serta dampaknya terhadap kinerja mesin secara keseluruhan. Temuan ini turut memperkuat pentingnya perawatan dan pemeriksaan berkala terhadap komponen mesin, khususnya ring piston, untuk mencegah terjadinya kerusakan yang dapat mengganggu operasi kapal.

Kerusakan ring piston pada mesin induk kapal umumnya disebabkan oleh kurangnya pelumasan di ruang silinder, keausan berlebih pada komponen, serta cacat pada *cylinder liner*. Faktor-faktor tersebut dapat menimbulkan gangguan

signifikan terhadap kinerja mesin, termasuk penurunan efisiensi dan potensi kerusakan lanjutan pada komponen terkait. Perbedaan utama dari berbagai temuan terletak pada faktor penyebab dominan, di mana pada beberapa kasus pelumasan menjadi masalah utama, sementara pada kasus lain keausan dan cacat material lebih berperan. Metode analisis yang diterapkan juga bervariasi, mulai dari inspeksi berbasis teknologi hingga analisis sebab-akibat secara sistematis. Meskipun terdapat variasi dalam penyebab dan pendekatan analisis, keseluruhan temuan menunjukkan bahwa pencegahan kerusakan ring piston memerlukan pemeriksaan berkala, penerapan prosedur perawatan yang tepat, serta kepatuhan terhadap panduan teknis dari pabrikan untuk menjaga keandalan operasi mesin induk kapal

## B. Landasan Hukum

1. Dalam SOLAS 1974/1978 Chapter II Part C, D, E, dengan jelas menegaskan bahwa semua kapal dari Negara IMO harus melaksanakan "Perawatan dan Perbaikan Mesin Kapal".
  - a. Dalam part C dijelaskan tujuan Umum Sistem Perawatan dan Perbaikan Mesin Kapal, yaitu:
    - 1) Untuk memperoleh pengoperasian kapal yang teratur, serta meningkatkan penjagaan keselamatan awak kapal, muatan dan peralatannya.
    - 2) Untuk memperhatikan jenis-jenis pekerjaan yang paling mahal / penting yang menyangkut waktu operasi, sehingga system perawatan dapat dilaksanakan secara teliti dan dikembangkan dalam rangka penghematan / pengurangan biaya perawatan dan perbaikan.
    - 3) Untuk menjamin kesinambungan pekerjaan perawatan sehingga Team *Work's Engine Department* dapat mengetahui permesinan yang sudah dirawat dan yang belum mendapatkan perawatan.
    - 4) Untuk mendapatkan informasi umpan-balik yang akurat bagi kantor pusat dalam meningkatkan pelayanan, perancangan kapal, dan sebagainya, sehingga fungsi kontrol manajemen dapat berjalan.

- b. Dalam Part D dijelaskan tujuan khusus perawatan dan perbaikan mesin kapal ialah:
- 1) Untuk mencegah terjadinya suatu kerusakan yang lebih besar berat, dengan melaksanakan sistem perawatan yang terencana,
  - 2) Untuk mempertahankan kapal selalu dalam kondisi laik laut dalam segala cuaca dan tempat.
  - 3) Untuk lebih memudahkan pemeriksaan / pengontrolan semua suku cadang yang jumlahnya ribuan item, dengan sistem penomoran dan pemberian label tiap item.
  - 4) Untuk memperkecil kerusakan yang akan terjadi dan meringankan beban kerja dari suatu pekerjaan diatas kapal.
  - 5) Untuk mengelola biaya yang sudah disediakan (anggaran perawatan) dan dapat dipergunakan sesuai kebutuhan yang direncanakan.
  - 6) Untuk menjaga komitmen atau perjanjian usaha perdagangan dengan pihak kedua (rekanan) dan pihak ketiga (sub rekanan).
- c. Dalam part E dijelaskan Akibat-akibat yang akan ditimbulkan bila perawatan mesin tidak dilaksanakan dengan baik, yaitu:
- 1) Kapal tabrakan.
  - 2) Kapal tenggelam.
  - 3) Kapal bergetar.
  - 5) Kapal menganggur.
  - 6) Pembengkakan biaya operasi kapal.
  - 7) Biro Klasifikasi tidak merekomendasikan kapal untuk berlayar,
  - 8) Rekanan usaha perdagangan tidak merekomendasikan untuk menyewa kapal tersebut
2. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 49 Tahun 2021 tentang Pengujian dan Sertifikasi Perlengkapan Kapal dan Komponen Kapal Tahun 2021 ini ditetapkan dengan pertimbangan:
- a. bahwa untuk menjamin kualitas perlengkapan dan komponen kapal perlu dilakukan pengujian dan sertifikasi perlengkapan dan komponen.

- b. bahwa pengaturan mengenai pengujian dan sertifikasi terhadap perlengkapan dan komponen kapal belum diatur secara komprehensif sehingga perlu mengatur pengujian perlengkapan dan komponen kapal
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Peraturan Menteri Perhubungan tentang Pengujian dan Sertifikasi Perlengkapan dan Komponen Kapal

## C. Landasan Teori

### 1. Mesin Induk (*Main Engine*)

Menurut artikel berjudul *Main Engine* Faktor Penentu Operasional dan Keselamatan Kapal (PT. Menara Safety Indonesia , 2025) dijelaskan bahwa *main engine* adalah mesin utama yang menggerakkan poros propeller untuk menghasilkan dorongan sehingga kapal dapat bergerak maju. Ukuran dan kapasitas *main engine* bervariasi tergantung pada ukuran dan jenis kapal. Selain itu, *main engine* juga berfungsi menggerakkan sistem lain seperti generator listrik dan pompa air, menjadikannya komponen vital dalam operasional kapal.

#### a. Mesin 2 tak

Mesin dua langkah (2 tak) adalah jenis mesin pembakaran dalam yang menyelesaikan satu siklus kerja hanya dengan dua gerakan piston naik dan turun satu kali dengan poros engkol berputar setengah putaran. Dibanding mesin empat langkah, mekanisme ini lebih sederhana, sehingga ukurannya lebih ringkas dan bobotnya lebih ringan. Mesin 2 tak banyak digunakan pada kapal, sepeda motor, dan alat berat yang membutuhkan daya besar dalam ruang mesin terbatas.

Cara kerjanya terdiri dari dua tahap utama. Pertama, langkah pemasukan dan kompresi: udara segar masuk ke silinder melalui saluran udara, biasanya dibantu blower atau turbocharger. Saat piston bergerak naik, udara terperangkap dan dikompresi hingga tekanan dan suhunya meningkat. Kedua, langkah usaha dan pembuangan: bahan bakar disemprotkan ke udara panas dan bertekanan, lalu terbakar secara spontan. Ledakan ini mendorong piston turun menghasilkan tenaga. Sebelum piston

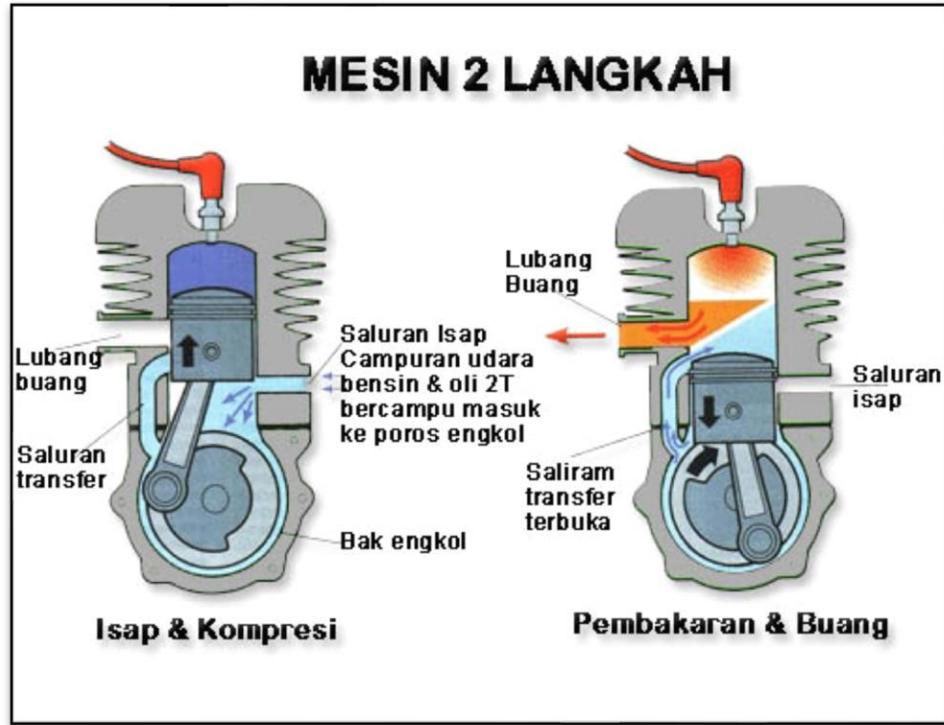
mencapai titik terbawah, katup buang terbuka untuk mengeluarkan gas sisa pembakaran, dibantu aliran udara dari blower.

Keunggulan mesin 2 tak adalah tenaga besar dalam ukuran kecil, namun konsumsi bahan bakarnya lebih boros dan emisi gas buangnya lebih tinggi dibanding mesin 4 tak.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Mesin 2 Tak

<b>Kelebihan Mesin 2 Tak</b>	<b>Kekurangan Mesin 2 Tak</b>
Desain sederhana, hanya dua langkah piston	Konsumsi bahan bakar lebih boros
Ukuran dan bobot mesin lebih kecil dan ringan	Emisi gas buang lebih tinggi dan lebih polusi
Perawatan dan perbaikan relatif mudah dan murah	Umur komponen mesin cenderung lebih pendek
Mampu menghasilkan tenaga besar untuk ukuran kecil	Proses pembakaran kurang sempurna, menyebabkan suara dan getaran lebih tinggi
Putaran mesin tinggi sehingga tenaga cepat keluar	Kurang ramah lingkungan dan sering dibatasi penggunaannya

Sumber data dari ; blog Teknik mesin



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Mesin 2 Tak

Sumber: fastnlow.net (2014)

## 2. Piston

Menurut Antony et al. (2024) Piston beserta ring-nya bukan sekadar penghubung mekanik—mereka berperan penting dalam penyegelan ruang bakar dan mencegah *blow-by*, termasuk transportasi bahan bakar yang tidak terbakar ke oli.

Piston (atau torak) adalah bagian penting dalam mesin induk kapal. Bentuknya seperti silinder dan bergerak bolak-balik di dalam silinder untuk mengubah tekanan gas hasil pembakaran menjadi tenaga gerak. Gerakan ini sangat cepat, bisa mencapai 2400 kali per menit, atau sekitar 40 kali setiap detik. Piston bekerja di bawah suhu dan tekanan tinggi. Karena itu, piston harus dibuat dari bahan yang kuat, ringan, dan tahan panas. Biasanya digunakan paduan aluminium, tetapi untuk mesin diesel dengan supercharger, piston dibuat dari baja khusus yang tahan panas hingga 600°C.

Bagian atas piston awalnya datar, namun kini sering dibuat cembung (simetris atau tidak simetris) untuk membantu pembilasan udara dan pembuangan gas sisa pembakaran, terutama di mesin dua langkah.

Piston juga harus didinginkan dengan baik, biasanya dengan pelumas yang disemprotkan atau dialirkan melalui lubang pelumasan. Pendinginan yang baik memungkinkan piston dibuat lebih tipis dan ringan.

Piston dipasang pada batang torak menggunakan pena piston. Selain di mesin kapal, piston juga digunakan di alat seperti kompresor udar, misalnya pada bengkel tambal ban, untuk memampatkan udara. Prinsip kerjanya serupa: piston menekan fluida (udara atau gas) di dalam ruang silinder.

#### a. Piston Ring

Dalam buku *Marine Diesel Engines* (2017) Chapman menegaskan pentingnya material tahan aus dan tahan panas untuk piston ring agar mampu beroperasi di kondisi ekstrem mesin kapal.

Pada mesin induk kapal tipe dua langkah (2-tak), piston biasanya dilengkapi dengan tiga buah piston ring yang memiliki fungsi dan posisi berbeda.

- 1) Piston ring pertama yang terletak atas disebut compression ring atau cincin kompresi. Cincin ini berfungsi untuk menahan tekanan gas hasil pembakaran agar tidak bocor ke bawah piston serta membantu mengantarkan panas dari piston ke dinding silinder.
- 2) *Compression* ring kedua, yang berperan sebagai pendukung cincin kompresi utama dalam menahan tekanan dan juga membantu menciptakan penyegelan tambahan agar proses pembakaran tetap efisien.
- 3) Piston ring ketiga adalah *scraper ring* atau *wiper ring*, yang terletak di bagian paling bawah dari susunan ring. Cincin ini berfungsi untuk mengikis kelebihan oli pelumas dari dinding silinder, sehingga mencegah oli masuk ke ruang pembakaran. Ketiga ring ini bekerja sama untuk menjaga performa mesin, mengontrol pelumasan, serta mencegah keausan dan kerusakan akibat kebocoran atau panas berlebih.



Gambar 2.2 Ring Piston

Sumber; velascoindonesia

b. Gaya pada Torak

Dalam proses kerjanya, torak dipengaruhi oleh berbagai gaya yang berperan terhadap kondisinya. Gaya-gaya tersebut meliputi tekanan gas pada puncak torak, beban pada pena torak, gaya pada ujung batang penggerak, serta gerakan samping torak yang dipengaruhi oleh sudut penggerak maupun gaya yang bekerja. Oleh karena itu, torak harus dirancang agar mampu menahan gaya-gaya tersebut sekaligus bergerak dengan baik di dalam silinder. Selain itu, konstruksi torak perlu dibuat sedemikian rupa agar tidak terjadi kebocoran gas dari ruang bakar, serta dapat menghantarkan panas ke dinding silinder secara optimal sehingga suhu torak tidak berlebihan. Temperatur torak harus dijaga dalam batas yang diizinkan agar kekuatannya tetap terpelihara dan tidak menimbulkan tegangan termal berlebih. Jika suhu torak terlalu tinggi, kondisi tersebut dapat menyebabkan cincin torak mengalami keretakan atau patah.

c. Pemeriksaan Torak

Pemeriksaan torak pada mesin induk kapal dilakukan sebagai bagian dari proses investigasi untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pada ring piston. Tahapan pemeriksaan diawali dengan pelepasan kepala silinder (*cylinder head*) menggunakan prosedur pembongkaran yang mengacu pada *manual book* pabrikan,

kemudian dilanjutkan dengan pengeluaran torak (*piston pulling*) menggunakan *piston lifting tool* yang sesuai dengan kapasitas mesin. Setelah torak berhasil dikeluarkan, dilakukan pembersihan menyeluruh terhadap mahkota torak (*piston crown*), alur ring (*ring groove*), dan rok torak (*piston skirt*) dari deposit karbon, residu pembakaran, dan sisa pelumas. Pemeriksaan visual dilakukan untuk mendeteksi indikasi kerusakan seperti retakan, patahan, deformasi, keausan abnormal, atau perubahan warna akibat suhu operasi yang berlebihan. Selanjutnya, pengukuran *clearance* alur ring dilakukan menggunakan *feeler gauge* untuk membandingkan nilai aktual dengan toleransi yang ditetapkan pabrikan. Evaluasi permukaan torak juga dilakukan untuk mengidentifikasi fenomena *scuffing*, *overheating*, atau kerusakan akibat intrusi partikel asing. Data yang diperoleh dari pemeriksaan ini menjadi acuan utama dalam analisis kegagalan, guna menentukan apakah kerusakan ring piston disebabkan oleh faktor keausan material, gangguan sistem pelumasan, pembakaran tidak sempurna, atau permasalahan pada sistem pendinginan.

Selain itu, pengecekan torak juga dapat dilakukan dengan metode *dry-check*, yaitu teknik untuk mendeteksi retakan pada torak dengan menyemprotkan cairan berwarna khusus yang membantu mengidentifikasi adanya kerusakan

### 1) Temperatur dan pendingin torak

Torak yang terbuat dari paduan aluminium memiliki kemampuan menghantarkan panas yang baik, namun sifat pemuaian cukup besar—sekitar dua kali lipat dibandingkan silinder yang dibuat dari besi tuang atau baja. Bahkan pada paduan khusus seperti *Lo-Ex* (Low Expansion) yang diberi tambahan silikon untuk mengurangi pemuaian, nilai koefisien pemuaian masih sekitar 1,5 kali lebih tinggi dibanding besi atau baja.

Saat mesin bekerja dengan daya poros yang besar, suhu di bagian puncak torak dapat mencapai sekitar 400°C, sedangkan tepi torak berada pada kisaran 200–250°C. Perbedaan suhu hingga 150°C ini membuat torak memuai lebih banyak dibanding silinder. Karena itu, ukuran torak perlu dibuat sedikit lebih kecil agar kelonggaran antara torak dan dinding silinder tetap aman saat mesin panas.

Desain torak umumnya berbentuk kerucut yang terdiri dari dua bagian. Bagian atas merupakan puncak torak yang dilengkapi alur untuk cincin kompresi, sedangkan bagian bawah bisa berbentuk silinder atau kerucut tambahan, tergantung rancangan. Kenaikan suhu tidak hanya memengaruhi bentuk puncak torak, tetapi juga bagian-bagian lain dari komponen ini. Pada mesin dengan *supercharger*, tenaga yang dihasilkan memang lebih besar, tetapi suhu torak juga meningkat. Jika suhunya terlalu tinggi, cincin torak berisiko macet di dalam alurnya.



Gambar 2.3 Piston

Sumber : damenscheldeparts

### 3. Kerusakan pada Piston Ring

Dalam jurnal *Ocean Engineering* (2023), ring piston dijelaskan sebagai komponen penting yang tahan terhadap panas tinggi dan keausan. Ring yang

patah biasanya menunjukkan perubahan sifat mekanik seperti hardness dan komposisi material yang dipengaruhi penggunaan dan paparan panas

Kerusakan pada piston ring dapat terjadi akibat berbagai faktor, antara lain keausan yang timbul dari gesekan terus-menerus, sistem pelumasan yang kurang efektif, proses pembakaran yang tidak sempurna, serta suhu operasi mesin yang melampaui batas ketahanan material. Salah satu kerusakan yang sering dijumpai adalah patahnya ring piston, yang umumnya berasal dari terbentuknya retakan mikro akibat kombinasi tekanan termal dan mekanis secara berulang. Selain itu, akumulasi karbon pada alur ring (*ring groove*) dapat menghambat pergerakan ring, sehingga mempercepat tingkat keausan atau bahkan menyebabkan kemacetan. Apabila kondisi ini tidak segera terdeteksi dan ditangani, dampaknya dapat berupa penurunan kinerja mesin, peningkatan konsumsi bahan bakar dan oli, serta potensi kerusakan pada komponen lain seperti dinding silinder maupun piston itu sendiri. Oleh sebab itu, pelaksanaan perawatan berkala dan inspeksi menyeluruh terhadap piston ring menjadi langkah krusial untuk menjaga keandalan dan efisiensi kerja mesin.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. DESAIN PENELITIAN**

1. Waktu dan Lokasi
  - a. Waktu Untuk mendapat data-data informasi yang sehubungan dengan permasalahan yang dibahas dalam karya tulis ini, penulis akan melakukan penelitian saat praktek laut (PRALA).
  - b. Sedangkan tempat penelitian dilakukan adalah di atas kapal MV Tanto Tangguh pada saat penulis melakukan praktek laut (PRALA)
2. Jenis penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diteliti, penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian kualitatif bertujuan memberikan gambaran secara mendalam dan rinci mengenai individu, situasi, fenomena, ataupun kelompok tertentu.

Menurut Lexy J. Moleong (2021), metode kualitatif dilakukan melalui teknik observasi langsung maupun penelitian lapangan. Alasan penulis menggunakan metode ini adalah karena penelitian kualitatif tidak berangkat dari teori yang sudah ditentukan sebelumnya, melainkan bersumber dari kondisi nyata di lapangan atau lingkungan alami. Pendekatan ini relevan dengan penelitian yang bersifat deskriptif, misalnya melalui transkrip wawancara, catatan lapangan, dokumentasi foto, rekaman video, serta data lain yang sejenis. Selain itu, metode ini juga sesuai dengan tujuan penelitian yang menitikberatkan pada aspek praktis.

3. Instrumen peneliti

Menurut Sugiyono (2020) menyatakan bahwa secara umum terdapat 4 (empat) macam teknik pengumpulan data, yaitu observasi, wawancara, dokumentasi, dan gabungan/triangulasi. (observasi, wawancara, ,dan dokuemntasi)

Menurut Lester, dan Paulus (2021) menyebutkan bahwa penelitian kualitatif adalah proses pemaknaan data melalui interaksi, teks, dan

percakapan yang terjadi dalam konteks sosial tertentu, bukan sekadar pengumpulan data numerik.

Untuk memeriksa kondisi mesin induk di kapal MV Tanto Tangguh, digunakan beberapa alat ukur sesuai kebutuhan setiap parameter. Untuk memeriksa kondisi mesin induk di kapal MV Tanto Tangguh digunakan berbagai alat ukur, antara lain *tachometer digital* untuk mengukur putaran mesin (RPM), *thermocouple* pada pipa gas buang untuk suhu tiap silinder, *portable exhaust gas analyzer* dan *opacimeter* untuk kualitas gas buang, serta indikator *fuel rack* pada *governor* untuk posisi suplai bahan bakar. Sementara itu, *thermal gun* inframerah digunakan untuk mengukur suhu udara bilas. Seluruh alat ukur telah dikalibrasi sesuai standar pabrikan sehingga data yang diperoleh akurat dan dapat dijadikan dasar analisis penyebab patahnya ring piston.

#### 4. Jenis, dan Sumber data

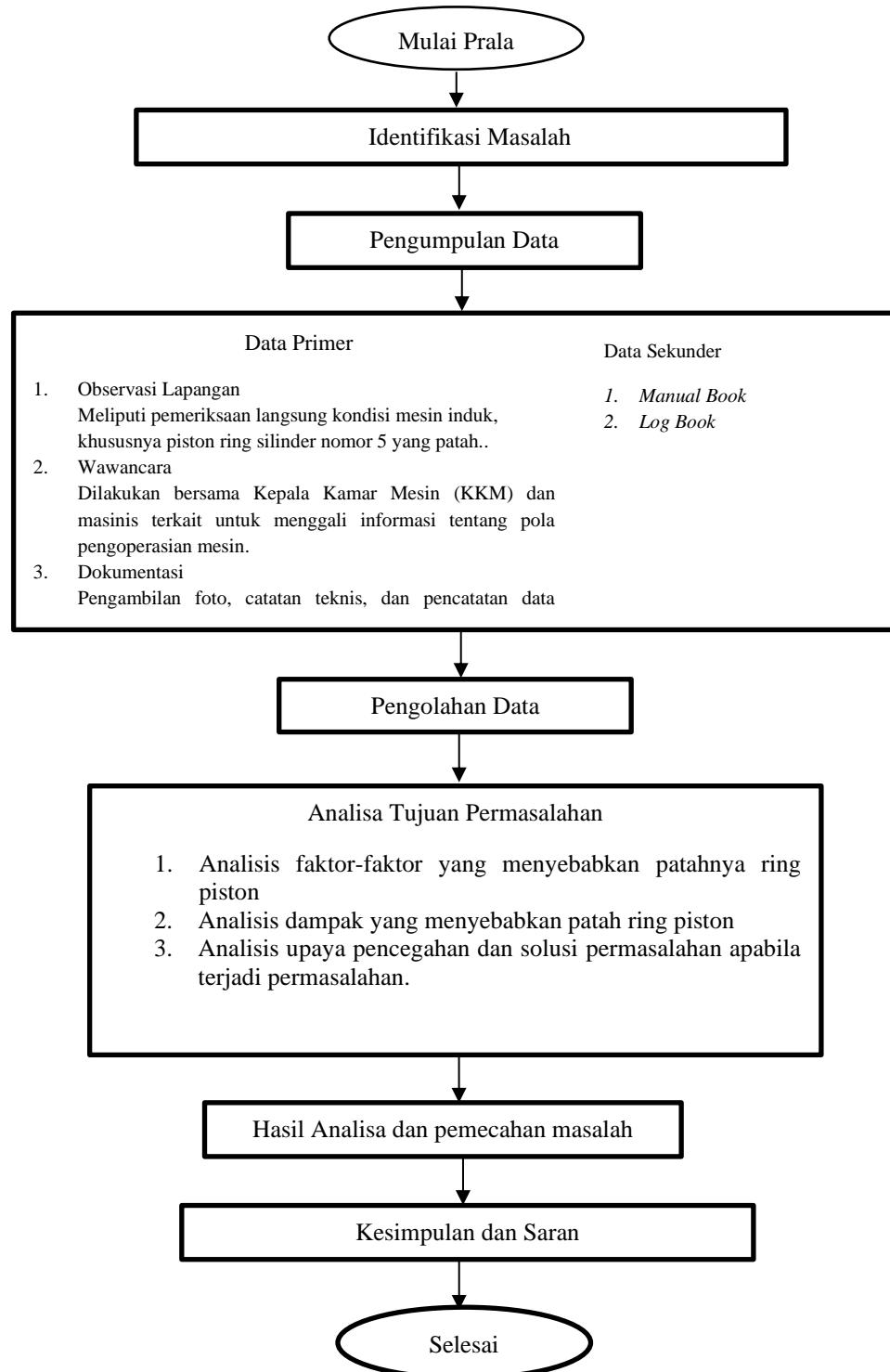
Sumber data adalah segala sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai penelitian terkait. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu sebagai berikut

- a. Data primer diperoleh langsung melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi di kapal MV Tanto Tangguh. Wawancara dilakukan dengan Kepala Kamar Mesin (KKM) dan masinis terkait pengoperasian serta perawatan mesin induk. Observasi mencakup pemeriksaan kondisi fisik piston ring yang rusak, meliputi permukaan, celah, dan pola keausan, disertai foto serta catatan lapangan di ruang mesin untuk menggambarkan kondisi aktual.
- b. Data sekunder berasal dari manual book mesin induk, logbook operasional yang memuat jam kerja, RPM, dan riwayat perawatan, serta laporan kerusakan sebelumnya. Data ini dilengkapi literatur ilmiah, jurnal teknik permesinan, dan standar internasional terkait pemeliharaan serta toleransi komponen mesin dua langkah sebagai pendukung analisis.

Dalam penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini dibutuhkan suatu bagan alir penelitian dimana berfungsi untuk mempermudah dalam pembahasan dan pemahaman. Bagan alir penelitian sangat diperlukan

supaya memiliki tujuan sesuai yang telah direncanakan seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Bagan Alir Penelitian



## **B. TEKNIK PENGUMPULAN DATA**

Kegiatan penelitian yang terpenting adalah pengumpulan data. Menyusun adalah pekerjaan penting di dalam Langkah penilitian, tetapi mengumpulkan jauh lebih penting lagi. oleh karena itu diperlukan Teknik pengumpulan data yang baik dan benar. Dalam penggunaan teknik pengumpulan data, peneliti memerlukan instrument yaitu alat bantu agar pengerjaan pengumpulan data menjadi lebih mudah. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data melalui Metode Observasi. Observasi dilakukan dengan dua cara, mengamati dan melakukan pencatatan hasil secara teliti dari gejala yang ada. Observasi dilaksanakan untuk mengetahui bagaimana langkah-langkah dalam perawatan pengabut bahan bakar kapal, dalam rangkah mencegah penyumbatan pengabut bahan bakar dimesin induk kapal.
2. Pengumpulan data melalui Metode Wawancara Penggunaan Metode Wawancara memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengumpulkan data. Dibandingkan dengan mengedarkan angket kepada responden, wawancara sangat rumit. Dalam melakukan wawancara, peneliti harus memperhatikan sikap pada waktu datang, sikap duduk, kecerahan wajah, tutur kata, keramahan, kesabaran serta keseluruhan penampilan akan sangat berpengaruh terhadap isi jawaban responden yang diterima oleh peneliti.

## **C. TEKNIK ANALISIS DATA**

Penyajian untuk penulisan proposal ini adalah menggunakan metode Kualitatif Deskriptif, yaitu penulisan yang berisi paparan dan uraian mengenai suatu obyek permasalahan yang timbul pada saat tertentu. Metode ini digunakan untuk memaparkan secara rinci dengan tujuan memberikan informasi mengenai masalah yang timbul dan berhubungan dengan materi pembahasan proposal ini.

### 1. Reduksi Data

Data yang terkumpul berasal dari hasil observasi langsung di lapangan, wawancara dengan Kepala Kamar Mesin (KKM), serta dokumentasi visual kondisi komponen. Seluruh data tersebut kemudian dipilih dan disaring untuk memfokuskan informasi yang relevan dengan permasalahan, yaitu patahnya

Ring piston No. 5 pada mesin induk kapal MV Tanto Tangguh. Proses seleksi data ini bertujuan untuk menghilangkan informasi yang tidak memiliki keterkaitan langsung dengan objek penelitian, sehingga data yang dianalisis benar-benar spesifik pada parameter, gejala, dan kondisi yang menjadi penyebab kerusakan. Dengan demikian, hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai faktor-faktor yang memicu terjadinya kerusakan tersebut.

## 2. Penyajian Data

Data yang telah melalui proses reduksi kemudian disusun dalam bentuk uraian deskriptif yang dilengkapi dengan gambar hasil dokumentasi di lapangan. Penyajian data ini bertujuan untuk mempermudah proses identifikasi dan analisis hubungan antara kondisi aktual komponen di lapangan dengan standar operasional yang tercantum pada *manual book* pabrikan. Dengan format penyajian ini, peneliti dapat membandingkan secara visual maupun tekstual perbedaan antara kondisi ideal yang direkomendasikan pabrikan dan kondisi nyata yang ditemukan, sehingga penyebab deviasi dapat dikenali dengan lebih jelas.

## 3. Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan sementara di Tarik berdasarkan temuan lapangan dan dibandingkan dengan spesifikasi teknis serta procedur perawatan pada *manual book*. Proses verifikasi di lakukan dengan mencocokan Kembali hasil analisis dengan infomasi dari wawancara dan dokumentasi untuk memastikan keakuratan temuan.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

PT. Tanto Intim Lines (MV. TANTO TANGGUH) merupakan perusahaan/kapal tempat penulis melaksanakan penelitian selama 1 tahun/12 bulan. Alamat kantor di Jl. Yos Sudarso No.36, Kel. Bawang, Kec. Tj. Priok, Jkt Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14320.



Gambar 4.1 MV Tanto Tangguh

Sumber; Dokumentasi kapal MV Tanto Tangguh (2024)

Tabel 4.1 *ships particular*

<i>Name of ship</i>	MV TANTO TANGGUH
<i>Call Sign</i>	P.O.S.W
<i>Type of ship</i>	CONTAINER
<i>Flag</i>	INDONESIA
<i>Gros Tonage</i>	9380
<i>IMO</i>	9169665
<i>Date of launching</i>	1998
<i>Main Engine</i>	MAN B&W 6L50MC

Sumber; Dokumentasi kapal MV Tanto Tangguh

## B. Analisis

Pada tanggal 19 September 2024, saat kapal MV Tanto Tangguh sedang melakukan pelayaran dari Jakarta menuju Surabaya, tim mesin mencatat adanya ketidakwajaran pada kondisi scavenging air mesin induk. Temuan ini menimbulkan dugaan awal adanya potensi gangguan pada sistem pembakaran atau performa komponen internal mesin.

Beberapa hari kemudian, tepatnya pada tanggal 21 September 2024, ketika kapal melanjutkan perjalanan dari Surabaya menuju Bitung, terjadi kegagalan fungsi secara tiba-tiba pada mesin induk. Mesin utama mendadak mati di tengah operasi pelayaran. Menanggapi hal tersebut, Masinis II sebagai personel yang bertanggung jawab atas mesin induk segera melaksanakan pemeriksaan untuk menemukan penyebab utama kerusakan.

Hasil inspeksi menunjukkan adanya hambatan pada piston di silinder nomor 5. Setelah laporan disampaikan kepada Chief Engineer, segera dilakukan koordinasi dan pengambilan tindakan lanjutan. Chief Engineer kemudian menugaskan Masinis II bersama tim mesin lainnya, yaitu oiler, teknisi listrik (elect), asisten teknisi listrik (aslect), serta kadet, untuk melakukan proses pembongkaran dan evaluasi menyeluruh terhadap komponen silinder dan piston.

Selama proses pembongkaran, diketahui bahwa ring piston pada silinder tersebut mengalami kerusakan yang cukup signifikan. Kerusakan tersebut mengakibatkan gangguan sistem pelumasan sehingga piston dan komponen lainnya tidak menerima pelumasan secara optimal, yang berpotensi menyebabkan keausan lebih cepat dan risiko kerusakan lanjutan.

### 1. Analisis faktor penyebab patahnya ring piston.

Patahnya ring piston pada mesin induk, seperti yang ditemukan pada MV Tanto Tangguh, merupakan hasil dari gabungan berbagai faktor teknis dan operasional yang saling memengaruhi.

a. Faktor pertama yang sering menyebabkan kerusakan adalah panas berlebih (*overheating*). Ini terjadi ketika suhu ruang bakar atau silinder melebihi batas yang dirancang, biasanya karena sistem pendingin bermasalah atau mesin bekerja terlalu berat dalam waktu lama. Penyebabnya bisa berupa aliran pendingin yang tersumbat, pompa pendingin yang lemah, atau

kebocoran pada jalur pendingin. Jika suhu terlalu tinggi, sifat material ring piston akan berubah menjadi kurang lentur dan lebih rapuh sehingga mudah retak atau patah saat menerima tekanan berulang

- b. Faktor kedua adalah keausan berlebih, terjadi saat celah sambungan dan celah alur melebihi toleransi pabrikan. Penyebabnya bisa karena umur pakai lama, material kurang baik, atau pemilihan suku cadang yang salah. Akibatnya, ring piston tidak terpasang presisi, beban menjadi tidak seimbang, dan timbul titik tegangan yang memicu kerusakan..
- c. Pelumasan yang kurang optimal juga menjadi penyumbang besar terhadap kerusakan. Gangguan distribusi oli, penyumbatan jalur pelumas, kebocoran, atau penggunaan oli yang tidak sesuai spesifikasi dapat meningkatkan gesekan antara ring piston dan dinding silinder. Gesekan tersebut menimbulkan panas lokal yang mempercepat degradasi permukaan dan memperpendek umur pakai ring piston.
- d. Selain itu, kontaminasi di ruang bakar seperti masuknya partikel padat, debu, kerak karbon, dan sisa pembakaran, dapat menyebabkan ring piston macet pada alurnya (*stuck ring*). Saat kondisi ini terjadi, tekanan dari proses pembakaran menjadi tidak merata, sehingga beban berlebih pada bagian tertentu memicu patahnya ring.
- e. Faktor terakhir adalah kesalahan pemasangan piston. Posisi *end gap* yang tidak sesuai, teknik pemasangan yang tidak mengikuti prosedur, atau penggunaan komponen yang tidak kompatibel, dapat membuat beban mekanis terdistribusi secara tidak seimbang. Hal ini menyebabkan deformasi pada ring piston yang pada akhirnya memicu kerusakan struktural.

Dengan demikian, patahnya ring piston tidak hanya disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan kombinasi dari beberapa penyebab yang saling berkaitan. Pencegahan yang efektif memerlukan perawatan sistem pendingin dan pelumasan secara teratur, pemilihan komponen sesuai spesifikasi, penerapan prosedur pemasangan yang benar, serta inspeksi berkala terhadap kondisi ruang bakar dan komponen mesin, agar potensi kerusakan serupa dapat diminimalkan di masa mendatang.

Tabel 4.2 Kesimpulan analisis penyebab Ring Piston di Kapal MV Tanto Tangguh

No.	Aspek yang Dianalisis	Hasil Kesimpulan
1.	Penyebab utama kerusakan	Keausan groove piston yang menyebabkan ketidakstabilan ring piston dan tekanan tidak merata, mengakibatkan kelelahan material dan patahnya ring.
2.	Celah ring piston ( <i>end gap</i> )	Terukur 5,4 mm, melebihi batas standar 3,1-3,6 mm. Hal ini menyebabkan kebocoran kompresi dan peningkatan temperatur lokal.
3.	Kondisi termal ( <i>overheating</i> )	Terjadi panas berlebih akibat beban kerja tinggi dan pendinginan yang kurang optimal. Ditandai perubahan warna piston dan penumpukan karbon.
4.	Operasi mesin tanpa inspeksi	Mesin sering beroperasi dalam durasi panjang tanpa pemeriksaan menyeluruh, menyebabkan komponen aus tidak terdeteksi dan tetap digunakan.
5.	Pola perawatan dan <i>overhaul</i>	Minimnya jadwal overhaul dan kurangnya inspeksi berkala menyebabkan potensi kerusakan tidak teridentifikasi sejak dulu.

Sumber; dokumen kapal MV Tanto Tangguh

## 2. Analisis Dampak patahnya ring piston

Selama perjalanan kapal MV Tanto Tangguh dari Jakarta menuju Bitung, terjadi penurunan kecepatan putaran mesin induk dari 110 RPM menjadi 95 RPM yang diakibatkan oleh kerusakan mekanis berupa patahnya ring piston pada salah satu silinder. Kerusakan ini memicu penurunan tekanan kompresi di dalam ruang bakar, sehingga proses pembakaran bahan bakar menjadi kurang efisien. Kondisi tersebut berimbang pada berkurangnya daya yang dihasilkan poros engkol, yang pada akhirnya menurunkan kecepatan putaran mesin.

Rute pelayaran yang ditempuh adalah Jakarta– Surabaya – Makassar –Bitung. Kapal berangkat dari Jakarta pada tanggal 19 September 2024,

kemudian tiba di Surabaya pada 20 September 2024 dan melanjutkan perjalanan menuju Makassar pada 21 September 2024. Setelah singgah di Makassar pada 23 September 2024, kapal kembali melanjutkan perjalanan menuju Bitung dan tiba pada 25 September 2024. Gangguan pada mesin mulai terdeteksi setelah kapal meninggalkan Surabaya, ditandai dengan meningkatnya temperatur gas buang pada silinder nomor 5. Saat kapal mendekati perairan Makassar, penurunan kecepatan putaran mesin semakin nyata, dari semula 110 RPM turun menjadi 95 RPM. Penurunan performa ini tidak hanya memperlambat laju jelajah kapal, tetapi juga meningkatkan konsumsi bahan bakar per satuan daya karena mesin harus bekerja lebih berat untuk mempertahankan operasi. Dalam kondisi tersebut, diperlukan penyesuaian parameter pengoperasian mesin serta pemantauan rutin terhadap sistem propulsi guna mencegah kerusakan lanjutan.

Tabel 4.3 Grafik Penurunan RPM



Sumber; *Log book* MV Tanto Tangguh

Tabel 4.4 *Log book* sumber MV Tanto Tangguh

Jam Jaga	Suhu Gas Buang (°C per Silinder)					
	1	2	3	4	5	6
00.00-04.00	350	340	349	349	385	350
04.00-08.00	352	342	358	345	390	348
08.00-12.00	355	350	349	347	385	350
12.00-16.00	349	338	350	346	385	347
16.00-20.00	349	339	347	345	390	348
20.00-24.00	349	340	347	345	390	349

Sumber; *log book* kapal MV Tanto Tangguh (2024)

Berdasarkan hasil pencatatan data harian mesin induk MV Tanto Tangguh, temperatur gas buang pada silinder nomor 5 tercatat mencapai 390°C, sedangkan rata-rata temperatur gas buang pada silinder lainnya berada di kisaran 340–355°C. Selisih suhu yang cukup signifikan ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan proses pembakaran pada silinder tersebut. Kondisi temperatur gas buang yang lebih tinggi dari batas normal operasi ( $\pm 390^{\circ}\text{C}$ ) berpotensi mempercepat degradasi material ring piston akibat paparan panas berlebih. Akumulasi panas ini dapat mengurangi kekuatan mekanis ring piston, memperbesar risiko deformasi, dan pada akhirnya memicu keretakan atau patah. Temuan ini memperkuat dugaan bahwa tingginya temperatur gas buang merupakan salah satu indikator awal kerusakan pada ring piston di mesin induk kapal.



Gambar 4.2 Ring Piston Bekas

Sumber : Dokumentasi kapal MV Tanto Tangguh (2024)

Tabel 4.5 *Log book* sumber MV Tanto Tangguh

Cylinder	Scavenging	Rack
1	53 °C	35 mm
2	56 °C	33 mm
3	51 °C	32 mm
4	54 °C	33 mm
5	60 °C	45 mm
6	51 °C	32 mm

Sumber; *log book* kapal MV Tanto Tangguh (2024)

Berdasarkan data pengukuran pada silinder nomor 5, tekanan *scavenging* tercatat sebesar 60 dan pembukaan rack bahan bakar mencapai 45, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan silinder lainnya. Tekanan scavenging yang tinggi menandakan suplai udara pembilasan ke silinder cukup besar, namun pembukaan rack yang jauh lebih besar dibanding silinder lain menyebabkan pasokan bahan bakar berlebih. Ketidakseimbangan rasio udara dan bahan bakar ini dapat meningkatkan temperatur pembakaran secara signifikan. Suhu tinggi yang terjadi secara terus-menerus berpotensi menyebabkan pelehan parsial atau kelelahan material pada ring piston, sehingga struktur ring melemah dan mudah patah. Kondisi ini, bila tidak segera ditangani, dapat mempercepat kerusakan komponen mesin serta menurunkan kinerja keseluruhan mesin induk MV Tanto Tangguh.

### C. Pembahasan

Dari kejadian diatas dapat diamati ketika jam kerja pada komponen mesin diesel harus diperhatikan supaya tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.

1. Hasil Observasi Piston merupakan komponen berbentuk silinder padat yang berfungsi sebagai sumbat geser di dalam silinder mesin. Piston banyak digunakan pada berbagai sistem mekanik seperti mesin pembakaran dalam, silinder hidraulik, silinder pneumatik, hingga pompa. Dalam konteks mesin pembakaran dalam, piston memiliki peran utama untuk menerima tekanan dari proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar, lalu mengubah

tekanan tersebut menjadi gaya dorong linear yang kemudian diteruskan ke poros engkol (*crankshaft*) untuk menghasilkan putaran. Dengan demikian, piston menjadi bagian yang sangat penting dalam proses konversi energi panas menjadi energi mekanik.

Dalam proses penelitian ini, penulis melakukan kegiatan observasi langsung di lapangan, khususnya terhadap kondisi piston dan ring piston pada mesin induk kapal MV Tanto Tangguh. Observasi yang dimaksud merupakan suatu kegiatan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap objek penelitian guna memperoleh informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang diteliti. Observasi dilakukan secara langsung di ruang mesin, dengan mengamati kondisi fisik piston, mengukur komponen yang terkait, serta mencatat segala bentuk perubahan yang terjadi sebelum dan sesudah perawatan.

Sebelum kegiatan observasi dilakukan, penulis telah menyusun dan menetapkan terlebih dahulu beberapa aspek penting yang menjadi fokus pengamatan. Penetapan aspek-aspek ini dilakukan agar proses observasi menjadi lebih terarah dan efisien. Aspek yang diamati meliputi kondisi visual ring piston, keausan komponen, celah ujung ring (*end gap*), *clearance* ring terhadap *groove* piston, kondisi liner silinder, suhu kerja silinder, serta tekanan kompresi masing-masing silinder. Semua aspek tersebut dirumuskan secara operasional, artinya pengamatan hanya akan difokuskan pada variabel-variabel yang bisa diukur dan dinilai secara objektif.

Dengan metode ini, setiap perubahan atau dampak yang muncul sebagai akibat dari kerusakan maupun proses perawatan pada ring piston dapat dicatat secara rinci, dan menjadi data utama dalam proses analisis. Tujuan akhir dari observasi ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kerusakan pada ring piston memengaruhi performa mesin, serta untuk mengidentifikasi penyebab utama dari terjadinya patahnya ring piston di kapal MV Tanto Tangguh.

Adapun analisis sementara dari observasi penulis , antara lain :

- a. Peningkatan *end gap*, dan *clearance groove* menunjukkan bahwa ring piston mengalami keausan melebihi ambang batas yang ditentukan oleh pabrikan mesin.

- b. Diameter ring piston yang berkurang juga mengindikasikan aus akibat gesekan berlebih atau kurangnya pelumasan.
- c. Temperatur silinder yang tinggi diduga menjadi pemicu pelemahan material ring piston, sehingga mudah retak dan patah.
- d. Penurunan tekanan kompresi menjadi bukti adanya kebocoran akibat ring piston tidak dapat lagi menjalankan fungsi sealing secara optimal.
- e. Goresan pada dinding liner kemungkinan besar disebabkan oleh pecahan ring piston yang bergesekan langsung dengan liner tanpa lapisan pelumas memadai.



Gambar 4.3 *Overhoul Main Engine*

Sumber : Dokumentasi kapal MV Tanto Tangguh (2024)

## 2. Pemeriksaan Visual

Tahap awal yang dilakukan sebelum proses pembongkaran (*disassembly*) pada *Main Engine* adalah pemeriksaan visual. Beberapa komponen utama yang diperiksa antara lain:

### a. Pemeriksaan *Engine Oil*

Langkah pertama adalah memastikan mesin dalam keadaan mati, kemudian memeriksa kondisi oli melalui dipstick. Level oli harus berada pada batas *upper* dan *lower* agar dapat dikategorikan normal.

b. Pengecekan *Turbocharger*

Pada bagian *turbocharger* dilakukan pemeriksaan untuk memastikan tidak terdapat kebocoran.

c. Pemeriksaan *Fuel Injection Pump*

Pemeriksaan dilakukan pada *fuel injection pump* untuk memastikan tidak terjadi kerusakan pada komponen tersebut.

d. Pemeriksaan *Intake Manifold*

Bagian *intake manifold* diperiksa guna memastikan tidak ada kebocoran pada area *packing*.

e. Pemeriksaan *Cylinder Liner*

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap *cylinder liner*. Hasil pemeriksaan menunjukkan adanya goresan pada dinding silinder.

f. Pemeriksaan Cela Ujung Ring Piston

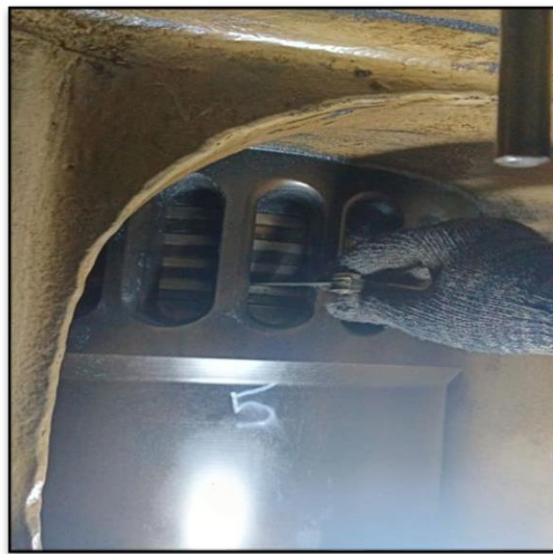
Pengukuran pada ring piston perlu dilakukan agar tekanan kompresi mesin tetap optimal. Terdapat dua jenis pengukuran, yaitu:

- 1) Pengukuran Cela Sambungan (Gap Ring Piston)
- 2) Pengukuran Cela Samping (*Side Clearance*)

Alat yang dibutuhkan masinis, yaitu Piston Ring Expander untuk Piston Ring dan Feeler Gauge. Pastikan Feeler Gauge yang akan anda gunakan dalam keadaan bersih dan rata, karena akan mempengaruhi ketelitian pengukuran.

a. Pengukuran Gap Ring Piston dan *Side Clearance*

Cela samping ring piston merupakan jarak antara ring dengan dudukannya pada piston. Umumnya terdapat tiga buah ring piston dalam satu piston, sehingga seluruhnya harus diukur. Proses pengukuran dilakukan setelah piston dilepas dari blok silinder. Piston kemudian dibersihkan menggunakan bensin atau kain lap agar bebas dari oli dan kotoran, namun ring piston tetap terpasang. Selanjutnya, feeler gauge dimasukkan ke cela antara ring dan dudukan piston dengan ketebalan yang sesuai. Hasil pengukuran kemudian dicatat dan dibandingkan dengan spesifikasi standar yang berlaku.



Gambar 4.4 Pengukuran gap ring piston

Sumber; Dokumentasi kapal MV Tanto Tangguh (2024)

#### b. Pengukuran *Side Clearence*

Pengukuran celah ujung ring piston dilakukan untuk mengetahui tingkat keausan pada bagian luar ring. Karena ring piston terbuat dari baja lentur, saat dipasang lingkarannya sedikit mengecil sehingga celah ujungnya sangat sempit. Namun, jika bagian luar mengalami aus, diameter ring akan bertambah dan celah ujung semakin lebar, yang pada akhirnya menyebabkan kebocoran kompresi. Prosedurnya dilakukan dengan melepas ring piston menggunakan expander, memasukkan ring ke dalam silinder, meratakannya dengan piston, lalu mengukur celah menggunakan feeler gauge dengan ketebalan sesuai standar. Hasil pengukuran dibandingkan dengan spesifikasi pabrikan, dan apabila melebihi batas toleransi, ring piston harus diganti karena keausan tidak dapat diperbaiki seperti pada blok silinder yang masih bisa di-bore up.

Pemeriksaan celah ini biasanya hanya diterapkan pada ring kompresi karena berpengaruh langsung terhadap tekanan kompresi, sedangkan ring oli umumnya tidak memiliki celah. Meskipun demikian, jika dilakukan penggantian ring piston, maka ring oli juga perlu diganti karena tetap berpotensi mengalami keausan yang dapat menyebabkan oli

masuk ke ruang bakar. Oleh sebab itu, penggantian ring piston umumnya dilakukan dalam bentuk satu set sesuai jumlah ring pada piston

### 3. Dampak keausan pada Ring Piston

Keausan yang terjadi pada ring piston hingga mengakibatkan patah di permukaannya dapat membuka celah sehingga oli masuk ke sela-sela antara ring piston dan piston itu sendiri. Kondisi ini memicu terjadinya goresan pada piston. Upaya perbaikan yang dilakukan yaitu dengan mengganti ring piston maupun piston yang sudah tidak dapat berfungsi dengan baik menggunakan komponen baru. Beberapa faktor yang dapat menimbulkan baret pada piston mesin diesel antara lain:

#### a. Ketidaksesuaian jadwal penggantian *Lube Oil* (L.O)

Salah satu penyebab utama piston mesin induk mengalami baret adalah penggantian oli pelumas yang tidak sesuai prosedur. Interval pergantian yang terlambat menyebabkan sistem pelumasan pada piston terganggu, sehingga meningkatkan risiko terjadinya gesekan berlebih dan mengakibatkan piston tergores..

Tabel 4.6 Jadwal Pergantian LO

No	Tanggal Pergantian LO	Running Hour Mesin	Standar Pergantian (Jam)	Realisasi Pergantian (Jam)	Keterangan
1	10 Mei 2024	1.950 jam	2.000 jam	Sesuai	Normal
2	20 Agustus 2024	4.450 jam	2.000 jam	+500 jam	Terlambat
3	19 September 2024	6.800 jam	2.000 jam	+350 jam	Terlambat
4	26 September 2024	7.800 jam	2.000 jam	+800 jam	Sangat terlambat (indikasi kerusakan ring piston)

Sumber: *Log Book* Mesin Induk MV Tanto Tangguh (2024)

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa pergantian LO pada mesin induk MV Tanto Tangguh tidak dilakukan secara disiplin sesuai rekomendasi pabrikan yang menetapkan interval setiap 2.000 jam operasi. Pada periode kedua dan ketiga, pergantian LO terlambat masing-masing 500 jam dan 350 jam dari standar, sedangkan pada periode keempat keterlambatan mencapai 800 jam. Kondisi ini menyebabkan kualitas LO

mengalami degradasi yang signifikan, ditandai dengan penurunan viskositas serta peningkatan kandungan kontaminan.

Akibat dari jadwal pergantian LO yang tidak maksimal, lapisan pelumasan pada dinding silinder tidak lagi bekerja optimal, sehingga gesekan antara ring piston dan liner meningkat. Panas lokal yang timbul mempercepat keausan material hingga akhirnya memicu patahnya ring piston pada silinder nomor 5. Dengan demikian, data ini menunjukkan bahwa keterlambatan pergantian LO menjadi salah satu faktor utama kerusakan piston ring pada mesin induk kapal MV Tanto Tangguh

a. Masalah pada sistem pendingin

Apabila sistem pendingin mesin induk tidak bekerja secara optimal, maka suhu ruang silinder akan meningkat melebihi batas normal. Kenaikan temperatur ini menyebabkan gesekan antara piston dengan liner semakin besar, sehingga menghasilkan panas berlebih di dalam mesin. Kondisi tersebut dalam jangka panjang dapat menimbulkan deformasi termal pada piston, bahkan berpotensi membuat bagian piston meleleh. Jika hal ini dibiarkan terus berlanjut, maka dampak akhirnya adalah timbulnya goresan atau baret baik pada permukaan piston maupun pada dinding liner silinder.

b. Kesalahan dalam penyetelan katup

Ketidaktepatan dalam melakukan penyetelan katup juga dapat menjadi faktor penyebab kerusakan pada piston. Apabila penyetelan dilakukan saat katup sedang beroperasi, maka kemungkinan besar akan terjadi pembukaan katup yang melebihi standar. Kondisi ini berisiko menimbulkan tumbukan antara katup dengan piston. Akibat dari benturan tersebut dapat berupa kerusakan serius seperti terjadinya baret pada piston, bengkoknya batang piston, hingga timbulnya lubang pada permukaan piston. Semua kerusakan ini menunjukkan betapa pentingnya prosedur penyetelan katup dilakukan sesuai standar operasi.

#### 4. Langkah Perbaikan

Setelah dilakukan analisis menyeluruh terhadap setiap komponen yang terlibat dalam sistem piston dan silinder mesin induk, diperoleh beberapa

temuan penting terkait kondisi kerusakan. Berdasarkan hasil inspeksi dan pengukuran, ditetapkan langkah-langkah perbaikan sebagai berikut:

a. Perbaikan pada Piston dan Ring Piston

Dari hasil pemeriksaan visual dan pengukuran teknis terhadap piston, ditemukan adanya kerusakan signifikan pada permukaan piston, khususnya di bagian *ring groove* yang mengalami keausan dan deformasi akibat patahnya ring piston. Oleh karena itu, dilakukan penggantian piston dengan unit baru yang sesuai dengan spesifikasi pabrikan mesin. Selain itu, pemeriksaan terhadap ring piston menunjukkan bahwa salah satu ring mengalami patah, sementara yang lainnya menunjukkan tanda-tanda keausan dan *carbon jamming*. Maka dari itu, semua ring piston diganti dengan komponen baru sesuai standar pabrik. Setelah penggantian, dilakukan pengecekan ulang terhadap:

- 1) *End Gap* (celah ujung ring)
- 2) *Groove Clearance* (celah antara ring dan alur piston)
- 3) Orientasi pemasangan ring, untuk memastikan tidak terjadi kesalahan seperti *overlapping* atau salah posisi.

Seluruh proses ini bertujuan untuk memastikan piston dan ring piston bekerja optimal dalam menjaga tekanan kompresi serta mencegah kebocoran gas pembakaran dan oli.

b. Pemeriksaan dan Perakitan Ulang *Main Engine*

Setelah perbaikan dan penggantian komponen selesai, dilakukan proses perakitan ulang (*assembly*) komponen mesin induk. Langkah ini dilakukan secara hati-hati dan sistematis sesuai prosedur kerja pabrikan (*maker's manual*). Semua bagian yang sebelumnya dibongkar, seperti cylinder head, liner, piston, dan sistem pelumasan, dipasang kembali dan dikencangkan dengan torsi sesuai spesifikasi teknis. Dalam tahap ini juga dilakukan pemeriksaan tambahan terhadap komponen lain seperti connecting rod bearing, crankshaft journal, serta sistem pelumasan dan pendinginan. Hal ini bertujuan untuk memastikan tidak ada kerusakan lanjutan yang mungkin timbul akibat patahnya ring piston sebelumnya. Pemeriksaan menyeluruh ini dilakukan untuk mengatasi

gejala awal yang terdeteksi, yaitu suara kasar (*abnormal noise*) dan penurunan tenaga (*low power*) pada mesin induk.

c. Engine *Test* (Pengujian Kinerja Mesin)

Setelah proses perakitan selesai dan sistem mesin dinyatakan aman, dilakukan *Engine Test* untuk menguji performa mesin pasca perbaikan. Pengujian dilakukan dengan prosedur:

*Start-up* awal, memantau tekanan oli, suhu air pendingin, dan suara mesin. *Slow turning* dan *full rotation check* untuk memastikan piston dan ring bergerak lancar tanpa hambatan.

Running test pada berbagai tingkat beban (*low, medium, full load*).

Dari hasil *engine test*, diketahui bahwa performa mesin kembali optimal. Mesin tidak lagi mengeluarkan suara kasar, dan gejala *low power* yang sebelumnya terjadi sudah tidak terdeteksi. Tekanan kompresi normal, suhu pembakaran stabil, dan oli pelumas tidak mengalami kebocoran.

Dengan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbaikan telah berhasil dilakukan dengan baik dan mesin induk (*main engine*) siap untuk kembali beroperasi secara normal dalam mendukung pelayaran kapal.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. KESIMPULAN**

Dari hasil analisis patahnya ring piston pada kapal MV Tanto Tangguh dapat disimpulkan bahwa kegagalan tersebut merupakan akibat dari beberapa faktor yang saling berinteraksi.

1. Patahnya ring piston pada mesin induk MV Tanto Tangguh terjadi karena gabungan beberapa faktor. Pertama, adanya keausan berlebihan pada ring dan alurnya (*groove*) akibat gesekan yang berlangsung lama sehingga ukuran sudah melebihi batas normal. Kedua, panas berlebih (*overheating*) yang membuat material ring melemah, biasanya disebabkan pembakaran yang tidak sempurna dan sistem pendinginan yang kurang maksimal. Ketiga, faktor operasional seperti perawatan yang tidak tepat, penggunaan oli yang tidak sesuai standar, serta keterlambatan penggantian komponen aus. Gabungan dari faktor-faktor tersebut membuat kekuatan ring piston menurun sehingga mudah retak dan patah saat menahan tekanan tinggi di dalam silinder mesin
2. Kerusakan pada piston ring mesin induk di MV Tanto Tangguh memberikan dampak signifikan terhadap kinerja dan keselamatan operasional kapal. Piston ring yang patah menyebabkan penurunan tekanan kompresi di dalam silinder, sehingga daya dorong mesin berkurang dan konsumsi bahan bakar meningkat. Selain itu, oli pelumas dapat masuk ke ruang bakar, mengakibatkan pembakaran tidak sempurna, timbulnya asap berlebih, serta pencemaran lingkungan. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat memicu kerusakan lebih parah pada komponen mesin lain seperti liner, piston, dan katup, yang akhirnya berpotensi menyebabkan terganggunya jadwal pelayaran dan meningkatnya biaya perawatan kapal.
3. Upaya pencegahan kerusakan piston ring pada mesin induk di MV Tanto Tangguh dilakukan melalui penerapan perawatan dan pemeriksaan rutin yang sesuai dengan prosedur pabrikan. Tindakan ini mencakup pemantauan kondisi pelumasan, pengukuran celah piston ring secara berkala, serta

pengendalian suhu dan tekanan kerja mesin agar tetap berada dalam batas aman. Selain itu, penggunaan bahan bakar dan oli pelumas yang memenuhi standar spesifikasi turut berperan penting dalam mengurangi risiko keausan dan kerusakan. Dengan penerapan langkah-langkah ini, potensi terjadinya patah piston ring dapat diminimalkan, umur pakai komponen dapat diperpanjang, dan keandalan mesin dalam mendukung operasional kapal dapat terjaga

## B. SARAN

### 1. Perawatan dan Inspeksi Terjadwal

Melaksanakan perawatan dan inspeksi piston ring serta komponen terkait sesuai rekomendasi pabrikan, termasuk pengukuran celah ring, dan *groove* dengan peralatan akurat, serta menjaga sistem pendinginan mesin melalui pemeriksaan sirkulasi air pendingin, pembersihan *heat exchanger*, dan pemantauan temperatur silinder secara rutin untuk mencegah *overheating*.

### 2. Penggunaan dan Pemantauan Pelumas serta Bahan Bakar

Menggunakan oli pelumas dan bahan bakar sesuai spesifikasi pabrikan, disertai pemantauan tekanan, viskositas, dan kebersihan pelumas secara berkala guna mengurangi risiko keausan dini pada piston ring.

### 3. Pelatihan dan Dokumentasi Perawatan

Memberikan pelatihan rutin kepada awak kapal, khususnya bagian mesin, mengenai prosedur perawatan dan pengoperasian mesin induk, serta mendokumentasikan seluruh riwayat perawatan dan kerusakan piston ring untuk dianalisis sebagai upaya pencegahan kerusakan di masa mendatang.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Alfabeta. (2020). *Ocean engineering*. Bandung: Alfabeta.
- Cambridge University Press. (2017). *Marine diesel engines*. Inggris: Cambridge University Press.
- Menara Safety Indonesia, P. T. (2025). *Main engine faktor penentu operasional dan keselamatan kapal*. Jakarta: PT. Menara Safety Indonesia.
- PIP Semarang. (2020). Analisis patahnya piston ring pada mesin induk di MV.KT 05. Semarang: PIP Semarang.
- PIP Semarang. (2021). Analisa patahnya piston ring silinder nomor 7 pada *main engine* di MT. Candawati I. Semarang: PIP Semarang.
- PIP Semarang. (2023). Studi analisa kerusakan ring piston. Semarang: PIP Semarang.
- PT Intimedia. (2012). Panduan memahami metodologi penelitian. s.l.: PT Intimedia.
- PT Remaja Rosdakarya. (2021). Metodologi penelitian kualitatif. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Prenadamedia Group. (2016). Metode penelitian: Kuantitatif, kualitatif, dan penelitian gabungan. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Sugiyono. (2015). Dasar metodologi penelitian. Yogyakarta: Literasi Media.
- The Qualitative Report. (2021). *Discursive psychology for applied qualitative research* (Vol. 26). Jakarta: *The Qualitative Report*.

LAMPIRAN

PT TANTO INTIM LINE RH MAIN ENGINE (M/E) :353 HR MV. TANTO TANGGUH		MONTH : 25 September 2024													
NO	PARTS NAME	ENGINE TYPE : 2 CYCLE,SINGLE ACTING,CROSS HEAD,DIRECT REVERSIBLE TYPE. MERK : KAWASAKI - MAN B&W 6L 50MC													
		FREQ UNIT	CYL NO.1	CYL NO.2	CYL NO.3	CYL NO.4	CYL NO.5	CYL NO.6	CYL NO.7	CYL NO.8					
1	INJECTOR	4000	1647	1647	1647	1647	426	1061							
2	CYLINDER HEAD	8000	4401	3508	139	4138	3208	7328							
3	PISTON	6000	1939	162	2502	4138	2024	213							
4	RING PISTON	8000	1939	920	2502	4138	2024	1171							
5	PISTON ROD	8000	6487	23846	14612	14612	12330	17131							
6	EXHAUST VALVE	6000	4431	2024	139	4430	3185	5791							
7	CONNECTING ROD	8000	34837	34837	34837	34837	34837	34837							
8	CYLINDER LINER	8000	8143	14770	2502	4430	4664	7028							
9	CRANK SHAFT	8000	34837	34837	34837	34837	34837	34837							
10	UPPER & LOWER C.P. BEARING	8000	34838	34838	34838	34838	34838	34838							
11	STARTING AIR VALVE	8000	4431	2024	7328	4138	4401	7328							
12	SAFETY VALVE OF CYL. HEAD	8000	4431	7447	7328	4138	7039	7328							
13	FUEL INJECTION PUMP	8000	4431	4899	4753	4753	5157	4897							
14	MAIN BEARING	8000	34837	34837	34837	34837	34837	34837	34837	34837					
15	CAMSHAFT	16000	34837	MAINTENANCE											
16	TIMING GEAR	1500	6487	1. REPLACED PISTON CROWN CYL NO 2 & 6 2. CLEANED AIR SCAVING UNDER PISTON											
17	GOVERNOR	8000	N/A	3. REPLACED COOLING JACKET LINER & O-RING 4. REPLACED CYL. COVER AND EXH CYL NO 3											
18	T/C & LO T/C	8000	1170/907												
19	AIR COOLER	8000	907												
20	LO COOLER ME / G.BOX	8000	1903												
21	FW COOLER	1000	907												
22	LO SUMP TANK ME / G.BOX	-	22004												
		GREEN	1 X RECONDITION/REBUILT			LAST DRY DOCKING: 13 JUNE 24-23 JUNE 2024 BUILT UP WELDING,GRINDING & BALANCING PROPELLER REPLACED CHROME LINER									
		RED	2 X RECONDITION/REBUILT												
		BLACK	NEW /ORIGINAL												
OH AND REPLACED BEARING BY ABS			15-Jun-24												
ME AIR COOLER SIDE CLEANING (4000)			907												
ME AIR COOLER WATER SIDE CLEANING(5000)			1070												

## Lampiran 1: Running Hours main engine

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran

## FORM WAWANCARA

**Judul Penelitian** : Analisa penyebab patahnya ring piston mesin induk pada cylinder no 5 untuk melakukan langkah perbaikan dikapal MV. Tanto tangguh  
**Tanggal Wawancara** : 21 September 2024  
**Tempat** : Ruang Mesin, Kapal MV TANTO TANGGUH  
**Pewawancara** : Cadet  
**Narasumber** : KKM

No	Pertanyaan Cadet	Jawaban KKM
1	Bas, sebelum ring piston patah, tanda-tanda apa saja yang biasanya muncul pada mesin induk?	Biasanya terlihat penurunan tekanan kompresi pada silinder tertentu, munculnya asap berwarna putih atau biru dari cerobong, suara ketukan tidak normal, serta konsumsi oli pelumas yang meningkat.
2	Menurut Bas, apa penyebab utama ring piston mesin induk 2 tak di kapal ini bisa patah?	Penyebab utamanya adalah keausan berlebih karena umur pakai, pelumasan yang tidak optimal akibat tersumbatnya saluran oli, serta overheating karena pendinginan tidak maksimal.
3	Bagaimana dampak patahnya ring piston terhadap performa mesin induk dan perjalanan kapal?	Tenaga mesin menurun drastis, efisiensi bahan bakar berkurang, getaran meningkat, dan kapal berpotensi terlambat tiba di pelabuhan karena kecepatan berkurang.
4	Setelah ditemukan kerusakan, langkah perbaikan apa yang dilakukan di kapal?	Kami membongkar unit silinder yang bermasalah, mengganti ring piston dengan yang baru, memeriksa kondisi liner, membersihkan saluran pelumasan, lalu melakukan uji kompresi untuk memastikan hasil perbaikan.

No	Pertanyaan Cadet	Jawaban KKM
5	Apakah ada kendala selama perbaikan berlangsung di kapal?	Kendala yang sering muncul adalah keterbatasan suku cadang saat di tengah pelayaran, waktu perbaikan yang terbatas, serta kondisi komponen yang aus sehingga sulit dilepas.
6	Upaya pencegahan apa yang dilakukan agar kerusakan seperti ini tidak terulang?	Menjaga kualitas oli pelumas, melakukan perawatan preventif sesuai manual pabrik, memantau suhu operasi mesin, serta inspeksi rutin terhadap kondisi ring piston dan liner.
7	Menurut Bapak, perawatan apa yang paling krusial untuk menjaga ring piston mesin induk tetap optimal?	Pelumasan yang tepat dan teratur, menjaga temperatur kerja mesin tetap stabil, pembersihan filter oli secara berkala, dan memastikan sistem pendinginan bekerja dengan baik.

Catatan Pewawancara:

Wawancara ini memberikan gambaran bahwa kerusakan ring piston pada mesin induk di kapal Mv Tanto Tangguh disebabkan oleh kombinasi faktor teknis seperti pelumasan, pendinginan, dan umur pakai. Pencegahan dapat dilakukan dengan perawatan preventif yang konsisten.

Mengetahui

Cadet MV Tanto Tangguh

KKM MV TANTO TANGGUH

Arrafi Wal Ikhsan

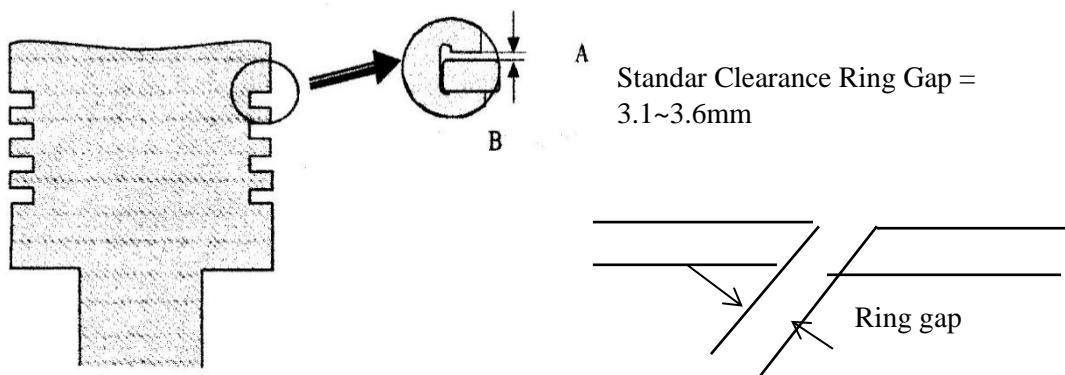
Yakub Laudewik

**PT. TANTO INTIM LINE**  
**KM.TANTO TANGGUH**

Engine Type : KAWASAKI-MAN B&W 6L5MC ( Cylinder No.5)  
 Date of Inspection : 22 September 2024  
 Port of Inspection : Berlabuh di Bitung

**CLEARANCE PISTON RING GROOVE AND GAP**

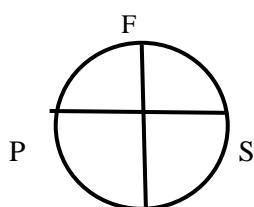
Standart clearance	Limit clearance
Groove No.1 and No.2 = 12.5mm	Groove No.1 and No.2 = 13.1mm
Groove No.3 and No.4 = 9.5mm	Groove No.3 and No.4 = 10.1mm



**Remark :** Piston Ring No.1,2,3,4 Used OLD Spare  
 Piston Crown Used OLD Spare

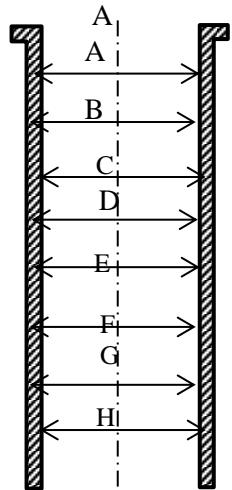
PISTON groove	
Groove No 1	12.8
Groove No 2	12.8
Groove No 3	9.7
Groove No 4	9.7

CLEARANCE OF PISTON RING & PISTON GROOVE STANDAR CLEARANCE					Ring Gap
1st 2 <sup>nd</sup> =0,38-0,43					
	3rd,4th=0,35-0,40				
	A ( P-S )	A ( F-A )	B ( P-S )	B ( F-A )	T
1	0,35	0,35	0,35	0,35	5,50
2	0,40	0,40	0,40	0,40	5,40
3	0,40	0,40	0,40	0,40	5,10
4	0,35	0,35	0,35	0,35	5,10



Clearance New = 500,00 mm  
 Limit clearance = 502,00 mm

### INSIDE DIAMETER OF CYLINDER LINER



POS	F - A	P - S
A	500.98	500.85
B	501.21	501.16
C	501.57	501.66
D	500.37	500.25
E	500.31	500.20
F	500.22	500.20
G	500.21	500.20
H	500.21	500.20

**TOTAL RUNN HRS CYL LINER : 7292 HRS**

Lampiran 4: Clearance cylinder no 5



Lampiran 5



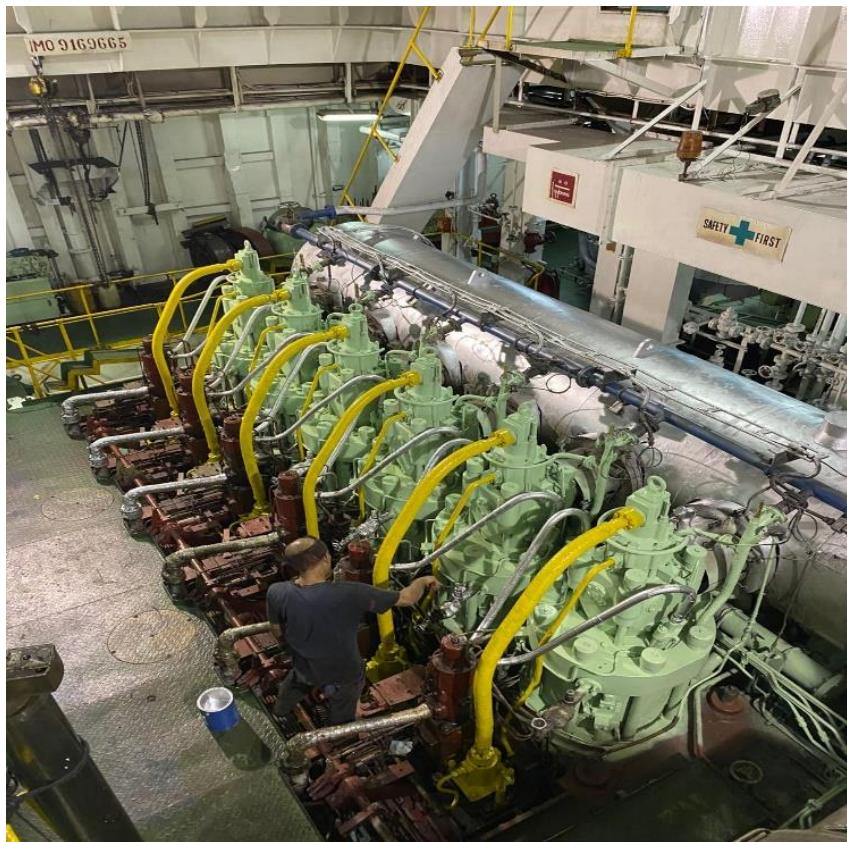
Lampiran 6. Overhoul Main engine



Lampiran 7. Overhoul Main engine



Lampiran 8. Overhoul Main engine



Lampiran 9. Mesin induk MV Tanto Tangguh



Lampiran 10.



Lampiran 11. Cadet membersihkan tanki sludge



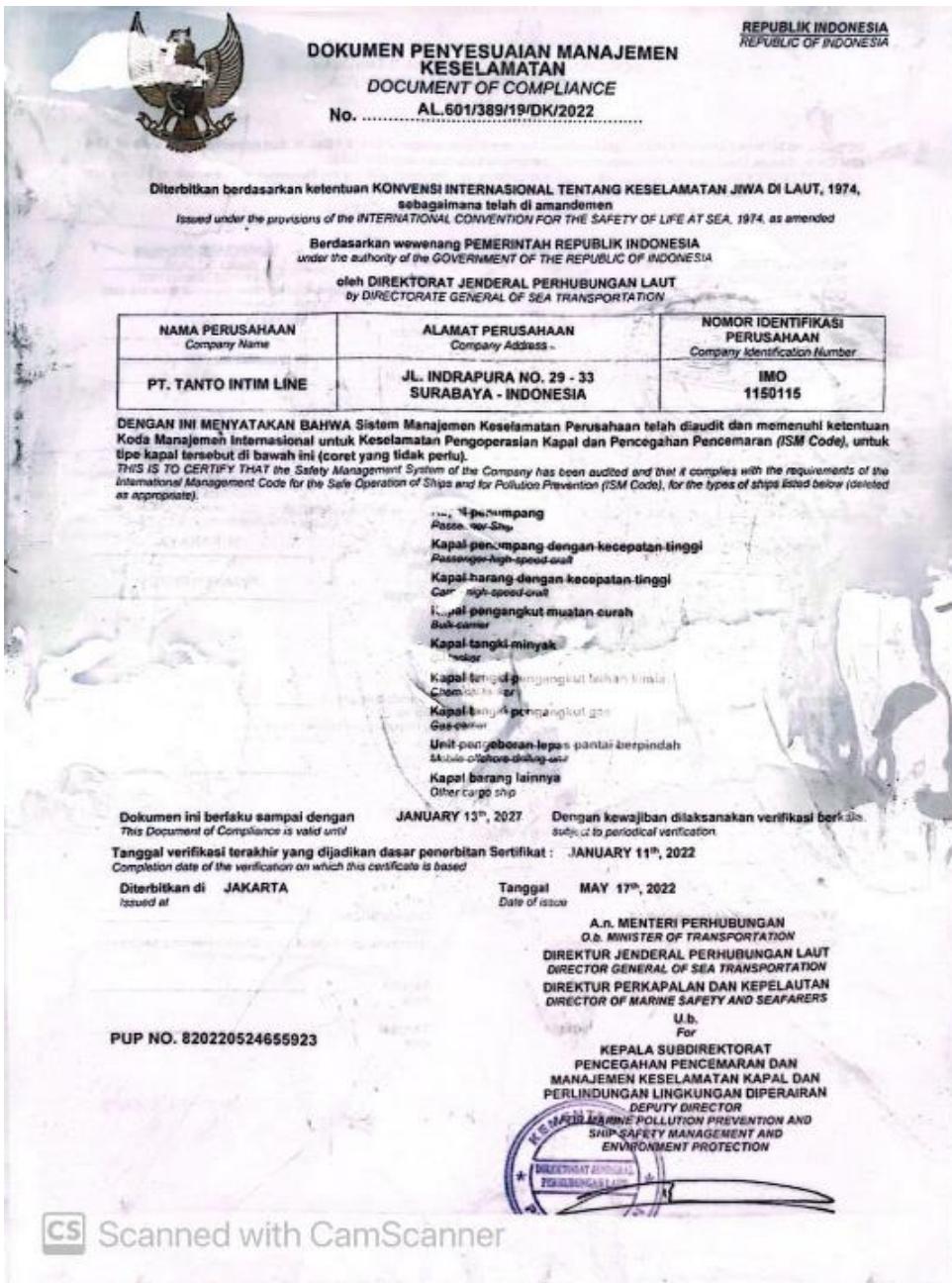
Lampiran 12

PERUSAHAAN PELAYARAN NUSANTARA  
**P.T. TANTO INTIM LINE**  
 JL. INDRAPURA NO.29-33 SURABAYA  
 TELP.: (031) 3533392 (HUNTING) FAX : (031) 3533396 – 3535746  
 TELEX : 32802 – TANTO IA – Alamat Kawat : TANTOSHIP  
 E-mail : tantoship@tantonet.com http://www.tantonet.com

#### SHIP'S PARTICULARS

<b>NAME OF SHIP</b>	<b>MV. TANTO TANGGUH</b>
<b>CALL SIGN</b>	<b>P.O.S.W</b>
<b>TYPE OF SHIP</b>	<b>CONTAINER CARRIER</b>
<b>NATIONALITY</b>	<b>INDONESIA</b>
<b>PORT OF REGISTER</b>	<b>JAKARTA</b>
<b>OWNER'S NAME</b>	<b>PT.TANTO INTIM LINE</b>
<b>OWNER'S ADDRESS</b>	<b>JL. INDRAPURA NO.29-33 SURABAYA</b>
<b>BUILDER</b>	<b>KYOKUYO SHIPTYARD CO.JAPAN</b>
<b>BUILDER NO.OF SHIP</b>	<b>S NO.420 SHIMONOSEKI</b>
<b>OFFICIAL NUMBER</b>	<b>GT.9380 NO.4135/PST</b>
<b>IMO NUMBER</b>	<b>9169665</b>
<b>INMARSAT-C ID NO</b>	<b>452502388</b>
<b>MMSI NUMBER</b>	<b>525013022</b>
<b>DATE OF LAUNCHING</b>	<b>18-Jun-98</b>
<b>DATE OF DELIVERY</b>	<b>10-Sep-98</b>
<b>KEEP LAYING</b>	<b>1-Apr-98</b>
<b>CLASSIFICATION</b>	<b>B.K.I</b>
<b>G.R.T</b>	<b>9380 MT ( DWT : 12.288 MT )</b>
<b>N.R.T</b>	<b>5456 MT</b>
<b>L.O.A</b>	<b>144.83 METERS</b>
<b>LBP</b>	<b>134.25 METERS</b>
<b>BREADTH MOULDED</b>	<b>22.40 METERS</b>
<b>DEPTH MOULDED</b>	<b>11.00 METERS</b>
<b>DRAFT DESIGN</b>	<b>8.20 METERS</b>
<b>SUMMER DRAFT</b>	<b>8.216 METERS</b>
<b>SUMMER FREEBOARD</b>	<b>2.826 METERS</b>
<b>TYPE OF FREEBOARD</b>	<b>B' TYPE ASSIGNED ON ICLL 1966</b>
<b>ENDURANCE</b>	<b>9000.00 NM</b>
<b>LIFE BOAT CAPACITY</b>	<b>27 PERSON ( FREE FALL LIFEBOAT )</b>
<b>RESCUE BOAT</b>	<b>6 PERSON ( STB SIDE )</b>
<b>LIFE RAFT CAPACITY</b>	<b>1 X 16 PERSONS &amp; 1 X 25 PERSONS (STB) 1 X 16 PERSONS &amp; 1X 12 PERSONS (PS) 1 X 6 PERSONS (FORWARD)</b>
<b>DIST.BRIDGE TO FWD</b>	<b>127.35 METERS</b>
<b>DIST.BRIDGE TO AFT</b>	<b>17.45 METERS</b>
<b>DIST.ANTENA HEIGHT</b>	<b>40.30 METERS</b>
<b>DIST KEEL TO BRIDGE</b>	<b>26.30 METERS</b>
<b>MAIN ENGINE TYPE</b>	<b>MAN B&amp;W 6L50MC</b>
<b>M.C.R</b>	<b>10860 PS X 148 RPM</b>
<b>N.C.R</b>	<b>9770 PS X 143 RPM</b>
<b>SERVICE SPEED</b>	<b>17 KNOTS</b>
<b>PROPELLER TYPE</b>	<b>5 BLADE - RIGHT HAND - FIXED PITCH</b>
<b>CARGO DESCRIPTION</b>	<b>TOTAL OF 736 TEUS</b>
<b>REEFER CAPACITY</b>	<b>60 NO'S</b>

Lampiran 13. Ships particular MV TANTO TANGGUH



Lampiran 14. Dokumen MV TANTO TANGGUH



**IMMIGRATION REGULATIONS  
CREW LIST**

No	Name or Name / Name Kapal	Nationality	Date of Birth / Tanggal Lahir	Port of Arrival / Pelabuhan Tujuan	Port of Departure / Pelabuhan Berangkatan	Date / Tanggal	Last Port of Embarkation / Pelabuhan Terakhir		Position / Posisi	Dob	Cabin Number / Nomor Kamar	Passenger Category / Kelas Penumpang	Ticket No. / Nomor Tiket	Ticket Date / Tanggal Tiket	Ticket Type / Jenis Tiket	Ticket Price / Harga Tiket
							Port of Arrival / Pelabuhan Tujuan	Port of Departure / Pelabuhan Berangkatan								
1	Oscar Makunuras	IND	10/09/1980	WIN	TAB	2024-05-24	Natalia	12/02/1973	27-Ang-25	2014-05-26	002-002-26					
2	PETER LIE KWONDO	IND	F 01/02/2	WIN	19/02/1955		Makuta I	09/04/1944	05-Ang-25	10-05-05-26	10-05-05-25					
3	ABRIEL JAWAL	IND	F 19/07/27	WIN	3-Dez-2023		Makuta II	26-06/1953	12-Ang-25	12-05-05-26	12-05-05-25					
4	RUSLY NORFIELD	IND	F 19/02/2	WIN	7-Dez-2027		Makuta III	31-Agus-23	10-Ang-25	10-05-05-25	10-05-05-25					
5	YARIN LAUWERKS	IND	F 01/07/2	WIN	11-Ago-2029		KEM	26-Ago-1954	13-Ang-25	10-05-05-26	10-05-05-25					
6	ALAMANDA AGUST	IND	F 03/01/20	WIN	14-Ago-2027		Makuta IV	18-Ago-1961	08-Ago-25	11-05-05-25	11-05-05-25					
7	REZKALIAH SYAHING	IND	F 08/05/20	WIN	27-Ago-2027		Makuta III	11-Ago-1962	27-Ago-25	11-05-05-25	11-05-05-25					
8	ANAYLA BEKAN NURAMA	IND	F 07/04/2	WIN	29-Ago-2027		Makuta IV	14-Ago-1966	07-Ago-25	07-Ago-05-27	07-Ago-05-27					
9	YOLANNE ANANG	IND	F 03/10/1	WIN	02-Sep-2023		Eduhion	14-Ago-1948	-	20-05-05-26	12-05-05-25					
10	ANNUALYNAZI	IND	F 11/02/20	WIN	23-Ago-2025		Ari East	19-Ago-1953	-	10-05-05-27	03-05-05-26					
11	LESAKAR NAYIRE	IND	F 07/02/20	WIN	11-Sep-2026		Reina	02-Dez-1955	-	10-05-05-26	17-05-05-25					
12	ELIANA INTIA RAJAWAYA	IND	F 20/06/09	WIN	01-Ago-2026		AIB	18-Ago-1960	06-Ago-25	10-05-05-26	07-05-05-25					
13	ADY RUMANDO	IND	F 01/03/09	WIN	26-Ago-2026		WAH	07-Ago-1963	-	12-05-05-26	03-05-05-25					
14	FAIRINA FAHMI	IND	F 01/03/08	WIN	27-Ago-2027		WAH	27-Ago-1963	26-Ago-25	10-05-05-27	10-05-05-25					
15	SILIA ALAM	IND	F 01/09/09	WIN	24-Ago-2023		Yaser	03-Ago-1956	-	21-05-05-26	13-05-05-25					
16	ZAHNO DATED	IND	F 01/08/09	WIN	13-Ago-2027		Yaser	26-Ago-1956	-	10-05-05-29	03-05-05-26					
17	BORNAKACH	IND	F 01/08/09	WIN	22-Nov-2026		Yaser	14-Ago-1956	-	20-05-05-25	10-05-05-24					
18	FAIRNESS LATYKA	IND	F 01/08/09	WIN	04-Nov-2026		OS	26-Ago-1956	27-Ago-25	10-05-05-25	10-05-05-24					
19	ROSE NURULAH	IND	F 01/08/09	WIN	13-Nov-2027		KOKI	08-Ago-1956	-	10-05-05-25	10-05-05-25					
20	ANDI FISKAH	IND	F 01/08/09	WIN	14-Aug-2025		KOKI	11-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
21	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
22	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	21-Aug-2025		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
23	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
24	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
25	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
26	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
27	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
28	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
29	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
30	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
31	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
32	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
33	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
34	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
35	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
36	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
37	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
38	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
39	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
40	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
41	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
42	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
43	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
44	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
45	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
46	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
47	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
48	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
49	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
50	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
51	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
52	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
53	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
54	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
55	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
56	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
57	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
58	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
59	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
60	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
61	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
62	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
63	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
64	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
65	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
66	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
67	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
68	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
69	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
70	SHAFIKA	IND	F 01/08/09	WIN	15-Aug-2027		KOKI	15-Okt-1953	-	10-05-05-27	10-05-05-25					
71	SHAFIKA	IND	F 01/08/09													

Seri Dua											
12. Sesi kerja											
Pada hari											
Malam - hari First watch 20.00 - 24.00											Waktu - Jaga watch hours
Petang - hari Dog watch 16.00 - 20.00											Jam kawalan motor induk main engine running hours
Siang - hari Afternoon watch 12.00 - 16.00											Putaran 1 menit rotation per minute
Pagi - hari Forenoon watch 08.00 - 12.00											Penunjukan putaran rotation counter
Dini - hari Morning watch 04.00 - 08.00											Larut - Malam Middle watch 00.00 - 04.00
Posisi handel bahan bakar fuel handle position											
Pendekin											
All larut pendingin cylinder engine cooling water bahan bakar cylinder No.											
Masuk inlet											
keluar outlet											
Masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											
keluar outlet											
masuk inlet											

Lampiran 16