

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA PENYEBAB TERJADINYA *OVALITY* PADA *CYLINDER LINER* KAPAL MANDELIN CITRA**

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

Disusun Oleh:

**MHD NUR SARAGIH**  
**2107230126**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Mhd Nur Saragih

Npm : 2107230126

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab terjadinya ovality pada cylinder liner  
Kapal mandelin citra

Bidang Ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Oktober 2024

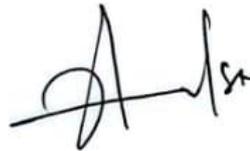
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



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

Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Mhd Nur Saragih  
Tempat/ Tanggal Lahir : Pangkalan Brandan, 28 April 2002  
Npm : 2107230126  
Bidang Keahlian : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **“Analisa Penyebab Terjadinya *Ovality* Pada *Cylinder Liner* Kapal Mandelin Citra”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

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

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

Medan, 13 Oktober 2024

Saya yang menyatakan



**MHD NUR SARAGIH**  
**2107230126**

## ABSTRAK

PT. Waruna *Shipyards* Indonesia adalah Perusahaan yang bergerak di bidang *ship repair* atau perbaikan pada kapal yang terletak di Jalan Bagan Deli Medan Belawan Sumatera Utara. Perbaikan pada mesin kapal merupakan sebuah tujuan yang ingin dicapai untuk menunjang performa pada mesin, Dimana kapal mengalami kerusakan pada mesin dapat mengakibatkan kerugian akibat tertundanya operasi pada mesin kapal. Terutama pada kerusakan *cylinder liner* pada *main engine* atau alur gerak bolak balik piston. Tujuan dalam penelitian ini untuk menentukan akar penyebab dari kerusakan *cylinder liner* yang mengalami perubahan bentuk pada mesin utama. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini *visual* inspeksi dan melepas komponen *engine*. Hasil dan pembahasan penelitian didapat perubahan bentuk *cylinder liner*. *Cylinder liner* merupakan salah satu komponen vital dalam sistem pembakaran mesin diesel pada kapal tugboat (*tagboat*), yang berfungsi sebagai jalur gerak piston dalam proses kompresi dan ekspansi. Salah satu bentuk kerusakan yang sering terjadi pada komponen ini adalah *ovality* atau ovalitas, yaitu kondisi di mana bentuk penampang silinder berubah dari lingkaran sempurna menjadi lonjong. Ovalitas menyebabkan berkurangnya efisiensi kerja mesin akibat kebocoran tekanan kompresi, peningkatan konsumsi oli pelumas, dan kerusakan lanjutan pada piston dan ring piston. Penelitian atau kajian ini dilakukan untuk menganalisis penyebab utama terjadinya *ovality* pada *cylinder liner* mesin kapal tugboat, serta meninjau metode inspeksi dan perbaikan yang dapat diterapkan. Proses pengukuran dilakukan menggunakan *Dial Bore Gauge*, dengan membandingkan diameter vertikal dan horizontal *cylinder liner* pada tiga titik utama: bagian atas, tengah, dan bawah. Dari hasil pengamatan di lapangan, ditemukan bahwa ovalitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: gesekan yang tidak merata antara ring piston dan dinding liner, sistem pelumasan yang tidak optimal, distribusi pendinginan yang tidak merata, kualitas pelumas yang buruk, serta beban kerja mesin yang berlebihan.

Kata Kunci: *Cylinder Liner*, *ovality*, honing, keausan silinder

## ABSTRAK

*PT. Waruna Shipyard Indonesia is a company that operates in the field of ship repair or repairs to ships located on Jalan Bagan Deli, Medan, Belawan, North Sumatra. Repairing a ship's engine is a goal to be achieved to support the performance of the engine. Where a ship experiences damage to the engine, it can result in losses due to delays in operations on the ship's engine. Especially for damage to the cylinder liner on the main engine or the reciprocating movement of the piston. The aim of this research is to determine the root cause of damage to the cylinder liner which experiences changes in shape on the main engine. The method used in this research is visual inspection and removing engine components. The results and discussion of the research obtained changes in the shape of the cylinder liner. The cylinder liner is a vital component in the diesel engine combustion system on tugboats (tagboats), which functions as a piston movement path in the compression and expansion process. One form of damage that often occurs to this component is ovality, which is a condition where the cross-sectional shape of the cylinder changes from a perfect circle to an oval. Ovality causes reduced engine efficiency due to compression pressure leaks, increased lubricating oil consumption, and further damage to the piston and piston rings. This research or study was carried out to analyze the main causes of ovality in the cylinder liners of tugboat engines, as well as reviewing inspection and repair methods that can be applied. The measurement process is carried out using a Dial Bore Gauge, by comparing the vertical and horizontal diameters of the cylinder liner at three main points: top, middle and bottom. From field observations, it was found that ovality was influenced by several factors, including: uneven friction between the piston ring and liner wall, a lubrication system that was not optimal, uneven cooling distribution, poor lubricant quality, and excessive engine workload.*

*Keywords: Cylinder Liner, ovality, honing, cylinder wear*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang segala puji dan Syukur penulis mengucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “Analisa Penyebab Terjadinya Ovality Pada Cylinder Liner Kapal Mandelin Citra”.

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

1. Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Jakupson Saragih dan Ibunda Sumiati yang telah mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Rekan – rekan seperjuangan, Muhammad Ibnu Sina, M. Abdul Azis, Jainal Rosidi, Liyum Dzira Damanik, M. Farhan Ramadhan Siahaan.
8. Rekan – rekan seperjuangan kelas C1 Pagi Stambuk 2021, serta rekan – rekan bidang keahlian konversi manufaktur yang telah banyak memberi saran dan dukungan kepada penulis.
9. Saudara seperjuangan Yuda Jaya Saragih, Rayhan Renaldi, Gunawan Saragih, Raj Aditia
10. Debreri Irfansyah Sembiring, S.H., M.H. yang telah membarikan dukungan dan doa kepada penulis untuk tidak menyerah mengerjakan tugas akhir ini.

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

Medan, 13 Oktober 2024

Penulis



**MHD NUR SARAGIH**

**2107230126**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1. Pengertian Mesin Diesel	3
2.1.1. Prinsip Kerja Mesin Diesel	3
2.1.2. Komponen Utama Mesin Diesel	4
2.2. <i>Cylinder</i> Liner	11
2.3. Sistem Pelumasan Silinder Liner	12
2.4. Zat Aditif	13
2.5. Blok Silinder Liner	16
2.6. Sistem Pendinginan Silinder Liner	17
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1. Tempat dan Waktu	19
3.1.1. Tempat Penelitian	19
3.1.2. Waktu Penelitian	19
3.2. Bahan dan Alat	19
3.2.1. Bahan Penelitian	19
3.2.2. Alat Penelitian	20
3.3. Bagan Alir Penelitian	26
3.4. Rancangan Alat Penelitian	27
3.5. Prosedur Penelitian	27
3.6. Langkah Proses Pembongkaran Komponen <i>Cylinder</i> Liner	28
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>30</b>
4.1. Penelitian <i>Cylinder</i> Liner	30
4.1.1. Langkah – Langkah pembongkaran <i>cylinder head</i>	30
4.2. Langkah – langkah pembongkaran <i>cylinder</i> liner	34
4.3. Melakukan pengujian honing pada <i>cylinder</i> liner	35
4.4. Melakukan Pengukuran Liner	37
4.5. Diagram <i>Ovality Cylinder</i> Liner	40
4.6. Penanganan Permasalahan Keausan <i>Cylinder</i> Liner	42

4.7. Analisis Penyebab Keausan <i>Cylinder Liner</i>	43
4.7.1 Faktor Penyebab Kerusakan <i>Cylinder liner</i>	44
4.8. Menganalisis Penyebab Terjadinya Pelumasan Tidak Merata	45
4.8.1. Macam – Macam Keausan	46
4.9. Viskositas Oli Mesin	48
4.9.1. Penanganan Permasalahan Keausan <i>Cylinder Liner</i>	49
4.9.2. Keausan Korosi	49
4.9.3. Keausan Gesek ( <i>Abrasive Wear</i> )	50
4.9.4. Kegagalan Sistem Pelumasan	51
4.9.5. Keausan Lelah ( <i>Fatigue Wear</i> )	53
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	57
<b>SK PEMBIMBING</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal	3
Gambar 2.2. Disel 4 tak	4
Gambar 2.3. Kepala Silinder	5
Gambar 2.4. Ruang bakar injeksi pada nozzle	5
Gambar 2.5. Torak (piston)	6
Gambar 2.6. Pena torak ( <i>crank pin</i> )	6
Gambar 2.7. Ring torak ( <i>piston ring</i> )	7
Gambar 2.8. Batang torak ( <i>connecting rod</i> )	7
Gambar 2.9. Poros engkol ( <i>crank shaft</i> )	8
Gambar 2.10. Bantalan jurnal (jurnal <i>bearing</i> )	8
Gambar 2.11. Roda penerus ( <i>fly wheel</i> )	9
Gambar 2.12. Klep ( <i>valve</i> )	9
Gambar 2.13. Poros nok ( <i>cam shaft</i> )	10
Gambar 2.14. Gigi timing ( <i>timing gear</i> )	10
Gambar 2.15. Pengatur ( <i>governor</i> )	11
Gambar 2.16. Sitem Pelumasan silinder liner	13
Gambar 2.17. Blok Silinder	17
Gambar 3.1. <i>Cylinder Liner</i>	20
Gambar 3.2. Tols	20
Gambar 3.3. Kunci – kunci Ring Pas	21
Gambar 3.4. Belting ( <i>Webbing Sling</i> )	21
Gambar 3.5. Piston	22
Gambar 3.6. Takal	22
Gambar 3.7. Micrometer 104 135	23
Gambar 3.8. Solar	23
Gambar 3.9. Batu Honing	24
Gambar 3.10. Honing	24
Gambar 3.11. Mesin Honing	25
Gambar 3.12. Dial bore gauge	25
Gambar 3.13. Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 3.14. Rancangan <i>Cylinder</i> liner dan pengukuran	27
Gambar 3.15. Rancangan Honing	27
Gambar 3.16. Data Ukur <i>Cylinder Liner</i>	28
Gambar 4.1. Pipa Saluran Bahan Bakar	30
Gambar 4.2. Membuka <i>roker arm</i>	31
Gambar 4.3. Mengeluarkan <i>Push rod</i>	32
Gambar 4.4. Buka Pipa <i>Intake</i>	32
Gambar 4.5. Membuka <i>Exhaust</i>	33
Gambar 4.6. Lepaskan Baut <i>Cylinder Head</i>	33
Gambar 4.7. Nut dan Pompa Jek	34
Gambar 4.8. Takal dan <i>Cylinder head</i>	34
Gambar 4.9. Membuka Metal <i>Main Bearing</i>	34
Gambar 4.10. Membuka Piston	35
Gambar 4.11. Evakuasi Liner dan Tempatkan Liner Ke Yang Aman	35
Gambar 4.12. Siram <i>Cylinder Liner</i> Dengan Solar	36
Gambar 4.13. Honing Liner	36
Gambar 4.14. Pengukuran Standart dan Pengukuran Lapangan	38

Gambar 4.15. Hasil Pengukuran Sesudah Honing 4, 5, dan 6	39
Gambar 4.16. Diagram No IV	41
Gambar 4.17. Diagram No V	42
Gambar 4.18. Diagram No VI	42
Gambar 4.19. Viskositas <i>Cylinder</i> Liner	49
Gambar 4.20. Korosi <i>Cylinder</i> Liner	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Waktu Penelitian	19
Tabel 4.1	Data Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> Liner Sebelum di Honing	38
Tabel 4.2	Data Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> Liner Sesudah di Honing	39
Tabel 4.3	Analisis Visual <i>Cylinder</i> Liner	40

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$F_s$	Gaya Statis Maksimum	Kgf/N
$\mu_s$	Koefisien Gesek Statis	
$N$	Gaya Normal Yang Bekerja	N
$F_k$	Gaya Gesek Kinetis Maksimum	Kgf/N
$\mu_k$	Koefisien Gesekan Kinetis	

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

PT. Waruna *Shipyards* Indonesia adalah Perusahaan yang bergerak pada bisnis galangan kapal (*building and repair*) yang terletak di kelurahan bagan deli, medan belawan Sumatera utara. PT. Waruna *Shipyards* Indonesia melakukan Pembangunan dan perbaikan semua tipe kapal mulai dari kapal penumpang, Kapal pengangkut minyak makan, Kapal pengangkut bahan bakar, kapal tanker *Crude Oli*, kapal pengangkut tanah dan tipe lainnya, Dalam hal ini perbaikan juga meliputi perbaikan pada mesin kapal, terutama ada perbaikan mesin induk yang merupakan komponen yang paling utama pada sebuah kapal sehingga kapal dapat berjalan atau beroperasi dengan baik.

Di era globalisasi yang semakin pesat, pertumbuhan ekonomi khususnya di bidang transportasi khususnya transportasi laut menjadi fokus penting untuk menjaga stabilitas perekonomian. Indonesia memainkan peran penting dalam bidang ini karena merupakan negara kepulauan dan sekitar 70% wilayah daratannya merupakan lautan. Karena letaknya yang strategis, transportasi laut menjadi tulang punggung perekonomian khususnya untuk perdagangan antar pulau dan kegiatan impor/ekspor.

Sejak abad ke-7, kepulauan Indonesia telah menjadi pusat perdagangan strategis. Kebutuhan akan infrastruktur transportasi laut yang memadai menjadi penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan menjaga kedaulatan maritim. Dalam konteks ini, peran mesin generator pada kapal menjadi krusial karena memastikan pasokan listrik yang diperlukan untuk berbagai fungsi di dalam dan di atas kapal. Riski Anggoro Putro (2024).

Pengoperasian sebuah kapal dibutuhkan suatu mesin yang berfungsi sebagai tenaga pembangkit listrik di atas kapal, mesin tersebut dinamakan mesin diesel. Mengingat kebutuhan listrik di atas kapal merupakan salah satu hal yang penting, sebab hampir semua alat bantu mesin yang ada di atas kapal bekerja dengan menggunakan daya listrik sebagai sumber tenaga penggerakannya. Tasdik Tona (2023).

Dalam pengoperasian motor diesel diperlukan banyak daya listrik. Daya listrik digunakan untuk menggerakkan motor-motor dari peralatan bantu pada kamar mesin dan mesin-mesin geladak, lampu penerangan, sistem komunikasi dan navigasi, pengkondisian udara (AC) dan ventilasi, perlengkapan dapur (*galley*), sistem sanitari, alarm, sistem kebakaran dan sebagainya. Di sini generator *engine* sangat berperan penting untuk mencapai itu semua karena digunakan untuk menyuplai kebutuhan daya listrik di kapal. Daya yang dihasilkan generator *engine* diperoleh melalui pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam silinder. Hal ini *cylinder* liner memegang peranan sangat penting, karena *cylinder* liner adalah komponen mesin yang dipasang pada *cylinder* block yang berfungsi sebagai tempat piston dan ruang bakar pada motor diesel. Pada saat langkah kompresi dan pembakaran akan dihasilkan tekanan dan temperatur gas yang tinggi, sehingga untuk mencegah

kebocoran kompresi ini maka pada piston dipasang ring piston untuk memperkecil celah antara dinding *cylinder* liner dengan piston. Piston yang bergerak bolak-balik mengakibatkan keausan pada dinding *cylinder* liner bagian dalam, hal ini akan menimbulkan penambahan kelonggaran antara piston dan *cylinder* liner, sehingga dapat menyebabkan kebocoran gas, tekanan kompresi berkurang dan tenaga yang dihasilkan juga berkurang. Agar keausan *cylinder* liner tidak terlalu banyak maka diupayakan bahan yang digunakan tahan aus dan juga tahan terhadap panas, karena *cylinder* liner yang baik dan tidak aus akan menghasilkan pembakaran yang sempurna. A. Y Prasetya (2017).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mendekteksi *ovality* pada *cylinder* liner Dimana terdapat pelumasan yang tidak merata mengakibatkan *cylinder* liner dan cincin piston saling bergesekan dengan adanya hasil perhitungan sesuai dengan standart *manual book*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian terinspirasi untuk melaksanakan penelitian dengan mengangkat judul “Analisa Penyebab Terjadinya *Ovality* Pada *Cylinder* Liner Kapal Mandelin Citra”.

#### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana Menganalisis *ovality cylinder liner* ?
2. Bagaimana memperjelas factor penyebab pelumasan yang tidak merata pada *cylinder* liner.

#### 1.3 Ruang Lingkup

1. Pembahasan penyebab *ovality cylinder liner* dilakukan pada *engine* PT. Waruna *Shipyards* Indonesia.
2. Data Ukuran *ovality cylinder* liner.
3. Metode yang digunakan berupa metode analisis.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi *ovality cylinder* liner.
2. Menganalisis penyebab terjadinya pelumasan yang tidak merata yang menyebabkan performa mesin yang tidak optimal.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui kerusakan pada *cylinder* liner pada *engine*.
2. Dapat mengetahui dampak penyebab terjadinya *ovality* pada *cylinder* liner.
3. Dapat menjadi sumber referensi pembelajaran dibidang permesinan kapal dalam menambah bahan ajar bagi pembaca.
4. Dapat memberikan informasi bagi para peneliti untuk melaksanakan penelitian lanjutan

## BAB 2

### Tinjauan Pustaka

#### 2.1 Mesin Diesel

Mesin diesel sebagai mesin penggerak utama, sangat mempengaruhi kelancaran pengoperasian kapal tug boat. Untuk mencapai performa mesin diesel yang baik, diperlukan proses pembakaran yang sempurna (Imam Fahcruddin, Denny Fitriani, Sulkifli 2023). Motor Diesel adalah motor pembakaran dalam yang beroperasi dengan menggunakan minyak gas atau minyak berat, sebagai bahan bakar, dengan suatu prinsip bahan bakar tersebut (diinjeksi) kedalam silinder yang didalamnya terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang cukup tinggi sehingga bahan bakar tersebut secara spontan terbakar. (Syadam Arviyoga Pratama 2022). Mesin diesel 4 langkah adalah mesin yang menghasilkan tenaga dengan langkah yang sama dengan putaran poros 2 engkol atau 4 langkah, dan mesin diesel 2 langkah adalah mesin dengan *output* yang sama dengan poros engkol 1 putaran atau langkah 2 tak. (Ardy 2022).

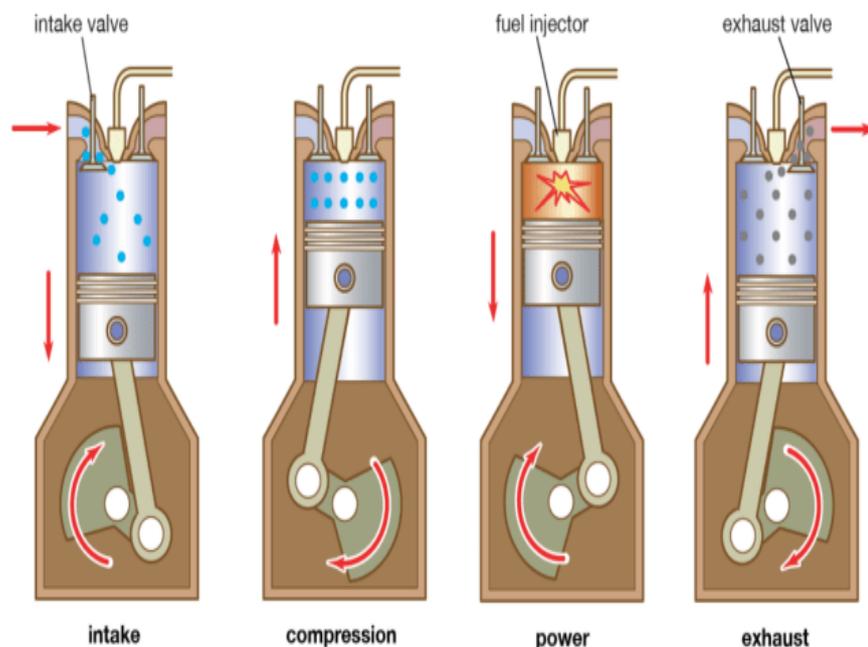


Gambar 2.1 Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal (Handoyono 2014)

##### 2.1.1 Prinsip Kerja Mesin Diesel

Pada dasarnya prinsip kerja mesin diesel 2 langkah dan 4 langkah tidak jauh berbeda dengan prinsip kerja mesin otto, tetapi yang membedakan cara masuknya bahan bakar. Berikut ini adalah langkah-langkah cara kerja mesin diesel 4 langkah:

1. Langkah hisap Pada langkah ini piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB). Saat piston bergerak ke bawah, katup hisap terbuka sehingga menyebabkan tekanan dalam ruang bakar menurun lebih dari rendah dari tekanan atmosfer yang mengakibatkan udara masuk ke dalam ruang bakar melalui filter udara.
2. Langkah kompresi Pada langkah ini piston bergerak dari TMB ke TMA dan kedua katup tertutup. Udara yang berada di dalam ruang bakar ditekan atau dikompres sehingga tekanan dan temperatur meningkat. Beberapa saat sebelum piston mencapai TMA, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar.
3. Langkah kerja Semprotan bahan bakar di ruang bakar akan menyebabkan ledakan pembakaran yang menyebabkan tekanan dan temperatur semakin meningkat. Ledakan tersebut akan mendorong piston dari TMA ke TMB sehingga terjadinya gaya aksial. Gaya aksial tersebut diteruskan oleh poros engkol menjadi gaya putar.
4. Langkah buang Pada langkah ini gaya sentripetal yang masih berlangsung pada *flywheel* akan menaikkan kembali piston dari TMB ke TMA, pada bersamaan itu juga katup buang terbuka sehingga udara sisa pembakaran akan didorong keluar dari ruang bakar menuju *exhaust manifold* kemudian diteruskan menuju knalpot. Siklus ini berlangsung secara kontinu sehingga pergerakan dari piston pun tidak berhenti selama faktor pendukung, yaitu udara, bahan bakar, dan sumber api selalu tersedia. (David Firdaus Bijaksana Sianturi. Dr. Tulus Burhanuddin Sitorus, ST., MT. 2020)



Gambar 2.2 Diesel 4 Tak (Handoyono2014)

### 2.1.2 Komponen Utama Mesin Diesel

Adanya komponen mesin pada induk kapal mempunyai fungsi dan kegunaannya dalam Bergeraknya suatu mesin. Berikut ini adalah komponen-komponen mesin diesel:

#### 1. Kepala silinder (*cylinder head*)



Gambar 2.3 Kepala Silinder (Handoyono 2014)

Kepala silinder dipasang pada permukaan blok silinder dan membentuk sebagian ruang bakar utama. Pada kepala silinder dipasang nozel untuk menginjeksi bahan bakar, *manifold* masuk untuk memasukkan udara yang diperlukan dalam pembakaran, *manifold* keluar untuk membuang gas pembakaran ke udara luar, sistem klep untuk mengatur pengisapan/pembuangan, system pemanas untuk memanasi udara dalam ruang bakar pada waktu motor masih dingin untuk menghidupkan motor.

#### 2. Ruang bakar injeksi pada nozzle



Gambar 2.4 Ruang bakar injeksi pada nozzle (Arik H. 09 : 2014)

Dalam ruang bakar diinjeksi dari nozel dibakar oleh panas kompresi. Tipe ruang bakar pada motor diesel dibagi dalam beberapa tipe.

a. Tipe ruang bakar langsung. Tipe ini adalah ruang tunggal, bahan bakar diinjeksi langsung ke dalam ruang bakar yang dibuat berbentuk cekung pada bagian kepala torak.

b. Tipe ruang bakar depan. Pada tipe ini mempunyai ruang bakar utama dibuat pada bagian kepala torak dan ruang bantu yang disebut kamar depan ditempatkan pada kepala silinder.

c. Tipe ruang bakar kamar pusaran. Pada kamar pusaran ini timbul pusaran udara yang sangat cepat pada waktu kompresi. Bahan bakar disemprotkan ke dalam kamar pusaran dan sebagian besar terbakar di dalamnya. Bahan bakar yang masih belum terbakar dibakar pada ruang bakar diantara kepala torak dan kepala silinder

### 3. Torak (piston)



Gambar 2.5 Torak (Piston) (Arik H. 09 : 2014)

Torak selalu bergerak bolak-balik di dalam silinder dan dihubungkan dengan batang torak dan pena torak. Torak memutar poros engkol melalui batang torak dan selalu bersinggungan dengan tekanan dan temperatur tinggi.

### 4. Pena torak (*crank pin*)



Gambar 2.6 Pena torak (*crank pin*) (Arik H. 09 : 2014)

Pena torak berfungsi untuk menghubungkan torak dengan batang torak. Pena torak menerima beban yang besar yang bekerja diantara torak dan batang torak, sehingga untuk mengatasi beban ini bagian tengahnya dibuat lebih tebal.

5. Ring torak (Piston ring)



Gambar 2.7 Ring torak (Ring piston) (PT. Waruna Shipyards Indonesia)

Ring torak ada dua macam, yaitu ring kompresi dan ring oli. Ring kompresi untuk mencegah kebocoran kompresi dan gas pembakarannya, serta menyalurkan sebagian panas dari torak ke air pendingin melalui dinding silinder. Ring oli berfungsi untuk menyerut sisa oli yang telah melumasi pada dinding dalam silinder, serta memberi oli pelumas pada bagian ujung kecil batang torak.

6. Batang torak (*connecting rod*)



Gambar 2.8 Batang torak (*connecting rod*) (PT. Waruna Shipyards Indonesia)

Batang torak berfungsi untuk menghubungkan torak dengan poros engkol dan mengubah gerakan bolak-balik menjadi gerakan berputar poros engkol.

7. Poros engkol (*crank shaft*)



Gambar 2.9 Poros engkol (*crank shaft*) (PT Waruna Shipyard Indonesia)

Poros engkol berfungsi untuk mengubah gerak bolak-balik torak menjadi gerak putar melalui batang torak. Poros engkol terdiri dari pena engkol, jurnal engkol dan lengan engkol yang ditempa dari baja karbon atau baja khusus.

8. Batang jurnal (jurnal *bearing*)



Gambar 2.10 Batang jurnal (jurnal *bearing*)

Bantalan jurnal umumnya trimetal yang terdiri bagian atas dengan bahan kelmet metal dan bagian belakang dibuat dari bahan baja lunak. Pada bantalan jurnal dibuat lubang dan alur oli untuk saluran oli dari blok silinder.

9. Roda penerus (*fly wheel*)



Gambar 2.11 Roda Penerus (*fly wheel*) (Arik H. 09 : 2014)

Roda penerus berfungsi untuk meratakan putaran poros engkol yang berubah-ubah akibat pembakaran (kerja) pada tiap satu kali putaran poros 9 engkol pada motor dua tak atau pada tiap kali putaran poros engkol pada motor empat tak.

10. Klep (*valve*)



Gambar 2.12 Klep (*valve*)

Klep berfungsi untuk memasukkan udara dan membuang gas hasil pembakaran dengan cara membuka dan menutup klep pada saat yang tepat. Valve atau klep adalah komponen mekanis pada mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang berfungsi sebagai pengatur keluar-masuknya fluida (udara, bahan bakar, dan gas buang) ke dalam maupun keluar dari ruang bakar silinder. Dalam sistem kerja mesin, valve bekerja layaknya sebuah pintu yang dapat membuka dan menutup secara sinkron dengan siklus kerja mesin sehingga proses pembakaran dapat berlangsung dengan benar.

Klep dikendalikan oleh mekanisme katup (*valve mechanism*), yang biasanya terdiri dari *camshaft*, *push rod*, *rocker arm*, dan *valve spring*. Buka-tutup klep diatur oleh profil nok (*cam*) pada *camshaft* sehingga waktunya

sesuai dengan siklus langkah hisap, kompresi, usaha, dan buang pada mesin 4 langkah, maupun sesuai siklus mesin 2 langkah.

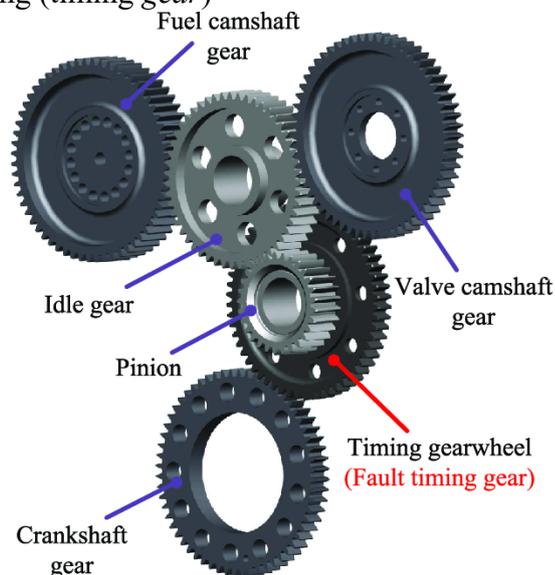
11. Poros nok (*cam shaft*)



Gambar 2.13 Poros nok (*cam shaft*) (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

Poros nok mempunyai satu nok untuk isap dan satu nok untuk buang pada silinder. Bentuk nok dibuat seperti elips atau telur untuk meningkatkan efisiensi dan agar putaran motor tenang.

12. Gigi timing (*timing gear*)



Gambar 2.14 Gigi timing (*timing gear*) (Achmad zaenuri, 2010)

Gigi timing berfungsi untuk melaksanakan saat yang tepat penginjeksian bahan bakar dan pembukaan serta penutupan klep.

### 13. Pengaturan (governor)



Gambar 2.15 Pengaturan (Governor) (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

Governor adalah sebuah perangkat mekanis yang dipasang pada mesin, terutama mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) maupun mesin uap, yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan kecepatan putaran mesin secara otomatis agar tetap stabil pada batas tertentu meskipun terjadi perubahan beban kerja.

Dalam suatu mesin, kecepatan putaran (RPM) dapat berubah-ubah tergantung besar kecilnya beban. Misalnya, ketika beban bertambah, mesin cenderung melambat; sebaliknya ketika beban berkurang, mesin cenderung berputar lebih cepat. Perubahan ini jika tidak dikendalikan akan menimbulkan masalah seperti konsumsi bahan bakar yang tidak stabil, efisiensi menurun, hingga risiko kerusakan mekanis. Untuk itulah governor dipasang agar mesin tetap berjalan pada kecepatan yang aman, efisien, dan sesuai kebutuhan operasional.

Kegunaan pengatur (governor) adalah menjaga putaran mesin pada kecepatan yang diinginkan tanpa tergantung pada perubahan beban maksimum yang dapat dibawa oleh mesin.

#### 2.2 *Cylinder Liner*

Silinder Liner merupakan tempat untuk Bergeraknya piston dari titik mati atas ke titik mati bawah yang berbentuk seperti tabung serta, silinder liner juga sebagai tempat untuk berlangsungnya proses kerja dari suatu mesin dimana langkah hisap, kompresi, usaha dan langkah buang bekerja didalamnya. Silinder liner juga merupakan salah satu bagian dari beberapa komponen yang terdapat pada blok mesin. Adapun fungsi dari silinder liner yaitu antara lain: Sebagai ruang dimana proses pembakaran di dalam mesin induk, sehingga terjadinya gesekan antara piston dengan ring piston yang selanjutnya poros engkol akan berputar. Melindungi bagian dalam silinder blok dari gesekan secara langsung dengan ring piston tersebut, sebagai rumah untuk piston dimana piston bergerak dari titik mati atas (TMA) kemudian ke

titik mati bawah (TMA) begitu pula sebaliknya, sehingga dapat meneruskan panas dari piston yang kemudian akan di dinginkan oleh air tawar sebagai media pendingin. Sumandi (1979:65).

Menurut Tri Tjahjono, (2005), Silinder Liner adalah komponen mesin yang dipasang pada komponen blok silinder yang berfungsi sebagai tempat piston dan ruang bakar pada mesin. Pada saat langkah kompresi dan pembakaran akan dihasilkan tekanan dan temperature gas yang tinggi, sehingga untuk mencegah kebocoran kompresi ini maka pada piston dipasang cincin untuk memperkecil celah antara dinding silinder liner dengan piston. Piston yang bergerak bolak balik menyebabkan keausan pada dinding silinder liner bagian dalam, hal ini dapat mengakibatkan keretakan pada silinder liner, sehingga dapat menyebabkan kebocoran gas, tekanan, kompresi dan tenaga yang dihasilkan juga berkurang. Agar keausan silinder tidak terlalu banyak maka diupayakan bahan yang di gunakan tahan aus dan juga tahan terhadap panas.

### 2.3 Sistem Pelumasan Silinder Liner

Menurut P.Van Maanen (1983 : 9,19) dalam bukunya diesel generator kapal menjelaskan mengenai sistem pelumasan silinder liner, yaitu sebagai berikut :

Semua motor kepala silang kepala redah dan juga motor torak trunk putaran menengah yang besar, dilengkapi dengan sistem pelumasan terpisah untuk pelumasan silinder liner. Oleh karena itu pada motor kepala silang tidak terjadi pencampuran dengan minyak pelumasan penata gerak, maka untuk silinder dapat dipilih minyak pelumasan yang sesuai dengan tujuan tersebut. Sedangkan pada motor torak trunk masih harus diperhitungkan dengan pencampuran”.

Oleh Hans Jensen Maskinfabrik di Kopenhagen telah dibangun alat pelumas silinder liner yang dapat memberikan suatu “timing“ tertentu. Tujuan dari timing adalah, dengan sinkronisasi tepat dari gerakan torak dan penyaluran masuk dari minyak pelumas, penyemprotan tepat pada saat pegas teratas dari torak melewati nipel pelumas. Tujuan utama adalah memasukan sebanyak mungkin dosis minyak pelumas di paket pegas. Pada penentuan saat penyemprotan perlu diperhitungkan kelambatan penyemprotan tertentu. Pada motor Yanmar setiap silinder liner dilengkapi dengan sebuah ala pelumasan dengan 6 buah pompa kecil. Poros penegak dari alat pelumas silang dihubungkan dengan poros antar, sedangkan penggerak diawali mulai penggerak poros nok roda antar melalui sebuah penerus rantai. Frekuensi rotari dari poros adalah setengah dari poro engkol. Pada poros penggerak ditempat nok-nok yang menggerakkan plunyer pompa melalui pembatas langkah. Kedudukan dari nok terhadap kedudukan plunyer di stel oleh pabrik motor diesel. Akhir langkah plunyer dengan demikian akan tetap, pada suatu contoh yang diberikan adalah sebesar  $77^\circ$ . Setelah kedudukan terbawah dari engkol. Awal langkah plunyer, berarti hasil per langkah, dapat diatur untuk masing-masing pompa atau secara bersama-sama untuk dapat diatur untuk



Ada banyak sekali jenis zat aditif dengan fungsi yang berbeda-beda. Berikut adalah zat-zat aditif tersebut yang telah kami kelompokkan berdasarkan fungsi pencampurannya ke dalam pelumas oli.

a. Memperbaiki Koefisien Gesekan

Zat aditif jenis pertama berfungsi untuk memperbaiki nilai koefisien gesekan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar mesin. Struktur kristal zat aditif jenis ini tersusun atas lapisan-lapisan molekul yang sangat mudah bergeser satu sama lain, sehingga akan menghasilkan pelumas dengan koefisien gesek rendah. Zat aditif yang umum digunakan sebagai pengatur koefisien gesek oli antara lain adalah molibdenum desulfida boron nitrida, tungsten desulfida, serta polyene.

b. Aditif Anti Keausan

Aditif anti keausan berfungsi untuk mencegah kontak metal-to-metal antara komponen mesin pada saat lapisan film lubrikasi rusak. Dengan menggunakan aditif ini akan didapatkan umur mesin yang lebih panjang karena nilai ketahanan aus yang meningkat. Cara kerja aditif ini adalah dengan jalan bereaksi dengan sebagian kecil molekul metal di permukaan komponen untuk membentuk lapisan film yang dapat bergeser dalam permukaan gesek. Zat aditif untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan antara lain adalah *zinc dithiophosphate* (ZDP), *zinc dialkyldithiophosphate* (ZDDP), dan *tricresylphosphate* (TCP).

c. Aditif Extreme-Pressure.

aditif extreme pressure (EP) memiliki fungsi yang mirip dengan aditif anti-keausan, yaitu untuk mencegah terjadinya kontak metal-to-metal namun diutamakan pada saat kondisi tekanan tinggi. Mekanismenya adalah dengan jalan membentuk lapisan film dari reaksi antara zat aditif dengan molekul permukaan komponen mesin. Lapisan film ini bersifat sangat kuat dan tidak mudah rusak pada beban kerja tinggi, sehingga kontak metal-to-metal dapat selalu dihindari. Material yang dapat berfungsi sebagai zat aditif extreme pressure yaitu parafin terklorinasi, lemak tersulfurisasi, ester, zinc dialkyldithiophosphate, dan molibdenum disulfide.

d. Aditif Anti Korosi

Aditif dengan fungsi untuk menghambat terjadinya korosi di permukaan komponen ini, dilakukan dengan jalan membentuk lapisan film khusus pada permukaan logam komponen. Lapisan film tersebut juga aktif melindungi komponen dari serangan oksigen (oksidasi), air, serta zat kimia aktif lainnya. Material dengan kemampuan aditif tersebut antara lain adalah senyawa alkalin, asam organik, ester, serta turunan asam amino.

- e. Anti Oksida  
Oli mineral dapat bereaksi dengan oksigen dalam udara dan membentuk asam organik. Produk dari reaksi oksidasi tersebut meningkatkan viskositas oli, membentuk endapan dan vernis, memicu korosi, serta busa. Anti-oksidan bertugas untuk menghambat terjadinya oksidasi oli. Material-material yang dapat dijadikan sebagai anti-oksidan antara lain adalah zinc dithiophosphate, alkyl sulfides, aromatic sulfides, aromatic amines, dan hindered phenols.
- f. Deterjen  
Oli yang bekerja untuk sebuah mesin motor bakar akan mudah tercemar oleh asam kuat seperti sulfur dan *nitric* sebagai hasil sampingan dari proses pembakaran. Asam-asam kuat tersebut tentu berbahaya terhadap umur mesin jika tidak ditanggulangi dengan baik. Zat aditif deterjen ditambahkan ke dalam oli sebagai penetralisir asam kuat tersebut, dan menyingkirkan hasil netralisasi dari permukaan komponen mesin. Deterjen juga membentuk lapisan film di permukaan komponen untuk mencegah menempelnya kerak di permukaan komponen. Bahan-bahan aditif deterjen antara lain adalah *phenolates*, *sulphonates* dan *phosphonates* dari elemen alkali dan alkali-tanah, seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na) atau barium (Ba).
- g. Dispersan  
Aditif dispersan ditambahkan ke dalam pelumas oli berfungsi untuk menjaga partikel-partikel asing yang masuk bercampur dengan oli agar terus terpisah satu sama lain sehingga tidak terbentuk endapan pengotor. Partikel-partikel asing tersebut dapat berupa lumpur, vernis, debu, hasil oksidasi, air, dan lain sebagainya. Hidrokarbon rantai panjang suksinimida seperti suksinimida poliisobutilena digunakan sebagai bahan dispersan pelumas oli.
- h. Depresan *Pour-Point*  
*Pour-Point* adalah titik temperatur terendah dimana oli masih dapat mengalir. Kristal lilin terbentuk dari oli mineral pada temperatur rendah, dan menurunkan fluiditas oli. Depresan *pour-point* menghalangi terbentuknya serta terkumpulnya partikel lilin sehingga dapat menjaga “kecairan” oli pada temperatur rendah. Zat aditif ini didapatkan dari ko-polimer polialkil metakrilat.
- i. Aditif untuk Memperbaiki Indeks Viskositas  
Viskositas oli secara drastis akan turun pada temperatur tinggi. Viskositas rendah akan menurunkan kemampuan oli untuk melubrikasi sistem yang ada. Zat aditif khusus ditambahkan untuk menjaga viskositas oli di level yang diijinkan oleh mesin, sehingga lapisan film oli tetap terjaga sekalipun berada pada temperatur ekstrim. Aditif khusus ini mampu menjaga viskositas oli, terutama

oli *multigrade*, untuk menghadapi temperatur rendah maupun tinggi. Polimer akrilat menjadi bahan yang paling umum digunakan sebagai aditif khusus ini.

j. *Anti-Foaming Agent*

Pelumas oli yang bekerja pada mesin seperti motor bakar, kompresor, gearbox, tidak akan luput dari gerakan mengaduk. Secara alami gerakan mengaduk ini akan mengaerasi oli pelumas, sehingga dapat menimbulkan gelembung-gelembung udara dan bahkan busa. Busa tersebut tidak hanya akan memicu oksidasi oli, namun juga akan menurunkan efek lubrikasi oli. Dimetilsilikon menjadi bahan yang paling umum digunakan sebagai zat aditif *anti-foaming agent*.

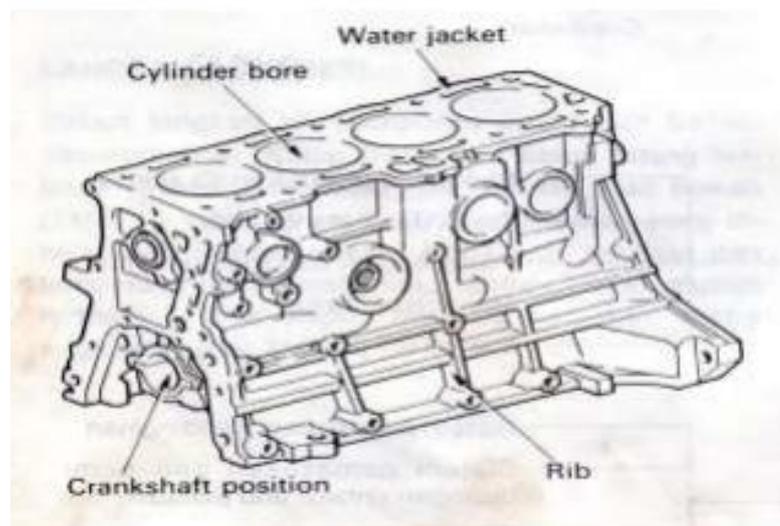
## 2.5 Blok Silinder Liner

Menurut Hery Sunaryo (1998 : 29) memberikan penjelasan tentang blok silinder liner, yaitu sebagai berikut : Blok silinder liner merupakan rumah tabung-tabung silinder liner yang di dalamnya terdapat saluran air pendingin. Air pendingin masuk dari bagian bawah tabung silinder, sedangkan di bagian atas terdapat lubang saluran air pendingin yang menuju kepala silinder liner guna memberikan pendingin. Di samping itu terdapat pula saluran-saluran minyak yang berguna untuk memberikan pelumasan. Pada saluran-saluran tersebut terdapat juga rumah poros nok beserta tabung tempat duduk bantalannya, yang dilengkapi dengan lubang-lubang dengan berbagai macam ulir untuk mengikat bagian-bagian lain yang hubungannya dengan blok silinder liner.

Blok silinder dan ruang engkol merupakan bagian utama dari motor bakar. Bagian-bagian lain dari motor diapasangkan di dalam atau pada blok silinder, sehingga terbentuk susunan motor yang lengkap. Pada blok silinder ini terdapat lubang silinder yang berdinding halus, dimana torak bergerak bolak-balik dan pada bagian sisi-sisi blok silinder dibuatkan sirip-sirip maupun lubang lubang mantel air pendingin yang digunakan untuk pendinginan motor. Silinder bersama-sama dengan kepala silinder membentuk ruang bakar, yaitu tempat melaksanakan pembakaran bahan bakar. Blok silinder dan ruang engkol dapat dituang menjadi satu bagian atau terpisah satu sama lain, kemudian disatukan dengan baut-baut. Variasi lain dalam konstruksi blok silinder ialah dengan pemasangan tabung silinder ke dalam blok silinder. Tabung ini dibuat dari besi tuang atau baja tuang. Komponen-komponen yang terdapat di blok silinder antara lain sebagai berikut:

1. Silinder *liner*, ini merupakan komponen berbentuk tabung yang dimasukan ke dalam blok silinder. Fungsinya sebagai lintasan penggerak piston.
2. *Engine compartments holder*, adalah berbagai tempat untuk meletakkan komponen mesin. Ini bisa dilihat dari lekukan disisi-sisi blok silinder dan adanya lubang baut.

3. *Water jacket*, merupakan Selubung air yang ada terdapat pada sela – sela blok silinder. Selubung air ini akan dihubungkan ke pompa air juga diletakkan pada blok silinder.
4. *Oil feed*, merupakan saluran oli yang ada dalam blok silinder. Fungsi saluran oli ini adalah sebagai tempat berjalannya oli.
5. *Gasket* adalah pelapis antara blok silinder dengan kepala silinder. Gasket ini berfungsi utamanya untuk mencegah bocor kompresi.
6. *Crankshaft seal* berfungsi untuk mencegah kebocoran oli mesin. Khususnya kebocoran melalui poros engkol. Ada dua buah *Crankshaft seal*, yang masing – masing diletakkan bagian depan atau belakang.



Gambar 2.17 Blok Silinder

## 2.6 Sistem Pendinginan Silinder Liner

Menurut Maleev, (1986), Mengingat sebagian besar sistem yang ada di atas kapal bekerja secara terus menerus sepanjang daerah operasinya maka tak terhindar dari terjadinya keausan-keausan pada komponen-komponen dari sistem tersebut yang akan menurunkan performa atau kinerja sistem bahkan terjadi suatu kegagalan. Sehingga perlu adanya penelusuran pengaruh-pengaruh dari kegagalan komponen atau item-item individu sesuai dengan level sistem. Secara kritis, item-item khusus dapat dinilai dan tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain atau dengan kata lain mengevaluasi desain sistem dengan melihat bermacam-macam mode kegagalan sistem.

Kegagalan dan perbaikan merupakan hal yang penting dalam memprediksi perilaku dari suatu sistem pada masa yang akan datang. Dengan melakukan evaluasi tingkat kegagalan dan keberhasilan suatu sistem, maka kita dapat memprediksi tingkat kegagalan atau keberhasilan pada perawatan yang akan datang. Dengan demikian maka perlu adanya suatu usaha

pemodelan perawatan agar sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya, Salah satu sistem layanan permesinan yang dipandang perlu dilakukan analisa yang mendalam terhadap keandalannya adalah sistem layanan pendinginan mesin utama. Tujuan sistem pendingin adalah untuk mempertahankan temperatur operasi mesin yang paling efisien pada setiap kecepatan dalam segala kondisi.

Menurut Maleev( 1986) bahwa fluida pendingin menyerap sebagian panas yang dihasilkan oleh pembakaran di dalam silinder sebanyak 15-35%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 25% sampai 35% dari hasil pembakaran merambat ke dalam dinding silinder dan harus dibuang. Oleh sebab itu pembuangan panas melalui sistem pendinginan mesin sangat penting. Namun jika terjadi kegagalan pada sistem pendinginan mesin utama ini, maka akan dikhawatirkan bahwa seluruh kinerja di atas kapal akan mengalami kegagalan dan menurunkan tingkat efisiensi dan availability dari kapal tersebut.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Waruna *shipyard* Indonesia tepatnya di *Workshop engine* dan Kapal TB. Mandelin Citra.

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

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

### 3.2 Bahan dan Alat

Berikut merupakan bahan dan alat yang digunakan pada penelitian analisa Penyebab terjadinya pelumasan yang tidak merata pada *cylinder* liner.

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam Proses Penelitian ini adalah:

1. Data Primer yang digunakan adalah mencatat keterangan secara langsung dari mekanik dan kru kapal tentang objek yang diteliti, yaitu terhadap permasalahan ang terjadi pada *cylinder* liner di kapal TB. Mendelin Citra.
2. Data sekunder yang digunakan adalah data yang didapatkan secara tidak langsung, yaitu melalui buku-buku manual *book* yang membahas tentang *cylinder* liner yang akan diteliti.

### 3.2.2 Alat Penelitian

Adapun Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah:

#### 1. *Cylinder Liner*

Memiliki komponen utama sebagai pelindung dan pendukung silinder mesin. Liner berfungsi sebagai lapisan pelindung dinding silinder terhadap keausan akibat gesekan piston dan ring piston saat mesin bekerja.



Gambar 3.1 *Cylinder Liner*

#### 2. Tools

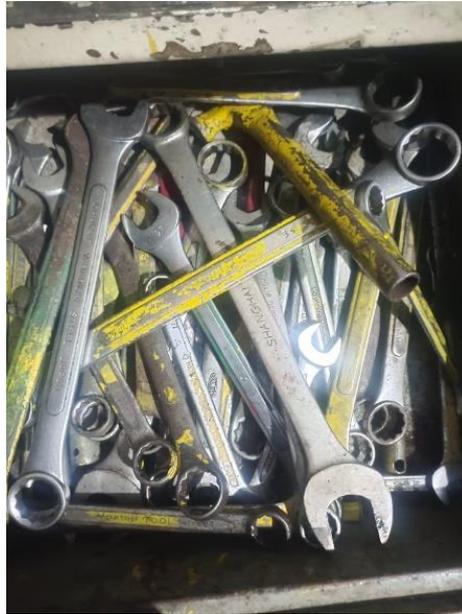
Digunakan untuk melepas liner dari blok mesin dengan aman tanpa merusak permukaan silinder. Tools berfungsi untuk memasang dan melepas liner dari blok dengan aman tanpa adanya kerusakan pada liner tersebut.



Gambar 3.2 Tools

### 3. Kunci – Kunci Ring Pas

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



Gambar 3.3 Kunci – Kunci Ring Pas

### 4. Belting (*Webbing Sling*)

Belting (*Webbing Sling*) berfungsi untuk mengangkat barang dengan bentuk tidak beraturan atau material yang sensitif terhadap goresan. Webbing Sling Sering digunakan pada kapal untuk memindahkan mesin, liner, piston, blok dan lain – lain.



Gambar 3.4 Belting (*Webbing Sling*)

## 5. Piston

Piston adalah komponen utama dalam mesin pembakaran dalam yang bergerak naik-turun di dalam silinder liner. Piston berfungsi sebagai penghantar tenaga dari hasil pembakaran bahan bakar ke *connecting rod* (setang piston), yang kemudian menggerakkan poros engkol (*crankshaft*).



Gambar 3.5 Piston (PT. Waruna *Shipyards* Indonesia)

## 6. Takal

Takal atau *pulley* adalah roda beralur yang digunakan untuk mengubah arah atau mengurangi gaya yang diperlukan untuk mengangkat beban. Takal sering digunakan dalam sistem pengangkatan di industri perkapalan, konstruksi, dan manufaktur.



Gambar 3.6 Takal (PT. Waruna *Shipyards* Indonesia)

7. Micrometer 104 – 135 a

Micrometer 104-135A adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur ketebalan atau diameter benda dengan tingkat akurasi tinggi. Berdasarkan kode model 104-135A, kemungkinan besar ini adalah *Outside* Micrometer yang diproduksi oleh Mitutoyo, salah satu merek terkenal dalam industri alat ukur.



Gambar 3.7 Micrometer 104 135 (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

8. Solar

Solar, atau lebih dikenal sebagai bahan bakar diesel, adalah bahan bakar cair yang digunakan untuk mesin diesel. Solar berasal dari hasil penyulingan minyak bumi dan memiliki viskositas lebih tinggi dibanding bensin. Solar bisa juga digunakan untuk membersihkan bagian – bagian pada mesin.



Gambar 3.8 Solar (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

### 9. Batu *Honing*

Batu *honing* adalah alat yang digunakan dalam proses *honing*, yaitu teknik penghalusan dan pemolesan permukaan logam untuk mencapai tingkat ketelitian dan kehalusan yang sangat tinggi. Proses *honing* biasanya digunakan untuk menghaluskan permukaan silinder mesin atau komponen-komponen lain yang memerlukan presisi tinggi.



Gambar 3.9 Batu *Honing*

### 10. *Honing*

Alat *honing* untuk *cylinder* liner adalah perangkat yang digunakan untuk menghaluskan dan menyempurnakan permukaan dalam silinder mesin, khususnya pada liner silinder kapal atau mesin diesel. *Honing* pada *cylinder* liner bertujuan untuk memastikan permukaan dalam silinder halus dan memiliki ketepatan ukuran yang diperlukan agar piston dan ring piston dapat bekerja secara optimal.



Gambar 3.10 *Honing*

### 11. Mesin *Honing*

Mesin *honing* adalah alat yang digunakan untuk proses *honing*, yaitu teknik pengolahan permukaan yang bertujuan untuk memperhalus atau memperbaiki permukaan benda kerja. Proses *honing* dilakukan dengan menggunakan alat pemotong berbentuk batu abrasif atau *stone* yang diputar dan digerakkan secara melingkar atau aksial untuk menghilangkan lapisan material secara halus. Mesin honing umumnya digunakan dalam pembuatan komponen-komponen dengan tingkat presisi tinggi, seperti silinder liner, batang piston.

Mesin *honing* dapat meningkatkan ketelitian dimensi dan kehalusan permukaan benda kerja, serta mengurangi kekasaran yang bisa mempengaruhi kinerja komponen. Mesin ini sangat penting dalam industri otomotif, mesin presisi, dan pembuatan alat-alat mekanis lainnya.



Gambar 3.11 Mesin *Honing*

### 12. *Dial bore gauge*

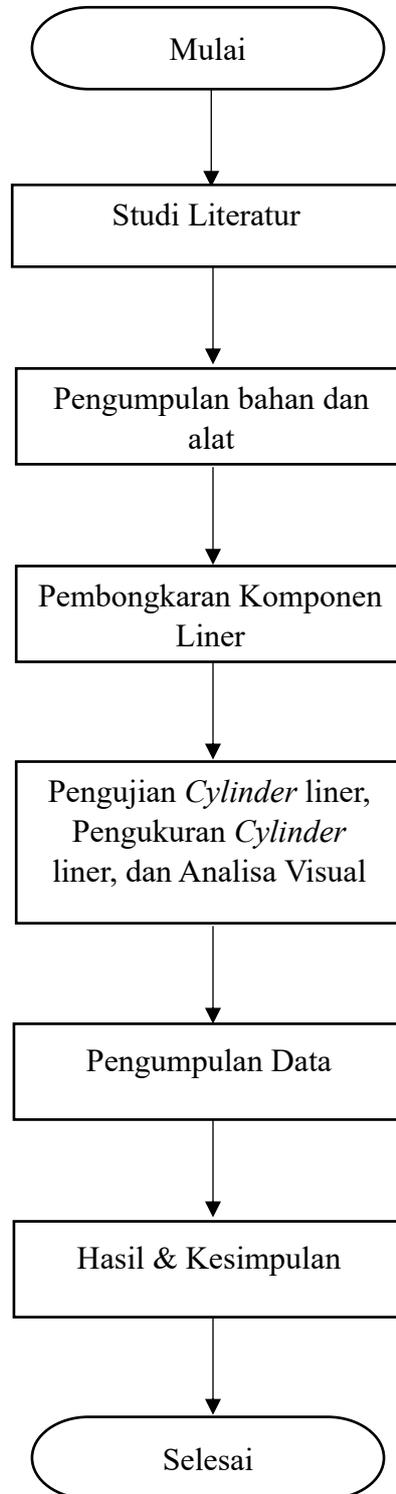
*Dial bore gauge* adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur diameter dalam (internal diameter) suatu lubang atau silinder dengan akurasi tinggi. Alat ini sering digunakan dalam industri otomotif, manufaktur, dan teknik mesin untuk memastikan bahwa lubang atau silinder memiliki ukuran yang sesuai dengan toleransi yang ditentukan.



Gambar 3.12 *Dial Bore Gauge*

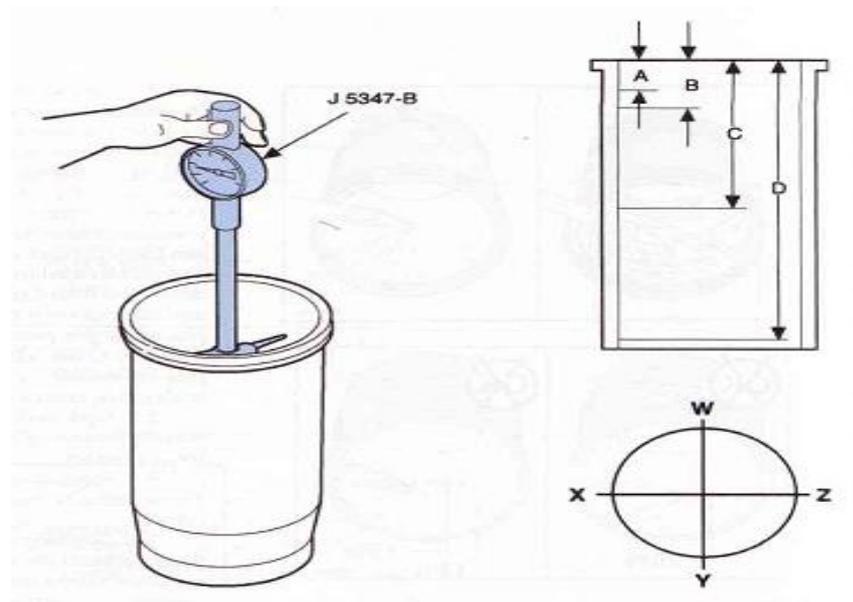
### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat gambar dibawah ini:

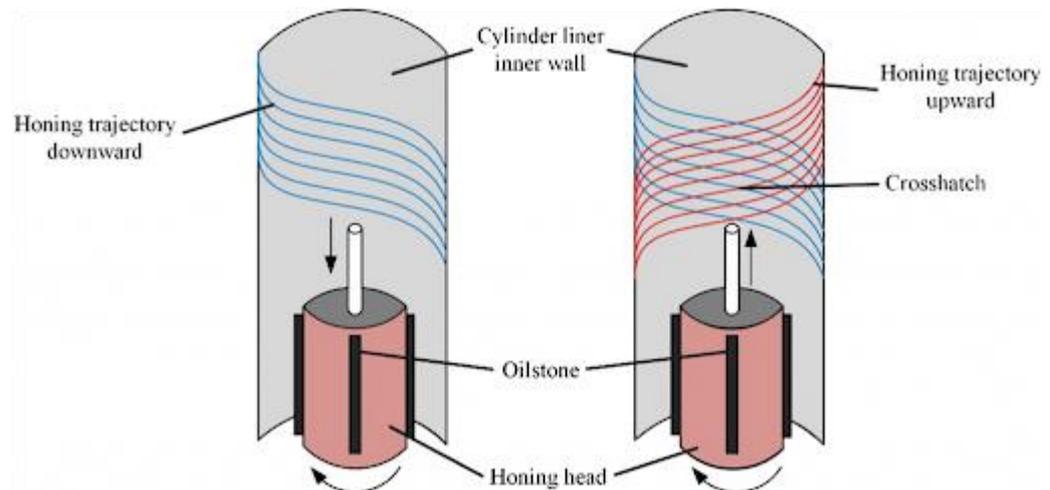


Gambar 3.13 Bagan Alir Penelitian

### 3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.14 Rancangan *Cylinder* liner dan pengukuran menggunakan *Dial bore gauge*



Gambar 3.15 Rancangan Honing

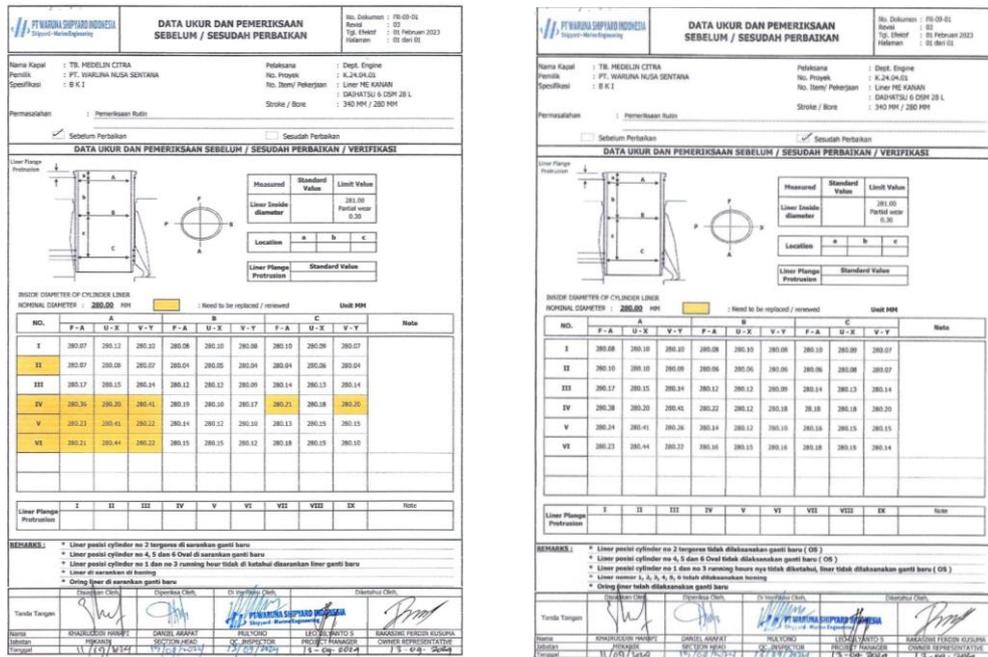
### 3.5 Prosedur Penelitian

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

1. Melakukan pengambilan data secara langsung antara lain berupa data hasil *manual book*, dan data ukur *cylinder* liner.
2. Melakukan proses pembakaran komponen *cylinder* liner serta melakukan pengecekan visual dan non visual dengan operator lapangan yang mengerti tentang permesinan mesin induk kapal TB Mandelin Citra.

3. Melakukan pengecekan liner untuk mengetahui dan mengidentifikasi liner mana yang rusak pada sebelum perbaikan dan setelah perbaikan dilakukan.
4. Melakukan pengukuran *cylinder* liner.
5. Melakukan mesin honing pada *cylinder* liner mendapatkan hasil kehalusan atau meratakan liner.
6. mengidentifikasi penyebab terjadinya *ovality* pada mesin induk dengan hasil pengolahan pengukuran keausan pada mesin.

Berikut rangkuman *log sheet* operator dan data pengukuran pada gambar 3.16 merupakan hasil data penelitian secara langsung di PT. Waruna Shipyard Indonesia.



Gambar 3.16 Data Ukur *Cylinder* Liner (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

### 3.6 Langkah – langkah Proses Pembongkaran Komponen *Cylinder* Liner Adalah Sebagai Berikut:

1. Sebelum melakukan proses pembongkaran komponen *cylinder* liner hal yang perlu diperhatikan yaitu, pastikan semua dalam kondisi aman dan safety meliputi *safety shoes*, *wearpack*, *safety helmet*, dan pastikan juga area kerja dan peralatan kerja sudah aman dan layak digunakan.
2. Mempersiapkan semua alat yang diperlukan untuk proses pembongkaran yakni : Kompresor, segel, belting, katrol kapasitas 2 ton, *ring ball*, takal, kunci pas ring, tols, batu honing, mesin *honing*.
3. Pastikan proses pembongkaran dilakukan sesuai SOP dan selalu perhatikan safety yang berlaku pada PT. Waruna Shipyard Indonesia.
4. Melakukan pembongkaran pada silinder *head* menggunakan kunci pas ring ukuran 36 pada baut *stud bolt*.

5. Lakukan pembukaan *round nut* dengan menggunakan pompa jack.
6. Pastikan pompa jack dalam kondisi baik dan tidak ada kebocoran fluida hidrolik. Letakkan pompa jack pada posisi yang sesuai untuk membuka baut silinder *head*. Pastikan tekanan pompa sesuai dengan spesifikasi mesin.
7. Pompa jack sampai tekanan 800 barr, lalu putar lobang pada baut round nut sampai baut round nut silinder head kendur, lalu menol kan pompa jack.
8. Gunakan belting katrol kapasitas 2 ton lalu gunakan takal untuk mengangkat silinder *head*.
9. lakukan area pada takal agar silinder head dapat turun ke tempat yang aman.
10. Ukur liner menggunakan *dial bore gauge*.
11. Pasang tools untuk menjepit liner.
12. Gunakan takal dan belting kapasitas 2 ton untuk menarik liner keluar dari blok.
13. Lakukan pembersihan pada liner dengan menggunakan gerinda brushing.
14. Gunakan solar untuk menghilangkan karbon atau kotoran yang sangat menempel pada liner.
15. Lakukan evakuasi liner ke *workshop*.
16. *Cleaning* liner dengan menggunakan solar agar tidak mudah berkarat.
17. Evakuasi liner ke tempat mesin *honing* alat yang digunakan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan dalam silinder liner setelah mengalami *ovality*. Proses honing bertujuan untuk mengembalikan pola silang (*crosshatch pattern*) pada dinding liner agar pelumasan piston lebih optimal dan meningkatkan efisiensi mesin.
18. Mengecek hasil yang sudah di honing dengan alat ukur *dial bore gauge*.
19. Melakukan pemasangan kembali pada liner.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Penelitian *Cylinder Liner*

Penelitian ini dilakukan pada *cylinder liner* mesin induk kapal dengan fokus pada liner nomor 4, 5, dan 6. Pengujian dilakukan melalui metode pengukuran diameter, ovalitas, dan inspeksi visual setelah proses *honing*. Akibat pelumasan tidak merata didefinisikan sebagai kondisi di mana oli pelumas tidak mampu membentuk lapisan film yang tipis, stabil, dan menyeluruh di seluruh permukaan kerja *cylinder liner* dan piston. Akibatnya, sebagian area dinding silinder mendapatkan cukup oli, sementara area lain mengalami kekurangan atau bahkan tidak mendapat pelumasan sama sekali.

#### 4.1.1 Langkah – Langkah pembongkaran *cylinder head*

Membongkar atau melepas pipa saluran bahan bakar bertekanan tinggi yang menghubungkan *fuel injection pump* ke injector mesin diesel utama di kapal tugboat. Pipa saluran pembakaran adalah jalur atau saluran khusus yang terdapat pada *cylinder head* mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), yang berfungsi sebagai media untuk menyalurkan gas hasil pembakaran dari ruang bakar menuju sistem buang (*exhaust system*). Saluran ini terbentuk secara permanen melalui desain cor (*casting*) pada *cylinder head*, sehingga menjadi bagian integral dari mesin.

Dalam proses kerja mesin 4 langkah, saluran ini bekerja pada saat katup buang (*exhaust valve*) terbuka, di mana gas hasil pembakaran yang bertekanan dan bersuhu tinggi didorong keluar oleh gerakan piston dari ruang bakar (*combustion chamber*). Gas buang kemudian mengalir melalui pipa saluran pembakaran menuju *exhaust manifold*, selanjutnya ke sistem pembuangan (knalpot) atau bahkan ke turbocharger sebelum akhirnya dibuang ke atmosfer.



Gambar 4.1 Pipa Saluran Bahan Bakar

Membuka komponen *rocker arm* (lengan ayun) yang berada di bagian atas kepala silinder (*cylinder head*). *Rocker arm* berfungsi untuk meneruskan gerakan dari *push rod* ke katup (*valve*) membuka dan menutup katup masuk dan buang.

*Rocker arm* adalah komponen pada sistem katup mesin (*valve mechanism*) yang berfungsi sebagai penghubung antara *camshaft* dengan katup hisap maupun katup buang. Komponen ini bekerja seperti tuas kecil yang meneruskan gerakan dari *cam lobe* (tonjolan pada poros nok) ke katup, sehingga katup bisa membuka dan menutup sesuai dengan siklus kerja mesin.

Ketika *camshaft* berputar, tonjolan nok akan menekan salah satu ujung *rocker arm*. Tekanan ini diteruskan ke ujung lainnya yang menekan batang katup (*valve stem*), sehingga katup membuka. Saat tonjolan nok kembali berputar menjauh, pegas katup (*valve spring*) akan mendorong katup kembali ke posisi semula, dan *rocker arm* ikut kembali ke posisi awal.



Gambar 4.2 Membuka *rocker arm*

Mengeluarkan *push rod*, yaitu batang logam lurus yang berada diantara *camshaft* dan *rocker arm*. *Push rod* mengirimkan gerakan dari *camshaft* (melalui tappet/lifter) ke *rocker arm*.

*Push rod* adalah batang logam berbentuk silinder panjang yang digunakan pada sistem mekanisme katup mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), khususnya pada mesin yang menggunakan konfigurasi OHV (*Over Head Valve*). Komponen ini berfungsi sebagai penghubung antara *camshaft* dan *rocker arm*, sehingga gerakan putaran *camshaft* dapat diteruskan menjadi gerakan naik-turun katup masuk (*intake valve*) maupun katup buang (*exhaust valve*).

*Push rod* bekerja dengan prinsip transmisi mekanis, yaitu mengubah gerakan *cam lobe* (tonjolan pada *camshaft*) menjadi gerakan linier ke atas. Gerakan ini kemudian diteruskan ke *rocker arm*, yang akhirnya menekan katup agar terbuka sesuai timing mesin. Saat *camshaft* kembali berputar ke posisi rendah, *push rod* ikut turun sehingga katup kembali menutup karena gaya pegas katup.



Gambar 4.3 Mengeluarkan *Push rod*

Buka pipa *intake* saluran yang menyalurkan udara bersih dari *intake manifold* ke dalam ruang bakar silinder mesin. Udara ini dibutuhkan untuk proses pembakaran bersama bahan bakar. Pipa *intake* adalah saluran pada mesin yang berfungsi untuk mengalirkan udara bersih dari sistem filter udara menuju ruang bakar atau *intake manifold*. Udara ini sangat penting karena bercampur dengan bahan bakar untuk proses pembakaran. Desain pipa *intake* harus memastikan aliran udara lancar, tekanan stabil, dan minim hambatan agar volume udara yang masuk cukup dan distribusinya merata ke setiap silinder. Jika pipa *intake* mengalami gangguan, seperti kebocoran atau sumbatan, maka suplai udara akan terganggu sehingga pembakaran tidak sempurna, tenaga mesin berkurang, konsumsi bahan bakar meningkat, serta emisi gas buang bertambah.



Gambar 4.4 Buka Pipa *Intake*

Selanjutnya membuka *Exhaust* saluran yang membawa gas buang hasil pembakaran dari ruang bakar menuju *exhaust manifold*, dan selanjutnya ke pipa knalpot atau sistem pembuangan. *Exhaust* atau sistem pembuangan adalah salah satu subsistem penting dalam mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang berfungsi untuk mengeluarkan gas hasil pembakaran bahan bakar dan udara dari ruang bakar (*combustion chamber*) ke atmosfer melalui serangkaian komponen mekanis dan saluran khusus.

Gas buang yang dikeluarkan ini mengandung berbagai senyawa, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan partikel sisa pembakaran yang bisa membahayakan kesehatan manusia maupun merusak lingkungan. Oleh karena itu, sistem *exhaust* tidak hanya berfungsi sebagai saluran buang, tetapi juga memiliki peran vital dalam efisiensi mesin, keselamatan operasional, dan pengendalian polusi.

Dalam mesin kapal maupun kendaraan bermotor, *exhaust* juga berfungsi untuk menjaga tekanan kompresi, temperatur ruang bakar, serta kenyamanan operasional dengan meredam kebisingan dan getaran yang ditimbulkan oleh ledakan gas sisa pembakaran.



Gambar 4.5 Membuka *Exhaust*

Lepaskan baut *cylinder head* memakai kunci pas ring atau kunci pas ukuran 30 agar bisa membuka nut.



Gambar 4.6 Lepaskan Baut *Cylinder Head*

Buka nut menggunakan tools dan menggunakan pompa jek di 800 bar agar nut bisa dibuka.



Gambar 4.7 Nut dan Pompa Jek

Tetika nut sudah dibuka angkat atau evakuasi *cylinder head* menggunakan takal berkapasitas 2 ton ke tempat area kerja yang aman.



Gambar 4.8 Takal dan *Cylinder head*

#### 4.2. Langkah – langkah pembongkaran *cylinder liner* pada mesin

1. Membuka metal *main bearing* pada mesin menggunakan kunci momen atau torsi dengan ukuran baut 30 mm pada saat menggunakan torsi ukuran torsi pembuka di 600 Nm untuk membuka metal *main bearing*.



Gambar 4.9 Membuka Metal *Main Bearing*

2. Pasangkan tools piston yang ada lubang ditengah piston lalu liuk atau tarik piston dengan menggunakan takal 2 ton pindahkan piston ketempat yang aman dan tidak ada barang yang sensitif atau orang yang bekerja.



Gambar 4.10 Membuka Piston

3. Keluarkanlah liner dengan menggunakan tools liner pasang tools liner dibawah dan di atas lalu kunci baut tools supaya liner dapat keluar dengan menggunakan takal 2 ton lalu liuk atau tarik liner dan pindahkan liner ke tempat yang aman



Gambar 4.11 Evakuasi Liner dan Tempat Liner Ke Yang Aman

#### 4.3. Melakukan pengujian *honing* pada *cylinder* liner

*Honing* liner adalah proses pemesinan presisi tinggi yang dilakukan pada permukaan bagian dalam liner silinder mesin. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memperbaiki kondisi permukaan silinder serta memastikan performa mesin tetap optimal. Proses *honing* menghasilkan permukaan yang halus dan rata, dengan pola silang (*cross-hatch*) khas yang berfungsi untuk menahan oli pelumas dan menjaga pelumasan tetap stabil. *Honing* adalah

proses pemesinan yang menggunakan batu abrasif (*honing stone*) untuk memperbaiki atau menyempurnakan permukaan bagian dalam silinder mesin. Pada komponen *cylinder liner* (selongsong silinder), honing bertujuan menciptakan permukaan yang presisi, halus, dan bertekstur khusus untuk mendukung kerja piston dan ring piston. Pada saat melakukan tahap *honing* oleskan oli honing atau solar ke dalam silinder hidupkan mesin dan gerakkan alat naik-turun secara stabil mesin *honing* akan bergerak membentuk pola silang (*crosshatch*)  $40\text{--}60^\circ$  siramlah *cylinder liner* dengan solar pada saat mesin honing bergerak itu membantu agar liner mendinginkan, mengurangi gesekan, dan membawa serpihan logam keluar lakukanlah tahap *honing* ini secara merata dengan waktu yang didapat 30 menit.



Gambar 4.12 Siram *Cylinder Liner* Dengan Solar



Gambar 4.13 *Honing Liner*

#### 4.4. Melakukan Pengukuran Liner

*Dial Bore Gauge* adalah salah satu alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur diameter dalam suatu lubang atau silinder, terutama digunakan dalam pengecekan dimensi *cylinder* liner pada mesin pembakaran dalam. Alat ini terdiri dari kepala pengukur yang dilengkapi dengan *dial indicator* (jarum penunjuk) yang sangat sensitif, serta dilengkapi dengan sistem anvil (batang pengukur) dan spacer untuk menyesuaikan ukuran lubang yang akan diukur.

*Dial Bore Gauge* berfungsi sebagai alat bantu inspeksi untuk mendeteksi perubahan bentuk atau dimensi pada bagian dalam komponen silindris seperti *cylinder* liner, *bearing housing*, *bushing*, dan lainnya. Dalam dunia teknik mesin dan otomotif, alat ini sangat vital karena banyak komponen mesin bekerja dalam sistem linier dan rotasi dengan toleransi yang sangat ketat sehingga deviasi kecil pun dapat berakibat pada kegagalan sistem.

Keunggulan utama *Dial Bore Gauge* adalah kemampuannya untuk mengukur diameter lubang dengan ketelitian tinggi, biasanya dalam kisaran akurasi 0,01 mm atau bahkan 0,001 mm tergantung jenisnya. Dengan alat ini, teknisi dapat mengidentifikasi keausan, ovalitas (bentuk lonjong), taper (kerucutan), bahkan deviasi titik sentral (misalignment) dalam lubang mesin.

Untuk menggunakannya, biasanya *Dial Bore Gauge* dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan micrometer luar (*outside micrometer*) untuk mendapatkan ukuran pembanding. Kemudian alat dimasukkan ke dalam lubang atau *cylinder* liner yang akan diperiksa. Ketika kepala pengukur bersentuhan dengan permukaan dalam dinding silinder, dial indicator akan menunjukkan penyimpangan dari ukuran referensi. Perubahan kecil dalam pergerakan kepala pengukur akan menyebabkan pergerakan jarum pada skala dial yang menunjukkan penyimpangan dimensi secara *real-time*.

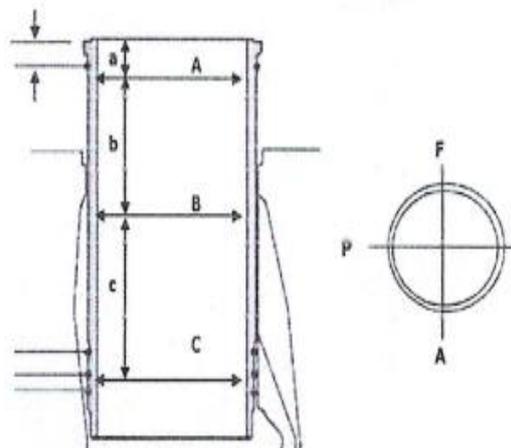
Dalam dunia pemeliharaan dan perbaikan mesin, terutama pada mesin diesel kapal, generator, maupun otomotif, *Dial Bore Gauge* sangat penting saat melakukan pekerjaan *overhaul*. Melalui pengukuran dengan alat ini, teknisi dapat memastikan apakah *cylinder* liner masih dalam batas toleransi pemakaian atau sudah mengalami deformasi bentuk seperti:

- Ovalitas → perbedaan ukuran antara sumbu horizontal dan vertical
- Taper → perbedaan diameter antara bagian atas dan bawah silinder

Jika hasil pengukuran menunjukkan bahwa ovalitas atau taper melebihi batas toleransi, maka perlu dilakukan tindakan seperti:

- *Honing* → jika deformasi masih ringan dan dalam batas toleransi
- *Boring Oversize* → jika terjadi penyimpangan signifikan

- Penggantian Liner → jika liner terlalu aus atau retak



a. Standart Pengukuran



b. Hasil Pengukuran Sebelum Honing Liner No 4, 5, dan 6  
Gambar 4.14. Pengukuran Standart dan Pengukuran Lapangan

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran *Cylinder* Liner Sebelum di *Honing*

Data Ukur dan Pemeriksaan Sebelum / Sesudah Perbaikan / Verifikasi									
Data Ukur Sebelum									
Diameter : 280.00 mm <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px 10px;"> </span> : perlu diganti / diperbaharui unit mm									
No	A			B			C		
	F-A	U-X	V-Y	F-A	U-X	V-Y	F-A	U-X	V-Y
IV	280.36	280.20	280.41	280.19	280.10	280.17	280.21	280.18	280.20
V	280.23	280.41	280.22	280.14	280.12	280.10	280.13	280.15	280.15
VI	280.21	280.44	280.22	280.15	280.15	280.12	280.18	280.15	280.10

Dari tabel di atas menunjukkan hasil pengukuran diameter dalam cylinder liner pada beberapa titik pengukuran sebelumnya dilakukan proses honing. Data dibagi dalam tiga kolom utama : A, B, dan C, masing – masing memiliki tiga sub – posisi : F-A (Front-atas), U-X (Tengah), dan V-Y (Belakang-Bawah), yang menunjukkan posisi pengukuran sepanjang liner. Ketidak teraturan ukuran dan bentuk ditemukan dalam hasil pengukuran

sebelum proses honing. Permukaan bagian dalam *cylinder* liner belum sepenuhnya rata atau sesuai standar toleransi pabrikan. Diperlukan proses *honing* untuk menyamakan diameter, memperbaiki ovalitas, dan menghasilkan pola permukaan yang ideal untuk mendukung kerja piston dan ring piston secara optimal.



Gambar 4.15 Hasil Pengukuran Sesudah *Honing* 4, 5, dan 6

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran *Cylinder* Liner Sesudah di *Honing*

Data Ukur dan Pemeriksaan Sebelum / Sesudah Perbaikan / Verifikasi										
Data Ukur Sebelum										
Diameter : 280.00 mm <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span> : perlu diganti / diperbaharui unit mm										
No	A			B			C			
	F-A	U-X	V-Y	F-A	U-X	V-Y	F-A	U-X	V-Y	
IV	280.38	280.20	280.41	280.22	280.12	280.18	280.18	280.18	280.20	
V	280.24	280.41	280.26	280.14	280.12	280.16	280.16	280.15	280.15	
VI	280.23	280.44	280.22	280.16	280.15	280.18	280.18	280.15	280.14	
Di ukur			Nilai standar				Batasi nilai			
Diameter dalam lapisan			281.00				Keausan sebagian 0.30			

Tabel tersebut menunjukkan hasil pengukuran diameter dalam *cylinder* liner pada beberapa titik pengukuran sebelum dilakukan proses *honing*. Data dibagi dalam tiga kolom utama: A, B, dan C, masing-masing memiliki tiga sub-posisi: F-A (Front–Atas), U-X (Tengah), dan V-Y (Belakang–Bawah), yang menunjukkan posisi pengukuran sepanjang liner.

Baris I–VI merepresentasikan titik-titik keliling pada sudut berbeda dari dalam liner, atau bisa juga merupakan pengukuran pada 6 liner berbeda (tergantung konteks teknis lapangan).

Keterangan :

- Standart *cylinder* liner berdiameter 280 mm

- Posisi pengukuran *cylinder* liner A, B, dan C, masing – masing memiliki tiga sub – posisi : F-A (Front-atas), U-X (Tengah), dan V-Y (Belakang-Bawah)
- Dari hasil pengukuran *cylinder* liner pada tabel diatas yang belum dilakukan *honing* terdapat oval pada nomor 3,4, dan 5 liner. Ketika liner akan memasuki tahap mesin *honing* mendapatkan presisi yang halus mendapatkan hasil ukuran sesuai standart.

Tabel 4.3 Analisis Visual *Cylinder* Liner

No	<i>Cylinder</i> liner	Type kerusakan (cacat)	Penyebab kerusakan
1			<i>Abrasive wear</i> karna adanya partikel asing atau kotoran yang masuk ke <i>cylinder</i> liner yang mengakibatkan liner lecet. Maka dari itu diharuskan mengganti komponen yang rusak dengan <i>spare part</i> yang baru

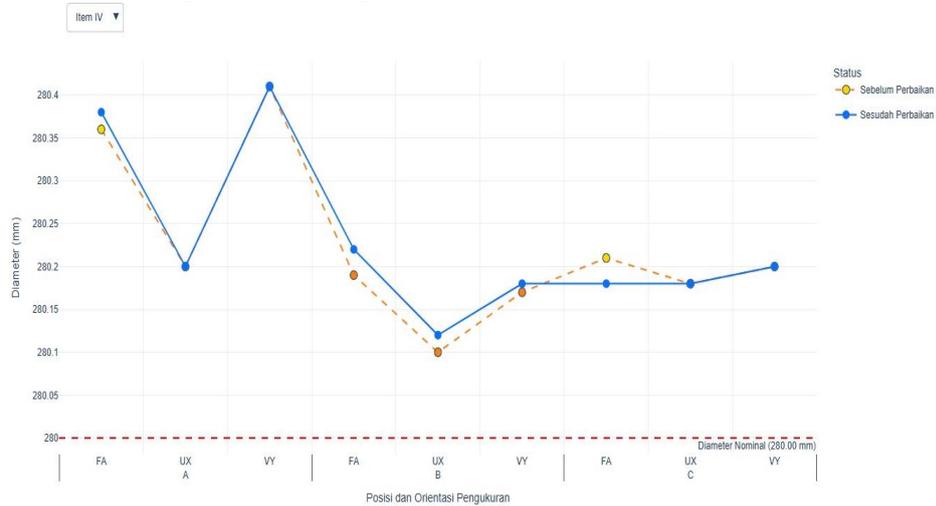
Pada tabel diatas pembongkaran, pengukuran, pengamatan diatas setelah melakukan pelepasan *cylinder* liner dari *cap* didapatkan bahwa liner mengalami 1 macam kerusakan yaitu *abrasive wear*. yang mengalami keausan atau *abrasive wear* karna adanya partikel asing atau kotoran yang masuk ke liner, maka dari itu dilakukan pergantian liner yang baru agar dapat mengembalikan performa mesin.

#### 4.5 Diagram *Ovality Cylinder* Liner

Dapat kita liat pada gambar grafik yang menunjukkan hasil sesudah *honing* garis berwarna biru menunjukkan nilai diameter setelah tindakan perbaikan dilakukan, garis putus – putus oranye Menampilkan nilai diameter awal sebelum dilakukan perbaikan.

Pada grafik nomor IV ini memperlihatkan hasil pengukuran diameter pada beberapa posisi dan orientasi (FA, UX, dan VY.) untuk Item IV, baik sebelum perbaikan (garis putus-putus oranye) maupun sesudah perbaikan (garis biru). Dimana sumbu Y vertikal terdapat diameter dalam satuan milimeter (mm). Nilainya berkisar dari 280,0 mm hingga sekitar 280,4 mm. dan sumbu X horizontal Posisi dan orientasi pengukuran, meliputi FA, UX, dan VY. Terdapat Garis merah ada 280,0 mm yang menunjukkan diameter nominal (target ideal).

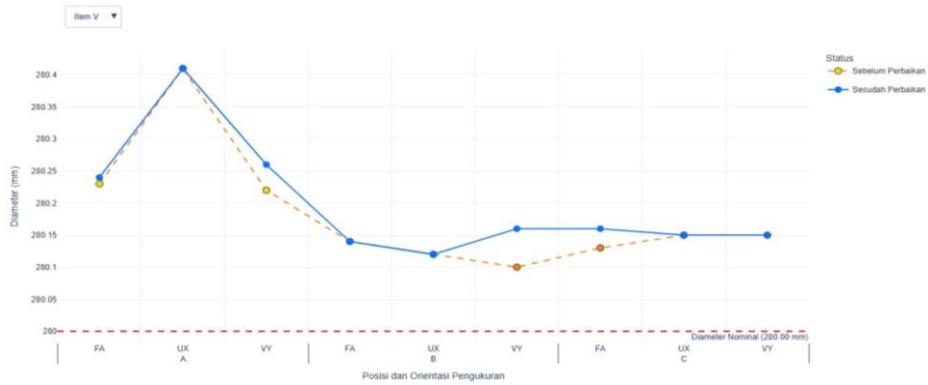
Data sebelum perbaikan pada garis (oranye) Data cenderung lebih bervariasi (fluktuatif) dan Beberapa titik ada di bawah 280,15 mm (mendekati batas bawah). Sesudah melakukan perbaikan pada garis (biru) data lebih stabil dan konsisten di sekitar 280,15 – 280,35 mm dan hampir semua titik berada di atas diameter nominal (280,0 mm) dan lebih seragam dibandingkan kondisi sebelumnya.



Gambar 4.16 Diagram No IV

Pada grafik nomor V ini memperlihatkan hasil pengukuran diameter pada beberapa posisi dan orientasi (FA, UX, dan VY.) untuk Item IV, baik sebelum perbaikan (garis putus-putus oranye) maupun sesudah perbaikan (garis biru). Dimana sumbu Y vertikal terdapat diameter dalam satuan milimeter (mm). Nilainya berkisar dari 280,0 mm hingga sekitar 280,4 mm. dan sumbu X horizontal Posisi dan orientasi pengukuran, meliputi FA, UX, dan VY. Terdapat Garis merah ada 280,0 mm yang menunjukkan diameter nominal (target ideal).

Data sebelum perbaikan pada garis (oranye) Nilai fluktuatif dengan beberapa titik lebih rendah (sekitar 280,1 mm bahkan sedikit mendekati 280,05 mm) dan Variasi antar titik cukup jelas. Sesudah melakukan perbaikan pada garis (biru) Nilai cenderung lebih stabil dan mendekati 280,2 – 280,3 mm, Fluktuasi lebih kecil dibandingkan sebelum perbaikan dan Tidak ada titik yang mendekati diameter nominal bawah (280,0 mm).



Gambar 4.17 Diagram No V

Pada grafik nomor VI ini memperlihatkan hasil pengukuran diameter pada beberapa posisi dan orientasi (FA, UX, dan VY.) untuk Item IV, baik sebelum perbaikan (garis putus-putus oranye) maupun sesudah perbaikan (garis biru). Dimana sumbu Y vertikal terdapat diameter dalam satuan milimeter (mm). Nilainya berkisar dari 280,0 mm hingga sekitar 280,4 mm. dan sumbu X horizontal Posisi dan orientasi pengukuran, meliputi FA, UX, dan VY. Terdapat Garis merah ada 280,0 mm yang menunjukkan diameter nominal (target ideal).

Data sebelum perbaikan pada garis (oranye) nilai diameter berfluktuasi, kadang sedikit di bawah 280.15 mm hingga sekitar 280.42 mm. Sesudah melakukan perbaikan pada garis (biru) nilai lebih stabil, walaupun masih ada satu titik tinggi di UX A (~280.45 mm), tetapi setelahnya mendekati nilai nominal (280.0 – 280.2 mm). Secara umum, sesudah perbaikan hasil pengukuran lebih konsisten dan lebih dekat ke nominal dibandingkan sebelum perbaikan.



Gambar 4.18 Diagram No VI

Grafik ini digunakan untuk membandingkan diameter cylinder liner pada beberapa posisi dan orientasi tertentu, sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, dengan tujuan utama untuk:

- Menilai tingkat keausan (*wear*) atau ovalitas (*ovality*) pada liner
- Mengevaluasi efektivitas proses perbaikan seperti honing
- Menganalisis pengaruh keausan terhadap pelumasan dan performa mesin

#### 4.6 Penanganan Permasalahan Keausan *Cylinder Liner*

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

*Cylinder liner* merupakan komponen vital dalam sistem mesin diesel yang menjadi jalur gerak naik-turun piston. Karena terpapar langsung oleh tekanan tinggi, suhu ekstrem, serta gesekan dari ring piston, liner sangat rentan mengalami keausan. Keausan ini dapat berupa goresan, ovalitas, taper (kerucut), atau korosi, yang semuanya akan memengaruhi efisiensi pembakaran, konsumsi oli, dan performa mesin secara keseluruhan.

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

#### 4.7 Analisis Penyebab Keausan *Cylinder Liner*

Analisis penyebab keausan *cylinder liner* adalah suatu proses sistematis dan teknis yang dilakukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta memahami berbagai faktor penyebab terjadinya keausan pada permukaan dalam *cylinder liner* yaitu komponen silinder logam tempat piston bergerak dalam sistem pembakaran mesin diesel. Keausan ini merupakan salah satu bentuk degradasi material yang terjadi akibat kombinasi pengaruh mekanis, termal, kimiawi, dan operasional yang berlangsung selama siklus kerja mesin.

*Cylinder liner* merupakan bagian vital dari sistem kerja mesin diesel, karena menjadi permukaan gesek utama bagi piston dan ring piston yang bergerak naik-turun dengan kecepatan tinggi, tekanan tinggi, dan suhu yang ekstrem. Dalam jangka panjang, liner sangat rentan terhadap keausan akibat gesekan langsung, pelumasan yang tidak optimal, kontaminasi oleh partikel asing, korosi oleh bahan kimia dalam bahan bakar, hingga pengaruh gaya ekspansi termal yang tidak merata akibat pendinginan yang buruk. Keausan yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan performa mesin secara drastis, termasuk turunnya kompresi, meningkatnya konsumsi oli pelumas,

munculnya asap knalpot berlebih, hingga kerusakan lanjutan pada piston dan ring.

Analisis keausan dilakukan dengan berbagai metode, antara lain pemeriksaan visual permukaan liner, pengukuran diameter dalam dan bentuk (menggunakan dial *bore gauge*), pengujian kadar logam dalam oli pelumas (*oil analysis*), serta inspeksi kondisi piston ring dan sistem pendingin. Melalui proses analisis ini, mekanik atau teknisi dapat mengetahui jenis keausan yang terjadi seperti keausan merata (*uniform wear*), goresan (*scuffing*), ovalitas, taper, atau korosi dan dapat menelusuri sumber utama dari kerusakan tersebut.

Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memperoleh data akurat mengenai kondisi liner, menentukan langkah perbaikan yang paling tepat (seperti proses *honing*, *boring oversize*, atau penggantian liner), serta merancang strategi pencegahan agar keausan tidak terjadi kembali dalam waktu dekat. Analisis penyebab keausan *cylinder* liner tidak hanya berfungsi sebagai tindakan korektif saat terjadi masalah, tetapi juga sebagai bagian penting dari pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) dan inspeksi rutin mesin diesel, khususnya pada mesin kapal seperti tugboat, ferry, kapal barang, maupun genset industri.

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

#### 4.7.1. Faktor Penyebab Kerusakan *Cylinder* Liner

Faktor penyebab kerusakan *cylinder* liner adalah berbagai kondisi teknis, operasional, lingkungan, maupun material yang secara langsung maupun tidak langsung memicu terjadinya penurunan kualitas, keausan, atau kerusakan struktural pada permukaan dalam *cylinder* liner, yaitu komponen utama dalam mesin diesel yang berfungsi sebagai jalur gerak piston. *Cylinder* liner, karena berada pada posisi paling strategis dalam sistem kerja pembakaran mesin, sangat rentan terhadap pengaruh gaya mekanis, suhu tinggi, gesekan intens, tekanan gas pembakaran, hingga paparan zat kimia dari bahan bakar maupun pelumas.

Kerusakan pada *cylinder* liner dapat berupa keausan merata (*uniform wear*), goresan dalam (*scuffing*), ovalitas (perubahan bentuk dari silinder ke lonjong), taper (ketidaksamaan diameter atas dan bawah), retak termal, hingga korosi dan pitting akibat reaksi kimia. Semua bentuk kerusakan tersebut biasanya disebabkan oleh satu atau lebih faktor utama seperti: pelumasan yang tidak efektif, kualitas bahan bakar yang buruk, masuknya partikel asing ke dalam ruang bakar atau pelumas, pendinginan yang tidak stabil, piston ring yang sudah aus atau rusak, serta kesalahan dalam pengoperasian atau pemeliharaan mesin.

Pelumasan yang buruk, misalnya, menjadi salah satu faktor utama karena pelumas memiliki fungsi vital untuk membentuk lapisan film pelindung antara ring piston dan permukaan liner. Tanpa pelumasan yang optimal, akan terjadi kontak langsung antar logam yang menyebabkan

gesekan tinggi dan meningkatkan temperatur lokal, yang pada akhirnya mempercepat keausan. Begitu pula dengan sistem pendinginan yang tidak berfungsi dengan baik, dapat menyebabkan ekspansi termal tidak merata, membuat liner mengalami stres berlebih dan retak.

Kontaminasi oli oleh partikel asing seperti debu, pasir, atau air laut juga sangat berbahaya. Partikel-partikel tersebut berfungsi layaknya amplas di dalam mesin, yang akan menggores permukaan dalam liner secara terus-menerus selama siklus kerja piston. Sementara itu, bahan bakar bermutu rendah yang mengandung sulfur tinggi akan menghasilkan gas asam saat pembakaran, yang bereaksi dengan uap air dan menimbulkan korosi kimia pada liner.

Selain itu, faktor manusia juga sangat menentukan, seperti kesalahan dalam pengoperasian mesin (misalnya menjalankan mesin saat dingin tanpa pemanasan bertahap), penggunaan bahan pelumas atau suku cadang yang tidak sesuai spesifikasi pabrikan, hingga pengabaian terhadap jadwal perawatan dan inspeksi berkala.

Dengan demikian, memahami faktor-faktor penyebab kerusakan *cylinder* liner secara menyeluruh merupakan langkah awal yang sangat penting untuk menyusun strategi pemeliharaan mesin diesel yang lebih efektif, mencegah kerusakan berat, dan memperpanjang usia pakai mesin secara keseluruhan.

Analisis terhadap setiap faktor ini perlu dilakukan dengan pendekatan sistematis, menggunakan data pengukuran teknis, inspeksi visual, serta riwayat operasional mesin agar perawatan dan perbaikan yang dilakukan benar-benar tepat sasaran dan ekonomis.

#### 4.8 Menganalisis Penyebab Terjadinya Pelumasan Tidak Merata

Pelumasan yang tidak merata adalah kondisi di mana cairan pelumas (biasanya oli) tidak tersebar secara konsisten dan menyeluruh ke seluruh bagian atau permukaan komponen mesin yang bergerak. Hal ini menyebabkan sebagian area menerima pelumas secara cukup atau berlebih, sementara area lain justru kekurangan atau bahkan tidak menerima pelumas sama sekali.

Dalam sistem mesin, pelumasan yang ideal harus mampu membentuk lapisan film tipis antara dua permukaan logam yang bergesekan. Tujuannya adalah untuk mengurangi gesekan langsung, menurunkan suhu akibat panas gesekan, dan mencegah keausan dini serta kerusakan komponen. Ketika pelumasan tidak berlangsung merata, maka fungsi-fungsi penting ini menjadi terganggu.

Terkaitan secara langsung dengan analisis penyebab pelumasan tidak merata yang menyebabkan performa mesin menjadi tidak optimal :

1. *Cylinder* liner adalah selongsong berbentuk silinder yang dipasang di dalam blok mesin dan menjadi jalur utama tempat piston bergerak naik dan turun selama siklus kerja mesin. *Cylinder* liner memiliki fungsi penting sebagai permukaan gesek piston, tempat

berlangsungnya kompresi, dan sebagai media pelepas panas dari ruang bakar ke sistem pendingin.

Dalam konteks pelumasan, *cylinder* liner harus selalu dilapisi oleh film oli pelumas yang tipis, merata, dan stabil agar mampu:

- Mengurangi gesekan antara liner dan piston.
- Mencegah keausan.
- Menghindari goresan atau scoring.
- Menyegel ruang bakar secara efisien bersama ring piston.

Jika pelumasan tidak merata terjadi dipermukaan liner, maka sebagian permukaan akan:

- Kering atau kekurangan pelumas → menyebabkan gesekan langsung.
- Mengalami panas berlebihan (*overheating* lokal).
- Terkikis tidak merata → muncul *ovality* (bentuk tidak bulat sempurna)

2. Piston adalah komponen utama mesin yang bergerak naik dan turun di dalam *cylinder* liner. Fungsi utamanya adalah mengubah energi dari hasil pembakaran bahan bakar menjadi tenaga mekanis linier yang diteruskan ke *crankshaft*. Piston bekerja dalam kondisi tekanan dan suhu tinggi, serta kontak langsung dengan permukaan liner. Agar piston dapat bekerja secara efektif, diperlukan pelumasan yang baik pada bagian:

- Dinding Piston.
- Ring piston.
- Skirt piston (bagian samping bawah).

Pelumasan yang tidak merata pada piston dapat terjadi karena:

- Oli tidak menjangkau permukaan piston.
- Ring piston aus atau macet → oli tidak tersebar sempurna.
- Panas berlebih membuat oli menguap.
- Oli terlalu encer atau terlalu kental → tidak terbentuk lapisan pelindung yang stabil.

Akibatnya :

- Terjadinya *scuffing* (goresan) dan keausan tidak merata
- Piston macet atau nyangkut di dalam liner (*piston seizure*)
- Gas bocor melewati ring piston → kompresi menurun
- Tenaga mesin hilang, konsumsi BBM naik, dan mesin bergetar

#### 4.8.1. Macam – Macam Keausan

##### 1. Keausan Abrasif (*Abrasive Wear*)

Keausan abrasif adalah jenis keausan yang terjadi ketika partikel keras atau benda asing ikut masuk ke dalam ruang silinder dan terselip di antara piston dan *cylinder* liner, lalu menggores permukaan logam akibat gerakan naik-turun piston. Partikel abrasif ini bisa berupa pasir halus, debu, kerak karbon, atau serpihan logam yang tidak tersaring oleh sistem filtrasi oli atau udara.

Keausan abrasif biasanya menghasilkan alur goresan yang panjang dan sejajar dengan arah gerak piston. Goresan ini mempercepat

keausan, mengganggu lapisan pelumas, dan menyebabkan ring piston tidak bisa menyegel ruang bakar dengan sempurna.

2. Keausan Adhesif (*Adhesive Wear / Scuffing*)

Keausan adhesif terjadi saat dua permukaan logam bersentuhan langsung tanpa lapisan pelumas yang cukup, sehingga terjadi perlekatan molekul logam antar permukaan. Saat piston terus bergerak, bagian yang menempel akan terseret dan robek, menyebabkan kerusakan parah berupa scuffing atau galling — yakni kerusakan dengan permukaan kasar, sobek, dan terasa seperti terbakar.

Jenis keausan ini sering terjadi dalam kondisi pelumasan buruk, saat oli tidak mencapai area gesekan dengan cepat, atau ketika mesin overheat sehingga oli tidak mampu membentuk film pelindung yang stabil.

3. Keausan Termal (*Thermal Wear*)

Keausan termal adalah bentuk kerusakan yang timbul akibat suhu kerja mesin yang sangat tinggi, menyebabkan material piston atau liner memuai secara tidak merata dan menjadi lebih lunak dari kekuatan normalnya. Kombinasi panas ekstrem dan tekanan tinggi ini mempercepat perubahan struktur mikro logam, mengurangi kekuatan mekaniknya, dan membuat permukaan lebih mudah tergores atau berubah bentuk.

Jika pelumasan buruk juga terjadi bersamaan, maka kerusakan menjadi lebih cepat dan serius. Selain itu, overheat juga dapat menyebabkan keretakan termal di permukaan liner dan piston, terutama pada area yang menerima tekanan pembakaran paling tinggi.

4. Keausan Korosi (*Corrosive Wear*)

Keausan korosi terjadi ketika permukaan piston dan liner mengalami reaksi kimia dengan zat agresif, seperti gas asam hasil pembakaran bahan bakar sulfur tinggi, kondensasi uap air, atau kontaminan kimia dalam pelumas. Reaksi ini menyebabkan terbentuknya lapisan oksida atau asam pada permukaan logam, yang kemudian terkelupas dan membuat permukaan menjadi kasar, tidak rata, atau bahkan berlubang.

Korosi ini sering kali terjadi pada mesin diesel laut atau industri berat yang menggunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi, atau pada mesin yang jarang dipanaskan secara optimal.

5. Keausan Kelelahan (*Fatigue Wear*)

Keausan kelelahan (*fatigue wear*) adalah kerusakan yang terjadi akibat beban berulang (*cyclic load*) yang terus-menerus menekan dan menarik permukaan piston dan liner, sehingga lama-kelamaan terjadi retakan mikro (*microcrack*) yang membesar menjadi retakan nyata atau patah. Ini adalah hasil dari akumulasi tekanan termal dan mekanik yang membuat struktur logam kehilangan kekuatan setelah siklus kerja yang panjang.

Biasanya terjadi pada ring *groove* piston, area bawah piston *crown*, dan dinding liner bagian tengah yang menerima beban pembakaran tertinggi.

#### 6. Keausan Getar Mikro (*Fretting Wear*)

*Fretting wear* adalah keausan yang terjadi akibat getaran kecil (*mikro*) yang terjadi berulang-ulang pada area kontak tetap yang seharusnya tidak bergerak, seperti di antara piston pin dan bushing, atau ring piston di dalam alurnya. Getaran ini menghasilkan aus lokal yang membentuk bubuk halus seperti karat merah (*oxidation debris*) dan membuat bagian tersebut longgar dan tidak presisi lagi.

*Fretting wear* tidak selalu terlihat dari luar, namun bisa menyebabkan ring piston menjadi longgar dan tidak bisa menyegel tekanan.

Keausan piston dan *cylinder* liner merupakan bentuk kerusakan yang sering terjadi akibat kombinasi dari tekanan mekanis, panas berlebih, pelumasan yang tidak memadai, dan kontaminasi kimia atau partikel keras. Jenis keausan seperti abrasif, adhesif, termal, korosi, fatigue, dan fretting bisa terjadi secara terpisah maupun bersamaan, dan semuanya berkontribusi pada penurunan performa mesin secara drastis.

#### 4.9 Viskositas Oli Mesin

Viskositas oli mesin diesel adalah tingkat kekentalan oli yang menunjukkan resistensi oli terhadap aliran, serta menjadi ukuran kemampuan oli untuk tetap berada di antara permukaan komponen mesin yang bergerak, sehingga mampu membentuk lapisan pelumas yang stabil. Dalam konteks mesin diesel, viskositas memiliki peranan yang sangat penting karena mesin jenis ini bekerja dengan tekanan tinggi, temperatur pembakaran yang ekstrem, serta gaya gesek yang lebih besar dibandingkan mesin bensin.

Secara sederhana, viskositas menggambarkan seberapa mudah atau sulit oli bergerak ketika dialirkan melalui celah sempit di antara komponen mesin, seperti piston dengan *cylinder* liner, *crankshaft* dengan *bearing*, maupun gear pada sistem penggerak. Oli yang memiliki viskositas sesuai spesifikasi mesin akan mampu:

- Mengurangi gesekan antara logam-logam yang saling bergesekan.
- Mencegah keausan dini akibat kontak langsung antar permukaan.
- Mengurangi panas dengan membawa energi panas dari komponen ke dinding mesin atau karter.
- Mencegah kebocoran gas pembakaran melalui celah piston ring dan *cylinder* liner.

Jika oli memiliki viskositas terlalu rendah (*encer*), maka lapisan pelumas akan tipis, sehingga tidak mampu menahan beban tekanan tinggi pada mesin diesel. Akibatnya, terjadi kontak logam ke logam, keausan lebih cepat, bahkan potensi kerusakan serius pada piston dan liner. Sebaliknya, bila oli memiliki viskositas terlalu tinggi (*kental*), maka aliran oli menjadi lambat, sirkulasi terganggu, dan pompa oli bekerja lebih berat. Selain itu, pendinginan mesin tidak optimal sehingga temperatur operasi meningkat.

Oleh karena itu, pemilihan viskositas oli mesin diesel harus menyesuaikan dengan kondisi operasi mesin dan rekomendasi

pabrikan. Standar viskositas oli biasanya dinyatakan dengan SAE (*Society of Automotive Engineers*), contohnya SAE 15W-40, SAE 20W-50, dan sebagainya. Angka pertama (misalnya 15W) menunjukkan kemampuan oli pada suhu rendah/dingin (*Winter*), sedangkan angka kedua (misalnya 40) menunjukkan viskositas oli pada suhu kerja mesin (100°C). Dengan oli multigrade seperti ini, mesin diesel tetap mendapat perlindungan baik pada saat start dingin maupun ketika sudah bekerja pada suhu tinggi.

Singkatnya, viskositas pada oli mesin diesel dapat dipahami sebagai faktor kunci dalam menentukan kualitas pelumasan, perlindungan mesin, efisiensi energi, serta umur pakai mesin. Oli dengan viskositas yang tepat akan memastikan mesin diesel dapat beroperasi dengan optimal, handal, dan tahan lama.



Gambar 4.19 Viskositas *Cylinder Liner*

#### 4.9.1 Penanganan Permasalahan Keausan *Cylinder Liner*

Penanganan permasalahan keausan *cylinder liner* adalah serangkaian upaya teknis yang dilakukan untuk mencegah, mengendalikan, dan memperbaiki kerusakan akibat hilangnya material, perubahan bentuk (*ovalitas*, *taper*), maupun perubahan sifat permukaan (*glazing*, *scuffing*, *ridge*) pada dinding silinder mesin diesel yang disebabkan oleh gesekan mekanis, reaksi kimia, panas pembakaran, maupun faktor fluida kerja.

Penanganan ini mencakup dua aspek utama:

1. Pencegahan (*preventive*) meliputi penggunaan oli pelumas dengan viskositas dan kualitas yang sesuai, perawatan sistem filtrasi udara dan oli, pengendalian kualitas bahan bakar, menjaga sistem pendingin agar stabil, serta pemeriksaan dimensi liner secara periodik.
2. Perbaikan (*corrective*) dilakukan jika keausan sudah melebihi batas toleransi, antara lain dengan proses honing untuk mengembalikan pola permukaan, boring *oversize* bila terjadi

keausan besar, atau penggantian liner baru apabila kerusakan sudah parah.

Dengan demikian, penanganan keausan *cylinder* liner dapat diartikan sebagai usaha menyeluruh untuk menjaga keutuhan dimensi, kekasaran, dan kemampuan liner dalam mempertahankan kompresi serta film oli pelumas, sehingga performa mesin diesel tetap optimal, umur pakai lebih panjang, dan risiko kerusakan berat dapat diminimalkan.

#### 4.9.2 Keausan Korosi

Keausan korosi adalah proses kerusakan atau pengikisan permukaan logam pada komponen mesin diesel yang terjadi akibat kombinasi reaksi kimia (korosi) dan aksi mekanis (gesekan). Pada mesin diesel, keausan ini umumnya timbul pada *cylinder* liner, piston ring, serta bagian ruang bakar, yang bersentuhan langsung dengan gas hasil pembakaran.

Secara sederhana, keausan korosi terjadi ketika permukaan logam bereaksi dengan senyawa korosif, terutama asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur, serta diperparah dengan adanya air kondensasi. Reaksi ini mengikis lapisan logam, membuatnya rapuh dan mudah tergerus oleh gerakan mekanis piston dan ring.

Karakteristik Keausan Korosi:

1. Terjadi pada permukaan logam yang kontak dengan gas hasil pembakaran.
2. Ditandai dengan bopeng, karat, lubang kecil (*pitting*), atau permukaan kasar pada liner.
3. Biasanya terjadi di daerah atas *cylinder* liner (*Top Dead Center / TDC*), tempat tekanan dan suhu tinggi serta ring piston sering bergesekan.

kerusakan pada permukaan logam *cylinder* liner dan komponen mesin diesel lainnya yang disebabkan oleh reaksi kimia korosif (terutama asam sulfat hasil pembakaran sulfur) yang kemudian diperparah oleh gesekan mekanis piston dan ring, sehingga lapisan logam tergerus, menurunkan kinerja, dan mempercepat kerusakan mesin.



Gambar 4.20 Korosi *Cylinder Liner*

#### 4.9.3 Keausan Gesek (*Abrasive Wear*)

Keausan gesek adalah suatu bentuk kerusakan atau pengikisan permukaan logam yang terjadi karena adanya gesekan mekanis yang berulang-ulang antara dua permukaan yang saling bersentuhan, atau karena adanya partikel keras (seperti debu, pasir, kerak karbon, atau serpihan logam) yang berada di antara permukaan tersebut sehingga bertindak sebagai media penggores. Proses gesekan ini menimbulkan alur, goresan, atau guratan pada permukaan logam yang pada akhirnya menyebabkan komponen mesin kehilangan kehalusan, kekuatan, serta fungsinya.

Dalam konteks mesin diesel, keausan gesek paling sering terjadi pada *cylinder liner*, piston ring, dan bagian-bagian mesin lain yang memiliki gerakan bolak-balik atau rotasi dengan beban tinggi. *Cylinder liner* dan piston ring bekerja dengan toleransi yang sangat kecil, sehingga apabila pelumasan tidak memadai atau terdapat kotoran di antara keduanya, maka permukaan logam akan langsung tergores dan terikis.

Keausan gesek terjadi terutama karena gagalnya sistem pelumasan dalam menjaga adanya lapisan film oli yang stabil di antara dua permukaan logam. Oli seharusnya berfungsi sebagai pemisah sehingga logam tidak saling bersentuhan. Namun, bila film oli terlalu tipis, terkontaminasi partikel, atau rusak akibat suhu dan tekanan tinggi, maka terjadi kontak langsung logam dengan logam. Kontak ini menimbulkan gesekan yang besar, dan jika ditambah dengan adanya partikel abrasif, maka permukaan liner akan tergores, terkikis, dan rusak.

Selain itu, faktor operasional mesin seperti pembakaran tidak sempurna juga bisa menambah parah keausan gesek. Sisa pembakaran berupa karbon akan menempel di ruang bakar, dan bila terbawa ke celah

piston ring–liner, ia bertindak seperti amplas yang mengikis permukaan logam setiap kali piston bergerak.

Ciri – ciri Keausan Gesek:

1. Permukaan *cylinder* liner terlihat kasar, bergaris, atau terdapat goresan memanjang.
2. Permukaan piston ring juga aus dengan tanda alur sejajar arah gerak piston.
3. Mesin mulai kehilangan efisiensi, kompresi menurun, dan timbul konsumsi oli berlebih.
4. Kadang disertai gejala *overheating* dan timbul asap kebiruan dari knalpot karena oli ikut terbakar.

Keausan gesek adalah kerusakan permukaan logam pada komponen mesin diesel, khususnya *cylinder* liner dan piston ring, yang disebabkan oleh gesekan mekanis langsung antar permukaan logam atau akibat adanya partikel keras abrasif yang masuk ke celah gesekan. Proses ini terjadi karena kegagalan pelumasan dalam membentuk lapisan pemisah yang stabil, sehingga permukaan logam tergores, terikis, dan kehilangan kehalusannya. Akibatnya, keausan gesek menurunkan efisiensi kerja mesin, meningkatkan konsumsi oli, memperbesar celah kompresi, dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin diesel.

#### 4.9.4 Kegagalan Sistem Pelumasan

Kegagalan sistem pelumasan pada mesin kapal Tug *Boat* (TB) adalah suatu kondisi ketika sistem pelumasan tidak mampu menjalankan fungsinya secara optimal dalam menyediakan, mengalirkan, dan menjaga kualitas oli pelumas yang dibutuhkan oleh seluruh komponen mesin yang bergerak. Sistem pelumasan pada mesin kapal berperan vital untuk mengurangi gesekan antar permukaan logam, menghindari keausan berlebih, mengurangi panas akibat gesekan, membersihkan kotoran hasil pembakaran maupun serpihan logam, serta melindungi permukaan komponen dari karat dan korosi.

Apabila terjadi kegagalan dalam sistem pelumasan, maka suplai oli ke komponen mesin akan berkurang atau bahkan terhenti. Hal ini mengakibatkan gesekan langsung antar komponen logam, sehingga terjadi peningkatan suhu yang berlebihan, keausan yang cepat, dan risiko kerusakan berat pada mesin. Pada kapal tug *boat*, yang sangat bergantung pada mesin diesel induk untuk manuver menarik, mendorong, atau mengarahkan kapal lain, kegagalan pelumasan dapat menyebabkan berhentinya operasi kapal, terganggunya keselamatan pelayaran, hingga potensi kerugian finansial yang besar.

kegagalan sistem pelumasan pada mesin kapal TB adalah kondisi terganggunya fungsi pelumasan akibat oli tidak mampu memberikan perlindungan mekanis, termal, dan kimiawi pada komponen mesin. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya jumlah oli, turunnya kualitas oli, kerusakan pada komponen sistem pelumasan, atau adanya hambatan dalam distribusi oli. Kegagalan ini akan mengakibatkan meningkatnya gesekan, keausan, panas berlebih, dan berujung pada kerusakan berat mesin serta terhentinya operasional kapal.

Kegagalan sistem pelumasan pada mesin kapal kondisi ketika oli pelumas tidak dapat menjalankan fungsinya secara optimal dalam melindungi, mendinginkan, dan melumasi komponen mesin, sehingga menyebabkan gesekan langsung antar logam, peningkatan suhu, keausan berlebih, serta kerusakan serius. Sistem pelumasan berperan penting dalam mengurangi gesekan, menjaga keawetan komponen, mengalirkan panas, membersihkan kotoran, dan mencegah korosi. Namun, bila sistem ini tidak bekerja dengan baik, maka suplai oli tidak sampai pada bagian vital mesin seperti *cylinder* liner dan piston, yang menjadi area paling rawan terhadap kerusakan.

Pada *cylinder* liner, kegagalan pelumasan akan mengakibatkan permukaan liner tidak mendapatkan lapisan oli pelindung, sehingga ring piston bergesekan langsung dengan dinding liner. Gesekan tersebut menimbulkan *scuffing*, *scoring*, dan *ovality* pada liner, yang menyebabkan turunnya kompresi mesin, meningkatnya konsumsi oli, timbulnya asap berlebih, bahkan keretakan liner.

Sementara itu pada piston, kegagalan sistem pelumasan menyebabkan piston tidak mendapatkan pendinginan yang cukup. Panas berlebih dari ruang bakar membuat piston mengalami *overheating*, ring piston menjadi macet (*stuck ring*), terjadi kebocoran gas pembakaran (*blow by*), dan pada kondisi parah piston bisa meleleh, retak, atau pecah. Kerusakan piston ini sering kali diikuti dengan kerusakan pada liner, connecting rod, hingga crankshaft akibat pecahan piston yang menyebar di ruang silinder.

Secara keseluruhan, kegagalan sistem pelumasan pada mesin kapal TB, khususnya pada *cylinder* liner dan piston, adalah kondisi kritis di mana oli tidak mampu menjalankan fungsi utamanya, sehingga menimbulkan gesekan berlebih, keausan, *overheating*, dan potensi kerusakan fatal pada mesin. Dampak dari kegagalan ini tidak hanya menyebabkan penurunan performa mesin, tetapi juga dapat menghentikan operasional kapal, membahayakan keselamatan pelayaran, serta menimbulkan kerugian besar akibat biaya perbaikan dan waktu kapal tidak beroperasi.

#### 4.9.5 Keausan Lelah (*Fatigue Wear*)

Keausan lelah (*fatigue wear*) adalah suatu bentuk kerusakan permukaan logam yang disebabkan oleh tegangan berulang (*cyclic stress*) yang terjadi secara terus-menerus pada bagian mesin yang mengalami kontak langsung. Tegangan berulang ini mengakibatkan timbulnya retakan-retakan mikro (*micro cracks*) di lapisan sub-permukaan material. Dengan semakin seringnya siklus beban, retakan tersebut akan merambat hingga ke permukaan, kemudian material mengelupas dalam bentuk *pitting* atau *spalling*, yang tampak sebagai lubang-lubang kecil atau serpihan di permukaan logam.

Pada mesin kapal Tug Boat (TB), keausan lelah sering muncul pada komponen yang bekerja dalam kondisi tekanan tinggi, gesekan berulang, serta temperatur ekstrem, seperti *cylinder* liner dan piston. Fenomena ini bukan sekadar akibat gesekan biasa, melainkan lebih kompleks karena melibatkan kombinasi antara tegangan mekanis

berulang, kualitas pelumasan, temperatur tinggi, dan sifat material logam.

Pada *cylinder* liner, keausan lelah biasanya terjadi karena tekanan tinggi dari pembakaran bahan bakar yang berulang setiap siklus mesin. Ketika pelumasan tidak sempurna, lapisan oli menjadi tipis sehingga ring piston menekan langsung dinding liner. Tekanan berulang inilah yang menyebabkan retakan mikro di bawah permukaan liner. Dalam jangka waktu tertentu, retakan tersebut berkembang dan menghasilkan *pitting* atau *spalling* pada dinding liner.

Akibatnya, permukaan liner menjadi kasar dan bergelombang, sehingga gerakan piston tidak lagi mulus. Dampak nyata dari kondisi ini adalah:

1. Kompresi mesin berkurang karena ring piston tidak dapat menutup rapat.
2. Konsumsi oli pelumas meningkat karena oli masuk ke ruang bakar.
3. Timbul asap berlebihan dari knalpot akibat pembakaran tidak sempurna.
4. Suara mesin menjadi kasar dan getaran meningkat.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian penyebab terjadinya *ovality* pada *cylinder* liner kapal mandelin citra, Peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian didapatkan bahwa *cylinder* liner mesin induk di PT. Waruna Shipyard Indonesia Pada kapal TB. Mandelin Citra dinyatakan tidak memenuhi standard kelayakan, karena pada kondisi liner *Ovality* (ovalitas) pada *cylinder* liner merupakan perubahan bentuk penampang lintang silinder dari bentuk silinder sempurna (lingkaran) menjadi lonjong. Dikarenakan tekanan tidak seimbang dari ring piston selama siklus kerja mesin, Sistem pelumasan yang tidak bekerja secara optimal sehingga gesekan tidak tersebar merata, dan beban mesin yang berlebihan atau pengoperasian mesin yang kasar. Maka dari itu proses honing adalah teknik permesinan yang digunakan untuk memperbaiki permukaan dalam *cylinder* liner dengan menggunakan batu abrasif yang berputar dan bergerak naik-turun secara simultan bertujuan untuk Membentuk pola silang (*crosshatch*) pada permukaan liner agar pelumas dapat tersebar merata, menghilangkan goresan atau permukaan kasar ringan, menstabilkan kontak antara ring piston dan liner, dan mengurangi ovalitas hanya jika ovalitas masih dalam batas toleransi pabrikan.
2. Keausan piston dan *cylinder* liner merupakan bentuk kerusakan yang sering terjadi akibat kombinasi dari tekanan mekanis, panas berlebih, pelumasan yang tidak memadai, dan kontaminasi kimia atau partikel keras. Jenis keausan seperti abrasif, adhesif, termal, korosi, fatigue, dan fretting bisa terjadi secara terpisah maupun bersamaan, dan semuanya berkontribusi pada penurunan performa mesin secara drastis.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada *cylinder* liner peneliti memberikan saran yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengatasi keausan pada *cylinder* liner yang menyebabkan mesin menjadi tidak optimal
  - a. Lakukan pengukuran *ovality* secara berkala menggunakan *dial bore gauge* dan catat data pengukuran pada tiga titik (atas, tengah, bawah) serta dua arah (horizontal dan vertikal).
  - b. Gunakan pelumas berkualitas tinggi yang sesuai dengan viskositas dan klasifikasi standar mesin untuk menjamin pelumasan maksimal dan merata.
  - c. Pastikan sistem pendingin bekerja optimal, agar tidak terjadi pemuaian tidak merata yang mempercepat perubahan bentuk silinder.

- d. Hindari beban berlebih pada mesin secara terus-menerus, karena dapat meningkatkan tekanan lokal pada dinding liner dan mempercepat keausan.
- e. Lakukan pemanasan mesin secara bertahap sebelum dioperasikan penuh agar material liner tidak mengalami shock termal yang mempercepat distorsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, R., Mohammad, P., Heriyawan, S., Putro, R. A., Mustholiq, ○, & Mohammad, ○. (n.d.). *Indonesian Journal of Marine Engineering Analysis of the Causes of Cylinder Liner Breakage in Generator Engines on MV Ships. Kali Mas.*
- Bakar, B., Minyak, B., Sawit, G., Biomassa, S., & Perkotaan, S. (n.d.). *STUDI EKSPERIMEN UNJUK KERJA MESIN DIESEL SISTEM DUAL FUEL DENGAN VARIASI TEKANAN PENGINJEKSAN PADA INJEKTOR MESIN YANMAR TF 55 R Di.*
- Christina, W. Y., Djakfar, L., & Thoyib, A. (n.d.). *PENGARUH BUDAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) TERHADAP KINERJA PROYEK KONSTRUKSI.*
- Desain Konseptual Hybrid Engine System pada Kapal Tugboat 1636 HP dengan Kombinasi Diesel Engine dan Electric Motor Yang di Suplai Tenaga Baterai.* (n.d.). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Djoko Yudisworo, W., & Prihastuty, E. (n.d.). *ANALISIS KENAIKAN DAERAH OPERASI MESIN DIESEL KONVENSIONAL SETELAH DILAKUKAN TUNE UP.*
- Fahruddin Program Studi Teknika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jl Marunda, I., Utara, J., Jakarta, D., Fitriah Program Studi Nautika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jl Marunda, D., & Prodi Teknika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jl Marunda, M. (2023). STRATEGI PERAWATAN MESIN DIESEL KAPAL TUG BOAT BERBAHAN BAKAR BIODIESEL. In *Prosiding Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi* (Vol. 10, Issue 1).
- Firdaus, D., Sianturi, B., Tulus, B., & Sitorus, S. T. (2020). KAJIAN PERFORMANSI MESIN DIESEL 1 SILINDER MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR DAN BIODIESEL MINYAK KANOLA DENGAN HI-CESTER. *Jurnal Dinamis*, 8(1).
- Hermawati, L., Mujiarto, I., & Arsy Pratomo, S. (2021). ISSN : 2807-7393 ANALISA KEGAGALAN MATERIAL KEPALA SILINDER MESIN DIESEL 4 TAK. *Jurnal Jurnal Sains Dan Teknologi (JSIT)*, 1(2), 74–78. <https://doi.org/10.47233/jsit.v2i1.105>
- Jurnal, C., & Andrian, F. (n.d.). *Perhitungan Tingkat Keausan Piston dan Oversize Piston Mesin Diesel Info Articles Abstrak.* <https://doi.org/10.31331/maristec.v4i1>
- Nanda Pratama Didik Dwi Suharso, I., Penyebab Terjadinya Keretakan Cylinder Liner Main Engine di Tanto Salam, A. M., Nanda Pratama, I., Dwi Suharso, D., & Sapta, M. H. (n.d.). *Indonesian Journal of Marine Engineering Analysis of the Causes of Main Engine Cylinder Liner Cracks in MV. Tanto Greetings.*

- Prasetya, A. Y., & Kismantoro, D. T. (n.d.). *Penyebab Pecahnya Cylinder Liner pada Generator Engine di MT. Martha Option.*
- Pratama, S. A. (2022). *Pengoptimalan Perawatan Dan Pengujian System Safety Device Pada Mesin Induk Mitsubishi Di Tb. MBS 2000 1 PT. Alusteel Engineering Indonesia* (Vol. 1, Issue 2).
- Rahman Hakim, A., Wibowo, W., Astriawati, N., Prodi Permesinan Kapal, A., Tinggi Maritim Yogyakarta, S., & Sekolah Tinggi Maritim Yogyakarta Jl, D. (2020). SISTEM PENDINGIN MESIN DIESEL PADA WHELL LOADER KOMATSU WA120-3CS. *Jurnal Teknovasi*, 07, 76–85. <http://777parts.net/komatsu/WA120-3CS/s414865.html>
- Variasi, P., Ari Sandi, F., & Ana Mufarida, N. (2017a). PENGARUH VARIASI BORING SILINDER LINER TERHADAP PERFORMA MOTOR 4 TAK 102CC. *J-Proteksion*, 2(1), 21–26.



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila membaca surat ini agar ditunjukkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/10/2022  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUIJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1777/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 02 Oktober 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : MHD NUR SARAGIH  
Npm : 2107230126  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : VII ( Tujuh )  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PENYEBAB TERJADINYA OVALITY PADA  
CYLINDER LINER KAPAL MANDELIN CITRA .  
Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202



### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisa Penyebab Terjadinya Ovality Pada Cylinder  
Liner Kapal Mandelin Citra  
Nama : Mhd Nur Saragih  
NPM : 2107230126  
Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	17/2.2025	Sebutkan format penulisan	f
2.	24/2.2025	perbaiki bab I, II, III	f
3.	25/2.2025	Acc sampul	f

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Judul : Analisa Penyebab Terjadinya Ovality Pada Cylinder  
Liner Kapal Mandelin Citra  
Nama : Mhd Nur Saragih  
NPM : 2107230126  
Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	7/6 - 2025	Perbaiki bab I	f
	18/6 - 2025	Perbaiki format	f
	22/7 - 2025	Sesuaikan jumlah, Bab I dan kesimpulan	f.
	1/8 - 2025	All sembas	f

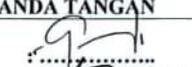
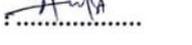
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Mhd Nur Saragih

NPM : 2107230126

Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Ovality Pada Cylinder Liner Kapal Mandelin Citra

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Chandra A Siregar ST.MT		:..... 
Pembanding – I	: Dr Munawar A Siregar ST.MT		:..... 
Pembanding – II	: Arya Rudi Nst ST.MT		:..... 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230014	DARMAWAN MULLA	
2	2007230177	FAIZ ALI BARRAN	
3	2007230170	DAWIPSYAH RUMHO	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 22Safar 1447 H  
16 Agustus 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

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

---

Nama : Mhd Nur Saragih  
NPM : 2007230032  
Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Ovality Pada Cylinder Liner Kapal Mandelin Citra

Dosen Pembanding – I : Dr Munawar A Siregar ST.MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst ST.MT  
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST.MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 22 Safar 1447 H  
16 Agustus 2025 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

  
Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- I

  
Dr Munawar A Siregar ST.MT

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

---

Nama : Mhd Nur Saragih  
NPM : 2007230032  
Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Ovality Pada Cylinder Liner  
Kapal Mandelin Citra

Dosen Pembanding – I : Dr Munawar A Siregar ST.MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst ST.MT  
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST.MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - *Ukur Catatan Pada Buku*
  - *Perbaikan Pelum Sesuai dengan Panduan*
  - *Catrol*
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 22 Safar 1447 H  
16 Agustus 2025 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- II



Arya Rudi Nst ST.MT

## DAFTAR WIRAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Mhd Nur Saragih  
Alamat : Jl P Sinabang Lk VIII Bahari  
Jenis Kelamin : Laki – laki  
Umur : 23  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat, Tanggal Lahir : Pangkalan Brandan  
Tinggi dan Berat Badan : 163/63kg  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No. Telepon : +62 821-6711-9554

### B. ORANG TUA

Nama Bapak : Jakupson Saragih  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Sumiati  
Agama : Islam  
Alamat : Jl P Sinabang Lk VIII Bahari

### C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2007 – 2013 : SD Swasta Taman Siswa  
2013 – 2016 : SMP Hang Tuah 1 Belawan  
2016 – 2019 : SMK N 12 Medan  
2021 – 2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara