

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA PENYEBAB TERJADINYA KEAUSAN PADA METAL MAIN BEARING ENGINE TYPE HYUNDAI MAN B&W 7S50 MC**

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

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD AKBAR**

**2007230005**



# **UMSU**

**Unggul | Cerdas | Terpercaya**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Akbar  
Npm : 2007230005  
Program Study : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Keausan Pada *Metal Main Bearing Engine Type Hyundai MAN B&W 7S50 Mc*  
Bidang Ilmu : Konversi Energi

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, 03 September 2024

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Penguji I



Dr. Sudirman Lubis, 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 : Muhammad Akbar  
Tempat / Tanggal Lahir : Rengas Pulau, 02 Januari 2002  
NPM : 2007230005  
Bidang Keahlian : Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara ( UMSU )

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

**“Analisa penyebab Terjadinya Keausan Pada *Metal Main Bearing Engine Type Hyundai Man B&W 7S50 MC*“**

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 orisinal 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, 03 September 2024

Saya yang menyatakan,



**MUHAMMAD AKBAR**

**2007230005**

## ABSTRAK

*Main bearing* atau metal duduk adalah sumbu beban pada poros utama mesin, dimana komponen tersebut komponen vital dan berfungsi sebagai tumpuan *crankshaft* berputar dan menghasilkan tenaga mekanis untuk diteruskan pada baling- baling propeler dimana menjadi tenaga utama pada sebuah kapal untuk beroperasi. PT. Waruna Shipyard Indonesia adalah perusahaan yang bergerak dibidang *ship repair* atau perbaikan pada kapal yang terletak di Jalan Bagan Deli Medan Belawan Sumatera Utara. Perbaikan pada mesin merupakan sebuah tujuan yang ingin dicapai untuk menunjang performa pada mesin, dimana apabila kapal mengalami kerusakan pada mesin dapat mengakibatkan kerugian akibat tertundanya operasi pada kapal. Terutama pada kerusakan pada komponen *main bearing* pada *main engine* atau penggerak utama pada kapal. Tujuan dalam penelitian ini untuk menentukan akar penyebab dari kerusakan *main bearing* yang mengalami perubahan bentuk dan warna pada mesin utama. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini *visual* inspeksi dan melepas komponen *engine*. Hasil dan pembahasan dari penelitian didapat perubahan bentuk dan warna pada *main bearing*, berawal dari material *main bearing* (berputar) *spalling*, sehingga bergesekan dengan *main journal*. Gesekan yang terjadi mengakibatkan perubahan bentuk pada *main bearing* dan mengakibatkan *main bearing* berputar dan terjadi pembebanan yang membuat *bearing* terjadi penipisan, *main bearing* yang berputar dan menutup suplai pelumasan oli ke *main bearing*. Setelah dilakukan *deflection* dan pergantian pada metal yang mengalami keausan maka dilakukan *deflection* menunjukkan perubahan pada kondisi sebelum perbaikan. Berdasarkan analisis, penyebab dari *adhesive wear* dan *abrasive wear* pada *Main Bearing* adalah *misalignment deflection crankshaft*, Perawatan, dan *Running hours* pada *bearing*.

Kata kunci: *Main bearing*, Perubahan Bentuk, *Misalignment Deflection Crankshaft*, *Running hours*.

## **ABSTRACT**

*The main bearing or metal seat is the load axis on the main shaft of the engine, where this component is a vital component and functions as a support for the rotating crankshaft and produces mechanical power to be transmitted to the propeller propeller which is the main power for a ship to operate. 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 the engine is a goal that is to be achieved to support the performance of the engine, where if the ship experiences damage to the engine it can result in losses due to delays in operations on the ship. Especially damage to the main bearing components on the main engine or main mover on the ship. The aim of this research is to determine the root cause of damaged main bearings which experience changes in shape and color on the main engine. The method used in this research is visual inspection and removing engine components. The results and discussion of the research showed changes in shape and color of the main bearing, starting from the main bearing material (rotating) spalling, so that it rubbed against the main journal. The friction that occurs causes a change in the shape of the main bearing and causes the main bearing to rotate and a load occurs which causes the bearing to thin, the main bearing rotates and closes the supply of oil lubrication to the main bearing. changes to the condition before repair. Based on the analysis, the causes of adhesive wear and abrasive wear on the Main Bearing are misalignment deflection crankshaft, maintenance, and running hours on the bearing.*

*Key words: Main bearing, Shape Change, Misalignment Deflection Crankshaft, Running hours.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 Keausan Pada Metal Main Bearing Engine Type Hyundai Man B&W 7S50 Mc ”.

Banyak 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 yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku dosen penguji I dan bapak Arya Rudi Nasution S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan tugas akhir ini.
3. Bapak Chandra Amirsyah Siregar S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal, S.T, M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Adam dan Ibunda Elmi Ismail Harahap yang telah membesarkan, 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.

9. Khairuddin Hanafi S.T yang telah memberikan saran, bantuan dan dukungan kepada penulis.
10. Arzukni Shaleha S.pd, yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis untuk tidak menyerah mengerjakan tugas akhir ini.
11. Rekan – rekan seperjuangan, Muhammad Firman Nanda, Imam Natawijaya, Andi Kurniawan, Rival rivansah yang memberikan bantuan, saran dan dukungan kepada penulis.
12. Rekan – rekan seperjuangan kelas AI Pagi Stambuk 2020, serta rekan – rekan bidang keahlian konversi energy yang telah banyak memberi saran dan dukungan kepada penulis.

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, 03 September 2024

Penulis



**MUHAMMADAKBAR**

**2007230005**

## 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	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Pengertian Mesin Diesel	6
2.1.1. Prinsip Kerja Mesin Diesel	9
2.1.2. Komponen Utama Mesin	9
2.2. Main Bearing	14
2.2.1. Konstruksi Main Bearing	16
2.3. Analisis Keausan	18
2.3.1. Keausan Abrasi (Abrasive Wear)	19
2.3.2. Keausan Lelah	20
2.3.3. Keausan Korosi	20
2.3.4. Keausan Gesek Sliding Wear, Adhesif Wear	20
2.4. Sistem pelumas	21
2.4.1. Kegagalan Sistem Pelumasan Pada Mesin	22
2.4.2. Kegagalan Sistem Pelumas Pada Main Bearing	23
2.5. Teori Gesekan	24
2.5.1. Gesekan Statis	24
2.5.2. Gesekan Dinamis	25
2.6. Penyebab Keausan Pada Main Bearing	25
2.6.1. Kegagalan Material	25
2.6.2. Tidak Maksimalnya Sistem Pelumasan Pada Mesin	26
2.6.2. Kerusakan Bearing	26
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>27</b>
3.1. Tempat dan Waktu	27
3.1.1. Tempat Penelitian	27
3.1.2. Waktu Penelitian	27
3.2. Bahan dan Alat	27



3.2.1. Bahan Penelitian	27
3.2.2 Alat Penelitian	28
3.3. Rancangan Alat Penelitian	34
3.4. Prosedur Penelitian	34
3.5. Langkah Pembongkaran Main Bearing	36
3.6. Langkah Pengukuran Main Bearing	37
3.7. Variabel	37
3.8. Pengumpulan data	37
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>38</b>
4.1. Hasil Penelitian	38
4.1.1. Melakukan Pengujian deflection Crankshaft	38
4.2. Langkah – Langkah Pembongkaran Main Bearing	42
4.3. Pengukuran Pada Metal Main Bearing	44
4.4. Penanganan Terhadap Keausan Metal Bearing	46
4.5. Analisis Penyebab Keausan Metal Bearing	47
4.5.1. Faktor Penyebab Keausan Bearing	48
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>49</b>
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>SK PEMBIMBING</b>	
<b>BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal	5
Gambar 2.3. Diesel 4 Tak	7
Gambar 2.4. Diesel 2 Tak	8
Gambar 2.5. Kepala Silinder	9
Gambar 2.6. Piston	10
Gambar 2.7. Batang Penghubung	10
Gambar 2.8. poros Engkol	11
Gambar 2.9. Roda Gila	11
Gambar 2.10. Camshaft	12
Gambar 2.11. Carter	12
Gambar 2.12. Valve	13
Gambar 2.13. Engine Blok	13
Gambar 2.14. Ring Piston	14
Gambar 2.15. Bearing	15
Gambar 2.16. Crankshaft dan Main Bearing	15
Gambar 2.17. Main Bearing	16
Gambar 2.18. Konstruksi Main Bearing	17
Gambar 2.19. Mekanis Keausan Abrasive	19
Gambar 2.20. Keausan Abrasi	20
Gambar 2.21. Menunjukkan Miskroskopik Suatu Material	20
Gambar 2.22. Mekanisme Keausan Lelah	20
Gambar 2.23. Keausan Korosi	21
Gambar 2.24. Pengamatan Miscrographs Keausan Gesek	21
Gambar 2.25. Permukaan Yang Beringgungan	22
Gambar 2.26. Gesekan Tegak Lurus	22
Gambar 3.1. Main Bearing Cap	29
Gambar 3.2. Metal Main Bearing	29
Gambar 3.3. Crankshaft	30
Gambar 3.4. Jack Pump	30
Gambar 3.5. Selang Jack Pump	31
Gambar 3.6. Glend Jack Pump	31
Gambar 3.7. Manual Book	32
Gambar 3.8. Dial Deflection	32
Gambar 3.9. Micrometer	33
Gambar 3.10. Bagan Alir	34
Gambar 3.11. Rancangan Pengukuran Bearing	35
Gambar 4.1. Hasil Deflection nomor 1 Pada Posisi Bottom Portside	39
Gambar 4.2 Hasil Deflection nomor 1 Pada Posisi Portside	39
Gambar 4.3. Hasil Deflection nomor 1 Pada Posis top	40
Gambar 4.4. Hasil Deflection nomor 1 Pada Posisi Staboard	40

Gambar 4.5. Hasil Deflection nomor 1 Pada Posisi Bottom Staboard	40
Gambar 4.6. Hasil Deflection nomor 3 Pada Posisi Bottom Portside	41
Gambar 4.7 Hasil Deflection nomor 3 Pada Posisi Portside	41
Gambar 4.8. Hasil Deflection nomor 3 Pada Posisi Top	41
Gambar 4.9 Hasil Deflection nomor 3 Pada Posisi Bottom Sraboard	42
Gambar 4. 10 Hasil Deflection nomor 3 Pada Posisi Bottom Staboard	42
Gambar 4.11. Jack Pump Dan Pemasangan Tools	44
Gambar 4.12 proses pengangkatan Cap Main Bearing	44
Gambar 4.13 Proses Cleaning Metal Main Bearing	44
Gambar 4.14 Proses pengukuran Thickness Ketebalan Metal	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Waktu Penelitian	27
Tabel 4.1.	Data Deflection Nomor 1 dan 3	42
Tabel 4.2.	Data pengukuran Main Bearing	44
Tabel 4.3.	Analisis Visual Main Bearing	45

## 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 Shipyard Indonesia adalah Perusahaan yang bergerak pada bisnis galangan kapal (*Building dan Repair*) yang terletak di Kelurahan Bagan Deli, Medan Belawan Sumatera Utara. PT. Waruna Shipyard Indonesia melakukan pembangunan dan perbaikan semua tipe Kapal mulai dari Kapal penumpang, Kapal pengangkut Container, Kapal pengangkut kendaraan hingga Kapal Tanker untuk *Crude Oil*, Kapal pengangkut semen dan tipe lainnya. Dalam hal ini perbaikan juga meliputi perbaikan pada permesinan kapal, terutama pada perbaikan mesin induk yang merupakan komponen yang paling utama pada sebuah kapal.

Kapal merupakan alat angkut yang berkapasitas besar dan sangat efisien yang digunakan untuk memperlancar arus perdagangan baik antar pulau maupun antar negara, dimana kapal merupakan sumber utama penghasilan dan salah satu urat nadi transportasi laut akan berhasil jika ditunjang dengan system armada yang tangguh, manajemen yang baik serta bertanggung jawab . M Hidayat Taufik (2016).

Pada sistem permesinan kendala yang paling dominan dialami dalam pengoperasian kapal. Mesin Induk adalah sebagai tenaga penggerak utama yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga pendorong bagi propeller kapal agar kapal dapat bergerak, dimana dalam pengoperasionalnya mesin induk selalu dalam kondisi *running* secara terus menerus. Hal ini tentunya akan mempengaruhi kondisi *main bearing* atau bantalan utama karena sebagai tumpuan *crankshaft* dan menopang beban.(Darma et al., 2010)

*Main Bearing* adalah salah satu komponen mesin diesel yang terdiri dari satu lapisan padat material dengan ketebalan tertentu yang berfungsi sebagai bantalan pada poros guna mempersempit gaya gesek yang diberikan kepada dua lapisan material yang saling bersinggungan (*metal to metal contact*), (Mollenhauer,2010:206). Oleh sebab itu perlu diadakan sistem perawatan mesin terus menerus. Bantalan mesin merupakan suatu aspek yang harus diperhatikan,

mengakibatkan terjadinya kerusakan pada sistem tersebut. Kerusakan yang dapat ditimbulkan seperti metal hancur, adanya goresan, temperatur bantalan meningkat, kerja mesin tidak maksimal. Jika keadaan ini dibiarkan terus berlangsung maka tujuan yang dicapai untuk menopang daya kerja mesin akan turun. Fakta bahwa bantalan mesin induk terganggu tidak selalu berarti bahwa komponen-komponen mesin bekerja dengan baik. Oleh karena itu perlu diadakan perhatian khusus untuk menghindari kerusakan yang lebih besar, perhatian ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti menjaga tekanan minyak lumas dan kerja suatu bantalan. IMAM, F. (2019)

Setiap komponen yang bergerak selalu mengalami kerusakan. Hal ini dikarenakan adanya dua benda yang saling berkontak atau bergesekan. Masalah utama yang dialami oleh dunia industri selama ini adalah bagaimana cara mengurangi atau mencegah kerugian energi akibat adanya gesekan. Gesekan biasanya didefinisikan sebagai gaya lawan (*opposing force*) yang terjadi bilamana dua permukaan saling bergerak relatif antara satu dengan yang lainnya. Gesekan yang terjadi ini bisa menimbulkan rusak atau hilangnya partikel dari suatu material yang dinamakan dengan keausan. Keausan terjadi apabila terdapat dua buah benda saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan. Gesekan yang terjadi akan menimbulkan panas dan juga menyebabkan keausan.

Salah satu cara untuk mengatasi adanya keausan adalah dengan adanya pelumas. Pada dasarnya fungsi utama pelumas adalah mencegah atau mengurangi keausan sebagai akibat dari kontak langsung antara permukaan logam yang satu dengan permukaan logam lain secara terus menerus bergerak. Minyak lumas adalah zat cair yang berguna untuk pelumasan dalam suatu permesinan yang berguna untuk mengurangi keausan akibat gesekan, dan sebagai pendingin serta peredam suara, akan tetapi suhu tinggi yang dihasilkan mesin akan merusak daya dari minyak lumas, (FREDI, 2021).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mendeteksi kerusakan pada metal *main bearing* mesin induk berdasarkan tanda keausan dan hasil perhitungan sesuai dengan standart manual book.

Berdasarkan dengan latar belakang tersebut, peneliti terinspirasi untuk melaksanakan penelitian dengan mengangkat judul “Analisa Penyebab Terjadinya Keausan Pada *Metal Main Bearing Engine Type Hyundai Man B&W 7S50 MC*”.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisis kerusakan metal *main bearing* ?
2. Bagaimana memperjelas faktor yang menyebabkan keausan metal pada *mainbearing engine Hyundai type man b&w 7S50 mc*.

## 1.3 Ruang Lingkup

1. Pembahasan penyebab keausan metal *main bearing* dilakukan hanya pada *Engine Hyundai Man B&W 7S50 MC* P.T Waruna Shipyard Indonesia.
2. Data ukuran keausan metal *main bearing*.
3. Metode yang digunakan berupa metode analisis.

## 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi keausan *Metal Main Bearing Pada Engine type HyundaiMan B&W 7S50 MC*.
2. Menganalisis penyebab terjadinya keausan yang menyebabkan performa mesin menjadi tidak optimal

## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui kerusakan pada metal *main bearing* pada *engine*

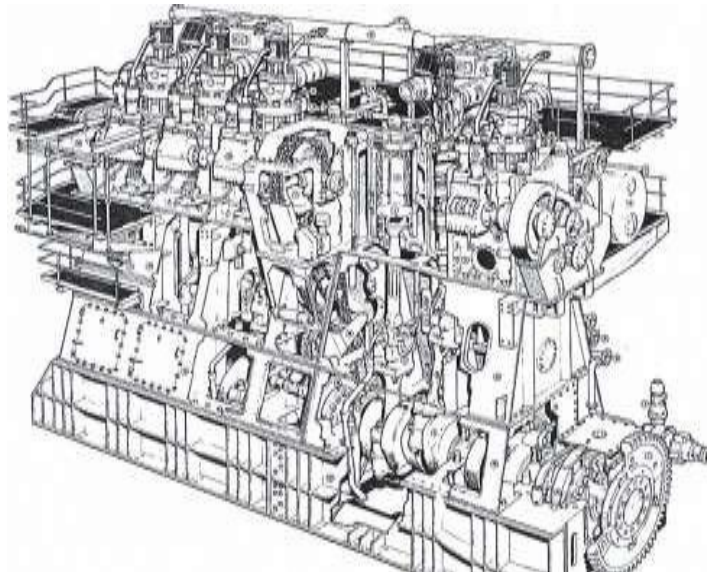


2. Dapat mengetahui dampak penyebab kerusakan pada *main bearing*.
3. Dapat menjadi sumber referensi pembelajaran dibidang permesinan kapaldalam menambah bahan ajar bagi pembaca.
4. Dapat memberikan informasi bagi para peneliti untuk melaksanakan penelitian lanjutan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mesin diesel

Mesin diesel merupakan salah satu mesin pembakaran dalam dimana menghasilkan suatu energi gerak dan energi panas dan merupakan mesin yang paling banyak digunakan sebagai sumber mekanis diatas kapal, dimana Mesin diesel memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran menjadi energi mekanik yang digunakan sebagai tenaga penggerak untuk memutar baling-baling kapal, sehingga kapal akan bergerak dari suatu tempat ketempat lain dengan adanya tenaga dorong dari baling baling yang berputar. FREDI, S. (2021). Sebuah mesin dengan pemacu kompresi yang tinggi dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, Mesin diesel sering digunakan oleh sarana angkutan yaitu salah satunya digunakan pada kapal yang mempunyai kapasitas mesin besar dan tenaga yang besar. Hal tersebut dikarenakan mesin diesel cocok digunakan jarak jauh atau lebih tahan panas dibanding mesin jenis lain. (Yudisworo, W. D., & Prihastuty, E. (2018, June).

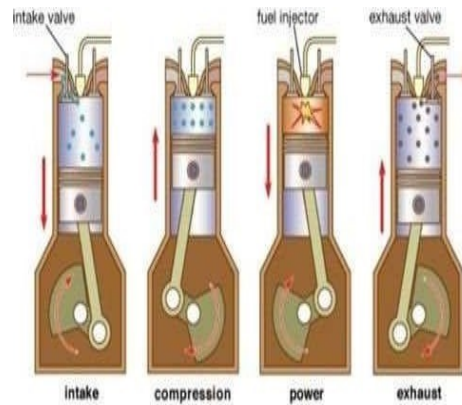


Gambar 2.1 Mesin Diesel Penggera Utama Kapal (Handoyo, 2014)

### 2.1.1 Prinsip Kerja Mesin Diesel

Motor bakar empat langkah adalah mesin pembakaran dalam, yang dalam satu kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah piston, (Handoyo, 2014). Dimana secara keseluruhan memerlukan dua putaran poros engkol (*crankshaft*) per satu siklus pada mesin bensin atau mesin diesel. Menurut Handoyo (2014) proses kerja mesin diesel 4 langkah sebagai berikut :

1. Langkah Hisap : Pada langkah hisap katup masuk pada posisi membuka dan katup buang pada posisi tertutup. Torak bergerak turun, ditarik oleh batang engkol, dan udara luar ditarik atau dihisap kedalam silinder melalui katup masuk sampai torak mencapai TMB ( Titik Mati Bawah).  $30^0$  sebelum torak mencapai TMA (Titik Mati Atas) katup isap terbuka, berakhir sampai  $30^0$  sesudah TMB sehingga udara masuk ke ruang pembakaran.
2. Langkah kompresi :  $30^0$  sesudah torak mencapai TMB Katup isap tertutup rapat, torak bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) menuju ke TMA (Titik Mati Atas), Udara didalam kompresi sehingga udara dan suhunya meningkat.
3. Langkah Usaha : Pada langkah ini katup masuk dan katup buang masih tertutup. Karena injeksi bahan bakar didalam silinder yang suhunya tinggi, maka bahan bakar terbakar dan terjadi ledakan menekan piston untuk melakukan kerja sampai piston mencapai TMB.  $5^0$  sampai dengan  $10^0$  sebelum torak mencapai TMA *injector* mengabutkan bahan bakar. Bercampurnya udara yang bersuhu tinggi dengan bahan bakar yang di kabutkan akan terjadi pembakaran atau ledakan pada ruang bakar. Pengabutan berlangsung sampai  $10^0$  sesudah TMA. Ledakan atau pembakaran tersebut berfungsi sebagai tenaga untuk mendorong *torak* dari TMA ke TMB guna memutar poros engkol. Yang akan mengakibatkan proses memutarnya baling- baling atau *propeller* untuk mendorong kapal, sehingga kapal bisa bergerak maju ataupun mundur.
4. Langkah buang : Pada langkah ini torak bergerak dari TMA, dengan didorong oleh engkol dan batang engkol, menekan udara hasil pembakaran yang tersisa keluar silinder. Dimana ketika piston hampir sampai di titik TMB katup buang terbuka dan katup masuk tertutup. Dengan ini  $45^0$  *torak* sebelum sampai di TMB katup buang terbuka sampai  $20^0$  sesudah *torak* sampai di TMA sehingga udara hasil pembakaran keluar.



Gambar 2.2 Diesel 4 tak (Handoyo, 2014)

Menurut Handoyo (2014) dimana langkah kerja mesin diesel 2 langkah sebagai adalah mesin yang mendapatkan satu kali tenaga dari hasil pembakaran gas, dimana memerlukan dua kali gerakan piston naik dan turun, dengan sekali putaran poros engkol, berikut langkah kerja diesel 2 tak :

1. Langkah Pertama Ekspansi, Pembuangan, dan pembilasan torak bergerak dari TMA ke TMB pertama digerakkan oleh udara pejala (air starting). Jika mesin diesel sudah bergerak ke atas melewati batas sekitar 20% di atas TMB, hal ini berarti torak sudah langsung melakukan langkah kompresi sampai TMA dan seterusnya pengabutan bekerja maka terjadilah proses pembakaran yang mulai berlangsung dari sekitar  $10^0$  sebelum TMA sampai sekitar  $5^0$  engkol setelah TMA.

Akibat dari pembakaran maka akan timbul panas yang menghasilkan tenaga atau daya yang sangat besar yang diteruskan *torak* yang bergerak ke bawah guna memutar poros engkol mesin diesel.

Pada saat *torak* berada pada posisi kurang lebih 20% dari langkah sebelum TMB, torak akan sampai pada permukaan bagian atas lubang pembuangan sehingga akan terjadi proses pembuangan gas bekas pembakaran selama kurang lebih 20% dari langkah *torak* sampai di TMB.

Pada saat torak berada pada posisi kurang lebih 10% dari langkahnya sebelum TMB, *torak* akan sampai pada permukaan bagian atas lubang pembilasan sehingga akan terjadi proses pembilasan membersihkan sisa-sisa gas bekas pembakaran selama kurang lebih 10% dari langkah *torak* sampai di TMB.

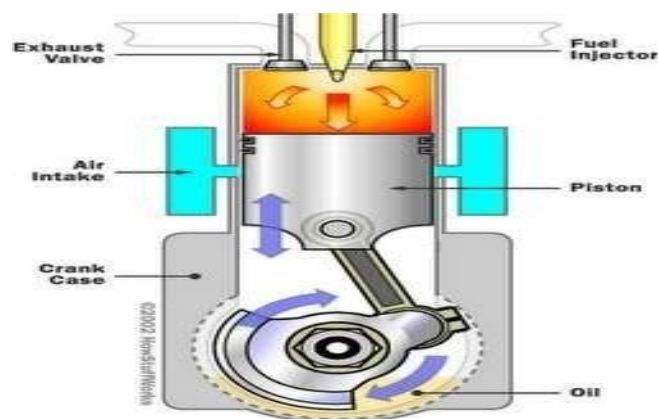
## 2. Langkah Kedua Pembilasan, Kompresi dan Pembakaran

Pada saat torak bergerak menuju TMA, lubang- lubang udara bilas masih terbuka selama kurang lebih 10% dari langkah *torak* dan lubang-lubang pembuangan juga masih terbuka selama kurang lebih 20% dari langkah *torak* (*overlapping*) sehingga akan terjadi proses pembilasan.

Saat torak bergerak ke atas sampai kurang lebih 10% dari langkah *torak*, lubang-lubang udara pembilas tertutup dan pada saat *torak* berada kurang lebih 20% dari langkah *torak*, lubang-lubang gas buang tertutup. Setelah itu *torak* bergerak ke atas melewati kurang lebih 20% dari langkah *torak*, ketika lubang-lubang udara bilas dan gas buang sudah tertutup semuanya, maka akan terjadi proses awal kompresi.

Pada saat proses kompresi ketika udara murni yang masuk ke dalam silinder akan segera ditekan ke atas sampai mencapai tekanan kurang lebih 40 kg/cm<sup>2</sup>. Pada saat *torak* mencapai pada posisi kurang lebih 80 engkol sebelum TMA, pompa bahan bakar tekanan tinggi akan memompa bahan bakar ke pengabut dan langsung di kabutkan ke dalam silinder. Selanjutnya akan terjadi proses pembakaran di dalam silinder sehingga akan mencapai suhu kurang lebih 1.2000<sup>0</sup> C. Pada saat proses pembakaran ini berlanjut sampai pada torak melewati kurang lebih 50 engkol setelah TMA.

Jadi pada mesin diesel pengerak utama selalu terjadi dua kali proses pembakaran, yaitu sebelum dan sesudah TMA sehingga disebut juga dual proses pembakaran.



Gambar 2.3 Diesel 2 Tak (Handoyo, 2014)

### 2.1.2 Komponen Utama Mesin Diesel

Masing-masing komponen mesin induk mempunyai fungsi dan kegunaan dalam pengoperasian pada komponen mesin induk yang lain. Orang yang mengoperasikan, memperbaiki atau mengecek kerusakan pada mesin diesel harus mampu mengenal bagian yang akan dilakukan perawatan dan mengetahui apa fungsi masing-masing dari komponen tersebut. (Ir. Bambang Priambodo, 1995, Operasi Dan Pemeliharaan Mesin Diesel) Bagian utama dari mesin diesel adalah sebagai berikut :

1. Kepala silinder (Cylinder head)



Gambar 2.4 Kepala Silinder ( Arik H. 09 : 2014)

adalah salah satu komponen utama mesin yang dipasangkan pada blok silinder dan diikat menggunakan baut menutup satu ujung silinder dan sering berisikan katup tempat udara dan bahan bakar diisikan dan gas buang dikeluarkan. Kepala silinder harus tahan terhadap temperatur dan tekanan yang tinggi selama engine bekerja. Oleh sebab itu umumnya kepala silinder dibuat dari besi tuang. Pada saat ini banyak mesin yang kepala silindernya terbuat dari paduan aluminium. Kepala silinder yang terbuat dari paduan Aluminium memiliki kemampuan pendinginan lebih besar di Banding dengan yang terbuat dari besi tuang. (Ir. Bambang Priambodo, 1995), Operasi Dan Pemeliharaan Mesin Diesel).

*Cylinder head* menahan tekanan pembakaran, mengendalikan panas dalam ruangan ( dengan system pendinginan ) mekanisme penyemprotan bahan bakar.

*Cylinder head* membutuhkan beberapa syarat antara lain sebagai berikut :

1. Dapat menahan tekanan pembakaran dan konsentrasi panas.
2. Mempunyai efek pendinginan yang tinggi.

## 2. Piston (*Torak*)

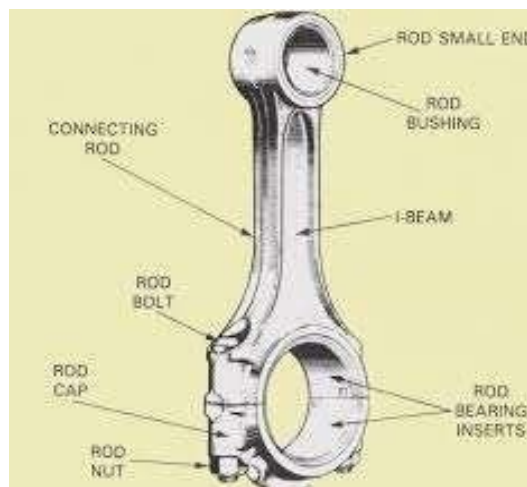
Ujung lain dari ruang kerja silinder ditutup oleh *torak* yang meneruskan kepada poros daya yang ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar. Cincin *torak* (*piston ring*) yang dilumasi dengan minyak mesin menghasilkan sil (*seal*) rapat gas antara torak dan lapisan silinder. Jarak perjalanan *torak* dari ujung silinder ke ujung yang lain disebut langkah atau *stroke*.



Gambar 2.5 Piston ( Arik H. 09 : 2014)

## 3. *Connecting Rod* (Batang Penghubung)

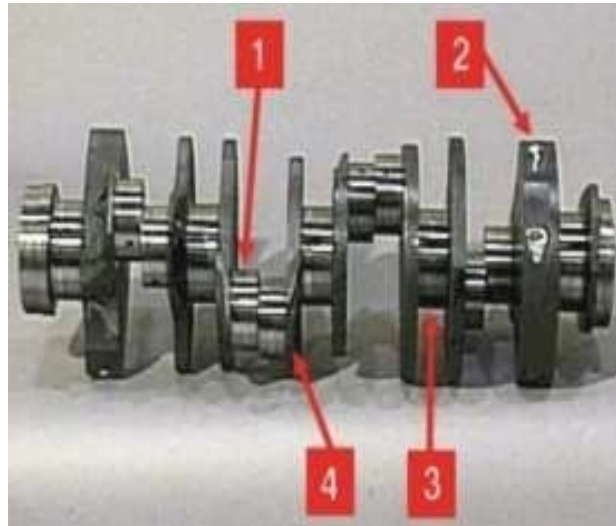
Satu ujung, yang disebut ujung kecil dari batang engkol, dipasang pada pena pergelangan atau pena *torak* yang terletak di dalam *torak*. Ujung besar mempunyai bantalan untuk pen engkol. Batang engkol mengubah dan meneruskan gerak bolak balik (*reciprocating*) dari torak menjadi putaran *continue* pena engkol selama langkah kerja dan sebaliknya selama langkah yang lain.



Gambar 2.6 Batang Penghubung ( Arik H. 09 : 2014)

#### 4. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Poros engkol berputar dibawah aksi torak melalui engkol dan pena engkol yang terletak diantara pipi engkol (*crankweb*), dan meneruskan daya dari torak kepada poros yang digerakkan. Bagian dari poros engkol yang di dukung oleh bantalan utama dan berputar didalamnya di sebut tap (*journal*).



Gambar 2.7 Poros Engkol ( Arik H. 09 : 2014)

#### 5. Roda Gila (*flywheel*)

Dengan berat yang cukup dikuncikan kepada poros engkol dan menyimpan energi kinetik selama langkah daya dan mengembalikannya selama langkah yang lain. Roda gila membantu menstart mesin dan juga bertugas membuat putaran poros engkol seragam.



Gambar 2.8 Roda Gila ( Arik H. 09 : 2014)



## 6. *Camshaft*

Yang digerakkan oleh poros engkol oleh penggerak rantai atau oleh roda gigi pengatur waktu mengoperasikan katup pemasukan dan katup buang melalui nok, pengikut nok, batang dorong dan lengan ayun. Pegas katup berfungsi menutup katup.



Gambar 2.9 Camshaft ( Arik H. 09 : 2014)

## 7. *Carter*

Berfungsi menyatukan silinder, *torak*, dan melindungi semua bagian yang bergerak dan bantalannya, serta merupakan *reservoir* bagi minyak pelumas. Disebut sebuah blok silinder kalau lapisan silinder disisipkan didalamnya. Bagian bawah dari karter disebut plat landasan (*bed plat*).



Gambar 2.10 Carter ( Arik H. 09 : 2014)

8. *valve*

*Valve*, mesin diesel tidak akan menyala jika tidak ada *valve*, fungsi dari *valve* ini adalah mengatur udara masuk dan keluar serta sebagai penutup lubang saat terjadi kompresi.



Gambar 2.11 *Valve* ( Arik H. 09 : 2014)

9. *Engine Blok*

*Engine block*, terbuat dari logam campuran yang tahan panas, *Engine block* sebagai dinding dari sebuah *cylinder*.



Gambar 2.12 *Engine Blok* ( Arik H. 09 : 2014)

10. *Ring Piston*

Adapun fungsi ring piston adalah sebagai berikut :

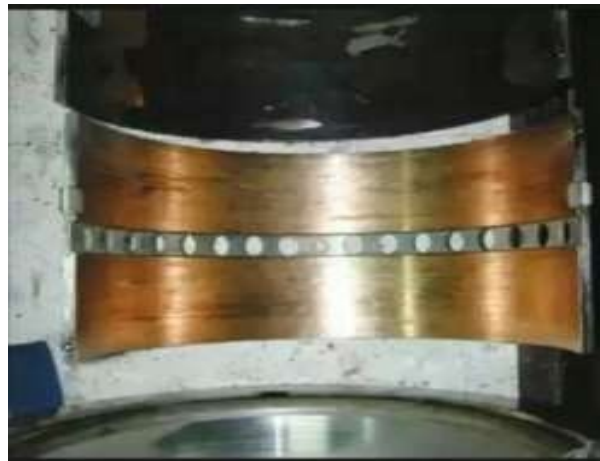
- 1) Mencegah kebocoran gas saat langkah kompresi dan usaha
- 2) Mencegah oli masuk keruang bakar
- 3) Memindahkan panas dari piston ke dinding silinder



Gambar 2.13 Ring Piston ( Arik H. 09 : 2014)

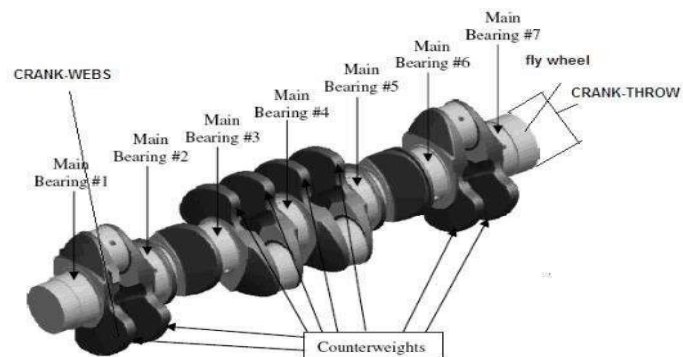
## 11. *Bearing*

Fungsi : Mencegah keausan dan mengurangi gesekan pada poros engkol (*crank shaft*).



Gambar 2.14 Bearing ( Arik H. 09:2014)

## 2.2 *Main Bearing*



Gambar 2.15 crankshaft dan *main bearing* (Achmad zaenuri, 2010)

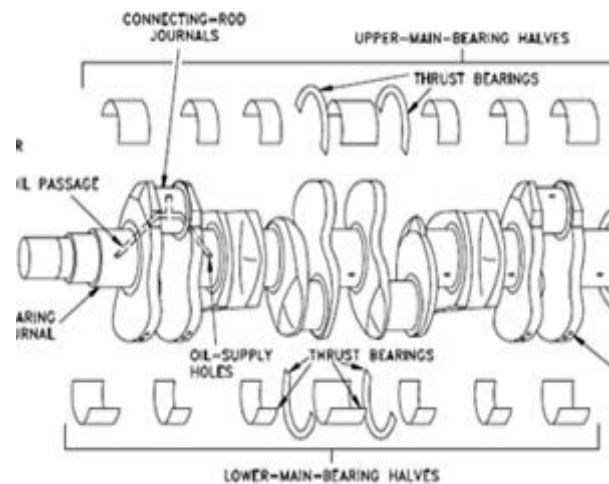
*Main Bearing* adalah salah satu komponen mesin diesel yang terdiri dari satu lapisan padat material dengan ketebalan tertentu yang berfungsi sebagai bantalan pada poros guna mempersempit gaya gesek yang diberikan kepada dua lapisan material yang saling bersinggungan (*metal to metal contact*), (Mollenhauer,2010:206). Dalam hal ini fungsi bearing dapat didukung dari lapisan material yang memiliki tingkat ketebalan serta tingkat kepadatan tertentu, hal ini dapat berdampak pada beban yang diberikan kepada lapisan-lapisan bearing tersebut. Walaupun begitu masih ada saja kendala-kendala yang timbul akibat tersusunnya suatu komponen yaitu kegagalan material, seperti contoh kegagalan pada bantalan luncur, material ini berfungsi untuk menumpu beban dari poros, karena selalu menerima beban gesekan maka tidak menutup kemungkinan terjadinya keausan, disinilah awal mula terjadinya kerusakan material bantalan, kerusakan bisa berupa keausan atau keretakan dan sebagainya. Pada *main engine* pemasangan bearing memiliki peranan yang sangat vital, *plain bearing* menjadi pilihan yang sangat mendukung terhadap kinerja dari crankshaft pada *main engine*, hal yang mendasari yaitu :

1. Kemampuan dari bearing itu sendiri untuk menyerap beban guncangan (*shock loads*) yang disebabkan oleh beban kerja yang diserap melalui lapisan minyak lumas yang terbentuk 26 diantara *bearing* dan bagian *shaft* yang menjadi beban tertinggi yang diterima oleh *bearing* dan *damping element*.
2. Mengurangi terjadinya gesekan yang ditimbulkan antara *crankshaft* dan *connecting rod*.
3. Mempermudah gerak putar dari perubahan tenaga yang diteruskan secara *vertikal* dari *connecting rod* terhadap *crankshaft* kemudian dirubah menjadi tenaga putar kemudian disalurkan guna memutar *shaft*.
4. Menyalurkan beban secara merata kepada setiap lapisan *bearing* dan mencegah keretakan dari *shaft*.

Didalam penerapan kerja pada mesin diesel, *bearing* diharapkan dapat memeberikan kinerja atau daya luncur yang maksimal serta kecepatan yang maksimal dalam usaha untuk memperoleh gerak putar dengan gaya seminimal mungkin, (Mollenhauer,2010:206).

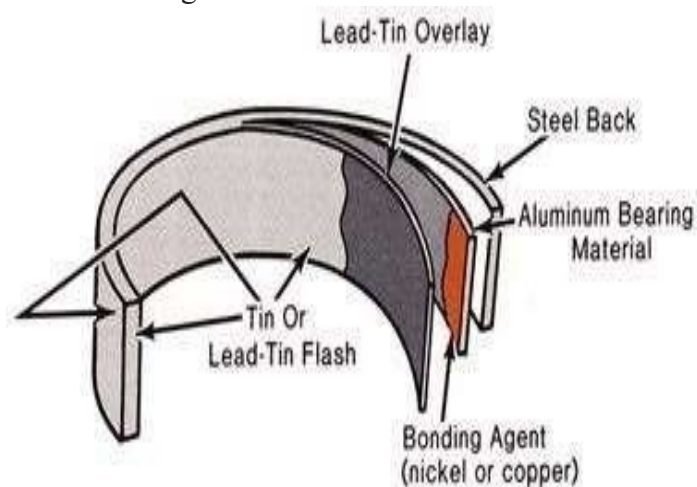
Pada proses ini juga harus didukung dengan pelumasan yang diberikan terhadap bearing pada saat bekerja,kualitas minyak lumas, suhu minyak lumas dan

komponen komponen lainnya yang berhubungan dengan kinerja dari bearing itu sendiri. Akan tetapi jika meningkatnya jumlah oprasional akan mempersingkat umur dari bearing itu sendiri, hal lain yang harus diperhatikan yaitu material dari bearing, kualitas minyak lumas serta teknologi penyaringan, sirkulasi dari minyak lumas, temperatur dari minyak lumas, dan perisi pemasangan selama pemasangan.



Gambar 2.16 Main Bearing ( Arik H. 09:2014)

### 2.2.1 Konstruksi Main Bearing



Gambar 2.17 konstruksi bearing (Tommy K, 2018)

Pada umumnya bearing untuk mesin diesel atau main engine menggunakan bearing jenis plain bearing, dimana hampir keseluruhannya terbuat dari composite materials, lapisan material metal penunjang dari bearing terdiri dari lapisan dengan konstruksi berlapis dengan tingkat kepadatan tertentu pada tiap-tiap lapisan yang berbeda dengan proses pembuatan yang berlanjut pada tiap-tiap material dengan signifikan. Pada operasional material dengan gaya gesek yang timbul antara bearing

dengan shaft serta bearing dan connecting rod maka material dari penyusun bearing merupakan perangkat penting dalam menentukan kualitas, menurut ISO 4378/1 mendefinisikan dengan kecocokan material dan faktor pendukung lainnya di syaratkan untuk mendukung kinerja dari plain bearing, antara lain : Adaptability yaitu kemampuan bearing untuk beradaptasi terhadap beban yang diberikan dan berhubungan dengan *geometri* yang tidak merata.

- a. *Embeddability* yaitu kemampuan bearing untuk merekatkan diri terhadap minyak lumas yang digunakan pada material.
- b. *Running ability* yaitu kemampuan bearing untuk menerima reaksi terhadap material selama beroperasi.
- c. *wear resistance* yaitu kemampuan bearing agar tidak mudah terkikis ketika menerima beban dari material.
- d. *Emergency running ability* yaitu kemampuan bearing untuk melakukan perawatan diri dari material ketika bekerja pada pelumasan yang kurang.
- e. *Fatigue resistance* yaitu kemampuan *bearing* untuk mencegah dari kelelahan

*Bearing* merupakan salah satu komponen mesin diesel yang terdiri dari satu lapisan padat material dengan komposisi ketebalan tertentu sebagai bantalan poros guna mempersempit gaya gesek yang diberikan pada dua lapisan material yang saling bersinggung (*metal to metal contact*), Menurut Mollenhauer (2010: 206). Dalam hal ini fungsi bearing di dukung dengan lapisan material yang memiliki tingkat ketebalan dan tingkat kepadatan tertentu, hal ini akan berdampak pada beban yang akan di berikan pada lapisan lapisan bearing tersebut. Walaupun begitu masih ada saja kendala-kendala yang timbul akibat tersusunnya suatu komponen yaitu kegagalan material, seperti contoh kegagalan pada bantalan luncur, material ini berfungsi untuk menumpu beban dari poros, karena selalu menerima beban gesekan maka tidak menutup kemungkinan terjadinya keausan, disinilah awal mula terjadinya kerusakan material bantalan, kerusakan bisa berupa keausan atau keretakan dan sebagainya. Dengan faktor pertimbangan ini maka perlu adanya pengkajian lanjut tentang sebab kegagalannya, apakah faktor internal atau faktor eksternal, serta mengetahui 10 seberapa besar nilai keausan, kekerasan material, dan struktur mikronya. Pada mesin diesel ( Diesel engine) yang, pemasangan bearing memiliki peran yang sangat vital, *plain bearing* menjadi sebuah pilihan

yang sangat mendukung terhadap kerja dari *crankshaft* pada Diesel *engine*, hal yang medasari yaitu:

- a. Kemampuan dari bearing untuk menyerap guncangan beban (*shock loads*) yang disebabkan beban kerja yang di serap melalui lapisan minyak lumas yang terbentuk antara *bearing* dan bagian *shaft* yang merupakan beban tertinggi yang di terima oleh *bearing* dan *dumping element*.
- b. Mengurangi gesekan yang terjadi antara *crankshaft*.
- c. Mempermudah gerak putar dari perubahan tenaga yang di salurkan secara *vertikan* dari *connecting rod* kepada *crankshaft* yang kemudian di rubah menjadi tenaga putar yang kemudian di salurkan untuk memutar *shaft*.
- d. Menghemat biaya operasional dari kemungkinan terjadinya aus pada *Crankshaft*.
- e. Menyalurkan beban secara merata pada setiap lapisan dan mencegah keretakan material *shaft* Dalam aplikasi kerja pada mesin diesel di harapkan *bearing* dapat memberikan gaya luncur dengan percepatan semaksimal mungkin 11 dalam usaha memperoleh gerak putar dengan gaya seminimal mungkin. (Mollenhauer,2010:206) Proses ini juga harus didukung dengan pelumasan yang di berikan *bearing* pada saat bekerja, kualitas minyak lumas, suhu minyak lumas dan komponen komponen pendukung lain juga harus menjadi perhatian dalam upaya memaksimalkan kerja bearing, meskipun begitu, meningkatnya beban operasional dapat mempersingkat umur dari jam kerja (*working Hours*) dari bearing itu sendiri, hal lain yang harus di perhatikan yaitu Material penyusun *bearing* (*Bearing Material*), Penurunan lapisan *Bearing*, *Low deformation* dari bearing, Kualitas minyak lumas dan Teknologi penyaringan (*Filter Technology*), Sirkulasi dari minyak lumas dan, Tingkat ketepatan dan presisi pemasangan selama pemasangan.

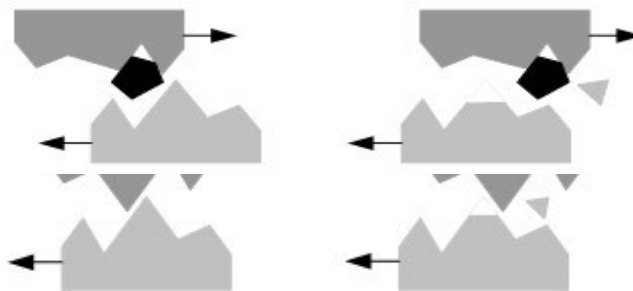
### 2.3 Keausan

Keausan yaitu sebagai hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi yang terjadi sebagai hasil gerak relatif pada permukaan. Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi

keausan. Mekanisme keausan dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu keausan yang penyebabnya didominasi oleh perilaku mekanis dari bahan dan keausan yang penyebabnya didominasi oleh perilaku kimia dari bahan. Pada tahun 1957, Burwell, membagi proses keausan terjadi menjadi 4 macam, yaitu :

### 2.3.1 Keausan *Abrasi* (*Abrasive Wear*)

Keausan *Abrasi* terjadi jika partikel *abrasif* yang kasar dan keras berkontak dengan permukaan suatu material yang lebih lunak sehingga terjadi pemotongan material yang lebih lunak.

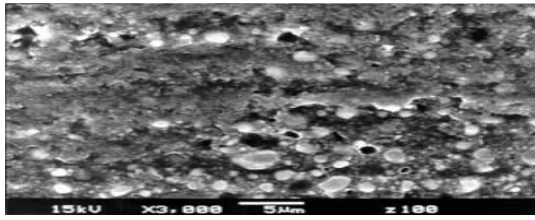


Gambar 2.18 Mekanis keausan *Abrasive* (Burwell,1957)

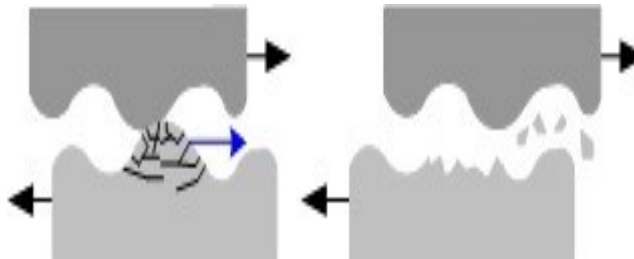
### 2.3.2 Keausan Lelah

Keausan lelah merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dengan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan *adesif* maupun *abrasif* melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan lelah dibutuhkan multi interaksi. Keausan lelah dibagi menjadi dua fenomena penting, yaitu makroskopik dan mikroskopik. Keausan lelah makroskopik terjadi jika beban tidak tepat pada permukaan material, seperti pada *rolling contact*. Sedangkan Keausan lelah mikroskopik terjadi antara dua material yang bergerak *sliding*. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Jadi, volume material yang hilang oleh keausan lelah bukanlah parameter yang terlalu penting, tetapi yang lebih penting adalah umur material setelah mengalami revolusi putaran atau waktu sebelum keausan lelah muncul.





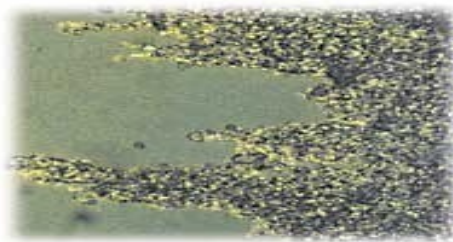
Gambar 2.19 menunjukkan mikroskopik suatu material karena keausan lelah (Burwell,1957)



Gambar 2.20 mekanisme keausan lelah (Burwell,1957)

### 2.3.3 keausan Korosi

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh factor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.



Gambar 2.21 Keausan Korosif Pada Baja (Burwell,1957)

### 2.3.4 Keausan gesek (sliding wear, Adhesive wear)

Keausan gesek terjadi jika dua permukaan benda saling berkontak dan bergerak relatif satu sama lain serta mengalami pembebanan. kontak permukaan dari kedua material tersebut mengakibatkan adanya perlekatan (*adhesive*) serta mengakibatkan deformasi plastis. Hingga pada akhirnya terjadi pengikatan (*bonding*) sebagian kecil permukaan material yang satu oleh material yang lain seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.4.



Gambar 2.22 Pengamatan *Micrographs* Keausan Gesek (Burwell,1957)

#### 2.4 Sistem Pelumasan

Mesin dirancang dari segi efisiensi panas dan kekuatan, dan bagaimanapun baiknya pembuatan dari segi bahan dan pengerjaannya, kalau pelumasan dari semua bagian yang tidak bergerak dan diperhatikan dengan baik, maka mesin akan tidak berjalan dengan sama sekali atau menunjukkan keausan berat dan memiliki umur pendek (Maleev,1991 :207).

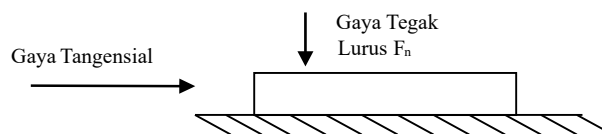
Sedangkan menurut Maleev (2014: 185). Pelumasan dapat dicapai satu atau lebih tujuan sebagai berikut, mengurangi keausan permukaan bantalan dengan menurunkan gesakan diantaranya, membandingkan permukaan bantalan dengan membawa pergi panas yang dibangkitkan oleh gesekan, membersihkan permukaan dengan mencuci bersih butiran logam yang dihasilkan dari keausan, membentuk dalam menyekat ruangan yang berdampingan dengan permukaan bantalan misalnya dengan silinder mesih dengan toraknya atau ruang karter dengan poros engkol yang bergetar. Menurut Maleev (2014:185) halusness dan tepatnya permukaan logam dapat dilihat dan dirasakan tetapi sebenarnya tidak rata maka melainkan terdiri atas titik yang tinggi dan rendah kalau dilihat dengan pembesaran yang kuat.



Gambar: 2.23 Permukaan yang bersinggungan (Maleev, 2014:185)

Kalau satu permukaan meluncur di atas permukaan yang lain dan suatu gaya menekannya terhadap permukaan lain tersebut, maka yang tinggi pada kedua permukaan akan saling mengunci dan menghambat gerak relative. Maka permukaan yang keras akan melepaskan sebagian titik yang tinggi dari permukaan yang lunak tetapi pada saat yang sama dapat kehilangan dari sebagian titik

tingginya sendiri. Hambatan untuk meluncur ini disebut gesekan (*friction*) pelepas titik yang tinggi mengakibatkan aus (*wear*). Kalau sebuah beban atau gaya  $F_n$  yang tegak lurus pada arah gerakan menekan benda yang bergerak pada benda yang lain, maka suatu gaya  $F_t$  harus dikenakan dalam arah gerakan untuk mengatasi gesekan yang dihasilkan dari gaya  $F_n$ . Dengan angka, maka gesekan diukur dengan angka gesekan (*coefficient of friction*), yang disebut  $F$  dan dinyatakan sebagai pertandingan dari gaya. tegensial  $F_t$  terhadap gaya tegak lurus  $F_n$  (Maleev, 2014:185).



Gesekan yang disebabkan gaya tegak lurus

Gambar 2.24. Gesekan yang di sebabkan oleh tegak lurus (Maleev, 2014:185)

#### 2.4.1 Kegagalan sistem pelumas pada mesin

Minyak pelumas pada suatu sistem permesinan berfungsi untuk memperkecil gesekan-gesekan pada permukaan komponen-komponen yang bergerak dan bersinggungan. Selain itu minyak pelumas juga berfungsi sebagai fluida pendinginan pada beberapa motor. Karena dalam hal ini motor diesel yang digunakan termasuk dalam jenis motor dengan kapasitas pelumasan yang besar, maka sistem pelumasan untuk bagian-bagian atau mekanis motor dibantu dengan pompa pelumas. Sistem ini digunakan untuk mendinginkan dan melumasi *engine bearing* dan mendinginkan piston.(Arifin et al., 2015).

Sistem Pelumasan Kapal, dalam pelaksanaanya mesin diesel sebagai motor induk (*main engine*) di kapal akan dapat berfungsi dengan baik apabila ditunjang oleh sistem-sistem pendukung yang baik pula. Sistem penunjang diatas kapal meliputi sistem bahan bakar (*fuel oil system*), sistem pelumasan minyak (*lubricating oil system*), sistem pendingin (*cooling system*) dan sistem udara start (*starting air system*). Semua sistem tersebut memiliki fungsi serta peran yang sangat penting bagi operasional motor induk, hal ini dikarenakan apabila terjadi kerusakan pada salah satu sistem penunjangnya, motor induk pasti akan mengalami masalah dan mungkin motor induk tidak dapat beroperasi dengan baik. Sebagai

contoh. sistem pelumasan mesin yang berfungsi sebagai penyuplai minyak pelumas ke bagian mesin yang perlu dilumasi mengalami masalah maka bagian engine yang kurang pelumas akan cepat aus serta dikhawatirkan motor induk tidak mampu menahan panas yang ditimbulkan oleh kerja motor induk tersebut sehingga hal ini dapat mengganggu kinerja dari motor induk dikapal ( Mohammad Danil, A., Fanny, O., & Theresiana, D. N.) (2015).

#### 2.4.2 Kegagalan sistem pelumas terhadap *main bearing*

Gagalnya metal jalan (*bearing*) yang dikaitkan dengan pelumas biasanya diatribusikan satu dari dua sumber yakni kurangnya *lubrikasi* atau kotoran (*dirt*) dalam pelumas. Kurangnya *lubrikasi* mengarah kepada *oil film* yang tidak cukup antara *crankshaft journal* dan *bearing*. Mesin yang beroperasi lama dengan kurangnya *oil film* akan menyebabkan kerusakan terhadap tergoresnya *bearing* (*smear bearing*), kemudian terhadap metal jalan yang lecet (*scuffed bearing*) dan akhirnya kepada *seized bearing*. Tahap pertama jenis kerusakan ini adalah tergores (*smearing*). Tahap ini akan memperlihatkan penggantian lembaran penutup timah hitam (*lead-tin*), yang biasanya di pusat metal jalan. Dalam tahap kedua kerusakan yakni *scuffing*, maka aluminium di pusat metal jalan digantikan. Tahap akhir kegagalan ini menghasilkan perangkap total (kerusakan). Kontaminasi dalam pelumas menyebabkan *abrasi* dan menyebabkan tergoresnya permukaan metal jalan dengan menghapus *oil film*. Partikel seperti besi, baja, aluminium, plastik, kayu dan pakaian dan lain-lain juga dapat menyerang permukaan journal (*journal surface*). yang tersumbat dan melepas pelumas yang tidak tersaring yang mengandung partikel yang menyebabkan keausan seperti kotoran ke dalam *bearing*, yang membuat permukaan terkelupas dan rusak. Pelumas yang sangat kotor dapat menyebabkan kerusakan bahkan sesudah pelumasnya diganti. Sejumlah partikel yang *abrasive* ada kemungkinan masih tertinggal dalam *bearing* dan menyebabkan *bearing* itu bekerja seperti gerinda (*grinder*) di dalam *crankshaft* (Arifin et al., 2015).

## 2.5 Teori Gesekan

Dalam permesinan tidak bisa lepas dari kontak mekanik yang terjadi antara benda satu dengan benda lainnya. Kontak mekanik pada benda yang mendapat pembebanan/gaya dorong akan menimbulkan gesekan. Gaya gesekan yang bekerja pada dua permukaan benda yang bersentuhan atau bersinggungan, gaya geseknya bekerja berlawanan arah terhadap kecepatan benda. Gaya gesek dipengaruhi oleh kondisi pelumasan pada benda kerja yang bersinggungan satu dengan benda lainnya. Menurut Hsu, T.C., Li, Y.M. (1997), pada permukaan benda yang kering/tanpa pelumas, besar gaya gesekan sebanding dengan Gaya Normal . Kekasaran permukaan merupakan ketidakraturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan terlihat pada profil permukaan (Hadimi, 2008).

Pelumasan adalah tindakan menempatkan pelumas antara permukaan yang saling bergeser untuk mengurangi keausan dan friksi (Wisudiyanto, B.A., 2012). Faktor gesekan tidak hanya mengubah atau dipengaruhi besarnya penekanan tetapi, juga berkaitan langsung dengan kualitas bahan terhadap suatu gesekan, karena memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan besar beban dan gaya yang dibutuhkan.

### 2.5.1 Gaya Gesek Statis

Gaya gesek statis ( $F_s$ ) adalah gesekan antara dua benda padat yang tidak bergerak relatif satu sama lainnya. Gaya gesek statis dihasilkan dari sebuah gaya yang diaplikasikan sebelum benda tersebut bergerak. Ketika tidak ada gesekan yang terjadi, gaya gesek dapat memiliki nilai dari nol hingga gaya gesek maksimum. Gaya gesek statis terjadi saat benda dalam keadaan diam atau tepatnya akan bergerak (Utomo, P., 2013). Koefisien gesek statis dinotasikan dengan  $\mu_s$  (Lebih besar dari koefisien gesek kinetis).  $F_s = \mu_s \cdot N$

Dimana:

$F_s$  = Gaya gesek statis maksimum (Kgf atau N).  $\mu_s$

= Koefisien gesekan statis (Tanpa satuan).

$N$  = Gaya normal yang bekerja pada benda (N).

## 2.5.2 Gaya Gesek Dinamis

Gaya gesek kinetis atau dinamis ( $F_{gk}$ ) adalah gesekan yang terjadi ketika dua benda bergerak relatif satu sama lainnya dan saling bergesekan. Gaya gesek kinetik terjadi saat benda dalam keadaan bergerak (Utomo, P., 2013).

$$F_k = \mu_k \cdot N$$

Dimana:

$F_k$  = Gaya gesek kinetis maksimum (Kgf atau N).  $\mu_k$   
= Koefisien gesekan kinetis (Tanpa Satuan)

## 2.6 Penyebab Keausan Pada Main Bearing

### 2.6.1 Kegagalan Material

Kegagalan dapat didefinisikan sebagai kejadian sewaktu komponen tidak lagi mampu memenuhi fungsi pemakaiannya dengan baik dikarenakan patahan atau deformasi berlebih ataupun *deteriorasi*. Mekanisme kegagalan umumnya merupakan kegagalan bahan yang ditentukan oleh riwayat termomekanis bahan selama pemrosesan dan kondisi pemakaian, Kegagalan merupakan semua perubahan dalam bagian mesin yang menyebabkannya tidak bisa melakukan fungsinya dengan baik. Tahap-tahap yang mendahului kegagalan akhir adalah kegagalan dini, kerusakan dini semua ini akan membuat bagian atau komponennya menjadi tidak aman untuk pemakaian berikutnya. Pengertian dari analisa kegagalan yaitu merupakan suatu prosedur yang dilakukan untuk mencari dan mengungkapkan mengapa dan bagaimana suatu alat atau komponen mengalami kegagalan dengan mengacu kepada bagian atau komponen yang mengalami kegagalan tersebut, khususnya pada bagian yang rusak, tergantung dari perawatannya dan pemakaiannya. Faktor perawatan pada sistem pelumasan kurang baik maka mengakibatkan sirkulasi pelumas menjadi terganggu, akibatnya komponen metal kurang mendapatkan pelumasan secara sempurna maka terjadi gesekan langsung antara poros dan bantalan dan mengakibatkan keausan terjadi, suara dan performance menurun, jika dibiarkan kerusakan secara global dapat terjadi, maka opsi terakhir adalah dengan over haul lalu mengganti material metalnya. Pembebanan pada metal tidak stabil karena pengoperasian kendaraan atau mesin tidak sesuai dengan standar seperti pengaturan pedal gas secara mendadak besar maupun kecil dan berulang-ulang (Edy Susanto & Ahmad, 2009).

### 2.6.2 Tidak Maksimalnya Pelumasan Pada Mesin

Rendahnya tekanan minyak lumas merupakan salah satu faktor penyebab tidak sempurnanya pelumasan pada mesin khususnya pada bantalan utama. Faktor lain yang menyebabkan rendahnya tekanan pada minyak lumas adalah terganggunya saringan (filter) minyak lumas. Peranan utama saringan minyak lumas yaitu untuk membersihkan minyak lumas dengan cara menyaring kotoran-kotoran dan partikel lain yang terbawah minyak lumas. Rendahnya tekanan minyak lumas disebabkan tidak berfungsinya saringan minyak dengan baik, karena banyaknya kotoran-kotoran yang melekat pada saringan kotoran-kotoran misalnya terjadinya pembentukan kokas atau karbon diakibatkan dari hasil pembakaran bahan bakar, debu yang masuk bersama udara, pencemaran minyak oleh air yang terbentuk oleh pengembunan uap air hasil pembakaran hydrogen dengan oksigen terjadinya pembentukan kokas atau karbon diakibatkan dari hasil. IMAM, F. (2019). Menurut Ir. Suharto, halaman 3. Manajemen Perawatan Mesin, Maksud dari pada pelumasan mesin sekaligus mencakup tujuannya adalah :

1. Menahan beban mesin, jadi disini untuk mengantisipasi goresan bearing karena kontakannya poros dengan bearing.
2. Mengendalikan terjadinya getaran, mempunyai aspek yaitu menjaga kelemahan bahan karena beban – beban extra yaitu dari beban mesin.
3. Mencegah terjadinya korosi, disini korosi oleh uap air, lepasnya elektron.
4. Mereduksi terjadinya noise/ bunyi.
5. Mempertahankan koefisien gesek.
6. Mengendalikan terjadinya panas.
7. Mengendalikan terhadap keausan komponen mesin.

### 2.6.3 Kerusakan bearing

Menurut (Lubis et al., 2021) Kerusakan bearing banyak disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya :

1. Faktor pembebanan.
2. Perawatan.
3. Material yang digunakan dan perhitungan dalam perencanaan pemilihan bearing.

## 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 MT. Double Seven .

#### 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 Laporan Akhir						
7	Sidang sarjana						

### 3.2 Bahan dan Alat

Berikut merupakan bahan dan alat yang digunakan pada penelitian analisa penyebab terjadinya keausan pada *metal main bearing engine type hyundai man b&w 7S50 MC*.

#### 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 yang terjadi pada *metal main bearing* di kapal MT. Double Seven.

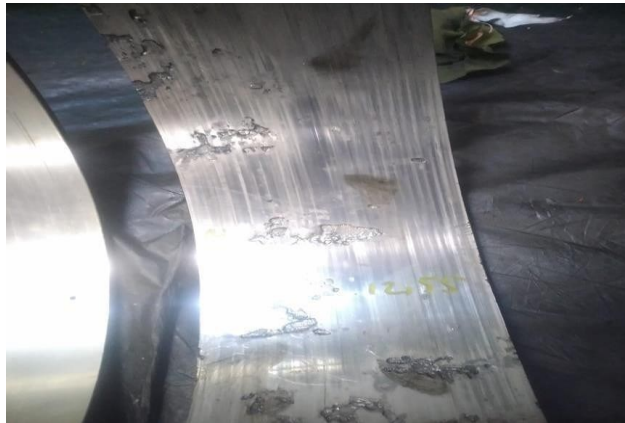
- 2) Data sekunder yang digunakan adalah data yang didapatkan secara tidak langsung, yaitu melalui buku-buku *manual book* yang membahas tentang *main bearing* yang akan diteliti.

### 3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah :

- 1) *Metal Main Bearing*

Berfungsi sebagai bantalan *crankshaft* guna mempersempit gaya gesek yang diberikan kepada dua lapisan material yang bersinggungan.



Gambar 3.1 Main Bearing Metal (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

- 2) *Main Bearing Cap*

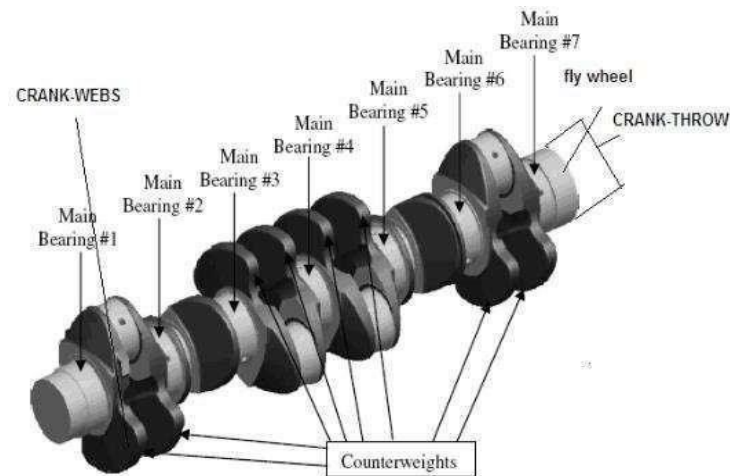
Berfungsi sebagai tumpuan utama bagi *crankshaft* saat berputar dan sebagai pengikat komponen main bearing.



Gambar 3.2 Main Bearing Cap (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

### 3) Crankshaft

Crankshaft berfungsi mengubah gerakan naik turun piston menjadi gerak putaran atau gerak rotasi.



Gambar 3.3 Crankshaft (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

### 4) Pompa Jack Pump

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai dalam proses pembukaan komponen main bearing yang memerlukan kapasitas 750 bar untuk proses membuka dan mengencangkan baut studball.



Gambar 3.4 jack pump (PT. Watuna Shipyard Indonesia)

5) Selang jack pump

Sebagai penyambung antara jack pump dengan glend dan tempat pengantar fluida minyak dan angin.



Gambar 3.5 selang Jack Pump (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

6) Glend jack pump

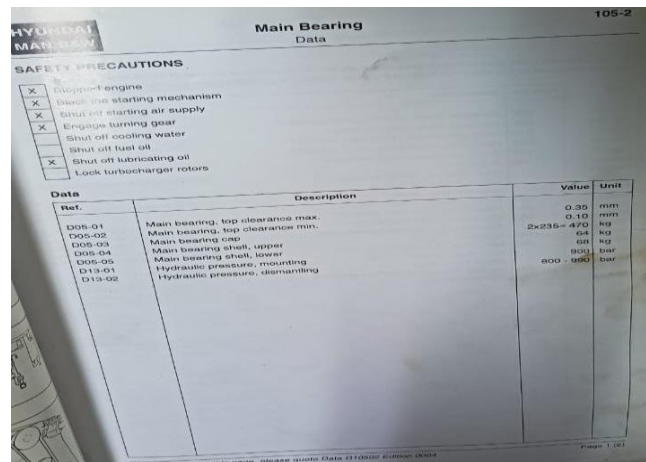
Adalah spesialis tools pada mesin induk kapal yang digunakan untuk mengencangkan dan membuka baut main bearing dengan cara kerja sebagai penerima tekanan angin dan oli dengan cara menekan baut baik digunakan untuk membuka baut atau pun mengencangkan kembali.



Gambar 3.6 Glend Jack Pump (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

7) Manual Book Mesin Induk

Manual book berfungsi sebagai bahan panduan dalam tahap prosedur pembongkaran mesin induk.



Gambar 3.7 Manual Book (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

8) Dial Deflection

Deflection gauge adalah alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur dengan akurasi 1/100 mm. Alat ini dipasang di ruang antara lengan poros engkol dan magnet yang terpasang sepenuhnya. Jenis alat ukur ini tergantung dari ukuran poros engkol. Ukur defleksi poros engkol dari titik yang paling dekat dengan fly wheel dalam mesin.



Gambar 3.8 Dial Deflection (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

9) Micrometer

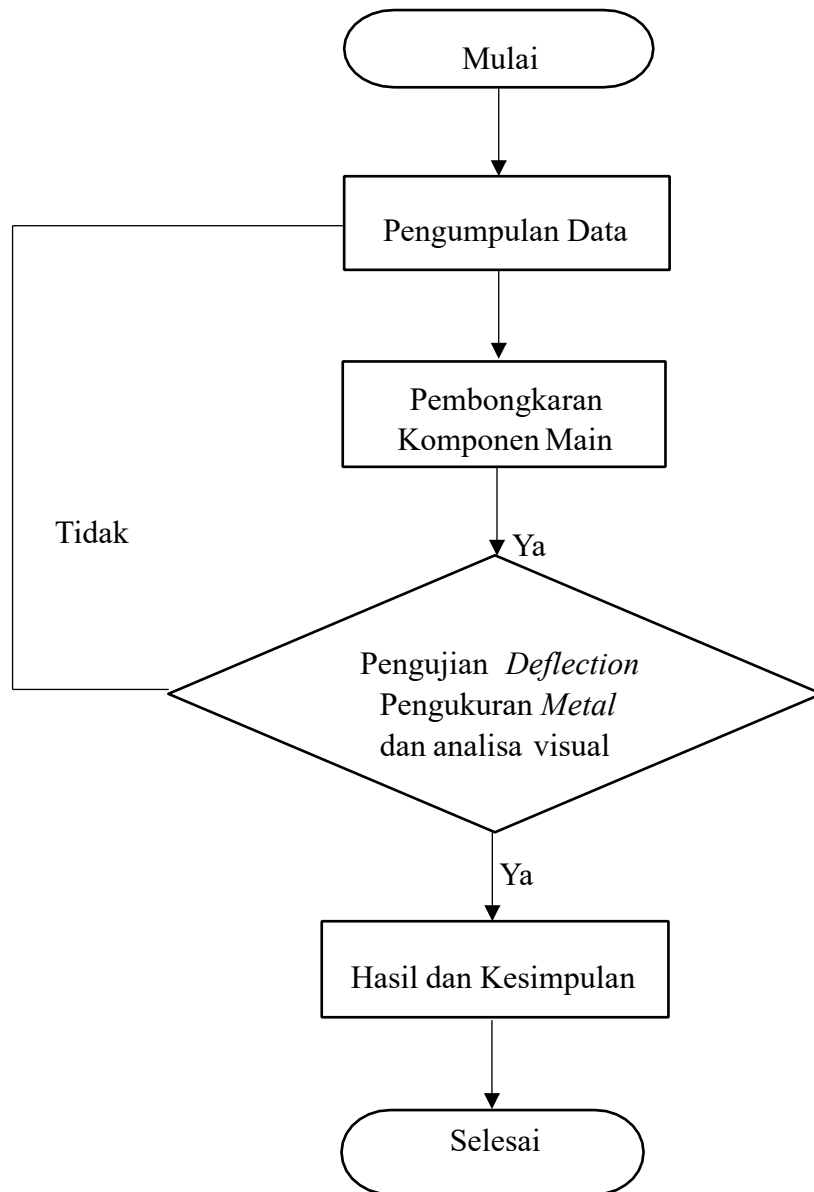
Mengukur benda-benda berukuran kecil/tipis, atau yang berbentuk pelat dengan tingkat presisi yang cukup tinggi. Mikrometer sekrup memiliki ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian ini micrometer digunakan untuk mengukur tebal metal main bearing.



Gambar 3.9 Micrometer (PT. Waruna Shipyards Indonesia)

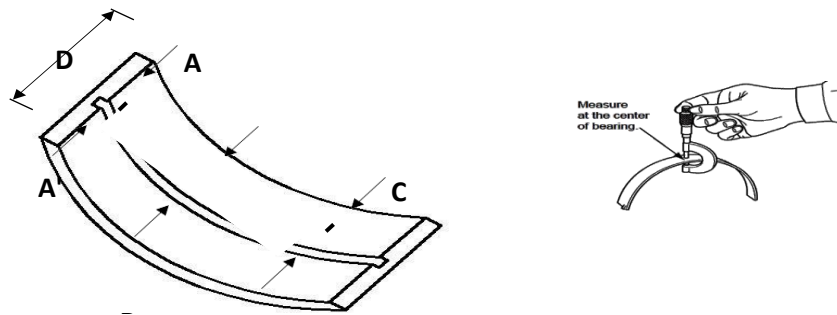
### 3.2 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir Penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

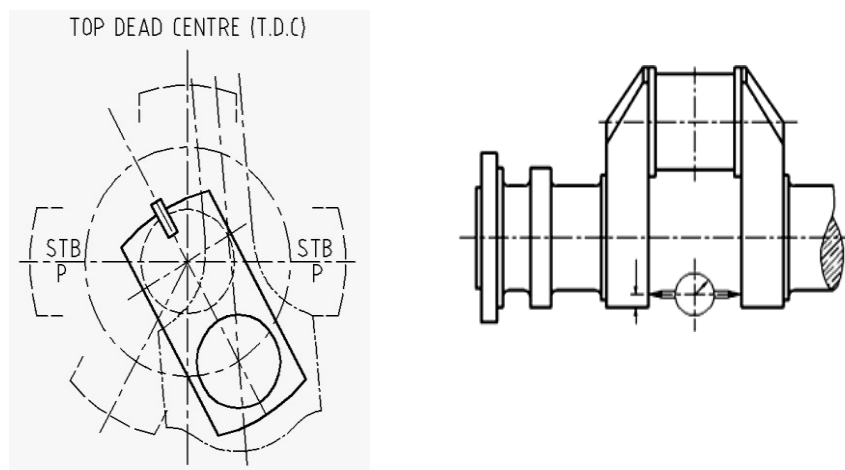


Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian

### 3.3 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.11 Rancangan *Metal Main Bearing* Dan Pengukuran Dengan Micrometer



Gambar 3.12 Rancangan Pengujian *Deflection Crankshaft*

### 3.4 Prosedur penelitian

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

- 1 Melakukan pengambilan data secara langsung antara lain berupa data hasil *deflection* , *manual book* , dan data ukur *main bearing*.
- 2 melakukan proses pembongkaran komponen main bearing serta melakukan pengecekan visual dan non visual dengan operator lapangan yang mengerti tentang permesinan mesin induk pada kapal MT Double Seven.
- 3 Melakukan pengecekan deflection untuk mengetahui dan mengidentifikasi bearing yang rusak pada sebelum perbaikan dan setelah perbaikan dilakukan.

- 4 melakukan pengukuran keausan pada titik dan dua posisi main bearing.
  - Melakukan pengukuran pada posisi upper (atas)
  - Melakukan pengukuran pada posisi lower (bawah)
- 5 melakukan pengolahan data keausan metal pada mesin induk hasil dari pengukuran secara langsung untuk menentukan nilai yang efektif sebagai referensi pada mesin induk.
- 6 mengidentifikasi penyebab kerusakan pada metal main bearing pada mesin induk dengan hasil pengolahan pengukuran keausan pada mesin.

Berikut rangkuman log sheet operator dan data pengukuran pada gambar 3.13 merupakan hasil data penelitian secara langsung di PT. Waruna Shipyard Indonesia.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyard - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERBAIKAN		No. Dokumen : FB-09-01	Revisi : 03	Tgl. Efektif : 01 Februari 2023	Halaman : 01 dari 01			
Nama Kapal : MT. DOUBLE SEVEN	Pemilik : PT. GLOBAL MARITIM INDUSTRI	Pelaksana : Dept. Engine	No. Proyek : K-24-04-04	No. Item/ Pekerjaan : Metal Main Bearing M/E	Type : Hyundai Man B&W 7550MC	Bore - Stroke : 700 MM / 2252 MM				
Permasalahan : Pemeriksaan Rutin										
<input checked="" type="checkbox"/> Sebelum Perbaikan		<input type="checkbox"/> Sesudah Perbaikan								
DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERBAIKAN / VERIFIKASI										
MAIN BEARING	POSITION THICKNESS	NO. MAIN BEARING								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
UPPER	A	14.81		14.84		14.90				
	B	14.83		14.83		14.90				
	C	14.81		14.81		14.90				
	A'	14.81		14.81		14.91				
	B'	14.83		14.85		14.94				
LOWER	C'	14.81		14.83		14.95				
	D									
	A	14.85		14.85		14.81				
	B	14.77		14.79		14.77				
	C	14.85		14.85		14.86				
A'	14.85		14.85		14.85					
B'	14.77		14.77		14.77					
C'	14.85		14.85		14.82					
D										
REMARKS :										
- Metal Main Bearing posisi cylinder no I tergores (Auc) di sarankan ganti baru										
- Metal Main Bearing posisi cylinder no III tergores (Auc) di sarankan ganti baru										
- Metal Main bearing posisi cylinder no V tergores (Auc) di sarankan ganti baru										
Disiapkan Oleh,		Diperiksa Oleh,		Di Verifikasi Oleh,		Diketahui Oleh,				
Tanda Tangan		Tanda Tangan		Tanda Tangan		Tanda Tangan				
Name : KHAIRODDIN HANAFI		Name : DANIEL ARAFAT		Name : MULYONO		Name : ALHAFIZH RASYID				
Jabatan : MEKANIK		Jabatan : SECTION HEAD		Jabatan : QC INSPECTOR		Jabatan : PROJECT MANAGER				
Tempat :		Tempat :		Tempat :		Tempat :				
Owner Representative : UCOK MARULI SULALAH										

Gambar 3.13 Data Ukur Metal Main Bearing ( PT. Waruna Shipard Indonesia )



3.5. Langkah-langkah proses pembongkaran komponen main bearing adalah sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan proses pembongkaran komponen main bearing 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, jack pump, selang jack, pompa jack, segel, belting, katrol kapasitas 2 ton, ring ball, sling baja.
3. Pastikan proses pembongkaran dilakukan sesuai SOP dan selalu perhatikan safety yang berlaku pada PT. Waruna Shipyard Indonesia.
4. Lakukan pengecekan pada kompresor harus memiliki standart tekanan angin 7 bar dan tekanan yang diperlukan untuk proses membuka baut stutball adalah 750 bar.
5. Memasang glend jack pada baut stud ball main bearing, pastikan pemasangan untuk proses pembukaan baut dilakukan secara silang.
6. Jack pada sampai tekanan maximum 750 barr, lalu putar lobang pada baut main bearing sampai baut stud ball main bearing kendor, lalu menol kan pompa jack.
7. Buka glend dan lepas baut main bearing agar dapat melakukan proses pengangkatan main bearing.
8. Lakukan pengangkatan main bearing menggunakan katrol dengan hati hati.
9. Setelah semua proses dilakukan, selanjutnya lakukan cleaning pada komponen main bearing untuk dilakukan proses pengukuran.
10. Siapkan logsheet dan marki untuk mencatat dan menandai komponen main bearing.

### 3.6 Langkah-Langkah Pengukuran Keausan Pada Metal Main Bearing pada Mesin Induk.

1. Memastikan sebelum memasuki engine room pada kamar mesin gar selalu menggunakan safety yang lengkap yaitu : safety shoes, safety helmet, wearpack, masker.
2. Melakukan pembongkaran pada komponen main bearing dikapal induk MT. Double Seven dengan beberapa tahap yakni : pastikan semua peralatan, specialist tools, jeck, glend, kompresor dan peralatan penunjang lain nya sudah dalam kondisi aman dan dapat untuk melakukan proses pembongkaran.
3. Pengukuran dilakukan pada metal main bearing dengan 2 sisi yakni upper dan lower.
4. Setelah komponen terbongkar sebelum melakukan proses pengukuran pastikan dalam kondisi keadaan yang bersih dan siapkan logsheet sebagai media mencatat hasil pengukuran tersebut.
5. Pastikan alat alat untuk melakukan pengukuran metal main bearing sudah dalam keadaan yang baik alat tersebut antara lain : micrometer, meteran, dll.

### 3.7 Variabel

1. Data pengukuran keausan metal main bearing mesin induk.
2. Menentukan metode pergantian metal dengan pertimbangan hasil ukuran metal main bearing dan hasil pengecekan deflection sebelum dan sesudah perbaikan
3. Menganalisis penyebab keausan metal main bearing pada mesin induk

### 3.7 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama 1 bulan di PT. Waruna Shipyard Indonesia.

### 3.8 Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Pengolahan terkaitan kajian kerusakan dan pengukuran keausan metal main bearing pada mesin induk dikapal MT. Double Seven.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Melakukan pengujian deflection pada crankshaft

Deflection berfungsi memeriksa kesejajaran pada crankshaft, dan digunakan untuk memeriksa kondisi main bearing pada mesin, pengukuran deflection ini menggunakan alat ukur dial deflection yang diletakkan pada bandulan crankshaft atau ( counter weight ) kemudian diturning sesuai dengan putaran mesin. Pengukuran ini dilakukan pada 5 posisi yakni posisi bottom port ( kiri bawah ), port ( kiri ) top ( atas ) bottom staboard ( bawah kanan ) dan kanan ( staboard). Pengambilan deflection ini merupakan cara untuk mengidentifikasi cylinder yang bermasalah pada bearing yang mengakibatkan performa mesin menjadi tidak sempurna. Pada penelitian ini dilakukan pada cylinder nomor 1,3.

Berikut merupakan hasil pengujian deflection crankshaft pada clinder nomor 1



Gambar 4.1 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Posisi Bottom Portside ( Bawah Kiri) 0 mm



Gambar 4.2 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Posisi Portside (Kiri) 0.01 mm



Gambar 4.3 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Top (Atas) 0.13 mm



Gambar 4.4 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada staboard Kanan -0.01 mm



Gambar 4.5 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Bottom Staboard ( Bawah Kanan ) -0.03 mm

Berikut merupakan hasil pengujian deflection crankshaft pada clinder nomor 3



Gambar 4.6 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Posisi Bottom Portside  
( Bawah Kiri) 0 mm



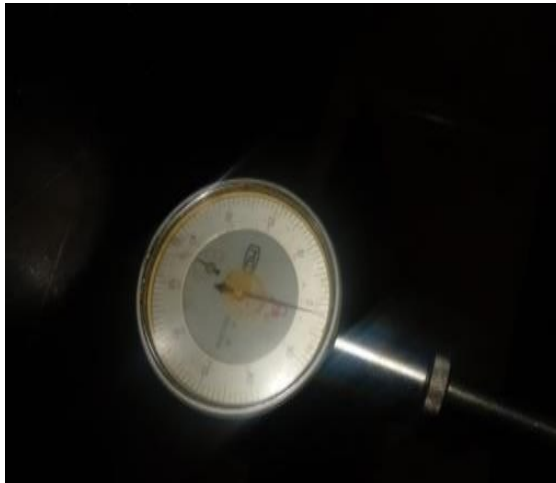
Gambar 4.7 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Posisi Portside (Kiri)  
0.01 mm



Gambar 4.8 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Top (Atas)  
0.13 mm



Gambar 4.9 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada stboard ( Kanan ) 0.1 mm



Gambar 4.10 Hasil Deflection cylinder nomor 1 Pada Bottom Stboard  
( Bawah Kanan ) - 0.02 mm

Tabel 4.1 Hasil Deflection Crankshaft Nomor 1 dan 3 ( PT. Waruna Shipyard Indonesia)

Crank Pin position	Crankshaft Deflection 1: 100		Keterangan	limit 0.08 mm
	Cylinder No 1	Cylinder No 3		
BP	0 mm	0 mm	Posisi awal pengukuran	
P	0.01 mm	0.01 mm	Good	Spesifikasi
T	0.13 mm	0.13 mm	Limid Value	Engine MAN
S	-0.1	0.1 mm	Limid Value	B&W 7S50
BS	-0.03	-0.02	Good	

Dari hasil deflection crankshaft diatas keadaan pada cylinder nomor 1 dan 3 miss deflection yakni pada posisi Top ( Atas ) posisi piston bearada di titik mati atas diindikasikan bearing mengalami masalah karena sudah melewati limit value maka dari hal tersebut maka harus dilaksanakan pembongkaran pada komponen main bearing untuk selanjutnya dilakukan pengukuran dan pengecekan visual pada bearing agar dapat mengetahui penyebab keausan pada metal main bearing.

4.2. langkah langkah pembongkaran metal main bearing pada mesin..

- a. Memasang peralatan dan special tools sesuai sop dan memberikan tekanan angin pada jack pum sebesar 8 bar dilanjutkan dengan membuka baut stuttbal pada sebesar 900 bar.



Gambar 4.11 Jack Pump dan Pemasangan tools (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

- b. Setelah itu mengangkat cap bearing dengan menggunakan katrol dengan kapasitas 1 ton agar dapat mengangkat metal main bearing dan dilakukan dengan sop yang ada.



Gambar 4. 12 Proses pengangkatan cap main bearing (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

- c. Proses Cleaning dan pengukuran bearing



Gambar 4.13 Proses cleaning bearing dan pengukuran (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

- d. Selanjutnya proses pembongkaran bearing lower pada mesin induk di MT. Double Seven.



Gambar 4.14 Proses pembongkaran lower Main bearing (PT. Waruna Shipyard Indonesia)



### 4.3 Pengukuran pada metal main bearing



Gambar 4.15 Pengukuran thickness metal main bearing (PT. Waruna Shipyard Indonesia)

Setelah dilaksanakan pembongkaran maka dilaksanakan pengukuran pada metal main bearing untuk mengetahui sejauh mana metal mengalami keausan akibat gesekan dari pembebanan crankshaft yang ditunjukkan pada hasil deflection sebelum perbaikan yang telah dilakukan.



Tabel 4.2 Data Pengukuran Main Bearing ( PT. Waruna Shipard Indonesia )

MAIN		NO BEARING		KETERANGAN
JOURNAL	POSITION	1	3	
UPPER	A	14.81	14.84	
	B	14.83	14.83	
	C	14.81	14.81	
	A'	14.81	14.81	
	B'	14.83	14.85	
	C'	14.81	14.83	
LOWER	A	14.86	14.86	TIPE MESIN MAN B&W 7S50 MC
	B	14.77	14.79	
	C	14.86	14.86	
	A'	14.85	14.85	
	B'	14.77	14.77	
	C'	14.85	14.85	

Keterangan :

- Standart metal bearing : 16.00 mm (Pengukuran metal dilakukan dengan menggunakan micrometer )
- Posisi pengukuran metal bearing dilakukan pada 6 posisi yakni pada posisi kanan A, B, C dan sisi kiri A, B, C baik metal upper maupun lower
- Dari hasil pengukuran thickness (ketebalan) pada metal bearing dari kedua cylinder pada tabel diatas telah berada dibawah standard berarti menunjukkan metal pada bearing mengalami keausan akibat gesekan bantalan

Tabel 4.3. Analisis Visual Metal Main Bearing

No	Metal rusak	Type kerusakan (cacat)	Penyebab kerusakan
1			<p>Abrasive wear karna adanya partikel asing atau kotoran yang masukke <i>bearing</i>, maka dari itu diharuskan mengganti komponen yang rusak dengan <i>spare part</i> yang baru</p>

Abrasive wear

---

2



*Adhesive wear* di sebabkankarna minyak lumas atau *oil film* yang kurang menimbulkan kenaikan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan perubahan warna pada permukaan *bearingnya*

adhesive wear

---

Sesuai tabel 4.1 dan 4.2 pembongkaran, pengukuran, pengamatan diatas setelah melakukan pelepasan *bearing* dari *cap* nya didapatkan bahwa *bearing* mengalami 2 macam kerusakan yaitu *Abrasive wear* dan *Adhesive wear*. Keadaan *metal bearing* yang dialami adalah perubahan warna menjadi kekuningan atau *adhesive wear* yang di sebabkan karna minyak lumas atau *oil film* yang kurang menimbulkan kenaikan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan perubahan warna pada permukaan *bearingnya* dan sedangkan keadaan dari *bearing* yang mengalami keausan atau *abrasive wear* karna adanya partikel asing atau kotoran yang masuk ke *bearing*, maka dari itu dilakukan pergantian metal bearing yang baru agar dapat mengembalikan performa mesin.

#### 4.4. Penanganan permasalahan keausan metal main bearing

Dari hasil pengujian dan pengukuran serta pengecekan visual pada metal main bearing bahwa metal mengalami keausan akibat karna minyak lumas atau *oil film* yang kurang yang ditunjukkan dengan hasil deflection dan ukuran metal yang sudah berada dibawah standart value maka dari hal tersebut untuk mengembalikan performa mesin menjadi sempurna perlu dilaksanakan pergantian pada metal main bearing dan menjaga sirkulasi oli pada mesin (pelumasan) juga perawatan yang cukup untuk menjaga usia komponen mesin sehingga tidak terjadi kegagalan operasi pada mesin.

#### 4.5 Analisis Penyebab Keausan Metal Main Bearing

##### a. Keausan berlebihan

Oli pelumas yang sudah tua dan terdegradasi tidak akan mampu melumasi dengan baik antara permukaan main bearing dan poros engkol. Akibatnya, terjadi peningkatan gesekan antara kedua permukaan tersebut. Gesekan berlebihan dapat menyebabkan keausan pada main bearing, yang ditandai dengan lekukan atau penyusutan pada permukaannya. Keausan yang berlebihan mengurangi ketepatan dan kestabilan main bearing, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kinerja dan keawetan mesin.

##### b. Overheating (Panas Berlebih)

Penggunaan oli yang sudah tua dan terdegradasi juga dapat menyebabkan peningkatan suhu di dalam mesin. Jika suhu berlebihan, main bearing akan mengalami panas berlebihan. Panas yang berlebihan dapat menyebabkan perubahan dimensi pada main bearing dan menyebabkan deformasi logam. Hal ini dapat mengurangi ketepatan poros engkol dan mengganggu keseimbangan yang baik antara main bearing dan poros engkol. Overheating juga dapat merusak lapisan logam pelindung pada *main bearing*, seperti lapisan perunggu, yang pada akhirnya akan mempercepat keausan dan menyebabkan kerusakan yang lebih parah.

##### c. Kontaminasi dan Korosi

Oli yang sudah terlalu lama digunakan cenderung mengandung partikel logam, kotoran, kerak, dan kontaminan lainnya. Kontaminan ini dapat terbawa oleh aliran oli dan mengendap di antara permukaan main bearing dan poros engkol. Partikel logam dan kontaminan lainnya dapat menyebabkan gesekan yang tidak normal dan memperburuk kinerja pelumas. Selain itu, kontaminan juga dapat menyebabkan korosi pada permukaan main bearing, merusak lapisan pelindung dan mengurangi daya tahan logam terhadap keausan.

##### d. Getaran dan Kerusakan Lainnya

Kerusakan *main bearing* yang parah akibat *running hours* oli yang berlebih dapat menghasilkan getaran yang tidak normal pada mesin. Getaran ini dapat merusak komponen mesin lainnya, seperti poros engkol atau poros nok, yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih serius dan bahkan kegagalan mesin.

#### 4.5.1 Faktor Penyebab Keausan Metal Main Bearing

Setelah dilakukan pemeriksaan maka didapatkan penyebab terjadinya keausan *metal* bearing di kapal yakni : *viscosity* minyak lumas menurun dan daya kerja *oil film* dengan tekanan minyak lumas tidak sesuai , Running Hours oli yang sudah lewat, Perawatan, Manusia

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian penyebab terjadinya keausan *pada metal main bearing* pada *engine type Hyundai Man B&W 7S50 MC*, Peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian didapatkan bahwa *metal main bearing mesin* induk di PT. Waruna Shipyard Indonesia Pada kapal MT. Double Seven dinyatakan tidak memenuhi standard kelayakan, karena pada kondisi bearing ditemukan goresan maupun gesekan yang cukup dalam dikarenakan minyak lumas atau oil film yang kurang menimbulkan kenaikan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan gesekan pada permukaan bearingnya, juga ditemukan adanya partikel asing atau kotoran yang masuk ke bearing sehingga menimbulkan flak dari gesekan bearing sehingga dinyatakan tidak layak digunakan, maka dari itu diharuskan mengganti komponen yang rusak dengan spare part yang baru untuk mengembalikan performa pada mesin induk.
2. Faktor penyebab terjadinya keausan pada metal main bearing di PT. Waruna Shipyard Indonesia disebabkan oleh, minyak lumas, *running hose bearing*, *miss deflection*, jangka waktu operasi mesin induk, faktor perawatan dan manusia.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada metal main bearing peneliti memberikan saran yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengatasi keausan pada *metal main bearing* yang menyebabkan mesin menjadi tidak optimal:
  - a. Melakukan perawatan rutin terhadap metal main bearing dan memperhatikan *running hours bearing* dan sistem pelumas.
  - b. Melakukan manajemen suku cadang yang baik kepada pihak perusahaan.
  - c. Melakukan inspeksi dengan pengecekan *deflection crankshaft* agar dapat mengetahui kondisi pada bearing yang bermasalah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. D., Octaviani, F., Novita, T. D., Perkapalan, T. S., Kelautan, F. T., & Persada, U. D. (2015). Analisa Kegagalan Sistem Pelumasan dan Pemilihan Metode Perawatan M / E di Kapal Menggunakan Metode FMEA Dalam Rangka Menunjang Operasi Transportasi Laut di Indonesia Failure Analysis of Lubricating System and Selection of Maintenance Operation in Indones. 1–
- Darma, N. M., Supomo, H., & Nugroho, S. (2010). Analisa Kondisi Mesin Induk Kapal Dengan Aplikasi. 1–12.
- Edy Susanto, E., & Ahmad, F. R. (2009). Analisa Kegagalan Main Bearing Crankshaft Pada Kendaraan Roda Empat. *Jurnal Flywheel*, 2(1), 1–9
- FREDI, S. (2021). ANALISIS MACETNYA MAIN BEARING PADA MAIN ENGINE NINGBO 6DKM-26e DI SPB LANDSEADOOR 16. [http://repository.pip-semarang.ac.id/id/eprint/3046%0Ahttp://repository.pipsemarang.ac.id/3046/2/531611206081T\\_SKRIPSI\\_OPEN\\_ACCESS.pdf](http://repository.pip-semarang.ac.id/id/eprint/3046%0Ahttp://repository.pipsemarang.ac.id/3046/2/531611206081T_SKRIPSI_OPEN_ACCESS.pdf)
- HIDAYAT TAUFIK, M. U. H. A. M. M. A. D. (2016). IMPLEMENTASI MANAJEMEN SUKU CADANG GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASIONAL KAPAL MT. CONCERTINA (Doctoral dissertation, SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN).
- Hsu, T.C & Lee, C.H., 1995, A realistic friction modeling in simple upsetting, Master degree Thesis, Yuan Ze University
- Hadimi, 2008, Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Pembubutan, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Volume 11, Nomor 1.
- Handoyo, J. J. (2014). *Mesin Penggerak Utama Turbin Uap*. Deepublish
- Ir. Yusuf Kaelani MSc.E. (2016). Experimental Study and Wear Analysis of. *Journal Material Enginerring*, 1(70–73), 89.
- Kamiel, B. P. (2019). Deteksi Cacat Bantalan Poros Engkol Motor Pembakaran dalam Mengguakan Spektrum Envelope. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*.
- Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). Analisa Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 51–57.
- LUQMAN, F. (2019). Analisis Terkikisnya Main Bearing Pada Mesin Induk di MT. Sungai Gerong (Doctoral dissertation, POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG).
- Mohammad Danil, A., Fanny, O., & Theresiana, D. N. (2015). ANALISA KEGAGALAN SISTEM PELUMASAN DAN PEMILIHAN METODE PERAWATAN ME DI KAPAL MENGGUNAKAN METODE FMEA DALAM RANGKA MENUNJANG OPERASI TRANSPORTASI LAUT DI INDONESIA. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 17(1), 1-6

NINGSIH, E. K. EXPERIMENTAL STUDY AND WEAR ANALYSIS OF JOURNAL BEARING DRY CONTACT IN ROTARY VALVE MACHINE OF PASTE MAKERS.

Utomo, P., 2011, Hukum Newton Tentang Gerak Dan Gravitasi, Fisika Kelas XI, <http://pristiadi-utomo>.

Wisudiyanto, B.A., 2012, Karakteristik Koefisien Gesek Permukaan Baja ST 37 Pada Bidang Datar Terhadap Viskositas Pelumas, Jurnal Momentum, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Yudisworo, W. D., & Prihastuty, E. (2018, June). Analisis Kenaikan Daerah Operasi Mesin Diesel Konvensional setelah Dilakukan Tune Up. In Prosiding Seminar Nasional Energi & Teknologi (Sinergi)





**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan 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/XI/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) [fumsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [@umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.tiktok.com/umsumedan)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor: 950/II.3AU/UMSU-07/F/2023**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 23 September 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD AKBAR  
Npm : 2007230005  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : 7 ( TUJUH )  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PENYEBAB TERJADINYA KEAUSAN PADA .  
METAL MAIN BEARING ENGINE TYPE HYUNDAI - MAN  
B& W 7550 MC  
  
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.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 09 Rabiul Awal 1445 H  
23 September 2023 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202



**PT. WARUNA SHIPYARD INDONESIA**  
Shipyards - Marine Engineering

No : 217-HR/WSI/VII/2024  
Hal : **Balasan Surat Permohonan Pengambilan Data**  
Lampiran : 1 (satu) lembar

Belawan, 18 Juli 2024

Kepada Yth,  
Bapak/Ibu Pimpinan Kampus  
**Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

Di -  
Tempat

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan surat yang kami terima dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Nomor : 704/II.3.AU/UMSU-07/B/2024 Tertanggal 22 Mei 2024 mengenai Permohonan Pengambilan Data di Perusahaan PT. Waruna Shipyards Indonesia atas nama berikut :

NO.	NPM	NAMA	PROGRAM STUDI
1	2007230005	MUHAMMAD AKBAR	Teknik Mesin

Bersama ini kami sampaikan bahwa permohonan tersebut kami terima dengan ketentuan bahwa data yang diambil hanya digunakan untuk keperluan akademis dan penelitian tugas akhir mahasiswa yang bersangkutan dan tidak untuk keperluan lainnya.

Demikian surat pemberitahuan ini kami buat, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,  
PT. Waruna Shipyards Indonesia

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA  
Shipyards - Marine Engineering

**Dr. Yusuf Ronny Edward S.Kom., M.H., M.I.Kom**  
HR.Manager

Cc : - Arsip

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisa Penyebab Terjadinya Keausan Pada Metal Main Bearing engine Type Hyundai MAN B&W 7S50 MC  
 Nama : Muhammad Akbar  
 NPM : 2007230005  
 Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal Paraf	Kegiatan	
1.	28/11.2023	perbaikan format	f
2	06/12.2023	perbaikan Bab I dan III	f
3.	12/12.2023	ACC sempro	f.
4.	12/12/2023	perbaiki bab III, IV abstrak	f
5.	20/7/2024	perbaikan format	f.
10	10/8/2024	perbaiki bab IV	f
12.	14/8/2024	ACC semhas.	f
		ACC sidang	f

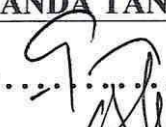

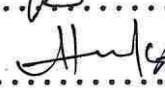


**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Muhammad Akbar

NPM : 2007230005

Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Ke Ausan Pada Metal Main Bearing Engine Type Hyundai MAN 7550 MC

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT		:..... 	
Pembanding – I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT		:..... 	
Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, ST, MT		:..... 	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230083	Rizky Syahputra Panggabean	
2	2007230005	Muhammad Akbar	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 24 Safar 1446 H  
29 Agustus 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

---

Nama : Muhammad Akbar  
NPM : 2007230005  
Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Ke Ausan Pada Metal Main Bearing  
Engine Type Hyundai MAN 7550 MC

Dosen Pembanding – I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, 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 :
  - *Kembali ke Prodi*
  - *tabrik data p. usah*
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan, 24 Safar 1446 H  
29 Agustus 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Dr. Sudirman Lubis, ST, MT

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

---

Nama : Muhammad Akbar  
NPM : 2007230005  
Judul Tugas Akhir : Analisa Penyebab Terjadinya Ke Ausan Pada Metal Main Bearing Engine Type Hyundai MAN 7550 MC

Dosen Pembanding – I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, 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 :
  - Catatan Ada Pada Buku .....
  - Penulisan Huruf Sesuai Template .....
  - Perambahan dan Perbaikan BAB 5 kesimpulan Saran .....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 24 Safar 1446 H  
29 Agustus 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Arya Rudi Nasution, ST, MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : MUHAMMAD AKBAR  
Alamat : Jalan Datuk Rubiah Lingkungan 29 Medan  
Marelan  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Umur : 22 Tahun  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat, Tanggal Lahir : Rengas Pulau, 02 Januari 2002  
Tinggi Dan Berat Badan : 170/ 74 kg  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No. Telepon : +62 821-6222-6972

### B. ORANG TUA

Nama Ayah : Adam  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Elmi Ismail  
Agama : Islam  
Alamat : Jalan Datuk Rubiah Lingkungan 29 Medan  
Marelan

### C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2008-2014 : SD Alwashliyah 29 Martubung  
2014-2017 : SMP Negeri 5 Medan  
2017-2020 : SMK TI Budi Agum Medan Marelan  
2020-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara