

TUGAS AKHIR
ANALISA KERETAKAN *CYLINDER HEAD* PADA MESIN TUGBOUT
MADELIN CITRA

*Diajukan Untuk Memenuhi syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Falkultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD IBNU SINA
2107230166



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNK MESIN
FALKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ibnu Sina
NPM : 2107230166
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin *Tougbout*
Madelin Citra
Bidang Ilmu : Koversi Manufaktur

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

Medan, 30 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Munawar Alfansaury 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 di bawah ini:

Nama Lengkap : MUHAMMAD IBNU SINA
Tempat/ Tanggal Lahir : MEDAN, 22-01-2004
NPM : 2107230166
Bidang Keahlian : Konversi Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik,
Universitas : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU).

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

“Analisa Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugbout Madelin 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 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, 11 Februari 2025

Penulis




Muhammad Ibnu Sina
NPM. 2107230166

ABSTRAK

PT. Waruna Shipyard 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. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada mesin induk adalah keretakan pada komponen *Cylinder Head*, yang dapat mengakibatkan gangguan serius terhadap performa mesin dan keselamatan operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* mesin induk Tugboat Madelin Citra, serta mengetahui metode perawatan dan pencegahan yang tepat agar kerusakan tidak semakin parah saat kapal berlayar.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka, observasi langsung di lapangan, serta dokumentasi selama proses perawatan dan perbaikan mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keretakan pada *Cylinder Head* disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain overheat akibat sistem pendingin yang tidak optimal, material yang mengalami kelelahan, serta pembakaran tidak sempurna yang menimbulkan endapan karbon berlebih. Untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, diperlukan penerapan sistem perawatan yang meliputi perawatan berencana, perawatan insidental, pencegahan, perbaikan, serta perawatan periodik yang disesuaikan dengan jam kerja mesin.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai penyebab kerusakan *Cylinder Head* serta memberikan rekomendasi perawatan yang efektif bagi praktisi industri perkapalan dan mahasiswa teknik mesin.

Kata kunci: *Cylinder Head*, Keretakan, Overheat, Sistem Pendingin, Tugboat Madelin Citra, Perawatan Mesin, *Dye Penetrant Test*.

ABSTRAK

PT. Waruna Shipyard Indonesia is a company engaged in ship repair, located on Bagan Deli Street, Belawan, Medan, North Sumatra. Engine repair is a crucial objective to support optimal engine performance, as damage to a ship's engine can result in significant operational delays *And* financial losses. One of the common problems that occurs in main engines is cracking in the *Cylinder Head* component, which can cause serious disruptions to engine performance *And* threaten the operational safety of the vessel.

This study aims to analyze the causes of cracking in the *Cylinder Head* of the main engine on the Tugboat Madelin Citra, *And* to determine appropriate maintenance *And* prevention methods to avoid further damage during vessel operation. The research methods used include literature review, direct field observation, *And* documentation during the engine maintenance *And* repair process.

The results show that the *Cylinder Head* cracking is caused by several factors, including overheating due to an inefficient cooling system, material fatigue, *And* incomplete combustion that leads to excessive carbon deposits. To prevent further damage, a comprehensive maintenance system is required, consisting of planned maintenance, incidental maintenance, preventive actions, corrective measures, *And* periodic maintenance aligned with the engine's operating hours.

This research is expected to provide deeper insights into the causes of *Cylinder Head* damage *And* to offer effective maintenance recommendations for marine industry practitioners *And* mechanical engineering students. Keywords: *Cylinder Head*, Cracking, Overheating, Cooling System, Tugboat Madelin Citra, Engine Maintenance, *Dye Penetrant Test*.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakaatuh

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala Puji dan Syukur penulis ucapkan 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 Keretakan Pada Slinder Liner Kapal Madelin Citra”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyaksikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan mendalam 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. Bapak ChAndra Amirsyah Siregar S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T Selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak AffAndi, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu AyahAnda Rubianto Ramli, S.E dan Ibunda Fauza 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.
8. Rekan-rekan seperjuangan, sepupu saya Mhd. Agung Permana Siregar, S.Pd, Angellica Nabila Abivasha Marpaung, Rayi Mutia Fadla, Muhammad

Abu Dardaq dan kakak kAndung saya Putri Layli Qadria serta kakak sepupu saya yaitu ketua Krabby Patty kakak Ulfa Syahdiana, S.Ak.

9. Terima kasih saya ucapkan kepada Muhammad Nur Saragih, Muhammad Abdul Azis, Muhammad Farhan Ramadhan Siahaan, Liyum Dzira Damanik dan Jainal Rosidi, yang telah suka dan duka Bersama. Saya selaku temannya menganggap mereka sudah seperti saudara saya.
10. Rekan-rekan seperjuangan kelas C1 Pagi Stambuk 2021, serta rekan-rekan bidang keahlian konversi manufaktur 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, 11 Februari 2025

Penulis

Muhammad Ibnu Sina
NPM. 2107230166

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
TUGAS AKHIR	ii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii

BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Pengertian <i>Cylinder Head</i>	3
2.1.1. Faktor-Faktor Penyebab Keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	4
2.1.2 Material Bahan dari Pembuatan <i>Cylinder Head</i>	4
2.1.3 Kelelahan Bahan Dari Logam <i>Cylinder Head</i>	4
2.2. Sistem Pendingin yang digunakan dalam Mesin Induk	6
2.3. Fungsi <i>Cylinder Head</i>	11
2.4. Komponen Mesin	11
2.5. Komponen <i>Cylinder Head</i>	21
2.6. Proses Pembakaran	26
2.7. Sistem Pemeliharaan	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3.1. Tempat dan Waktu	31
3.1.1. Tempat Penelitian	31
3.1.2. Waktu Penelitian	31
3.2. Bahan dan Alat	33
3.2.1. Bahan Penelitian	33
3.2.2. Alat Penelitian	33
3.3. Metode Penelitian	36
3.4. Rancangan Alat Penelitian	38
3.5. Prosedur Umum melakukan <i>Cleaning</i> dan <i>Measuring</i>	38
3.6. Prosedur Alat Penelitian	39
3.7. Variabel	40
3.8. Pengumpulan Data	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41

4.1. Hasil Penelitian	41
4.1.1. Langkah-Langkah Pembongkaran Cylider Head	42
4.1.2. Melakukan Pengukuran Ketebalan <i>Cylinder Head</i>	45
4.2. Pembahasan dan Masalah	48
4.2.1. Penyebab Terjadinya Keretakan Pada <i>Cylinder Head</i>	48
4.2.2. Melakukan Pembongkaran Bagian <i>Cylinder Head</i>	51
4.2.3. Melakukan <i>Cleaning Cylinder Head</i> dan sisa Gasket yang Menempel	52
4.2.4. Melakukan Pengujian dengan <i>Colour Check</i>	53
4.2.5. Penanganan Keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	54
4.2.6. Penyebab Keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	55
4.2.6.1. Pencegahan Penggantian <i>Cylinder Head</i> Sesuai Jam Kerja (<i>Running Hours</i>)	55
4.2.6.2. Pemeriksaan Terhadap Sistem Pendingin	55
4.2.6.3. Pencegahan Pembakaran Susulan (Denotasi)	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Ksimpulan	60
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	63
SK PEMBIMBING	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Cylinder Head</i>	3
Gambar 2.2 <i>Cylinder Liner</i>	6
Gambar 2.3 <i>Cylinder Head</i>	6
Gambar 2.4 Torak (<i>Piston</i>)	7
Gambar 2.5 poros Engkol	8
Gambar 2.6 Injector	8
Gambar 2.7 Push Rod	9
Gambar 2.8 Crosshead	9
Gambar 2.9 Pengaturan (<i>Governor</i>)	10
Gambar 2.10 <i>Valve Seats And Guides</i>	10
Gambar 2.11 <i>Valve Spring</i>	12
Gambar 2.12 <i>Cylinder Head Gasket</i>	13
Gambar 2.13 Struktur Rocker Arm	14
Gambar 2.14 Rocker Arm	14
Gambar 3.1 <i>Cylinder Head</i>	20
Gambar 3.2 <i>Valve And Guides</i>	20
Gambar 3.3 <i>Dye Penetrant Test</i>	21
Gambar 3.4 <i>Test Press</i>	22
Gambar 3.5 Kunci-Kunci Ring Pas	22
Gambar 3.6 belting (<i>Webbing Sling</i>)	23
Gambar 3.7 Sarung Tangan	23
Gambar 3.8 Pengaturan (<i>Governor</i>)	24
Gambar 3.9 Bagan Aliran Penelitian	25
Gambar 3.10 Rancangan Alat Penelitian (<i>Dye Penetrant Test</i>)	26
Gambar 3.11 Rancangan Alat Penelitian (<i>Test Press</i>)	26
Gambar 3.12 Re-Kondisi Komponen	27
Gambar 4.1 Membongkar Caver <i>Cylinder Head</i>	29

Gambar 4.2 Membongkar Pipa Saluran Bahan Bakar	29
Gambar 4.3 Membuka rocker Arm	30
Gambar 4.4 Mengeluarkan Push Rod	30
Gambar 4.5 Membuka Pipa Intake	31
Gambar 4.6 Membuka Exhaust	31
Gambar 4.7 Membuka Baut Exhaust	32
Gambar 4.8 Nut dan Pompa Jek	32
Gambar 4.9 Takal dan <i>Cylinder Head</i>	32
Gambar 4.10 Hasil Pengukuran <i>Cylinder Head</i> No 1	33
Gambar 4.11 Hasil Pengukuran <i>Cylinder Head</i> No 2	33
Gambar 4.12 Hasil Pengukuran <i>Cylinder Head</i> No 3	34
Gambar 4.13 Hasil Pengukuran <i>Cylinder Head</i> No 4	34
Gambar 4.14 Hasil Pengukuran <i>Cylinder Head</i> No 5	34
Gambar 4.15 Hasil Pengukuran <i>Cylinder Head</i> No 6	35
Gambar 4.16 Alur Terjadinya Keretakan <i>Cylinder Head</i>	38
Gambar 4.17 Skema Keretakan Pada <i>Cylinder Head</i>	39
Gambar 4.18 Pembokaran <i>Cylinder Head</i>	39
Gambar 4.19 Kondisi <i>Cylinder Head</i> Sebelum di <i>Cleaning</i>	40
Gambar 4.20 Kondisi <i>Cylinder Head</i> Setelah di <i>Cleaning</i>	40
Gambar 4.21 Pengujian Dengan <i>Colour Check</i> Tahap 1	41
Gambar 4.22 Pengujian Dengan <i>Colour Check</i> Tahap 2	41
Gambar 4.23 Pengujian Menggunakan <i>Test Press</i>	42
Gambar 4.24 Hasil Pengelasan <i>Cylinder Head</i>	42

Daftar Tabel

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan saat Melakukan Penelitian	19
Tabel 4.1 Spesifikasi Tabel Pada <i>Cylinder Head</i>	35
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Ketebalan <i>Cylinder Head</i>	35
Tabel 4.3 Data Suhu Gas Buang <i>Cylinder Head</i>	37

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
F_s	Gaya Statis Maksimum	Kgf/N
μ_s	Koefisien Gesek Statis	
N	Gaya Normal Yang Bekerja	N
F_k	Gaya Gesek Kinetis Maksimum	Kgf/N
μ_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 (M. Taufik Hidayat, 2016).

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

Dengan adanya gangguan-gangguan pada armada kapal khususnya mesin induk menjadi tuntutan bagi para ahli mesin kapal untuk memecahkan permasalahan terhadap gangguan-gangguan, maka perlu mempersiapkan diri agar dapat merawat bagian-bagian mesin tersebut. Oleh karena itu sebagai Mahasiswa Magang di PT. Waruna Shipyard Indonesia perlu membekali diri dengan pengetahuan dan keterampilan khusus dalam hal perawatan dan perbaikan mesin. Saat Terjadi kendala yang menyebabkan suatu komponen atau bagian dari pada mesin induk mengalami masalah seperti terjadinya keretakan pada silinder head. Maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah ini dan memilih judul “Analisa Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin *Tugbout Madelin Citra*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penulisan penelitian ini adalah:

1. Apa saja penyebab terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* motor induk?
2. Bagaimana cara perawatan yang benar supaya tidak terjadinya kerusakan yang parah pada saat kapal berlayar?
3. Bagaimana cara mencegah terjadinya keretakan pada *Cylinder Head*?

1.3 Ruang Lingkup:

Luasnya permasalahan ini dan keterbatasan pengetahuan penulis maka penulisan ini di fokuskan hanya pada faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya keretakan pada *Cylinder Head*, Sehingga Ruang lingkup penulisan ini “Analisa Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugbout Madelin Citra”

1.4 Tujuan Penulisan:

1. Untuk menganalisa penyebab terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* motor induk.
2. Untuk mengetahui bagaimana cara perawatan *Cylinder Head* yang benar
3. Untuk mengetahui bagaimana cara mencegah keretakan pada *Cylinder Head* sedini mungkin.

1.5 Manfaat Penelitian:

1. Untuk menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis sendiri yang terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* mesin induk.
2. Untuk memberikan masukan dan ilmu kepada pembaca untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* mesin induk.
3. Sebagai bahan acuan dalam mengatasi masalah yang terjadi terhadap mesin induk khususnya yang berkaitan dengan *Cylinder Head*.
4. Sebagai bahan masukan dan sumbangan bagi para pembaca khususnya kepada Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sumatera utara jurusan Teknik Mesin tentang analisis terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* mesin induk.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Cylinder Head*

Kepala Silinder (*Cylinder Head*) 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. *Cylinder Head* harus tahan terhadap temperatur dan tekanan yang tinggi selama engine bekerja. Oleh sebab itu umumnya *Cylinder Head* dibuat dari besi tuang. Pada saat ini banyak engine yang kepala silindernya terbuat dari paduan besi. *Cylinder Head* yang terbuat dari perpaduan besi memiliki kemampuan pendingin lebih besar dibanding dengan yang terbuat dari besi tuang (WIDODO, 2023).

Cylinder Head menahan tekanan pembakaran, mengendalikan panas dalam ruangan (dengan sistem 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 pendingin yang tinggi.
3. Dapat mencegah kebocoran tekanan keseluruhan.

Di bawah ini merupakan contoh dari bentuk *Cylinder Head* yang ada di kapal:



Gambar 2.1 *Cylinder Head* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

2.1.1 Faktor – Faktor Penyebab Keretakan Pada *Cylinder Head*

Cylinder Head mengalami keretakan biasanya terjadi pada disel engine, keretakan yang terjadi karena panas berlebihan (*over heat*), dimana engine terlalu panas yang diakibatkan oleh muatan yang berlebih atau sistem pendinginan mengalami kerusakan atau kebocoran.

2.1.2 Material Bahan Dari Pembuatan *Cylinder Head*

Cylinder Head terbuat dari baja tuang dari paduan antara besi murni dengan karbon sebesar 0,3 – 0,6 persen, memungkinkan baja akan dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*head treatment*) yang sesuai, proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan proses yang memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan dengan cara tertentu. Pada saat proses penuang baja dipanaskan dengan suhu yang tinggi ($\pm 1500^{\circ}\text{C}$) kemudian dituangkan kedalam suatu cetakan dengan diberi tekanan.

(Sumber: Dwi Karya, Peleburan Logam (2015).



Gambar 2.2 Proses Pengecoran *Cylinder Head* (Dwi Karya Peleburan Logam)2015

2.1.3 Kelelahan Bahan Dari Logam *Cylinder Head*

Kelelahan bahan adalah suatu batasan akan tegangan logam yang diijinkan. Angka-angka kelelahan suatu material suatu logam tidak sama, hal

ini disebabkan oleh pabrik pembuatnya serta disesuaikan menurut kebutuhan dan kegunaan masing-masing selain umur pemakaian yang telah lama, tegangan yang diterima oleh material tersebut secara terus-menerus serta temperatur yang berubah-ubah dapat menurunkan kekuatan bahan sehingga dapat terjadi keretakan. Sewaktu baja dipanaskan pada suhu diatas 5000 C maka akan terjadi pembebasan sebagian kecil tegangan yang berada didalam baja, hal itu menyebabkan berkurangnya sedikit kekerasan dan kekuatan baja. Keretakan yaitu garis yang terbentuk pada suatu benda keras seperti logam akibat dari menurunnya kekerasan dan ketahanan oleh deformasi. Deformasi yaitu perubahan ukuran atau bentuk karena pengaruh beban yang dikenakan padanya dan mempunyai kecepatan regangan yang tinggi maka bahan umumnya akan mengalami keretakan akibat bahan dikenai beban tiba-tiba. Deformasi ini dapat terjadi secara elastis dan secara plastis. Deformasi elastis, yaitu suatu perubahan yang segera hilang kembali apabila beban ditiadakan. Deformasi plastis, yaitu suatu perubahan bentuk yang tetap ada meskipun beban yang menyebabkan deformasi ditiadakan. Untuk menghindarinya, maka pemberian suhu atau temperatur pendingin yang tepat akan dapat membantu mengurangi timbulnya kelelahan bahan.

Sifat mekanis suatu logam adalah kemampuan atau kekakuan logam untuk menahan beban yang diberikan, baik statis dan dinamis pada suhu biasa, suhu tinggi maupun suhu dibawah 00 C. beban statis adalah beban yang tetap baik besar maupun arahnya pada setiap saat, sedangkan beban dinamis adalah beban yang besar dan arahnya berubah menurut waktu. Bahan yang dibebani secara dinamis akan lelah dan retak, meskipun dibebani dibawah kekuatan statis. Kelelahan adalah gejala patah dari bahan disebabkan oleh beban yang berubah-ubah. Kekuatan kelelahan suatu logam adalah tegangan bolak-balik tertentu yang dapat ditahan oleh logam itu sampai banyak balikan tertentu. Sementara itu batas kelelahan adalah tegangan bolak-balik tertinggi yang dapat ditahan oleh logam itu sampai banyak balikan tak terhingga. Kekerasan adalah ketahanan bahan terhadap deformasi plastis karena pembebanan setempat pada permukaan berupa goresan atau penekanan. Sifat ini banyak hubungannya dengan sifat kekuatan, daya tahan aus, dan kemampuan dikerjakan dengan mesin

(mampu mesin). Apabila terjadi deformasi elastis kemudian beban tersebut dihilangkan maka energi yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk asal selalu lebih rendah dari pada energi yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk asal selalu lebih rendah dari pada energi yang dibutuhkan untuk deformasi elastis, karena penekanan atau tarikan tersebut. Hal ini terjadi karena adanya tahanan dalam. Tahanan dalam adalah kemampuan logam untuk meredam beban atau getaran tiba-tiba. Apabila terjadi deformasi plastis yaitu terjadi suhu yang tinggi atau getas panas maka mudah retak karena deformasi yang disebabkan adanya suatu beban pada suhu tertentu. (Sumber : Armanto Hary dalam buku Ilmu Bahan (1999)

2.2 Sistem Pendingin Yang Digunakan Dalam Mesin Induk

Menurut P. Van Maanen (2018) Motor Diesel Kapal menjelaskan sistem Pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar dalam cylinder, di dalam sistem pendingin terdapat bagian yang bekerja secara berhubungan satu sama lain, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, strainer pada air laut dan. Dari keempat komponen inilah yang sering menyebabkan kurang maksimalnya pendinginan terhadap motor induk, air pendingin dalam fungsinya sangat vital dalam menjaga kelancaran pengoperasian mesin induk. Di atas kapal terdapat dua sistem pendingin yaitu sistem pendingin terbuka dan sistem pendingin tertutup, sistem pendingin ini berfungsi untuk mencegah kelelahan terhadap mesin induk dan tidak adanya perawatan terhadap air pendingin akan berakibat fatal dan serius.

Pada sistem pendingin mesin terdapat beberapa bahan pendingin yaitu:

1. Air Laut. Air laut sebagai media pendingin mempunyai beberapa sifat yang bermanfaat, antara panas yang tinggi pada kepadatan yang relatif tinggi. Ini berarti bahwa satu unit volume dapat menyerap banyak panas dalam jumlah besar, yang dapat membatasi capacity dan kinerja pompa. Meskipun memiliki sifat yang positif, air laut juga mengandung sejumlah besar mineral yang terlarut didalamnya (± 3 persen massa). Mineral tersebut akan menjadi kristal ketika dipanaskan dan pada saat didinginkan akan

membentuk kerak keras pada bagian permukaan. Selain itu, kandungan yang tinggi dalam air laut meningkatkan kemungkinan korosi pada bagian-bagian mesin yang didinginkan. Oleh sebab itu air laut banyak mengandung garam yang menyebabkan korosi menjadi lebih cepat karena sifat elektrolitnya, yang memberikan suasana yang baik untuk terjadinya reaksi oksidasi-reduksi. Untuk itu, air laut secara tidak langsung digunakan sebagai bahan pendingin, kecuali untuk pendinginan udara pembersih dan udara pembakaran. Dengan menggunakan bahan khusus, pendingin dapat dilindungi dari korosi dan suhu air pendingin yang relatif rendah juga mengurangi endapan kerak kapur, karena air laut merupakan elektrolit dengan konduktivitas yang sangat tinggi.

2. Air Tawar Air tawar di atas kapal sangat mahal, sehingga tidak memiliki sifat buruk. Dengan menghilangkan udara yang ada didalamnya sebaik-baiknya serta dilunakkan, maka air tawar akan mengakibatkan sedikit atau tidak ada korosi dan tidak menyebabkan penumpukan atau pengendapan kerak. Sehingga bisa digunakan untuk pendinginan bagi semua bagian motor. Harga air tawar dikapal sangatlah mahal, oleh karena itu selalu diupayakan pemakaiannya dalam satu siklus tertutup sehingga bisa digunakan berulang kali. Selain ruang pendingin bagian-bagian mesin yang akan didinginkan, rangkaian tertutup dari saluran, keran penutup, pompa, dan pesawat pendingin. Ruang bakar pada mesin diesel menghasilkan temperatur yang sangat tinggi yaitu 1200°C dan 1600°C pada saat pembakaran. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan pada bagian-bagian mesin yang bersentuhan langsung dengan gas panas tersebut. Jika tidak didinginkan maka kekuatan bagian-bagian mesin secara perlahan akan berkurang, dan tidak akan kuat menahan gaya gas pembakaran dari mesin tersebut lamakelamaan akan menjadi rusak dan akhirnya menjadi retak. Air tawar juga mendinginkan sistem pelumasan mesin, jika tidak didinginkan maka pelumas akan sangat cair dan dapat terbakar. Panas yang diserap akan meningkat ketika pendinginan yang ada tidak sebanding dengan panas yang diterima, sehingga perpindahan panas yang berlebihan cenderung meningkatkan panas karena panas yang ada akan merambat dari temperatur

yang tinggi ke temperatur yang rendah. Air tawar bisa digunakan sebagai media pendingin yang bagus untuk main engine karena air tawar menyerap panas lebih baik dari pada minyak lumas. Selain itu, tujuan dari media pendingin di atas adalah sebagai berikut:

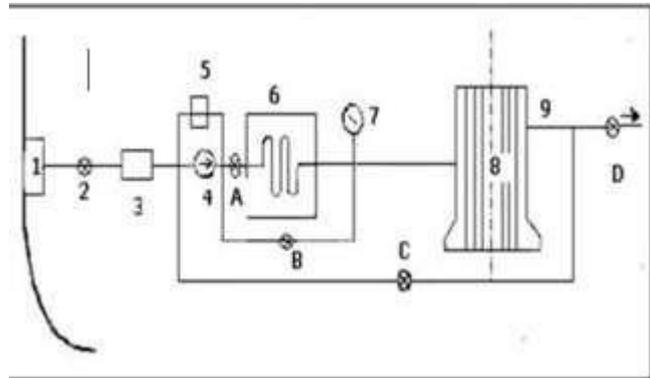
- a. Menjaga agar mesin mampu beroperasi dengan baik.
- b. Mempertahankan daya yang optimal.
- c. Memperkecil terjadinya kerusakan mesin.
- d. Menjaga suhu tetap dalam kondisi baik.

Dalam sistem pendingin langsung dimana air dari luar badan kapal yang dipompakan kedalam mesin dan kemudian dialirkan keluar lambung kapal. Ketika air laut masuk, temperatur air berkisar antara 27°C dan 31°C, sedangkan temperatur air laut setelah bersirkulasi secara langsung dan dipompa keluar kapal berkisar antara 40°C dan 45°C. Sistem ini biasa digunakan pada mesin kapal berukuran kecil dalam sistem pendinginan tertutup, mesin didinginkan dengan air tawar kemudian sebelum dimasukkan kembali kedalam mesin, air tawar tersebut masuk kedalam alat pemindah panas fresh water cooler untuk menurunkan suhu media air tawar tersebut. Sistem ini pada umumnya digunakan untuk mesin kapal berukuran besar. Kebanyakan mesin diesel menggunakan pompa air sirkulasi sentrifugal sebagai pendingin. Pompa digerakkan oleh roda gigi pada poros engkol atau poros bubungan. Pompa sirkulasi air jenis roda gigi banyak ditemukan pada mesin diesel kecil. Pompa sentrifugal didesain memiliki dua varian. Varian pertama berputar satu arah, sedangkan varian kedua berputar dua arah atau mampu berputar langsung. Dalam segi efisiensi, pompa dua arah lebih efisien karena fluida dapat kembali secara langsung dan biasanya pada sudut radial siku-siku dan serta casing yang konsentris, sehingga aliran dapat dipengaruhi.

Sistem yang paling penting dalam sebuah mesin adalah sistem pendingin. Sistem pendingin ini merupakan sistem yang terdapat pada sebuah kapal yang berguna untuk mendinginkan mesin induk, atau dapat juga dikatakan untuk menjaga/menstabilkan suhu mesin agar selalu pada temperatur yang stabil. (Karyanto, 2002).

Secara umum ada dua macam sistem pendingin, yaitu sistem pendingin langsung (terbuka) dan sistem pendingin tidak langsung (tertutup).

1. Sistem Pendingin Terbuka (Langsung) Sistem pendingin terbuka merupakan suatu sistem dimana air laut dari luar badan kapal yang dipompakan kedalam mesin dan kemudian dialirkan keluar lambung kapal.



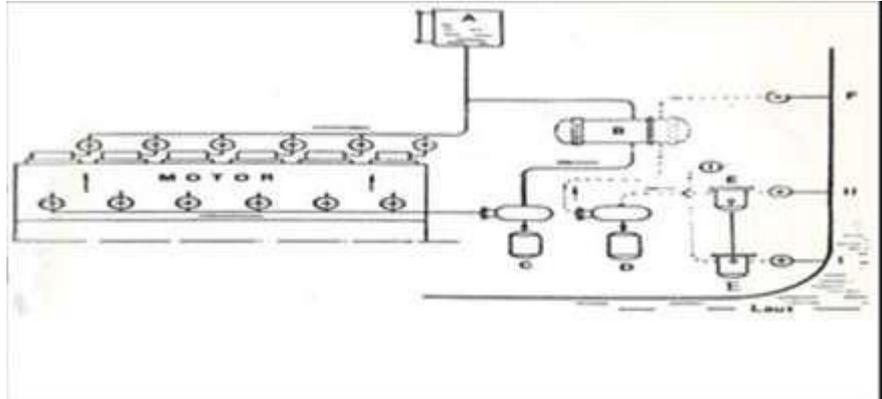
Gambar 2.3 Skematik Sistem Pendingin Terbuka (Sumber:<http://www.bppp-tegal.>)

Keterangan:

1. Saringan Laut.
2. Katup.
3. Strainer.
4. Pompa.
5. Safety Valve.
6. Tangki.
7. Thermometer.
8. Main Engine.
9. Pipa Buang.

2. Sistem Pendingin Tertutup (Tidak Langsung) Sistem pendinginan air tertutup merupakan sistem dimana air tawar yang digunakan sebagai media pendingin dipompakan terus menerus disirkulasikan untuk mendinginkan mesin tersebut. Media pendingin air-tawar setelah keluar dari mesin dengan suhu yang tinggi, sebelum dimasukkan kembali kedalam mesin, dimasukkan kedalam heat exchanger yang populer disebut "FW cooler" yang bertujuan untuk mengurangi suhu media air tawar tersebut. Selanjutnya media air laut digunakan untuk menyerap panas yang diterima

oleh air tawar kemudian setelah mendinginkannya air laut tersebut kembali dibuang ke laut. Kedua sistim pendinginan tersebut mempunyai fungsi yang sama, yaitu untuk mendinginkan ruangan pada dinding luar silinder mesin (*Cylinder Liner jacket cooling*) dan bagian dalam kepala silinder (*Cylinder Head cooling*).



Gambar Gambar 2.4 Skematik Sistem Pendingin Tertutup

Sumber: <http://www.bppp-tegal>.

Keterangan:

1. Bak persediaan air tawar
2. Bejana pendingin
3. Pompa untuk a
4. Air tawar
5. Pompa untuk air laut
6. Saringan-saringan 8
7. Saluran buang air laut
8. saluran pemasuk untuk permukaan air yang tinggi/keruh
9. Saluran masuk untuk permukaan air yang rendah.

Pompa menghisap air tawar dari tangki air tawar kemudian air tawar bersirkulasi melewati bejana pendingin untuk didinginkan kemudian air tawar akan ditekan masuk bersirkulasi kedalam mesin induk untuk mendinginkan mesin induk melalui saluran yang namanya water jacket di dalam mesin induk, pada saat air tawar keluar dari mesin induk maka temperatur air tawar akan naik dikarenakan telah menyerap panas dari mesin induk kemudian air tawar akan mengalir kembali kedalam bejana pendingin untuk didinginkan, didalam bejana pendingin terdapat pipa-pipa kecil

yang nantinya akan dilewati oleh air tawar dan didalam bejana pendingin itu pula terdapat air laut yang berfungsi untuk menyerap panas. Dan terdapat pula pompa air laut yang menghisap air laut langsung dari laut kemudian air laut akan ditekan masuk kedalam bejana pendingin untuk mendinginkan air tawar. Setelah air laut melewati bejana pendingin maka air laut akan langsung dibuang kelaut, begitupun seterusnya.

2.3 Fungsi *Cylinder Head*

Cylinder Head adalah komponen penutup blok silinder yang bertugas menutup rongga silinder, dimana ruang yang ditutup tersebut adalah ruang pembakaran. Sehingga, dengan adanya penutup ini maka pembakaran bisa terjadi. Apabila blok silinder disebut sebagai base engine part atau komponen basic mesin, maka kepala silinder disebut second base karena komponen ini juga menjadi basis beberapa komponen yang ada pada mesin bagian atas.

Beberapa fungsi blok silinder antara lain:

1. Sebagai cover blok silinder,
2. Sebagai tempat terjadinya pembakaran karena di komponen inilah ruang bakar diletakkan,
3. Sebagai komponen untuk meletakkan komponen mesin lain seperti mekanisme katup, manifold dan injektor.

Kepala silinder, awalnya terbuat dari baja tuang yang dibuat melalui teknik cor sama seperti blok silinder. Namun, hal itu memiliki kelemahan. Yakni bobotnya yang terlalu besar, bobot besar tersebut secara keseluruhan akan membebani kinerja mesin itu sendiri.

Sehingga, pembuatan *Cylinder Head* terbaru sudah menggunakan paduan besi. Komponen *Cylinder Head* pada mesin baru umumnya berwarna silver. Ini dikarenakan bahan penyusunnya sudah dicampur dengan besi. Besi *Cylinder Head* ini, memiliki kelebihan pada bobot yang ringan namun tetap kuat. Sehingga tidak membebani kinerja mesin dan mampu menahan pembakaran mesin.

2.4 Komponen Mesin

1. *Cylinder Liner*

Pada pendinginan ini air pendingin menggunakan sistem tertutup. Pada suhu 450 – 560 °C air masuk ke dalam tiap-tiap cylinder. Pada pendinginan ini air pendingin masuk dari bawah mesin induk kemudian ke atas, yang dimaksudkan dalam hal ini bila air pendingin masuk melalui bagian dari atas sehingga mengakibatkan retaknya cylinder. Air pendingin mengelilingi cylinder dan keluar ke lubang pembuangan dengan suhu + 600 °C. (Priambodo, 1995).

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.



Gambar 2.5 *Cylinder Liner* (PT. Waruna Shipyards Indonesia)2024

2. *Cylinder Head*

Pada *Cylinder Head* media pendingin menggunakan air. perlunya pendingin pada *Cylinder Head* karena merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan pembakaran. Apabila *Cylinder Head* tidak didinginkan maka akan menimbulkan kengeretakan. (Priambodo, 1995).



Gambar 2.6 *Cylinder Head* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

3. Torak

Untuk mendinginkan torak (*Piston*) menggunakan media minyak lumas. Minyak lumas dari Sump Tank oleh pompa hisap melewati saringan-saringan tekan masuk ke mesin. Minyak lumas mengalir melewati metal duduk ke shaft main engine. Dengan lubang yang ada minyak lumas masuk ke batang engkol sampai ke *Piston Head*, minyak lumas di semprotkan dan menyebar hingga mengenai dinding *Piston* bagian dalam untuk mendinginkan *Piston*. Sebagian minyak lumas jatuh melumasi batang engkol, sebagai keluar melalui lubang-lubang pelumasan yang ada pada *Piston*. Dengan melalui ring oli minyak lumas ke atas untuk melumasi antara *Piston* dan *Cylinder Liner*. (Wijayani & Irwan, 2014).



Gambar 2.7 Torak (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

4. Poros Engkol

Pada poros engkol, media pendingin yang digunakan adalah pelumas. Karena gerakan dan poros engkol yang bekerja secara berputar yang menyebabkan bahan atau material menjadi panas maka perlu didinginkan agar tidak terjadi kerusakan. (priambodo, 1995).



Gambar 2.8 Poros Engkol (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

5. Injector

Karena di sekitar injector panas akibat berhubungan langsung dengan ruangan pembakaran. Dalam sistem ini dipakai sistem terbuka di mana air sesudah mendinginkan injector terus keluar. Perlunya pendingin alat-alat pengabut bila lubang injectornya sempit, maka alat pengabut yang terkena suhu pembakaran yang tinggi menjadi terlalu panas sehingga timbul

pembentukan arang kokas, sehingga minyak lumas ini bisa masuk secara langsung ke bagian yang terkena panas. (Sudarmanta & Sungkono, 2005).



Gambar 2.9 Injector (PT. Waruna Shipyards Indonesia) 2024 6.

Torak (*Piston*)



Gambar 2.10 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. 7. Push Rod

Push Rod adalah batang logam yang digunakan untuk mentransmisikan gerakan dari nok kem (camshaft) ke rocker arm atau filter, yang pada gilirannya menggerakkan katup.

Push Rod biasanya terbuat dari logam yang kuat dan tahan terhadap beban dan tekanan yang di hasilkan saat katup beroperasi. Meskipun sederhana dalam desainnya, push rod memainkan peran penting dalam

menggerakkan mekanisme katup dan menjaga sinkronisasi yang tepat antara komponen mesin.



Gambar 2.11 *Push Rod* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

8. Pena Torak (Crank Pin)



Gambar 2.12 Pena Torak (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.

9. Ring Torak (*Ring Piston*)



Gambar 2.13 Ring Torak (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

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.

11. Batang Jurnal



Gambar 2.14 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.

12. Roda Penerus



Gambar 2.15 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 engkol pada motor dua tak atau pada tiap kali putaran poros engkol pada motor empat tak.

13. Crosshead

Berfungsi sebagai penghubung dan meneruskan gaya dari batang *Piston (Piston rod)* ke batang engkol (*connecting rod*), *Crosshead* dapat meluncur pada bantalan luncurnya.



Gambar 2.16 *Crosshead* (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

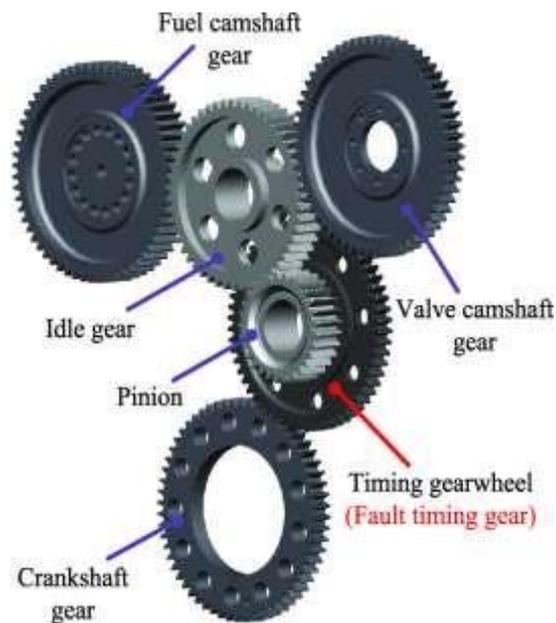
14. Poros Nok (*Cam shaft*)



Gambar 2.17 Poros Nok (*Cam Shaft*) (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

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.

15. Gigi timing



Gambar 2.18 Gigi Timing (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

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

14. Pengaturan (*Governor*)

Pengaturan (*Governor*) dalam mesin kapal adalah sistem otomatis yang mengatur dan mengendalikan kecepatan mesin, memastikan putaran mesin tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban atau kondisi operasi. *Governor* bekerja dengan mengatur jumlah bahan bakar yang masuk ke mesin sesuai dengan kebutuhan, menjaga putaran mesin pada kecepatan yang diinginkan.

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.

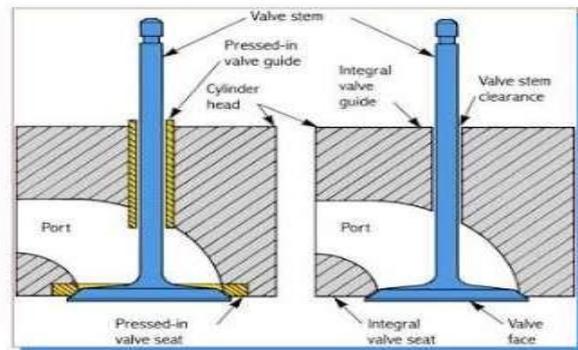


Gambar 2.19 Pengaturan (*Governor*)2024

2.5 Komponen *Cylinder Head*

1. *Valve*

Valve Seats and Guides



Gambar 2. 20 *Valve Seats And Guides* Sumber

: (Dadan 2018. Teknik Alat Berat. Tersedia:

<https://www.teknisialatberat.online/2018/08/komponen-cylinder-head-mesindiesel/html>).

Terbuka dan tertutupnya valve secara teratur untuk memasukkan udara ke dalam cylinder dan membuang gas hasil dari pembakaran keluar. Pergerakan valve diambil dari putaran camshaft yang dirubah menjadi gerakan vertical melalui push rod dan kemudian gerakan push rod ditransfer melalui rocker arm dan di teruskan ke valve. Valve juga sebagai permukaan ruang pembakar sehingga selalu menerima beban panas yang tinggi dari pergerakan vertical yang berulang-ulang dengan demikian valve harus dibuat dari material yang spesial dan tahan panas.

2. *Valve Guide*

Valve guide sebagai penunjuk pergerakan valve secara sliding antara permukaan valve stem dan valve guide dengan gerakan vertikal dan juga sebagai pengontrol pelumasan pada valve stem. Dengan demikian dibutuhkan celah yang tepat antara stem dan guide sehingga tidak terjadi kebocoran udara dan oli kedalam air intake dan exhaust gas. Valve guide dan valve harus dibuat dari bahan tahan panas dan dikerjakan dengan teliti. Valve guide juga dirancang untuk mudah dilepas bila melakukan penggantian dan perbaikan celah antara stem dan guide valve.

3. *Valve Seat*

Valve Seat adalah suatu ring yang tahan terhadap panas dan benturan, yang dipasang diantara permukaan valve yang bersentuhan dengan *Cylinder Head*. Permukaan valve yang bersentuhan dengan cylinder selalu menerima benturan dan berdekatan dengan gas panas yang tinggi sehingga *Valve Seat* harus diperhitungkan tahan panas, kuat dan tidak mudah aus terutama pada bagian exhaust valve.

Itu umumnya *Cylinder Head* dibuat dari besi tuang. Saat ini banyak mesin yang *Cylinder Head* nya dibuat dari paduan besi. *Cylinder Head* yang terbuat dari paduan besi memiliki kemampuan pendingin yang lebih besar dibanding dengan yang terbuat dari besi tuang. Pada *Cylinder Head* juga dilengkapi dengan mantel pendingin yang dialiri air pendingin yang datang dari blok silinder untuk mendinginkan mesin. Pada *Cylinder Head* ditempatkan ruang bakar, tempat terjadinya pembakaran bahan bakar. Bentuk ruang bakar sangat berpengaruh dengan adanya penempatan dua buah katup. Ada beberapa macam atau jenis ruang bakar yang umum digunakan antara lain:

1. Ruang bakar model setengah bulat (*Hemispherical Combustion Chamber*) ini mempunyai permukaan yang kecil dibanding dengan jenis ruang bakar lain yang kapasitasnya sama. Ini berarti panas yang hilang sedikit (efisiensi panasnya tinggi) dibanding dengan model lainnya. Di samping itu memungkinkan efisiensi saat pemasukan dan pembuangan (*intake* dan *exhaust*) lebih tinggi. Ruang bakar jenis ini konstruksinya lebih sempurna tapi penempatan mekanis katupnya menjadi lebih rumit.
2. Ruang bakar model Baji (*Wedge type combustion chamber*) ini kehilangan panasnya kecil, konstruksi mekanisme katupnya lebih sederhana bila dibandingkan dengan ruang bakar model setengah bulat.
3. Ruang bakar model bak mandi (*Bath up type combustion chamber*) konstruksinya sederhana dan biaya produksinya lebih rendah. Hal ini saat penghisapan (*intake*) atau pembuangan

(exhaust) kurang sempurna dibanding dengan jenis ruang bakar model setengah bulat.

4. Ruang bakar model Pent roof ini umumnya digunakan pada mesin yang mempunyai jumlah katup hisap atau katup buang lebih dari 2 dalam tiap-tiap silinder yang disusun sedemikian rupa antara katup dan poros noknya. Disebut model pent roof sebab membentuk segi empat, baik tegak atau mendatar. Model ini selain memberikan efek semburan yang baik dan lebih cepat terbakar.
5. Gasket antara *Cylinder Head* dan Blok Silinder dipasangkan Gasket/paking. Berfungsi untuk mencegah kebocoran gas pembakaran, air pendingin dan oli.

4. *Valve Spring*

Valve Spring mengangkat valve sampai valve merapat pada *Valve Seat* apabila valve sedang menutup. *Valve Spring* juga bekerja mengembalikan rocker arm, push rod dan tappet atau cam follower secara keseluruhan ke posisi normal dengan cepat.

Push rod dan tappet atau cam follower selama operasi menimbulkan inertia yang menyebabkan valve jamping pada saat engine putaran tinggi akan terjadi keausan/cacat dan dapat terjadi benturan valve dengan *Piston*.

Valve Spring bila mengeluarkan daya kerja yang besar dapat mendapat beban yang berulang-ulang akan membuat material spring mengeluarkan tenaga yang besar dan mempercepat melemahnya kekuatan spring ini juga bisa disebabkan jika natural frekuensi dari *Valve Spring* sama dengan kelipatan kecepatan putar dari cam shaft, sehingga *Valve Spring* akan bergetar lebih kuat karena terjadinya resonance frekuensi.



Gambar 2.21 *Valve Spring* Sumber:
(Anonym 2017. *Valve Spring*, Tersedia :
<https://th.aliexpress.com/item/LF!25-LIFAN-horizontal-125-engine-intake-Andexhaust-valves-Kit-with-Valve->)

5. *Cylinder Head Gasket*

Cylinder Head gasket berfungsi sebagai penyekat gas pembakaran dan air pendingin dan oli pelumas yang bersirkulasi antara *Cylinder Head* dan *cylinder block*. *Cylinder Head gasket* tidak hanya tahan terhadap tekanan tinggi dan tahan panas tetapi juga tahan terhadap oli dan air. Juga ketebalan gasket dalam waktu tertentu dapat mempertahankan ketebalannya setelah baud pengikat dikencangkan (jika ketebalan gasket berubah akan membuat kekencangan baud pengikat berubah). Kebocoran air, gas dan oli bisa terjadi tidak hanya bocor keluar akan tetapi dapat bocor kedalam engine. *Cylinder Head gasket* bisa dibuat dari asbestos *sAnd* wicked kemudian dilapis dengan plate baja atau bisa dibuat dengan hanya satu plate baja saja pada ubang air, lubang oli dan lubang cylinder dilapisi suatu bahan penyekat (direinforce dengan tembaga atau kawat baja).



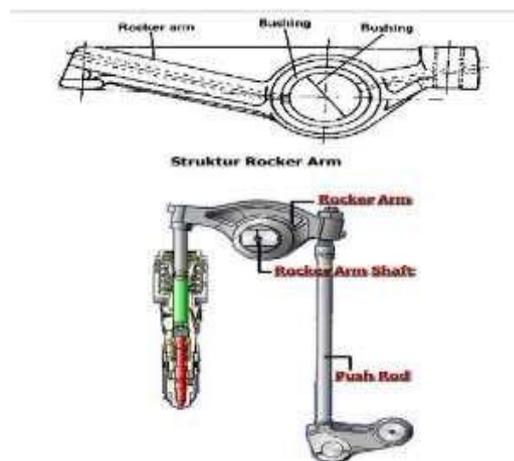
Gambar 2.22 *Cylinder Head Gasket*

Sumber: (Anonym 2016. *Cylinder Head gasket*. Tersedia: <https://www.google.com/search?sa=G&hl=id&q=circle&tbm=isch&tbs=iimg:CA QSkwEJhKY-OvGWS4YahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwwga>)

6. *Rocker Arm dan Rocker Arm Shaft*

Seluruh rocker arm terpasang di rocker arm shaft diatas *Cylinder Head* dan kemudian dihubungkan dengan push rod serta dihubungkan juga dengan valve intake dan exhaust. Pergerakan vertikal push rod yang mengikuti gerak putar camshaft, ditransfer melalui rocker arm ke valve stem dengan arah yang berlawanan.

Kerenggangan antara rocker arm dan valve stem harus ada untuk mengatasi pemuaian dari mekanisme penggerak. Sehingga mencegah terbukanya valve (akibat memanjangnya mekanisme penggerak). Penyetelan valve clearance dengan mengendorkan lock nut dan memasukan feeler gauge yang tebalnya sesuai ukuran standar antara rocker arm dan valve stem dan putar screw bolt untuk menyesuaikan kerenggangan. Untuk penyetelan yang model empat valve, stel kerenggangan antara rocker arm dan cross head. Kerenggangan valve yang baik tergantung dari panjang dan bentuk dari push rod dan rocker arm. Untuk mendapatkan hasil kerenggangan valve yang baik dapat dilakukan pada saat engine panas.



Gambar 2.23 Struktur Rocker Arm

Sumber : (Jaka 2019. *Penyetelan Rocker Arm*. Tersedia : <https://edoc.pub/penyetelan-celah-katup-pdf-free.html>)



Gambar 2.24 Rocker Arm (PT. Waruna Shipyard Indonesia)2024

2.6 Proses Pembakaran

Proses pembakaran yaitu kegiatan dimana suatu proses terjadi di dalam silinder pada waktu terjadinya pembakaran. Pada kesempatan ini berkesinambungan dengan meningkatnya suhu dan tekanan di dalam silinder.

Menurut Syahrani, A. (2006) proses pembakaran disebabkan adanya tiga item yang bereaksi, yakni bahan bakar, oksigen dan panas, apabila diantara satu item yang ada diatas tidak ditemukan maka proses pembakaran tidak akan terjadi secara sempurna.

Menurut Nagrik, K. S. (2017) ada berbagai daerah *Cylinder Head* yang mengalami pemuatan panas yang parah seperti daerah sempit antara katup daerah yang tidak hanya menerima panas dari gas pembakaran dalam cylinder selama periode pembakaran tetapi juga dari gas yang terbakar mengalir melalui katup buang, ini dapat menyebabkan deformasi yang dapat menyebabkan kegagalan. Sehingga dapat mengurangi tekanan suhu dan panas yang bekerja pada *Cylinder Head*.

Ketika terjadinya pembakaran adanya perubahan dari energi kimia menjadi energi dengan bentuk panas yang mana pada proses pembakaran menghasilkan sisa gas dari hasil pembakaran yang sering disebut gas buang, adapun komponen-komponen dari gas buang antara lain CO₂, NO₂, H₂O, SO₂ dan CO. Pada proses pembakaran bahan bakar akan sangat membutuhkan udara tambahan untuk menyempurnakan pembakaran pada

bahan bakar. Kemungkinan-kemungkinan pada saat proses pembakaran Adalah:

1. Pembakaran Normal

Pembakaran normal adalah suatu proses yang mana unsur pada bahan bakar yang terbentuk dari gas CO₂, dan H₂O, yang mengakibatkan tidak ada sisa pada bahan bakar. Prosedur dalam pembakaran normal diawali dengan adanya percikan dari bunga api listrik dan busi. Kemudian percampuran bahan bakar dan udara yang terdapat disekitarnya akan terbakar oleh api dan akan meluas kesemua bagian-bagian sampai campuran bahan bakar – udara habis tanpa sisa. Panas yang dikeluarkan pada saat proses pembakaran di silinder motor akan maikkkan suhu pada gas pembakaran dengan suhu yang maksimal, dengan kata lain gasgas akan mendapatkan tekanan maksimal. Akan tetapi jika ada pembakaran yang tidak sempurna pada bahan bakar, maka akan ada sisa dari bahan bakar tersebut, dan juga dialami pada gasgas pembakaran, yang nantinya akan menghasilkan liat dan sampai berubah bentuk menjadi keras.

2. Pembakaran Susulan (*Detonasi*)

Pembakaran tidak sempurna dapat menimbulkan gejalagejala yang sering disebut dengan *Detonasi* atau bisa juga dinamakan knocking. Hal tersebut dapat disebabkan adanya proses pembakaran yang tidak bersamaan pada langkah akhir kompresi (busi membuat percikan-percikan bunga api) dengan adanya tAnd-tAnda pengapian sendiri yang terjadi secara tiba-tiba dan mendadak dikahir proses pencampuran. Campuran yang sudah terbakar akan mengitimidasi campuran lain dari bahan bakar yang belum terbakar. Yang mengakibat, adanya kenaikan suhu pada campuran bahan bakar yang belum terbakar yang nantinya akan menyala dengan sendirinya. Factor-faktor yang mempengaruhi adanya *Detonasi* pada motor diesel ialah:

- a. Temperature pada cylinder
- b. Tekanan pada cylinder
- c. Durasi waktu pembakaran
- d. Terdapat kerusakan pada nozzle injector

Dampak yang timbul dari pembakaran yang tidak sempurna diantaranya menumpuknya endapan-endapan carbon deposit atau karbon sisa hasil pembakaran yang tersangkut dan menempel di dalam *Cylinder Head*. Hal ini disebabkan pengembunan pada bahan bakar melalui injektor pada langkah kompresi bahan bakar mengalami kebocoran tetesan tetesan menuju ruang pembakaran tidak menghasilkan kabut sehingga tidak terbakar pada langkah usaha.

Pembakaran tambahan yang kurang wajar tidak dapat dinegosiasikan dan dalam kurun waktu yang lama, maka menimbulkan menurunnya rendemen motor dan kondisi yang lebih akut dapat menimbulkan overheater di bagian-bagian motor termasuk diantaranya *Cylinder Head* karena adanya kalor yang diserap oleh air pendingin yang kurang optimal.

Gas-gas hasil pembakaran susulan yang mempunyai warna hitam dan motor mengalami beban yang tinggi yang akan menimbulkan asap yang sangat tebal. Dalam hal ini bahaya yang dapat ditimbulkan terhadap pemanasan secara berlanjut pada bagian mesin. Contohnya pada *Cylinder Head* yang mengalami perubahan pada bagian materialnya sehingga pada bagian dalam *Cylinder Head* mudah terjadi korosi dan endapan carbon deposits akan menempel. Hal tersebut menjadi salah satu dari penyebab terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* motor induk.

3. Karakteristik Udara

Udara adalah suatu partikel pembakaran atau oksigen, yang diperlukan pada saat terjadinya pembakaran. Karenanya benda yang masuk ke dalam silinder adalah minyak diesel.

Menurut Syahrani, A. (2006) udara yang dimanfaatkan untuk proses pembakaran didalam mesin, tersusun dari inert gas dengan jumlah yang banyak, yaitu Nitrogen. Pada waktu terjadinya proses pembakaran, beberapa nitrogen akan bercampur menjadi satu bersama oksigen dan menghasilkan nitrogen dioksida, dan bagian yang lebih besarnya akan tetap menjadi nitrogen sampainya keluar dari mesin.

Hakikatnya udara yang terdapat didalam juga mengAndung beberapa partikel kecil sebagai contohnya debu yang nantinya membentuk kotoran. Jika udara tersebut akan digunakan tanpa adanya aturan maka berdampak

pada sesuatu yang tidak diinginkan. Maka daripada itu perlunya pemasangan filter udara pada motor. Apabila tidak melalui proses penyaringan maka akan berdampak secara langsung apabila butiran pada bahan bakar yang terjadi dikarenakan pengembunan yang sangat besar atau butiran menggumpal jadi yang besar, maka terjadilah dekomposisi.

Dengan itu maka dapat menimbulkan munculnya karbonkarbon padat atau angus. Penyebab dari hal tersebut dikarenakan suhu yang tinggi pada saat pemanasan udara, pada hakikatnya proses penguapan dan pencampuran udara di dalam silinder terjadi dengan tidak optimal. Terutama di saat banyaknya bahan bakar yang diembunkan dan perbesaran pada daya mesin, hal tersebut yang mengakibatkan timbulnya kumpulan angus, gas buang yang dikeluarkan mesin melalui cerobong asap akan berwarna hitam dan menyebabkan polusi udara. Lama kelamaan akan berpengaruh pada kondisi yang membatasi daya pada pesawat penggerak utama.

2.7 Sistem Pemeliharaan

Perawatan yang dilakukan di *Cylinder Head* mesin penggerak utama dengan adanya titik utama yaitu mengurangi kerusakan sekecil-kecilnya pada komponen, dan tetap menjaga kinerja mesin ar tetap optimal dan terawat untuk itu dibutuhkan suatu strategi dalam melaksanakannya.

Menurut Dini, Mentari (2017) Di dalam kapal TB Madelin Citra mengetahui keadaan dari mesin induknya yang memiliki umur yang tidak muda lagi, dan jenis kapal curah bulk carrier yang mempunyai durasi perawatan minim. Ada rencana pada saat proses perawatan yang dilakukan pada mesin induk dengan kriteria-kriteria diantaranya, yaitu:

- a. Perawatan Berencana Perawatan berencana suatu proses dimana untuk mengurangi kerusakan dan beban kerja pada saat pekerjaan perawatan dibutuhkan. Pada proses ini, alangkah baiknya perawatan dimusyawarahkan dengan masinis/ kepala kerja di pada bagian yang lain, sehingga dapat mampu menghasilkan kinerja/kekompakan keadaan kerja pada kapal terkhusus kamar mesin.

- b. Perawatan Insidental Perawatan insidental adalah jenis perawatan yang timbul dari kegiatan secara tiba-tiba/kurang adanya persiapan yang memfokuskan pada komponen dari mesin induk.
- c. Perawatan Pencegahan Perawatan pencegahan yaitu perawatan yang mempunyai tujuan mengurangi semakin besarnya kegagalan, atau menemukan kegagalan secepat mungkin, hal ini dapat dikondisikan dengan penyetelan secara periodik, rekondisi, penggantian alat-alat atau dapat dilakukan dengan melihat keadaan sekitar.
- d. Perawatan Perbaikan Perawatan perbaikan adalah perawatan dengan tujuan utama memperbaiki sesuatu yang mengalami kerusakan.
- e. Perawatan Periodik Perawatan periodik yaitu jenis perawatan dengan melihat jam- jam kerja yang dilakukan dengan berkelanjutan dari *Cylinder Head* dan komponen penunjangnya dan juga peralatannya.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dan Lokasi penelitian ini dilakukan di PT. Waruna Shipyard Indonesia Jalan Bagan Deli Lama, Belawan 1, Kec. Medan Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan 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

3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Cylinder Head*

Cylinder Head adalah salah satu mesin 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 gas buang dikeluarkan. Fungsi *Cylinder Head* komponen penutup blok silinder yang bertugas menutup rongga silinder.

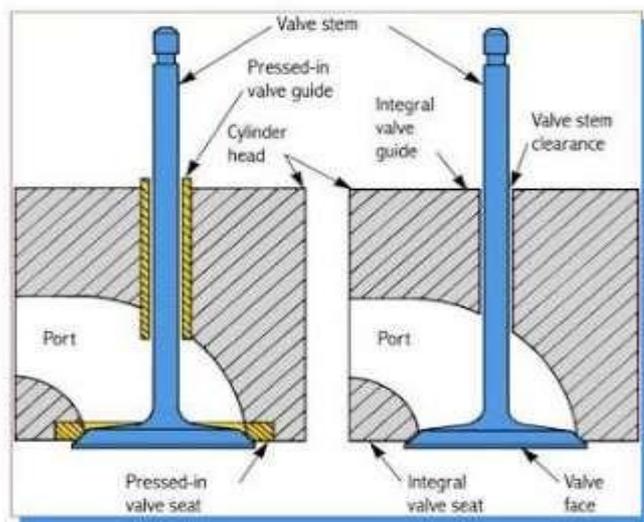


Gambar 3.1 *Cylinder Head* (PT Waruna Syipyard Indonesia)

2. Valve

Terbuka dan tertutupnya Valve secara teratur untuk memasukkan udara ke dalam Cylinder dan membuang gas hasil dari pembakaran keluar. Pergerekan valve diambil dari putaran camshaft yang diubah menjadi Gerakan vericl melalui push rod dan kemudian Gerakan push rod ditransfer melalui rocker arm dan di terus kan ke valve.

Valve Seats and Guides



Gambar 3.2 Valve And Guides

3. Valve Guides

Valve Guides sebagai penunjuk pergerakan valve secara sliding antara permukaan valve sistem dan valve gulide dengan gerakan vertical dan juga sebagai pengontrol pelumasan pada valve stem. Dengan demikian dibutuhkan celah yang tepat antara stem dan guide sehingga tidak terjadi kebocoran udara dan oli kedalam air intake dan exhaust gas. Valve gide dan valve harus dibuat dari bahan tahan panas dan dikerjakan dengan teliti. Valve guide juga dirancang untuk mudah dilepas bila melakukan penggantian dan perbaikan celah antara stem dan guide valve.

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: 1. *Dye Penetrant Test*

Dye Penetrant Test adalah jenis pengujian yang menggunakan liquid atau carian yang berfungsi untuk menemukan kelemahan permukaan seperti keretakan pada las lasan, sambungan, dan diskontinuitas permukaan lainnya.



Gambar 3.3 *Dye Penetrant Test*

2. *Test Press*

Test Press untuk mengetahui keretakan atau kebocoran pada *Cylinder Head* dengan tegangan tinggi, dimana alat yang digunakan *Test Press* pada saat pengetesan keretakan *Cylinder Head* harus menyediakan air untuk diletakan didalam *Cylinder Head* tersebut dan didalam alat *Test Press* tersebut, setingan untuk presser pada *Test Press* dari 0 sampai 5 bar.



Gambar 3.4 *Test Press*

3. Kunci – Kunci Rng Pas

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



Gambar 3.5 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, *Cylinder Head*, liner, *Piston*, blok dan lain-lain.



Gambar 3.6 Belting (*Webbing Sling*)

5. Sarung Tangan

Sarung Tangan berfungsi sebagai melindungi tangan dari cedera, suhu ekstrem, dan kontaminasi, Sarung tangan juga dapat meningkatkan daya cengkraman dan menjaga kebersihan tangan.



Gambar 3.7 Sarung Tangan

6. Pengaturan (*Governor*)

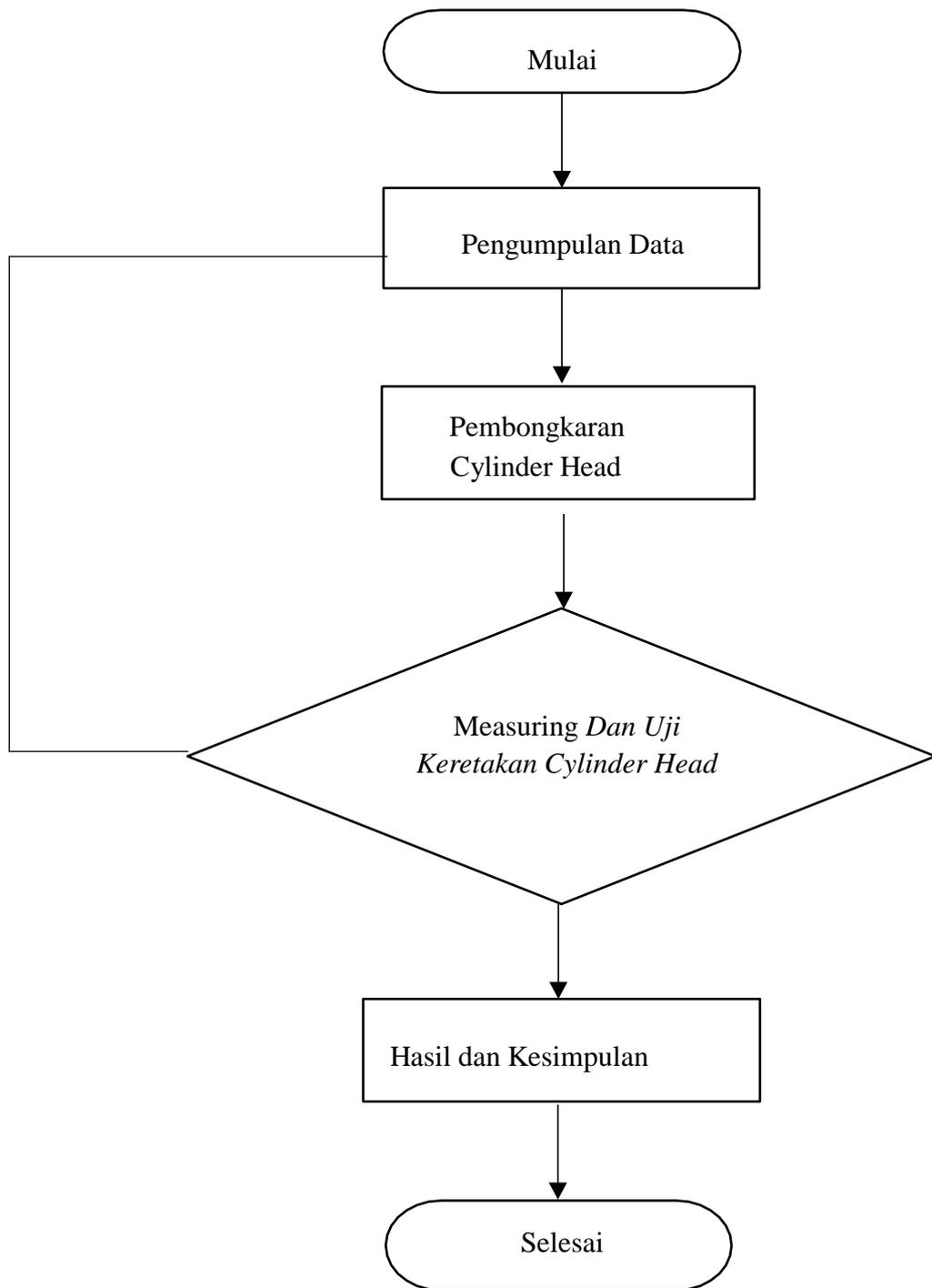
Pengatur (*Governor*) adalah menjaga putaran mesin pada kecepatan yang diinginkan tanpa tergantung perubahan beban maksimum yang dapat di bawa oleh mesin. Untuk mengetahui keretakan pada *Cylinder Head* melalui *Governor*.



Gambar 3.8 Pengaturan (*Governor*)

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di workshop Engine PT. Waruna Shipyard Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah dalam analisis *Cylinder Head* Tugboat madelin Citra masih memenuhi standar sesuai dengan buku panduan dan untuk mengetahui bagaimana cara meminimalisir kerusakan pada *Cylinder Head* (Gemely, 2018). Adapun bagan alir penelitian ini dilihat pada gambar di bawah ini:

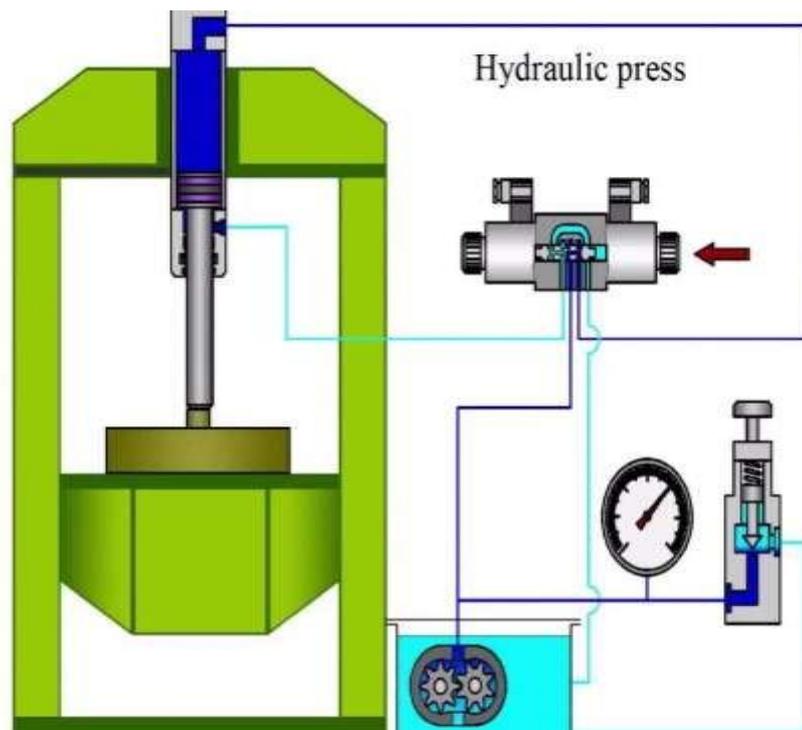


Gambar 3.9 Bagan Aliran Peneletian

3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.10 Rancangan Alat Penelitian (*Dye Penetrant Test*)



Gambar 3.11 Rancangan Alat Penelitian (*Test Press*)

3.5 Prosedur Umum melakukan *Cleaning* Dan *Measuring*

Berikut adalah cara melakukan *Cleaning*, berdasarkan petunjuk yang diketahui di tempat melakukan penelitian diberikan petunjuk tentang cara melakukan *Cleaning* visual inspection dan measuring *Cylinder Head*.

1. Bersihkan *Cylinder Head* dari sisa gasket yang menempel.
2. Ukur ketebalan *Cylinder Head* pada setiap ruang bakar.
3. Ukur kerataan permukaan area ruang bakar.

4. Periksa area pembakaran dari retakan atau kebocoran.
5. Periksa area pembakaran dari kerusakan dan erosi.

Re-kondisi komponen yang membutuhkan perbaikan dan ganti bagianbagian yang tidak memenuhi spesifikasi.



Gambar 3.12 Re-kondisi Komponen

3.6 Prosedur Alat Penelitian

Adapun Prosedur Alat Penelitian sejalan dengan petunjuk yang di ketahui di Perusahaan tempat melakukan penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data secara langsung antara lain berupa data hasil manual book.
2. Melakukan pembongkaran komponen *Cylinder Head* serta melakukan pengecekan visual dan non visual dengan operator lapangan yang mengerti tentang pemesanan mesin induk kapal TB Madelin Citra.
3. Melakukan pengecekan *Cylinder Head* untuk mengetahui mengidentifikasi *Cylinder Head* mana yang rusak pada sebelum perbaikan dan setelah perbaikan dilakukan.
4. Melakukan pengecekan di darat dengan menggunakan *Test Press* untuk mengetahui keretakan atau kebocoran pada *Cylinder Head*

5. Mengidentifikasi penyebab terjadinya keretakan *Cylinder Head* pada mesin Tugbout Madelin cetra.

3.7 Variabel

1. Menganalisis penyebab terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* motor induk.
2. Melaksanakan perawatan yang benar supaya tidak terjadi kerusakan yang parah saat kapal berlayar
3. Mencegah terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* sedini mungkin, sehingga pengoperasian dari pada mesin induk dapat berlangsung dengan lancar tanpa ada masalah.

3.8 Pengumpulan data

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Langkah – Langkah pembongkaran *Cylinder Head*

- a. Membuka cover penutup *Cylinder Head* yang berfungsi sebagai menutup bagian atas silinder, menciptakan ruang tertutup untuk pembakaran campuran bahan bakar dan udara. Selain itu, penutup silinder juga berfungsi sebagai jalur sirkulasi air pendingin untuk menjaga suhu mesin agar tetap stabil.



Gambar 4.1 Membongkar cover *Cylinder Head*

- b. membongkar atau melepas pipa saluran bahan bakar bertekanan tinggi yang menghubungkan fuel injection pump ke injector mesin diesel utama di kapal tugboat.



Gambar 4.2 Membongkar Pipa Saluran Bahan Bakar

- c. 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.



Gambar 4.3 Membuka roker arm

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



Gambar 4.4 Mengeluarkan Push rod

e. 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.



Gambar 4.5 Buka Pipa Intake

f. selanjutnya membuka Exhaust saluran yang membawa gas buang hasil pembakaran dari ruang bakar menuju exhaust manifold, dan selanjutnya ke pipa knalpot atau sistem pembuangan.



Gambar 4.6 Membuka Exhaust

g. lepaskan baut *Cylinder Head* memakai kunci pas ring atau kunci pas ukuran 30 agar bisa membuka nut.



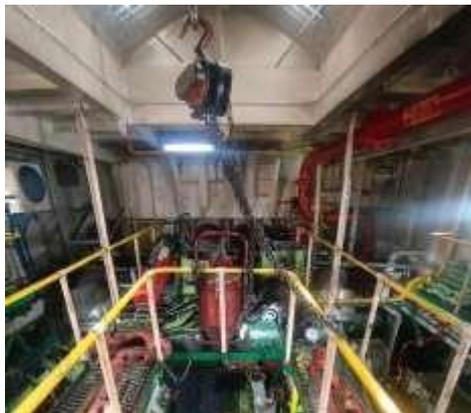
Gambar 4.7 Membuka Baut *Cylinder Head*

- h. buka nut menggunakan tools dan menggunakan pompa jek di 800 bar agar nut bisa dibuka.



Gambar 4.8 Nut dan Pompa Jek

- i. Ketika nut sudah dibuka angkat atau evakuasi *Cylinder Head* menggunakan takal berkapasitas 2 ton ke tempat area kerja yang aman.



Gambar 4.9 Takal dan *Cylinder Head*

4.1.2 Melakukan pengukuran ketebalan *Cylinder Head*

Pengukuran ini dilakukan agar didapat hasil untuk perbandingan, dan untuk mengetahui kerusakan secara visual, karna kerusakan pada area ini bisa berdampak besar bagi kinerja engine, dampak dari kerusakan pada area ini antara lain bocornya kompresi, masuknya oli kedalam ruang bakar, yang mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna.

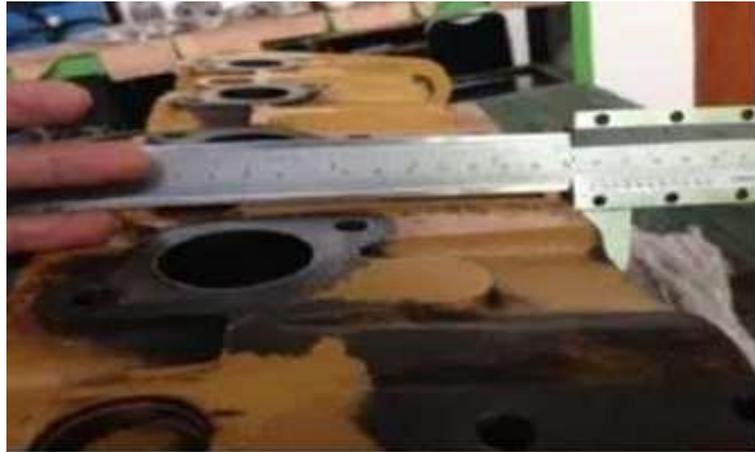
Berikut adalah hasil gambar pengukuran ketebalan *Cylinder Head*:



Gambar 4.10 Hasil Pengukuran *Cylinder Head* no 1



Gambar 4.11 Hasil Pengukuran *Cylinder Head* no 2



Gambar 4.12 Hasil Pengukuran *Cylinder Head* no 3



Gambar 4.13 Hasil Pengukuran *Cylinder Head* no 4



Gambar 4.14 Hasil Pengukuran *Cylinder Head* no 5



Gambar 4.15 Hasil pengukuran *Cylinder Head* no 6

NO	Jenis Pengukuran	Spesifikasi
1	Pengukuran table pada Cyliner Head	New head±158 Minimum 157.60mm

Tabel 4.1 Spesifikasi tebal pada *Cylinder Head*

Model	Ketebalan <i>Cylinder Head</i> yang baru	Minmal Ketebalan <i>Cylinder Head</i>	Hasil Aktual <i>Cylinder Head</i>	Ket

			1. 158.05 mm	Good
			2. 158.05 mm	Good
Diesel	158 ± 0.15 mm	157.60 mm	3. 158.10 mm	Good
			4. 158.05 mm	Good
			5. 158.05 mm	Good
			6. 158.10 mm	Good

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran ketebalan *Cylinder Head*

Tabel diatas merupakan hasil pengukuran ketebalan *Cylinder Head* yang dimana minimal ketebalan *Cylinder Head* 157.60 mm, dan setelah dilakukan pengukuran terhadap *Cylinder Head* yang lama memiliki ketebalan 158.05 mm dimana ketebalan tersebut masih layak pakai. Dan dilakukan lagi pengukuran berikutnya dan di dapat hasil seperti tabel diatas.

4.2 Pembahasan dan masalah

Kerusakan yang sering terjadi pada *Cylinder Head* diantaranya adalah retak, korosi, keretakan *Cylinder Head* pada main engine disebabkan oleh hambatan pada exhaust valve yang menyebabkan panas berlebihan pada sylinder head sehingga menghambat penyerapan panas oleh air pendingin yang menyebabkan terjadinya *over heat*. Dari setiap kerusakan tersebut berbeda-beda cara penanganannya tergantung dari kerusakann yang terjadi, karna harga *Cylinder Head* cukup mahal maka ketika diketahui adanya keretakan tidak lansung diganti namun dilakukan perbaikan.

Keretakan yang terdapat pada *Cylinder Head* tugbout Madelin Citra memiliki panjang 30mm dan kedalaman 2mm.

4.2.1 Penyebab terjadi keretakan pada *Cylinder Head*

Cylinder Head retak biasanya terjadi pada mesin diesel, keretakan pada umumnya terjadi karena *over heat*, yaitu mesin terlalu panas yang diakibatkan muatan yang berlebihan atau sistem pendinginan yang rusak karena kebocoran salahsatunya, dan tidak optimalnya pendingin pada *Cylinder Head* kurang berjalannya PMS (plan maintenace system), Terjadinya keretakan pada *Cylinder Head* disebabkan oleh beberapa faktor, berdasarkan pengamatan dan hasil penelitian serta data-data yang penulis

temukan maka, akan muncul Analisa mengenai penyebab terjadinya keretakan *Cylinder Head* mesin induk dengan antara lain:

1. Kurangnya Pendinginan pada *Cylinder Head*

- Suhu dalam silinder mesin diesel saat pembakaran bisa mencapai $> 600^{\circ}\text{C}$.
- *Cylinder Head* terkena langsung panas dari proses pembakaran.
- Sistem Pendingin (air tawar atau air laut) digunakan untuk menyerap panas berlebih dari mesin.
- Kekurangan pendinginan menyebabkan:
 - Kenaikan suhu material di *Cylinder Head*.
 - potensi overheat (panas berlebihan)
 - Air tawar dalam jangka Panjang bisa menyebabkan pengendapan garam.
 - Membentuk kerak di dalam *Cylinder Head*.
 - Kerak menghambat transfer panas (karena bukan penghantar panas yang baik).
- Akibatnya:
 - Pendinginan tidak efektif
 - Suhu semakin tinggi \rightarrow tegangan termal meningkat.
 - Risiko keretakan pada *Cylinder Head*.

2. Terjadinya pembakaran susulan dalam silinder (*Detonasi*)

Pembakaran susulan (*Detonasi*) terjadi karena bahan bakar yang disemprotkan melalui injector tidak sepenuhnya berbentuk kabut, sehingga tidak terbakar sempurna. Akibatnya, masih terjadi pembakaran saat langkah usaha, yang menyebabkan penumpukan endapan karbon pada dinding silinder head. Endapan ini menghambat penyerapan panas oleh air pendingin.

DATA SUHU GAS BUANG *CYLINDER HEAD*

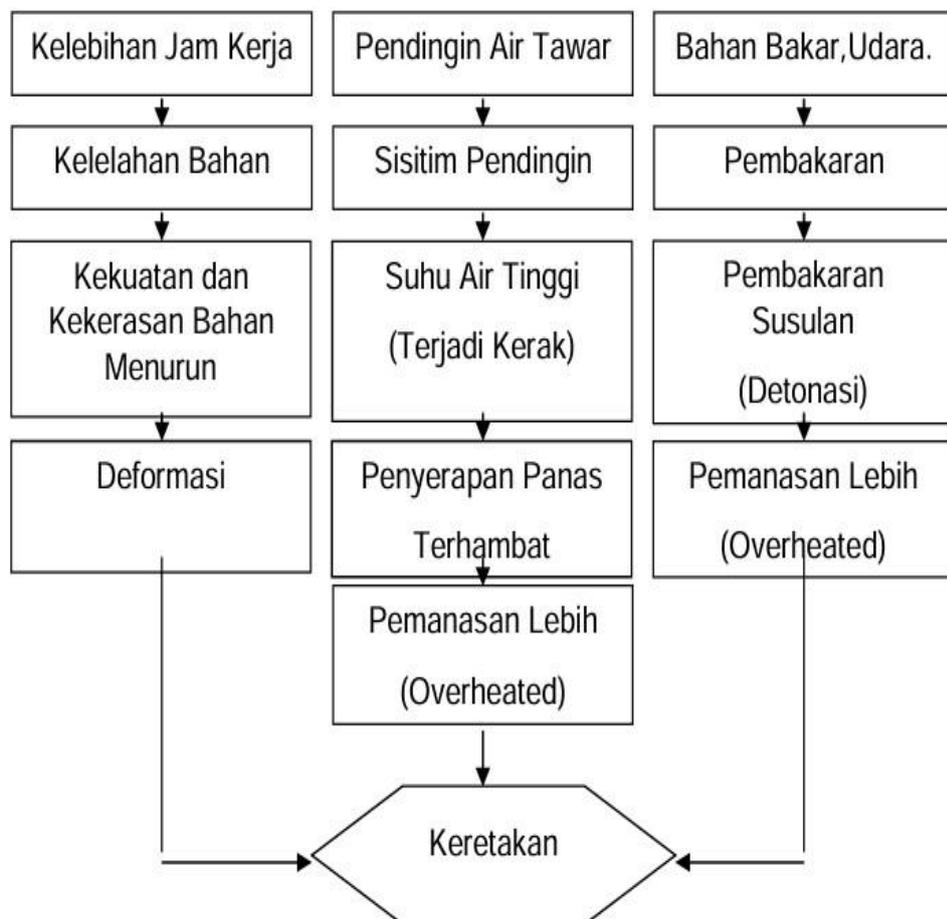
BATAS SUHU NORMAL $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$

NO 1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6
310	350	370	320	380	430

Tabel 4.3 Data Suhu Gas Buang *Cylinder Head*

Hasil pembakaran susulan yang berwarna gelap menandakan beban motor terlalu tinggi, sehingga menghasilkan asap tebal dari cerobong. Kondisi ini berbahaya karena dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada komponen mesin, khususnya *Cylinder Head*. Akibatnya, struktur material *Cylinder Head* bisa berubah, memicu korosi dan penumpukan karbon yang berpotensi menyebabkan retak.

Skema Terjadinya Keretakan *Cylinder Head*



Gambar 4.16 Alur Skema Terjadinya Keretakan *Cylinder Head* (Kapal Madelin Citra)



Gambar 4.17 Keretakan pada *Cylinder Head*

Langkah-Langkah perbaikan adalah sebagai berikut:

4.2.2 Melakukan pembongkaran bagian *Cylinder Head*

Pembongkaran *Cylinder Head* dilakukan untuk pemeliharaan yang afektif, dalam setiap kegiatan instalasi ini harus diikuti dan dimungkinkan oleh keadaan operasi.



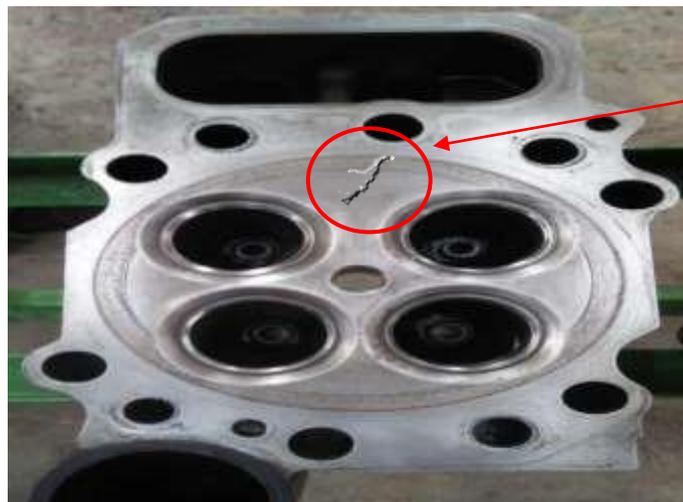
Gambar 4.18 Pembongkaran *Cylinder Head*

4.2.3 Melakukan *Cleaning Cylinder Head* dari sisa gasket yang menempel

Setelah melakukan pembongkaran terhadap *Cylinder Head*, dilakukan pembersihan (*Cleaning*) *Cylinder Head* dari kotoran-kotoran yang bisa dilakukan dengan dua cara, *mechanical* atau *chemical*. Pembersihan dengan *mechanical* adalah pembersihan menggunakan alat seperti sikat, majun sedangkan pembersihan dengan cara *chemical* adalah dengan menggunakan zat kimia tertentu yang memiliki kemampuan untuk membersihkan bagianbagian *cylinder head* dari kotoran-kotoran yang menempel.



Gambar 4.19 Kondisi *Cylinder Head* Sebelum di *Cleaning*



Retak

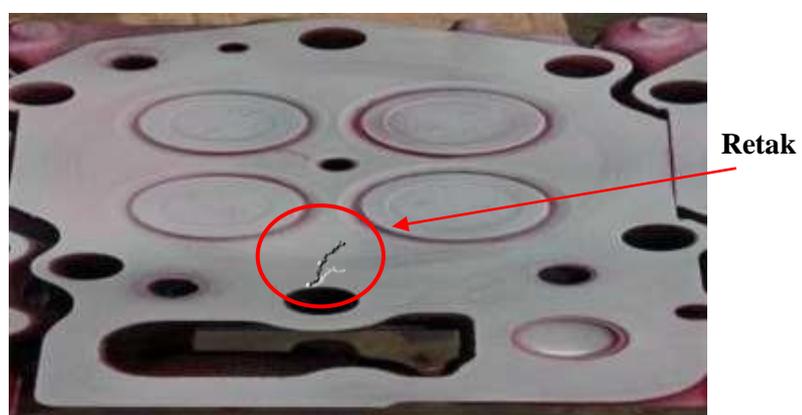
Gambar 4.20 Kondisi *Cylinder Head* Setelah di *Cleaning*

4.2.4 Melakukan pengujian dengan *Colour Check*

Dilakukan pengujian dengan *Colour Check* untuk mendeteksi cacat terbuka pada permukaan suatu bahan atau komponen, misalnya cacat retakan, cacat korosi pada *Cylinder Head*, uji cairan penetran dapat dilakukan pada semua jenis bahan asal permukaan tidak menyerap cairan penetran tersebut.



Gambar 4.21 Pengujian dengan *Colour Check* tahap 1



Gambar 4.22 Pengujian dengan *Colour Check* tahap 2



Gambar 4.23 Pengujian menggunakan *Test Press*

4.2.5 Penanganan keretakan pada *Cylinder Head*

Karna harga *Cylinder Head* cukup mahal maka ketika diketahui adanya keretakan tidak langsung diganti namun dilakukan perbaikan, untuk memperbaiki *Cylinder Head*, harus diturunkan dulu kemudian Permukaan harus bersih dan licin sampai terlihat mengkilap, untuk mengatasi *Cylinder Head* yang retak bisa ditangani dengan pengelasan dengan pengelasan yang tepat maka akan membuat *Cylinder Head* mampu berfungsi secara maksimal.



Gambar 4.24 Hasil Pengelasan *Cylinder Head*

4.2.6 Pencegahan Penyebab keretakan

4.2.6.1 Penggantian *Cylinder Head* Sesuai Jam Kerja (Running Hours)

Cylinder Head memiliki batas maksimal jam kerja yang telah ditetapkan oleh pabrik pembuat, yaitu 6.000 jam sesuai dengan *engine maintenance manual*. Jika penggunaan melebihi batas tersebut tanpa penggantian, maka material akan mengalami kelelahan dan berpotensi mengalami keretakan. Oleh karena itu, penggantian harus dilakukan sesuai jadwal.

Untuk mencegah kerusakan, perlu dibuat jadwal pengecekan dan perawatan yang disiplin, mengacu pada *manual book*. Jadwal tersebut harus mencantumkan batas jam operasi maksimal *Cylinder Head* sebagai acuan dalam inspeksi dan penggantian.

4.2.6.2 Pemeriksaan Terhadap Sistem Pendingin

Berkurangnya performa pendinginan *Cylinder Head* oleh air tawar dapat menyebabkan *overheat*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan menyeluruh pada sistem pendingin dengan langkah-langkah berikut:

1. Periksa tekanan pompa air tawar, pastikan berada pada kisaran normal (1,5–2,5 kg/cm²). Jika tidak, lakukan perbaikan.
2. Cek kapasitas dan aliran air pendingin, terutama jika tekanan pompa turun. Periksa dan bersihkan filter air tawar dari kotoran yang menghambat aliran.
3. Pastikan katup isap dan katup distribusi air tawar terbuka penuh. Katup yang tertutup sebagian akan mengurangi suplai air ke mesin induk meskipun pompa beroperasi.
4. Periksa kondisi bearing shaft pompa, ganti jika aus atau rusak. Pastikan pelumasan *grease* cukup agar putaran pompa tetap optimal.
5. Cek kondisi *glAnd* packing. Jika terjadi kebocoran akibat packing rusak atau robek, segera ganti dengan ukuran yang sesuai dan kencangkan baut agar rapat.

6. Perhatikan kebocoran pada pipa atau sambungannya, yang dapat mengurangi kapasitas air pendingin. Segera atasi dengan pambalut karet, pengelasan, atau penggantian pipa jika diperlukan.

4.2.6.3 Pencegahan pembakaran Susulan (*Detonasi*)

Hal ini biasanya disebabkan oleh pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna akibat kerusakan atau penyumbatan pada injector, sehingga pencampuran udara dan bahan bakar dalam ruang bakar tidak optimal. Akibatnya, pembakaran menjadi tidak sempurna dan menimbulkan *Detonasi*. Untuk mengatasinya, perlu dilakukan pemeriksaan dan perbaikan pada injector agar proses penyemprotan bahan bakar berjalan normal.

Perbaikan dan penyetelan *injector* harus dilakukan sesuai dengan *instruction manual book*, terutama dalam hal jam kerja dan tekanan semprotan. Berikut langkah-langkahnya:

1. Pengetesan berkala

Dilakukan setiap 500–1000 jam kerja mesin. Tujuannya untuk menjaga tekanan semprot tetap optimal, yaitu sekitar 300 kg/cm², serta membersihkan nozzle dari kerak agar semprotan bahan bakar lancar.



Gambar 4.25 Pengetesan Berkala

2. Cek tekanan Injector

Jika tekanan turun hingga di bawah 200 kg/cm², maka diperlukan waktu uji minimal 30 detik untuk memastikan nozzle dalam

kondisi baik. Jika kurang dari itu, nozzle harus diperbaiki atau diganti.



Gambar 4.26 Cek Tekanan Injector

3. Pemeriksaan kabut semprotan

Kabut dari lubang nozzle harus merata. Jika bentuk atau ukuran kabut berbeda, kemungkinan ada penyumbatan pada salah satu lubang.



Gambar 4.27 Pemeriksaan Kabut Semprotan

4. Pengecekan ujung nozzle

Ujung nozzle harus tetap kering setelah pengujian. Jika basah, indikasi pengabutan tidak sempurna dan perlu perbaikan.



Gambar 4.28 Pengecekan ujung nozle

5. Cek kebocoran bahan bakar

Jika masih terdapat tetesan bahan bakar di bagian bawah setelah pengujian, lakukan perbaikan atau ulangi pengujian.



Gambar 4.29 Cek Kebocoran Bahan bakar

6. Pemeriksaan Baut dan Mur Penyetel

Pastikan baut dan mur pengikat *injector* terpasang dengan kencang. Setelah pengencangan, lakukan uji ulang karena tekanan semprotan bisa berubah.



Gambar 4.30 Pemeriksaan Baut dan Mur Penyetel

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas kapal Tugboat *Cantika* serta analisis pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa keretakan *Cylinder Head* mesin induk disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu:

1. Hambatan pada exhaust valve menyebabkan panas berlebih yang tidak terserap dengan baik oleh air pendingin, sehingga terjadi *overheat* dan material *Cylinder Head* mengalami penurunan kekuatan serta ketahanan, yang akhirnya menyebabkan keretakan.
2. Proses pendinginan yang tidak sempurna akibat kotoran dan kerak dari air pendingin (air tawar yang mengalami penggaraman) menghambat aliran panas, sehingga suhu meningkat drastis dan mempercepat terjadinya retak pada *Cylinder Head*.

3. Kurangnya perhatian terhadap jam kerja (*Running Hours*) *Cylinder Head*, yang seharusnya dibatasi sesuai ketentuan pabrik. Penggunaan yang melebihi batas waktu kerja menyebabkan kelelahan material dan memperbesar risiko retakan.
4. Perawatan injector yang tidak optimal menyebabkan pembakaran tidak sempurna, yang memicu pembakaran susulan (*Detonasi*), meningkatkan suhu ruang bakar, dan menyebabkan endapan kerak pada *Cylinder Head*. Hal ini memperburuk efisiensi pendinginan dan mempercepat kerusakan.

Untuk mencegah kerusakan serupa pada *Cylinder Head* di masa mendatang, maka penulis menyarankan:

1. Lakukan pemeriksaan rutin pada exhaust valve berdasarkan sistem *Planning Maintenance System (PMS)*, serta pantau temperatur gas buang secara berkala. Jika terjadi lonjakan suhu, segera cari penyebab dan lakukan penanganan.
2. Periksa dan rawat sistem pendingin secara berkala, termasuk pompa, filter, pipa, valve, dan gland packing. Pastikan semua komponen bekerja sesuai standar dan bersih dari kotoran yang bisa menghambat aliran air pendingin.
3. Patuhi batas jam kerja (*Running Hours*) komponen *Cylinder Head*, yaitu maksimal 6.000 jam sesuai buku manual. Sediakan suku cadang (*spare part*) sebagai langkah antisipasi jika diperlukan penggantian.
4. Rawat injector secara teratur, termasuk penyetelan tekanan semprot, pengecekan nozzle, dan pengujian kebocoran, agar proses pembakaran tetap sempurna dan tidak menyebabkan *overheat*.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Keretakan Pada *Cylinder Head* Pada Mesin Togbout
Madelin Citra
Nama : Muhammad Ibnu Sina
NPM : 2107230166
Dosen Pembimbing : ChAndra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
----	--------------	----------	-------

DAFTAR PUSTAKA

- 279-Article Text-461-1-10-20181128. (n.d.).
346707-hubungan-antara-pelaksanaan-program-kese-9987944c. (n.d.).
- ANDIKA, A. (2019). ANALISIS TERJADINYA KERETAKAN PADA *CYLINDER HEAD* DI KM. MERATUS TANGGUH 2 PT. MERATUS LINE. *KARYA TULIS. habibi,+12884-File+Utama+Naskah-44373-1-18-20210408+(1)*. (n.d.).
- Haryadi, S. (2020). ANALISA PENGARUH PEMELIHARAAN TERHADAP KINERJA SISTEM PENDINGIN REFRIGERASI KAPAL. In *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim* (Vol. 2, Issue 1).
- Haryono, E., Dimas, R., Witjonarko, E., Teknik, J., Kapal, P., Negeri, P., Kampus, S., & Surabaya, S. (2017). *ANALISA UNJUK KERJA MESIN DIESEL KAPAL DUA LANGKAH(TWO STROKE MARINE DIESEL ENGINE)BERBAHAN BAKAR CAMPURAN MINYAK SOLAR(HSD) DAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH PADA BEBAN SIMULATOR FULL LOAD*. 07(2).
- Hermawati, L., Mujiarto, I., Kundori, K., & Hariyadi, S. (2020). Analisa Pengukuran *Cylinder Liner* dan *Piston* pada Overhaul Diesel Engine. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering And Science*, 1(2), 6–12.
<https://doi.org/10.35970/accurate.v1i2.324>
- Kurniawan, Y., Huda, N., & Paundra, F. (n.d.). *Analisis Perbandingan Penggunaan Baut Cylinder Head New dan Reuse Unit Ford Ranger 2.5L Terhadap Pengujian Tarik*. <https://jab.poltekba.ac.id/index.php/Heavy-Equipment>
- M. Taufik Hidayat. (2016). *IMPLEMENTASI MANAJEMEN SUKU CADANG GUNA MENUNJANG KELANCARAN OPERASIONAL KAPAL MT. CONCERTINA*. Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
- Majedi, F., & Puspitasari, I. (2017). *Optimasi Daya dan Torsi pada Motor 4 Tak dengan Modifikasi Crankshaft dan Porting pada Cylinder Head* (Vol. 5, Issue 1).
- Manuntun Sabil, A., Wilastari, S., Studi Teknik, P., & Bumi Akpelni Semarang, P. (2022). IDENTIFIKASI PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KINERJA KOMPRESOR UTAMA TERHADAP PENGISIAN BOTOL ANGIN DI KAPAL KM. HARI BARU INDONESIA. In *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim* (Vol. 4, Issue 1).
- Minfo Polgan, J., Kurnia Hadi Analisis Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Sensor, T., & Kurnia Hadi, T. (n.d.). *Analisis Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Sensor MQ-2 dan Arduino Uno*.
- Pengetahuan, H., Sikap Dengan, D., Kesehatan, P., Kumayas, P. E., Kawatu, P. A. T., Warouw, F., Kesehatan, F., Universitas, M., Ratulangi, S., & Abstrak, M. (2019).

- DAN KESEAMATAN KERJA (K3) PADA PERAWAT DI RUMAH SAKIT BHAYANGKARA TK III MANADO. In *Jurnal KESMAS* (Vol. 8, Issue 7).
- Putra, A., Abu, R., & Azman, A. (n.d.). Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan. *Universitas Ekasakti*. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i4.22358>
- Rodhi¹, A. B., Darmana², E., Pujiyanto³, F., Rekayasa, T., Kapal, P., Bumi, P., & Semarang, A. (2025). *Marine Science And T©echnology Journal Analisis Masuknya Air Pendingin kedalam Cylinder Main Engine di Kapal MT. Transko Bima*. 2(1), 24–35. <https://doi.org/10.31331/maristec.v1i1.3684>
- Safira Hedaputri, D., Indradi, R., Putri Illahika, A., Kedokteran, F., Muhammadiyah, U., & Abstrak, M. (2021). Kajian Literatur: Hubungan Tingkat Pengetahuan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dengan Kejadian Kecelakaan Kerja. In *CoMPHI Journal: Community Medicine And Public Health of Indonesia Journal* (Vol. 1, Issue 3).
- Wibowo, W., Astriawati, N., Permesinan Kapal, P., Tinggi Maritim Yogyakarta, S., Prodi Permesinan Kapal, A., & Tinggi Maritim Yogyakarta Jl, S. (n.d.-a). Optimalisasi perawatan sistem pendingin tertutup pada mesin diesel tipe MAK 8M32 Pada KM LIT ENTERPRISE. In *Jurnal Polimesin* (Vol. 19).
- Wibowo, W., Astriawati, N., Permesinan Kapal, P., Tinggi Maritim Yogyakarta, S., Prodi Permesinan Kapal, A., & Tinggi Maritim Yogyakarta Jl, S. (n.d.-b). Optimalisasi perawatan sistem pendingin tertutup pada mesin diesel tipe MAK 8M32 Pada KM LIT ENTERPRISE. In *Jurnal Polimesin* (Vol. 19).
- Zega, T., Abu, R., & Azman, A. (2024). *Analisis Penyebab Kerusakan Mesin Diesel pada Generator Set untuk Tindakan Perawatan di Kapal Tanker MT. Sea Serenity*. 11(1), 467–471.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Ibnu Sina
Alamat : JL. Young Panah Hijau GG. Damai LK. 04
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Umur : 21
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat, Tanggal lahir : Medan
Tinggi dan Berat Badan : 179
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Telepon : 0895326957784

B. ORANG TUA

Nama Bapak : Rubianto Ramli SE.
Agama : Islam
Nama Ibu : Fauza
Agama : Islam
Alamat : JL. Young Panah Hijau GG. Damai LK. 04

C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2009 – 2015 : SD NEGERI 067777
2015 – 2018 : SMP NEGERI 39 MEDAN
2018 – 2021 : SMK NEGERI 14 MEDAN PROVINSI SUMUT



UMSU

Jaguh | Cerdas | Terpercaya

Bila berbicara, pastikan agar diucapkan
dengan keyakinan dan tanggungjawab

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/IAK-V/P/PT/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20236 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631963

Website: <https://fatek.umsu.ac.id> Email: fatek@umsu.ac.id Instagram: @umsumedan Facebook: umsumedan Twitter: umsumedan YouTube: umsumedan

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 356/II.3AU/UMSU-07/P/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 Februari 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD IBNU SINA
Npm : 2107230166
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KERETAKAN CYLINDER HEAD PADA MESIN
TUGBOAT MADELIN CITRA .

Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

3. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
4. 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

Medan, 14 Syaban 1446 H
13 Februari 2025 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Keretakan Pada Cylinder Head Pada Mesin Togbout
Nama : Madelin Citra
Nama : Muhammad ibnu sina
NPM : 2107230166
Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	4/4. 2025	perbaiki format penulisan	f
2.	19/4. 2025	perbaiki bab I	f
		perbaiki bab II	f
3.	23/4. 2025	Ace sempro	f
4.	17/5. 2025	perbaiki bab III	f
		perbaiki bab IV	f
5.	25/6. 2025	Abstrak	f
6.	16/8. 2025	Abstrak	f
7.	20/8. 2025	Ace sempro	f

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

Nama : Muhammad Ibnu Sina
NPM : 2107230166
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan Cylender Head Pada Mesin Tugbout Madelin 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 :

..... *lihat buku lagi akhir*

.....

.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....

.....

.....

Medan 06 Rabiul Awal 1447 H
30 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 : Muhammad Ibnu Sina
NPM : 2107230166
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan Cylender Head Pada Mesin Tugbout Madelin 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 :

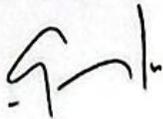
.....
- Perbaiki sesuai Templat
.....
- Perhatikan Buku Panduan
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 06 Rabiul Awal 1447 H
30 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- II



Arya Rudi Nst ST.MT