

TUGAS AKHIR

ANALISA KERETAKAN *CYLINDER HEAD* PADA MESIN TUGBOAT CANTIKA 1

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

Disusun Oleh:

MARA HENDRI SAHYUTI NASUTION
1907230171



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nasution
NPM : 1907230171
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat
Cantika I
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

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

Medan, 17 Februari 2024

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Penguji I



Khairul Umurani, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



H. Muharnif M, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji III



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

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Mara Hendri Sahyuti Nasution

Tempat/Tanggal Lahir : Balam/31 Januari 2001

NPM : 1907230171

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

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

“ANALISA KERETAKAN CYLINDER HEAD PADA MESIN TUGBOAT CANTIKA 1”

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 kuat 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 21 Juni 2023

Saya yang menyatakan,



Mara Hendri Sahyuti Nasution

ABSTRAK

Transportasi laut adalah pengangkutan batu bara dan bahan bakar melalui jaringan transportasi air. Transportasi merupakan aset yang sangat penting dan berharga, transportasi harus dikelola dengan baik dan benar, khususnya yang berhubungan dengan transportasi laut guna menjalankan roda perekonomian. *Cylinder Head* merupakan salah satu bagian utama mesin pada kapal, yang dipasang pada blok silinder dan diikat menggunakan baut. Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal *Tugboat Cantika 1* milik perusahaan PT. Waruna Shipyard selama 1 bulan. PT Waruna Shipyard sebagai salah perusahaan galangan kapal yang cukup besar. PT Waruna Shipyard sendiri tidak hanya menyediakan kapal-kapal yang besar, tetapi juga sebagai wadah perbaikan dan pembuatan kapal dari luar kota. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif dimana penelitian ini dimulai dengan langkah mengamati objek dan mencatat data yang diperoleh dari *manual book* serta wawancara yang berhubungan dengan penelitian ini. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab terjadinya keretakan *cyilinder head* pada mesin induk disebabkan oleh terjadinya hambatan pada *exhaust valve* sehingga mesin *overheat* dan disebabkan kurangnya pendingin (*cooler*) pada *Cylinder Head*. Hasil analisis *Cylinder Heat* pada kapal *Tugboat Cantika 1* di perusahaan PT Waruna Shipyard dinyatakan layak pakai karena masih memenuhi standart ISO (*International Organization for Standardization*). Dengan nilai minimal ketebalan *Cylinder Head* sebesar 157.60 mm dan nilai ketebalan *Cylinder Head* yang baru 158,10 mm.

Kata kunci : *Cylinder Head*, keretakan, *over heat*

ABSTRACT

Sea transportation is the transportation of coal and fuel via the air transportation network. Transportation is a very important and valuable asset, transportation must be managed properly and correctly, especially in relation to sea transportation in order to run the economy. Cylinder Head is one of the main parts of the engine on a ship, which is installed on the cylinder block and fastened using bolts. This research was carried out on the Tugboat Cantika 1 owned by the company PT. Waruna Shipyard for 1 month. PT Waruna Shipyard is a fairly large shipbuilding company. PT Waruna Shipyard itself not only provides large ships, but also serves as a place for repairing and building ships from outside the city. The method used is a qualitative method where this research begins with observing objects and recording data obtained from manuals and interviews related to this research. The results of this research show that the cause of cylinder head cracks in the main engine is caused by resistance in the exhaust valve. so that the engine overheats and causes a lack of cooling (cooler) in the Cylinder Head. The results of the Cylinder Head analysis on the Tugboat Cantika 1 at the PT Waruna Shipyard company were declared fit for use because they still met ISO (International Organization for Standardization) standards. With a minimum Cylinder Head thickness value of 157.60 mm and a new Cylinder Head thickness value of 158.10 mm.

Keywords: Cylinder Head, cracks, over heat.

KATA PENGANTAR

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 tidak terduga. Salah satu nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat Cantika” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik sarjana Teknik pada Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Medan.

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

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin sekaligus Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Marabdi Siregar, S.T.,M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Ayahanda Musri Nasution, ibunda Lenni Anna Siregar, abangda Hamdani Nasution, S.P, kakanda Riska Audina Nasution, dan adik Yumna Tasya Indah Nasution serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan penuh baik moril maupun material terkhusus orang tua tercinta yang bersusah payah mendoakan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Khairuddin Hanafi, S.T. Selaku Pembimbing di PT. Waruna Shipyard Indonesia.

9. Reka Rahayu, S.Pd sebagai seseorang yang berkontribusi besar dalam melengkapi penulisan skripsi ini dan selalu memberikaan dukungan serta doa.
10. Sahabat – sahabat penulis seperti Geng Orang sukses, teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Stambuk 19, Anggota KKN Desa Pantai Gemi 2022 dan sahabat-sahabat lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Mesin.

Medan, Juni 2023

Mara Hendri Sahyuti Nasution

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Penelitian	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian <i>Cylinder Head</i>	4
2.1.1. Faktor-Faktor Penyebab Keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	5
2.2. Material Bahan dari Pembuatan <i>Cylinder Head</i>	6
2.2.1. Kelelahan Bahan	6
2.3. Sistem Pendingin yang Digunakan dalam Mesin Induk	7
2.4. Komponen-Komponen Mesin	8
2.5. Komponen-Komponen <i>Cylinder Head</i>	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1. Tempat dan Waktu	16
3.1.1 Tempat Penelitian	16
3.1.2 Waktu Penelitian	16
3.2. Bahan dan Alat	16
3.2.1 Bahan Penelitian	16
3.2.2 Alat Penelitian	17
3.3. Bagan Alir Penelitian	17
3.4. Rancangan Alat Penelitian	19
3.5. Prosedur Penelitian	19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Analisa Masalah	20
4.1.1. Melakukan Pengukuran ketebalan <i>Cylinder Head</i>	20
4.2. Pembahasan	23
4.2.1 Penyebab terjadinya keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	24
4.2.2 Melakukan pembongkaran bagian <i>Cylinder Head</i>	24
4.2.3 Melakukan cleaning <i>Cylinder Head</i> dari sisa gasket yang <i>menempel</i>	25

4.3. Melakukan analisa dan pengujian dengan <i>colour check</i>	26
4.3.1 Melakukan pengujian dengan <i>test press</i>	27
4.4. Penanganan keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	28
BAB 5 PENUTUP	29
5.1. Kesimpulan	29
5.2. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Cylinder Linear	9
Gambar 2.2. <i>Cylinder Head</i>	9
Gambar 2.3. Torak	10
Gambar 2.4. Poros Engkol	11
Gambar 2.5. Injector	11
Gambar 2.6. <i>Puhs Road</i>	12
Gambar 2.7. <i>Crosshead</i>	12
Gambar 3.1. Bagan Alir	18
Gambar 3.2 Rancangan Alat <i>Cylinder Head</i>	19
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> no 1	20
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> no 2	21
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> no 3	21
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> no 4	21
Gambar 4.5 Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> no 5	22
Gambar 4.6 Hasil Pengukuran <i>Cylinder</i> no 6	22
Gambar 4.7 Keretakan pada <i>Cylinder Head</i>	24
Gambar 4.8 Pembongkaran <i>Cylinder Head</i>	25
Gambar 4.9 Sebelum dilakukan pembersihan (Cleaning) <i>Cylinder Head</i>	25
Gambar 4.10 Setelah dilakukan pembersihan (cleaning) <i>Cylinder Head</i>	26
Gambar 4.11 Pengujian dengan colour <i>check</i> tahap 1	26
Gambar 4.12 Pengujian dengan colour <i>check</i> tahap 2	27
Gambar 4.13 Pengujian menggunakan <i>test press</i>	27
Gambar 4.14 Hasil pengelasan <i>Cylinder Head</i>	28

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan saat melakukan penelitian	16
Tabel 4.1 Spesifikasi Tabel pada <i>Cylinder Head</i>	23
Table 4.2 Hasil Pengukuran Ketebalan <i>Cylinder Head</i>	23

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti telah diketahui untuk negara maritim seperti negara kita, kapal adalah merupakan sarana angkutan laut yang banyak digunakan sebagai sarana transportasi yang murah dan efisien pada tingkat tertentu dibandingkan dengan sarana angkutan lainnya seperti angkutan darat maupun angkutan udara. Agar kapal tersebut selalu dalam keadaan lancar didalam pengoperasiannya, maka perawatan dari Mesin Induk / permesinannya menjadi faktor yang penting sebagai penunjang pengoperasian dan penerangan di kapal..

Transportasi laut adalah pengangkutan batu bara dan bahan bakar melalui jaringan transportasi air. Transportasi merupakan aset yang sangat penting dan berharga, transportasi harus dikelola dengan baik dan benar, khususnya yang berhubungan dengan transportasi laut guna menjalankan roda perekonomian. Kapal adalah kapal yang dapat digunakan untuk melakukan pergerakan, utamanya menarik atau mendorong kapal lain dipelabuhan, laut lepas atau melalui sungai. Kapal digunakan pula untuk menarik tongkang, kapal rusak dan peralatan lainnya. Untuk menunjang kelancaran pelayaran di laut peranan main engine sangatlah penting.(Yamin Jinca, 2011).

Motor Mitsubishi umumnya sebagian besar dipergunakan sebagai mesin Mitsubishi penggerak utama dan pada dasarnya dari tenaga yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar yang disemprotkan dalam keadaan kabut ke ruang pembakaran yang berisikan udara dikompresikan. Proses pembakaran yang terjadi karena persenyawaan yang cepat secara kimia antara bahan bakar dengan udara kompresi yang bertekanan tinggi bersuhu tinggi, didapat usaha dengan gaya mekanik dan daya dorong piston di teruskan oleh batang pendorong piston yang bergantian secara terus menerus menghasilkan gaya putar poros engkol diteruskan ke propeller (baling-baling) melalui shaft propeller. Mesin Induk merupakan bagian yang sangat penting dari sebuah kapal.

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 calon perwira pelayaran besar di atas kapal perlu membekali diri dengan pengetahuan dan keterampilan khusus dalam hal perawatan dan perbaikan mesin.

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 Tugboat Cantika 1**”.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis akan merumuskan masalah yakni : Bagaimana menganalisis *Cylinder Head* pada mesin Tugboat Cantika 1 dengan mesin Mitsubishi Diesel Engine S6R

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin yang digunakan adalah Mitsubishi Diesel Engine S6R
2. Penelitian berfokus hanya pada *Cylinder Head*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu :

1. Menganalisa dan mengetahui keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat Cantika1
2. Menganalisa dan mengetahui Ketebalan Permukaan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat Cantika 1

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengetahui keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat Cantika1
2. Dapat memberikan gambaran Alat Untuk Mengecek Keretakan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat Cantika 1
3. Dapat memberikan gambaran Ketebalan *Cylinder Head* Pada Mesin Tugboat Cantika 1

4. Dapat memberikan informasi bagi para peneliti untuk melaksanakan penelitianlanjutan

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. 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. (Malev & Prambodo, 1995)(Nigel, 1990).

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.
3. Dapat mencegah keretakan akibat tekanan pembakaran secara keseluruhan.

Guna mendukung pembahasan masalah di dalam skripsi ini, penulis menggunakan beberapa pustaka, dimana pustaka tersebut saling berkaitan dengan permasalahan yang di bahas penulis pada penulisan skripsi ini.

Cylinder Head adalah bagian utama dari motor yang berfungsi untuk menutup *cylinder liner* dan tempat pemasangan injektor serta kedudukan rumah dari pada katup (Karyanto, 1993). Konstruksi dari pada *Cylinder Head* adalah sebagai berikut :

1. Terdapat lubang-lubang untuk saluran air pendingin mesin
2. Terdapat ruang rongga untuk ruang pembakaran
3. Terdapat lubang-lubang untuk tempat kedudukan nozzle pengabut.
4. Terdapat lubang-lubang untuk tempat kedudukan katup masuk dan katup buang serta mekanis katup
5. Terdapat lubang untuk tempat kedudukan baut pengikat mesin
6. Tempat kedudukan kaitan pengangkut mesin

Perawatan yang dilakukan terhadap *Cylinder Head* adalah sangat penting untuk menghindari kerusakan yang dapat mengurangi efisiensi kerja dari instalasi *Main Engine*. Perawatan yang dilakukan di atas kapal Tugboat Cantika I terencana sesuai dengan program yang tertulis dalam (Plan Maintenance System) PMS, PMS ini adalah suatu program perawatan berkala yang terjadwal sesuai instruksi dari buku manual dari permesinan yang terdapat di atas kapal untuk mencegah terjadinya kerusakan yang fatal, dengan perawatan pencegahan yang terjadwal kita mencoba untuk mencegah terjadinya kerusakan atau bertambahnya kerusakan, dan juga untuk mempermudah menemukan kerusakan yang kemungkinan dapat terjadi pada instalasi *Cylinder Head*. (Zhang et al., 2013).

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.

2.2 Material Bahan Dari Pembuatan *Cylinder Head*

Cylinder head terbuat dari baja tuang dari paduan antara besi murni dengan karbon sebesar 0,3%-0,6%, memungkinkan baja untuk 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 menurut cara tertentu, pada waktu proses penuang baja dipanaskan dengan suhu yang tinggi (± 15000 C) kemudian dituangkan ke dalam suatu cetakan dengan diberi tekanan (Karya, 2015).

Pada tahun 1995 pembuatan *Cylinder Head* banyak yang menggunakan bahan dari baja tuang dengan paduan antara besi murni dengan karbon sebesar 0,3 - 0,6 persen, memungkinkan baja untuk 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 menurut cara tertentu. Pada waktu proses penuang baja dipanaskan dengan suhu yang tinggi (± 15000 C) kemudian dituangkan ke dalam suatu cetakan dengan diberi tekanan. (Karya, 2015).

2.2.1 Kelelahan bahan

Menurut (Hari, 1999) menjelaskan 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. (Nurdin, 2019).

Deformasi elastis, yaitu suatu perubahan yang segera hilang kembali apabila beban diiadakan.

Deformasi plastis, yaitu suatu perubahan bentuk yang tetap ada meskipun beban yang menyebabkan deformasi diiadakan Untuk menghindarinya, maka pemberian suhu atau temperature 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 0°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 kekuata statis, kelelahan adalah gejala patah dari bahan disebabkan oleh beban yang berubah - ubah. (Anhar, 2019).

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.

2.3 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.

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).

1. Air Laut

Air laut merupakan suatu media yang mudah didapatkan disekitar kapal. Tidak usah dibeli dan secara langsung diambil, sehingga pendinginan memakai air laut tidak usah memakai sistem tertutup. Pada umumnya air laut mengandung kadar garam yang tinggi dibandingkan air tawar, maka dari itu air laut jarang sekali digunakan langsung untuk mendinginkan mesin, bila langsung menggunakan air laut tersebut mengkristal di dalam mesin sehingga kelamaan sistem pendinginnya akan buntu. Pada kapal-kapal sekarang pada umumnya pendinginnya memakai sistem pendingin tertutup, yaitu memakai air tawar. (Dewantara et al., 2018).

Meskipun memiliki sifat yang menguntungkan tersebut diatas, air laut juga memiliki sifat yang tidak menguntungkan seperti menjadi kristal sewaktu dipanasi yang akan membentuk kerak keras dibagian permukaan yang didinginkan. Proses

pendinginan pada system air laut yaitu : air laut dihisap oleh pompa air laut melalui sea chest, air laut dipompa sebelumnya melalui filter terlebih dahulu kemudian masuk ke dalam pemanas air dan diteruskan masuk ke mesin induk lalu dibuang melalui overboard. (Karyanto, 2002).

2. Air Tawar

Air tawar diatas kapal cukup mahal harganya, sehingga memiliki beberapa sedikit sifat yang kurang baik. Dengan menghilangkan udara didalamnya sebaiknya maka air tawar mengakibatkan sedikit korosi dan juga tidak mengakibatkan pengendapan kerak sehingga dapat digunakan untuk pendinginan bagi semua bagian motor disel. Air tawar diatas kapal selalu diusahakan penggunaannya dalam siklus tertutup untuk dapat digunakan berulang kali. Siklus tertutup tersebut terdiri dari ruang pendingin dari bagian motor yang harus didinginkan juga saluran, kran penutup, pompa, dan pesawat pendingin.(Hari, 1999)

Pompa air tawar menghisap air tawar dari *Cooler* yang sebelumnya telah melalui filter, kemudian masuk ke dalam mesin induk. Setelah itu air pendingin yang panas kemudian didinginkan di dalam *Cooler* dengan media air laut. Dan kemudian kembali dihisap oleh pompa air tawar, setelah melewati mesin induk air tawar akan berkurang maka biasanya ditambahkan air tawar pada penampungan air tawar (Tanki Expansi). Suhu air tawar yang masuk kedalam mesin pada umumnya + 400 C dan yang keluar + 650 C. Sedangkan suhu maksimum air tawar yang masuk adalah + 550 C. (Karyanto, 2002).

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).



Gambar 2.1 *Cylinder Liner*

2. *Cylinder Head*

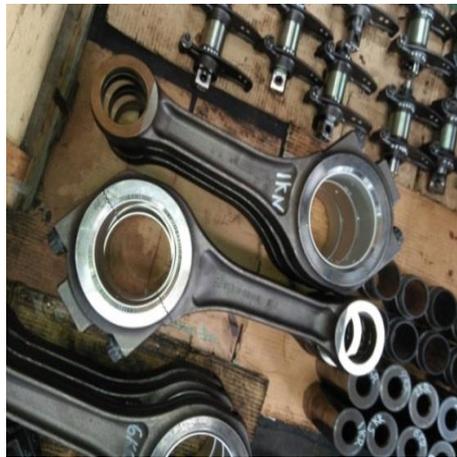
Pada *Cylinder Head* media pendingin menggunakan air. perlunya pendingin pada *Cylinder Head* karena merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan pembakaran. Apabila *Cylinder Head* tidak didinginkan maka akan menimbulkan kengeretakan. (Priambodo, 1995).



Gambar 2.2 *Cylinder Head*

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 disemprotkan dan menyebar hingga mengenai dinding piston bagian dalam untuk mendinginkan piston. Sebagian minyak lumas jatuh melumasi batang engkol, sebagian keluar melalui lubang-lubang pelumasan yang ada pada piston. Dengan melalui ring oli minyak lumas ke atas untuk melumasi antara piston dan *cylinder liner*. (Wijayanti & Irwan, 2014).



Gambar 2.3 Torak

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 2.4 Poros Engkol

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 2.5 Injector

6. *Push rod*

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

Push rod biasanya terbuat dari logam yang kuat dan tahan terhadap beban dan tekanan yang dihasilkan saat katup beroperasi. Meskipun sederhana dalam desainnya, *push rod* memainkan peran penting dalam menggerakkan mekanisme katup dan menjaga sinkronisasi yang tepat antara komponen-komponen mesin.



Gambar 2.6 *Push Road*

7. *Crosshead*

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



Gambar 2.7 *Crosshead*

2.5 Komponen komponen *Cylinder Head*

Masing-masing komponen *Cylinder Head* mempunyai fungsi dan kegunaan dalam pengoperasian pada komponen yang lain. Orang yang mengoperasikan, memperbaiki atau mengecek kerusakan pada mesin harus mampu mengenal bagian yang akan dilakukan perawatan dan mengetahui apa fungsi masing-masing dari komponen tersebut. (Priambodo, 1995). Bagian *Cylinder Head* antara lain :

1. *Cylinder Head*

Kepala silinder (*Cylinder Head*) terdapat di bagian atas blok silinder (*cylinder block*). Pada bagian bawahnya terdapat ruang bakar dan katup-katup. Dibuat dari besi tuang karena harus tahan terhadap temperatur dan tekanan yang tinggi selama mesin bekerja. Saat ini banyak mesin yang kepala silinder dibuat dari paduan aluminium. Paduan ini memiliki kemampuan pendingin lebih baik dibanding dengan besi tuang. Pada kepala silinder juga dilengkapi jaket air (*water jacket*) yang dialiri cairan pendingin (*coolant*) dari silinder blok untuk mendinginkan katupkatup dan busi (Anonim, 1995).

Cylinder Head dibentuk sedemikian rupa dengan didasarkan pada beberapa faktor. Misalnya, faktor berat, faktor bentuk, faktor bentuk permukaan, dan faktor mudah ditangani. Bentuk *Cylinder Head* ada kalanya dibuat bujur sangkar atau bulat yang dilengkapi dengan baut tap (*journal*) serta beberapa lubang untuk tempat katup dan pipa-pipa cabang (*manifold*). Baut-baut tap tersebut berfungsi sebagai tempat mengangkat *Cylinder Head* pada saat dilakukan pembongkaran.

2. Valve cover

Valve cover berfungsi untuk melindungi katup dan rocker arm dari kotoran atau debu yang akan masuk dari luar mesin, agar tidak terkontaminasi langsung oleh kotoran yang bisa menyebabkan mesin cepat rusak.

3. Valve Spring

Valve Spring mengangkat valve hingga merapat pada valve seat saat valve sedang menutup. Valve Spring juga bekerja mengembalikan rocker arm, pushrod dan tappet ke posisi normal dengan cepat.

4. Baut penyetel katup

Berfungsi untuk menyetel dan mengatur celah rocker arm dengan batang katup agar renggang pada katup saat membuka sesuai dengan yang kita inginkan dan bisa menghasilkan pembakaran yang maksimal.

5. Valve Guide

Valve Guide sebagai penuntun pergerakan valve secara sliding antara permukaan 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 ke dalam air intake dan exhaust gas. Valve Guide dan valve 6 dibuat dari bahan yang tahan panas.

6. Valve Insert (Valve Seat)

Valve Insert adalah suatu ring yang tahan terhadap panas dan benturan. Valve Insert dipasang diantara permukaan valve yang bersentuhan dengan *Cylinder Head*. Permukaan valve yang bersentuhan dengan *Cylinder Head* selalu menerima benturan dan gas panas yang tinggi sehingga valve seat harus tahan panas, kuat dan tidak mudah aus terutama pada bagian exhaust valve. Bila terjadi kerusakan pada Valve Insert dapat diganti tanpa mengganti *Cylinder Head*.

7. Valve

Valve atau sering disebut dengan katup atau klep merupakan suatu komponen pada mesin yang terpasang pada bagian kepala silinder yang bergerak sesuai langkah piston. Katup merupakan bagian utama dari mekanisme katup yang menjadi saluran masuk campuran udara dan bahan bakar serta saluran buang untuk gas sisa pembakaran, katup juga diharuskan mampu menutup rapat saat langkah kompresi. (Ricky, 2014)

8. Rocker Arm dan Rocker Arm Shaft

Rocker arm adalah bagian yang tidak bisa dipisahkan dari mekanisme valve. Dengan tidak adanya rocker arm sudah bisa dipastikan bahwa mekanisme valve tidak akan bekerja dan pembakaranpun tak akan bisa terjadi.

Perbedaan katup masuk dan katup buang.

1) Katup masuk

- Biasanya diameter katup lebih besar daripada katup buang
- Terdapat tanda IN
- Mengatur masuknya bahan bakar serta campuran udara di pembakaran mesin

2) Katup buang

- Biasanya diameter katup lebih kecil daripada katup masuk.
- Terdapat tanda EX
- Mengatur keluarnya gas buang yang merupakan sisa dari proses pembakaran di dalam ruang bakar

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dan lokasi penelitian ini dilaksanakan di PT Waruna Shipyard Indonesia jalan Bagan Deli Lama, Belawan I, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

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

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■	■	■			
2	Studi Literatur		■	■	■	■	
3	Penulisan Laporan			■	■	■	■
4	Seminar Proposal				■	■	■
5	Pengambilan Data dan Menganalisa					■	■
6	Penulisan Laporan Akhir					■	■
7	Seminar Hasil dan sidang Sarjana						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun Bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Cylinder Head*
2. Valve (Katup Gas Buang)
3. Piston (Torak)

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 cairan yang berfungsi untuk menemukan kelemahan permukaan seperti keretakan pada las lasan, sambungan, dan diskontinuitas permukaan lainnya.

2. *Magnetic Particle Test*

Magnetic Particle Testing (MPT) merupakan salah metode pengujian tidak merusak yang dapat digunakan untuk mencair diskontinuitas pada permukaan material dan pada daerah sedikit dibawah permukaan (sub-surface).

3. *Tools Pembuka*

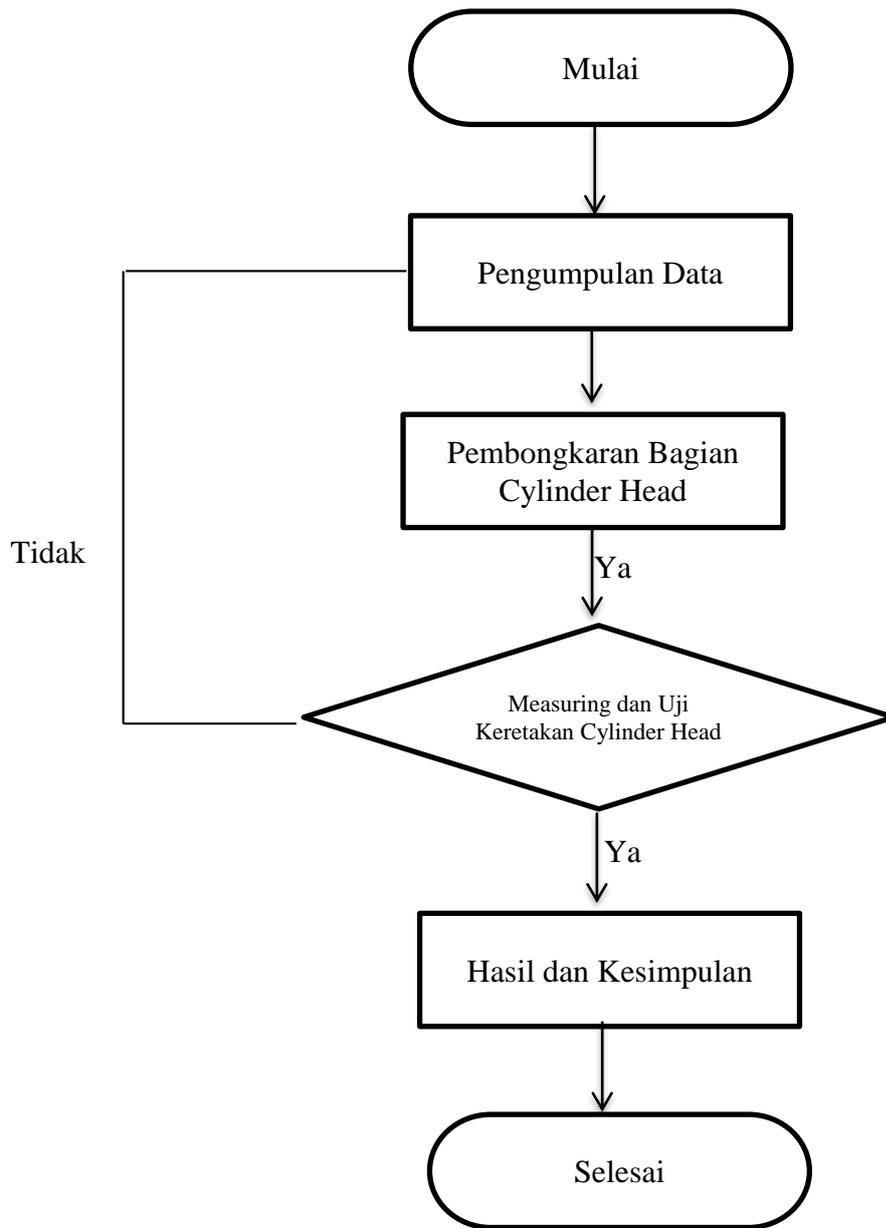
Tools Pembuka yaitu alat yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan kita sehari hari.

4. *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.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah dalam analisis *Cylinder Head* Tugboat Cantika 1, 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 3.1 Diagram Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.2 Rancangan Alat *Cylinder Head*

Keterangan :

1. *Cylinder Head*
2. Valve
3. Valve Spring
4. Valve Rotator
5. Valve Cotter
6. Inlet Port (Tempat masuknya bahan bakar)
7. Lubang Baut Kepala *Cylinder*

3.5 Prosedur Penelitian

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

1. Melakukan pembongkaran bagian *Cylinder Head*
2. Melakukan cleaning *Cylinder Head* dari sisa gasket yang menempel
3. Melakukan analisa dan pengujian dengan *Colour Check* (Pengecetan)
4. Melakukan pengukuran ketebalan *Cylinder Head*
5. Melakukan pengujian dengan *Test Press* (*Uji tekanan*)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 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 4.1 Hasil Pengukuran *cylinder* no 1



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran *cylinder* no 2



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran *cylinder* no 3



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran *cylinder* no 4



Gambar 4.5 Hasil Pengukuran *cylinder* no 5



Gambar 4.6 Hasil Pengukuran *cylinder* no 6

NO	Jenis Pengukuran	Spesifikasi
1	Pengukuran table pada <i>Cylinder Head</i>	New head $158 \pm 0.15\text{mm}$ Minimum 157.60mm

Tabel 4.1 Spesifikasi tebal pada *Cylinder Head*:

Model	Ketebalan <i>Cylinder Head</i> yang baru	Minimal Ketebalan <i>Cylinder Head</i>	Hasil Aktual <i>Cylinder Head</i>	Ket
Diesel S6R	$158 \pm 0.15 \text{ mm}$	157.60 mm	1. 158.05 mm	Good
			2. 158.05 mm	Good
			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 merupakam 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

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* tugboat cantika 1 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*).



Gambar 4.7 keretakan pada *Cylinder Head*

Langkah-langkah perbaikan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

4.2.2 Melakukan pembongkaran bagian *Cylinder Head*

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



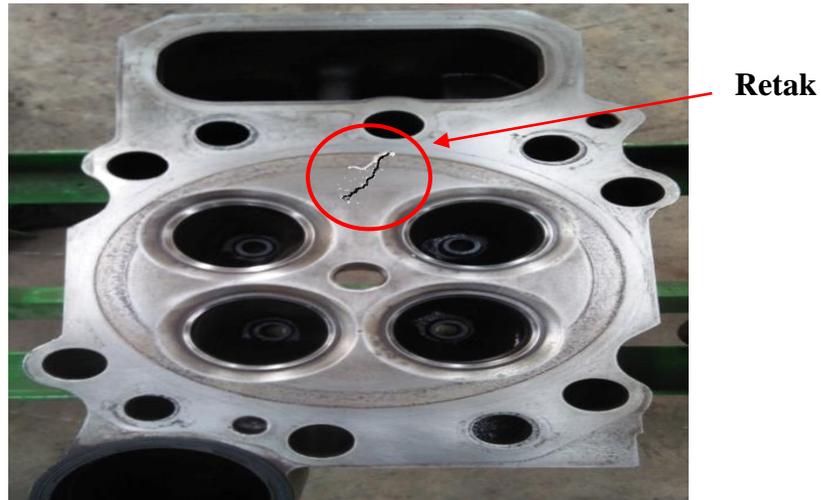
Gambar 4.8 Pembongkaran *Cylinder Head*

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 bagian-bagian *cylinder head* dari kotoran-kotoran yang menempel.



Gambar 4.9 Sebelum dilakukan pembersihan (*cleaning*) pada *Cylinder Head*



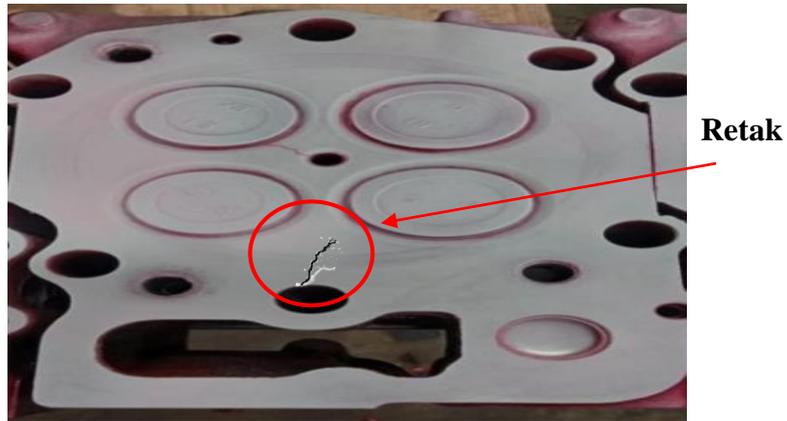
Gambar4.10 Setelah dilakukan pembersihan (*cleaning*) pada *Cylinder Head*

4.3 Melakukan analisa dan 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 4.11 Pengujian dengan *Colour Check* tahap 1



Gambar 4.12 Pengujian dengan *Colour Check* tahap 2

4.3.1 Melakukan pengujian dengan *Test Press*

Dilakukannya *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 4.13 Pengujian menggunakan *Test Press*

4.4 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 4.14 Hasil pengelasan *Cylinder Head*

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melaksanakan penelitian diatas kapal dan menganalisa permasalahan pada bab sebelumnya terkait penyebab terjadinya keretakan *Cylinder Head* pada mesin induk di Tugboat Cantika maka penulis menarik kesimpulan mengenai permasalahan yang dianalisis dalam penelitian sebagai berikut :

1. Keretakan *Cylinder Head* pada *main engine* disebabkan oleh hambatan pada *exhaust valve* yang menyebabkan panas berlebihan pada *Cylinder Head* sehingga menghambat penyerapan panas oleh air pendingin yang menyebabkan terjadinya *over heat*. Sehingga keretakan tidak dapat dihindari akibat menurunnya kekuatan dan ketahanan bahan.
2. Karena banyaknya kotoran yang menempel pada proses pendinginan pada *Cylinder Head* kurang sempurna, maka akan menyebabkan tingginya temperature air sehingga memungkinkan penggaraman air yang menimbulkan kerak yang menghambat proses pendinginan sehingga *Cylinder Head over heat* yang menyebabkan keretakan.

5.2. Saran

Adapun saran-saran yang penulis berikan pada skripsi ini, mengingat *Cylinder Head* adalah komponen utama mesin induk maka harus diperhatikan :

1. Selalu melakukan pemeriksaan terhadap *exhaust valve* mengacu pada PMS (Planning Maintenance System) agar perawatan dapat optimal dan pemantauan terhadap *temperature* gas buang, apabila *temperature* terlalu tinggi maka segera periksa dan mencari penyebab dan mengambil tindakan penanggulangannya.
2. Selalu melakukan pengecekan system pendingin mesin induk, apabila terjadi masalah maka segera mencari penyebabnya dan apabila melakukan perbaikan hendaknya sesuai instruksi pada *manual instruction book* agar tidak terjadi kesalahan pada proses pemasangan.

DAFTAR- PUSTAKA

- Anhar, M. (2019). UJI BAHAN PLAT DRUM PADA TEMPERATUR 100C, 200C, 300C, 400C, 500C DENGAN UJI KEKERASAN. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 5(2).
- Dewantara, I. G. Y., Suyitno, B. M., & Lesmana, I. G. E. (2018). Desalinasi Air Laut Berbasis Energi Surya Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih. *Teknik Mesin*, 07(01).
- Hari, A. (1999). *Ilmu Bahan*. Erlangga.
- Karya, D. (2015). *Peleburan Logam*.
- Karyanto, E. (1993). *Teknik Motor Diesel*. Pedoman Ilmu Jaya.
- Karyanto, E. (2002). *Sistem Pendinginan Motor*. Pedoman Ilmu Jaya.
- Malev, & Prambodo, B. (1995). *Operasi dan pemeliharaan mesin diesel, konstruksi, operasi, pemeliharaan dan perbaikan mesin diesel*. Erlangga.
- Nigel, F. G. (1990). Diesel Engine *Cylinder Head* Design: The Compromises and the Techniques. *Journal of Engines*, 99(3), 415–438.
- Nurdin, H. (2019). *Metalurgi Logam*. UNP Press.
- Priambodo, B. (1995). *Operasi Dan Pemeliharaan Mesin*. Erlangga.
- Sudarmanta, B., & Sungkono, D. (2005). Transesterifikasi Crude Palm Oil dan Uji Karakteristik Semprotan Menggunakan Injektor Motor Diesel. *Teknik Mesin*, 5(2).
- Sunaryo, H. (2008). *Teknik Pengelasan Kapal*.
- Wijayanti, F., & Irwan, D. (2014). Analisis Pengaruh Bentuk Permukaan Piston Terhadap Kinerja Motor Bensin. *Ilmiah Teknik Mesin*, 02(01).
- Yamin Jinca, M. (2011). *TRANSPORTASI LAUT INDONESIA: ANALISIS SISTEM & STUDI KASUS*. Brilian Internasional.
- Zhang, Q., Zuo, Z., & Liu, J. (2013). Failure analysis of a diesel engine *Cylinder Head* based on finite element method. *Engineering Failure Analysis*, 34(1).
- P, V. M. (2018). *Motor Diesel Kapal*. Jakarta: Direktur Jenderal Perhubungan Laut
- Anonim. (1995). *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor

Ricky. 2014. Rancang Bangun Alat Bantu Untuk Melepas dan Memasang Pengunci Valve (Conical) Katup Hisap dan Katup Buang pada Engine 3304 Catterpillar dengan Sistem Hidrolik. Palembang : Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.

LAMPIRAN



PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA
Shipyards - Marine Engineering

CERTIFICATE

No. 037A-HR/WSI/XI/2023

This is to certify that

Mara Hendri Sahyuti Nst

has complete internship program

Merdeka Belajar Kampus Merdeka
which was held in PT Waruna Shipyards Indonesia

on

November 22, 2022 to November 21, 2023

Belawan, on November 21, 2023

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA
Shipyards - Marine Engineering

Dr. Yusuf Ronny Edward S. Kom., MH., M.I. Kom., M. Psi
GM Human Capital

Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya





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 [f umsumedan](#) [i umsumedan](#) [t umsumedan](#) [u umsumedan](#)

Nomor : 719 / II.3-AU/ UMSU-07/ F/2023 Medan, 29 Muharram 1445 H
Lamp : - 16 Agustus 2023 M
Hal : Undangan Seminar Proposal Tugas Akhir
Jurusan Teknik Mesin

Kepada : Yth. Sdr.

1. Chandra A. Siregar, ST., MT. (Dosen Pembimbing)
2. Sudirman Lubis, ST., MT. (Dosen Pembimbing - I)
3. Rahmatullah, ST., M.Sc. (Dosen Pembimbing - II)

di-
Medan.

Bismillahirrahmanirrahim.
Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat, sesuai dengan Rekomendasi Ka. Prodi Teknik Mesin Tanggal 08 Agustus 2023 tentang dosen Pembimbing Tugas Akhir maka melalui surat ini kami mengundang Saudara untuk menghadiri Seminar Proposal Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas nama mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nasution
NPM : 1907230171
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : **Analisa Keretakan Cylinder Head Pada Mesin Tugboat Cantika I**

Insha Allah akan dilaksanakan pada :

Hari / tanggal : Senin / 21 Agustus 2023
Waktu : 10.00 WIB - Selesai
Tempat : Fakultas Teknik UMSU
Jalan Mughtar Basri No. 03 Medan.

Demikian undangan ini kami sampaikan atas perhatian saudara kami ucapkan terimakasih. Akhirnya selamat dan sejahteralah kita semua Amin.



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT.
NIDN: 0101017201





UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila mengirim surat ke luar daerah
mohon dan terimakasih

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 [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

Nomor : 160/ II.3-AU/ UMSU-07/ F/2024
Lamp : -
Hal : Undangan Seminar Tugas Akhir
Program Studi Teknik Mesin

Medan 03 Sya'ban 1445 H
13 Februari 2024 M

Kepada : Yth.Sdr.

1. Khairul Umurani ST.MT (Dosen Pembanding 1)
2. Muharnif M.ST.M.Sc (Dosen Pembanding 11)
3. Chandra A Siregar ST.MT (Dosen Pembimbing)

di-
Medan.

Bismillahirrahmanirrahim.
Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan hormat, sesuai dengan Rekomendasi Ka. Prodi Teknik Mesin, pada hari Jumat Tanggal 16 Februari 2024 tentang Dosen Pembimbing Tugas Akhir maka melalui surat ini kami mengundang Saudara untuk menghadiri Seminar Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas nama mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nst
NPM : 1907230171
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan Cylinder head pada Mesin Tugboat Cantika I

InsyaAllah akan dilaksanakan pada :
Hari / tanggal : Jumat / 16 Februari 2024
Waktu : 10.00. -Wib
Tempat : Fakultas Teknik UMSU
Jalan Mukhtar Basri No. 03 Medan.

Demikian undangan ini kami sampaikan atas perhatian saudara kami ucapkan terima kasih. Akhirnya selamat dan sejahteralah kita semua Amin.

Wassalam
Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



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

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nst
NPM : 1907230171
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan Cylinder Head Pada Mesin Tugboat Cantika I

Dosen Pembanding – I : Khairul Umurani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ③ Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

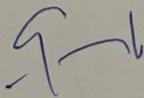
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

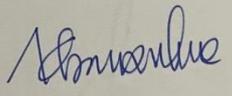
.....
.....
.....
.....

Medan, 06 Sya'ban 1445 H
16 Februari 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin


Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I


Khairul Umurani, ST, MT

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

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nst
NPM : 1907230171
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan Cylinder Head Pada Mesin Tugboat Cantika I

Dosen Pembanding – I : Khairul Umurani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

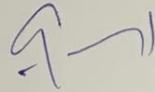
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
..tihar.. bucu.. staps:.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

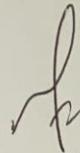
Medan 06 Sya'ban 1445 H
16 Februari 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



H. Muharnif, M.Sc

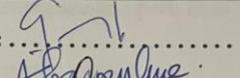
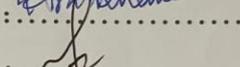
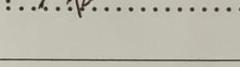
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

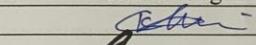
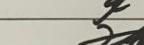
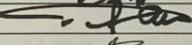
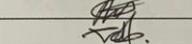
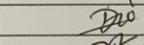
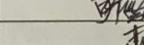
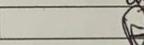
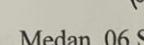
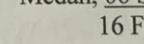
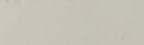
Peserta seminar

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nst

NPM : 1907230171

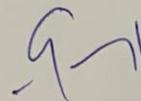
Judul Tugas Akhir : Analisa Keretakan Cylinder Head Pada Mesin Tugboat Cantika I

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT	
Pembanding – I : Khairul Umurani, ST, MT	
Pembanding – II : H. Muharnif, M.Sc	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230296	AIDA MANUDA AFANDI	
2	2007230041	TRI ARDIAN	
3	2007230010	CHOLEFAJARY	
4	2107230174P	AMIR MACHMUD	
5	1907230166	AGUNG TRI TARUWA	
6	2307230168	AHMAD HUSAN	
7	1907230137	DKEY WAHYUDI	
8	1907230172	DICKY RAHMANN SYAHEI H	
9	1907230169	ARMANSYAH NASUTION	
10	1907230067	REHAN ADIL PARI	

Medan, 06 Sya'ban 1445 H
16 Februari 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA KERETAKAN CYLINDER HEAD PADA MESIN TUGBOAT CANTIKA 1

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nasution
NPM : 1907230171

Dosen Pembimbing 1 : Chandra A Siregar, ST., MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	31/7.2023	Perbaiki format	g
2.	1/8.2023	Perbaiki bab II	f
3.	2/8.2023	All Simpro	g
4.	3/1.2023	perbaiki bab IV	f
5.	24/1.2023	Ace sunhas	g
6.	02/3.2024	Ace Sidang	g

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Mara Hendri Sahyuti Nasution
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Balam, 31 Januari 2001
Alamat : Mandailing Natal
Kebangsaan : Indonesia
Agama : Islam
Email : marahendri@gmail.com
Nomor Hp : 0822 8894 8889

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Peserta Mahasiswa : 1907230171
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No.3
Medan

No	Tingkat Pendidikan	Nama Dan Tempa	Tahun
1.	SD	SD Swasta Sei Balam	2007 - 2012
2.	SMP	SMP Tunas Bangsa	2013 - 2016
3.	SMK	SMA Tunas Bangsa	2016 - 2019
4.	Perguruan Tinggi	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2019 - 2024