

**ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN
AIR TAWAR PADA *CYLINDER HEAD MAIN ENGINE*
TYPE AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA DIKAPAL
LPG/C GAS PATRA**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

NUR ADI HENDRIANSYAH

NIT. 0719037106

TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL

PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA

TAHUN 2023

**ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN
AIR TAWAR PADA *CYLINDER HEAD MAIN ENGINE*
TYPE AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA DIKAPAL
LPG/C GAS PATRA**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

NUR ADI HENDRIANSYAH

NIT. 0719037106

TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL

PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA

TAHUN 2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Tang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Adi Hendriansyah

Nomor Induk Taruna : 0719037106

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa karya ilmiah terapan yang saya tulis dengan judul :

**ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN AIR TAWAR PADA
CYLINDER HEAD MAIN ENGINE TYPE AKASAKA MITSUBISHI
6UEC37LA DIKAPAL LPG/C GAS PATRA**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam karya ilmiah terapan tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 15 Desember 2023



Nur Adi Hendriansyah

NIT. 0719037106

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN AIR
TAWAR PADA *CYLINDER HEAD MAIN ENGINE TYPE*
AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA DI KAPAL LPG/C
GAS PATRA

Nama Taruna : Nur Adi Hendriansyah

NIT : 0719037106

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Surabaya, 15 Desember 2023

Menyetujui:

Pembimbing I



AGUS PRAWOTO, S.Si.T., M.M.

Penata Tk. I (III/d)

NIP.197808172009121001

Pembimbing II



Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, S.E., M.Ak

Penata Tk. I (III/d)

NIP.198609022009122001

Mengetahui;

Ketua Jurusan Teknika



MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd, M.Mar.E

Penata Tk. I (III/d)

NIP.197605282009122002

PENGESAHAN KARYA ILMIAH TERAPAN
ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN AIR TAWAR PADA
CYLINDER HEAD MAIN ENGINE TYPE AKASAKA MITSUBISHI
6UEC37LA DIKAPAL LPG/C GAS PATRA

Disusun dan Diajukan Oleh:

NUR ADI HENDRIANSYAH

NIT. 0719037106

Ahli Teknik Tingkat III

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan
Pada tanggal, 15 Desember 2023



Penguji I

SAIFUL IRFAN S.Si.T., M.Pd

Penata Tk. I (III/d)

NIP.197609052010121001

Penguji II

AGUS PRAWOTO, S.Si.T., M.M.

Penata Tk. I (III/d)

NIP.197808172009121001

Penguji III

Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, S.E., M.Ak

Penata Tk. I (III/d)

NIP.198609022009122001

Mengetahui

Ketua Jurusan Studi Teknika

MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E

Penata Tk. I (III/d)

NIP.197605282009122002

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya dan diiringi dengan doa dari orang tua tercinta, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini dengan lancar. Penulis mengucapkan syukur kepada Allah atas limpahan nikmat sehat-Nya, baik berupa sehat fisik maupun akal pikiran, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan ini dengan judul:

“ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN AIR TAWAR PADA CYLINDER HEAD MAIN ENGINE TYPE AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA DI KAPAL LPG/C GAS PATRA”.

Karya ilmiah terapan ini di susun untuk memenuhi persyaratan kurikulum program Diploma IV yang diselenggarakan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya, penyusunan dan penulisan karya ilmiah terapan ini di dasari oleh pengalaman-pengalaman penulis ketika melakukan praktik laut di atas kapal LPG/C GAS PATRA milik perusahaan PT. PERTAMINA INTERNASIONAL SHIPPING. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah terapan ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, hal ini disebabkan karena kemampuan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis, tetapi berkat bantuan, arahan serta bimbingan dan dorongan dari para pembimbing, penulisan karya ilmiah terapan ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini dan tanpa mengurangi rasa hormat, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada;

1. Allah SWT, karena atas ridho-nya penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini dengan lancar.
2. Yth. Bapak Moejiono, MT., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya beserta jajarannya.
3. Yth. Ibu Monika Retno Gunarti, M.Pd, M,Mar.E. selaku Ketua Jurusan Teknik, yang selalu tiada hentinya mengingatkan kepada taruna untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan.
4. Yth. Bapak Agus Prawoto, S.Si.T.,M.M. selaku Dosen pembimbing materi, yang telah meluangkan waktu dan memberikan masukan sehingga karya ilmiah terapan ini dapat diselesaikan.

5. Yth. Ibu Dr. Indah Ayu Johanda Putri, S.E.,M.Ak selaku Dosen pembimbing penulisan, yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan.
6. Yth. Seluruh Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mendidik dan membimbing serta memberikan masukan-masukan demi selesainya karya ilmiah terapan ini.
7. Kepada orang tua tercinta, Bapak Dasiran, Bapak Sadiyun dan Ibu Lamirah yang telah mendidik dan membesarkan dengan seluruh pengorbanan, cinta, kasih sayang, dukungan, nasehat serta doa demi keselamatan dan kelancaran penulis dalam usaha meraih cita-cita.
8. Kepada kakak dan adik saya, terima kasih selalu mendukung, memberikan semangat sehingga karya ilmiah terapan ini dapat terselesaikan.
9. Kepada wanita tercinta Nisya Arnanda, yang telah meluangkan waktunya untuk memberi masukan, dukungan, serta semangat kepada penulis sehingga karya ilmiah terapan ini dapat terselesaikan.
10. Teman-teman angkatan 10 terutama teman kelas Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal atas kebersamaannya selama ini.
11. Seluruh crew kapal LPG/C GAS PATRA yang telah mengajarkan banyak hal sewaktu penulis melaksanakan praktik laut.

Meskipun segala kemampuan telah penulis curahkan untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan ini tetapi penulis menyadari masih banyak kekurangan, baik dari pembahasan materi dan penyusunan kalimat. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca, agar dapat memperbaiki kesalahan-kesalahan tersebut dimasa yang akan datang.

Surabaya, 15 Desember 2023

Penulis



Nur Adi Hendriansyah

NIT. 0719037106

ABSTRAK

NUR ADI HENDRIANSYAH, “Analisis kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA di kapal LPG/C GAS PATRA”. Karya Ilmiah Terapan, Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Bapak Agus_Prawoto, S.Si.T.,M.M._dan Ibu Dr. Indah Ayu Johanda Putri, S.E.,M.Ak

Cylinder head merupakan komponen yang penting dalam menunjang kinerja mesin induk agar dapat beroperasi dengan optimal, oleh karena itu kinerja yang optimal dipengaruhi oleh perawatan dan perbaikan terencana sesuai dengan *planne maintenance system (PMS)*. Sistem pendingin sangat diperlukan guna menunjang kinerja mesin induk supaya tetap pada suhu kerja, oleh karena itu perlu adanya perawatan terhadap sistem pendingin supaya terhindar dari kerusakan pada komponen mesin induk, sehingga mesin induk dapat beroperasi dengan lancar dan kinerja yang optimal.

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah metode penelitian *Fishbone Analysis*. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, dokumentasi dan wawancara mengenai permasalahan yang terjadi terkait kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa penyebab kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine* karena kurangnya perawatan dan kelalaian masinis yang bertanggung jawab sehingga terjadi penumpukkan kerak pada lubang aliran pendingin air tawar membuat pendingin air tawar tidak dapat mendinginkan *cylinder head main engine*, oleh karena itu *cylinder head* mengalami *overheat* sehingga *o-ring* yang ada di dalam *cylinder head* mengeras membuat pendingin air tawar bocor, kemudian upaya yang dilakukan adalah melakukan perbaikan dengan cara *top overhaul* mengikuti *instruction manual book*, melakukan perawatan terhadap pendingin air tawar menggunakan *chemical WCT (Water Cooling Treatment)*, pengecekan PH setiap akhir *voyage* dan menjalankan PMS (*Plan Maintenance System*) secara optimal.

Kata kunci: *cylinder head, fishbone analysis, perawatan pendingin air tawar,*

ABSTRACT

NUR ADI HENDRIANSYAH, *"Analysis of freshwater coolant circulation failure on AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA main engine cylinder head on PATRA LPG/C GAS vessel"*. *Applied Scientific Paper, Surabaya Shipping Polytechnic. Guided by Mr. Agus Prawoto, S.Si.T.,M.M. and Mrs. Dr. Indah Ayu Johanda Putri, S.E.,M.Ak*

Cylinder head is an important component in supporting main engine performance so that it can operate optimally, therefore optimal performance is influenced by planned maintenance and repairs in accordance with planned maintenance system (PMS). The cooling system is very necessary to support the performance of the main engine so that it remains at working temperature, therefore it is necessary to treat the cooling system so as to avoid damage to the main engine can operate smoothly and perform optimally.

The research method used by the author is the fishbone analysis research method. Data collection techniques were carried out by means of observation, interviews, documentation and literature study regarding the problems that occurred related to the failure of fresh water cooling circulation in the cylinder head main engine. Based on the results of the research that the author has done, it can be concluded that the cause of the failure of the circulation of fresh water coolant in the cylinder head main engine due to lack of maintenance and negligence of the driver responsible so that there is a buildup of scale in the flow hole of the freshwater coolant making the freshwater coolant unable to cool the cylinder head main engine, therefore the cylinder head overheats so that the o-ring inside the cylinder head hardens making freshwater coolers leak, then the efforts made are to make repairs by means of top overhaul following the instruction manual book, maintaining freshwater coolers using WCT (Water Cooling Treatment) chemicals, checking PH at the end of each voyage and running PMS (Plan Maintenance System) optimally.

Keywords: cylinder head, fishbone analysis, freshwater cooling treatment.

DAFTAR ISI

JUDUL PENELITIAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL KIT.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL KIT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
B. RUMUSAN MASALAH	5
C. BATASAN MASALAH.....	6
D. TUJUAN PENELITIAN	6
E. MANFAAT PENELITIAN	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA.....	8
B. LANDASAN TEORI	10
1. Pengertian Analisis.....	10
2. Pengertian Kegagalan.....	10
3. Pengertian Sirkulasi.....	10

4. Pengertian Sistem Pendingin.....	11
5. Tujuan Pendinginan.....	11
6. Macam – Macam Sistem Pendingin.....	12
7. Komponen Sistem Pendingin	14
8. Perawatan Terhadap Kualitas Air Tawar	21
9. Pengertian Mesin Induk	23
10. Pengertian <i>Cylinder Head</i>	24
11. Komponen <i>Cylinder Head</i>	26
12. Perawatan <i>Cylinder Head</i>	32
13. Pendinginan <i>Cylinder Head</i>	32
14. Teknik Perawatan <i>Cylinder Head</i>	33
C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN.....	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
A. JENIS PENELITIAN	35
1. Deskriptif Kualitatif	35
B. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN.....	36
1. Tempat Penelitian.....	36
2. Waktu Penelitian	37
C. SUMBER DATA DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA	37
1. Sumber Data.....	37
2. Teknik Pengumpulan Data	38
D. TEKNIK ANALISIS DATA	40
1. <i>Fishbone Analysis</i>	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
A. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN.....	43
B. HASIL PENELITIAN	46
C. PEMBAHASAN	59
BAB V PENUTUP	77
A. KESIMPULAN.....	77
B. SARAN	79
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2 <i>Expantion Tank</i>	15
Gambar 2. 3 <i>Fresh Water Cooling Pump</i>	15
Gambar 2. 4 <i>Manometer</i>	16
Gambar 2. 5 <i>Fresh Water Cooler</i>	16
Gambar 2. 6 <i>Fresh Water Cooling Pump</i>	17
Gambar 2. 7 <i>Sea Chest</i>	17
Gambar 2. 8 <i>Strainer Sea Chest</i>	18
Gambar 2. 9 <i>Sea Water Cooling Pump</i>	18
Gambar 2. 10 <i>Manometer</i>	19
Gambar 2. 11 <i>Sea Water Cooling Pipe</i>	19
Gambar 2. 12 <i>Lubricating Cooler</i>	20
Gambar 2. 13 <i>Intercooler</i>	20
Gambar 2. 14 <i>Valve Over Board</i>	21
Gambar 2. 15 <i>Cylinder Head</i>	25
Gambar 2. 16 <i>Water Guide Jacket</i>	26
Gambar 2. 17 <i>Cylinder Sleeve</i>	26
Gambar 2. 18 <i>Cooling Water Inlet Joint</i>	27
Gambar 2. 19 <i>Stand Rocker Arm</i>	27
Gambar 2. 20 <i>Stud Bold</i>	28
Gambar 2. 21 <i>Exhaust Valve</i>	28
Gambar 2. 22 <i>Rocker Arm</i>	29
Gambar 2. 23 <i>Injector</i>	29
Gambar 2. 24 <i>Starting Valve</i>	30

Gambar 2. 25 Indikator Valve	30
Gambar 2. 26 Gasket.....	31
Gambar 2. 27 O-Ring	31
Gambar 3. 1 Fishbone Diagram.....	42
Gambar 4. 1 Kapal LPG/C GAS PATRA.....	43
Gambar 4. 2 Ship's Particular	44
Gambar 4. 3 Crew List	45
Gambar 4. 4 FWC ME Out Temperature	48
Gambar 4. 5 Cylinder Head Temperature	49
Gambar 4. 6 Main Engine LPG/C Gas Patra	50
Gambar 4. 7 Cylinder Head Main Engine	51
Gambar 4. 8 Kondisi O-ring dan Lubang Pendingin Cylinder Head	51
Gambar 4. 9 Cylinder Head After Repair	52
Gambar 4. 10 Wawancara Dengan Masinis 2	54
Gambar 4. 11 Fishbone Diagram.....	57
Gambar 4. 12 Menutup valve inlet fresh water cooling ME	66
Gambar 4. 13 Melepas komponen cylinder head.....	66
Gambar 4. 14 Rocker arm ME sudah terlepas.....	67
Gambar 4. 15 Proses pengangkatan exhaust valve.....	67
Gambar 4. 16 Proses pelepasan flexible joint main engine	68
Gambar 4. 17 Stand rocker arm sudah terlepas	68
Gambar 4. 18 Proses melepas baut pengikat cylinder head.....	69
Gambar 4. 19 Proses pemasangan segel pada cylinder head.....	69
Gambar 4. 20 Proses pengangkatan cylinder head	70

Gambar 4. 21 Proses pengangkatan <i>cylinder head</i>	70
Gambar 4. 22 <i>Cylinder head</i> di bongkar	71
Gambar 4. 23 Kondisi <i>cylinder head</i>	71
Gambar 4. 24 <i>Cylinder head</i> di bersihkan dari kerak	72
Gambar 4. 25 <i>Cylinder head</i> yang sudah di bersihkan	72
Gambar 4. 26 Pemasangan <i>o-ring cylinder head</i>	73
Gambar 4. 27 <i>Cylinder head</i> selesai di perbaiki.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Review Penelitian Sebelumnya	8
Tabel 4. 1 Jurnal <i>Main Engine Running</i>	47
Tabel 4. 2 Kesimpulan Hasil Wawancara	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Ship's particular</i>	84
Lampiran 2 <i>Crew list</i>	85
Lampiran 3 Kapal LPG/C Gas Patra <i>Loading</i> Di Tg. Sekong	86
Lampiran 4 Kapal LPG/C Gas Patra <i>Discharge</i> Di PELDAM Semarang.....	87
Lampiran 5 Berita Acara Pengadaan <i>Chemical</i>	88
Lampiran 6 <i>Chemical Inventory</i>	89
Lampiran 7 Jurnal <i>Main Engine Running</i>	90
Lampiran 8 <i>Running Hours And Maintenance Schedule Report</i>	91
Lampiran 9 <i>Defect/Damage Report</i>	92
Lampiran 10 <i>Main Engine Performance Report</i>	93
Lampiran 11 <i>Instruction manual book cylinder head</i>	94
Lampiran 12 <i>Instruction control of cooling water</i>	99

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Transportasi adalah unsur yang sangat penting dalam dunia perdagangan sehingga kebutuhan akan transportasi khususnya dibidang kelautan sangat besar. Transportasi laut sangat efisien untuk dapat mengangkut barang atau penumpang dari satu tempat ketempat yang lain dengan jarak tempuh yang jauh namun biaya relatif lebih murah. Transportasi berperan sebagai penunjang, pendorong dan pergerakan bagi pertumbuhan ekonomi negara. Indonesia merupakan negara kepulauan yang luas wilayahnya adalah laut, maka transportasi laut sangat dibutuhkan untuk menjalankan perekonomian negara, memperkuat persatuan dan kesatuan negara sehingga dapat mempererat hubungan perdagangan melalui transportasi laut. Gultom, E.R (2017).

Badan usaha milik negara (BUMN), Seperti halnya yang dilakukan PT. Pertamina berjalan pada aspek energi meliputi gas, minyak serta energi baru dan terbarukan. Dalam kapasitasnya sebagai *holding company* di bidang energi, Pertamina membentuk *subholding* untuk terwujudnya operasional yang meluas, salah satunya adalah PT. Pertamina International Shipping dalam menjalankan fungsi logistik maupun distribusi BBM dan LPG yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia melalui tol laut. Dengan Indonesia sebagai negara kepulauan dan kelautan, peran PT. Pertamina International Shipping sangat penting dalam memasok kebutuhan energi ke berbagai wilayah. Harus dibutuhkan waktu yang efektif dalam memasok BBM maupun LPG supaya

tidak terjadi kelangkaan, dalam hal ini kapal tanker adalah pilihan yang tepat sebagai sarana pengangkutan dalam volume besar. Irawan, A (2019).

Kapal tanker merupakan kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut barang berbahaya berupa gas, minyak bumi, bahan kimia, dan radioaktif. Tipe-tipe tanker antara lain tanker minyak, tanker kimia dan tanker gas cair. Melandasi kesejahteraan masyarakat Indonesia dalam penggunaan LPG dilingkup rumah tangga, kapal jenis LPG *carrier* adalah sarana transportasi laut yang tepat untuk memasok LPG ke berbagai wilayah di Indonesia. Dalam pengoperasian kapal membutuhkan mesin induk dan pesawat-pesawat bantu untuk menunjang kelancaran kinerja mesin. Winarto, C., Dkk (2017).

Mesin induk merupakan tenaga penggerak utama bagi kapal, prinsip kerja mesin induk yaitu mengubah gaya mekanik menjadi gaya dorong bagi propeller sehingga kapal dapat bergerak. Sebagai mesin penggerak utama kapal, mesin diesel adalah tipe mesin yang lebih banyak dipakai dibandingkan jenis mesin penggerak utama kapal lainnya. Mesin diesel termasuk pesawat kalor, yaitu pesawat yang merubah energi potensial berupa panas menjadi usaha mekanik, mesin diesel termasuk pesawat pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), karena di dalam silinder terjadi proses segitiga api, dimana suhu panas didalam silinder menerima udara bilas dan pengabutan bahan bakar oleh injector sehingga tercapainya unsur segitiga api itu dan terjadilah pembakaran. Akibat dari pembakaran tersebut, suhu mesin terutama pada komponen mesin induk bagian *cylinder liner*, *cylinder head* dan *exhaust valve* panas sehingga membutuhkan pendinginan karena sangat berpengaruh terhadap kelancaran operasional mesin induk. Jusak johan Handoyo, (2015).

Sistem pendingin tertutup yang sering di gunakan pada mesin induk, dimana media pendingin yang digunakan adalah air tawar sebab air tawar memiliki efek yang lebih kecil terhadap material yang di lalunya di bandingkan dengan air laut. Proses sistem pendingin tertutup berawal dari air tawar pada *expansion tank* bersuhu dingin di sirkulasikan menggunakan *fresh water cooling pump* kedalam blok silinder mesin induk lalu masuk ke *cylinder head* terus ke *exhaust valv*. Pada proses ini terjadilah pemindahan panas secara konduksi dari panas material *cylinder liner*, *cylinder head* dan *exhaust valve* yang diserap oleh pendingin air tawar kemudian keluar dan masuk kedalam *fresh water cooler*, pada proses ini panas yang diterima pendingin air tawar tadi diserap oleh media pendingin air laut yang mengalir pada pipa-pipa di dalam *fresh water cooler* sehingga pendingin air tawar bersirkulasi kembali kedalam mesin induk dengan suhu dingin. Supaya sistem pendingin dapat bersirkulasi dengan lancar, upaya yang dilakukan adalah perawatan serta perbaikan secara terencana yang biasa disebut dengan *Planne Maintenance System* (PMS), sistem perawatan atau pemeliharaan terencana artinya perawatan yang sudah direncanakan, dijadwalkan yang bertujuan mempertahankan usia dari material mesin induk. Apabila penerapan *Planne Maintenance System* (PMS) pada kapal tidak maksimal serta juga tidak memperhatikan *running hours* dari komponen mesin induk yang bekerja dan pesawat-pesawat penunjang operasionalnya, sehingga menyebabkan keterlambatan (*overdue*) dalam perawatannya, akibatnya kekuatan dari material mesin induk berkurang karena sudah melampaui batas jam kerja.

Permasalahan tersebut dijumpai oleh penulis ketika praktek laut tahun 2022 di kapal LPG/C Gas Patra milik PT. Pertamina International Shipping. Kronologinya pada tanggal 11 Agustus 2022, saat kapal selesai *loading* LPG di Tanjung Sekong kemudian melakukan olah gerak dengan tujuan Tanjung Mas Semarang, ketika kapal posisi *fullway* dan pada saat itu penulis melakukan dinas jaga bersama masinis 2 dan juga *oiler* melakukan patroli dan mengambil jurnal mesin induk dan mendapati kejanggalan pada *main engine cylinder* nomor 4, dimana pendingin air tawar yang keluar dari *exhaust valve* panasnya mencapai suhu 100°C, sehingga timbul asap pada *cylinder head* dan *exhaust valve*. Penulis melapor kepada masinis 2 terkait kejanggalan tersebut, dan masinis 2 bergegas melihat langsung apa yang penulis sampaikan, kemudian tindakan yang di ambil masinis 2 adalah memberi info kepada *Chief Engineer*, kepada *Chief Officer* jaga untuk melakukan *stop engine* dikarenakan adanya masalah pada *main engine*. Melihat masalah tersebut penulis berinisiatif untuk melihat permasalahan itu pada tabel *troubleshooting* yang ada pada *instruction manual book main engine*, setelah penulis menemukan penyebab dari masalah itu dan menyamakan dengan pendapat masinis 2 dan *Chief Engineer*, permasalahannya sama yaitu pada *cylinder head main engine*, dimana tidak ada aliran pendingin yang masuk kedalam *cylinder head* sehingga menyebabkan suhu panas berlebih (*overheat*) pada *cylinder head* dan *exhaust valve*. *Chief Engineer* lalu melihat laporan bulanan pada *running hours* mesin induk terutama pada *cylinder head* nomor 4, laporan bulanan menjadi kunci jawaban dari masalah yang terjadi sebab pada *running hours cylinder head main engine* terlihat jam kerja yang melebihi batas maksimal (*overdue*) dan *Planne*

Maintenance System (PMS) pada kapal tidak berjalan maksimal sehingga berdampak pada operasional mesin induk LPG/C Gas Patra yang tidak optimal. Supaya mesin induk dapat kembali beroperasi, *Chief Engineer* bernegosiasi kepada *Captain* untuk meminta waktu perbaikan dan di setujui sehingga perbaikan langsung dikerjakan di tengah laut dengan posisi kapal *drop anchore* di dekat Pulau Tunda. Sehubungan dengan masalah diatas maka penulis tertarik melakukan penelitian dan menuangkannya dalam bentuk karya ilmiah terapan yang berjudul: **“ANALISIS KEGAGALAN SIRKULASI PENDINGIN AIR TAWAR PADA *CYLINDER HEAD MAIN ENGINE TYPE* AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA DI KAPAL LPG/C GAS PATRA”**. Oleh karena itu penulis membuat penelitian ini yang nantinya dapat membantu jika *troubleshooting* yang sama terjadi pada mesin kapal pembaca dan mengingatkan pembaca akan pentingnya melaksanakan perawatan serta perbaikan secara berencana dan maksimal yang bertujuan menunjang kelancaran pengoperasian kapal.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan pengalaman yang sudah didapat ketika praktek laut di kapal LPG/C Gas Patra dengan masalah yang dialami. Tidak maksimalnya *planne maintenace system (PMS)* sehingga terjadi *overdue* pada *running hours cylinder head* mesin induk yang mengakibatkan kinerja atau fungsional dari *cylinder head* tidak dapat bekerja dengan normal sehingga sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin induk. Menekankan permasalahan yang dialami penulis ketika praktek laut dengan judul yang ada, penulis merumuskan masalah seperti dibawah ini:

1. Apa penyebab kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA dikapal LPG/C Gas Patra?
2. Apa akibat dari kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA dikapal LPG/C Gas Patra?
3. Bagaimana cara mengatasi kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA dikapal LPG/C Gas Patra?

C. BATASAN MASALAH

Berdasarkan identifikasi masalah diatas untuk menghindari pembahasan yang meluas maka penulis membuat batasan masalah ini untuk mengetahui faktor yang menjadikan penyebab dari kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA dikapal LPG/C Gas Patra.

D. TUJUAN PENELITIAN

Penulis memaparkan penulisan skripsi ini didasari oleh pengalaman dan pengetahuan dari penulis dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui penyebab kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA dikapal LPG/C Gas Patra.
2. Mengetahui akibat dari kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type* Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA dikapal LPG/C Gas Patra.

3. Mengetahui cara mengatasi kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine type Akasaka Mitsubishi 6UEC37LA* dikapal LPG/C Gas Patra.

E. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut :

1. Bagi penulis.

Penelitian ini merupakan kesempatan bagi penulis untuk menerapkan dan menguji teori-teori yang sudah didapat dan menambah pengetahuan penulis tentunya tentang masalah-masalah yang diteliti.

2. Bagi pembaca.

Sebagai penambah wawasan dan pengetahuan tentang masalah yang diteliti, serta sebagai acuan untuk melakukan tindakan yang berhubungan dengan masalah tersebut diatas.

3. Bagi lembaga pendidikan

Karya Ilmiah Terapan ini dapat menjadi sumber baca maupun referensi bagi semua pihak di perpustakaan Politeknik Pelayaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA

Untuk mengetahui perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian sebelumnya, penulis memaparkan perbandingan melalui tabel dibawah ini;

Tabel 2. 1 Data Review Penelitian Sebelumnya

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	P.Kurniawan dan Y.A Sudrajat (Tahun 2022)	Analisis Kegagalan <i>Cylinder Head Studs</i> pada Mesin Diesel Empat Langkah Dengan Metode Elemen Hingga	Faktor yang menyebabkan kegagalan <i>cylinder head studs</i> pada mesin diesel empat langkah adalah karena fatigue dan retakan. Kerusakan fatigue disebabkan adanya fluktuasi antara tegangan dan regangan yang mampu mengubah struktural permanen material, dan dapat menimbulkan retak atau patah setelah berfluktuasi beberapa kali. Terjadinya patahan fatigue disebabkan oleh aksi simultan dari tegangan siklik, tegangan tarik, dan regangan plastis.	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang kegagalan <i>cylinder head studs</i> akibat dari kerusakan material, sedangkan penelitian saat ini membahas tentang kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada <i>cylinder head main engine</i> .

2.	Ismail Ramli, Al Amin dan Muhammad Huzairi (Tahun 2021)	Analisa Kerusakan <i>Cylinder Head</i> pada Diesel Engine QSK 50 MCRS Di Bengkel Sungai Sembilan Nunukan dengan menggunakan metode kualitatif deskriptif	Faktor penyebab kerusakan <i>cylinder head</i> pada diesel engine QSK 50 MCRS di bengkel sungai sembilan nunukan adalah telah terjadi erosi kavitasi pada permukaan ruang pembakaran. Erosi kavitasi terjadi pada permukaan ruang pembakaran karena gelembung udara yang meledak selama stroke daya dari siklus mesin 4 tak. Erosi kavitasi ditandai dengan adanya permukaan <i>cylinder head</i> yang berlubang kecil.	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang kerusakan <i>cylinder head</i> akibat dari erosi kavitasi yang menyebabkan permukaan <i>cylinder head</i> berlubang-lubang kecil, sedangkan penelitian saat ini membahas tentang kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada <i>cylinder head main engine</i> .
3.	Suryanto Nasution dan Razali (Tahun 2019)	Analisa Kegagalan <i>Cylinder Head</i> Mesin Diesel Komatsu Dengan Menggunakan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) di Megapower PLTD Bengkalis	Faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan <i>cylinder head</i> mesin diesel komatsu di Megapower PLTD Bengkalis adalah sirkulasi air tidak lancar, nozzle menimbulkan kerak, proses pembakaran tidak sempurna. Menurut analisa, terjadinya keropos pada <i>cylinder head</i> , proses pembakaran tidak maksimal dan jika kompresi tidak kuat maka harus di ganti komponen-komponen pada <i>cylinder head</i> .	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang kegagalan <i>cylinder head</i> mesin diesel dengan menggunakan metode penelitian <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA), sedangkan penelitian saat ini membahas tentang kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada <i>cylinder head main engine</i> menggunakan metode penelitian <i>Fishbone Analysis</i>

B. LANDASAN TEORI

Landasan teori difungsikan sebagai sumber teori yang menjadi dasar dari penelitian untuk dapat memahami latar belakang dari timbulnya permasalahan secara sistematis. Landasan teori berperan penting untuk mengkaji penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya mengenai analisa kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine* dan teori yang menjelaskan tentang pentingnya memaksimalkan *planne maintenance system (PMS)* mesin induk di kapal. Pada skripsi ini penulis menggunakan beberapa pustaka, dan pustaka tersebut saling berkaitan dengan permasalahan yang di bahas, yaitu;

1. Pengertian Analisis

Rijali, A (2018), menerangkan arti analisa merupakan upaya mencari dan menata secara sistematis catatan hasil observasi, wawancara, dan lainnya untuk meningkatkan pemahaman peneliti tentang kasus yang diteliti dan menyajikannya sebagai temuan bagi orang lain.

2. Pengertian Kegagalan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), arti kegagalan adalah kesenjangan antara hasil yang diharapkan atau hasil yang diinginkan tidak mencapai tujuan tertentu.

3. Pengertian Sirkulasi

Allo, M.A.,dkk, (2023) menerangkan bahwa sirkulasi merupakan pergerakan, perpindahan, peredaran yang berada pada area yang dilakukan secara berulang-ulang.

4. Pengertian Sistem Pendingin Air Tawar

Julianto, (2019) menjelaskan bahwa sistem pendingin merupakan sistem yang berfungsi untuk menjaga temperatur mesin akibat dari proses pembakaran, sehingga mesin dapat beroperasi secara terus menerus. Bagian mesin yang terkena panas meliputi *cylinder liner, cylinder head, injector dan exhaust valve*.

5. Tujuan Pendinginan

Edgar, Y.P, (2020) menjelaskan bahwa tujuan dari pendinginan pada mesin induk adalah:

- a. Menstabilkan suhu kerja pada mesin induk.
- b. Menjaga mesin induk tetap beroperasi terus menerus dengan aman.
- c. Mencapai kinerja mesin yang optimal.
- d. Mempertahankan kekuatan dari material mesin induk.
- e. Meminimalisir terjadinya kerusakan pada mesin induk.

Pada sistem pendinginan mesin induk ini, terdapat faktor permasalahan yang sering terjadi akibat dari tekanan pompa pendingin tidak normal dan kurangnya perawatan terhadap media pendingin air tawar. Dengan demikian suhu pendingin air tawar ketika mesin induk beroperasi sering melewati batas normal, yang bersuhu 60°C – 85°C menjadi 100°C, sehingga proses pendinginan tidak normal dan mengakibatkan mesin induk panas (*overheat*). Hal ini di menyebabkan terlampauinya titik embun dari gas pembakaran yang mendukung CO₂ membentuk asam sulfat sehingga timbul kerak pada *cylinder liner, cylinder head, injector dan exhaust valve*. Untuk itu perlu dilakukan perawatan terhadap pendingin air tawar dan

komponen-komponen mesin induk yang di lalui oleh pendingin air tawar sehingga mesin induk bisa beroperasi dengan optimal.

6. Macam – Macam Sistem Pendingin

Jusak Johan Handoyo, (2016:85) dalam buku yang berjudul Motor Diesel Penggerak Utama Kapal, menerangkan bahwa sistem pendingin mesin induk ada 2 (dua) macam yaitu :

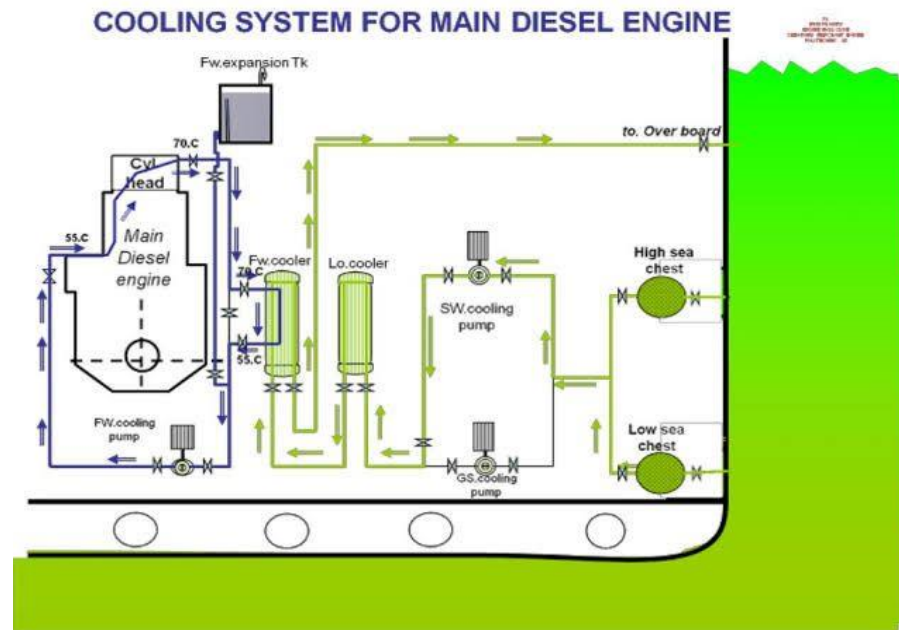
a. Sistem pendinginan terbuka:

Sistem pendinginan terbuka merupakan sistem pendingin yang menggunakan media air laut sebagai media pendinginnya. Media pendingin air laut ini fungsinya untuk penyerapan panas pada pendingin air tawar, perpindahan secara konduksi akan terjadi pada pesawat bantu *fresh water cooler*, dimana suhu panas pada air tawar diserap oleh air laut. Pendingin air laut sistemnya hanya melewati pipa-pipa pada pesawat bantu *fresh water cooler* untuk menyerap panas dan akan terbangun kembali ke laut, maka proses ini dikatakan sistem pendinginan terbuka. Proses pendinginannya adalah air laut dihisap oleh *s.w cooling pump* melalui filter *sea chest*, kemudian air laut disirkulasikan ke pesawat bantu mesin induk pada *intercooler*, *LO cooler*, dan *f.w cooler* untuk menyerap panas dari udara bilas, minyak lumas dan pendingin air tawar kemudian air laut dibuang kelaut melalui *valve overboard*, dan proses ini akan berjalan terus menerus selama mesin induk beroperasi. Keuntungan dari sistem pendingin air laut (sistem terbuka) yaitu konsep kerja lebih sederhana dibandingkan dengan sistem pendinginan air tawar (tertutup). Sistem ini tidak memerlukan tanki ekspansi sehingga dapat

menghemat tempat. Sedangkan kerugian dari sistem pendingin air laut ini terletak pada instalasi perpipaan yang mudah sekali terjadi korosif (karat).

b. Sistem Pendingin Tertutup

Sistem pendingin tertutup merupakan media pendingin yang menggunakan media air tawar untuk mendinginkan mesin. Pada sistem pendinginan tertutup ini air tawar bersirkulasi mendinginkan *cylinder liner, cylinder head, injector* dan *exhaust valve*, kemudian masuk kedalam pesawat bantu *fresh water cooler* untuk dilakukan pendinginan oleh air laut. Pada proses ini terjadi pemindahan panas secara konduksi, dimana suhu panas pada air tawar diserap oleh air laut yang melintas pada pesawat bantu *fresh water cooler* dan kembali ke laut melalui *valve overboard*. Pendingin air tawar bersirkulasi dari tangki ekspansi di hisap oleh *fresh water cooling pump*, masuk kedalam *fresh water cooler* dan terjadi penurunan suhu yang sebelumnya bersuhu 60°C - 85°C menjadi 40°C-50°C, lalu dialirkan kembali ke dalam mesin induk untuk mendinginkan *cylinder liner, cylinder head, injector* dan *exhaust valve*. apabila media pendingin air tawar berkurang didalam sistem, maka akan ada penambahan secara *gravity* dari tanki ekspansi yang berada ditempat yang lebih tinggi dari mesin induk. Proses tersebut akan terus bersirkulasi selama mesin induk beroperasi, dan masinis jaga atau oiler jaga harus melakukan pengecekan pada tanki ekspansi, sehingga bila ada sistem pendingin yang tidak normal (terjadi kebocoran) dapat segera diketahui.



Gambar 2. 1 Sistem Pendinginan Tertutup dan terbuka
 Sumber: (pendinginmainengineardiansyahab.blogspot.com)

7. Komponen Sistem Pendingin

Adi Pratama, dkk, (2022) menerangkan bahwa komponen yang digunakan dalam sistem pendinginan di bedakan menjadi dua bagian, yang pertama komponen sistem pendinginan tertutup dan komponen sistem pendinginan terbuka yang meliputi;

a. Komponen Sistem Pendinginan Tertutup

- 1) *Expantion Tank*, adalah media penampungan air tawar yang di gunakan untuk memenuhi kebutuhan air tawar pada mesin induk maupun bantu yang fungsinya untuk melakukan pendinginan terhadap mesin induk maupun bantu yang beroperasi.



Gambar 2. 1 *Expantion Tank*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2) *Fresh Water Cooling Pump*, adalah pompa jenis sentrifugal yang berfungsi untuk memindahkan atau mensirkulasikan aliran air tawar dari tanki ekspansi ke dalam *cylinder jacket cooling* mesin induk, diteruskan kedalam *fresh water cooler* dan kembali lagi ke dalam *cylinder jacket cooling* mesin induk.



Gambar 2. 2 *Fresh Water Cooling Pump*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3) *Manometer*, adalah alat yang digunakan untuk mengetahui tekanan dari pada pompa yang berjalan, baik dari sisi hisap maupun tekan.



Gambar 2. 3 *Manometer*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4) *Fresh Water Cooler*, adalah tabung yang berisikan pipa-pipa kecil di dalamnya yang fungsinya untuk mendinginkan air tawar dengan media pendingin air laut yang melintas di dalam tabung tersebut.



Gambar 2. 4 *Fresh Water Cooler*

Sumber: [Main Engine Fresh Water Cooler - Dolphin Group \(dolphinheattransfer.com\)](http://dolphinheattransfer.com)

5) *Fresh Water Cooling Pipe*, adalah pipa yang digunakan sebagai tempat mengalirnya air tawar dari satu tempat ke tempat yang lain.



Gambar 2. 5 *Fresh Water Cooling Pump*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. Komponen Sistem Pendinginan Terbuka

1) *Sea Chest*, adalah lubang hisapan air laut yang berada pada lunas kapal maupun lambung kapal yang digunakan untuk memasok kebutuhan air laut pada kapal, biasanya di gunakan sebagai media pendingin mesin, *ballast*, air deck dan untuk kebutuhan lainnya.



Gambar 2. 6 *Sea Chest*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2) *Strainer Sea Chest*, adalah filter yang berfungsi untuk menyaring atau memisahkan kotoran pada air laut, supaya air laut yang masuk ke dalam kapal bersih sehingga proses sirkulasi air laut akan lancar.



Gambar 2. 7 *Strainer Sea Chest*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3) *Sea Water Cooling Pump*, adalah pompa jenis sentrifugal yang berfungsi untuk mensirkulasi air laut dari *sea chest* ke dalam kapal dengan menggunakan energi rotasi dari elektro motor (elmot) sehingga pompa dapat berputar dan menghisap air laut dari *sea chest* kemudian di teruskan dengan tekanan tinggi melalui *fresh water cooler, lubricating cooler* dan *intercooler*.



Gambar 2. 8 *Sea Water Cooling Pump*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- 4) *Manometer*, adalah alat yang digunakan untuk mengetahui tekanan dari pada pompa yang berjalan, baik dari sisi hisap maupun tekan.



Gambar 2. 9 *Manometer*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- 5) *Sea Water Cooling Pipe*, adalah pipa yang digunakan sebagai tempat mengalirnya air laut dari satu tempat ke tempat yang lain.



Gambar 2. 10 *Sea Water Cooling Pipe*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

6) *Lubricating Cooler*, adalah tempat pendinginan minyak pelumas yang menggunakan media air laut. Air laut mengalir melalui pipa-pipa kecil di dalam *cooler* untuk mendinginkan oli yang melintas melalui sekat lempeng seng sehingga air laut dan oli tidak akan tercampur.



Gambar 2. 11 *Lubricating Cooler*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

7) *Intercooler*, adalah pesawat bantu yang berbentuk kotak berisikan pipa-pipa kecil yang terselimuti kisi-kisi plat tipis memanjang dan terletak di samping ataupun bawah dari *turbocharger* mesin induk yang berfungsi untuk menurunkan suhu udara bilas sebelum udara tersebut masuk ke dalam silinder.



Gambar 4.1 12 *Intercooler*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

8) *Valve Over Board*, adalah katup yang dipasang pada sisi lambung kapa yang berfungsi sebagai pintu pembuangan air laut yang telah mendinginkan mesin.



Gambar 2. 13 *Valve Over Board*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

8. Perawatan Terhadap Kualitas Air Tawar

Menurut Mazra. R, (2022) perawatan terhadap air tawar pendingin akan mengurangi bahaya korosi pada komponen, itulah pentingnya pemberian bahan pelindung korosi yang bahannya bisa berupa bahan kimia atau minyak emulsi. Analisisnya adalah kekerasan antara 3 sampai 12 derajat german (dGH), nilai Ph pada 20°C adalah 7 sampai 8 (alkalis lemah), kandungan ion choor < 100 mg/lt, bebas gas CO². Bila nilai pH air tawar kurang dari 7 misalkan nilai pH 6 maka dilakukan penambahan *chemical fresh water treatment* sebanyak 1 liter *chemical* untuk 1000 liter air tawar jika kapasitas air tawar dalam sistem 6000 liter maka penambahan *chemical* sebanyak 6 liter, bila nilai pH air tawar lebih dari 8 maka dilakukan penggantian air tawar caranya *blow down* air tawar pada tanki ekspansi

sampai batas *low* kemudian isi air ekspansi sampai batas maksimal pengisian dan pompa sirkulasi air tawar pendingin mesin induk dijalankan selama 1 jam lalu dilakukan pengetesan pH air tawar sampai nilai pH normal antara 7-8. Untuk mendapatkan hasil air tawar yang baik perlu menambahkan *additive* bahan kimia (*chemical*). Untuk mempertahankan kadar nitrit, chloride dan pH air pendingin biasanya digunakan sejenis chemical yaitu racor NB Liquid dengan uji air pendingin yang digunakan spectrapak 309, salah satu produk dari UNITOR.

Perawatan dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur sesuai dengan *intruccion manual book* mesin induk dengan cara sebagai berikut:

- a. Bersihkan komponen mesin dari kerak atau kotoran ketika kapal sedang *over haul*
- b. Bersihkan tangki ekspansi dan ganti air yang bersih dengan menambahkan *water cooling treatment (WCT)*
- c. Periksa kualitas pendingin air tawar setiap akhir *voyage*.
- d. Pastikan kualitas air pendingin bagus.

Kualitas air sangat berpengaruh terhadap material pada komponen mesin induk, apabila PH rendah (<7) maka air akan bersifat asam dan dapat mengakibatkan korosi pada komponen mesin induk, sedangkan jika PH tinggi maka air akan bersifat basa sehingga dapat mengakibatkan kegagalan fungsi dari pendingin air tawar, sebab air yang bersifat basa dapat menimbulkan kadar garam tinggi sehingga akan menimbulkan kerak-kerak air yang melekat pada komponen mesin induk, terutama pada lubang aliran pendingin air tawar *cylinder head* yang sering terjadi penyumbatan sehingga

terjadi kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head*. Hal ini membuat suhu panas pada *cylinder head* naik (*overheat*) sehingga sangat berpengaruh terhadap komponen yang ada di dalam *cylinder head*, salah satunya adalah *O-ring*, apabila *O-ring* terkena panas yang melebihi batas kekuatannya akan memuai dan lama kelamaan *O-ring* akan mengeras sehingga membuat pendingin air tawar pada *cylinder head* bocor dan mengakibatkan tidak optimalnya kinerja dari mesin induk.

Maka dari itu sangatlah penting penerapan *planned maintenance system (PMS)* pada mesin induk, dimana perawatan secara berkala dan terencana dapat meminimalisir permasalahan yang akan timbul di kemudian hari untuk kelancaran operasional kapal, serta pengontrolan *running hours* mesin induk harus selalu dilakukan sebab jika tidak dilakukan pengontrolan *running hours* terhadap komponen mesin induk akan melebihi batas jam kerja (*overdue*) sehingga akan terjadi kegagalan fungsi dari pada komponen mesin induk tersebut.

9. Pengertian Mesin Induk

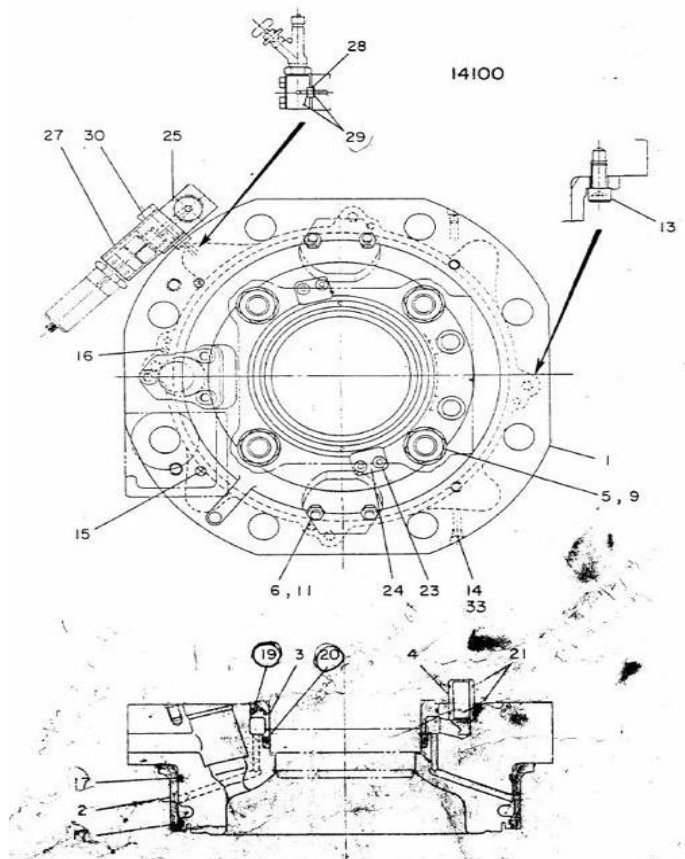
Jusak Johan Handoyo, (2015:34) dalam buku yang berjudul Mesin Penggerak Utama menerangkan bahwa mesin induk adalah motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), karena di dalam silinder terjadi proses segitiga api, dimana suhu panas didalam silinder menerima udara bilas dan bahan bakar di kabutkan oleh injektor sehingga tercapainya unsur segitiga api itu dan terjadilah pembakaran. Mesin induk termasuk pesawat kalor, yaitu pesawat yang merubah energi potensial berupa panas menjadi usaha mekanik menjadi gaya dorong bagi *propeller* sehingga kapal

dapat bergerak. Sebagai mesin penggerak utama kapal, mesin diesel adalah tipe mesin yang lebih banyak dipakai dibandingkan jenis mesin penggerak utama kapal lainnya. Mesin Induk pada umumnya memiliki komponen utama salah satunya adalah *cylinder head* dan komponennya.

10. Pengertian *Cylinder Head*

Menurut Sapkal, V.Ukey, K.(2017), menerangkan bahwa *cylinder head* adalah bagian utama dari mesin induk yang berfungsi untuk menutup *cylinder liner* dan tempat pemasangan injektor serta dudukan rumah dari pada *exhaust valve*. Konstruksi pada *cylinder head* terdapat;

- a. Lubang-lubang untuk sirkulasi pendingin air tawar
- b. Tempat *O-ring* pada *jacket cooling cylinder head*
- c. Ruang rongga untuk pembakaran
- d. Lubang untuk tempat dudukan injektor
- e. Lubang untuk tempat dudukan *starting valve*
- f. Lubang untuk tempat dudukan indikator *coock*
- g. Lubang untuk tempat dudukan *exhaust valve*
- h. Lubang untuk tempat dudukan baut pengikat mesin
- i. Tempat dudukan *rocker arm*



Key No	Description		Code No.
14100	Cylinder head complete		227 140 001 001
1	Cylinder head	シリンダ ヘッド	227 141 101 002
2	Water guide jacket	スイツツ カナモノ	227 141 102 000
3	Sleeve	スリーブ	221 141 103-001
4	Cooling water inlet joint	レンケツ カナモノ	227 141 103 000
5	Stud bolt	ボルト	227 141 104 000
6	Stud bolt	ボルト	227 141 105 000
9	Nut	ナット	221 141 114 000
11	Nut	ナット	550 125 016 001
13	Bolt	ボルト	541 516 040 003
14	Plug	プラグ	752 211 016 006
15	Parallel pin	ヘイコーピン	583 116 040 001
16	Parallel pin	ヘイコーピン	583 113 030 001
17	O ring	0 リング	227 141 106 000
19	O ring	0 リング	761 057 280 006 ✓
20	O ring	0 リング	221 141 118 000 ✓
21	O ring	0 リング	780 035 036 001
23	Bolt	ボルト	541 512 025 003
24	Sleeve holder	スリーブ ホルダ	219 141 108 000
25	Gas outlet ironware	ジョイント ピース	227 146 101 000
27	Cover	カバー	227 146 102 000
28	Distance piece	ディスタンス ピース	210 146 102 000
29	Gasket	ガスケット	227 146 104 000 ✓
30	Bolt	ボルト	500 520 030 001
33	Gasket	ガスケット	782 701 016 005

Gambar 2. 14 Cylinder Head
 Sumber: Manual Book Main Engine

11. Komponen *Cylinder Head*

- a. *Water Guide Jacket*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi sebagai *cover* sekaligus tempat pendingin air tawar bersirkulasi menyelimuti badan *cylinder head main engine*.



Gambar 2. 15 *Water Guide Jacket*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- b. *Cylinder Sleeve*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi sebagai dudukan *exhaust valve*, dimana *seating valve* bersentuhan langsung dengan *cylinder sleeve*. Pada *cylinder sleeve* terdapat *o-ring* yang berperan sebagai pengedap sirkulasi pendingin air tawar sehingga proses pendinginan pada *cylinder sleeve* dapat optimal.



Gambar 2. 16 *Cylinder Sleeve*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- c. *Cooling Water Inlet Joint*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi sebagai penghubung sirkulasi pendingin air tawar dari *cylinder head* ke *exhaust valve*. Pada *Cooling Water Inlet Joint* terdapat *o-ring* yang berperan sebagai pendedap sirkulasi pendingin air tawar sehingga sirkulasi pendingin air tawar dari *cylinder head* dapat diteruskan ke *exhaust valve* tanpa ada kebocoran.



Gambar 2. 17 *Cooling Water Inlet Joint*

Sumber: <https://www.ebay.com/p/1924464977>

- d. *Stand Rocker Arm*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi sebagai penopang atauudukan dari *rocker arm*.



Gambar 2. 18 *Stand Rocker Arm*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- e. *Stud Bolt*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi sebagai baut pengikat untuk *exhaust valve* dan *stand rocker arm* dengan kekuatan jack hidraulik kurang lebih 550-650kg, supaya *exhaust valve* dan *stand rocker arm* tidak bergetar ketika mesin induk bekerja.



Gambar 2. 19 *Stud Bolt*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- f. *Exhaust Valve*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi sebagai pintu keluarnya sisa-sisa gas buang bekas pembakaran di dalam *cylinder liner*. Aditya dan Nalle, (2023).



Gambar 2. 20 *Exhaust Valve*

Sumber: Dokumen Pribadi

g. *Rocker Arm*, adalah komponen pada *cylinder head* yang berfungsi untuk menekan *valve exhaust* dengan mengubah gerak putar dari *camshaft* yang di teruskan oleh batang *push rod* menjadi gerak naik turun, sehingga *valve exhaust* dapat terbuka dan tertutup. Prayogi dan Sumarli, (2017).



Gambar 2. 21 *Rocker Arm*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

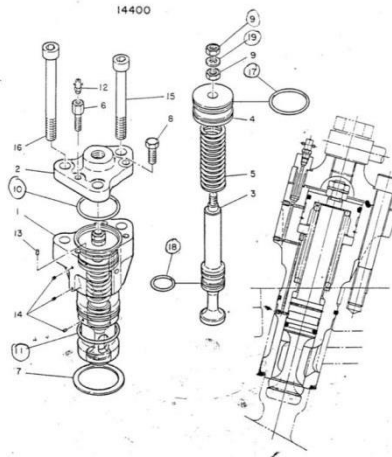
h. *Injector*, adalah komponen yang berada pada *cylinder head* yang memiliki fungsi untuk keluarnya bahan bakar dengan tekanan tertentu dari pompa bahan bakar, sehingga bahan bakar dapat mengabut dengan sempurna. Irawan, dkk, (2023).



Gambar 2. 22 *Injector*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- i. *Air Starting Valve*, adalah komponen yang digunakan untuk memasok udara start bertekanan 25-30 bar kedalam *cylinder head* sesuai dengan *fairing order* sehingga piston dapat bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) dan terjadi pembakaran, sehingga mesin dapat beroperasi. Davit dan Kingsley, (2015).



Gambar 2. 23 *Starting Valve*

Sumber: Dokumen *Instruction Manual Book*

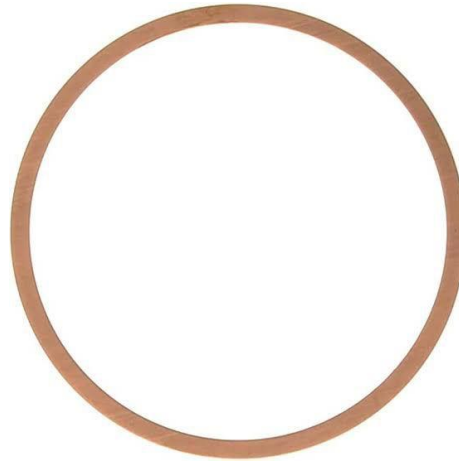
- j. *Indicator Valve*, adalah katup indikator pada *cylinder head* yang memiliki fungsi untuk mengukur dan memantau tekanan kompresi dari ruang bakar, mengetahui adanya kebocoran pendingin air tawar yang masuk di dalam ruang bakar dengan cara *blow up* dengan udara start.



Gambar 2. 24 *Indikator Valve*

Sumber: [Indicator Valves | Leutert](#)

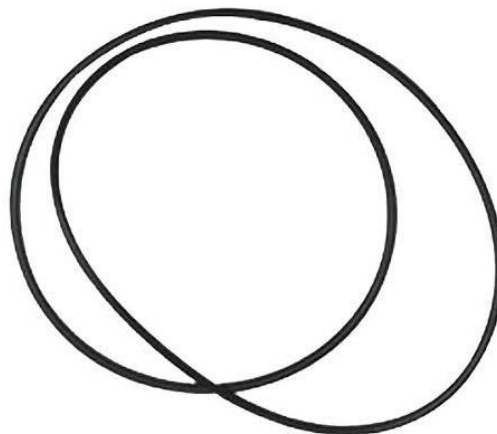
- k. *Gasket*, adalah komponen yang terbuat dari tembaga berbentuk lingkaran yang berada diantara *cylinder blok* dengan *cylinder head* yang memiliki fungsi untuk merapatkan dan menempelkan kedua objek tersebut sehingga terhindar dari kebocoran kompresi maupun pendingin air tawar.



Gambar 2. 25 *Gasket*

Sumber: www.amazon.com

- l. *O-ring*, adalah komponen berbahan dasar karet *synthetic* berbentuk ring atau lingkaran yang digunakan untuk penyekat atau pendedap cairan pada *cylinder head* supaya cairan tidak bocor.



Gambar 2. 26 *O-Ring*

Sumber: Water Jacket, 1 Piece: Automotive: Amazon.com.au

12. Perawatan *Cylinder Head*

Untuk dapat berfungsi dengan normal, *cylinder head* harus selalu di perhatikan perawatannya, terutama dalam pengontrolan *running hours* dari *cylinder head* tersebut, tujuan dari pengontrolan tersebut adalah untuk memantau seberapa lama *cylinder head* bekerja supaya tidak sampai melewati batas jam kerja (*overdue*) yang sudah di tentukan oleh *instruction manual book* mesin induk. Perawatan yang dilakukan terhadap *cylinder head* bertujuan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan yang dapat mempengaruhi kinerja dari mesin induk. Perawatan yang dilakukan harus terencana sesuai dengan program yang ada dalam *Planne Maintenance System (PMS)*, program perawatan yang terjadwal sesuai *intruction manual book* mesin induk untuk mencegah terjadinya kerusakan yang fatal.

13. Pendinginan *Cylinder Head*

Cylinder head adalah penutup bagian atas mesin yang mana pada bawah sebelah dalam terdapat ruang-ruang untuk pembakaran. Suhu pada bagian bawah sebelah dalam ruang pembakaran sekitar 1500°C-1600°C. Suhu yang terjadi di ruang pembakaran tersebut akan diteruskan atau diterima oleh *cylinder head* dan jika tidak mendapatkan pendingin yang baik secara terus menerus, maka bagian-bagian yang terkena panas tadi akan memuai sehingga pelapis *cylinder head* tersebut akan kehilangan kekuatannya dan akan menimbulkan pemuaian yang berlebihan, sehingga akan menimbulkan kerusakan pada komponen *cylinder head* tersebut. Untuk menghindari terjadinya hal tersebut, maka perlu adanya

pendinginan secara terus menerus selama terjadinya pembakaran.

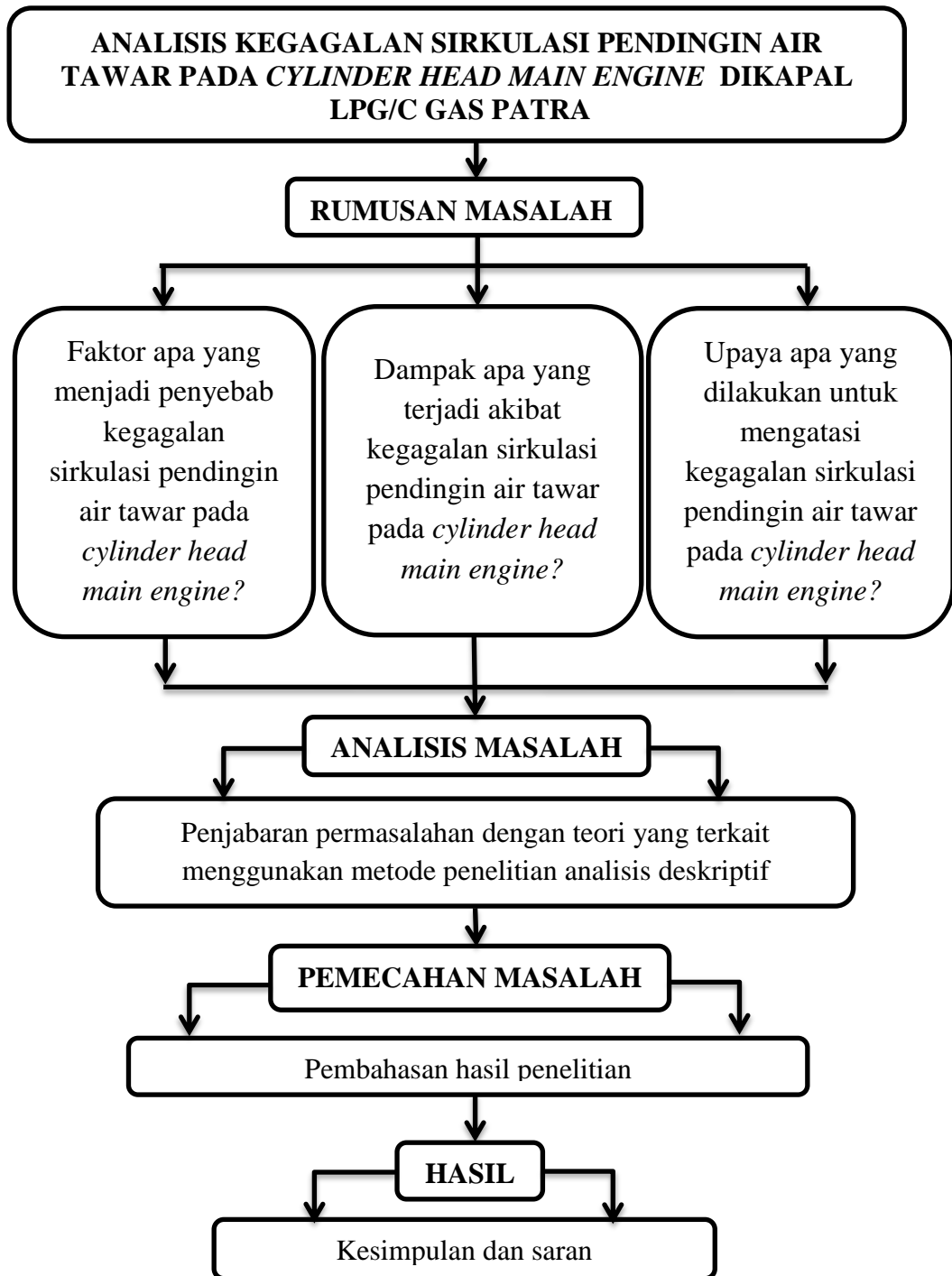
14. Teknik Perawatan *Cylinder Head*

Perawatan pada *cylinder head main engine* bertujuan untuk memperkecil kerusakan pada komponen dan mempertahankan usia dari material komponen *cylinder head* untuk itu dibutuhkan suatu strategi dalam melaksanakannya, terutama dalam menjaga aliran sirkulasi pendingin air tawar tetap lancar sehingga tidak terjadi *overheat* pada *cylinder head* dan mencegah terjadinya penumpukan kerak pada *cylinder head main engine*. Adapun strategi dalam melaksanakan perawatan terhadap *cylinder head main engine* adalah sebagai berikut:

- a. Perawatan Berencana bertujuan untuk memperkecil kerusakan pada *cylinder head* dan meminimalisir biaya perawatan sekecil mungkin.
- b. Perawatan Insidental dilakukan akibat kurangnya memperhatikan kinerja dari *cylinder head*, akibatnya perawatannya sangat mahal.
- c. Perawatan Pencegahan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan atau berkembangnya kerusakan pada *cylinder head* dengan cara menemukan kegagalan sekecil mungkin dan segera dilakukan tindakan perbaikan dan perawatan sesuai dengan masalah yang terjadi.
- d. Perawatan Perbaikan adalah perawatan yang dilakukan karena adanya kerusakan dengan mempertimbangkan biaya perawatan.
- e. Perawatan Periodik adalah perawatan yang dilakukan secara berkala dengan memperhatikan jam kerja dari *cylinder head*.
- f. Pemantauan periodik adalah melakukan pemantauan langsung terhadap kondisi *cylinder head* dan komponennya.

C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN

Dalam mempermudah pembahasan penelitian mengenai kegagalan sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine*, maka penulis menjelaskan alur penelitian secara singkat untuk dapat memecahkan masalah sesuai dengan rumusan masalah, diantaranya sebagai berikut ;



BAB III

METODE PENELITIAN

A. JENIS PENELITIAN

Berikut ini adalah metode yang digunakan peneliti dalam melakukan penelitian ini.

1. Deskriptif Kualitatif

Cut Medika & Bambang Mudjiyanto (2018:89) menyatakan jenis penelitian deskriptif dilakukan untuk mendeskripsikan seperangkat gejala atau peristiwa dari suatu populasi secara objektif. Penelitian deskriptif merupakan cara untuk menemukan makna baru, menjelaskan sebuah keadaan, menentukan frekuensi kemunculan sesuatu dan mengategorikan informasi. Penelitian deskriptif dilakukan dengan memusatkan perhatian terhadap aspek-aspek tertentu dan sering menunjukkan hubungan antara berbagai variabel.

Menurut Creswell, (2014) penelitian kualitatif merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk memahami dan menjelaskan fenomena sosial secara mendalam melalui interpretasi konteks, pengalaman, dan perspektif individu yang terlibat dalam fenomena tersebut. Penelitian kualitatif merujuk pada analisis data non-matematis. Prosedur ini menghasilkan temuan yang diperoleh melalui data-data yang dikumpulkan dengan beragam sarana, antara lain wawancara, pengamatan, dokumen atau arsip, dan tes.

Jadi kesimpulannya deskriptif kualitatif adalah proses penelitian dan pemahaman berdasarkan metodologi penyelidikan fenomena pada masalah

yang sedang terjadi. Selama penulis melakukan praktik laut di kapal LPG/C GAS PATRA, data-data yang dikumpulkan dengan beragam sarana antara lain wawancara, pengamatan, dokumen atau arsip, dan tes secara terperinci dalam metode kualitatif-deskriptif serta melakukan penelitian dalam konteks alamiah.

B. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dan pengambilan data berlangsung di atas kapal LPG/C Gas Patra milik PT. Pertamina Internasional Shipping. Berikut ini adalah data kapal selama penulis melaksanakan Praktik Layar:

Name of Vessel	: LPG/C GAS PATRA
Ship's Type	: LIQUIFIED PETROLEUM GAS
Call Sign	: PNUT
IMO Number	: 8908246
Flag	: Indonesia
Port of Registry	: Jakarta
Owner	: PERTAMINA INTERNATIONAL SHIPPING
Builder	: KYUKUYO SHIPYARD,JAPAN
Date of Build / Keel Laid	: 02 OKTOBER 1989
L.O.A	: 103.55 M
Beam Moulded	: 16.00 M
Depth Moulded	: 7.133 M
Draft Design	: 5.663 M
G.R.T	: 3478 T

N.R.T	: 043 T
FO tank capacity (100%)	: 403.94 cu.M
DO tank capacity (100%)	: 113.86 cu.M
Fresh Water Tank	: 41.929 T
Main Engine	: AKASAKA MITSUBISHI 6UEC37LA/2S
Output	: 3900Ps/2499n kw
Rpm	: 210 Rpm

2. Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan penulis untuk melaksanakan penelitian yaitu selama penulis melaksanakan praktek laut dari tanggal 04 April 2022 sampai tanggal 20 Desember 2022. Terhitung 8 bulan 16 hari penulis melaksanakan praktik laut dikapal LPG/C Gas Patra yang sebelumnya penulis melaksanakan praktik laut dikapal MT. SELE yang juga merupakan kapal milik PT. Pertamina Internasional Shipping.

C. SUMBER DATA PENELITIAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Sumber Data Penelitian

Setiawan Erik, (2021) menerangkan bahwa sumber data adalah segala sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai data yang dijadikan penelitian, baik bersumber dari jurnal, buku dan penelitian langsung terhadap objek yang diteliti. Berdasarkan sumbernya data dibedakan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara,

pengumpulan pendapat dari individu atau kelompok (orang) maupun hasil observasi dari suatu obyek, kejadian atau hasil pengujian dari objek penelitian. Saat penulis melaksanakan praktik layar dan wawancara terhadap narasumber yaitu masinis 2 tentang masalah gagalnya sirkulasi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine*.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Dalam penelitian ini data-data sekunder didapatkan dari *instruction manual book*, gambar dokumentasi pribadi, dokumen-dokumen kapal terdahulu, dan jurnal ilmiah penelitian terdahulu.

2. Teknik Pengumpulan Data

Berikut ini adalah beberapa teknik-teknik pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti di dalam melakukan penelitian, yaitu:

a. Observasi

Mujianto, G. (2019), menjelaskan tentang observasi adalah salah satu teknik pengumpulan data yang harus dilakukan dengan upaya pengamatan secara langsung ke tempat atau lapangan penelitian. Dalam penelitian ini observasi yang dilakukan peneliti adalah observasi dengan jenis partisipan. Observasi partisipan adalah observasi dimana peneliti dan gejala yang diteliti tidak memiliki jarak dan dapat dikatakan peneliti terlibat langsung dengan masalah yang diobservasi. Seperti yang

dilakukan oleh penulis pada saat melakukan penelitian dikapal mengenai masalah yang terjadi pada *cylinder head main engine*, dimana *cylinder head main engine* mengalami *overheating* (panas berlebihan). Penulis menjadikan *Intruccion Manual Book* sebagai acuan dari masalah yang terjadi, dan dapat diketahui hal ini di pengaruhi oleh sirkulasi pendingin air tawar yang tidak lancar sehingga menyebabkan kinerja mesin induk tidak optimal.

b. Wawancara

Fadhallah, R. A. (2021), menjelaskan tentang wawancara adalah suatu percakapan dengan tujuan-tujuan tertentu. Pada metode ini peneliti dan responden berhadapan langsung (*face to face*) untuk mendapatkan informasi secara lisan dengan tujuan mendapatkan data yang dapat menjelaskan permasalahan penelitian. Salah satu cara lain yang ditempuh oleh penulis untuk mendapatkan data adalah dengan cara mengadakan komunikasi atau tanya jawab yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung pada pihak-pihak yang mempunyai kemampuan, pengetahuan dan pengalaman dalam menyelesaikan suatu masalah yang terjadi akibat kegagalan fungsi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine* yang mengakibatkan kinerja mesin induk tidak optimal.

c. Dokumentasi

Had, A.F, dkk (2022) menjelaskan tentang dokumentasi adalah teknik pembangkitan/pengumpulan data yang digunakan untuk mendapatkan data yang digunakan untuk mendapatkan data yang dapat menginformasikan terhadap objek penelitian terutama dokumen, baik

dokumen berupa catatan penting, naskah, foto-foto, dan dokumen lainnya. Maka dari itu teknik ini dilakukan terhadap semua kejadian yang berhubungan dengan permasalahan yang terjadi pada mesin induk untuk dicatat dan disimpan sehingga bila kejadian itu terulang lagi maka akan dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menyelesaikan masalah tanpa menggunakan cara baru. Pencatatan terhadap kinerja mesin induk secara terus-menerus, yang pada akhirnya dijadikan pengalaman serta dijadikan sebagai bahan evaluasi untuk masa yang akan datang, yang pada akhirnya dijadikan sebagai bahan introspeksi dalam pekerjaan selanjutnya. Oleh karena itu, bila ada kelainan kinerja pada mesin induk akan lebih mudah untuk mendeteksi penyebab kelainan dari kinerja mesin tersebut, seperti masalah yang dijadikan penelitian oleh penulis terkait kegagalan fungsi pendingin air tawar pada *cylinder head main engine* yang di indikasikan oleh tingginya suhu panas pada *cylinder head main engine* sehingga kinerja mesin induk tidak optimal.

D. TEKNIK ANALISIS DATA

Dalam upaya menganalisis data, terdapat berbagai teknik yang digunakan penulis, salah satunya adalah penjabaran permasalahan dan teori yang terkait dengan menggunakan metode penelitian. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian analisis deskriptif.

Metode analisis deskriptif merupakan teknik analisis secara langsung dengan cara mengamati pengalaman penulis serta memberikan fakta-fakta serta penjelasan terhadap subjek yang diteliti dengan mencantumkan peristiwa atau kejadian yang telah terjadi di atas kapal, yaitu mengenai kegagalan sirkulasi

pendingin air tawar pada *cylinder head main engine*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *fishbone analysis*.

Sujarwo, Y. A., & Ratnasari, A. (2020) menjelaskan mengenai *Fishbone Analysis* adalah metode pendekatan yang di perkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa untuk menganalisis masalah menggunakan diagram tulang ikan yang biasa disebut *cause and effect* (sebab akibat) diagram atau *Ishikawa* diagram. Dikatakan *fishbone* diagram karena bentuknya menyerupai tulang ikan yang moncong kepalanya menghadap ke kanan dengan maksud menunjukkan akibat dari berbagai penyebab terjadinya masalah. Metode *fishbone* digunakan untuk dapat meningkatkan kualitas dalam menganalisis suatu permasalahan yang terjadi secara menyeluruh, mendalam dan meluas sehingga dapat merujuk pada inti permasalahan yang terjadi.

a. Alasan menggunakan metode *fishbone analysis* yaitu;

- 1) Penyajian informasi yang mudah di pahami oleh pembaca
- 2) Menghasilkan wawasan yang luas dan solusi yang lebih beragam
- 3) Menyediakan kerangka yang terstruktur untuk menyelidiki masalah
- 4) Mengarah pada solusi yang lebih cepat dan lebih efisien

b. Manfaat menggunakan metode *fishbone analysis* yaitu dapat menemukan inti dari permasalahan secara efektif, karena;

- 1) Dapat mengenali akar dari sebab akibat permasalahan
- 2) Dapat menguraikan timbal balik antara faktor yang mempengaruhi terjadinya akibat permasalahan
- 3) Menganalisis permasalahan dengan cepat, sehingga tindakan penyelesaian yang tepat dapat segera diambil.

c. Dalam membuat *fishbone* diagram ada tahapan yang harus dilakukan;

1) Menganalisis masalah

Mengumpulkan data terhadap masalah yang terjadi di kapal, baik dengan cara mencatat maupun dokumentasi sehingga dapat dimasukkan kedalam permasalahan pertama pada kotak diagram.

2) Mengumpulkan faktor penyebab utama masalah

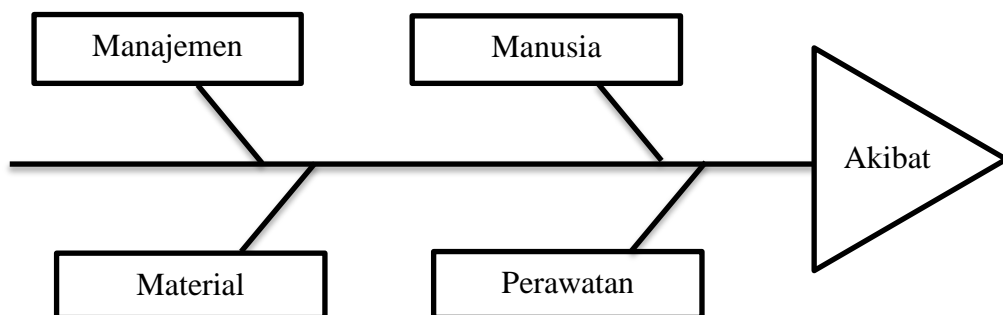
Mengumpulkan faktor penyebab utama permasalahan yang terjadi, baik dari faktor manusia, mesin, material dan metode kerja untuk dapat menjadi tulang utama pada *fishbone* diagram.

3) Menganalisis penyebab permasalahan

Mencari penyebab dari permasalahan dan diletakkan pada tulang kecil dari tulang utama, hal ini bisa didapat melalui observasi.

4) Menganalisis diagram yang sudah dibuat

Melakukan investigasi atau servei terhadap diagram yang telah dibuat, apakah sudah menjuru pada penyebab dan penanganan dalam menyelesaikan masalah.



Gambar 3. 1 *Fishbone Diagram*
Sumber: Dokumentasi pribadi