

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS DAMPAK KERETAKAN JACKET COOLING SYSTEM
TERHADAP PENURUNAN KINERJA MESIN PENGGERAK
UTAMA DI ATAS KAPAL**



MUHAMMAD ALFARIZI DINIANTARA
NIT 22 36306 3 017

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS DAMPAK KERETAKAN JACKET COOLING SYSTEM
TERHADAP PENURUNAN KINERJA MESIN PENGGERAK
UTAMA DI ATAS KAPAL**



MUHAMMAD ALFARIZI DINIANTARA
NIT 22 36306 3 017

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Alfarizi Diniantara
Nomor Induk Taruna : 22 36306 3 017
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesina Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**ANALISIS DAMPAK KERETAKAN JACKET COOLING SYSTEM
TERHADAP PENURUNAN KINERJA MESIN PENGGERAK UTAMA DI
ATAS KAPAL**

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

Surabaya, 15 JUNI 2026



MUHAMMAD ALFARIZI DINIANTARA
22 36306 3 017

ABSTRAK

Muhammad Alfarizi Diniantara, 2026, “Analisis Dampak Keretakan *Jacket Cooling System* Terhadap Penurunan Kinerja Mesin Penggerak Utama Di Atas Kapal”. Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Dosen Pembimbing I: Bapak Ariyudha Lusiandri, M. Pd. dan Dosen Pembimbing II: Bapak Sri Mulyanto Herlambang, S.T., M.T.

Sistem pendingin jaket (*jacket cooling system*) merupakan komponen vital dalam menjaga kestabilan suhu operasional mesin penggerak utama kapal dengan menyerap dan mendistribusikan panas agar mesin bekerja optimal. Namun, dalam pengoperasiannya sering terjadi keretakan yang dapat mengganggu kinerja mesin. Keretakan ini disebabkan oleh penurunan kualitas material, tegangan termal akibat perubahan suhu ekstrem, korosi, kualitas air pendingin yang tidak memenuhi standar, serta perawatan yang kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab utama keretakan, mengidentifikasi dampaknya terhadap kinerja mesin, serta mengkaji pengaruh kualitas air pendingin. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif melalui studi literatur, observasi lapangan, dan analisis kasus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keretakan pada *jacket cooling* menyebabkan terganggunya sirkulasi air pendingin dan peningkatan suhu mesin yang berpotensi menimbulkan *overheating*. Dampaknya meliputi meningkatnya keausan komponen, menurunnya efisiensi kerja mesin, serta risiko kerusakan serius pada bagian vital seperti silinder liner dan *cylinder head*. Selain itu, kualitas air pendingin yang buruk mempercepat kerusakan dan menurunkan efektivitas pendinginan. Oleh karena itu, diperlukan perawatan berkala, pengendalian kualitas air, dan deteksi dini untuk menjaga performa mesin tetap optimal dan mendukung operasional kapal yang aman dan efisien.

Kata kunci: *Jacket cooling system, keretakan sistem pendingin, kualitas air pendingin, kinerja mesin, overheating*

ABSTRACT

Muhammad Alfarizi Diniantara, 2026, "*Analysis of the Impact of Cooling System Jacket Cracks on the Performance Decline of the Main Propulsion Engine on Board Ships.*" Surabaya Maritime Polytechnic. Supervised by First Advisor: Mr. Ariyudha Lusiandri, M. Pd. and Second Advisor: Mr. Sri Mulyanto Herlambang, S.T., M.T.

The jacket cooling system is a vital component in maintaining the operational temperature stability of a ship's main engine by absorbing and distributing heat to ensure optimal performance. However, during operation, cracks often occur in the system, which can disrupt engine performance. These cracks are caused by several factors, including material degradation, thermal stress due to extreme temperature changes, corrosion, poor cooling water quality, and inadequate maintenance. This study aims to analyze the main causes of these cracks, identify their impact on engine performance, and examine the influence of cooling water quality. The research method used is a descriptive qualitative approach through literature review, field observation, and case analysis. The results show that cracks in the jacket cooling system disrupt cooling water circulation and increase engine temperature, potentially leading to overheating. The impacts include increased component wear, decreased engine efficiency, and a higher risk of serious damage to critical parts such as the cylinder liner and cylinder head. In addition, poor cooling water quality accelerates damage and reduces cooling effectiveness. Therefore, regular maintenance, proper water quality control, and early detection are necessary to maintain optimal engine performance and support safe and efficient ship operations.

Keywords: *Jacket cooling system, cooling system cracks, cooling water quality, engine performance, overheating.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang dengan memberikan ridhonya, dengan kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan tugas proposal karya ilmiah terapan dengan judul :

“ANALISIS DAMPAK KERETAKAN JACKET COOLING SYSTEM TERHADAP PENURUNAN KINERJA MESIN PENGGERAK UTAMA DI ATAS KAPAL”

Untuk menyelesaikan studi pendidikan program Sarjana Terapan salah satu syarat yang di lakukan oleh Taruna adalah penyusunan proposal karya ilmiah terapan yang berguna sebagai pembekalan Taruna dalam menjalani Praktek Laut di atas kapal.

Dalam kesempatan yang telah diberikan ini, saya menyampaikan terima kasih kepada pihak – pihak yang sudah terlibat dalam penyelesaian proposal penelitian ini, dengan hormat :

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M. T., M.Mar.E yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Ketua Program Studi D-IV Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd. yang telah memberikan bimbingannya.
3. Pembimbing I Bapak Ariyudha Lusiandri, M. Pd. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi proposal karya ilmiah terapan kepada penulis.
4. Pembimbing II Bapak Sri Mulyanto Herlambang,S.T.,M.T yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi proposal karya ilmiah terapan kepada penulis.
5. Seluruh dosen di Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan penulis khususnya jurusan Nautika yang telah memberikan bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
6. Kedua orang tua saya tercinta Bapak Supardi dan Ibu Sriyani yang telah mendukung dan doa dalam penyelesaian proposal karya ilmiah terapan ini. Kakak dan adik penulis tercinta Tirta Iswahyudi, Marcello Setya Pratama, dan Bryan Rizkyano Ismarullah yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
7. Kekasih penulis Diva Amadha Anastacia yang selalu memberikan dukungan, masukan, memotivasi saya, yang selalu percaya dan menjaga harapan penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan ini

Demikian, saya berharap proposal ini dapat memberikan manfaat dan pembelajaran untuk pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya,.....2026

MUHAMMAD ALFARIZI DINIANTARA
22 36306 3 017

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN LAPORAN SEMINAR HASIL.....	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN LAPORAN SEMINAR HASIL	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori.....	8
C. Kerangka Penelitian	24

BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Jenis Penelitian.....	25
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	30
C. Sumber Data/Subyek Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data...	31
D. Teknik Analisa Data	38
BAB IV PEMBAHASAN.....	41
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	41
B. Hasil Penelitian	44
C. Pembahasan.....	56
BAB V PENUTUP	63
A. Simpulan	63
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	6
Tabel 3. 1 Panduan Wawancara	33
Tabel 3. 2 Lembar Observasi	33
Tabel 4. 1 Ship Particular MV. Sarah S	33
Tabel 4. 2 Wawancara dengan <i>Chief Engineer</i>	37
Tabel 4. 3 Wawancara dengan <i>Second Engineer</i>	37
Tabel 4. 4 Wawancara dengan <i>Third Engineer</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pendingin Terbuka Dan Tertutup	20
Gambar 2. 2 <i>Jacket Cooling</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Cylinder Head And Cylinder Liner</i>	13
Gambar 2. 4 Mesin Induk.....	19
Gambar 2. 5 Kenaikan Exhaust Gas Temperature	21
Gambar 2. 6 Air Pendingin Masuk Ruang bakar	22
Gambar 2. 7 Oli Tercampur Dengan Air	23
Gambar 4. 1 Kapal MV. Sarah S.....	33
Gambar 4. 2 <i>Water Cooling Test</i>	39
Gambar 4. 3 <i>Mannual Book</i>	40
Gambar 4. 4 <i>Expantion Tank</i>	41
Gambar 4. 5 Korosi pada <i>Jacket Cooling</i>	41
Gambar 4. 6 Retakan pada <i>Jacket Cooling</i>	47

DAFTAR LAMPIRAN

A. Ship Particular MV. Sarah S	54
B. Crew list MV. Sarah S.....	56
C. Overhoul Jacket Cooling Main Engine	57
D. Water Test Expantion Tank.....	57
E. Mannual Book	58

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan sarana transportasi laut yang memiliki peranan penting dalam menunjang aktivitas distribusi dan mobilitas di seluruh dunia. Khususnya di Indonesia sebagai negara kepulauan yang terdiri dari ribuan pulau, keberadaan transportasi laut sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi serta kelancaran pengangkutan barang, baik dalam skala nasional maupun internasional. Oleh karena itu, kapal menjadi salah satu moda transportasi yang efektif dan efisien dalam menunjang pembangunan.

Dalam mendukung kelancaran transportasi laut, digunakan berbagai jenis kapal dengan ukuran dan spesifikasi yang disesuaikan dengan kondisi perairan serta kebutuhan operasional. Salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan operasional kapal adalah kinerja mesin penggerak utama. Mesin ini berfungsi sebagai sumber tenaga utama sehingga keberadaannya sangat vital dalam menggerakkan kapal. Oleh sebab itu, mesin penggerak utama harus dirawat secara optimal agar dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan operasional.

Upaya menjaga keandalan mesin dilakukan melalui perawatan yang terencana dan berkelanjutan berdasarkan *Instruction Manual Book*, serta mengacu pada ketentuan *International Maritime Organization* melalui konvensi SOLAS 1974/1978 dan penerapan ISM Code. Penerapan *Planned*

Maintenance System (PMS) bertujuan untuk meminimalkan risiko kerusakan, sehingga operasional kapal dapat berlangsung dengan aman dan efisien.

Mesin penggerak utama sering disebut sebagai “jantung” kapal karena memiliki peranan yang sangat menentukan terhadap kelancaran pelayaran. Kinerja mesin ini berpengaruh langsung terhadap kecepatan kapal, efisiensi penggunaan bahan bakar, serta aspek keselamatan pelayaran. Dalam proses operasinya, mesin diesel menghasilkan energi mekanik melalui pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar (*combustion chamber*). Proses tersebut menghasilkan temperatur yang tinggi sehingga diperlukan sistem pendinginan yang mampu menjaga suhu mesin tetap stabil.

Salah satu sistem pendingin yang digunakan adalah *jacket cooling system*, yaitu sistem yang berfungsi menyerap panas dari dinding silinder dan komponen mesin lainnya dengan cara mengalirkan fluida pendingin. Keberadaan sistem ini sangat penting untuk menjaga temperatur kerja mesin agar tetap dalam batas normal serta mencegah terjadinya *overheating*. Hal ini didukung oleh penelitian Jafari et al. (2017) yang menyatakan bahwa “*improved engine efficiency and fuel economy are strongly influenced by engine cooling systems.*”

Selain itu, Torregrosa et al. (2018) juga mengemukakan bahwa “*engine thermal management improves engine performance and reduces fuel consumption.*” Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian temperatur mesin memiliki pengaruh besar terhadap performa dan efisiensi mesin penggerak utama.

Dalam praktik operasional di atas kapal, sistem *jacket cooling* tidak terlepas dari berbagai permasalahan teknis, salah satunya adalah terjadinya keretakan (*crack*) pada komponen sistem pendingin. Keretakan tersebut dapat menyebabkan kebocoran media pendingin, penurunan tekanan, serta menurunnya kemampuan sistem dalam menyerap panas. Akibatnya, temperatur mesin akan meningkat dan dapat mengganggu proses pembakaran bahan bakar.

Wang dan Han (2012) menjelaskan bahwa keretakan pada material yang mengalami perpindahan panas dapat mengganggu distribusi temperatur serta mempercepat kerusakan material. Selain itu, penelitian Li et al. (2020) menunjukkan bahwa kebocoran pada sistem pendingin dapat menimbulkan gangguan operasional serta kerugian ekonomi akibat tidak optimalnya proses pendinginan.

Apabila kondisi tersebut tidak segera ditangani, maka dapat menimbulkan dampak lanjutan seperti meningkatnya keausan komponen, penurunan efisiensi bahan bakar, hingga terjadinya kegagalan mesin secara keseluruhan (*engine failure*). Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mendalam mengenai dampak keretakan pada *jacket cooling system* terhadap penurunan kinerja mesin penggerak utama di atas kapal.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah ini dan Menyusun dalam bentuk karya ilmiah terapan dengan judul: “ ANALISIS DAMPAK KERETAKAN JACKET COOLING SYSTEM TERHADAP PENURUNAN KINERJA MESIN PENGGERAK UTAMA DI ATAS KAPAL ”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran dari indentifikasi masalah dan pembatasan masalah, maka perumusan yang diambil yakni :

1. Apa penyebab utama terjadinya keretakan *jacket cooling* pada mesin penggerak utama?
2. Bagaimana dampak keretakan *jacket cooling* terhadap kinerja pada mesin penggerak utama?
3. Apa upaya penanggulangan dan tindakan preventif yang dapat dilakukan?

C. Batasan Masalah

Oleh karena luasnya pembahasan mengenai permasalahan yang terjadi pada system pendingin, maka agar pembahasannya lebih fokus penulis membatasi masalah tersebut dan hanya membahas mengenai terjadi keretakan pada *jacket cooling* mesin penggerak utama.

D. Tujuan Penelitian

Penulis memaparkan penulisan karya ilmiah terapan ini didasari oleh pengetahuan dari penulis dengan tujuan untuk:

1. Untuk mengetahui penyebab utama terjadinya keretakan *jacket cooling* pada mesin penggerak utama
2. Untuk mengetahui dan menganalisis dampak yang ditimbulkan akibat keretakan *jacket cooling system* terhadap kinerja mesin penggerak utama, khususnya dalam hal efisiensi kerja, stabilitas temperatur, dan performa mesin.

3. Untuk mengkaji upaya penanggulangan serta merumuskan tindakan preventif yang dapat dilakukan guna mencegah terjadinya keretakan pada *jacket cooling system*, sehingga kinerja mesin tetap optimal dan operasional kapal berjalan dengan aman.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut :

1. Aspek Teoritis

Aspek secara teoritis adalah tahapan pengujian riset dengan didasarkan pada teori dengan hipotesis penelitian sehingga hal ini senantiasa dapat membantu ketika kita mencoba membayangkan sesuatu atau memecahkan rumusan masalah dengan berpijak pada teori yang harus selalu diuji secara praktis. Penelitian ini, diharapkan dapat memberikan hasil riset yang bermanfaat oleh pembaca terkait dengan pendingin air tawar pada mesin penggerak utama di atas kapal pada umumnya.

2. Aspek Praktis

Aspek Secara Praktis adalah penjelasan terkait dengan nilai kegunaan yang berguna untuk memecahkan masalah dalam beragam keperluan. Pada penelitian ini, penulis dapat mengetahui pengaruh kualitas air tawar pendingin mesin induk jika tidak dilaksakannya prosedur perawatan atau *water test* berkala yang sesuai aturan yang ada di atas kapal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah diperlukannya sebuah literatur. Tinjauan Pustaka atau *Literature review* merupakan sebuah kegiatan dalam melakukan survei pada buku, artikel ilmiah, dan sumber lain yang sesuai dengan suatu permasalahan tertentu (Sutopo A. H., 2021). *Literature review* dibuat untuk memberikan gambaran dan wawasan kepada penulis mengenai sumber-sumber yang sudah ada sesuai dengan bidang studi yang lebih luas.

Tinjauan Pustaka biasanya hanya terdiri dari ringkasan-ringkasan penelitian sebelumnya dan memiliki rekapitulasi informasi penting berdasarkan sumber. Dalam penulisan tinjauan Pustaka ini mengidentifikasi perbedaan dan bagaimana suatu masalah telah diteliti.

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya
Sumber: Jurnal Penelitian

No	Penulis	Judul	Metode Penelitian	Hasil
1.	Suwondo, Edy Warsopurnomo, dan Ahmad Muchlisin	Faktor Faktor Penyebab Retaknya <i>Jacket Cooling Di Cylinder Main Engine</i> MT. SEI PAKNING	Deskriptif Analisis	Faktor yang menjadi penyebab keretakan <i>jacket cooling</i> di <i>cylinder Cover</i> mesin induk selain usia dari material tersebut yaitu penyetelan temperatur air pendingin yang tidak stabil. Keretakan pada <i>jacket cooling</i> mengakibatkan kebocoran hingga air pendingin di tangki ekspansi habis dan terjadi <i>blackout</i> serta kerusakan kerusakan pada permesinan bantu lainnya.
2.	Waris Wibowo, Ningrum Astriawati, Jamaluddin	Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin diesel Tipe MAK 8M32	Destriptif Kualitatif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perawatan sistem pendingin mesin diesel pada kapal KM. LIT Enterprise milik PT INDONESIA TIMOR LINE sudah berjalan dengan optimal. Optimalisasi yang dilakukan mencapai 83.33% sesuai dengan implementasi <i>manual book</i> yang

No	Penulis	Judul	Metode Penelitian	Hasil
		Pada KM LIT ENTERPRISE		diterapkan pada komponen sistem pendingin mesin diesel. Komponen yang dirawat diantaranya meliputi: <i>Exspansion Tank</i> , Pompa Air Tawar, Pompa Air Laut, <i>Freshwater Cooler</i> , <i>Strainer</i> . Jenis kegiatan perawatan pada KM. LIT Enterprise meliputi perawatan berkala dan perawatan tidak terduga. Perawatan berkala meliputi perawatan harian, perawatan setiap 50-250, peratawan setiap 500-1000 jam.
3	Iqbal Dwi Oktavianto, Eko Prayitno, Kuntoro Bayu Ajie, Shofa Dai Robbi, Monika Retno Gunarti	Identifikasi Penyebab Kebocoran Pada <i>Jacket Cooling Fresh Water Main Engine</i> Tipe MAN B&W 6L35MC di MT. Tirtasari	Deskriptif Kualitatif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebocoran pada <i>jacket cooling fresh water main engine</i> disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu kerusakan pada <i>O-ring</i> dan <i>gasket</i> akibat usia pakai, terjadinya korosi pada komponen yang dipengaruhi oleh kualitas air pendingin yang kurang baik, serta kurang optimalnya perawatan (<i>maintenance</i>) yang dilakukan secara berkala. Selain itu, kondisi tekanan dan temperatur yang tidak stabil dalam sistem pendingin juga turut mempercepat terjadinya kebocoran. Dampak dari kebocoran tersebut adalah terganggunya sirkulasi air pendingin sehingga proses pendinginan tidak berjalan optimal, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan temperatur mesin (<i>overheating</i>), penurunan kinerja mesin induk, serta berpotensi menimbulkan kerusakan lanjutan pada komponen mesin.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Oktavianto dkk. (2025) yang berjudul Identifikasi Penyebab Kebocoran Pada *Jacket Cooling Fresh Water Main Engine* Tipe MAN B&W 6L35MC di MT. Tirtasari dapat disimpulkan bahwa kebocoran pada sistem *jacket cooling* disebabkan oleh faktor kerusakan komponen seperti O-ring dan gasket, korosi akibat kualitas air pendingin, serta kurangnya perawatan. Dampak yang ditimbulkan adalah terganggunya sistem

pendingin yang menyebabkan *overheating* dan penurunan kinerja mesin induk.

Sedangkan hasil penelitian yang ditulis oleh Suwondo dkk. dalam jurnal Faktor-Faktor Penyebab Retaknya *Jacket Cooling di Cylinder Main Engine* menjelaskan bahwa kerusakan yang terjadi lebih difokuskan pada keretakan *jacket cooling* yang disebabkan oleh tegangan termal, kesalahan instalasi, kualitas material, serta kondisi operasional mesin. Penelitian ini menekankan bahwa keretakan merupakan awal terjadinya kebocoran yang berdampak pada meningkatnya temperatur mesin dan risiko kerusakan komponen.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk. (2021) dalam jurnal Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Tertutup pada Mesin Diesel Tipe MAK 8M32 pada KM LIT Enterprise menunjukkan bahwa kinerja sistem pendingin dapat ditingkatkan melalui optimalisasi perawatan secara berkala dan sistematis. Penelitian ini lebih berfokus pada upaya pencegahan kerusakan, termasuk keretakan, dengan meningkatkan efektivitas perawatan sehingga sistem pendingin bekerja optimal dan kinerja mesin tetap terjaga.

B. Landasan Teori

1. Sistem Pendingin Mesin Penggerak Utama Kapal (*Main Engine Cooling System*)

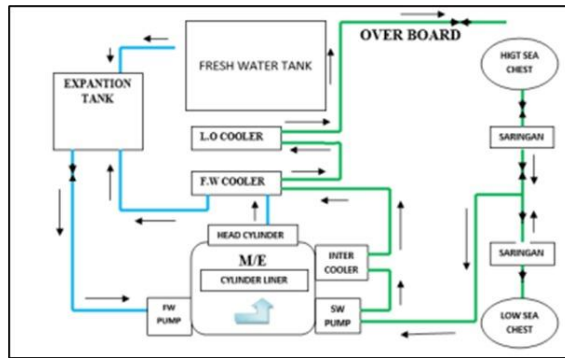
Sistem pendingin mesin penggerak utama kapal merupakan sistem bantu yang berfungsi menjaga temperatur kerja mesin agar tetap berada dalam batas optimal. Pada mesin diesel kapal, proses pembakaran

menghasilkan panas tinggi sehingga diperlukan sistem pendingin untuk menyerap dan membuang panas tersebut guna mencegah *overheating* dan kerusakan komponen mesin. Selain itu, sistem pendingin juga berperan dalam menjaga kestabilan pelumasan serta efisiensi pembakaran mesin.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk. (2021) dalam jurnal *Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin Diesel Tipe MAK 8M32* menunjukkan bahwa sistem pendingin tertutup berperan penting dalam menjaga kestabilan temperatur mesin dengan memanfaatkan sirkulasi air tawar yang dikombinasikan dengan pendinginan air laut melalui *heat exchanger*. Sistem ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi pendinginan serta mengurangi risiko kerusakan akibat panas berlebih.

Pada praktiknya, sistem pendingin mesin kapal terdiri dari dua sirkuit utama, yaitu sistem tertutup (*fresh water cooling system*) dan sistem terbuka (*sea water cooling system*). Sistem tertutup menggunakan air tawar yang bersirkulasi langsung ke *cylinder liner* dan *cylinder head*, sedangkan sistem terbuka menggunakan air laut sebagai media pendingin sekunder melalui *heat exchanger*.

Menurut Subekti dkk. (2022), kombinasi kedua sistem tersebut merupakan metode paling efektif dalam menjaga kestabilan suhu mesin sekaligus mengurangi risiko korosi pada komponen mesin akibat kontak langsung dengan air laut.



Gambar 2. 1 Pendingin Terbuka Dan Tertutup

Sumber: (<http://www.teknisime.com/2-pendinginan-pada-mesin/>)

2. Karakteristik dan Fungsi *Jacket Cooling System*

Jacket cooling system merupakan bagian utama dari sistem pendingin tertutup (*fresh water cooling system*) yang berfungsi untuk mendinginkan bagian dinding silinder mesin, khususnya *cylinder liner* dan *cylinder head*. Sistem ini bekerja dengan cara mensirkulasikan air tawar yang telah melalui proses treatment mengelilingi bagian mesin yang mengalami temperatur tinggi akibat proses pembakaran. Panas yang dihasilkan dari pembakaran di dalam ruang bakar akan diserap oleh media pendingin, kemudian dialirkan menuju *heat exchanger* untuk didinginkan kembali sebelum disirkulasikan ulang. Proses ini berlangsung secara kontinu selama mesin beroperasi, sehingga kestabilan temperatur mesin dapat tetap terjaga pada kondisi optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2022) dalam jurnal *Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama di Kapal MV. Nusantara Pelangi 101* menyatakan bahwa jacket cooling system memiliki peran utama dalam menjaga temperatur kerja mesin agar tetap stabil pada kisaran tertentu, sehingga mampu mencegah terjadinya *overheating* serta menjaga efisiensi pembakaran bahan bakar. Penelitian tersebut juga

menegaskan bahwa sistem pendingin yang tidak bekerja secara optimal dapat menyebabkan peningkatan temperatur mesin yang berdampak langsung pada penurunan performa mesin induk.

Selain berfungsi sebagai pengendali *temperatur*, *jacket cooling system* juga memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan termal pada komponen mesin. Dengan adanya pendinginan yang merata, tegangan termal (*thermal stress*) akibat perbedaan suhu antar bagian mesin dapat diminimalkan. Hal ini sangat penting karena perbedaan suhu yang signifikan dapat menyebabkan terjadinya deformasi material, retak, bahkan kegagalan struktur pada komponen mesin seperti *cylinder head* dan *liner*. Oleh karena itu, sistem pendingin harus mampu menjaga distribusi temperatur secara seragam di seluruh bagian mesin.

Lebih lanjut, sistem ini juga berfungsi untuk menjaga viskositas oli pelumas agar tetap berada pada kondisi ideal. Temperatur mesin yang terlalu tinggi dapat menyebabkan oli menjadi terlalu encer sehingga kemampuan pelumasan menurun dan meningkatkan gesekan antar komponen mesin. Sebaliknya, temperatur yang terlalu rendah juga tidak diinginkan karena dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Dengan demikian, *jacket cooling system* berperan penting dalam menjaga keseimbangan temperatur yang mendukung kinerja optimal sistem pelumasan dan pembakaran.



Gambar 2. 2 *Jacket Cooling*

Sumber: (*Precision Cylinder Liner & Cooling Jacket Manufacturer | High-Quality Factory Direct Products*)

Jacket cooling system terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, antara lain *jacket water pump* yang berfungsi mensirkulasikan air pendingin, *heat exchanger* sebagai alat penukar panas, *thermostat valve* untuk mengatur suhu air pendingin, serta *expansion tank* untuk menampung perubahan volume air akibat pemuaian. Setiap komponen memiliki fungsi yang sangat vital sehingga kerusakan pada salah satu komponen dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem pendingin.

Menurut Wibowo dkk. (2021), gangguan pada salah satu komponen dalam sistem pendingin, seperti penurunan kinerja pompa, penyumbatan pada *heat exchanger*, atau kerusakan pada *thermostat valve*, dapat menyebabkan ketidakseimbangan distribusi panas. Kondisi ini akan mengakibatkan peningkatan temperatur mesin yang tidak terkendali dan berujung pada penurunan kinerja mesin secara keseluruhan. Selain itu, kualitas air pendingin yang tidak memenuhi standar juga dapat mempercepat terjadinya korosi, pembentukan kerak, dan endapan pada

sistem pendingin, yang pada akhirnya menghambat proses perpindahan panas dan meningkatkan risiko kerusakan pada *jacket cooling system*.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *jacket cooling system* memiliki peranan yang sangat krusial dalam menjaga keandalan dan performa mesin penggerak utama kapal. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai pengendali temperatur, tetapi juga berkontribusi dalam menjaga kestabilan struktur material, efisiensi pembakaran, serta umur pakai komponen mesin, sehingga diperlukan perawatan dan pengawasan yang optimal selama pengoperasian kapal.

3. Mekanisme Keretakan Material (Thermal Cracking dan Fatigue)

Keretakan pada *jacket cooling system* merupakan salah satu bentuk kegagalan material (*material failure*) yang sering ditemukan pada mesin penggerak utama kapal, khususnya pada komponen seperti *cylinder liner*, *cylinder head*, dan *water jacket*. Keretakan ini umumnya tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan melalui proses degradasi material yang berlangsung secara bertahap akibat kondisi operasi mesin yang berat, seperti temperatur tinggi, tekanan pembakaran, serta lingkungan yang korosif. Dalam praktik di atas kapal, keretakan sering diawali dari retakan mikro yang sulit terdeteksi, kemudian berkembang menjadi retakan makro yang dapat menyebabkan kebocoran sistem pendingin dan gangguan serius pada kinerja mesin.



Gambar 2. 3 *cylinder head and cylinder liner*

Sumber : <https://www.indiamart.com/proddetail/cylinder-liner->

Secara teoritis, keretakan pada jacket cooling system disebabkan oleh kombinasi beberapa mekanisme kerusakan, yaitu tegangan termal (*thermal stress*), kelelahan material (*fatigue*), serta korosi. Menurut Callister (2018) dalam kajian *material failure*, tegangan termal terjadi akibat perubahan temperatur yang ekstrem dan berulang selama proses start–stop maupun saat mesin beroperasi pada beban yang bervariasi. Perbedaan temperatur antara bagian dalam dan luar material menyebabkan terjadinya ekspansi dan kontraksi yang tidak merata. Kondisi ini menghasilkan tegangan internal pada material yang, jika berlangsung terus-menerus, akan memicu terbentuknya retakan mikro (*microcracks*). Retakan mikro tersebut kemudian berkembang seiring waktu menjadi retakan yang lebih besar (*propagation crack*) hingga akhirnya menyebabkan kegagalan struktur.

Selain tegangan termal, faktor kelelahan material (*fatigue*) juga memiliki kontribusi besar terhadap terjadinya keretakan. Stephens dkk. (2001) menjelaskan bahwa *fatigue* terjadi akibat beban siklik yang bekerja secara terus-menerus pada material, seperti tekanan pembakaran di dalam silinder, getaran mesin, serta fluktuasi tekanan dalam sistem pendingin.

Beban berulang ini menyebabkan terjadinya akumulasi kerusakan pada struktur mikro material, yang pada akhirnya memicu inisiasi retakan. Retakan akibat fatigue biasanya berkembang secara perlahan dan sulit dideteksi pada tahap awal, namun ketika mencapai titik kritis, keretakan dapat menyebabkan kegagalan mendadak pada komponen mesin. Dalam konteks mesin kapal, kondisi ini sangat berbahaya karena dapat terjadi saat kapal sedang beroperasi.

Faktor lain yang tidak kalah penting adalah korosi, yang berperan sebagai akselerator dalam proses keretakan material. Menurut Fontana (1986), korosi terjadi akibat reaksi kimia antara material logam dengan lingkungan sekitarnya, terutama air pendingin yang mengandung oksigen, garam, dan zat kimia lainnya. Pada *jacket cooling system*, kualitas air pendingin sangat menentukan tingkat korosi yang terjadi. Air pendingin yang tidak memenuhi standar, seperti memiliki kandungan klorida tinggi, pH tidak stabil, atau mengandung kotoran, dapat mempercepat proses korosi pada permukaan logam. Korosi ini menyebabkan penipisan material (*thinning*) dan terbentuknya lubang-lubang kecil (*pitting corrosion*) yang menjadi titik awal terbentuknya retakan.

Dalam kondisi operasional di atas kapal, ketiga mekanisme tersebut—*thermal stress*, *fatigue*, dan korosi—sering terjadi secara bersamaan dan saling memperkuat. Sebagai contoh, material yang telah mengalami korosi akan memiliki kekuatan yang lebih rendah sehingga lebih rentan terhadap tegangan termal dan beban siklik. Sebaliknya, retakan akibat *fatigue* dapat mempercepat penetrasi korosi ke dalam

material. Interaksi antara ketiga faktor ini dikenal sebagai *corrosion fatigue*, yang merupakan salah satu penyebab utama kegagalan pada sistem pendingin mesin kapal.

Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk. (2021) dalam jurnal *Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin Diesel Tipe MAK 8M32* juga menegaskan bahwa kualitas air pendingin memiliki pengaruh signifikan terhadap ketahanan material pada sistem pendingin. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa air pendingin yang tidak memenuhi standar, seperti mengandung kotoran, kerak, atau kadar garam tinggi, dapat mempercepat proses korosi dan pembentukan deposit pada dinding sistem pendingin. Deposit ini tidak hanya menghambat perpindahan panas, tetapi juga menciptakan titik panas (*hot spot*) yang meningkatkan tegangan termal pada material. Akibatnya, risiko terjadinya keretakan pada *jacket cooling system* menjadi semakin tinggi.

Lebih lanjut, dalam praktik permesinan kapal, keretakan pada *jacket cooling system* sering ditandai dengan munculnya rembesan air pendingin, penurunan tekanan sistem, serta peningkatan temperatur mesin yang tidak normal. Jika tidak segera ditangani, keretakan dapat berkembang menjadi kebocoran yang lebih besar dan menyebabkan air pendingin masuk ke dalam ruang bakar atau sistem pelumasan. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi mesin, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan serius seperti deformasi *cylinder head*, kerusakan piston, hingga kegagalan total mesin induk.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keretakan pada *jacket cooling system* merupakan hasil dari interaksi kompleks antara tegangan termal, kelelahan material, dan korosi yang terjadi selama mesin beroperasi. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian temperatur yang baik, penggunaan material yang sesuai, perawatan berkala, serta pengawasan kualitas air pendingin untuk mencegah terjadinya keretakan dan menjaga keandalan mesin penggerak utama kapal.

4. Kinerja Mesin Penggerak Utama (*Main Engine Performance*)

Kinerja mesin penggerak utama kapal merupakan indikator utama dalam menentukan efisiensi operasional kapal, karena berkaitan langsung dengan kemampuan mesin dalam menghasilkan tenaga secara optimal sesuai kebutuhan pelayaran. Kinerja ini umumnya diukur melalui beberapa parameter penting, antara lain putaran mesin (*revolutions per minute/RPM*), temperatur gas buang (*exhaust gas temperature*), tekanan udara bilas (*scavenge air pressure*), serta konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel oil consumption/SFOC*). Parameter-parameter tersebut saling berkaitan dan mencerminkan kondisi aktual mesin selama beroperasi, sehingga perubahan kecil pada salah satu parameter dapat mengindikasikan adanya gangguan pada sistem mesin, khususnya sistem pendingin.

Menurut Heywood (2018), peningkatan temperatur mesin yang disebabkan oleh gangguan sistem pendingin dapat mengakibatkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Hal ini terjadi karena temperatur yang terlalu tinggi akan mempengaruhi densitas udara pembakaran serta

kestabilan pencampuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Akibatnya, tenaga yang dihasilkan mesin menurun dan konsumsi bahan bakar meningkat karena mesin harus bekerja lebih keras untuk menghasilkan daya yang sama. Kondisi ini juga berpotensi meningkatkan emisi gas buang serta mempercepat keausan komponen mesin.

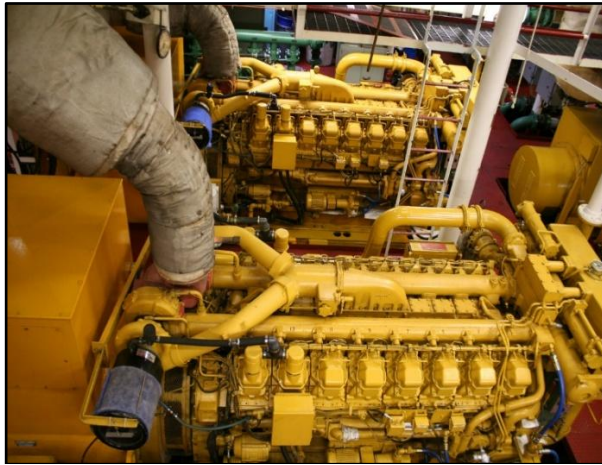
Penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2022) dalam jurnal *Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama di Kapal MV. Nusantara Pelangi 101* menunjukkan bahwa gangguan pada sistem pendingin, khususnya pada *jacket cooling system*, menyebabkan kenaikan temperatur gas buang (*exhaust gas temperature*) yang signifikan. Kenaikan temperatur ini merupakan indikator bahwa panas hasil pembakaran tidak dapat diserap secara optimal oleh sistem pendingin. Selain itu, penelitian tersebut juga menunjukkan adanya penurunan RPM mesin akibat menurunnya efisiensi pembakaran, sehingga berdampak langsung pada penurunan performa mesin penggerak utama kapal.

Selain kenaikan temperatur gas buang dan penurunan RPM, gangguan pada sistem pendingin juga berpengaruh terhadap tekanan udara bilas (*scavenge air pressure*). Menurut Subekti dkk. (2022), meningkatnya temperatur mesin dapat menyebabkan penurunan densitas udara bilas sehingga jumlah oksigen yang masuk ke ruang bakar berkurang. Kondisi ini menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna, ditandai dengan meningkatnya asap hitam dan menurunnya efisiensi pembakaran. Penurunan tekanan udara bilas juga dapat mengganggu proses pembilasan gas sisa pembakaran di dalam silinder, yang pada akhirnya memperburuk

kinerja mesin secara keseluruhan.

Lebih lanjut, peningkatan temperatur mesin akibat kerusakan pada *jacket cooling system* juga berdampak pada konsumsi bahan bakar spesifik (*SFOC*). Mesin yang bekerja pada temperatur tinggi cenderung mengalami penurunan efisiensi termal, sehingga membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan tenaga yang sama. Selain itu, temperatur yang tinggi juga dapat menurunkan viskositas oli pelumas, yang menyebabkan peningkatan gesekan antar komponen mesin seperti piston, liner, dan bearing. Hal ini tidak hanya meningkatkan konsumsi bahan bakar, tetapi juga mempercepat keausan komponen mesin dan memperpendek umur pakai mesin.

Dalam praktik di atas kapal, perubahan parameter-parameter kinerja mesin ini sering digunakan sebagai indikator awal untuk mendeteksi adanya gangguan pada sistem pendingin. Misalnya, kenaikan *exhaust gas temperature* secara tidak normal dapat mengindikasikan adanya masalah pada sirkulasi pendingin, sedangkan penurunan RPM dan peningkatan konsumsi bahan bakar dapat menunjukkan bahwa mesin bekerja dalam kondisi tidak efisien. Oleh karena itu, pemantauan parameter kinerja mesin secara rutin sangat penting untuk menjaga keandalan mesin penggerak utama kapal.



Gambar 2. 4 Mesin Induk

Sumber : <https://homecare24.id/mesin-induk-kapal/>

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kinerja mesin penggerak utama kapal sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem pendingin, khususnya *jacket cooling system* yang berperan langsung dalam menjaga temperatur komponen utama mesin. Gangguan pada sistem ini akan berdampak pada peningkatan temperatur mesin, penurunan efisiensi pembakaran, serta menurunnya performa mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan perawatan dan pengawasan yang optimal terhadap sistem pendingin untuk memastikan mesin dapat bekerja secara efisien, aman, dan andal selama operasional kapal.

5. Hubungan Keretakan Jacket Cooling terhadap Penurunan Kinerja Mesin

Keretakan pada *jacket cooling system* memiliki hubungan yang sangat erat dengan penurunan kinerja mesin penggerak utama kapal, karena sistem ini berperan langsung dalam menjaga kestabilan temperatur kerja mesin. Keretakan yang terjadi pada bagian *water jacket*, *cylinder liner*, maupun *cylinder head* akan menyebabkan terganggunya sirkulasi air pendingin, sehingga proses penyerapan dan pelepasan panas tidak

berlangsung secara optimal. Akibatnya, terjadi peningkatan temperatur mesin (*overheating*) yang berdampak pada menurunnya efisiensi pembakaran, meningkatnya beban kerja mesin, serta penurunan performa secara keseluruhan. Dalam kondisi operasional di atas kapal, gangguan ini sering ditandai dengan kenaikan temperatur air pendingin, peningkatan exhaust gas temperature, serta penurunan daya mesin.



Gambar 2. 5 Kenaikan *Exhaust Gas Temperature*

Sumber : <https://marinehowto.com/engine-temp-monitoring-and-overheating-assessment/>

Menurut Wibowo dkk. (2021) dalam jurnal *Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin Diesel Tipe MAK 8M32*, keretakan pada sistem pendingin dapat menyebabkan kebocoran air pendingin yang secara langsung berdampak pada meningkatnya suhu mesin dan menurunnya efisiensi kerja mesin penggerak utama. Penelitian tersebut juga menekankan bahwa kebocoran kecil yang tidak segera ditangani dapat berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar, terutama pada komponen yang mengalami tekanan dan temperatur tinggi secara terus-menerus.

Salah satu dampak paling berbahaya dari keretakan *pada jacket cooling system* adalah terjadinya kebocoran air pendingin ke dalam ruang bakar. Menurut Heywood (2018), masuknya air ke dalam ruang bakar akan mengganggu proses pembakaran karena air tidak dapat dikompresi seperti udara atau bahan bakar. Kondisi ini menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna, menurunkan tekanan pembakaran, serta mengurangi tenaga yang dihasilkan mesin. Dalam kondisi yang lebih parah, akumulasi air dalam silinder dapat menyebabkan *hydraulic lock*, yaitu kondisi di mana piston tidak dapat bergerak akibat adanya fluida yang tidak dapat dimampatkan, sehingga berpotensi merusak piston, *connecting rod*, bahkan *crankshaft*.



Gambar 2. 6 Air Pendingin Masuk Ruang bakar

Sumber : https://www.gridoto.com/read/222055816/air-radiator-masuk-ke-ruang-bakar-bisa-akibat-komponen-ini-rusak?page=2#google_vignette

Selain kebocoran ke ruang bakar, keretakan juga dapat menyebabkan air pendingin masuk ke dalam sistem pelumasan. Menurut Fontana (1986), campuran antara air dan oli pelumas akan menurunkan kualitas pelumasan karena perubahan viskositas dan hilangnya sifat pelindung oli terhadap gesekan. Hal ini menyebabkan meningkatnya keausan pada komponen mesin seperti bearing, piston ring, dan crankshaft. Dalam jangka panjang,

kondisi ini dapat mempercepat kerusakan komponen mesin dan meningkatkan risiko kegagalan mesin secara mendadak.



Gambar 2. 7 Oli Tercampur Dengan air

Sumber : <https://www.boxster-cayman.com/t46398-vidange-huile-couleur-brun-chocolat>

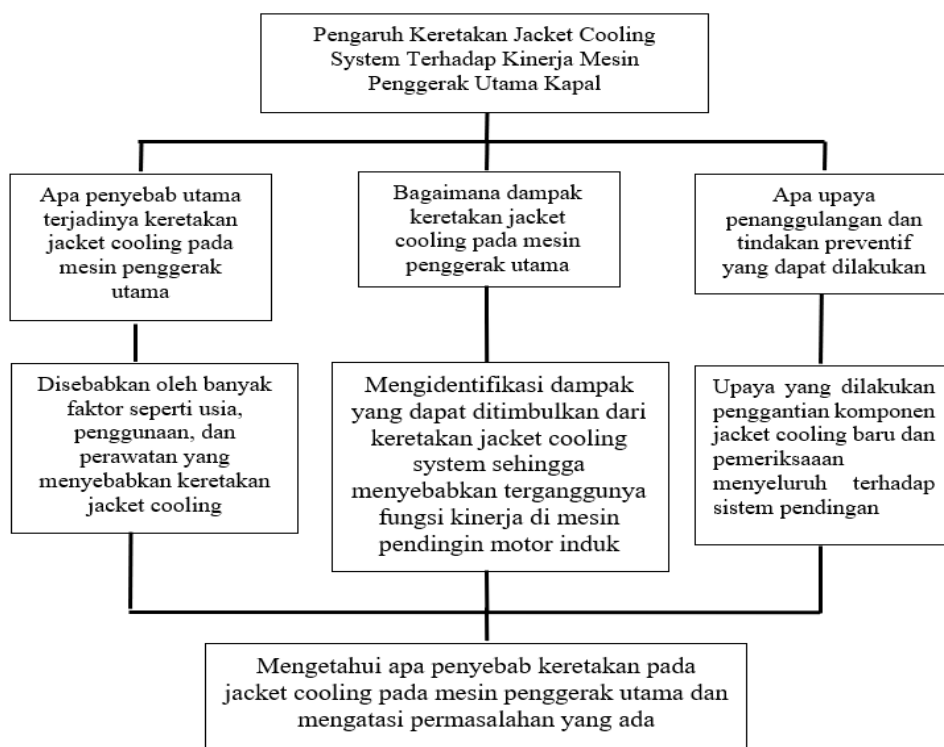
Penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2022) dalam jurnal *Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama di Kapal MV. Nusantara Pelangi 101* juga menunjukkan bahwa kerusakan pada sistem pendingin, termasuk keretakan pada *jacket cooling system*, menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar, penurunan RPM mesin, serta kenaikan exhaust gas temperature. Ketiga parameter tersebut merupakan indikator utama penurunan kinerja mesin penggerak utama kapal. Kenaikan temperatur gas buang menunjukkan bahwa panas hasil pembakaran tidak dapat diserap secara optimal, sedangkan penurunan RPM menunjukkan berkurangnya tenaga yang dihasilkan mesin.

Lebih lanjut, keretakan pada sistem pendingin juga dapat menyebabkan ketidakseimbangan distribusi temperatur pada komponen mesin. Hal ini menimbulkan *hot spot* pada area tertentu yang memperbesar tegangan termal dan mempercepat kerusakan material. Jika kondisi ini terus berlangsung, maka dapat terjadi deformasi pada *cylinder head*, keausan tidak merata pada *cylinder liner*, serta kerusakan pada sistem

pembakaran secara keseluruhan. Dalam praktik di atas kapal, kondisi ini sering berujung pada penurunan efisiensi operasional, peningkatan biaya perawatan, serta gangguan terhadap jadwal pelayaran.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keretakan pada *jacket cooling system* berpengaruh signifikan terhadap penurunan kinerja mesin penggerak utama kapal. Keretakan tidak hanya menyebabkan gangguan pada sistem pendinginan, tetapi juga berdampak luas terhadap sistem pembakaran dan pelumasan mesin. Oleh karena itu, diperlukan perawatan berkala, pengendalian kualitas air pendingin, serta deteksi dini terhadap potensi keretakan untuk menjaga keandalan, efisiensi, dan keselamatan operasional kapal.

C. Kerangka Penelitian



Gambar 2. 4 Kerangka Pikir Penelitian
Sumber: Dokumen Penulis

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

1. Pendekatan dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian berjudul “Analisis Dampak Keretakan *Jacket Cooling System* Terhadap Penurunan Kinerja Mesin Penggerak Utama di Atas Kapal” adalah penelitian yang menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus deskriptif. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam fenomena keretakan pada *jacket cooling system* serta dampaknya terhadap kinerja mesin penggerak utama kapal berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Pendekatan ini memungkinkan penulis untuk mengeksplorasi fenomena secara holistik, tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari aspek operasional, perawatan, dan pengalaman awak kapal dalam menangani kerusakan sistem pendingin. Dengan demikian, data yang diperoleh tidak hanya bersifat angka, tetapi berupa deskripsi yang kaya akan informasi kontekstual.

Menurut Creswell (2014), pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami makna yang berasal dari individu atau kelompok terhadap suatu masalah sosial atau teknis tertentu. Dalam konteks penelitian ini, masalah yang dikaji adalah keretakan pada sistem pendingin mesin kapal yang memiliki karakteristik kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional. Pendekatan ini dinilai paling sesuai karena mampu

menggali informasi secara mendalam melalui observasi langsung dan interaksi dengan informan yang terlibat dalam pengoperasian mesin.

Sejalan dengan itu, penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk. (2021) dalam jurnal *Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin Diesel Tipe MAK 8M32* menggunakan pendekatan deskriptif untuk menganalisis kinerja sistem pendingin berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan deskriptif kualitatif mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai permasalahan sistem pendingin dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Desain studi kasus digunakan karena penelitian ini difokuskan pada satu objek tertentu, yaitu *jacket cooling system* pada mesin penggerak utama kapal. Menurut Yin (2018), studi kasus merupakan strategi penelitian yang digunakan untuk mengkaji suatu fenomena secara mendalam dalam konteks kehidupan nyata. Dalam penelitian ini, fenomena yang dikaji adalah keretakan pada sistem pendingin yang terjadi selama pengoperasian mesin di atas kapal.

Dengan menggunakan desain studi kasus, penulis dapat melakukan analisis secara rinci terhadap kondisi sistem pendingin, mulai dari penyebab keretakan, proses terjadinya kerusakan, hingga dampaknya terhadap kinerja mesin. Pendekatan ini juga memungkinkan penulis untuk menghubungkan data hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi sehingga diperoleh pemahaman yang utuh mengenai permasalahan yang diteliti.

Selain itu, pendekatan deskriptif dalam penelitian ini bertujuan untuk menyajikan data secara sistematis dan faktual berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan. Penelitian deskriptif tidak berfokus pada pengujian hipotesis, melainkan pada penggambaran fenomena secara apa adanya. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk menganalisis dampak keretakan *jacket cooling system* terhadap penurunan kinerja mesin penggerak utama kapal.

Penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2022) dalam jurnal *Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama di Kapal MV. Nusantara Pelangi 101* juga menggunakan pendekatan deskriptif untuk menganalisis hubungan antara kondisi sistem pendingin dengan kinerja mesin. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode deskriptif efektif dalam mengidentifikasi permasalahan teknis di lapangan serta memberikan solusi berdasarkan kondisi aktual mesin.

Dengan demikian, penggunaan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus deskriptif dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas, mendalam, dan komprehensif mengenai keretakan pada *jacket cooling system* serta dampaknya terhadap kinerja mesin penggerak utama kapal.

2. Kehadiran Peneliti

Dalam penelitian kualitatif, penulis berperan sebagai instrumen utama (*human instrument*) yang terlibat langsung dalam seluruh proses penelitian, mulai dari pengumpulan data hingga analisis dan interpretasi data. Hal ini sejalan dengan pendapat Sugiyono (2017) yang menyatakan

bahwa dalam penelitian kualitatif, penulis merupakan instrumen kunci karena hanya manusia yang mampu memahami makna di balik data yang diperoleh di lapangan.

Kehadiran penulis di lapangan menjadi sangat penting karena data yang dibutuhkan dalam penelitian ini bersifat kontekstual dan tidak dapat diperoleh hanya melalui dokumen atau data sekunder. Penulis melakukan observasi langsung terhadap kondisi *jacket cooling system*, termasuk mengamati proses sirkulasi pendingin, kondisi komponen, serta gejala kerusakan yang terjadi selama mesin beroperasi. Melalui observasi ini, penulis dapat memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi sistem pendingin di atas kapal.

Selain observasi, penulis juga melakukan wawancara secara langsung dengan awak mesin (*engine crew*) seperti *Chief Engineer* dan para masinis. Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi terkait pengalaman, pengetahuan, serta tindakan yang dilakukan dalam menangani kerusakan pada sistem pendingin. Menurut penelitian Subekti dkk. (2022), wawancara dengan operator mesin sangat penting dalam penelitian sistem permesinan kapal karena dapat memberikan informasi praktis yang tidak terdapat dalam buku manual maupun teori.

Kehadiran penulis juga memungkinkan terjadinya interaksi langsung dengan objek penelitian, sehingga penulis dapat memahami kondisi lingkungan kerja mesin yang sebenarnya, seperti temperatur ruang mesin, tekanan kerja sistem, serta kondisi operasional kapal. Hal ini sangat

penting karena faktor lingkungan kerja memiliki pengaruh besar terhadap kinerja dan keandalan sistem pendingin.

Selain sebagai pengumpul data, penulis juga berperan sebagai pengamat dan analis yang melakukan interpretasi terhadap data yang diperoleh. Data hasil observasi dan wawancara dianalisis secara mendalam untuk menemukan pola, hubungan, serta penyebab terjadinya keretakan pada *jacket cooling system*. Dengan demikian, penulis tidak hanya mencatat fakta, tetapi juga memberikan makna terhadap data yang diperoleh.

Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk. (2021) juga menegaskan bahwa keterlibatan langsung penulis dalam mengamati sistem pendingin di lapangan sangat membantu dalam mengidentifikasi permasalahan secara lebih akurat, terutama yang berkaitan dengan kondisi aktual mesin dan kebiasaan perawatan oleh awak kapal.

Dengan demikian, kehadiran penulis dalam penelitian ini sangat penting untuk memastikan bahwa data yang diperoleh bersifat valid, aktual, dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Penulis berperan sebagai instrumen utama yang tidak hanya mengumpulkan data, tetapi juga mengolah, menganalisis, dan menafsirkan data untuk menghasilkan kesimpulan yang relevan dengan tujuan penelitian.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal pada bagian kamar mesin (*engine room*), khususnya pada sistem pendingin mesin penggerak utama. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa sistem pendingin merupakan salah satu sistem vital yang berpengaruh langsung terhadap kinerja mesin kapal. Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MV Sarah S, yang merupakan tipe kapal *Bulk Carrier* yang beroperasi pada pelayaran Nasional dengan rute Paiton – Morowali – Adang Bay- Muara Pantai – Bohonsuai. Pengambilan data dilakukan secara langsung melalui observasi dan interaksi dengan kru kapal selama periode penelitian berlangsung, sehingga diperoleh gambaran nyata mengenai kondisi dan aktivitas operasional di atas kapal tersebut..

2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 12 bulan 7 hari, terhitung mulai tanggal 11 Juli 2024 sampai dengan 19 Juli 2025. Selama periode tersebut, penulis melakukan kegiatan pengumpulan data secara bertahap dan berkelanjutan sesuai dengan kebutuhan penelitian, sehingga data yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi yang sebenarnya selama proses penelitian berlangsung.

C. Sumber Data/Subyek Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

1. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah pihak-pihak yang memiliki pengetahuan dan pengalaman terkait sistem pendingin mesin penggerak utama kapal, yaitu:

- a. *Chief Engineer* (KKM)
- b. Masinis 2
- c. Masinis 3

Para informan tersebut dipilih karena memiliki peran langsung dalam pengoperasian, perawatan, serta penanganan gangguan pada sistem pendingin mesin, sehingga dapat memberikan informasi yang relevan dan akurat.

2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah unit *jacket cooling system* pada mesin penggerak utama (*main engine*) merk Mitsubishi UE *Diesel Engine* tipe 6UEC50LS II. Fokus penelitian meliputi kondisi sistem pendingin, penyebab terjadinya keretakan, serta dampaknya terhadap kinerja mesin selama pengoperasian kapal.

3. Sumber Data Penelitian

Dalam penelitian ini penulis mengumpulkan data untuk menyusun proposal ini yang diperoleh melalui pengamatan langsung dan wawancara saat melakukan praktik laut. Dari sumber-sumber yang ada diperoleh data sebagai berikut.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama melalui:

- 1) Observasi langsung terhadap kondisi *jacket cooling system* di atas kapal
- 2) Wawancara dengan *Chief Engineer* dan masinis terkait
- 3) Dokumentasi kondisi peralatan dan sistem pendingin

Data primer ini digunakan untuk mengetahui kondisi nyata sistem pendingin serta permasalahan yang terjadi selama pengoperasian mesin. Dalam hal ini penulis melakukan wawancara langsung di atas kapal dengan pihak terkait, yang mengetahui apa saja permasalahan yang terjadi dalam ruang mesin. Penulis juga melakukan observasi langsung kejadian apa saja yang terjadi serta melakukan studi kasus mengenai permasalahan yang diangkat dalam penelitian.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari sumber tidak langsung, antara lain:

- 1) *Instruction manual book* mesin Mitsubishi UE Diesel Engine
- 2) Log book mesin (*engine log book*)
- 3) Jurnal penelitian dan literatur terkait sistem pendingin kapal

Data sekunder digunakan untuk memperkuat analisis serta sebagai acuan teoritis dalam penelitian.

c. Instrument Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan penulis untuk memperoleh data penelitian. Dalam penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah panduan wawancara dan lembar observasi sebagai berikut:

1) Panduan wawancara

Tabel 3. 1 Panduan Wawancara

NO	Dimensi/ Fokus Area	Indikator Pertanyaan	Tempat Informan
1.	Kronologi & gejala awal	Bagaimana gejala awal terdeteksi nya keretakan?	Masinis 2 & 3
2.	Faktor penyebab keretakan	Apa faktor penyebab keretakan pada <i>jacket cooling</i> ?	KKM & Masinis 2
3.	Dampak terhadap kinerja	Apa saja dampak yang ditimbulkan?	KKM & Masinis 3
4.	Tindakan & mitigasi	Bagaimana prosedur penanganan yang dilakukan ketika terjadi keretakan?	KKM & dan Masinis 2

2) Lembar Observasi

Tabel 3. 2 Lembar Observasi

NO	Aspek yang diamati	Kondisi aktual dilapangan	Keterangan deviasi
1.	Tekanan Air <i>Jacket Cooling</i>		
2.	Temperatur <i>jacket cooling</i>		
3.	Suhu gas buang		
4.	Kondisi visual fisik		

4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan triangulasi metode, yaitu penggabungan beberapa teknik pengumpulan data untuk memperoleh data yang lebih valid, akurat, dan

komprehensif. Triangulasi dilakukan dengan cara membandingkan, mengkorelasikan, dan memverifikasi data yang diperoleh dari berbagai metode sehingga kebenaran informasi dapat diuji secara silang. Pendekatan ini sangat penting dalam penelitian kualitatif, terutama pada penelitian yang berkaitan dengan sistem permesinan kapal, karena fenomena yang dikaji bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional di lapangan.

Menurut Sugiyono (2017), triangulasi metode merupakan teknik pengumpulan data yang menggabungkan beberapa metode untuk menguji kredibilitas data. Dengan menggunakan triangulasi, penulis dapat meminimalkan bias subjektivitas serta meningkatkan tingkat kepercayaan terhadap hasil penelitian. Hal ini dikarenakan data yang diperoleh tidak hanya bergantung pada satu sumber atau satu metode, melainkan diperkuat oleh metode lainnya yang saling melengkapi.

Dalam konteks penelitian sistem pendingin mesin kapal, penggunaan triangulasi metode menjadi sangat relevan karena kondisi di lapangan sering kali tidak dapat dijelaskan hanya melalui satu pendekatan saja. Misalnya, hasil wawancara dengan masinis perlu diverifikasi melalui observasi langsung terhadap kondisi mesin, serta didukung oleh data dokumentasi seperti *engine log book* dan *manual book*. Dengan demikian, data yang diperoleh menjadi lebih objektif dan mencerminkan kondisi nyata di atas kapal.

Penelitian yang dilakukan oleh Subekti dkk. (2022) dalam jurnal terkait sistem pendingin mesin kapal menunjukkan bahwa penggunaan

triangulasi metode mampu menghasilkan data yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Hal ini karena data yang diperoleh berasal dari berbagai sumber informasi yang saling mendukung, seperti observasi lapangan, wawancara dengan operator mesin, serta dokumentasi teknis yang relevan. Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu wawancara mendalam (*in-depth interview*), observasi lapangan (*observasi terbuka*), dan studi dokumentasi. Ketiga metode ini digunakan secara terpadu untuk memperoleh gambaran yang menyeluruh mengenai kondisi *jacket cooling system* serta dampaknya terhadap kinerja mesin penggerak utama kapal.

a. Metode Wawancara

Wawancara mendalam dilakukan dengan informan utama seperti *Chief Engineer* (KKM) dan para masinis yang memiliki peran langsung dalam pengoperasian dan perawatan mesin. Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi secara detail mengenai kondisi sistem pendingin, penyebab terjadinya keretakan, serta dampaknya terhadap kinerja mesin.

Wawancara dilakukan secara terbuka dan fleksibel, sehingga informan dapat menyampaikan pengalaman, pengetahuan, serta pendapat mereka secara bebas tanpa dibatasi oleh pertanyaan yang kaku. Dengan metode ini, penulis dapat memperoleh data yang bersifat mendalam (*deep data*), termasuk informasi yang tidak tercatat dalam dokumen resmi, seperti kebiasaan perawatan, kendala operasional, serta tindakan penanganan kerusakan yang dilakukan di lapangan.

Selain itu, wawancara juga memungkinkan penulis untuk melakukan klarifikasi terhadap informasi yang belum jelas serta menggali lebih lanjut mengenai hal-hal yang dianggap penting dalam penelitian. Dengan demikian, wawancara mendalam menjadi salah satu teknik utama dalam memperoleh data yang berkualitas dalam penelitian ini.

b. Metode Observasi

Observasi lapangan dilakukan secara langsung di ruang mesin (*engine room*) untuk mengamati kondisi aktual *jacket cooling system*. Observasi ini mencakup pengamatan terhadap aliran sirkulasi air pendingin, kondisi komponen seperti pipa, pompa, dan *heat exchanger*, serta indikasi kerusakan seperti kebocoran, retakan, atau penurunan tekanan sistem.

Observasi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat terbuka, artinya penulis tidak melakukan intervensi terhadap objek yang diamati, melainkan hanya mengamati dan mencatat fenomena yang terjadi secara alami. Melalui observasi ini, penulis dapat memperoleh data faktual yang tidak dipengaruhi oleh persepsi atau opini informan, sehingga dapat digunakan sebagai pembandingan terhadap data hasil wawancara.

Selain itu, observasi juga memungkinkan penulis untuk memahami kondisi lingkungan kerja mesin, seperti temperatur ruang mesin, tingkat kebisingan, serta beban kerja mesin, yang semuanya dapat mempengaruhi kinerja sistem pendingin. Dengan demikian,

observasi lapangan memberikan kontribusi penting dalam memperoleh data yang objektif dan kontekstual.

c. Metode Dokumentasi

Studi dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan dan menganalisis berbagai dokumen yang berkaitan dengan objek penelitian. Dokumen yang digunakan antara lain *engine log book*, manual book mesin Mitsubishi UE *Diesel Engine*, laporan perawatan, serta catatan kerusakan sistem pendingin.

Dokumentasi ini berfungsi sebagai data pendukung yang dapat memperkuat hasil observasi dan wawancara. Misalnya, data temperatur dan tekanan yang tercatat dalam *engine log book* dapat digunakan untuk memverifikasi informasi mengenai kenaikan suhu mesin yang disampaikan oleh informan. Selain itu, *manual book* mesin digunakan sebagai acuan untuk mengetahui standar operasional sistem pendingin, sehingga penulis dapat membandingkan kondisi aktual di lapangan dengan standar yang seharusnya.

Studi dokumentasi juga membantu penulis dalam menelusuri riwayat perawatan dan kerusakan yang pernah terjadi pada sistem pendingin, sehingga dapat diketahui pola kerusakan serta faktor penyebabnya. Dengan demikian, dokumentasi menjadi sumber data yang penting dalam mendukung analisis penelitian.

Dengan menggunakan ketiga teknik tersebut, penulis melakukan rekonsiliasi data triangulasi, yaitu membandingkan hasil wawancara dengan hasil observasi dan dokumentasi untuk memastikan konsistensi

dan kebenaran data. Proses ini dilakukan secara terus-menerus selama penelitian berlangsung, sehingga setiap informasi yang diperoleh dapat diverifikasi dan diuji keakuratannya.

Sebagai contoh, apabila hasil wawancara menunjukkan adanya kebocoran pada sistem pendingin, maka penulis akan melakukan observasi langsung untuk memastikan keberadaan kebocoran tersebut serta memeriksa data pada *engine log book* untuk melihat dampaknya terhadap temperatur mesin. Dengan cara ini, data yang diperoleh menjadi lebih valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Dengan demikian, penerapan triangulasi metode dalam penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan data yang akurat, komprehensif, dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai dampak keretakan *jacket cooling system* terhadap penurunan kinerja mesin penggerak utama kapal.

D. Teknik Analisa Data

Penyajian untuk penulisan proposal ini menggunakan metode deskriptif yaitu penulisan yang berisi paparan dan uraian mengenai suatu objek permasalahan yang timbul pada saat tertentu. Metode ini digunakan untuk memamparkan secara rinci dengan tujuan memberikan informasi mengenai masalah yang timbul dan berhubungan dengan materi pembahasan proposal ini. Dengan menggunakan metode deskriptif ini, penulis dapat dengan mudah

memberikan pemahaman informasi atau hasil dari sebuah penelitian yang dilaksanakan.

1. Reduksi Data

Reduksi data merupakan suatu bentuk analisis yang berfokus untuk menajamkan, menggolongkan, mengarahkan, dan membuang data yang tidak perlu serta meringkas guna menarik sebuah kesimpulan. Reduksi data merujuk pada proses pemilihan, pemfokusan, penyederhanaan, abstraksi, dan pentransformasian. Reduksi data memiliki tahapan yakni diawali dengan mengtranskripsi data lalu familiarisasi data, organisasi data, dan pengembangan data.

Pada kenyataannya data temuan di lapangan bisa sangat beragam dan heterogen sehingga perlu dilakukan pemilahan dan penyusunan secara sistematis agar diperoleh data yang dibutuhkan. Dengan demikian mereduksi atau merangkum sebuah data dapat lebih mempermudah dalam melaksanakan sebuah penelitian. Dengan mengikuti langkah-langkah tersebut, data yang awalnya kompleks dan rinci telah disederhanakan, dan fokus pada aspek-aspek kunci yang relevan. Ini akan memudahkan penulis dalam membuat pembahasan yang mendalam dan kohesif terkait dengan rumusan masalah pada penelitian ini.

2. Penyajian Data

Penyajian data, juga dikenal sebagai penampilan data, adalah bagian dari teknik analisis data kualitatif. Ketika sekumpulan data disusun secara sistematis dan mudah dipahami sehingga memungkinkan untuk menghasilkan kesimpulan, ini disebut penyajian data. Data kualitatif dapat

disajikan dalam bentuk matriks, grafik, jaringan, bagan, teks naratif, atau catatan lapangan. Setelah data disajikan, mereka akan disusun dan diorganisasikan dalam pola hubungan sehingga lebih mudah dipahami.

Dengan menggunakan metode ini, penulis berusaha membuat data menjadi lebih mudah dipahami oleh pembaca, menciptakan suatu visualisasi yang jelas dan memberikan dukungan konkret terhadap pembahasan yang diajukan pada penelitian ini..

3. Penarikan Kesimpulan (*conclusion*)

Kesimpulan awal yang dikemukakan masih bersifat sementara dan dapat berubah jika tidak ditemukan bukti yang mendukung pada tahap pengumpulan data berikutnya. Namun, jika kesimpulan yang dibuat pada tahap awal didukung oleh bukti yang valid, maka kesimpulan yang dibuat pada tahap berikutnya dapat dianggap akurat.