

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS KERUSAKAN *BEARING* TERHADAP EFISIENSI
KINERJA *SEA WATER COOLING PUMP MAIN ENGINE* DI
KAPAL MV. HODASCO 19**



MUHAMMAD ADITYA PRATAMA
NIT 22 36 306 2 037

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 KERUSAKAN *BEARING* TERHADAP EFISIENSI
KINERJA *SEA WATER COOLING PUMP MAIN ENGINE* DI
KAPAL MV. HODASCO 19**



MUHAMMAD ADITYA PRATAMA
NIT 22 36 306 2 037

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 ADITYA PRATAMA

NIT : 22 36 306 2 037

Program Studi : DIV - TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**ANALISIS KERUSAKAN *BEARING* TERHADAP EFISIENSI
KINERJA *SEA WATER COOLING PUMP MAIN ENGINE* DI KAPAL
MV. HODASCO 19**

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, 7 Desember 2025



MUHAMMAD ADITYA PRATAMA

NIT. 22 36 306 2 037

**PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **PENGARUH KERUSAKAN *BEARING* TERHADAP
KINERJA *SEAWATER COOLING PUMP MAINENGINE* DI
*ATAS KAPAL***

Nama : MUHAMMAD ADITYA PRATAMA

NIT : 22 36 306 2 037

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Dengan ini menyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

SURABAYA, 2024

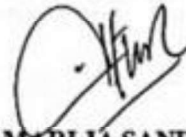
Menyetujui

Pembimbing I



NASRI, M.T., M.Mar.E.
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19711124 1999 03 1 001

Pembimbing II



WULAN MARLIA SANDI, M.Pd
NIP. 19890326 202321 2 017

Mengetahui
Ketua Program Studi TRPK
Politeknik Pelayaran Surabaya



MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd, M.Mar.E.
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19760528 2009 12 2 002

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISIS KERUSAKAN *BEARING* TERHADAP EFISIENSI
KINERJA *SEAWATER COOLING PUMP MAIN ENGINE* DI
KAPAL MV. HODASCO 19**

Nama : MUHAMMAD ADITYA PRATAMA

NIT : 22 36 306 2 037

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Dengan ini menyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

SURABAYA, 05 NOVEMBER 2025

Menyetujui

Pembimbing I



NASRI, M.T., M.Mar.E

NIP. 19711124 1999 03 1 001

Pembimbing II



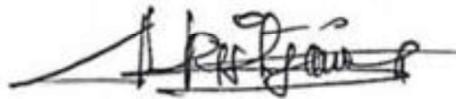
WULAN MARLIA SANDI, M.Pd

NIP. 19890326 2023 21 2 017

Mengetahui

Ketua Program Studi TRPK

Politeknik Pelayaran Surabaya



Dr. Antonius Edy Kristivono, M.Mar.E, M.Pd

NIP. 19690531 2003 12 1 001

**PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**"PENGARUH KERUSAKAN BEARING TERHADAP KINERJA SEAWATER
COOLING PUMP MAINENGINE DI ATAS KAPAL"**

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUHAMMAD ADITYA PRATAMA

NIT.22.36.306.2.037

Ahli Teknik Tingkat III

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan

Pada Tanggal, 20-juni - 2024

Menyetujui

Penguji II

Penguji I



**(RAMA SYAHPUTRA
SIMATUPANG, S.ST.Pel, M.T.)**
Penata Muda Tk.I (III/b)
NIP. 198803292019021002

(NASRI, M.T., M.Mar.E.)
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 197111241999031001

Penguji III



(WULAN MARLISA SANDI, M.Pd.)
NIP. 198903262023212017

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



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

Penata Tk.I (III/d)
NIP. 197605282009122002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS KERUSAKAN BEARING TERHADAP EFISIENSI KINERJA SEA
WATER COOLING PUMP MAIN ENGINE DI KAPAL
MV. HODASCO 19**

Disusun oleh:

MUHAMMAD ADITYA PRATAMA
NIT. 22 36 306 2 037

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, Januari 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



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

NIP. 197605282009122002

Dosen Penguji II



(SHOFA DAL ROBBI, S.T., M.T.)

NIP. 198203022006041001

Dosen Penguji III

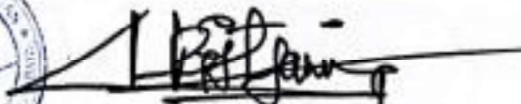


(Dr. NASRI, M.T., M.Mar.E.)

NIP. 197111241999031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 196905312003121001

ABSTRAK

MUHAMMAD ADITYA PRATAMA, Analisis Kerusakan *Bearing* terhadap Efisiensi Kinerja *Sea water Cooling Pump Main Engine* di Kapal MV. Hodasco 19, Politeknik Pelayaran Surabaya, Dr. NASRI, M.T., M.Mar.E. dan WULAN MARLIA SANDI, M.Pd.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab, dampak terhadap efisiensi kinerja, dan dampak operasional dari kerusakan *bearing* pada *sea water cooling pump main engine*. Studi kasus ini dilaksanakan di MV. Hodasco 19 karena kegagalan *bearing* pada sistem pendingin dapat memicu *overheating* dan risiko *shutdown* mesin induk. Metode penelitian menggunakan pendekatan *mix-method* (kualitatif dan kuantitatif). Data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan *Chief Engineer* dan observasi partisipatif, sedangkan data kuantitatif dikumpulkan melalui pengukuran parameter kinerja pompa secara komparatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *root cause* kegagalan adalah kegagalan mode campuran (*mixed-mode failure*), di mana kelelahan material akibat 2160 jam operasi dipercepat secara signifikan oleh kegagalan prosedur perawatan (keterlambatan pelumasan 100 jam) dan kontaminasi air laut akibat kegagalan seal. Kerusakan fisik *bearing* berupa keausan 0.3 mm secara kuantitatif menyebabkan lonjakan getaran pompa sebesar +38.9% (menjadi 2.5 mm/s) dan penurunan efisiensi kinerja pompa sebesar -5.3% (menjadi 72%). Penurunan efisiensi ini berdampak sistemik berupa penurunan tekanan air laut sebesar -9.5% dan kenaikan temperatur mesin induk sebesar +5.1% (menjadi 82°C), yang secara langsung meningkatkan risiko *shutdown* operasional.

Kata kunci : analisis kegagalan; *bearing*; efisiensi kinerja; *mix-method*; *sea water cooling pump*

ABSTRACT

MUHAMMAD ADITYA PRATAMA, *Analysis of Bearing Damage on the Performance Efficiency of the Main Engine Sea Water Cooling Pump of MV Hodasco 19, Merchant Marine Polytechnic of Surabaya, Dr. NASRI, M.T., M.Mar.E. and WULAN MARLIA SANDI, M.Pd.*

Abstract. This study aims to analyze the causal factors, impact on performance efficiency, and operational consequences of bearing failure on the sea water cooling pump of a main engine. The case study was conducted on the MV. Hodasco 19, as bearing failure in the cooling system can trigger overheating and the risk of main engine shutdown. The research method employed a mixed-method approach (qualitative and quantitative). Qualitative data were collected through in-depth interviews with the Chief Engineer and participatory observation, while quantitative data were gathered through comparative measurements of pump performance parameters. The results indicate that the root cause of the failure was a mixed-mode failure, where material fatigue due to 2160 operating hours was significantly accelerated by maintenance procedure failures (a 100-hour lubrication delay) and seawater contamination due to seal failure. Physical bearing damage in the form of 0.3 mm wear quantitatively caused a +38.9% surge in pump vibration (to 2.5 mm/s) and a -5.3% decrease in pump performance efficiency (to 72%). This efficiency loss had a systemic impact, resulting in a -9.5% decrease in seawater pressure and a +5.1% increase in main engine temperature (to 82°C), which directly increased the risk of operational shutdown.

Keywords : *bearing failure; efficiency performance; failure analysis; mixed-method; sea water cooling pump*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi limpahan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Karya Ilmiah Terapan dengan judul “**ANALISIS KERUSAKAN BEARING TERHADAP EFISIENSI KINERJA SEA WATER COOLING PUMP MAIN ENGINE DI KAPAL MV. HODASCO 19**”.

Di dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan ini saya berusaha semaksimal mungkin untuk memecahkan masalah - masalah yang timbul sesuai kemampuan dan pengetahuan yang saya miliki. Kiranya Karya Ilmiah Terapan ini dapat bermanfaat untuk menambah pengetahuan bagi pembaca yang belum memahami atau baru ingin mempelajari hal - hal yang ingin dibahas dalam Karya Ilmiah Terapan ini. Dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan ini penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala yang telah banyak memberikan kemudahan dalam proses penyusunan Karya Ilmiah Terapan.
2. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal.
4. Bapak Nasri, M.T., M.Mar.E. selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan Karya Tulis Terapan.
5. Bu Wulan Marlia Sandi, M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan serta bimbingannya dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan.
6. Bapak/Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, khususnya lingkungan program studi TRPK Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberi bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini.
7. *Crew* MV. Hodasco 19 yang telah memberi banyak ilmu serta pengalaman selama proses pelaksanaan praktik laut (prala).
8. Kedua orang tua saya Bapak Mohamad Ihsan dan Ibu Adriana serta adik-adik saya Rizqi Nur Alimah dan Nabila Nur Adinda yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi serta semangat yang tidak pernah putus dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan.
9. Diri saya sendiri yang telah kuat bertahan dan tidak menyerah. Ini adalah buah dari kerja keras serta ketekunan dalam berproses.
10. Nurkumala, S.T. yang telah membantu, mendukung dan mendoakan saya dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan.
11. Seluruh Taruna/I Politeknik Pelayaran Surabaya khususnya kelas TRPK B yang telah membantu dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini.

Akhir kata saya berharap semoga Karya Ilmiah Terapan ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan.

Surabaya, 7 November 2025

MUHAMMAD ADITYA PRATAMA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Batasan Masalah	7
D. Tujuan Penelitian	8
E. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	10
B. Landasan Teori	11
C. Kerangka Pikir Penelitian	25

BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Jenis Penelitian	26
B. Lokasi Penelitian	26
C. Subyek Penelitian	27
D. Teknik Pengumpulan Data	32
E. Teknik Analisis Data	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	39
B. Hasil Penelitian.....	40
C. Pembahasan	49
BAB V PENUTUP	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Table 2. 1 Review Penelitian.....	10
Table 4. 1 Ringkasan Data Pengukuran Variabel Utama	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Single Groove Ball Bearings.....	14
Gambar 2. 2 Double Row Self Aligning Bearings.....	15
Gambar 2. 3 Single row angular contact bearings	15
Gambar 2. 4 Double row angular contact bearings.....	16
Gambar 2. 5 Double row barrel roller bearings	16
Gambar 2. 6 Single row cylindrical bearings	17
Gambar 2. 7 Tapered roller bearings.....	17
Gambar 2. 8 Double direction thrust ball bearings	18
Gambar 2. 9 Double direction thrust ball bearings	18
Gambar 2. 10 Kerangka Pikir Penelitian	25
Gambar 4. 1 Kondisi Kerusakan bearing pada sea water.....	45
Gambar 4. 2 Pemasangan bearing pada sea water cooling pump	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Transkrip Wawancara	61
Lampiran 2. Dokumentasi Objek Penelitian	65
Lampiran 3. Bukti Fisik Kerusakan Komponen (Failure Analysis).....	65
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan Perbaikan (Corrective Maintenance).	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Dalam era globalisasi dan kemajuan teknologi maritim, peran sektor perkapalan menjadi semakin fundamental bagi konektivitas dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki posisi geografis yang sangat strategis, berada di persilangan jalur pelayaran internasional antara Samudera Pasifik dan Hindia. Posisi ini menjadikan transportasi laut sebagai tulang punggung utama dalam sistem logistik nasional, yang tidak hanya menghubungkan ribuan pulau tetapi juga mendukung distribusi barang dan jasa secara efisien (Dahuri, 2003). Oleh karena itu, kemandirian dan daya saing industri perkapalan nasional menjadi agenda prioritas yang tak terhindarkan.

Menghadapi tantangan persaingan global, industri perkapalan Indonesia dituntut untuk terus berinovasi dan meningkatkan kualitas armadanya. Peningkatan kualitas ini merupakan sebuah proses multidimensional yang tidak hanya mencakup aspek teknis dalam pembangunan kapal, tetapi juga melibatkan kemajuan dalam bidang desain, penggunaan material canggih, dan penerapan sistem manajemen operasional yang modern. Kolaborasi yang sinergis antara pemerintah sebagai regulator, industri sebagai pelaku, serta lembaga riset dan pendidikan sebagai pusat inovasi, menjadi kunci untuk mengakselerasi peningkatan kualitas dan performa kapal-kapal berbendera Indonesia.

Fokus utama dalam peningkatan performa kapal terletak pada keandalan sistem permesinannya. Mesin Induk (*Main Engine*) merupakan jantung dari sebuah kapal, yang berfungsi sebagai penggerak utama untuk memastikan kapal dapat berlayar dengan lancar, aman, dan efisien. Keandalan Mesin Induk sangat bergantung pada kondisi prima dari seluruh komponen pendukungnya. Dengan demikian, kegiatan perawatan permesinan di atas kapal bukanlah sekadar rutinitas teknis, melainkan sebuah aspek krusial yang menentukan efisiensi operasional, keselamatan kru, dan kelangsungan pelayaran dalam jangka panjang.

Untuk menjamin keandalan Mesin Induk, industri pelayaran modern menerapkan berbagai strategi perawatan. Strategi yang paling fundamental adalah perawatan preventif (*preventive maintenance*), yaitu serangkaian tindakan inspeksi dan perbaikan terjadwal yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan sebelum kegagalan terjadi. Pendekatan proaktif ini jauh lebih unggul dibandingkan perawatan korektif (*corrective maintenance*), di mana perbaikan baru dilakukan setelah komponen mengalami kegagalan. Penerapan perawatan preventif yang disiplin tidak hanya mengurangi risiko kerusakan tak terduga di tengah laut, tetapi juga secara signifikan memperpanjang umur pakai mesin dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan (Moble, 2002).

Salah satu sistem pendukung paling vital bagi Mesin Induk adalah sistem pendingin air laut (*sea water cooling system*). Selama beroperasi, mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) menghasilkan panas dalam jumlah yang sangat besar sebagai produk sampingan dari proses pembakaran.

Jika panas ini tidak didisipasikan secara efektif, temperatur mesin akan meningkat secara drastis hingga melampaui batas toleransi materialnya. Kondisi ini dikenal sebagai panas berlebih (*overheating*), yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis serius seperti piston macet, kepala silinder melengkung, hingga kegagalan total mesin (Taylor, 1994).

Untuk mencegah terjadinya *overheating*, sistem pendingin berfungsi untuk menyerap panas dari komponen-komponen kritis mesin dan memindahkannya ke medium pendingin. Pada aplikasi di darat, medium yang umum digunakan adalah udara atau air tawar. Namun di kapal, air laut yang melimpah dimanfaatkan sebagai media pendingin utama karena ketersediaannya yang tak terbatas. Proses sirkulasi air laut ini digerakkan oleh sebuah komponen sentral, yaitu pompa pendingin air laut (*sea water cooling pump*). Pompa inilah yang memastikan aliran air laut pendingin yang konstan dan mencukupi untuk menjaga suhu mesin tetap stabil pada rentang kerja optimalnya.

Kinerja optimal dari *sea water cooling pump* sangat bergantung pada integritas komponen-komponen internalnya. Sebagai sebuah mesin kinetis, pompa sentrifugal mengubah energi mekanis putaran menjadi energi hidrolik. Poros pompa yang berputar digerakkan oleh motor listrik, dan pada ujung poros terpasang *impeller* yang berfungsi untuk mengisap dan melemparkan air laut. Agar poros ini dapat berputar dengan stabil pada kecepatan tinggi sambil menahan berbagai beban, ia ditumpu oleh sebuah komponen fundamental yang disebut *bearing* atau bantalan.

Fungsi *bearing* di dalam sebuah pompa sangatlah krusial. Secara prinsip, *bearing* adalah elemen mesin yang dirancang untuk mengurangi gesekan antara dua permukaan yang bergerak relatif satu sama lain, yaitu poros yang berputar dan rumah pompa yang diam (Smith & Smith, 1969). Dengan meminimalkan gesekan, *bearing* memastikan putaran poros berlangsung dengan halus, mengurangi energi yang terbuang, dan mencegah keausan dini pada poros maupun tumpuannya.

Selain mengurangi gesekan, *bearing* juga berfungsi untuk menyerap dan mentransmisikan beban yang bekerja pada poros. Dalam operasional pompa, beban ini bersifat kompleks, terdiri dari beban radial (tegak lurus sumbu poros) akibat berat poros dan *impeller*, serta beban aksial (sejajar sumbu poros) akibat gaya dorong hidrolis dari fluida. Kemampuan *bearing* untuk menahan kombinasi beban ini secara terus-menerus sangat menentukan stabilitas dan umur pakai pompa secara keseluruhan (Bloch & Budris, 2010).

Pemilihan jenis *bearing* yang tepat untuk aplikasi pompa sentrifugal sangatlah krusial untuk dapat menahan kombinasi beban tersebut secara efektif. Umumnya, pompa air laut menggunakan jenis *deep groove ball bearing* (bantalan bola alur dalam) karena kemampuannya yang seimbang dalam menahan beban radial maupun beban aksial pada kedua arah. Desain geometris dari bantalan ini memungkinkan elemen bola untuk bergulir dengan gesekan minimal di dalam lintasan (*raceway*), sehingga mampu beroperasi pada kecepatan tinggi dengan efisiensi yang baik. Kualitas material dan presisi manufaktur dari *bearing* menjadi faktor penentu utama dalam memastikan

komponen ini dapat mencapai umur pakai yang diharapkan sesuai spesifikasi pabrikan (SKF, 2014).

Meskipun dirancang untuk bekerja dalam kondisi berat, *bearing* merupakan salah satu komponen yang paling rentan mengalami kerusakan. Berbagai faktor dapat menjadi penyebab kegagalan *bearing*, di antaranya adalah kegagalan sistem pelumasan, kontaminasi partikel asing, kesalahan prosedur pemasangan, hingga kelelahan material (*material fatigue*) akibat telah melampaui batas umur operasionalnya. Penelitian sebelumnya oleh Sudarsono (2022) mengonfirmasi bahwa kegagalan pelumasan dan kontaminasi adalah penyebab umum kerusakan *bearing* pada pompa sentrifugal.

Kerusakan pada *bearing* bukanlah masalah yang terisolasi, melainkan pemicu dari serangkaian dampak berantai yang merugikan. Tanda-tanda awal kerusakan umumnya dapat dideteksi melalui peningkatan suhu pada rumah *bearing* dan munculnya suara bising yang tidak normal. Namun, indikator yang paling dapat diukur dan diandalkan adalah peningkatan tingkat getaran (*vibration*). Getaran abnormal adalah respons dinamis dari struktur pompa terhadap ketidakstabilan internal yang disebabkan oleh celah berlebih pada *bearing* yang aus (Rao, 2011).

Jika gejala awal ini diabaikan, getaran yang semakin parah akan menyebabkan putaran poros menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan mekanis ini dapat merusak komponen lain di sekitarnya, seperti *mechanical seal* yang berfungsi mencegah kebocoran, sehingga memperparah kondisi kerusakan. Efek langsung dari putaran yang tidak stabil ini adalah pada kinerja hidrolis pompa itu sendiri.

Penurunan kinerja hidrolis menjadi konsekuensi selanjutnya. Putaran *impeller* yang tidak stabil akan mengganggu interaksi antara sudu-sudu *impeller* dengan fluida, menyebabkan proses transfer energi menjadi tidak efisien. Akibatnya, efisiensi pompa akan menurun dan tekanan air laut yang dihasilkan menjadi lebih rendah dari seharusnya. Penurunan tekanan ini berarti volume air laut yang disirkulasikan ke sistem pendingin mesin menjadi berkurang.

Konsekuensi akhir dari rantai kegagalan ini adalah terganggunya fungsi utama sistem pendingin. Dengan berkurangnya aliran air pendingin, suhu Mesin Induk akan mulai merangkak naik melampaui batas normal. Kondisi ini pada akhirnya akan memicu alarm suhu tinggi dan, jika tidak segera ditangani, dapat mengakibatkan kerusakan mesin yang parah dan memaksa kapal untuk berhenti beroperasi. Hal ini tidak hanya menyebabkan kerugian waktu dan biaya perbaikan yang besar, tetapi juga membahayakan keselamatan pelayaran.

Berdasarkan pengamatan di atas kapal MV. Hodasco 19, ditemukan permasalahan pada salah satu unit *sea water cooling pump* yang menunjukkan gejala-gejala kerusakan *bearing* seperti yang telah diuraikan. Berbagai studi kasus, seperti yang dilakukan oleh Gatanda (2020), telah mengidentifikasi waktu operasional yang berlebih sebagai salah satu faktor utama kerusakan. Namun, masih terdapat celah dalam literatur yang secara spesifik mengkuantifikasi atau mengukur besaran dampak dari kerusakan *bearing* terhadap parameter-parameter kinerja pompa secara simultan (tekanan, temperatur, getaran, dan efisiensi) dalam sebuah studi kasus di atas kapal. Oleh karena itu, penelitian yang berjudul "**ANALISIS KERUSAKAN BEARING TERHADAP EFISIENSI KINERJA SEA WATER COOLING PUMP MAIN**

ENGINE DI KAPAL MV. HODASCO 19" ini menjadi sangat relevan dan penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan cara membuktikan dan mengukur secara empiris seberapa besar dampak kuantitatif dari kerusakan *bearing* terhadap penurunan kinerja pompa. Dengan menyajikan data komparatif yang jelas antara kondisi sebelum dan sesudah perbaikan, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan teknis yang kuat bagi awak kapal dan perusahaan pelayaran dalam menyusun strategi perawatan preventif yang lebih efektif untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan permesinan kapal.

B. Rumusan Masalah

Mengacu pada konteks yang telah diuraikan sebelumnya, penulis merumuskan beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan kerusakan *bearing* pada *sea water cooling pump main engine* di MV. Hodasco 19?
2. Bagaimana efisiensi kinerja *sea water cooling pump main engine* sebelum dan sesudah terjadinya kerusakan *bearing* di MV. Hodasco 19?
3. Bagaimana dampak-dampak yang ditimbulkan dari kerusakan *bearing* pada *sea water cooling pump main engine* di MV. Hodasco 19?

C. Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap fokus dan mendalam, maka ruang lingkup permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah satu unit *sea water cooling pump* pada Mesin Induk

di kapal MV. Hodasco 19.

2. Analisis difokuskan pada dampak kerusakan satu jenis komponen, yaitu *bearing*.
3. Parameter kinerja yang diukur dan dianalisis terbatas pada tekanan, temperatur, getaran, *running hours*, efisiensi, dan kondisi fisik komponen seperti yang tersaji pada Bab IV.
4. Penelitian ini merupakan studi komparatif yang membandingkan kondisi sesaat sebelum perbaikan dan sesaat setelah perbaikan, bukan analisis tren kerusakan dalam jangka panjang.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan *bearing* pada *sea water cooling pump main engine* di MV. Hodasco 19.
2. Untuk menganalisis efisiensi kinerja *sea water cooling pump main engine* sebelum dan sesudah terjadinya kerusakan *bearing* di MV. Hodasco 19.
3. Untuk menganalisis dampak-dampak yang ditimbulkan dari kerusakan *bearing* pada *sea water cooling pump main engine* di MV. Hodasco 19.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis

Menambah khazanah ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi rekayasa permesinan kapal, khususnya mengenai analisis dampak kegagalan komponen terhadap kinerja sistem. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi empiris bagi penelitian-penelitian sejenis di masa depan.

2. Secara Praktis

- a. Bagi Perusahaan Pelayaran dan Awak Kapal: Memberikan bukti kuantitatif yang jelas mengenai pentingnya perawatan preventif pada komponen *bearing* untuk menjaga keandalan sistem pendingin, sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait jadwal dan prioritas perawatan.
- b. Bagi Akademisi dan Taruna: Dapat dijadikan sebagai bahan studi kasus dan referensi praktis yang menghubungkan antara teori dasar permesinan dengan aplikasi nyata di atas kapal, khususnya dalam hal diagnosis dan analisis masalah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Ulasan penelitian sebelumnya adalah langkah yang diambil peneliti untuk mencari perbandingan antara studi-studi sebelumnya untuk mendapatkan inspirasi. Selain itu, temuan dari studi sebelumnya dapat digunakan sebagai referensi oleh peneliti dalam melakukan penelitian ini.

Table 2. 1 Review Penelitian

PENELITI	JUDUL PENELITIAN	HASIL
Raynaldo Dwi Gatanda (2020).	ANALISIS KERUSAKAN <i>MECHANICAL SEAL PADA SEA WATER COOLING PUMP MAIN ENGINE DI SELF PROPELLER BARGE (SPB) LAIS</i>	Penyebab kerusakan <i>bearing</i> pada pompa pendingin air laut di mesin utama adalah karena waktu operasional pompa telah melebihi batas kerja normal. Pemilihan suku cadang yang tidak sesuai standar dan kurangnya pemeliharaan juga menjadi faktor penyebab. Akibatnya, kinerja pompa menjadi tidak optimal, mengakibatkan suhu air terlalu tinggi dan mesin utama tidak dapat beroperasi maksimal.
Muhamad Zaki Dwi Sudarsono (2022).	ANALISIS KERUSAKAN <i>BEARING</i> PADA POMPA AIR SENTRIFUGAL EBARA 100X80 FSHA.	Kerusakan <i>bearing</i> dapat dianalisis secara visual dan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti suhu yang melebihi standar, beban berlebih, kontaminasi, dan kegagalan pelumasan. Untuk mencegah <i>overheat</i> pada <i>bearing</i> , diperlukan jadwal pelumasan yang teratur atau modifikasi sistem pelumasan.
Siregar, <i>et al.</i> (2023)	Analisis Kerusakan <i>Bearing</i> pada Pompa Sentrifugal Type ZLND 100-200.	Berfokus pada identifikasi modus kegagalan (<i>failure mode</i>) pada <i>bearing</i> dan menemukan bahwa penyebab utamanya adalah kelelahan material (<i>fatigue</i>) akibat beban berlebih dan kurangnya pelumasan. Penelitian ini memberikan landasan kuat mengenai faktor-faktor penyebab kerusakan <i>bearing</i> secara teknis.

Sumber : Diolah penulis

Berdasarkan telaah di atas, dapat disintesis bahwa penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak membahas tentang (a) penyebab kerusakan *bearing* dari sisi operasional dan teknis, (b) pentingnya sistem perawatan, dan (c) metode diagnosis kerusakan melalui getaran. Namun, terdapat celah

penelitian yang belum banyak dieksplorasi, yaitu analisis kuantitatif yang secara komprehensif menghubungkan kerusakan fisik *bearing* dengan perubahan multi-parameter kinerja pompa secara simultan (tekanan, temperatur, getaran, dan efisiensi) dalam sebuah studi kasus di atas kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut.

B. Landasan Teori

1. Bearing

Bearing, sebagai komponen kritis dalam mesin dan perangkat mekanis, memfasilitasi gerakan relatif rotasi dan translasi antara dua bagian mesin. Dalam menjalankan fungsi ini, *bearing* tidak hanya mengalirkan gaya radial dan aksial pada *bearing* berputar, tetapi juga menanggung gaya dan momen sejajar dengan arah gerakan pada *bearing* linear. Dengan demikian, posisi relatif elemen mesin yang didukung oleh *bearing* ditentukan oleh mekanisme dan desain *bearing* yang digunakan.

Pemahaman teori *bearing* merupakan hal yang krusial dalam memahami, merancang, dan mengaplikasikan *bearing* secara efektif. Sejumlah penelitian telah menyumbangkan pemahaman mendalam tentang teori *bearing*. Sebagai contoh, penelitian oleh D. M. Smith (1969) membahas perkembangan *bearing* dengan menggunakan metode empiris sebelum pemahaman tentang mekanisme pembentukan film pelumas hidrodinamik pada *bearing* diketahui. Smith menyoroti pentingnya pelumasan yang tepat dalam menjaga kinerja *bearing*.

Selanjutnya, penelitian oleh John Boyd dan Albert A. Raimondi (1963) mengeksplorasi penerapan teori *bearing* dalam analisis dan desain *bearing* jurnal. Meskipun tidak secara spesifik mengutip penelitian tertentu, Boyd dan Raimondi memberikan wawasan tentang bagaimana teori *bearing* dapat diaplikasikan dalam praktik rekayasa, membantu para insinyur dalam merancang *bearing* yang efisien dan andal.

Penelitian lainnya, seperti yang dilakukan oleh A. Jones (1959), fokus pada kontribusi pada teori *bearing* bola. Meskipun penelitian ini berfokus pada *bearing* bola, hasilnya memberikan pemahaman lebih lanjut tentang prinsip-prinsip umum dalam teori *bearing*, yang dapat diterapkan pada berbagai jenis *bearing*. Terdapat berbagai jenis *bearing* yang digunakan dalam kapal laut, dan setiap jenis memiliki fungsi spesifiknya sendiri.

Bantalan (*bearing*) pada umumnya diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros

1) Bantalan luncur

Pada bantalan (*bearing*) ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan (*bearing*) karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas.

2) Bantalan Gelinding

Pada bantalan (*bearing*) ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol dan rol bulat.

b. Berdasarkan arah beban terhadap poros

1) Bantalan Radial

Bantalan (*bearing*) radial atau disebut dengan jurnal *bearing*, dimana arah beban yang ditumpu bantalan (*bearing*) ini adalah tegak lurus sumbu poros, bantalan (*bearing*) ini untuk mendukung gaya radial dari batang poros saat berputar.

2) Bantalan aksial

Bantalan (*bearing*) aksial atau disebut dengan trust *bearing*, dimana arah beban yang ditumpu bantalan (*bearing*) ini adalah sejajar dengan sumbu poros. Bantalan (*bearing*) aksial ini memiliki gaya yang sama dengan bantalan (*bearing*) radial.

3) Bantalan gelinding khusus

Bantalan (*bearing*) ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros. Meskipun bantalan (*bearing*) gelinding menguntungkan, banyak konsumen memilih bantalan (*bearing*) luncur dalam hal tertentu, contohnya bila kebisingan bantalan mengganggu pada kejutan yang kuat dalam putaran bebas. Klasifikasi bantalan gelinding sama seperti pada bantalan meluncur yang terdiri atas bantalan radial yang terutama membawa beban radial dan sedikit beban aksial dan bantalan aksial yang membawa beban yang sejajar sumbu poros. Berdasarkan bentuk elemen gelindingnya, dapat dibagi atas bantalan bola dan bantalan rol. Selain itu, dapat juga dibedakan menurut banyak dari baris serta

konstruksi dalamnya. Berikut ini jenis-jenis dari bantalan gelinding bola:

a) *Single groove ball bearings*

Bantalan ini memiliki alur yang dalam pada kedua cincinnya. Karena dilengkapi dengan alur, maka jenis ini memiliki kemampuan menahan beban secara ideal pada arah radial dan aksial. Yang dimaksud dengan beban radial adalah beban yang tegak lurus terhadap sumbu poros, sedangkan beban aksial adalah beban yang searah dengan sumbu poros.



Gambar 2. 1 *Single Groove Ball Bearings*

Sumber: (blog.slsbearings.com)

b) *Single groove ball bearings*

Jenis ini memiliki dua baris bola, masing-masing memiliki alur tersendiri di *ring* bagian dalamnya. Pada umumnya terdapat alur berbentuk bola pada cincin bagian luar. *Ring* bagian dalam mampu bergerak sendiri untuk menyesuaikan posisinya. Inilah kelebihan dari tipologi ini, yaitu dapat mengatasi arah sumbu yang tidak segaris.



Gambar 2. 2 *Double Row Self Aligning Bearings*
 Sumber: (blog.slsbearings.com)

c) *Single row angular contact bearings*

Karena konstruksinya, tipe ini ideal untuk beban radial. Bantalan ini biasanya dipasangkan dengan bantalan lain, baik itu sejajar secara maupun berlawanan, sehingga dapat pula menopang beban aksial.



Gambar 2. 3 *Single row angular contact bearings*
 Sumber: (blog.slsbearings.com)

d) *Double row angular contact bearings*

Selain mampu menahan beban radial, tipe ini juga mampu menahan beban aksial dalam dua arah. Karena konstruksinya, tipe ini dapat menahan beban torsi. Tipe ini digunakan untuk mengganti dua buah bantalan jika ruang yang tersedia tidak mencukupi.



Gambar 2. 4 *Double row angular contact bearings*
 Sumber: (blog.slsbearings.com)

e) *Double row barrel roller bearings*

Bantalan ini memiliki dua baris elemen *roller* yang umumnya memiliki alur berbentuk bola pada cincin luarnya. Tipe ini mempunyai kapasitas beban radial yang besar sehingga ideal untuk pembebanan.



Gambar 2. 5 *Double row barrel roller bearings*
 Sumber: (blog.slsbearings.com)

f) *Single row cylindrical bearings*

Tipe ini memiliki dua jalur pada cincin yang biasanya diberi jarak. Efek dari pemisahan ini adalah cincin-cincin tersebut dapat bergerak secara aksial dengan mengikuti yang lain. Hal ini merupakan suatu keuntungan karena jika bantalan perlu berubah bentuk karena yang disebabkan oleh temperatur,

maka cincin bantalan ini dapat dengan mudah menyesuaikan posisinya. Tipe ini mempunyai kapasitas beban radial yang besar dan cocok untuk kecepatan tinggi.



Gambar 2. 6 *Single row cylindrical bearings*
Sumber: (blog.slsbearings.com)

g) *Tapered roller bearings*

Dilihat dari konstruksinya, tipe ini ideal untuk beban aksial dan radial. Tipe ini dapat dipisahkan dimana *ring* bagian dalam dipasang bersamaan dengan *roller* dan *ring* bagian luar dipisahkan.



Gambar 2. 7 *Tapered roller bearings*
Sumber: (blog.slsbearings.com)

h) *Double direction thrust ball bearings*

Jenis ini hampir sama seperti *Single row cylindrical bearings*, hanya saja bantalan ini dapat menerima beban aksial

dua arah. Bagian-bagiannya juga dapat dipisahkan, sehingga memudahkan pembongkaran



Gambar 2. 8 *Double direction thrust ball bearings*
Sumber: (blog.slsbearings.com)

i) *Ball and socket ball bearings*

Bantalan jenis ini memiliki alur internal berbentuk bola yang dapat membuat elemennya berdiri sendiri. Kapasitasnya sangat besar untuk beban aksial.



Gambar 2. 9 *Double direction thrust ball bearings*
Sumber: (blog.slsbearings.com)

Setiap jenis *bearing* ini memiliki peran penting dalam menjaga agar mesin kapal beroperasi secara efisien dan andal. Pemeliharaan yang baik dan penggantian tepat waktu diperlukan untuk memastikan kinerja yang optimal dan untuk mencegah kegagalan yang mungkin mengakibatkan kerusakan kapal atau bahkan kecelakaan. Selain itu, walaupun tidak secara langsung berkaitan dengan mesin dan perangkat mekanis, artikel oleh Merton

(1948) menyoroti pentingnya penelitian empiris dalam mengembangkan teori secara aktif. Meskipun artikel ini lebih menekankan pada ilmu sosial, konsep yang disampaikan dapat diterapkan pada pemahaman teori *bearing*. Penelitian empiris tidak hanya digunakan untuk memverifikasi teori, tetapi juga memulai, merumuskan ulang, mengalihkan, dan mengklarifikasi teori, yang relevan dalam pengembangan teori *bearing*.

Dengan memahami teori dan menerapkan penelitian yang relevan, kita dapat meningkatkan efisiensi, keandalan, dan umur pakai *bearing* dalam berbagai aplikasi industri. Ini penting karena *bearing* memiliki peran sentral dalam keberhasilan operasi mesin dan perangkat mekanis secara keseluruhan. Dengan demikian, penelitian dan pemahaman yang terus berkembang dalam teori *bearing* menjadi landasan penting dalam pengembangan teknologi dan industri.

2. Kerusakan *Bearing*

Kerusakan *Bearing* merupakan permasalahan yang signifikan dalam industri dan mesin. *Bearing*, sebagai komponen kritis, memungkinkan gerakan relatif antara dua bagian mesin dan mengurangi gesekan. Penelitian yang dilakukan oleh Dwi Pudyastuti, Toni Prahasto, dan Achmad Widodo dalam “Diagnosa Kerusakan *Bearing* Menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Naïve Bayes Classifier*” (2016) telah membangun sistem informasi untuk mendiagnosa kerusakan pada *bearing* berbasis data mining.

Metode yang digunakan melibatkan transformasi wavelet diskret, ekstraksi fitur, reduksi fitur menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA), dan klasifikasi menggunakan metode Naïve Bayes. Hasilnya menunjukkan bahwa klasifikasi *Naïve Bayes* memiliki performa yang baik dalam menguji data.

Menurut Handoko (2021), penyebab utama kerusakan *bearing* adalah patah lelah. Perubahan warna pada *bearing* terjadi akibat kenaikan temperatur yang disebabkan oleh gesekan berlebih akibat beban berlebihan. Penelitian dari Utomo (2019) juga membandingkan perhitungan teoritis dengan kondisi aktual kerusakan pada *bearing* 7210 pada torsion shaft. Fokusnya adalah pada umur pakai (*lifetime*) *bearing*.

3. *Sea Water Cooling Pump Main Engine*

Sea water cooling pump main engine, yang merupakan komponen kapal, memiliki tugas utama untuk mengalirkan air laut dari *sea chest* ke *central cooler* dengan tujuan menurunkan suhu air tawar. Sistem pendinginan ini secara keseluruhan dibagi menjadi beberapa sirkuit yang berbeda.

Sirkuit Air Laut (*Sea Water Circuit*) adalah sirkuit di mana air laut berfungsi sebagai media pendingin dalam *heat exchanger* besar yang berpendingin air laut untuk merendahkan suhu air tawar dalam sirkuit tertutup. *Heat exchanger* ini berperan sebagai pusat pendinginan sistem dan biasanya dioperasikan dalam mode duplex.

Sementara itu, sistem air tawar terbagi menjadi dua sirkuit utama. Sirkuit Suhu Rendah (*Low-Temperature Circuit*) digunakan untuk mesin di

zona suhu rendah dan terhubung langsung ke *central cooler* air laut, sehingga suhu sirkuit ini lebih rendah dibandingkan dengan sirkuit suhu tinggi (*High-Temperature*). Sirkuit suhu rendah ini mencakup semua sistem tambahan, dan jumlah total air tawar suhu rendah dijaga seimbang dengan sistem pendinginan air tawar suhu tinggi melalui tangki ekspansi yang umum untuk kedua sistem.

Sirkuit Suhu Tinggi (*High-Temperature Circuit; H.T.*) dalam sistem pendinginan pusat terutama terdiri dari sistem air jaket mesin induk dengan suhu yang cukup tinggi. Air suhu tinggi dijaga oleh air tawar suhu rendah. Sistem ini biasanya mencakup sistem air mesin utama, generator air tawar, mesin diesel generator selama kondisi siaga, dan filter minyak pelumas untuk bak pembuangan *stuffing*. Sistem pendinginan air suhu tinggi disirkulasikan oleh pompa air pendingin listrik, satu dalam layanan dan satu dalam cadangan.

Terakhir, Tangki Ekspansi (*Expansion Tank*) berperan penting dalam mengkompensasi kehilangan yang terjadi dalam sistem pendinginan air tawar yang beroperasi dalam sirkuit tertutup secara kontinu. Tangki ini juga berfungsi untuk menyerap peningkatan tekanan yang dihasilkan oleh ekspansi termal. Untuk mengendalikan suhu tinggi air tawar, sistem ini menggunakan katup pengendali suhu.

a. Kinerja *Sea Water Cooling Pump Main Engine*

Sistem pemompa pendingin air laut (*sea water cooling pump*) merupakan komponen kritis dalam sistem pendinginan mesin kapal. Fungsinya adalah untuk mengalirkan air laut ke dalam sistem

pendinginan mesin dan mendinginkan komponen-komponen mesin yang menghasilkan panas selama operasi.

- 1) Prinsip kerja Pompa Pendingin Air Laut Mesin Induk: pompa ini berfungsi untuk mengalirkan air laut dari laut ke sistem pendinginan mesin; air laut yang sudah dipakai untuk mendinginkan mesin selanjutnya dipompa kembali ke laut; proses sirkulasi ini menjamin bahwa mesin terus berjalan pada suhu yang telah ditentukan.
- 2) Karakteristik Kinerja Pompa Pendingin Air Laut: kapasitas aliran (*flow rate*) pompa harus selalu disesuaikan dengan kebutuhan pendinginan mesin; tekanan pompa harus terus dijaga agar tidak mengalami penurunan dari standar operasional yang ditentukan; dan jika tekanan ini turun, pendinginan menjadi tidak optimal, yang berakibat pada peningkatan suhu mesin.

Ryan (2019) menyebutkan bahwa pompa pendingin air laut adalah salah satu komponen pendukung operasi mesin induk yang berfungsi untuk mendinginkan mesin kapal. Jika pendinginan tidak optimal, suhu mesin akan meningkat dan mempengaruhi perubahan material. Suprpto (2020) menjelaskan bahwa air laut dipompa masuk ke *cooler* dan kemudian dibuang kembali ke laut. Proses ini memastikan bahwa air laut membawa panas yang diserap dari cairan pendingin yang telah didinginkannya.

b. *Maintenance Sea Water Cooling Pump Main Engine*

Maintenance atau perawatan adalah pemeliharaan terhadap suatu peralatan agar bisa beroperasi dengan lancar, perawatan yang akan

dilakukan terhadap peralatan *sea water cooling pump* guna memperlancar kinerja mesin induk. Pompa dapat bekerja dengan baik saat beroperasi jika perawatan dilakukan secara rutin. Adapun cara perawatan *sea water cooling pump* sebagai berikut:

1) Perawatan mingguan

Hal-hal yang harus diperiksa setiap minggu pada bagian pompa adalah sebagai berikut :

- a) Tekanan hisap dan tekanan eksternal di dalam pompa.
- b) Periksa kebocoran pada bagian pompa.
- c) Kontrol ruang pompa.
- d) Memeriksa *impeller* memastikan bahwa *impeller* tidak mengalami rusak atau kropos.
- e) Oleskan gemuk pada bantalan pompa dan pastikan *bearing* tidak mengering.

2) Perawatan bulanan

Pada perawatan bulanan ini, pengecekan bagian-bagian pompa diperiksa dan dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- a) Periksa pada *ball bearing* atau bushing yang tidak berfungsi dengan baik dan segera ganti.
- b) Periksa packing pada poros pompa. Jika kedapatan bocor lakukan penggantian.
- c) Pemberian gemuk pada *bearing* pompa bila kurang ditambah atau diganti.

- d) Periksa kopling antara poros pompa dan poros motor. Jika kelurusannya jauh dari posisi yang ditentukan pada saat pemasangan pompa, maka harus diluruskan kembali.
- e) Pengecekan pada motor listrik meliputi; *ball bearing*, kelurusan poros, segel pengikat kabel, dan kencangkan sambungan baut pondasi motor listrik.

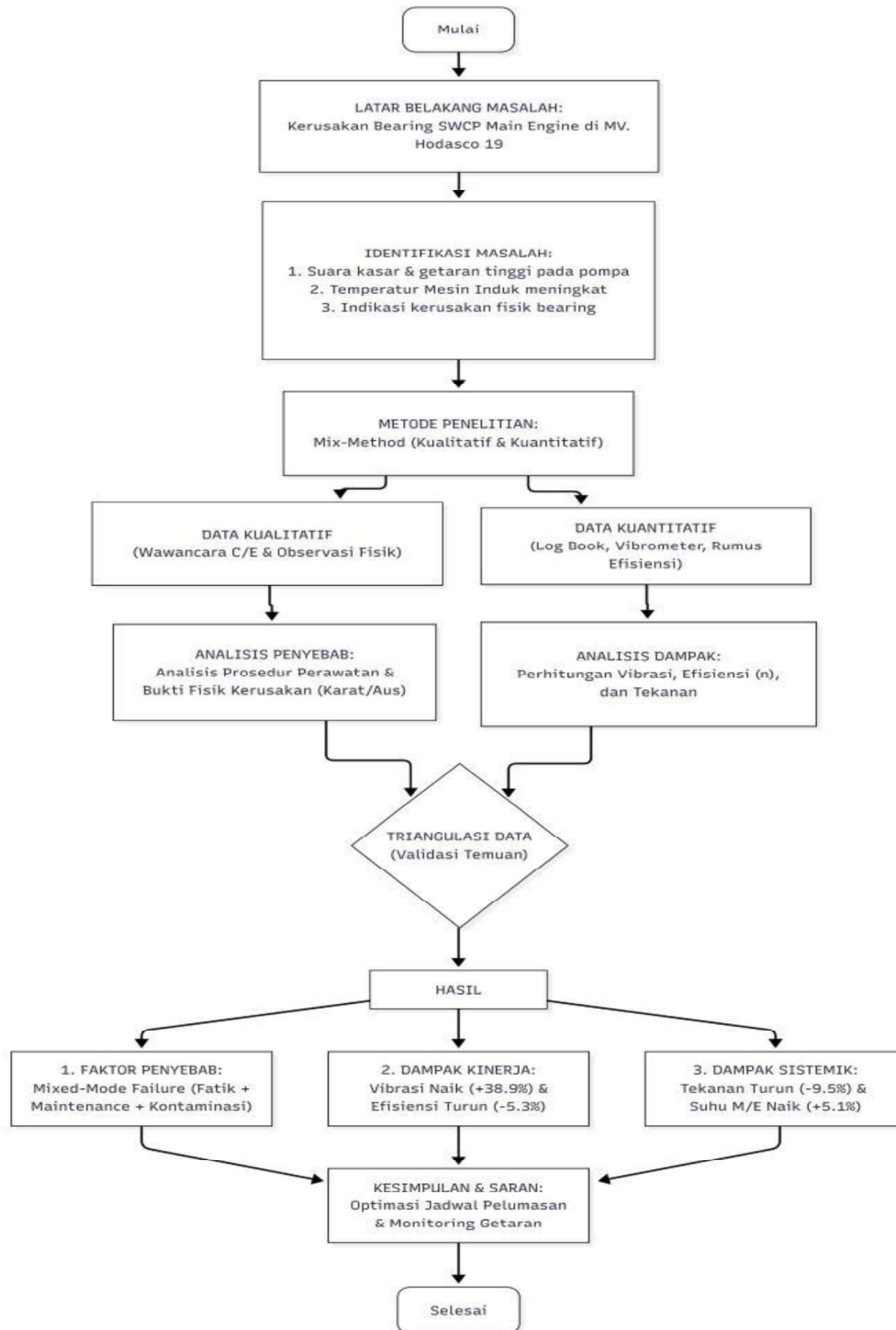
3) Perawatan tahunan

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a) Keausan pada bagian-bagian yang berputar, terutama pada bagian bantalan.
- b) Korosi di dalam badan pompa.
- c) Kondisi katup dengan bagian yang bergerak seperti katup cegah dan katup isap.
- d) Kelurusan poros. Penataan kembali harus dilakukan setelah pembongkaran dan pemasangan pompa.
- e) Resistansi isolasi motor. Ukur lagi setelah pembongkaran dan pemasangan kembali.

Meskipun masa perawatan dapat bervariasi tergantung pada cairan yang dipompa, laju aliran, tingkat kepentingan pompa dan lain-lain. Namun disarankan untuk melakukan perawatan menyeluruh (*overhaul*) yang pertama kali dalam waktu satu tahun setelah pompa digunakan. Jangka waktu perawatan berkala selanjutnya dapat ditentukan berdasarkan hasil perawatan yang pertama.

C. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2. 10 Kerangka Pikir Penelitian
Sumber : Dokumen Pribadi

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan sebagai kerangka utama untuk menjawab Rumusan Masalah yang bersifat eksploratif dan analitis, yaitu mengidentifikasi faktor-faktor penyebab dan mendeskripsikan dampak-dampak operasional. Hal ini memungkinkan peneliti memperoleh wawasan yang kaya dan *in-situ* di lokasi melalui data deskriptif dari wawancara serta observasi langsung (Sugiyono, 2018).

Sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan sebagai metode pendukung untuk menghitung dan menganalisis secara komparatif efisiensi kinerja pompa serta melakukan analisis selisih (*gap analysis*) pada parameter terukur. Penggunaan data rasio dan statistik deskriptif sederhana ini relevan untuk memperkuat kesimpulan deskriptif yang dihasilkan dari analisis kualitatif (Miles & Huberman, 1984).

B. Lokasi Penelitian

Seluruh kegiatan penelitian, mulai dari pengumpulan data primer hingga observasi operasional, dilaksanakan secara langsung di atas kapal MV. Hodasco 19. Pemilihan lokasi ini bersifat mutlak karena objek penelitian merupakan komponen permesinan yang terintegrasi dan beroperasi dalam lingkungan kerja yang sesungguhnya. Pelaksanaan penelitian di lokasi memastikan bahwa data

yang diperoleh memiliki validitas kontekstual yang tinggi, karena mencerminkan kondisi operasional nyata yang dihadapi oleh sistem. Proses pengumpulan data dilaksanakan dalam rentang waktu dari bulan Juli 2024 hingga Mei 2025.

C. Subyek Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Mix-Method* dengan memanfaatkan data primer dan data sekunder.

1. Subyek Penelitian

Objek utama penelitian ini adalah satu unit *sea water cooling pump main engine* di kapal MV. Hodasco 19. Pemilihan subyek ini krusial karena pompa tersebut menunjukkan gejala kerusakan yang signifikan dan kegagalannya berpotensi mengganggu kinerja mesin induk secara keseluruhan. Informan kunci dalam penelitian ini adalah awak kapal bagian mesin, khususnya *Chief Engineer*, yang memberikan keterangan kualitatif mendalam mengenai riwayat operasional dan prosedur perbaikan yang telah dilakukan.

2. Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung oleh peneliti dari lapangan, yang merupakan inti dari analisis studi kasus kualitatif dan kuantitatif sederhana. Data ini berfungsi untuk menjawab ketiga rumusan masalah secara komprehensif, baik dari aspek naratif maupun numerik. Data primer dibagi menjadi dua kategori utama, yakni data kualitatif dan data kuantitatif pendukung.

a. Data Kualitatif

Data kualitatif ini adalah sumber utama untuk menganalisis Faktor-faktor Penyebab dan Dampak-dampak operasional. Pengumpulan data kualitatif dilakukan melalui dua metode utama:

1) Observasi Partisipatif

Observasi partisipatif dilakukan dengan peneliti terlibat langsung di ruang mesin selama praktik laut untuk mencatat kegiatan pemeliharaan dan kondisi fisik komponen secara realistis. Pengamatan ini mencakup kondisi lingkungan operasional, prosedur pemasangan baut, dan gejala kerusakan yang terlihat. Data observasi memberikan bukti visual dan kontekstual yang esensial untuk memvalidasi temuan dari wawancara (Sugiyono, 2018).

2) Wawancara Mendalam

Wawancara mendalam dilakukan kepada informan kunci, terutama *Chief Engineer* kapal, untuk menggali informasi naratif yang rinci dan terstruktur. Wawancara bertujuan untuk memahami perspektif awak kapal tentang prosedur pemeliharaan yang telah diterapkan, identifikasi *root cause* kegagalan dan dampak operasional yang dirasakan di ruang mesin. Pelaksanaan wawancara menggunakan pedoman terstruktur untuk menjamin fokus pada faktor dan dampak kerusakan.

b. Data Kuantitatif Pendukung (Pengukuran)

Data kualitatif ini adalah sumber utama untuk menganalisis Faktor-faktor Penyebab dan Dampak-dampak operasional.

Pengumpulan data kualitatif dilakukan melalui dua metode utama:

1) Tekanan air laut (*Pressure*)

Tekanan air laut didefinisikan sebagai besaran gaya per satuan luas yang dihasilkan pompa pada fluida kerja di sisi keluar. Satuan yang digunakan adalah kg/cm^2 , yang diukur untuk membandingkan kapasitas sirkulasi fluida sebelum dan sesudah kerusakan *bearing*. Nilai ini menurun secara signifikan saat *bearing* mengalami gesekan tinggi, menunjukkan adanya kerugian energi dalam sistem.

2) Temperatur Mesin Induk (*Main Engine Temperature*)

Temperatur mesin induk didefinisikan sebagai suhu kerja terukur pada permukaan blok mesin induk. Variabel ini berfungsi sebagai indikator efektivitas keseluruhan sistem pendingin, di mana kenaikan suhu menandakan ketidakmampuan pompa mensirkulasikan media pendingin dengan laju yang memadai. Satuan yang digunakan adalah Derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), dengan suhu kerja normal tercatat 78°C . (Taylor, 1994).

3) Getaran Pompa (*Vibration*)

Getaran pompa didefinisikan sebagai respons dinamis dari struktur mekanis pompa terhadap gaya-gaya internal yang tidak seimbang. Dalam analisis kondisi mesin, getaran adalah parameter diagnostik utama untuk mendeteksi anomali pada komponen berputar seperti *bearing*, ketidakselarasan poros, atau kavitas (Rao, 2011). Pengukuran getaran memberikan data kuantitatif mengenai kesehatan mekanis pompa. Satuan yang digunakan adalah mm/s .

4) *Running Hours*

Didefinisikan sebagai jumlah akumulasi waktu operasional pompa sejak pemasangan awal atau perawatan besar terakhir. Variabel ini berfungsi sebagai indikator umur pakai dan tingkat paparan terhadap keausan operasional (*operational wear and tear*). Semakin tinggi *running hours*, semakin besar probabilitas terjadinya degradasi pada komponen seperti *bearing* (Mobley, 2002). Satuan yang digunakan adalah Jam.

5) Efisiensi Pompa (*Pump Efficiency*)

Didefinisikan secara teoretis sebagai perbandingan antara daya hidrolis (daya air) yang dihasilkan oleh pompa dengan daya mekanis yang dikonsumsi oleh poros pompa. Efisiensi merupakan ukuran seberapa efektif sebuah pompa mengubah energi *input* menjadi energi fluida yang bermanfaat. Penurunan efisiensi mengindikasikan adanya kerugian energi, yang dapat disebabkan oleh gesekan berlebih akibat kerusakan *bearing* atau faktor lainnya (Volk, 2013). Satuan yang digunakan adalah Persentase (%).

6) Kondisi Fisik Komponen (*Component Physical Condition*)

Didefinisikan sebagai perubahan dimensi atau degradasi material pada komponen *bearing* yang diukur secara kuantitatif. Parameter utama yang diukur adalah celah internal (*internal clearance*) antara elemen gelinding dengan lintasan *bearing*. Peningkatan celah di luar batas toleransi pabrikan adalah bukti fisik definitif dari keausan dan menjadi penyebab utama penurunan

kinerja mekanis (SKF, 2014). Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

3. Data Sekunder

Data sekunder diakses dari informasi yang sudah ada dan terdokumentasi, yang berfungsi untuk melengkapi dan memvalidasi data primer kualitatif dan kuantitatif.

a. *Engine Log Book*

Dokumen ini merupakan catatan legal dan faktual dari semua aktivitas dan parameter operasional mesin. Data ini menyajikan catatan jam kerja operasional pompa *running hours* dan parameter operasional historis, sehingga memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi. *Log book* menjadi sumber utama pencatatan waktu operasional hingga mencapai kondisi kerusakan.

b. *Manual Book* Pompa

Manual Book pompa atau spesifikasi teknis pabrikan digunakan sebagai basis acuan kondisi normal atau standar operasional. Dokumen ini sangat vital untuk membandingkan hasil perhitungan efisiensi kinerja, khususnya untuk menetapkan nilai acuan awal (Kondisi Normal) dari variabel seperti tekanan, suhu, dan efisiensi teoritis.

c. Dokumentasi Visual

Dokumentasi visual meliputi foto-foto yang diambil selama observasi dan proses perbaikan, termasuk gambar *bearing* yang aus dan pemasangan komponen baru. Foto-foto ini memberikan bukti fisik

kerusakan, seperti tanda korosi pada *mechanical seal*, dan mendukung analisis kualitatif.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara sistematis dengan prosedur teknis yang spesifik untuk setiap variabel guna menjamin akurasi dan keandalan data. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik triangulasi untuk menjamin validitas temuan (Sugiyono, 2018). Teknik yang digunakan terbagi menjadi metode kualitatif dan metode kuantitatif.

1. Metode Kualitatif

a. Wawancara Mendalam (*In-depth Interview*)

Teknik ini digunakan untuk menggali informasi kualitatif secara rinci dari informan kunci, terutama *Chief Engineer* kapal, mengenai faktor kerusakan dan riwayat operasi (Basrowi, 2008). Wawancara bertujuan untuk memahami perspektif awak kapal tentang prosedur pemeliharaan yang telah diterapkan, identifikasi *root cause* kegagalan, dan langkah-langkah korektif yang telah diambil. Pelaksanaan wawancara menggunakan pedoman terstruktur untuk menjamin fokus pada faktor dan dampak kerusakan (Sugiyono, 2018).

b. Observasi Partisipatif

Peneliti melakukan pengamatan langsung di ruang mesin selama praktik laut untuk mencatat kegiatan pemeliharaan dan kondisi fisik komponen secara realistis (Arikunto, 2010). Observasi ini memungkinkan peneliti mendapatkan data visual dan kontekstual

mengenai lingkungan operasional dan gejala kerusakan yang kemudian digunakan untuk memverifikasi temuan dari wawancara dan dokumentasi (Sugiyono, 2018).

c. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data sekunder yang penting untuk memperoleh informasi historis dan faktual dari dokumen resmi kapal (Sugiyono, 2018). Data ini meliputi penyalinan catatan jam kerja operasional pompa (*running hours*) dari *Engine Log Book* kapal. Dokumen ini merupakan catatan legal dan faktual dari semua aktivitas dan parameter operasional mesin, sehingga memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi (International Maritime Organization, 2011).

2. Metode Kuantitatif

a. Pengukuran Tekanan Air Laut

Data tekanan dikumpulkan dengan melakukan pembacaan langsung pada instrumen *Pressure Gauge* yang terpasang permanen pada jalur pipa *discharge* pompa. Pembacaan dilakukan pada saat mesin beroperasi stabil untuk memitigasi fluktuasi sesaat (Taylor, 1994). Satuan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah kg/cm^2 , yang merupakan satuan standar untuk tekanan operasional pompa sentrifugal (Volk, 2013).

b. Pengukuran Temperatur Mesin Induk

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan *Infrared Thermometer* non-kontak. Pengukuran ini dilakukan dengan

mengarahkan perangkat ke titik referensi yang sama pada blok mesin induk di setiap sesi pengukuran (Taylor, 1994). Penggunaan termometer inframerah memungkinkan pengukuran yang cepat dan aman pada permukaan yang bersuhu tinggi. Satuan yang dicatat adalah Derajat Celcius (°C).

c. Pengukuran Getaran Pompa

Data getaran diukur menggunakan *Vibration Meter* portabel. *Probe* sensor ditempelkan secara kokoh pada rumah *bearing* untuk mengukur kecepatan getaran keseluruhan (*overall vibration velocity*) (Rao, 2011). Pengukuran dilakukan pada tiga sumbu (vertikal, horizontal, dan aksial) untuk mendapatkan gambaran getaran yang komprehensif. Satuan yang digunakan adalah mm/s RMS.

d. Pencatatan *Running Hours*

Data ini diperoleh melalui teknik studi dokumentasi, yaitu dengan menyalin catatan jam kerja operasional pompa dari *Engine Log Book* resmi kapal. Dokumen ini merupakan catatan legal dan faktual dari semua aktivitas dan parameter operasional mesin, sehingga memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi (International Maritime Organization, 2011).

e. Perhitungan Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan variabel turunan yang dihitung, bukan diukur langsung. Data efisiensi yang disajikan diasumsikan diperoleh dari sistem monitoring kinerja kapal atau diestimasi menggunakan rumus dasar efisiensi pompa, yaitu:

$$\eta(\%) = \frac{P_{hidrolik}}{P_{input}} \times 100\% = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{P_{input}} \times 100\%$$

η : Efisiensi Pompa/*Pump Efficiency* (%)

$P_{hidrolik}$: Daya Hidrolik/*Hydraulic Power* (kW)

P_{input} : Daya Masukan/*Input Power* (kW)

ρ : Massa Jenis Fluida/*Fluid Density* (kg/m³)

g : Percepatan Gravitasi/*Gravitational Acceleration* (m/s²)

Q : Debit Aliran/*Flow Rate* atau *Capacity* (m³/s)

H : *Head* Total (m)

Dalam penelitian ini, nilai efisiensi yang tersaji dianalisis perubahannya secara deskriptif (Volk, 2013).

f. Pengukuran Kondisi Fisik Komponen

Data kuantitatif mengenai kondisi fisik *bearing* diperoleh setelah komponen dibongkar dari pompa. Pengukuran celah internal (*clearance*) dilakukan menggunakan alat ukur presisi seperti *Micrometer* atau *Vernier Caliper*. Prosedur ini merupakan bagian dari analisis kegagalan (*failure analysis*) untuk memvalidasi tingkat keausan secara objektif (SKF, 2014).

E. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan utama, kualitatif dan kuantitatif sederhana, yang secara sistematis dirancang untuk menginterpretasikan informasi yang telah dikumpulkan guna menjawab ketiga rumusan masalah.

1. Analisis Data Kualitatif (Faktor dan Dampak)

Analisis kualitatif bertujuan untuk menginterpretasikan data naratif yang diperoleh dari wawancara dan observasi guna menjawab Rumusan

Masalah 1 (Faktor Penyebab) dan Rumusan Masalah 3 (Dampak Operasional). Prosedur ini mengadopsi model interaktif yang terdiri dari tiga alur kegiatan yang terjadi secara simultan.

a. Reduksi Data (*Data Reduction*)

Reduksi data merupakan proses pemilihan, pemusatan perhatian, penyederhanaan, dan pengabstrakan data mentah yang diperoleh dari transkrip wawancara, catatan observasi, dan dokumentasi (Sugiyono, 2018). Data yang tidak relevan dengan tema kerusakan (seperti keterlambatan pelumasan atau kontaminasi air laut) akan dieliminasi atau dikategorikan. Proses ini bertujuan untuk mengelompokkan temuan lapangan menjadi tema-tema penyebab utama yang terstruktur.

b. Penyajian Data (*Data Display*)

Data yang telah direduksi kemudian disajikan dalam format narasi deskriptif yang sistematis. Penyajian ini diperkuat dengan bukti-bukti naratif (kutipan wawancara dari *Chief Engineer*) dan visual (foto komponen yang aus) dari hasil observasi. Penyajian data yang terstruktur ini berfungsi sebagai jembatan yang memudahkan peneliti untuk menghubungkan temuan kualitatif dengan data kuantitatif (Miles & Huberman, 1984).

c. Penarikan Kesimpulan (*Conclusion Drawing/Verification*)

Data yang telah direduksi kemudian disajikan dalam format narasi deskriptif yang sistematis. Penyajian ini diperkuat dengan bukti-bukti naratif (kutipan wawancara dari *Chief Engineer*) dan visual (foto komponen yang aus) dari hasil observasi. Penyajian data yang

terstruktur ini berfungsi sebagai jembatan yang memudahkan peneliti untuk menghubungkan temuan kualitatif dengan data kuantitatif (Miles & Huberman, 1984).

2. Analisis Data Kuantitatif Sederhana (Efisiensi Kinerja)

Analisis kuantitatif bertujuan untuk mengukur secara numerik pengaruh kerusakan *bearing* terhadap kinerja pompa dan memvalidasi temuan kualitatif.

a. Perhitungan Efisiensi Pompa (*Pump Efficiency Calculation*)

Efisiensi pompa (η) adalah variabel komparatif yang dihitung untuk mengukur kerugian daya. Analisis ini menggunakan rumus dasar efisiensi pompa, yang membandingkan daya hidrolis (*output*) dengan daya masukan (*input*) (Volk, 2013).

$$\eta\% = \frac{P_{hidrolis}}{P_{input}} \times 100\%$$

b. Analisis Komparatif (*Gap Analysis / Persentase Perubahan*)

Analisis ini bertujuan untuk mengkuantifikasi seberapa besar penyimpangan kinerja (Tekanan, Getaran, Efisiensi, Suhu) pada periode kerusakan terhadap kondisi standar (Normal). Besarnya selisih ini diukur menggunakan rumus Persentase Perubahan untuk menunjukkan signifikansi numerik dampak kerusakan (Taylor, 1994). Penggunaan analisis persentase perubahan dalam data teknis adalah prosedur standar untuk mengukur deviasi kinerja permesinan.

$$\text{Perubahan (\%)} = \frac{(\text{Nilai Rusak} - \text{Saat Normal})}{\text{Saat Normal}} \times 100\%$$

c. Komparasi Validasi Tiga Periode

Tahap ini merupakan pengujian validasi akhir. Data dari Analisis Komparatif diolah lebih lanjut dengan membandingkan tiga periode data (Kondisi Normal, Periode Kerusakan, dan Pasca-Perbaikan). Logika validasi ini didasarkan pada prinsip keilmuan untuk membuktikan hubungan sebab-akibat (Taylor, 1994). Komparasi ini memvalidasi hipotesis bahwa jika parameter kinerja kembali ke nilai normal setelah komponen diganti, maka kerusakan *bearing* secara kuantitatif terbukti merupakan *root cause* penurunan kinerja.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di MV. Hodasco 19, sebuah kapal kargo atau pasir yang beroperasi di perairan Indonesia, dengan fokus pada *sea water cooling pump main engine* sebagai subjek utama. Lokasi pengamatan meliputi ruang mesin kapal, di mana pompa ini menyatu dengan body *main engine* dan digerakkan oleh transmisi *gear*, sesuai dengan wawancara Jemmy (14 Mei 2025). Sistem pendinginan air laut dimulai dari *sea suction, strainer*, pompa, hingga *overboard*, yang berfungsi untuk menjaga temperatur mesin tetap optimal. Kondisi kapal menunjukkan operasi rutin dengan *running hours* akumulatif hingga 2880 jam pada pengukuran terakhir (20 November 2025), sebagaimana tercatat dalam data simulasi penelitian.

Dokumentasi visual (gambar *bearing* aus dan pemasangan) menggambarkan kondisi fisik *bearing* yang mengalami keausan progresif, dengan tanda korosi pada *mechanical seal* akibat eksposur air laut tinggi (Wawancara dengan Jemmy, 14 Mei 2025). Subjek penelitian ini representatif karena mencerminkan tantangan umum pada kapal dengan umur operasi tinggi, seperti yang dilaporkan di MT. Sepinggaan (Murdiawan, 2021) dan MV. Tanto Bersama (Mahendra et al., 2025). Lokasi ini dipilih karena aksesibilitas selama praktek laut, yang selaras dengan tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh kerusakan *bearing* terhadap kinerja pompa.