

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI PENYEBAB KERUSAKAN STAFFA MOTOR
***HYDRAULIC* DENGAN PENDEKATAN ROOT CAUSE ANALYSIS**

*Diajukan Untuk memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakutas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

DITO IRFANSYAH
2207230004



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian tugas akhir ini di ajukan oleh:

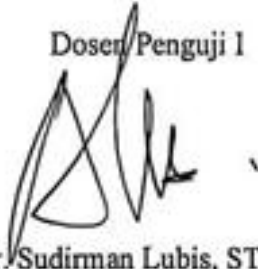
Nama : Dito Irfansyah
NPM : 2207230004
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Penyebab Kerusakan
Staffa Motor *Hydraulic* Dengan Pendekatan
Root Cause Analysis
Bidang ilmu : Konstruksi Dan Manufaktur

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

Medan, 23 Juli 2026

Mengetahui Dan Menyetujui

Dosen/Penguji I



(Dr. Sudirman Lubis, ST.,MT)

Dosen Penguji II



(Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T)

Dosen Penguji III



(Chandra A.P. Siregar, S.T., M.T)

Ketua Program Studi Teknik Mesin



(Chandra A.P. Siregar, S.T., MT)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertnda tagan dibawah ini :

Nama : Dito Irfansyah
Tempat/Tanggal Lahir : Pagaran Tulason/14 Januari 2004
Npm : 2207230004
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujur nya,bahwa Tugas Akhir yang berjudul,

“IDENTIFIKASI PENYEBABKERUSAKAN STAFFA MOTOR HYDRAULIC DENGAN PENDEKATAN ROOD CAUSE ANALYSIS”

Bukan merupakan plagiarims,pencurian hasil karya milik orang lain,hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non – material ataupun segala kemungkinan lain, yang ada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan versifikasi, dengan sangsi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan ,10 agustus 2026

Saya yang menyatakan



Dito Irfansyah

ABSTRAK

Sistem hidrolik memiliki peran vital dalam industri galangan kapal sebagai media transmisi tenaga yang menghasilkan torsi besar pada kecepatan rendah. Namun, gangguan operasional akibat kerusakan komponen *Staffa Motor Hydraulic* sering terjadi sehingga memicu peningkatan *downtime* dan biaya pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi gejala, menganalisis akar penyebab mendasar dari kegagalan komponen tersebut, serta merumuskan tindakan perbaikan yang efektif menggunakan pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA). Penelitian difokuskan pada unit *machinery* di PT Waruna Shipyard Indonesia dengan memanfaatkan metode observasi lapangan, wawancara teknis, serta pemeriksaan visual dan pengukuran komponen kritis menggunakan mikrometer dan *dial bore gauge*. Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *Fishbone* dan metode *5 Why's*, ditemukan gejala kegagalan operasional berupa penurunan tekanan hidrolik, putaran motor tidak stabil, peningkatan temperatur oli, suara abnormal, dan penurunan efisiensi sistem. Hasil pengukuran komponen menunjukkan terjadinya keausan signifikan pada *shaft counter balance* di posisi B dengan nilai *clearance* mencapai 0,16–0,22 mm, melampaui kondisi posisi lainnya yang hanya sebesar 0,07 mm, serta diperparah oleh kerusakan pada *oil seal* dan pengerasan *O-ring*. Akar penyebab utama (*root cause*) dari kerusakan ini adalah pelaksanaan program *preventive maintenance* yang tidak optimal, yang mengakibatkan kontaminasi oli hidrolik dan penurunan kualitas pelumasan sehingga memicu kebocoran internal. Sebagai solusi, tindakan perbaikan dilakukan melalui penggantian *shaft counter balance*, *oil seal*, *O-ring*, filter, serta pembaruan oli hidrolik yang disertai penerapan jadwal perawatan preventif yang lebih terstruktur guna meminimalkan kerusakan berulang dan meningkatkan keandalan mesin.

Kata Kunci: *Staffa Motor Hydraulic*, *Root Cause Analysis*, *5 Why's*, *Fishbone Diagram*, *Shaft Counter Balance*, *Preventive Maintenance*.

ABSTRACT

Hydraulic systems play a vital role in the shipyard industry as a power transmission medium capable of generating high torque at low speeds. However, operational disruptions due to component damage in Staffa Hydraulic Motors frequently occur, triggering increased downtime and maintenance costs. This study aims to identify the symptoms, analyze the root causes of failure in these components, and formulate effective corrective actions using the Root Cause Analysis (RCA) approach. The research focuses on machinery units at PT Waruna Shipyard Indonesia, utilizing field observations, technician interviews, visual inspections, and precision measurements of critical components using micrometers and dial bore gauges. Based on the analysis conducted via Fishbone Diagrams and the 5 Why's method, operational failure symptoms were identified as decreased hydraulic pressure, unstable motor rotation, elevated oil temperature, abnormal noise, and reduced system efficiency. Component measurements revealed significant wear on the shaft counter balance at position B, with clearance values reaching 0.16–0.22 mm, severely exceeding other positions which stood at only 0.07 mm, and further compounded by damaged oil seals and hardened O-rings. The ultimate root cause of this failure was determined to be sub-optimal execution of the preventive maintenance program, which led to hydraulic oil contamination and lubrication degradation, subsequently inducing internal leakage. As a solution, corrective actions were executed through the replacement of the shaft counter balance, oil seals, O-rings, filters, and hydraulic oil, integrated with a more structured preventive maintenance schedule to minimize recurring failures and enhance machinery reliability.

Keywords: *Staffa Hydraulic Motor, Root Cause Analysis, 5 Why's, Fishbone Diagram, Shaft Counter Balance, Preventive Maintenance.*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul :

”IDENTIFIKASI PENYEBAB KERUSAKAN STAFFA MOTOR *HYDRAULIC* DENGAN PENDEKATAN ROOT CAUSE ANALYSIS” Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, Untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra AmirnyaThputra Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi serta Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak ASSOC PROF. IR. Ade Faisal, S.T., M.SC., PH.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis
4. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Adi saputra, S.P dan Ibunda Erna Pane yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do’a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Terimakasih kepada ketiga adik penulis ferri putra winata, siti fadilah putri, riski putra galang. Yang telah memberikan semangat
6. Terimakasih kepada kakak sepupu Tiara bella yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan nyaa selama proses penulisan

7. Abangda Muhaad zulham,S.T yang telah bayak membirikan arahan dan bimbingan dalam proses penulisan
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
9. Sahabat-sahabat penulis: Dwi Ricki Ardana, Ryszki Yundha Pratama Kevin Yudha Pratama, Muhammad Arip Suta Muhammad Ferdiansyah S, Syahrul Prayoga, Ezraah Tri Wira Pranata, Ahlad Nawawi Mz, Rainata Haikal, Lutfi Badrud Tamam

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan,25 Oktober 2025

Penulis

DITO IRFANSYAH
2207230004

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Staffa Motors <i>Hydraulic</i>	4
2.1.1 Pengertian Sistem <i>Hydraulic</i>	4
2.1.2 Prinsip Kerja Dan Komponen Utama <i>Staffa</i> Motor Hidraulic	5
2.2 Metode <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	11
2.2.1 Komponen Komponen <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	12
2.3 Keausan Staffa	13
2.4 Sistem Pelumasan Staffa	14
2.5 Teori Gesek	17
2.6 Penyebab Kerusakan Mesin Staffa	18
2.6.1 Keausan Komponen Internal (Internal Wear)	18
2.6.2 Kontaminasi Fluida <i>Hydraulic</i> (Fluid Contamination)	18
2.6.3 Kegagalan Sistem Pelumasan (Lubrication System Failure)	19
2.7 Pengelompokan Kerusakan Staffa Motor <i>Hydraulic</i>	19
2.8 Kerangka Berfikir	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1 Tempat Dan Waktu	22
3.1.1 Tempat Penelitian	22
3.2 Bahan dan Alat	23
3.2.1 Bahan	23
3.2.2 Alat Penelitian	24
3.3 Bagan Alur Penelitian	27
3.4 Rancangan Alat Penelitian	28
3.5 Prosedur Penelitian	29
3.6 Langkah-Langkah Pembongkaran Komponen <i>Staffa Motor Hydraulic</i>	30
3.7 Langkah Langkah Pengukuran Pada Komponen Staffa Motor Hidraulic	30
3.8 Variabel	31

3.9 Pengumpulan Data	31
3.10 Pengolahan Data	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil dan Pembahasan	32
4.1.1 Pengaruh Penggunaan Root Cause Analysis (RCA) Dalam Menganalisis Kerusakan Staffa Motor <i>Hydraulic</i>	32
4.1.2 pembongkaran dan pengukuran staffa motor hyraulic	33
4.1.3 Analisa Visual Kerusakan Pada Staffa Motor Hidarulic	38
4.2 Mengetahui Kemampuan Root Cause Analisis Dalam Menyelesaikan Masalah Kerusakan Staffa Motor Hydarulic	40
4.2.1 Penentuan Gejala dan Akar Penyebab Kerusakan	40
4.2.2 Rancang Tindakan Perbaikan Kerusakan Staffa Motor <i>Hydraulic</i>	42
4.2.3 Tindakan Pencegahan (Preventive Action)	44
4.3 Kemampuan Alat Bantu Root Cause Analysis (RCA) Dalam Menyelesaikan Kerusakan Staffa Motor <i>Hydraulic</i>	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
Lampiran 1. Data Pengukuran	
Lampiran 2. Lembar Asistensi	
Lampiran 3. SK Pembimbing	
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kerusakan Yang Sering Terjadi	19
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	22
Tabel 4.1 Identifikasi Masalah Staffa Motor <i>Hydraulic</i>	32
Tabel 4.2 Pengukuran Piston Dan Liner	37
Tabel 4.3 Pengukuran Shaft Counter Balance	37
Tabel 4.4 Analisa Visual Kerusakan	38
Tabel 4.5 Tahapan 5 Why	40
Tabel 4.6 Rancangan Perbaikan	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Staffa Motor <i>Hydraulic</i>	4
Gambar 2.2 Casing / Body Motor	6
Gambar 2.3 Piston (Radial Piston)	7
Gambar 2.4 Shaft/gear	7
Gambar 2.5 Roller Bearing	8
Gambar 2.6 Ring piston	8
Gambar 2.7 Piston Retaining Ring	9
Gambar 2.8 Piston counter balance	9
Gambar 2.9 Connector	10
Gambar 2.10 Oil seal	10
Gambar 2.11 O ring	11
Gambar 3.1 Solar	23
Gambar 3.2 Red silicon	23
Gambar 3.3 Kertas Pasir	24
Gambar 3.4 Staffa motor <i>hydraulic</i>	24
Gambar 3.5 Jangka Sorong	25
Gambar 3.6 Bor Gauge	25
Gambar 3.7 <i>Micromete</i>	26
Gambar 3.8 Digaram Alurpenelitian	27
Gambar 3.9 komponen <i>staffa</i> Dan Pengukuran Dengan <i>Micrometer</i>	28
Gambar 3.10 Data ukur staffa motor <i>hydraulic</i>	29
Gambar 4.1 saluran oli inlet dan out let	33
Gambar 4. 2 casing staffa motor hydarulic	34
Gambar 4. 3 crang shaft dan retaining ring	34
Gambar 4. 4 piston dan ring piston	34
Gambar 4. 5 pengukuran piston	35
Gambar 4. 6 Pengukuran liner piston	35
Gambar 4. 7 pengukuran ring piston	36
Gambar 4. 8 Pengukuran Shaft Counter Balance	36
Gambar 4. 9 diagram fhisbone	41

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
F_f	gaya gesek	
μ	koefisien gesek	
N	gaya normal	
τ	tegangan geser	(Pa)
η	viskositas fluida	(Pa·s)
U	kecepatan relatif	(m/s)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri yang semakin pesat menuntut sistem produksi untuk beroperasi secara efisien, handal, dan berkelanjutan. Dalam hal ini, sistem *hydraulic* memainkan peran penting sebagai media transmisi tenaga yang mampu menghasilkan torsi dan tekanan tinggi untuk berbagai aplikasi industri, seperti alat berat, mesin manufaktur, hingga sistem transportasi hidrolik. Salah satu komponen utama dalam sistem tersebut adalah motor hidrolik, khususnya tipe *Staffa motor hydraulic*, yang dikenal memiliki kemampuan menghasilkan torsi besar pada kecepatan rendah serta efisiensi tinggi dalam berbagai kondisi kerja. Namun, pada kenyataannya, berbagai perusahaan dan pabrik masih menghadapi permasalahan berupa kerusakan berulang pada motor *hydraulic* yang menyebabkan terganggunya proses produksi, meningkatnya downtime, dan membengkaknya biaya pemeliharaan. Menurut Ahmad dan Hasan (2023), sekitar 30–40% kasus kerusakan sistem *hydraulic* di sektor industri diakibatkan oleh ketidaktepatan dalam analisis penyebab kerusakan dan lemahnya sistem pemeliharaan preventif. Oleh karena itu, analisis yang akurat terhadap akar penyebab kegagalan menjadi sangat penting untuk mengurangi frekuensi dan dampak kerusakan pada sistem hidrolik, khususnya pada komponen *Staffa motor hydraulic*.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mencoba melakukan analisis terhadap kerusakan sistem *hydraulic* dengan berbagai pendekatan, seperti *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, dan *Statistical Failure Analysis*. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada pengidentifikasian mode kegagalan tanpa menelusuri akar penyebab utama secara menyeluruh. Sebagai contoh, Rahman dan Hidayat (2020) meneliti penerapan integrasi FMEA dan RCA dalam sistem hidrolik, namun analisisnya lebih menitikberatkan pada penilaian risiko (*risk priority number*) dibandingkan dengan pencarian penyebab mendasar. Sementara itu, Putra dan Kurniawan (2022) melakukan kajian terhadap keandalan *hydraulic* motor

dengan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, tetapi hasilnya tidak memberikan solusi spesifik terhadap faktor penyebab utama seperti kontaminasi fluida, keausan mekanik, dan kesalahan operasional. Bahkan dalam penelitian oleh Zhang dan Li (2019) yang memanfaatkan metode analisis getaran untuk mendeteksi gangguan sistem hidrolik, hasilnya masih bersifat deteksi dini (*early detection*) tanpa memberikan pendekatan korektif jangka panjang. Kondisi ini menunjukkan masih adanya kesenjangan penelitian dalam mengungkap akar penyebab kegagalan komponen *Staffa motor hydraulic* secara sistematis dan aplikatif.

Sebagai upaya untuk menjawab kelemahan dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan pendekatan *Root Cause Analysis (RCA)* untuk mengidentifikasi penyebab mendasar dari kerusakan *Staffa motor hydraulic*. Pendekatan RCA memiliki keunggulan dalam menggali akar masalah secara mendalam dengan menelusuri hubungan sebab-akibat berdasarkan data lapangan, hasil pemeriksaan komponen, serta riwayat operasional sistem. RCA tidak hanya mengidentifikasi gejala permukaan, tetapi juga menelusuri penyebab teknis, manusia, dan organisasi yang berkontribusi terhadap kegagalan sistem. Menurut Siregar et al. (2021), penerapan metode RCA dalam sistem *hydraulic* mampu menurunkan frekuensi kerusakan hingga 25% dan meningkatkan efektivitas program perawatan berbasis pencegahan (*preventive maintenance*). Selain itu, Ahmad dan Hasan (2023) juga menegaskan bahwa RCA memberikan dasar yang kuat untuk membangun sistem pemeliharaan prediktif berbasis data sehingga keandalan mesin dapat meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kelebihan karena tidak hanya berfokus pada identifikasi kerusakan, tetapi juga memberikan strategi teknis dan rekomendasi perawatan berbasis akar penyebab. Dengan penerapan pendekatan RCA, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan performa dan umur pakai *Staffa motor hydraulic*, serta menjadi referensi bagi perbaikan sistem *hydraulic* di industri secara umum.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa pengaruh daripada penggunaan root cause analysis dalam menganalisa kerusakan pada staffa motor *hydraulic* ?
2. Bagaimana kemampuan rood cause analysis dalam menyelesaikan kerusakan pada staffa motor *hydraulic* ?
3. Bagaimana alat bantu root cause analisis bekerja dalam menyelesaikan keruskan pada staffa motor *hydraulic* ?

1.3 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini difokuskan pada analisis kerusakan staffa motor *hydraulic* yang dilakukan pada machinery PT Waruna *Shipyards* Indonesia dengan menggunakan metode root cause analysis (RCA).
2. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan teknisi, serta catatan perawatan mesin
3. Analisis difokuskan pada identifikasi gejala, faktor penyebab dan evaluasi dampak kerusakan terhadap performa dan efisiensi staffa motor *hydraulic*
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pada lingkungan industri dengan kondisi sistem *hydraulic* yang serupa

1.4 Tujuan

1. Untuk melihat pengaruh penggunaan rood cause analisis dalam menganalisa kerusakan staffa motor hidraulic
2. Untuk mengetahui kemampuan rood cause analisis dalam menyelesaikan kerusakan pada staffa motor hidraulic
3. Untuk melihat apakah alat bantu bekerja dalam menyelesaikan kerusakan pada staffa motor hidraulic

1.5 Manfaat

1. Memberikan informasi yang berguna dalam upaya peningkatan keandalan dan efisiensi sistem *hydraulic*
2. Menjadi referensi bagi industri dalam perawatan preventif dan korektif terhadap komponen staffa motor *hydraulic*
3. Menambah wawasan akademik dalam penerapan metode Root Cause Analisis (RCA) di bidang teknik mesin .

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Staffa Motors *Hydraulic*

Staffa motor *hydraulic* adalah jenis motor *hydraulic* piston radial yang mengubah energi dari fluida *hydraulic* bertekanan menjadi energi mekanis berputar. Motor ini dikenal memiliki torsi tinggi dengan kecepatan rendah dan biasanya digunakan untuk aplikasi industri menantang seperti penggerak sekrup pada mesin cetak injeksi dan alat berat dek kapal



Gambar 2.1 *Staffa Motor Hydraulic*

Sumber : PT. Waruna *Sipyard* Indonesia

2.1.1 Pengertian Sistem *Hydraulic*

Sistem *hydraulic* merupakan suatu bentuk pemanfaatan fluida sebagai medium pemindah gaya yang memanfaatkan fluida bertekanan dan mengontrol aktuator dengan cara menggunakan katup pengarah dan aksesoris lainnya. (Syarif dkk., 2019).

Sistem *Hydraulic* merupakan suatu bentuk perubahan atau pemindahan daya dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair untuk memperoleh daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan, dimana fluida penghantar ini dinaikan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang

kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur. Komponen pembangkit aliran fluida bertekanan disebut pompa, dan komponen pengubah tekanan hidrolis menjadi gerak mekanik (lurus/rotasi) disebut elemen kerja (silinder/motor hidroulik).(Cahyono dan Suryadharma, 2021)

2.1.2 Prinsip Kerja Dan Komponen Utama *Staffa* Motor Hidraulic

1 Prinsip Kerja *Staffa Motor Hydraulic*

Prinsip kerja *Staffa* Motor didasarkan pada gaya dorong fluida terhadap piston yang disusun secara radial mengelilingi poros utama.

Fluida bertekanan tinggi dari sistem hidraulik akan mendorong piston keluar, dan dorongan ini diubah menjadi gerak putar pada poros motor melalui mekanisme *cam ring* atau *crankshaft*.berikut adalah tahapan kerja *staffa motor hydraulic*

Tahap 1: aliran fluida masuk (*inler flow*)

- A. Fluida (biasanya oli hidraulik) dialirkan dari pompa hidraulik menuju saluran masuk (*inlet port*) motor *Staffa*.
- B. Fluida ini memiliki tekanan tinggi, misalnya antara 100–250 bar tergantung aplikasi.

Tahap 2 : Tekanan fluida mendorong piston radial

- A. Di dalam motor terdapat 5 piston (tergantung tipe motor) yang disusun melingkar (radial) terhadap poros tengah.
- B. Tekanan fluida diarahkan ke ruang kerja (chamber) di belakang piston tertentu.
- C. Tekanan ini mendorong piston keluar dari silinder kecilnya, menekan permukaan *cam ring* (cincin eksentrik) yang mengelilingi piston.

Tahap 3: Perubahan gaya menjadi gerak rotasi

- A. Ketika piston terdorong ke arah luar, gaya dorong fluida yang mengenai cam ring akan menghasilkan gaya tangensial pada poros.
- B. Gaya tangensial inilah yang menyebabkan poros motor berputar.
- C. Sementara itu, piston lain di sisi berlawanan sedang kembali ke posisi awalnya karena rotasi poros dan perubahan distribusi tekanan. Dengan kata lain, gaya dorong bergantian dari beberapa piston menghasilkan putaran kontinu dan halus pada poros motor.

2 Komponen *Staffa Motor Hydraulic* :

1. Casing / Body Motor

Casing atau body motor adalah bagian utama yang menampung semua komponen internal seperti silinder piston, cam ring, poros, dan alur fluida. Body harus tahan tekanan tinggi, kebocoran, dan sekaligus menjaga keselarasan komponen internal.



Gambar 2.2 *Casing / Body Motor*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

2. Piston (Radial Piston)

Piston radial pada Staffa Motor Hidraulik adalah komponen utama yang berfungsi mengubah energi fluida *hydraulic* menjadi energi mekanik (putaran). di mana beberapa piston ditempatkan secara radial di dalam *cylinder block* atau *hub drum* mengelilingi poros motor. Ketika fluida bertekanan masuk ke ruang piston, tekanan ini mendorong piston keluar secara bergantian, menghasilkan gaya yang kemudian diubah menjadi torsi pada poros output.



Gambar 2.3 Piston (Radial Piston)

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

3. Shaft/gear

Shaft/gear (poros) adalah komponen mekanis berbentuk batang yang berfungsi mentransmisikan torsi (moment puntir) dan kecepatan rotasi dari satu bagian mesin ke bagian lainnya. Dalam sistem seperti motor atau gearbox di sebuah galangan kapal (*shipyards*)



Gambar 2.4 *Shaft/gear*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

4. Roller Bearing

Roller bearing adalah bantalan gelinding yang menggunakan elemen berbentuk silinder atau kerucut (roller) untuk mengurangi gesekan antara poros (shaaf) dan rumah bantalan (housing) berbeda dengan ball bearing yang menggunakan bola, roller bearing memiliki permukaan kontak lebih luas sehingga mampu menahan beban radial dan aksial yang lebih besar.



Gambar 2.5 *Roller Bearing*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

5. Ring piston

Ring piston adalah cincin logam elastis yang dipasang di sekeliling piston untuk menjaga kedap tekanan (sealing) antara piston dan dinding silinder. Fungsi utamanya adalah untuk menahan tekanan fluida atau gas agar tidak bocor ke ruang lain serta membantu pelumasan dan pendinginan piston. Dalam sistem *hydraulic* seperti Staffa Motor, ring piston juga berfungsi sebagai seal (penyekel fluida) agar tekanan oli *hydraulic* tetap optimal dan tidak bocor antar ruang kerja.



Gambar 2.6 Ring piston

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

6. Piston Retaining Ring

Ring pengikat piston adalah komponen berbentuk cincin logam yang berfungsi untuk menahan atau mengunci posisi piston di dalam drum (barrel) atau housing pada motor hidraulik tipe radial piston seperti *Staffa motor*.



Gambar 2.7 Piston Retaining Ring

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

7. Piston counter balance

Piston counter balance adalah komponen dalam sistem *hydraulic* yang berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan (balancing pressure) antara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah dalam ruang kerja piston. mengontrol gerakan balik (counter movement) piston agar tidak terjadi hentakan mendadak (shock load) saat sistem berhenti atau berubah arah. menjaga kestabilan dan efisiensi kerja pada motor hidraulik, terutama saat beban berfluktuasi.



Gambar 2. 8 Piston *counter bala*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

8. Connector

Dalam sistem hidrolik, connector atau fitting *hydraulic* adalah komponen penting yang berfungsi sebagai penghubung antara selang, pipa, dan komponen utama seperti motor Staffa. Motor Staffa sendiri adalah jenis motor *hydraulic* radial piston yang digunakan untuk aplikasi torsi tinggi dan kecepatan rendah. Connector ini memastikan bahwa fluida *hydraulic* dapat mengalir dengan tekanan tinggi tanpa kebocoran, serta menjaga sistem tetap stabil dan efisien.



Gambar 2.9 *Connector*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

9. Oil seal

Oil seal, atau sering disebut *seal minyak*, adalah komponen berbentuk cincin yang biasanya terbuat dari karet, logam, atau kombinasi keduanya. Komponen ini dipasang di sekitar poros atau bagian yang bergerak dalam mesin untuk mencegah oli atau pelumas keluar dari sistem, serta menghalangi masuknya debu, air, dan partikel asing ke dalam mesin.



Gambar 2.10 *Oil seal*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

10. O ring

O-ring merupakan seal berbentuk cincin yang biasanya terbuat dari bahan elastomer seperti karet nitril (NBR), silikon, atau fluorokarbon (Viton). Komponen ini dirancang untuk ditempatkan di antara dua permukaan yang saling menekan, sehingga menciptakan segel yang mencegah kebocoran cairan atau gas.



Gambar 2.11 *O ring*

Sumber : PT. Waruna *Shipyards* Indonesia

2.2 Metode *Root Cause Analysis* (RCA)

Metode *Root Cause Analysis* adalah proses pemecahan masalah yang bertujuan untuk menyelidiki insiden, masalah, kekhawatiran, atau ketidaksesuaian yang teridentifikasi. RCA mengharuskan peneliti menemukan solusi untuk masalah yang mendesak, memahami akar atau akar penyebab dari situasi tersebut, dan menanganinya dengan tepat untuk mencegah masalah yang sama terulang kembali. Metode *Root Cause Analysis* disebut juga penyelidikan lima *whys*, lima *whys* sepenuhnya sesuai untuk digabungkan dengan grafik tulang ikan untuk menyelidiki apakah setiap alasan masalah merupakan pendorong utama masalah atau alasan masalah hanya merupakan dampak dari penyebab yang berbeda. (Rafsyani Zani dan Supriyanto, 2021).

Root Cause Analysis (RCA) adalah metode yang digunakan untuk dapat mengetahui kegagalan dari suatu sistem ataupun mesin. Metode ini bekerja dengan meninjau penyebab kegagalan dari hal yang paling dasar dan kemudian dikelompokkan masing-masing penyebab agar lebih mudah untuk mengetahui penyebab utama dari kegagalan ini. Beberapa *tools* yang bisa digunakan untuk mengetahui akar suatu masalah adalah: 5 Whys, diagram tulang ikan (fishbone diagram). *Fishbone diagram* (diagram sering juga disebut *Cause and Effect Diagram* atau *Ishikawa Diagram*). Diagram ini diperkenalkan oleh Dr. Kaoru

Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar (7 basic quality tools). Diagram tulang ikan digunakan ketika ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah, serta digunakan terutama ketika sebuah tim cenderung berpikir kepada rutinitas kegiatan. (Haq dan Purba, 2020).

2.2.1 Komponen Komponen *Root Cause Analysis (RCA)*

Berikut penjelasan mengenai komponen-komponen utama dalam metode *Root Cause Analysis (RCA)*:

1. Identifikasi Masalah (Problem Identification)

Tahapan awal dalam *Root Cause Analysis (RCA)* adalah proses identifikasi masalah secara sistematis untuk menentukan gejala dan dampak yang terjadi. Langkah ini bertujuan untuk membedakan antara gejala (*symptom*) dan akar penyebab (*root cause*) dengan cara mengumpulkan data operasional, waktu kejadian, lokasi, serta kondisi kerja sistem. Identifikasi masalah yang tepat menjadi dasar agar investigasi selanjutnya berjalan akurat dan objektif. Menurut Hosseini et al. (2023), kesalahan dalam mendefinisikan masalah dapat menyebabkan analisis RCA tidak efektif, karena solusi yang dihasilkan hanya menanggulangi gejala permukaan, bukan penyebab fundamental dari kegagalan sistem.

2 . Pengumpulan dan Analisis Data (Data Collection and Analysis)

Komponen kedua RCA melibatkan pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif yang berhubungan dengan kegagalan, seperti kondisi peralatan, parameter operasi, serta hasil inspeksi. Data ini dianalisis menggunakan berbagai teknik seperti *Pareto Analysis*, *Fishbone Diagram (Ishikawa)*, atau *5 Whys Method* untuk menemukan keterkaitan antara faktor manusia, mesin, material, dan metode kerja. Ferdous et al. (2020) menekankan bahwa pengolahan data yang terstruktur dan berbasis bukti empiris sangat penting dalam RCA karena dapat meningkatkan reliabilitas temuan serta mencegah bias subjektif dalam menentukan penyebab utama kerusakan.

3. Penentuan Akar Penyebab (Root Cause Determination)

Langkah inti RCA adalah menentukan akar penyebab yang paling mendasar dari kegagalan sistem. Analisis ini dilakukan dengan menggabungkan hasil pengamatan lapangan, data historis, serta model sebab-akibat untuk menemukan mekanisme kegagalan yang sebenarnya. Metode seperti *Fault Tree Analysis (FTA)* atau *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* sering digunakan untuk memperkuat kesimpulan RCA. Abbas et al. (2022) menjelaskan bahwa penentuan akar penyebab harus didukung oleh bukti teknis dan analisis probabilistik agar keputusan yang diambil dapat menghasilkan solusi berkelanjutan, bukan hanya tindakan korektif sementara.

4. Pengembangan dan Implementasi Solusi (Corrective Action Implementation)

Tahapan akhir RCA mencakup perancangan solusi korektif yang menargetkan akar penyebab serta penerapan tindakan pencegahan agar kejadian serupa tidak terulang. Solusi dapat berupa revisi prosedur kerja, peningkatan desain peralatan, atau pelatihan personel. Lindberg et al. (2019) menegaskan bahwa efektivitas RCA tidak hanya bergantung pada ketepatan analisis, tetapi juga pada komitmen organisasi dalam mengimplementasikan tindakan perbaikan yang terukur dan berkelanjutan. Evaluasi lanjutan juga diperlukan untuk memastikan hasil RCA memberikan dampak nyata terhadap peningkatan keandalan sistem dan keselamatan kerja.

2.3 Keausan Staffa

Keausan pada mesin staffa hidrolik merupakan fenomena tribologis yang muncul di antarmuka gesek komponen bergerak, seperti poros, bush bearing, piston-slipper, dan port plate. Mekanisme keausan dapat berupa abrasi, adhesi, fatigue atau korosi tribologis, dan kemunculannya dipengaruhi oleh kondisi beban kontak, kecepatan relatif, sifat permukaan material, serta keberadaan film pelumas. Karakterisasi mekanisme ini penting karena keausan tidak hanya mengurangi efisiensi serta akurasi gerak, tetapi juga mempercepat kebocoran internal dan kegagalan fungsi pada motor hidrolik. Studi-studi tribologi pada motor hidrolik menunjukkan perlunya pendekatan analitis dan eksperimental untuk memprediksi lokasi dan laju keausan pada komponen kritis.

Faktor lingkungan operasi—termasuk kontaminasi partikel padat dalam fluida kerja, temperatur operasi, dan variasi tekanan siklikmempercepat laju keausan dan menurunkan umur komponen staffa. Penelitian eksperimental dan numerik tentang pasangan permukaan port-plate, roller-piston, dan bush mengindikasikan bahwa partikel abrasif dan ketidakstabilan film pelumas meningkatkan gradient tegangan permukaan dan memperbesar laju material removal, sehingga menimbulkan peningkatan kebocoran internal dan penurunan efisiensi mekanis. Oleh karena itu, pengendalian kebersihan fluida (filtrasi), pengendalian temperatur, dan pemilihan parameter operasi merupakan intervensi kritis untuk menekan laju keausan pada sistem hidrolik industri.

Strategi mitigasi keausan pada mesin staffa meliputi optimasi material dan pelapisan, rekayasa geometri kontak, serta peningkatan kualitas pelumas yang dapat mengubah koefisien gesekan dan ketahanan aus antar permukaan. Penelitian terkini melaporkan penggunaan bahan bearing komposit bermatriks polimer termodifikasi (mis. PEEK dimodifikasi serat) dan perlakuan permukaan yang secara signifikan menurunkan koefisien gesek dan laju keausan pada uji lonjakan tekanan, sehingga memperpanjang umur pemakaian komponen bergerak. Selain itu, integrasi program pemeliharaan prediktif (analisis partikel dan kondisi pelumas) bersama desain material yang lebih tahan tribo-kerusakan merupakan pendekatan efektif untuk menurunkan frekuensi perbaikan dan meningkatkan keandalan operasi pada galangan kapal dan peralatan berat.

2.4 Sistem Pelumasan Staffa

Sistem pelumasan pada mesin tipe staffa hidrolik memainkan peran krusial dalam menjaga pembentukan film pelumas yang memadai antara pasangan gesek (misalnya piston-silinder, slipper-swash plate, roller-bush) agar kontak logam-logam tidak langsung terjadi. Penelitian numerik terhadap mesin piston tipe “bent-axis” menunjukkan bahwa karakteristik film pelumas pada antarmuka piston-silinder sangat bergantung pada clearance, kecepatan relatif, sudut eksentrisitas, dan tekanan fluida kerja, di mana penurunan ketebalan film pelumas secara signifikan meningkatkan kebocoran internal dan kehilangan daya mekanis. Oleh karena itu, dalam desain dan pemeliharaan sistem staffa, pemilihan fluida

hidraulik dengan viskositas dan aditif yang tepat serta pengendalian kondisi operasi (beban, kecepatan, temperatur) menjadi faktor determinan dalam memastikan pelumasan efektif dan umur komponen yang panjang.

Selanjutnya, kualitas fluida pelumas sangat memengaruhi performa dan keandalan sistem hidraulik staffa, termasuk aspek pelumasan batas (boundary lubrication) dan pelumasan campuran (mixed lubrication) yang sering muncul saat kecepatan rendah dan beban tinggi. Sebuah studi eksperimental terhadap pelumas hidraulik menemukan bahwa jenis dan aditif fluida berpengaruh besar terhadap koefisien gesek dan laju keausan pada pasangan piston-silinder dengan mode pengujian reciprocating. Dengan demikian, untuk sistem staffa di lingkungan industri berat atau galangan kapal, penerapan filtrasi fluida secara rutin, pengendalian kebersihan fluida (menghindari partikel abrasif), serta pemilihan aditif anti-aus merupakan strategi penting dalam menjaga sistem pelumasan tetap optimal dan mencegah kegagalan prematur akibat keausan pelumas.

Adapun 4 metode sistem pelumasan mesin staffa adalah sebagai berikut:

1. Sistem Pelumasan Percikan (*Splash Lubrication System*)

Sistem pelumasan percikan merupakan metode paling sederhana, di mana pelumas (biasanya oli) disimpan di dalam bak oli dan disebarkan ke bagian-bagian yang bergerak melalui percikan yang dihasilkan oleh gerakan komponen seperti crankshaft atau connecting rod. Metode ini memanfaatkan energi kinetik komponen untuk mengangkat dan menebarkan oli ke dinding silinder atau bantalan. Sistem ini banyak digunakan pada mesin berukuran kecil atau dengan kecepatan rendah karena tidak memerlukan pompa pelumas. Menurut penelitian oleh (Ma et al., 2021), pelumasan percikan efektif untuk mempertahankan ketebalan film pelumas pada kecepatan menengah, tetapi kurang efisien untuk beban tinggi dan temperatur ekstrem.

2. Sistem Pelumasan Tekanan (*Pressure Lubrication System*)

Sistem ini menggunakan pompa oli untuk mensirkulasikan pelumas secara paksa ke seluruh titik gesek pada mesin, termasuk bantalan, poros, dan piston. Sistem pelumasan tekanan umum digunakan pada mesin industri dan motor hidrolik seperti *staffa*, karena mampu memberikan suplai pelumas yang stabil dan terukur di bawah tekanan tinggi. Tekanan pelumas juga membantu mendinginkan permukaan gesek dan membersihkan partikel sisa keausan. Menurut oleh (Yu et al., 2024), penggunaan sistem pelumasan tekanan dengan kontrol distribusi film pelumas meningkatkan efisiensi hidrodinamik dan memperpanjang umur kerja piston-silinder pada motor hidrolik tipe *bent-axis*.

3. Sistem Pelumasan Campuran (*Mist or Mixed Lubrication System*)

Pada sistem ini, pelumas dicampur dengan udara bertekanan atau fluida kerja (seperti fluida hidrolik) dan disemprotkan langsung ke area gesekan. Metode ini umum dipakai pada sistem hidrolik kecepatan tinggi atau mesin dengan ruang pelumasan tertutup, karena memungkinkan pelumasan dan pendinginan simultan tanpa risiko kelebihan oli. Menurut (Hong et al., 2024), pemasan campuran mampu mempertahankan kondisi batas (*boundary condition*) yang stabil serta menurunkan koefisien gesek dalam mode reciprocating piston.

4. Sistem Pelumasan Sirkulasi (*Circulating Lubrication System*)

Dalam sistem ini, oli disirkulasikan secara kontinu dari tangki ke titik pelumasan menggunakan pompa, kemudian dikembalikan ke tangki setelah melalui proses filtrasi dan pendinginan. Sistem ini banyak digunakan pada mesin industri berat seperti motor *staffa* yang bekerja terus-menerus dalam kondisi beban tinggi. Pelumasan sirkulasi menjamin kestabilan temperatur, tekanan, serta kebersihan oli, sehingga mengurangi keausan dan memperpanjang masa pakai komponen. Menunjukkan bahwa sistem pelumasan sirkulasi yang dilengkapi sensor kondisi fluida dapat digunakan untuk prediksi dini kerusakan tribologis pada motor hidrolik orbital (Furustig, 2015).

2.5 Teori Gesek

1. Gesekan (*friction*)

Menurut Li, Y. et al. (2024) Gesekan (*friction*) pada mesin Staffa merupakan fenomena fisik yang terjadi akibat interaksi antara dua permukaan yang saling bergesekan, seperti antara piston dan silinder, atau antara bagian poros dan bantalan. Gesekan ini timbul karena adanya gaya reaksi permukaan akibat ketidakrataan mikroskopik pada material yang saling bersentuhan. Secara umum, dapat dinyatakan dengan rumus:

$$F_f = \mu N \quad (2.1)$$

Dimana:

- F_f = gaya gesek
- μ = koefisien gesek
- N = gaya normal

Nilai μ dipengaruhi oleh kondisi pelumasan, kekasaran permukaan, tekanan kontak, serta viskositas fluida pelumas. Dalam sistem *hydraulic* seperti mesin Staffa, pengendalian gesekan sangat penting untuk mempertahankan efisiensi volumetrik dan mengurangi keausan komponen bergerak

1. Mekanisme dan Analisis Gesekan

menurut (Ma, W., et al., 2025) Gesekan pada mesin Staffa terbagi menjadi tiga rezim utama yaitu *boundary lubrication*, *mixed lubrication*, dan *hydrodynamic lubrication*. Pada kondisi *hydrodynamic lubrication*, permukaan logam terpisah sepenuhnya oleh lapisan film fluida, dan gaya gesek ditentukan oleh viskositas pelumas serta kecepatan relatif antarpermukaan. Dalam konteks ini, tegangan geser fluida dapat diperkirakan menggunakan hubungan:

$$\tau = \eta \frac{U}{h} \quad (2.2)$$

Dimana:

- τ = tegangan geser (Pa)
- η = viskositas fluida (Pa·s)
- U = kecepatan relatif (m/s)

Persamaan ini menunjukkan bahwa peningkatan viskositas atau penurunan ketebalan film dapat menaikkan gaya gesek secara signifikan. Analisis gaya gesek ini menjadi dasar perancangan sistem pelumasan pada mesin Staffa untuk mengoptimalkan efisiensi kerja dan memperpanjang umur pakai komponen.

2.6 Penyebab Kerusakan Mesin Staffa

2.6.1 Keausan Komponen Internal (Internal Wear)

Keausan merupakan penyebab utama penurunan performa mesin Staffa motor hidrolik yang disebabkan oleh gesekan berlebih antara komponen bergerak seperti piston, silinder, dan poros. Gesekan yang tinggi biasanya diakibatkan oleh pelumasan yang tidak optimal atau adanya partikel abrasif dalam fluida hidrolik. Proses keausan ini menyebabkan peningkatan *clearance* antar komponen, kebocoran internal, dan penurunan efisiensi volumetrik. Interaksi tribologis antara pasangan piston dan silinder pada motor hidrolik sangat dipengaruhi oleh kualitas pelumasan dan material pelapis yang digunakan; kegagalan menjaga film pelumas dapat mempercepat keausan dan menurunkan kinerja sistem secara signifikan (Li et al., 2024),

2.6.2 Kontaminasi Fluida *Hydraulic* (Fluid Contamination)

Kontaminasi fluida merupakan faktor kritis yang memicu kerusakan prematur pada mesin Staffa. Partikel logam, air, dan bahan kimia lain yang masuk ke dalam sistem *hydraulic* dapat menyebabkan erosi, korosi, serta *pitting* pada permukaan logam. Fenomena ini mengganggu keseimbangan tekanan fluida dan mempercepat degradasi segel maupun bantalan. Studi oleh menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi yang tinggi dalam fluida *hydraulic* menurunkan kapasitas pembentukan film pelumas, sehingga mengakibatkan peningkatan gesekan dan suhu kerja yang berujung pada kerusakan port plate serta piston pair dalam motor hidrolik berkecepatan rendah. (Zhang et al., 2019)

2.6.3 Kegagalan Sistem Pelumasan (Lubrication System Failure)

Kegagalan sistem pelumasan terjadi ketika distribusi oli tidak mencukupi untuk membentuk lapisan pelindung antarpermukaan bergerak. Hal ini dapat disebabkan oleh tekanan fluida yang tidak stabil, penyumbatan saluran oli, atau degradasi viskositas akibat suhu tinggi. Tanpa lapisan pelumas yang efektif, kontak logam langsung menyebabkan *adhesive wear* dan *scuffing* pada elemen kritis seperti port-plate, bearing, dan slipper. menjelaskan bahwa distribusi tekanan pelumasan yang tidak merata pada motor hidrolik tipe piston menyebabkan penurunan efisiensi hidrodinamik serta peningkatan risiko gesekan langsung antar komponen. (Ma et al., 2025)

2.7 Pengelompokan Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*

Kerusakan pada *staffa motor hydraulic* dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis, penyebab, dan dampaknya terhadap kinerja sistem. Pengelompokan ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis serta penentuan metode perbaikan yang tepat, khususnya dalam penerapan metode *Root Cause Analysis (RCA)*.

Berikut merupakan tabel pengelompokan kerusakan yang umum terjadi pada staffa motor *hydraulic* :

Tabel 2.1 kerusakan yang sering terjadi

No	Jenis Kerusakan	Penyebab Utama		Dampak
1	Kerusakan shaft	Gesekan pelumasan optimal	berlebih, tidak	Penurunan efisiensi, kebocoran internal
2	Kontaminasi Fluida	Masuknya kotoran, air, atau logam	partikel	Kerusakan komponen internal

3	Kegagalan Pelumasan	Tekanan oli tidak stabil, kualitas oli buruk	Overheating dan keausan cepat
4	Kelelahan Material (Fatigue)	Beban kerja berulang dalam jangka panjang	Retak atau patah komponen
5	Kebocoran Sistem	Kerusakan seal (O-ring, oil seal)	Penurunan tekanan sistem
6	Kesalahan Operasional	Penggunaan tidak sesuai prosedur	Kerusakan dini pada komponen

3Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kerusakan pada sistem *hydraulic* tidak hanya disebabkan oleh faktor teknis, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor manusia dan kondisi operasional. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mendalam untuk menemukan akar penyebab utama dari setiap jenis kerusakan.

2.8 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir merupakan dasar konseptual yang menggambarkan alur logika penelitian dalam mengidentifikasi dan menganalisis kerusakan pada *staffa motor hydraulic* menggunakan metode *Root Cause Analysis (RCA)*.

Penelitian ini diawali dengan adanya permasalahan berupa kerusakan yang terjadi pada *staffa motor hydraulic* yang menyebabkan terganggunya kinerja sistem. Selanjutnya dilakukan proses identifikasi terhadap jenis kerusakan yang terjadi melalui observasi dan pengukuran langsung pada komponen.

Setelah itu, data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode *Root Cause Analysis (RCA)* untuk mengetahui akar penyebab dari kerusakan tersebut.

Analisis ini dilakukan dengan pendekatan seperti *fishbone diagram* dan metode *5 Whys* untuk menelusuri hubungan sebab-akibat secara sistematis.

Hasil dari analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan solusi perbaikan serta langkah pencegahan agar kerusakan serupa tidak terjadi kembali di masa mendatang.

Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*



Identifikasi Kerusakan



Pengumpulan Data



Analisis Root Cause Analysis (RCA)



Penentuan Akar Penyebab



Solusi dan Rekomendasi Perbaikan

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Waruna Shipyard Indonesia tepatnya di *Workshop Mechanical (Machinery)* dan Kapal *MT. Defiance*

3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■	■				
2	Studi Literatur		■	■			
3	Penulisan Laporan			■	■		
4	Seminar Proposal				■		
5	Pengambilan & Analisa Data				■	■	
6	Penulisan Laporan Akhir					■	
7	Sidang Sarjana						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah

1. Solar

Berfungsi untuk pembersih permukaan *staffa motor hydraulic* . Selain itu, solar juga digunakan untuk menghilangkan minyak, gemuk, dan kotoran, serta membantu proses pembersihan komponen mesin agar terbebas dari residu pelumas yang dapat mengganggu kinerja saat perakitan atau pemeriksaan.



Gambar 3.1 Solar

2. Red silicon

red silicone adalah material elastomer berbasis silikon (silicone rubber) yang diformulasikan khusus dengan pigmen merah serta aditif tahan panas. Secara kimia, material ini tersusun dari polimer polysiloxane, dengan struktur utama berupa ikatan berulang -Si-O-Si- (siloksana). Struktur ini memberikan stabilitas termal, fleksibilitas molekuler, serta ketahanan terhadap degradasi lingkungan.



Gambar 3.2 *red silicon*

3. Kertas pasir

Berfungsi untuk mengaplas atau memoles permukaan piston dan silinder. Selain itu, kertas pasir juga digunakan untuk menghilangkan karat, kotoran, atau sisa material pada permukaan agar mendapatkan hasil akhir yang bersih.



Gambar 3.3 Kertas Pasir

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah :

1. Staffa Motor Hidraulic

Staffa motor *hydraulic* adalah media utama dalam penelitian ini dimana staffa motor hidrolik berfungsi sebagai aktuator utama yang mengubah energi fluida bertekanan menjadi energi mekanik rotasi untuk menggerakkan sistem atau peralatan berat pada industri maritim, konstruksi, maupun manufaktur. Motor jenis ini memiliki efisiensi tinggi dalam menghasilkan torsi besar pada kecepatan rendah (*low-speed high-torque*), sehingga sangat ideal digunakan pada sistem winch, crane, dan penggerak propulsi kapal.



Gambar 3.4 Staffa motor *hydraulic*

4. Jangka Sorong

Jangka sorong (dalam bahasa Inggris disebut Vernier Caliper) adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur panjang, diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman suatu benda dengan tingkat ketelitian tinggi, biasanya hingga 0,02 mm atau 0,05 mm tergantung jenisnya. Alat ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu rahang tetap dan rahang geser, serta dilengkapi dengan skala utama dan skala nonius (vernier scale) untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat



Gambar 3.5 jangka sorong

5. Bor Gauge

Bor gauge adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur diameter dalam (internal diameter) dari lubang silindris, seperti silinder mesin, pipa, atau komponen mekanik lainnya. Bor gauge mampu memberikan hasil pengukuran dengan ketelitian hingga 0,01 mm, tergantung pada jenis dan kualitas alatnya.



Gambar 3.6 Bor Gauge

6. *Micrometer*

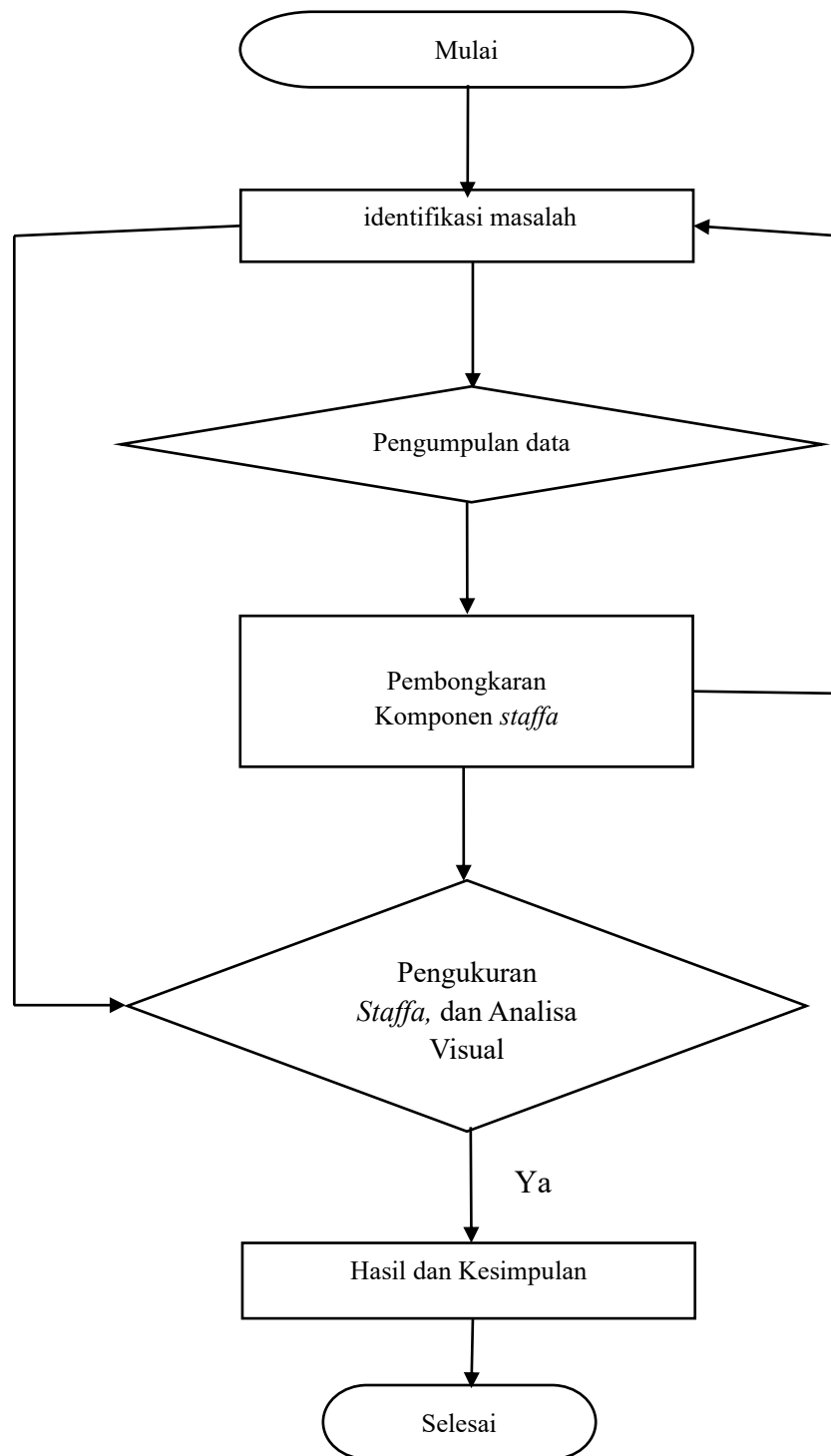
Micrometer berfungsi digunakan untuk mengukur benda-benda berukuran kecil/tipis, atau yang berbentuk plat dengan tingkat presisi yang cukup tinggi. *Micrometer* sekrup memiliki ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian ini *micrometer* digunakan untuk mengukur tebal ring piston



Gambar 3.7 *Micrometer*

3.3 Bagan Alur Penelitian

Bagan Alir Penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

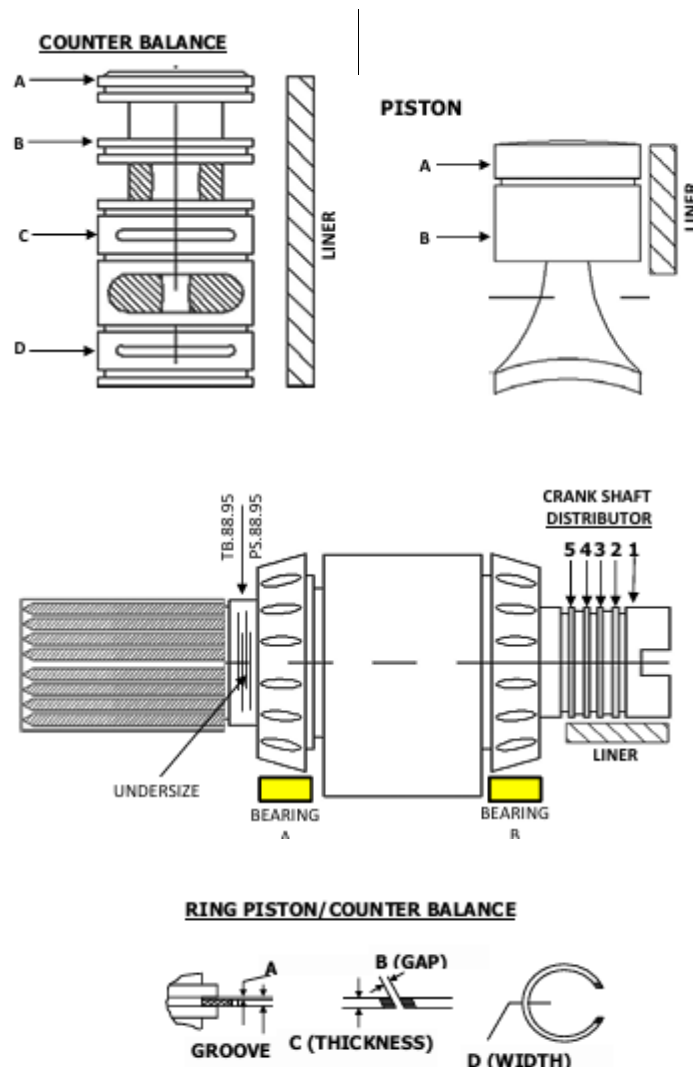


Gambar 3.8 Diagram alur penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Rancangan alat penelitian ini dibuat untuk menjelaskan bentuk, fungsi, dan cara pengukuran pada *komponen staffa* menggunakan alat ukur *micrometer* dan *bor gauge*. Pada gambar ditunjukkan rancangan *piston* dan *shaft* yang menjadi objek pengukuran.

Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan keseragaman ketebalan dan mendeteksi adanya keausan atau ketidakseimbangan pada permukaan *piston* dan *liner*. Hasil dari pengukuran ini menjadi dasar dalam proses analisis kondisi komponen serta penentuan langkah dan rekomendasi perawatan atau perbaikan selanjutnya.



Gambar 3.9 komponen *staffa* Dan Pengukuran Dengan *Micrometer*

3.5 Prosedur Penelitian

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

1. Melakukan pengambilan data secara langsung antara lain berupa data hasil *manual book*, dan data ukur *staffa motor hydraulic* .
2. Melakukan proses pembongkaran komponen *staffa motor hydraulic* serta melakukan pengecekan visual dan non visual dengan operator lapangan yang mengerti tentang permesinan mesin *staffa motor hydraulic MT Defiance*
3. Melakukan pengecekan *pada piston, counter balance dan crank shaft* untuk mengetahui dan mengidentifikasi *clearance* yang rusak pada sebelum pembongkaran dilakukan.
4. Melakukan pengukuran keausan pada *crank shaft, piston, ring piston, conter blance*
5. Melakukan pengolahan data keausan pada komponen *staffa motor hydraulic* dari pengukuran secara langsung untuk menentukan nilai yang efektif sebagai referensi.
6. Mengidentifikasi penyebab kerusakan pada *crank shaft* pada *staffa motor hydraulic* dengan hasil pengolahan pengukuran keausan

Berikut rangkuman operator dan data pengukuran pada gambar 3.14 merupakan hasil data penelitian secara langsung di PT. Waruna Shipyard Indonesia.

The image displays two identical data sheets from PT Waruna Shipyard Indonesia. Each sheet is titled 'DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERAKSIAN'. The sheets contain detailed measurement data for various components of a hydraulic motor, including Piston, Counter Balance, and Crank Shaft. The data is organized into tables with columns for component names, measurement points, and numerical values. There are also sections for 'REMARKS' and 'DATE'.

Gambar 3. 10 Data ukur *staffa motor hydraulic*

3.6 Langkah-Langkah Pembongkaran Komponen *Staffa Motor Hydraulic*

4. Sebelum melakukan proses pembongkaran komponen *staffa motor hydraulic* hal yang perlu diperhatikan yaitu, memastikan semua dalam kondisi aman dan safety meliputi safety shoes, wearpack, safety helmet, dan pastikan juga area kerja dan peralatan kerja sudah aman dan layak digunakan.
5. Mempersiapkan semua alat yang diperlukan untuk proses pembongkaran yakni palu & dan pahat, segel, kunci L (14,10,8,6)
6. Pastikan proses pembongkaran dilakukan sesuai SOP dan selalu perhatikan safety yang berlaku pada PT. Waruna Shipyard Indonesia.
7. Buka baut pondasi *staffa motor hydraulic* menggunakan kunci L 14
8. Buka baut cover *staffa motor hydraulic* menggunakan baut L 8
9. Setelah itu lepas ring pengikat crank shaft dan piston
10. Angkat crank shaft keluar dari cover *staffa*
11. Keluarkan 6 piston dari liner satu persatu dan di lakukan pemberian tanda nomor pada piston agar tidak terjadinya pertukaran piston
12. Setelah semua proses di lakukan selanjutnya *cleaning*/membersihkan setiap komponen *staffa* yang di buka
13. Siapkan *log sheet* dan *marker*/pulpen untuk memcatat dan menandai komponen *staffa motor hydraulic*

3.7 Langkah Langkah Pengukuran Pada Komponen *Staffa Motor Hidraulic*

1. Sebelum di lakukan nya pengukuran, dapat di pastikan terlebih dahulu komponen atau media yang di ukur dalam keadaan bersih
2. Memastikan alat ukur yang di gunakan dalam kondisi baik tanpa kerusakan sedikit pun
3. Pengukuran ini di lakukan pada piston, counter balance, ring piston, liner dan crank shaft
4. Ada pun beberapa alat ukur yang di gunakan : micrometer, bor gauge dan jangka sorong

3.8 Variabel

1. Data pengukuran keausan pada komponen *staffa motor hidraulic*
2. Menentukan perbaikan dan pergantian dengan hasil pertimbangan data ukur setelah dilakukan pembongkaran
3. Menganalisa penyebab terjadinya keausan pada komponen *staffa motor hidraulic*

3.9 Pengumpulan Data

1. Pengumpulan data dilakukan selama 1 bulan di PT. Waruna Shipyard Indonesia.
2. Data yang dikumpulkan meliputi hasil pengukuran keausan, dokumentasi kondisi komponen, serta catatan perawatan sebelumnya.

3.10 Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Pengolahan terkait kajian kerusakan dan pengukuran keausan *pada komponen staffa motor hydraulic* pada mesin induk dikapal *MT. Defiance*
2. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keausan yang terjadi pada setiap komponen dan nilai tersebut dibandingkan dengan standar batas toleransi yang telah ditentukan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Pengaruh Penggunaan Root Cause Analysis (RCA) Dalam Menganalisis Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*

Berdasarkan hasil observasi lapangan, pemeriksaan visual, dan analisis menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA), ditemukan beberapa permasalahan yang sering terjadi pada Staffa Motor *Hydraulic*. Dalam proses analisis, perlu dibedakan antara gejala kerusakan (symptom) dan akar penyebab kerusakan (root cause). Gejala merupakan indikasi awal yang terlihat selama pengoperasian.

Tabel 4.1 Identifikasi Masalah Staffa Motor *Hydraulic*

No	Hasil pemeriksaan	Kendala Yang Terjadi
		Tekanan sistem
1	Penurunan tekanan hidrolik	tidak stabil dan tenaga motor berkurang
		Putaran windlass
2	Putaran motor tidak stabil	tersendat dan torsi menurun
		Housing motor
3	Temperatur oli meningkat	terasa panas dan suhu oli meningkat
		Waktu kerja motor
4	Penurunan efisiensi sistem	lebih lambat dari kondisi normal
		Muncul bunyi
5	Timbul suara abnormal	gesekan atau getaran saat motor bekerja

Berdasarkan hasil identifikasi masalah, Staffa Motor *Hydraulic* mengalami penurunan kinerja yang ditandai dengan penurunan tekanan hidrolik, putaran motor yang tidak stabil, peningkatan temperatur oli, penurunan efisiensi sistem, dan munculnya suara abnormal. Gejala-gejala tersebut menunjukkan adanya gangguan pada komponen internal dan sistem pelumasan yang menyebabkan performa motor *hydraulic* menurun. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA) untuk menentukan akar penyebab kerusakan secara tepat.

4.1.2 pembongkaran dan pengukuran staffa motor hyraulic

A. Pembongkaran

Proses pembongkaran staffa motor hydarlic dilakukan secara bertahap untuk memudahkan pemeriksaan komponen dan mencegah kerusakan pada bagian turbocharger. Adapun langkah-langkah pembongkaran turbocharger adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan area kerja Sebelum pembongkaran dilakukan, terlebih dahulu menyiapkan alat kerja seperti kunci (L 14,10,8,6), kunci ring, obeng, bor gauge,micro meter,jangka sorong. Area kerja dibersihkan serta disiapkan agar proses pembongkaran berjalan aman dan teratur. Penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti sarung tangan dan sepatu keselamatan juga diperlukan.
2. Pelepasan saluran udara dan saluran gas buang Langkah berikutnya yaitu melepas saluran udara masuk (oli inlet), saluran udara keluar (oli outlet), serta baut pondasi yang terhubung pada pondasi atau dudukan Pelepasan dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak sambungan atau komponen pendukung lainnya.



Gambar 4.1 saluran oli inlet dan out let

3.pembongkaran casing staffa motor hydraulic

Setelah staffa motor di pindahkan ke meja kerja, dilakukanlah proses pembongkaran atau overhaul,casing staffa motor *hydraulic* di buka dengan melepas baut pengikat secara bertahap, setelah casing di lepas di lakukan pemeriksaan lebih lanjut pada bagian utama.



Gambar 4.2 casing staffa motor hydraulic

4. pelepasan crangshaft staffa motor hydraulic

Pelepasan crangshaft terdisri dari beraing dan retaining ring dilepas secara hati-hati. Komponen ini merupakan bagian utama turbocharger sehingga proses pelepasan harus dilakukan dengan teliti untuk menghindari kerusakan.



Gambar 4.3 crang shaft dan retaining ring

5 pelepasan piston dari blok silinder

Pelepasan piston dan ring piston di lakukan secara perlahan agar tidak merusak dinding silinder



Gambar 4.4 piston dan ring piston

6. Pembersihan dan pemeriksaan komponen

Seluruh komponen yang telah dibongkar dibersihkan dari oli, debu, dan kerak karbon. Setelah itu dilakukan pemeriksaan kondisi komponen untuk mengetahui adanya kerusakan atau keausan.

B. Pengukuran Komponen

melakukan pengukuran dan indentifikasi jenis kerusakan staffa motor hydarulic Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan alat ukur presisi tinggi seperti mikrometer luar (outside micrometer) dan dial bore gauge yang telah dikalibrasi. Pengukuran "Sebelum" mengacu pada kondisi komponen saat rusak. Dan untuk memecahkan akar penyebab nya. Parameter yang di ukur meliputi :

1. pengukuran piston dan Liner



Gambar 4.5 pengukuran piston



Gambar 4.6 Pengukuran liner piston

2. Pengukuran Ring Piston



Gambar 4.7 pengukuran ring piston

3. Pengukuran Shaft Counter Balance



Gambar 4.8 Pengukuran Shaft Counter Balance

Data Hasil Pengukuran Komponen Staffa Motor *Hydraulic*

hasil pengukuran *clearance* (celah) antara piston dan liner pada lima posisi berbeda, yang diukur pada dua sumbu utama: Thruster Side - Back Side (T-B) dan Piston Side - Sisi lainnya (P-S). Data ini krusial untuk menilai kondisi keausan, kelayakan operasi, dan potensi risiko kegagalan mesin.

Tabel 4.2 Pengukuran Piston Dan Liner

POSISI		1		2		3		4		5	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Liner	T-B	101.55	101.58	101.56	101.58	101.56	101.58	101.56	101.57	101.55	101.56
	P-S	101.57	101.58	101.57	101.58	101.55	101.55	101.55	101.55	101.56	101.55
Piston	T-B	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49
	P-S	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49
Clearence	T-B	0.06	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.08	0.06	0.07
	P-S	0.08	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06

Dari hasil pengukuran *clearance* pada piston dan liner diameter Piston tercatat sangat konsisten pada angka (101.49 mm) di semua posisi dan sumbu pengukuran. Hal ini mengindikasikan bahwa piston tidak mengalami keausan yang signifikan atau pengukuran dilakukan pada bagian *skirt* piston yang memang didesain seragam.

Tabel 4.3 Pengukuran Shaft Counter Balance

POSISI		A	B	C	D
Liner	T-B	101.59	101.59	101.59	101.59
	P-S	101.59	101.59	101.59	101.59
Shaft counter balance	T-B	101.52	101.43	101.52	101.52
	P-S	101.52	101.37	101.52	101.52
Clearence	T-B	0.07	0.16	0.07	0.07
	P-S	0.07	0.22	0.07	0.07

Dari hasil pengukuran terdapat diskrepansi yang sangat mencolok antara Posisi B dibandingkan dengan Posisi A, C, dan D yang seragam.

1. Kondisi Normal (Posisi A, C, D):

- Diameter Liner: 101.59 mm (Sempurna/Bulat).
- Diameter Shaft: 101.52 mm (T-B) dan 101.52 mm (P-S).
- Clearance: 0.07 mm.
- *Status*: Nilai clearance 0.07 mm masih dalam batas wajar untuk *oil clearance* poros penyeimbang pada banyak mesin diesel menengah, mengindikasikan pelumasan yang masih cukup baik.

2. Kondisi Kritis (Posisi B):

- Diameter Liner: 101.59 mm (Tidak ada keausan pada housing/bearing duduk).
- Diameter Shaft: Turun drastis menjadi 101.43 mm (T-B) dan 101.37 mm (P-S).
- Clearance: Melonjak menjadi 0.16 mm (T-B) dan 0.22 mm (P-S).
- *Analisis*: Penurunan diameter shaft hingga 0.16 - 0.22 mm dari ukuran nominal mengindikasikan keausan material poros yang parah

4.1.3 Analisa Visual Kerusakan Pada Staffa Motor Hidarulic

Tabel 4.4 Analisa Visual Kerusakan

No	Bukti kerusakan	Penyebab Kerusakan
1		Undersize, disebabkan karena minyak lumas atau oil film yang kurang, menimbulkan kenaikan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan perubahan warna pada permukaan metal.
2		Undersize, disebabkan karena minyak lumas atau oil film yang kurang, menimbulkan kenaikan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan perubahan warna pada permukaan metal.

3



aus akibat gesekan
berlebihan antara ring
piston berbahan teflon,
dengan dinding silinder

4



Disebabkan karena gesekan
pada shaft geer yang
mengakibatkan terjadinya
kerusakan pada oil seal

5



Karena faktor dari umur
pemakayan mengakibatkan
o-ring mengalai getas atau
menegras

4.2 Mengetahui Kemampuan Root Cause Analisis Dalam Menyelesaikan Masalah Kerusakan Staffa Motor Hydarulic

Pada bab ini, hasil data lapangan diolah menggunakan metode RCA untuk menentukan jalur kausalitas kegagalan sistem, sehingga penanganan tidak hanya bersifat sementara melainkan menyentuh akar masalah utama.

4.2.1 Penentuan Gejala dan Akar Penyebab Kerusakan

Proses identifikasi dilakukan dengan mengorelasikan temuan visual.menggunakan metode 5-Why's Analysis dan Fishbone Diagram.

Masalah Utama (Problem Statement):

Terjadi penurunan tekanan hidrolik, suara abnormal, peningkatan temperatur oli, dan penurunan efisiensi kerja pada Staffa Motor *Hydraulic* .

Tabel 4.5 Tahapan 5 Why

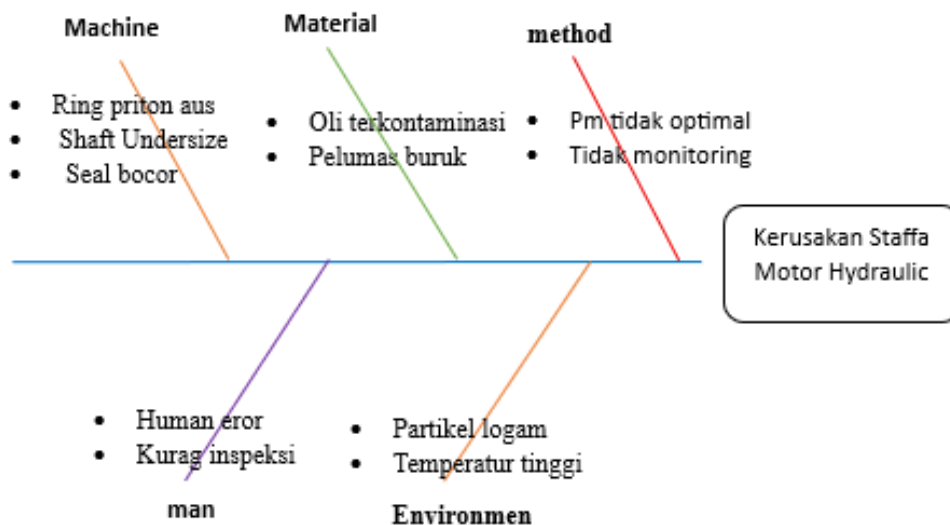
Tahapan	Analisis
5.Why	
Why 1	Mengapa tekanan <i>hydraulic</i> menurun dan motor mengeluarkan suara abnormal? → Karena terjadi kebocoran internal (internal leakage) pada komponen Staffa Motor <i>Hydraulic</i> .
Why 2	Mengapa terjadi kebocoran internal? → Karena shaft counter balance, piston, dan seal mengalami keausan yang menyebabkan celah (clearance) melebihi batas normal.
Why 3	Mengapa shaft, piston, dan seal mengalami keausan? → Karena pelumasan tidak optimal sehingga terjadi gesekan berlebih antar komponen.
Why 4	Mengapa pelumasan tidak optimal? → Karena oli <i>hydraulic</i> mengalami kontaminasi dan kualitas oli menurun akibat keterlambatan penggantian filter dan oli.
Why 5 (Root Cause)	Mengapa penggantian oli dan filter terlambat dilakukan? → Karena program preventive maintenance tidak berjalan secara konsisten dan inspeksi berkala belum dilaksanakan secara optimal.

Akar Penyebab Utama (Root Cause)

Tidak optimalnya pelaksanaan preventive maintenance yang menyebabkan penurunan kualitas pelumasan, kontaminasi oli hidrolis, keausan komponen internal, kebocoran internal, dan akhirnya menurunkan kinerja Staffa Motor *Hydraulic* .

Fishbone Diagram (Diagram Sebab-Akibat)

Efek (Masalah Utama): Penurunan Kinerja Staffa Motor *Hydraulic*



Gambar 4. 9 diagram fhisbone

Analisis Fishbone

1. Faktor Manusia (Man)

- Kurangnya pengawasan terhadap jadwal perawatan.
- Keterlambatan penggantian oli dan filter.

2. Faktor Metode (Method)

- Program preventive maintenance belum berjalan optimal.
- Inspeksi kondisi komponen belum dilakukan secara rutin.

3. Faktor Material (Material)

- Oli *hydraulic* terkontaminasi partikel.
- Kualitas oli menurun sehingga kemampuan pelumasan berkurang.
- O-ring mengalami penuaan dan kehilangan elastisitas.

4. Faktor Mesin (Machine)

- Shaft counter balance mengalami undersize.
- Clearance meningkat hingga 0,16–0,22 mm pada posisi B.
- Oil seal aus sehingga terjadi kebocoran oli.
- Piston dan komponen bergerak mengalami gesekan berlebih.

5. Faktor Lingkungan/Operasi (Environment)

- Operasi jangka panjang dengan beban tinggi.
- Temperatur kerja yang tinggi mempercepat degradasi oli.
- Debu dan partikel mempercepat kontaminasi sistem.

Berdasarkan hasil Fishbone Diagram dan metode 5 Why's, faktor yang paling dominan menyebabkan kerusakan Staffa Motor *Hydraulic* adalah kegagalan sistem pelumasan akibat tidak optimalnya preventive maintenance, yang mengakibatkan kontaminasi oli, keausan shaft counter balance, kerusakan seal, kebocoran internal, penurunan tekanan hidrolik, serta menurunnya efisiensi kerja motor hidrolik.

4.2.2 Rancang Tindakan Perbaikan Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*

Berdasarkan hasil analisis Root Cause Analysis (RCA), diketahui bahwa akar penyebab utama kerusakan Staffa Motor *Hydraulic* adalah menurunnya kualitas sistem pelumasan yang mengakibatkan keausan komponen internal, khususnya pada shaft counter balance, oil seal, dan komponen penyekat lainnya. Oleh karena itu, tindakan perbaikan yang dilakukan harus difokuskan pada pengembalian kondisi komponen ke spesifikasi standar serta pencegahan agar kerusakan tidak terulang kembali.

Tabel 4.6 Rancangan Perbaikan

No	Akar Penyebab	Dampak Kerusakan	Tindakan Perbaikan
1	Keausan shaft counter balance	Clearance meningkat hingga 0,16–0,22 mm dan menyebabkan kebocoran internal	Melakukan penggantian shaft counter balance atau proses metal spray dan

			machining sesuai ukuran standar
2	Kerusakan oil seal	Kebocoran oli dan penurunan tekanan hidrolik	Mengganti seluruh oil seal dengan komponen baru
3	O-ring getas dan menurun elastisitasnya	Kebocoran pada sambungan komponen	Mengganti seluruh O-ring saat overhaul
4	Oli <i>hydraulic</i> terkontaminasi	Keausan komponen semakin cepat	Menguras sistem dan mengganti oli <i>hydraulic</i> baru
5	Filter oli kotor atau jenuh	Sirkulasi oli tidak optimal	Mengganti filter <i>hydraulic</i> dan membersihkan jalur oli
6	Tidak adanya monitoring kondisi komponen	Kerusakan terlambat diketahui	Melakukan inspeksi berkala dan pengukuran clearance secara rutin
7	Preventive maintenance tidak optimal	Kerusakan berulang	Menyusun jadwal preventive maintenance yang terstruktur

4.2.3 Tindakan Pencegahan (Preventive Action)

Untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sama di masa mendatang, dilakukan beberapa tindakan pencegahan sebagai berikut:

1. Menetapkan jadwal penggantian oli *hydraulic* secara berkala.
2. Melakukan penggantian filter *hydraulic* sesuai jam operasi.
3. Melaksanakan inspeksi visual setiap sebelum operasi.
4. Mencatat seluruh kegiatan perawatan dalam maintenance record.
5. Melakukan analisis kondisi oli (oil analysis) secara berkala.
6. Memberikan pelatihan kepada teknisi mengenai prosedur preventive maintenance Staffa Motor *Hydraulic* .

Berdasarkan hasil perbaikan yang dilakukan, kerusakan pada Staffa Motor *Hydraulic* dapat diatasi melalui penggantian shaft counter balance yang aus, penggantian oil seal dan O-ring, penggantian oli serta filter hidrolis, dan penerapan program preventive maintenance yang lebih terstruktur.

4.3 Kemampuan Alat Bantu Root Cause Analysis (RCA) Dalam Menyelesaikan Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*

Metode Root Cause Analysis (RCA) merupakan suatu alat bantu analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan secara sistematis. Pada penelitian ini, RCA digunakan untuk menganalisis kerusakan yang terjadi pada Staffa Motor *Hydraulic* sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan tidak hanya mengatasi gejala kerusakan, tetapi juga mampu menghilangkan penyebab utamanya.

Melalui pendekatan RCA, proses analisis dilakukan dengan mengumpulkan data hasil observasi, pemeriksaan visual, dan pengukuran komponen. Dan dari hasil pengukuran alat bantu dari metode rca didapatkan hasil pengukuran komponen staffa motor hydraulic menunjukkan bahwa clearance shaft counter balance pada posisi B mencapai 0,16–0,22 mm, sedangkan pada posisi lainnya hanya 0,07 mm. hasil pengukuran tersebut didapatkan dari hasil pengukuran diameter shaft dengan alat ukur micrometer dari pengukuran alat bantu tersebut di dapatkan data yang dapat di gunakan untuk menganalisis kerusakan pada staffa motor hidraulic yang lebih spesipik seperti ditermukannya

kerusakan pada oil seal, O-ring yang mengalami pengerasan, serta indikasi penurunan kualitas pelumasan.

Selanjutnya, untuk menelusuri hubungan sebab-akibat yang lebih spesifik pada setiap gejala kerusakan maka digunakan metode 5 Why's. metode 5 Why's ini dapat digunakan untuk mengetahui bahwa penurunan tekanan hydraulic yang disebabkan oleh kebocoran internal dan komponen penyekat.

kebocoran tersebut dapat di analisis lebih mendalam dengan metode 5 whys dan juga diperkuat dengan Fishbone Diagram yang mengelompokkan faktor-faktor penyebab kerusakan ke dalam beberapa kategori, yaitu manusia (man), metode (method), material (material), mesin (machine), dan lingkungan kerja (environment). Dengan menggunakan diagram tersebut, hubungan antara berbagai faktor penyebab kerusakan dapat terlihat secara lebih jelas dan terstruktur.

Dengan metode RCA analisis kerusakan internal dan eksternal dapat diketahui lebih spesifik yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan alat bantu Micrometer, jangka sorong dan bour gauge pada komponen liner. Dan dari hasil pengukuran data lapangan tersebut dapat ditelusur kerusakan stafa motor secara internal yang dapat di hubungkan dengan sebab akibat kerusakan secara eksternal. Sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan, tidak hanya berupa penggantian komponen yang rusak, tetapi juga mencakup perbaikan sistem perawatan. Komponen yang mengalami keausan seperti shaft counter balance, oil seal, dan O-ring diganti dengan komponen baru sesuai spesifikasi. Selain itu dilakukan penggantian oli hidrolik, penggantian filter, pembersihan sistem, serta penyusunan jadwal preventive maintenance yang lebih teratur.

Dengan demikian, kemampuan RCA dan alat bantu dalam menyelesaikan kerusakan Staffa Motor *Hydraulic* terbukti efektif karena mampu:

1. Mengidentifikasi akar penyebab kerusakan secara sistematis.
2. Membedakan antara gejala kerusakan dan penyebab utama kerusakan.
3. Menentukan tindakan perbaikan yang tepat sasaran.
4. Mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan berulang.
5. Meningkatkan keandalan dan efisiensi kerja Staffa Motor *Hydraulic* .
6. Menjadi dasar dalam penyusunan program preventive maintenance yang lebih efektif

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Penyebab Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic* Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA), maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh Penggunaan Root Cause Analysis (RCA) dalam Menganalisis Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*

Metode Root Cause Analysis (RCA) mampu membantu proses identifikasi kerusakan Staffa Motor *Hydraulic* secara sistematis dengan menelusuri hubungan sebab-akibat hingga ditemukan akar penyebab utama kerusakan. Berdasarkan hasil observasi, pemeriksaan visual, dan pengukuran komponen, ditemukan gejala kerusakan berupa penurunan tekanan hidrolik, putaran motor tidak stabil, peningkatan temperatur oli, suara abnormal, dan penurunan efisiensi sistem. Hasil pengukuran menunjukkan adanya keausan yang signifikan pada shaft counter balance di posisi B dengan nilai clearance sebesar 0,16–0,22 mm, sedangkan pada posisi lainnya hanya 0,07 mm. Melalui analisis 5 Why's dan Fishbone Diagram, diketahui bahwa akar penyebab utama kerusakan adalah tidak optimalnya pelaksanaan preventive maintenance yang mengakibatkan penurunan kualitas pelumasan, kontaminasi oli hidrolik, keausan komponen internal, dan terjadinya kebocoran internal pada sistem hidrolik.

2. Kemampuan Root Cause Analysis (RCA) dalam Menyelesaikan Kerusakan Staffa Motor *Hydraulic*

Metode Root Cause Analysis (RCA) terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan kerusakan Staffa Motor *Hydraulic* karena tidak hanya mengidentifikasi gejala kerusakan, tetapi juga menentukan akar penyebabnya secara tepat. Hasil analisis RCA menjadi dasar dalam penyusunan tindakan perbaikan berupa penggantian shaft counter balance yang aus, penggantian oil seal dan O-ring, penggantian oli dan filter hidrolik, serta penerapan program preventive maintenance yang lebih terstruktur. Dengan penerapan tindakan tersebut, potensi terjadinya kebocoran internal dapat dikurangi, sistem pelumasan kembali optimal, dan keandalan Staffa Motor *Hydraulic* dapat ditingkatkan. Selain itu, penggunaan

RCA mampu mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan berulang serta meningkatkan efektivitas kegiatan perawatan di masa mendatang.

3. Untuk melihat apakah alat bantu bekerja dalam menyelesaikan kerusakan pada staffa motor hidraulic

Penggunaan alat bantu ukur berupa jangka sorong, mikrometer, dan bor gauge mampu memberikan data pengukuran yang akurat terhadap kondisi komponen Staffa Motor *Hydraulic* . Data hasil pengukuran tersebut menjadi dasar dalam proses identifikasi kerusakan menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA), sehingga akar penyebab kerusakan dapat ditentukan dengan lebih tepat dan tindakan perbaikan yang dilakukan menjadi lebih efektif.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan perlu menerapkan program preventive maintenance secara konsisten sesuai jadwal yang telah ditetapkan untuk mencegah terjadinya kerusakan berulang pada Staffa Motor *Hydraulic* .
2. Pemeriksaan kondisi oli hidrolis, filter, shaft counter balance, oil seal, dan O-ring perlu dilakukan secara berkala agar kerusakan dapat dideteksi lebih dini sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius.
3. Pengukuran clearance komponen kritis menggunakan alat ukur presisi seperti mikrometer dan dial bore gauge perlu dijadikan bagian dari prosedur inspeksi rutin untuk memantau tingkat keausan komponen.
4. Pencatatan riwayat perawatan (*maintenance record*) perlu dilakukan secara lengkap dan teratur untuk memudahkan proses evaluasi serta pengambilan keputusan dalam kegiatan perawatan.
5. Teknisi dan operator perlu diberikan pelatihan mengenai prosedur perawatan dan identifikasi awal kerusakan sistem *hydraulic* agar dapat meningkatkan keandalan dan umur pakai Staffa Motor *Hydraulic*

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., & Hasan, M. (2023). Improving *Hydraulic* System Performance through Root Cause Analysis and Predictive Maintenance. *Mechanical Systems and Maintenance Journal*, 5(1), 15–24.
- Putra, R., & Kurniawan, T. (2022). Analysis of *Hydraulic* Motor Failures Using RCA and Reliability Centered Maintenance. *Journal of Applied Industrial Engineering*, 6(2), 45–54.
- Rahman, A., & Hidayat, F. (2020). Integration of Root Cause Analysis and FMEA for Preventive Maintenance in *Hydraulic* Systems. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 9(8), 987–993.
- Siregar, M. A., Nasution, D., & Simanjuntak, R. (2021). Application of Root Cause Analysis to Reduce *Hydraulic* System Failure in Manufacturing Industry. *Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 13(4), 211–220.
- Zhang, Y., & Li, J. (2019). *Hydraulic* System Fault Diagnosis Based on Root Cause and Vibration Analysis Methods. *Procedia Manufacturing*, 39, 1231–1238.
- yarif, M., Abdillah, A., Septian, V., & ... (2019). Rancang Simulasi *Hydraulic* Press. ... *Nasional Teknik Mesin* ..., 542–546.
- Cahyono, M. D., & Suryadharma, N. G. (2021). Perencanaan Hidrolis Untuk Mesin Table Lift Dengan Beban 1,5 Ton. *Jurnal Teknik Industri*, 24(2), 43–52.
- Rafsyani Zani, F., & Supriyanto, H. (2021). Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis Dan Failure Mode and Effect Analysis Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Pada Cv. Xyz. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 141.
- Haq, I. S., & Purba, M. A. (2020). Kajian Penyebab Kerusakan Door Packing pada Tabung Sterilizer Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA) di

- Sungai Kupang Mill. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)*, 2(2).
- Hosseini, S. R., et al. (2023). *A Review of Root Cause Analysis Methods in Industrial Systems*. Safety Science, Elsevier.
- Ferdous, R., Khan, F., Veitch, B. (2020). *An Improved Approach for Root Cause Analysis of Industrial Failures Using Causal Analysis Framework*. Reliability Engineering & System Safety, Elsevier.
- Abbas, M., Gao, X., & Liu, H. (2022). *Integration of FMEA and Fault Tree Analysis for Identifying Root Causes in Mechanical Systems*. Journal of Failure Analysis and Prevention (Springer).
- zLindberg, A. K., et al. (2019). *Practical Implementation of Root Cause Analysis in Safety-Critical Industries*. International Journal of Industrial Ergonomics, Elsevier.
- Nilsson, D. (2009). *Tribology of hydraulic motor* (thesis/technical report).
- Wang, Z., et al. (2019). *Distribution performance analysis and experimental investigation of port-plate pairs for seawater hydraulic motor*. Chinese Journal of Mechanical Engineering / CJME.
- Li, Y., et al. (2024). *Friction and Wear Performance of a Hydraulic Motor Roller-Piston Pair Lined with Self-Lubricating Bearing Bush Modified by PEEK*. Applied Sciences (MDPI).
- Ma, W., et al. (2021). *Splash Lubrication Performance of Internal Combustion Engines*. *Lubricants*, 9(7), 73.
- Yu, J., et al. (2024). *Kinematics Analysis and Oil Film Lubrication Characteristics at the Piston–Cylinder Interface in a Bent-Axis Piston Motor*. *Energies*, 17(23), 6080.
- Hong, S. H., et al. (2024). *Lubrication Modeling of the Reciprocating Piston with High-Performance Boundary Lubrication in Hydraulic Machines*. *Lubricants*, 12(2), 55.

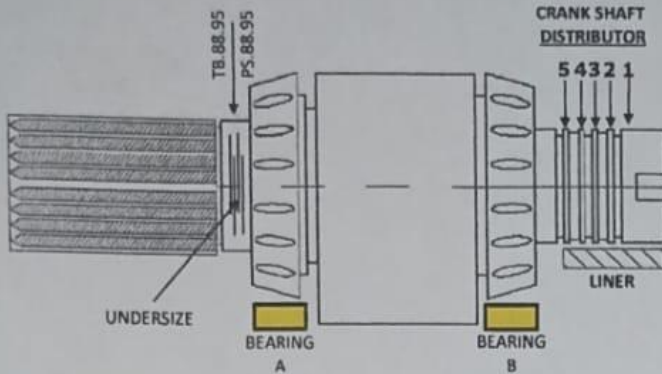
- Furustig, J. (2015). *A Two-Scale Mixed Lubrication Wearing-In Model Applied to Orbital Hydraulic Motors*. *Tribology International*, 90, 270-282.
- Yu, J., et al. (2024). *Kinematics Analysis and Oil Film Lubrication Characteristics at the Piston–Cylinder Interface in a Bent-Axis Piston Motor*. *Energies*, 17(23), 6080.
- Wear Testing and Specification of *Hydraulic Fluid* in Industrial Applications. (2003). *Wear Testing and Specification of Hydraulic Fluid in Industrial Applications*. (Available via ResearchGate)
- Furustig, J. (2015). *A two-scale mixed lubrication wearing-in model, applied to orbital hydraulic motors*. *Tribology International*.
- Ma, W., et al. (2025). *Dynamic Characteristics of ‘Floating’ Valve Plate for Axial Piston Machines*. *Lubricants*, MDPI.
- Wang, Z., et al. (2019). *Distribution performance analysis and experimental research of port-plate pairs for low-speed high-torque seawater hydraulic motors*. *Tribology International*, Elsevier.
- Zhang, W., et al. (2019). *Distribution performance analysis and experimental research of port-plate pairs for low-speed high-torque seawater hydraulic motors*. *Tribology International* (Elsevier).
- Ma, W., et al. (2025). *Dynamic Characteristics of ‘Floating’ Valve Plate for Axial Piston Machines*. *Lubricants* (MDPI)

Nama Kapal : MT.DEFIANCE
Pemilik : PT.WARUNA NUSA SENTANA
Klasifikasi : BKI
Permasalahan : OVERHAUL
☒ Before Repair

Pelaksana : DEPT. MECHANICAL
No. Proyek : K. 25.08.05
No. Item/ Pekerjaan : STAFI MOTOR WINCHLAS JANGKAR KANAN
☐ After Repair

DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERBAIKAN / VERIFIKASI

CRANK SHAFT



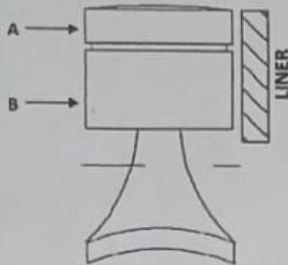
POSISI		A	B
Bearing	T-B	-	-
	P-S	-	-
Shaft	T-B	-	-
	P-S	-	-
Clearance	T-B	-	-
	P-S	-	-

		Unit MM		
POSISI		A	B	
Rumah bearing	T-B	-	-	
	P-S	-	-	
Bearing	T-B	-	-	
	P-S	-	-	
Clearance	T-B	-	-	
	P-S	-	-	

NB. TIDAK DIBUKA

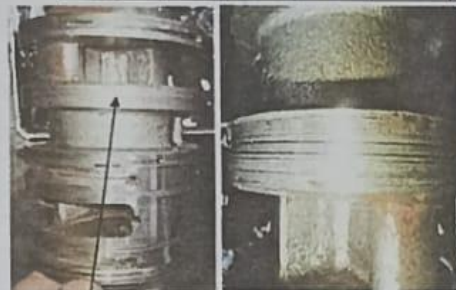
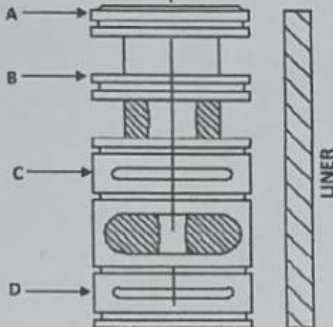
POSITION		1	2	3	4	5
Liner	T-B	65.10	65.10	65.10	65.10	65.10
	P-S	65.10	65.10	65.10	65.10	65.10
Crankshaft distributor	T-B	64.65	64.65	64.65	64.65	64.65
	P-S	64.65	64.65	64.65	64.65	64.65
Clearance	T-B	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	P-S	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

PISTON



POSISI		1		2		3		4		5	
Liner	T-B	101.55	101.58	101.56	101.58	101.56	101.58	101.56	101.57	101.55	101.56
	P-S	101.57	101.58	101.57	101.58	101.55	101.55	101.55	101.55	101.56	101.55
Piston	T-B	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49
	P-S	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49
Clearance	T-B	0.06	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.08	0.06	0.07
	P-S	0.08	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06

COUNTER BALANCE



Undersize

POSISI		A	B	C	D
Liner	T-B	101.59	101.59	101.59	101.59
	P-S	101.59	101.59	101.59	101.59
Shaft counter balance	T-B	101.52	101.43	101.52	101.52
	P-S	101.52	101.37	101.52	101.52
Clearance	T-B	0.07	0.16	0.07	0.07
	P-S	0.07	0.22	0.07	0.07

RING PISTON/COUNTER BALANCE



POSISI		1		2		3		4		5	
RING PISTON	A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RING COUNTER BALANCE	A	-	-	-	-	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	B	-	-	-	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	C	-	-	-	-	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
	D	-	-	-	-	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05

NB. RING PISTON MENGGUNAKAN TEFLON

REMARKS :

- Clearance liner dengan piston Acceptable
- Shaft counter balance posisi B undersize disarankan rekondisi/ganti baru
- Ring piston teflon sudah haus disarankan ganti baru
- Ring counter balance disarankan ganti baru
- Shaft dudukan oil seal undersize disarankan rekondisi

- Oil seal disarankan ganti baru
- Oring disarankan ganti baru

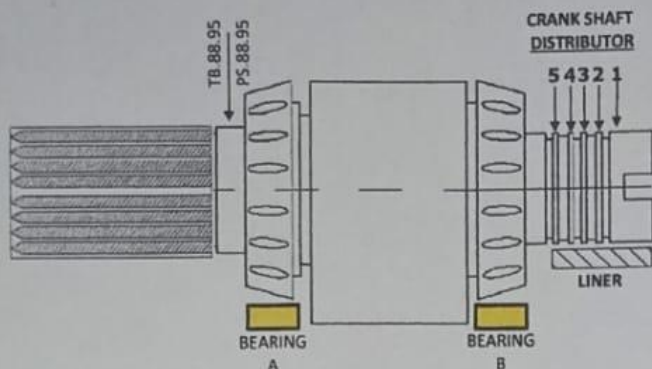
	Disiapkan Oleh,	Diperiksa Oleh,	Diverifikasi Oleh,	Diketahui Oleh,
Tanda Tangan				
Nama	M. Chani Sulema	SECTION HEAD	QC INSPECTOR	PROJECT MANAGER
Jabatan	MEKANIK			OWNER REPRESENTATIVE
Tanggal	3.11.2025	27.11.25	03/11/2025	04-11-25

Nama Kapal : MT.DEFIANCE
Pemilik : PT.WARUNA NUSA SENTANA
Klasifikasi : BKI
Permasalahan : OVERHAUL
☐ Before Repair

Pelaksana : DEPT. MECHANICAL
No. Proyek : K. 25.08.05
No. Item/ Pekerjaan : STAFI MOTOR WINCHLAS JANGKAR KANAN
☒ After Repair

DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERBAIKAN / VERIFIKASI

CRANK SHAFT

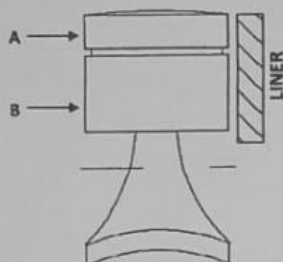


		Unit MM		
POSISI		A	B	
Bearing	T-B	-	-	
	P-S	-	-	
Shaft	T-B	-	-	
	P-S	-	-	
Clearence	T-B	-	-	
	P-S	-	-	

NB. TIDAK DIBUKA

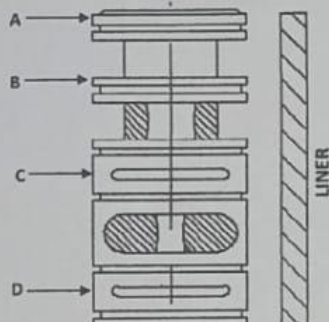
POSITION		1	2	3	4	5
Liner	T-B	65.10	65.10	65.10	65.10	65.10
	P-S	65.10	65.10	65.10	65.10	65.10
Crankshaft distributor	T-B	64.65	64.65	64.65	64.65	64.65
	P-S	64.65	64.65	64.65	64.65	64.65
Clearence	T-B	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	P-S	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

PISTON



POSISI		1		2		3		4		5	
Liner	T-B	101.55	101.58	101.56	101.58	101.56	101.58	101.56	101.57	101.55	101.56
	P-S	101.57	101.58	101.57	101.58	101.55	101.55	101.55	101.55	101.56	101.55
Piston	T-B	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49
	P-S	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49	101.49
Clearence	T-B	0.06	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.08	0.06	0.07
	P-S	0.08	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06

COUNTER BALANCE



POSISI		A	B	C	D
Liner	T-B	101.59	101.59	101.59	101.59
	P-S	101.59	101.59	101.59	101.59
Shaft counter balance	T-B	101.52	101.52	101.52	101.52
	P-S	101.52	101.52	101.52	101.52
Clearence	T-B	0.07	0.07	0.07	0.07
	P-S	0.07	0.07	0.07	0.07

RING PISTON/COUNTER BALANCE



POSISI		1		2		3		4		5	
RING PISTON	A	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	B	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
RING COUNTER BALANCE	C	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
	D	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
RING COUNTER BALANCE	A	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	B	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
RING COUNTER BALANCE	C	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
	D	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05

NB. RING PISTON TELAH DI GANTI

REMARKS :

- Clearence liner dengan piston Acceptable
- Shaft counter balance posisi B telah di rekondisi (Metal spray)
- Ring piston telah di ganti baru
- Ring counter balance telah di ganti baru
- Shaft dudukan oil seal telah di rekondisi (Metal spray)
- Oil seal telah di ganti baru
- Oring telah di ganti baru

	Disiapkan Oleh,	Diperiksa Oleh,	Diverifikasi Oleh,	Diketahui Oleh,	
Tanda Tangan					
Nama	M. Chani Lukma	SECTION HEAD	QC INSPECTOR	PROJECT MANAGER	OWNER REPRESENTATIVE
Jabatan	MEKANIK				
Tanggal	3.11.2023	3/11/23	03/11/2023	04-11-23	04-11-23



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Site: www.umsu.ac.id

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[umsu](#)

[umsu](#)

[umsu](#)

[umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2131/IL3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 25 Oktober 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : DITO IRFANSYAH
Npm : 2207230004
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : IDENTIFIKASI AKAR MASALAH KERUSAKAN STAFFA
MOTOR HIDRAULIC DENGAN PENDEKATAN ROOT
CAUSE ANALYSIS.

Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT .

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 02 Januari 1447 H
25 Oktober 2025 M



Dr. Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN/NUPTK:0101017202/7433750651131152



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisa Penyebab Kerusakan Staffa Motor
Hydraulic Dengan Pendekatan Root Cause Analysis
Nama : Dito Irfansyah
NPM : 220723004
Dosen Pembimbing : Chandra A. Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	12/11-25	Perbaiki format	f
2.	25/11-25	Perbaiki bab I, III	f
3.	7/12-25	Acc sempro	f
4	5/6-2026	sesuaikan dgn format	f
5.	12/6-2026	perbaiki bab IX	f
6.	15/6-2026	kesimpulan, abtrak	f
7.	26/6-2026	Acc sempro	f
		Ace. Siday	f

**DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026**

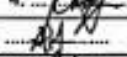
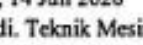
Nama : Dito Irfansyah
NPM : 2207230004
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Penyebab Kerusakan Staffa Motor Hidraulik Dengan Pendekatan Root Cause Analysis

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T. : 

Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT : 

Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. : 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230030	Sandi P. Butar - Butar	1. 
2	2207230057	Dun Rizki AIDANA	2. 
3	2207230021	Syahrul Prayoga	3. 
4	2207230096	Payotte Hattal Remadnan	4. 
5	2207230136	Atli AD Nasywa NTZ	5. 
6	2207230032	KEVIN VUTHA PRATAMA	6. 
7	2207230003	Ezrah Tri Wira Prasara	7. 
8	2207230016	Muhammad anif gata	8. 
9	2207230013	Muhammad Feryansyah - S	9. 
10	2307230076	Andiansyah Moka	10. 

Medan, 14 Juli 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin

()

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

Nama : Dito Irfansyah
NPM : 2207230004
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Penyebab Kerusakan Staffa Motor Hidraulik Dengan Pendekatan
Root Cause Analysis
Dosen Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

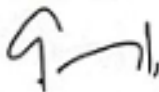
KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- [] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
[☒] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
[] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

- tambahkan data porsen.
- perbaiki arah uraian yg.

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 14 Juli 2026
Dosen Pembanding - I


Dr. Sudirman Lubis, ST, MT

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

Nama : Dito Irfansyah
NPM : 2207230004
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Penyebab Kerusakan Staffa Motor Hidraulik Dengan Pendekatan
Root Cause Analysis
Dosen Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

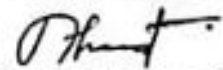
Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

Selesaikan data lembar pengukuran di lembar

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 14 Juli 2026
Dosen Pembimbing - II


Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: Dito Irfansyah
Alamat	: Pagaran Tulason
Jenis Kelamin	: Laki – Laki
Umur	: 22
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Tempat,Tanggal Lahir	: Pagaran Tulason, 14 Januari 2004
Tinggi Dan Berat Badan	:168/80
Kewarganegaraan	: Indonesia
No. Telepon	: + 62 812-6488-4530

B. ORANG TUA

Nama Bapak	: Adi Saputra
Agama	: Islam
Nama Ibu	: Erna Pane
Alamat	: Pagaran Tulason

C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2010 – 2016	: SDN.100405 Hutapadang
2016 – 2019	: Mts N 2 Tapanuli Selatan
2019 – 2022	: SMA N 1 Arse
2022 – 2026	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara