

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Analisis Kegagalan Mekanik pada Gearbox *Cycloidal Drive* Kapasitas Menengah Akibat Beban Berlebih (*Overload*) dan Ketidaksejajaran (*Misalignment*)

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:
Leopold Penegak Nusantara
2302311115

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Analisis Kegagalan Mekanik pada Gearbox *Cycloidal Drive* Kapasitas Menengah Akibat Beban Berlebih (*Overload*) dan Ketidaksejajaran (*Misalignment*)

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diplonma III Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
Leopold Penegak Nusantara
2302311115

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

Analisis Kegagalan Mekanik pada Gearbox *Cycloidal Drive* Kapasitas Menengah Akibat
Beban Berlebih (*Overload*) dan Ketidaksejajaran (*Misalignment*)

Oleh :
Leopold Penegak Nusantara
NIM.2302311115
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Idrus Assagaf, S.S.T., M.T.
NIP. 196811042000121001

Pembimbing 2

Rahmat Noval, S.T., M.T.
NIP. 199011032024061003

Ketua Program Studi
Diploma Teknik Mesin

Nabila Yudisha, S.T., M.T.
NIP. 199311302023212045



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

Analisis Kegagalan Mekanik pada Gearbox Cycloidal Drive Kapasitas Menengah Akibat
Beban Berlebih (*Overload*) dan Ketidaksejajaran (*Misalignment*)

Oleh :
Leopold Penegak Nusantara
NIM. 2302311115
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji
pada tanggal 10 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Diploma III pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Idrus Assagaf, S.S.T., M.T. NIP. 196811042000121001	Ketua		10 Juli 2026
2.	Ahmad Bustomi, S.T., M.Tr.T. NIP. 199107252024061001	Anggota		10 Juli 2026
3.	Nabila Yudidsha, S.T., M.T. NIP. 199311302023212045	Anggota		10 Juli 2026

Depok,
Disahkan Oleh :
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINAL

Saya yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Leopold Penegak Nusantara

NIM : 2302311115

Program Studi : Diploma Teknik Mesin

Menyatakan bahwa penulisan di dalam Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan tugas akhir saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya.

Jakarta, 11 Juli 2026



Leopold Penegak Nusantara

NIM. 2302311115

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Analisis Kegagalan Mekanik pada Gearbox *Cycloidal Drive* Kapasitas Menengah Akibat Beban Berlebih (*Overload*) dan Ketidaksejajaran (*Misalignment*)

Leopold Penegak nusantara¹⁾, Idrus Assagaf¹⁾, Rahmat Noval²⁾

¹⁾Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : idrussagaf@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Unit *Gearbox Cycloidal Drive* Sumitomo tipe CHHM-6195-71 merupakan komponen transmisi daya krusial yang menggerakkan mesin penunjang pada proses pengolahan kelapa sawit di PT Harapan Sawit Lestari. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan mekanik domino masif pada unit tersebut yang menyebabkan kerusakan komponen hingga berakibat motor penggerak mati total. Metode penelitian yang digunakan adalah investigasi forensik melalui pembongkaran (*dismantling*) dan inspeksi visual, dilanjutkan dengan analisis akar masalah menggunakan metode (RCFA) dengan alat bantu diagram *fishbone*. Hasil inspeksi fisik mengonfirmasi adanya keretakan parah pada *output casing* besi cor, keausan fatal hingga macet total pada *output bearing*, serta deformasi berupa pelebaran pada *keyway output shaft*. Kemacetan mekanis tersebut memaksa poros motor listrik berada dalam kondisi terkunci (*locked rotor*) sehingga memicu lonjakan arus ekstrem yang menghanguskan gulungan stator motor akibat panas berlebih (*overheating*). Hasil analisis membuktikan bahwa kegagalan sistemik ini dipicu oleh faktor beban berlebih (*overload*) akibat lonjakan suplai buah sawit yang memicu beban kejut (*shock load*), serta faktor metode berupa ketidaksejajaran poros (*misalignment*) instalasi awal yang menimbulkan momen lentur berulang (*fatigue failure*). Sebagai tindakan korektif, dilakukan penggantian baru pada komponen *output casing*, *shaft*, *bearing*, serta perbaikan pada kumparan stator motor. Untuk mencegah kegagalan berulang di masa mendatang, direkomendasikan pengondisian kelurusan poros berkala menggunakan metode penyelarasan presisi, serta kalibrasi ulang pada komponen *Thermal Overload Relay* (TOR) di panel proteksi listrik agar aliran arus dapat terputus secara otomatis saat terjadi gejala kemacetan mekanis.

Kata kunci: *Cycloidal Drive*, *Overload*, *Misalignment*, *Root Cause Failure Analysis*, *Thermal Overload Relay*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Analisis Kegagalan Mekanik pada Gearbox *Cycloidal Drive* Kapasitas Menengah Akibat Beban Berlebih (*Overload*) dan Ketidaksejajaran (*Misalignment*)

Leopold Penegak nusantara¹⁾, Idrus Assagaf¹⁾, Rahmat Noval²⁾

¹⁾Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : idrussagaf@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

The Sumitomo CHHM-6195-71 Cycloidal Drive Gearbox Unit is a crucial power transmission component that drives supporting machinery in the palm oil processing plant at PT Harapan Sawit Lestari. This study aims to analyze a massive domino mechanical failure within the unit that caused severe component damage, ultimately resulting in a total electric motor burnout. The research method employed is a forensic investigation through dismantling and visual inspection, followed by a root cause analysis using the Root Cause Failure Analysis (RCFA) method with a fishbone diagram tool. Physical inspections confirmed severe cracking on the cast iron output casing, fatal wear leading to a total seizure of the output bearing, and deformation in the form of widening on the output shaft keyway. This mechanical jam forced the electric motor shaft into a locked rotor condition, triggering an extreme current surge that burned out the motor stator windings due to overheating. The analysis proves that this systemic failure was triggered by overload factors resulting from a sudden surge in palm fruit supply that induced shock loads, as well as method-related factors in the form of initial installation shaft misalignment, which generated cyclic bending moments (fatigue failure). As corrective actions, new replacements were made for the output casing, shaft, and bearing components, along with repairs to the motor stator windings. To prevent recurring failures in the future, it is recommended to conduct periodic shaft alignment using precision alignment methods, as well as recalibrating the Thermal Overload Relay (TOR) component in the electrical protection panel so that the current flow can be cut off automatically when mechanical jamming symptoms occur.

Keywords: Cycloidal Drive, Overload, Misalignment, Root Cause Failure Analysis, Thermal Overload Relay.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur selalu dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Diploma III Teknik Mesin, jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang tiada terhingga disampaikan kepada:

1. Kedua orang tua, yang telah memberikan dukungan, doa, dan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Nabila Yudisha, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan akademik mahasiswa.
4. Bapak Idrus Assagaf, S.S.T., M.T. dan Bapak Rahmat Noval, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan banyak bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen di Jurusan Teknik Mesin, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan sejak awal semester hingga akhir studi.
6. Kepada Bapak Angga Laksono selaku mentor dan juga kepada rekan – rekan mentor lainnya dari PT SM – Cyclo Indonesia yang telah memberikan ilmu dan juga informasi kepada penulis yang membantu dalam penyusunan tugas akhir ini



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang.

Jakarta, Juli 2026

Leopold Penegak Nusantara

NIM. 2302311115





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGHANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	- 1 -
1.1 Latar Belakang	- 1 -
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	- 3 -
1.3 Tujuan Penelitian	- 4 -
1.4 Manfaat Penelitian	- 4 -
1.5 Lokasi Objek Tugas Akhir	- 5 -
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	- 5 -
BAB II	- 6 -
2.1 Landasan Teori.....	- 6 -
2.1.1 Mekanisme Reduksi Cycloidal Drive	- 6 -
2.1.2 Teori Kegagalan Mekanik akibat Beban Berlebih (<i>Overload</i>)	- 8 -
2.1.3 Analisis Ketidaksejajaran (<i>Misalignment</i>) dan Distribusi Tegangan.....	- 11 -
2.2 Teori Dasar Tindakan Korektif dan Perawatan Preventif Transmisi	- 14 -
2.3 Kerangka pemikiran	- 15 -
BAB III	- 17 -
METODOLOGI PENELITIAN.....	- 17 -
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	- 17 -
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	- 17 -
3.1.2. Waktu Penelitian Penelitian, pengambilan data, dan penyusunan analisis kegagalan ini dilaksanakan secara bertahap dengan rincian sebagai berikut:	- 17 -
3.2 Diagram Alir (Flow Chart)	- 18 -
3.3 Penjelasan Langkah Kerja.....	- 19 -
3.4 Metode Pemecahan Masalah.....	- 20 -
3.4.1 Pendekatan Analisis Deskriptif dan Forensik Teknis	- 20 -
3.4.2 Metode Komparatif dan Korelasi Teoretis.....	- 21 -
3.4.3 Verifikasi Berbasis Data Primer dan Rekomendasi Teknis	- 21 -



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.4.4 Pendekatan Analisis Pohon Kesalahan (<i>Fault Tree Analysis / FTA</i>) ...	22 -
BAB IV	23 -
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23 -
4.1 Objek Penelitian dan Data Hasil Inspeksi	23 -
4.1.1 Profil Objek Penelitian	23 -
4.1.2 Data Hasil Pembongkaran (<i>Dismantling</i>) dan Inspeksi	24 -
4.2 Analisis Akar Masalah (<i>Failure Analysis</i>).....	26 -
4.2.1 Faktor Mesin dan Operasional (<i>Machine / Material</i>)	28 -
4.3 Rekomendasi Tindakan Korektif	30 -
4.4 Usulan Prosedur <i>Preventive Maintenance</i> (PM).....	32 -
BAB V	35 -
KESIMPULAN DAN SARAN.....	35 -
5.1 Kesimpulan	35 -
5.2 Saran.....	36 -
DAFTAR PUSTAKA	37 -

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2. 1 CYCLO FEATURES	- 6 -
GAMBAR 2. 2 ECCENTRIC BEARING	- 7 -
GAMBAR 2. 3 CYCLOIDAL DISC	- 7 -
GAMBAR 2. 4 RING GEAR HOUSING (OUTER ROLLERS)	- 8 -
GAMBAR 2. 5 JENIS-JENIS MISALIGNMENT	- 13 -
GAMBAR 3. 1 DIAGRAM ALIR	- 18 -
GAMBAR 3. 2 PETA KEGAGALAN SISTEM	- 22 -
GAMBAR 4. 1 UNIT CYCLO DRIVE	- 23 -
GAMBAR 4. 2 FISHBONE KEYWAY	- 26 -
GAMBAR 4. 3 FISHBONE STATOR MOTOR	- 27 -
GAMBAR 4. 4 FISHBONE ECC BEARING	- 27 -
GAMBAR 4. 5 FISHBONE OUTPUT CASING	- 28 -

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

TABEL 4. 1TABEL SPESIFIKASI TEKNIS UNIT GEARBOX CYCLO SUMITOMO ..	- 24 -
TABEL 4. 2 HASIL PEMBONGKARAN.....	- 25 -
TABEL 4. 3 TABEL MATRIKS REKOMENDASI PERBAIKAN DAN PENGGANTIAN KOMPONEN	- 32 -





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan kontribusi signifikan terhadap pasar global. Posisi ini menuntut efisiensi maksimal di setiap lini produksi agar kompetitif secara ekonomi dan keberlanjutan lingkungan. Salah satu faktor kunci dalam mencapai efisiensi tersebut adalah keberlangsungan operasional mesin-mesin produksi, khususnya sistem transmisi daya yang andal dan tahan terhadap beban berat serta kondisi operasional ekstrem.

Sistem transmisi yang digunakan dalam proses ini umumnya terdiri dari gear dan gearbox, salah satunya adalah *Gearbox Cycloidal Drive* dari *Sumitomo Drive Technologies*. *Gearbox* ini secara teoritis didesain untuk mampu menangani beban torsi tinggi dengan mekanisme kontak rolling yang minimizes keausan, sehingga diharapkan memiliki umur pakai (*lifetime*) yang panjang dan kinerja yang stabil.

Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan sebaliknya. Berdasarkan laporan inspeksi teknis nomor SRID0226014_HSL, ditemukan kegagalan fungsi yang fatal pada unit *Gearbox Cycloidal* CHHM-6195-71. Gejala awal yang terdeteksi meliputi motor penggerak yang terbakar pada bagian stator, pelebaran rumah pasak (*keyway*), serta retakan pada *output casing*. Fenomena ini mengindikasikan adanya gangguan pada komponen internal *gearbox* yang menyebabkan kerusakan masif, akhirnya berujung pada terhentinya proses produksi dan kerugian material serta waktu yang cukup besar.

Kerugian akibat downtime ini mempengaruhi efisiensi operasional secara langsung, memperbesar resiko ketidaktepatan pengiriman, dan berpotensi menurunkan kepercayaan pelanggan. Selain itu, kerusakan berulang dan kegagalan mendadak ini juga memicu biaya tak terduga yang bisa menambah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

beban pengeluaran perusahaan secara keseluruhan. Biaya tersebut mencakup kerugian langsung dari berhentinya operasional, biaya reparasi, serta potensi kehilangan hasil selama proses produksi tidak berjalan optimal.

Permasalahan utama yang sering muncul adalah ketidaksesuaian kondisi operasional dengan desain awal, terutama yang terkait dengan *overload* dan *misalignment*. *Overload* terjadi ketika beban torsi yang diterima *gearbox* melebihi batas kapasitas yang telah ditentukan, sering dipicu oleh lonjakan pasokan buah sawit yang tidak stabil atau terlalu banyak, serta kejadian beban kejut akibat pengangkutan yang kasar. Di sisi lain, *misalignment* atau ketidaksejajaran saat pemasangan awal—baik secara statis maupun dinamis—mengakibatkan distribusi beban yang tidak merata, yang menyebabkan keausan awal dan kerusakan struktural secara bertahap.

Pentingnya penelitian ini juga didukung oleh studi terdahulu terkait *gearbox cycloidal*. Studi *Misalignment effect on gearbox failure* (Kumar, P., & Hirani, H., 2021) [8] menunjukkan bahwa *misalignment* pada sistem transmisi dapat meningkatkan tegangan lokal, menimbulkan getaran berlebih, serta mempercepat keausan komponen. Hal ini sangat relevan pada *gearbox cycloidal* yang sensitif terhadap ketidaktepatan posisi poros. Sementara itu, penelitian *Verification of cycloidal gear train fault diagnosis methods* (Król, R., Olejarczyk, K., & Wikło, M., 2026)[7]. Menekankan bahwa beban berlebih (*overload*) pada *disc cycloidal* menghasilkan pola spektral khas yang mengindikasikan kerusakan. *Overload* terbukti mempercepat keausan lobus *cycloidal* dan memicu keretakan. Kedua studi ini memperkuat pemahaman bahwa faktor *misalignment* dan *overload* merupakan penyebab utama kegagalan prematur pada *gearbox cycloidal*. Penerapan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) sangat efektif dalam mengidentifikasi akar permasalahan serta mengembangkan solusi preventif.

Kerusakan pada *gearbox* tak hanya bersifat mekanis, tetapi juga berpotensi menyebabkan kegagalan elektrik seperti motor terbakar akibat lonjakan arus listrik saat rotor terkunci (*locked rotor*). Oleh karena itu, analisis menyeluruh



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan perbaikan yang tepat sangat diperlukan untuk meminimalkan risiko gangguan serupa di masa mendatang, serta meningkatkan kesiapan operasional dan keandalan sistem transmisi di industri kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang kegagalan mekanik sistemik pada unit *Gearbox Cyclo* CHHM-6195-71 milik PT Harapan Sawit Lestari, maka pertanyaan penelitian dalam Tugas Akhir ini dirumuskan sebagai berikut:

1. **Bagaimana kondisi aktual kerusakan fisik** serta batas toleransi pada komponen utama (*output casing*, *keyway* poros, *eccentric bearing*, dan stator motor) berdasarkan hasil pembongkaran (*dismantling*) dan inspeksi forensik?
2. **Bagaimana mekanisme kegagalan mekanik** berupa deformasi plastis pada lubang pasak (*keyway*) poros dan kemacetan total (*jammed*) pada *eccentric cam bearing* akibat beban kerja berlebih (*overload*) di lini proses pabrik kelapa sawit?
3. **Mengapa terjadi kegagalan lelah material (*fatigue failure*)** berupa keretakan parah pada struktur luar *output casing* (*housing*), dan bagaimana hubungannya dengan beban radial abnormal akibat ketidaksejajaran poros (*misalignment*)?
4. **Bagaimana alur logika hubungan sebab-akibat (efek domino)** berdasarkan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA) dari kerusakan mekanis komponen internal hingga mengakibatkan kondisi rotor terkunci (*locked rotor*) dan terbakarnya gulungan stator motor listrik?
5. **Apa saja rekomendasi tindakan korektif teknis** (perbaikan/penggantian komponen) serta parameter usulan prosedur perawatan preventif (*preventive maintenance*) yang tepat guna mencegah terulangnya kegagalan serupa di masa mendatang?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Tujuan Penelitian

1. **Mengidentifikasi kondisi aktual kerusakan fisik** serta batas toleransi komponen utama unit *Gearbox Cyclo* model CHHM-6195-71 berdasarkan hasil pembongkaran (*dismantling*) dan inspeksi forensik.
2. **Menganalisis akar penyebab kegagalan (*root cause*)** berupa deformasi plastis pada lubang pasak (*keyway*) poros dan kemacetan total (*jammed*) pada *eccentric cam bearing* akibat beban mekanis berlebih (*overload*).
3. **Membuktikan secara teoretis hubungan antara pola keretakan struktural** pada *output casing (housing)* dengan fenomena kegagalan lelah (*fatigue failure*) akibat ketidaksejajaran poros (*misalignment*).
4. **Memetakan alur logika hubungan sebab-akibat (efek domino)** menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menjelaskan bagaimana kemacetan mekanis memicu kondisi rotor terkunci (*locked rotor*) hingga mengakibatkan stator motor terbakar.
5. **Menyusun matriks rekomendasi tindakan korektif** (perbaikan/penggantian komponen) serta usulan prosedur jadwal perawatan preventif (*preventive maintenance*) harian, bulanan, dan berkala yang terstruktur bagi perusahaan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. **Bagi Peneliti:** Meningkatkan pemahaman praktis mengenai analisis kegagalan sistem transmisi *cycloidal* di industri nyata.
2. **Bagi Perusahaan (PT. HARAPAN SAWIT LESTARI):** Memberikan masukan teknis untuk meminimalisir *breakdown* mesin dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan.
3. **Bagi Akademik:** Menjadi referensi studi kasus mengenai durabilitas *gearbox cyclo* pada operasional industri kelapa sawit Indonesia.
4. **Bagi Institusi Pendidikan (Politeknik Negeri Jakarta):** Menjadi sarana penyalarsan (*link and match*) antara kurikulum akademis Program Studi D3 Teknik Mesin, khususnya bidang pemeliharaan dan perbaikan (*maintenance*), dengan dinamika problem teknis nyata di dunia kerja.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Bagi Workshop Penyedia Jasa Servis (PT SM Cyclo Indonesia):
Memberikan dokumen kajian teknis terstruktur berbasis metode RCFA (*Root Cause Failure Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*) yang dapat dijadikan tambahan referensi dalam memperkuat analisis forensik kerusakan (*Service Report*) bagi unit pelanggan di masa mendatang.

1.5 Lokasi Objek Tugas Akhir

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini dilaksanakan di **Kantor Cabang PT Sumitomo Drive Technologies Indonesia (SMID) Sampit, Kalimantan Tengah**. Adapun kegiatan konsultasi dengan dosen pembimbing tetap dilakukan di lingkungan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta..

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

- **BAB I PENDAHULUAN:** Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA:** Memuat landasan teori *cyclo drive*, kajian literatur, kerangka pemikiran, dan hipotesis.
- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN:** Menjelaskan objek penelitian, metode pengumpulan data servis, tahapan analisis kegagalan, dan diagram alir penelitian.
- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN:** Menyajikan data teknis hasil inspeksi, analisis perhitungan beban, dan pembahasan mengenai penyebab kerusakan.
- **BAB V PENUTUP:** Berisi kesimpulan dari hasil analisis dan saran untuk perbaikan sistem di masa depan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Berdasarkan hasil pembongkaran (*dismantling*) dan inspeksi fisik, unit *Gearbox Cyclo* CHHM-6195-71 mengalami kerusakan masif pada empat komponen utama, yaitu keretakan parah pada struktur luar *output casing*, deformasi plastis (oblong) pada *keyway* poros utama, kemacetan total (*jammed*) pada *eccentric cam bearing*, serta terbakarnya gulungan kawat tembaga stator motor listrik.
- Kegagalan mekanik pada komponen internal poros dan *bearing* disebabkan oleh beban berlebih (*overload*) dan beban kejut (*shock load*) yang melebihi kapasitas desain unit secara terus-menerus di lini proses pabrik kelapa sawit. Hal ini terbukti dari adanya tegangan geser (*shearing stress*) ekstrem yang melampaui batas luluh (*yield strength*) material poros, serta hancurnya lapisan film oli yang memicu gesekan langsung kaku (*scuffing*) pada *eccentric bearing*.
- Keretakan parah pada *output casing (housing)* dibuktikan terjadi akibat ketidaksejajaran poros (*misalignment*) antara poros *output gearbox* dengan poros mesin yang digerakkan. *Misalignment* ini menghasilkan gaya radial dinamis dan momen lentur berulang (*bending moment*) yang memicu kegagalan lelah material (*fatigue failure*) setelah menerima putaran jutaan kali pada area dudukan yang kaku.
- Alur logika hubungan sebab-akibat (efek domino) berdasarkan analisis FTA menunjukkan bahwa kerusakan elektrik (motor terbakar) merupakan akibat langsung dari kegagalan mekanis. Ketika *eccentric bearing* macet total dan posisi poros terganggu, poros motor terkunci paksa (*locked rotor*), menyebabkan arus listrik melonjak tajam melewati batas nominal (*locked*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

rotor current) yang menghasilkan panas ekstrem (*overheating*) hingga merusak kelas isolasi kawat stator.

- **Sebagai solusi teknis dan tindakan korektif**, direkomendasikan penggantian total (*replacement*) pada komponen *case-assy*, poros utama, dan *eccentric bearing*, serta opsi *rewinding* kawat kelas F/H pada stator motor. Untuk mencegah kerusakan berulang, perusahaan wajib menerapkan prosedur *preventive maintenance* yang ketat, meliputi *thermal check* harian (maksimal 90°C), kalibrasi *Thermal Overload Relay* (TOR) bulanan ($1.1-1.15 I_n$), serta *re-alignment* berkala menggunakan *dial indicator* dengan batas toleransi ketidaksejajaran maksimal 0.05 mm.

5.2 Saran

Untuk mencegah terulangnya kegagalan serupa di masa mendatang, disarankan bagi tim pemeliharaan pabrik untuk menerapkan prosedur *Preventive Maintenance* secara disiplin sesuai panduan resmi *Sumitomo Maintenance Manual*, yang mencakup pemantauan kondisi harian secara komprehensif seperti menjaga suhu permukaan *bearing housing* maksimal 90°C, memantau tingkat getaran agar tidak melebihi batas aman operasional > 4,5 mm/s RMS demi mendeteksi gejala kerusakan dini, serta melakukan inspeksi akustik untuk memastikan intensitas kebisingan tidak melampaui batas aman operasional > 75 dBA atau ambang batas regulasi industri > 85 dBA akibat kontak logam ekstrem. Di samping itu, tim pemeliharaan wajib melakukan penggantian oli berkala setiap 2500 jam kerja, memodernisasi metode *re-alignment* menggunakan *dial indicator* atau laser dengan batas toleransi ketat < 0,05 mm demi mengeliminasi gaya radial dan momen lentur pada *casing*, serta melakukan kalibrasi ulang pada *Thermal Overload Relay* (TOR) di panel kontrol listrik dengan mengatur ambang batas pemutusan arus berada di angka toleransi 10% hingga 15% di atas arus beban penuh motor (kisaran nominal 11,1 A), sehingga aliran listrik dapat langsung terputus secara otomatis saat terjadi gejala kemacetan mekanis sebelum kumparan motor sempat mengalami kerusakan fatal atau terbakar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Hussain, A. (2020). Effects of angular and parallel misalignment on the dynamic characteristics and failure modes of industrial gear drives.
- [2] Csobán, A. (2021). Impacts of a profile failure of the cycloidal drive of a planetary gear on transmission gear. *Lubricants*, 9(7), 71.
- [3] Feng, Z., Gao, T., Yikun, E., Zhang, Y., & Lin, Z. (2026). Motor current AM-FM models and joint demodulation analysis for rotate vector reducer cycloid gear bearing fault diagnosis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 246, 113901.
- [4] Fiorineschi, L., Frillici, F. S., Pugi, L., & Rotini, F. (2023). Impact of Cycloid's and Roller's dimensional errors on the performance of a cycloidal drive for power transmission. *Machines*, 11(8), 772.
- [5] Ilham, N. (2025). Evaluasi kegagalan pada komponen gear drive shaft menggunakan metode failure analysis. *Jurnal Teknik Mesin USB YPKP*, 10(2), 114–122.
- [6] I. Komorska, K. Olejarczyk, A. Puchalski, M. Wikło, and Z. Wołczyński, “Fault Diagnosing of Cycloidal Gear Reducer Using Statistical Features of Vibration Signal and Multifractal Spectra,” *Sensors*, vol. 23, no. 3, 2023, doi:10.3390/s23031645.
- [7] KRÓL, R., OLEJARCZYK, K., & WIKŁO, M. (2026). Verification of the Cycloidal Gear Train Fault Diagnosis Methods Based on Measured Data. *Acta Mechanica et Automatica*, 20(1).
- [8] Kumar, P., & Hirani, H. (2021). Misalignment effect on gearbox failure: An experimental study. *Measurement*, 169, 108492.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [9] Li, T., Xu, H., & Tian, M. (2020). A Loaded Analysis Method for RV Cycloidal-pin Transmission Based on the Minimum Energy Principle. *Journal of Mechanical Engineering*, 66(11), 655–667.
- [10] Li, Z., et al. (2024). Design Principle and Numerical Analysis for Cycloidal Drive Considering Clearance, Deformation, and Friction. *Alexandria Engineering Journal*.
- [11] M. Manual, “Cyclo Drive CM2001E-8.indd,” pp. 1–40.
- [12] J. A. Martins and E. C. Romao, “Fracture Analysis of a Cycloidal Gearbox as a Yaw Drive on a Wind Turbine,” *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 14, no. 1, pp. 12640–12645, 2024, doi:10.48084/etasr.6613.
- [13] Rao, S., Mirji, A., & Ramachandra, C. G. (2021). Dynamic analysis of a cycloidal gearbox using finite element method. *Sumitomo Drive Technologies Research Collection*, 5(2), 14–23.
- [14] S. F. Report, “SERVICE FINAL REPORT,” 2026.
- [15] X. Song, Y. Chen, and J. Yang, “Study of the Transmission Characteristics of the Cycloid Gear Based on a Multi-Objective Optimization Modification,” *Machines*, vol. 11, no. 8, 2023, doi:10.3390/machines11080775.
- [16] Tan, H., Xiao, Z., & Zhang, Q. (2024). Analysis of the Degradation in Transmission Accuracy of RV Reducers Considering the Wear Clearance Between Cycloidal Wheels and Pinwheels. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C*.
- [17] Tsai, Y. T., & Lin, K. H. (2020). Dynamic analysis and reliability evaluation for an eccentric speed reducer based on FEM. *Journal of Mechanics*, 36(3), 395–403.
- [18] Xu, L. X. (2019). A Dynamic Model to Predict the Number of Pins to Transmit Load in a Cycloidal Reducer with Assembling Clearance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [19] Zhang, Y., et al. (2022). Design and Load Distribution Analysis of the Mismatched Cycloid-Pin Gear Pair in RV Speed Reducers. *Machines*, 10(8), 672.
- [20] Zhang, Y., et al. (2026). Electromechanical Coupling Dynamic Modeling and Motor Current Analysis for Fault Diagnosis of Rotate Vector Reducers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 246, 113903.

