



TUGAS AKHIR- AB 1956'409

**ANALISIS KEGAGALAN SISTEM KOPLING
MENGUNAKAN *ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS*
(RCFA) PADA UNIT FORKLIFT FD30**

Oleh:

Moh Febrian Diyanto

NRP. 33212301029

Dosen Pembimbing 1

Annafiyah, S.Si., M.T

Dosen Pembimbing 2

Amin Jakfar, S.T., M.T

**PRODI D3 TEKNIK MESIN ALAT BERAT
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI
POLITEKNIK NEGERI MADURA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh Febrian Diyanto
NRP : 33212301029
Program Studi : Teknik Mesin Alat Berat
Jurusan : Rekayasa Mesin Dan Industri
Tahun Akademik : 2025/2026

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **Analisis Kegagalan Sistem Kopling Menggunakan *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) pada Unit Forklift FD30** adalah original, belum pernah dibuat oleh pihak lain, dan bebas dari plagiarisme.

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarbenarnya.

Sampang, 29 Juli 2026

Yang menyatakan,



Moh Febrian Diyanto
NRP. 33212301029

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Analisis Kegagalan Sistem Kopling Menggunakan Root Cause Failure Analysis (RCFA) Pada Unit Forklift FD30

Penulis : Moh Febrian Diyanto

NRP : 33212301029

Jurusan : Rekayasa Mesin Dan Industri

Program Studi : Teknik Mesin Alat Berat

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk mengikuti Seminar Hasil Tugas Akhir.

Ditandatangani di Sampang,

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Annafiyah, S.Si., M.T.
NIP. 198709072019032011



Amin Jakfar, S.T., M.T.
NIP. 198106242021211004

Koordinator Program Studi
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIP. 197705222021211005

Koordinator TA
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si.
NIP. 199006062024212053

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Kegagalan Sistem Kopling Menggunakan Root Cause Failure Analysis (RCFA) pada Unit Forklift FD30
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md. T.)

Pada

Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri
Program Studi Teknik Mesin Alat Berat
Politeknik Negeri Madura

Oleh:

Moh Febrian Diyanto
NRP: 33212301029

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 29 Juli 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Annafiyah, S.Si., M.T..... (Pembimbing I)
2. Amin Jakfar, S.T., M.T..... (Pembimbing II)
3. Misbakhul Fatah, S.T., M.T..... (Penguji I)
4. Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si..... (Penguji II)
5. Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T..... (Penguji III)

SAMPANG

29 Juli 2026

ANALISIS KEGAGALAN SISTEM KOPLING MENGUNAKAN *ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS* (RCFA) PADA UNIT FORKLIFT FD30

Nama : Moh Febrian Diyanto
NRP : 33212301029
Pembimbing 1 : Annafiyah, S.Si., M.T
Pembimbing 2 : Amin Jakfar, S.T., M.T

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan sistem kopling forklift FD30 serta menentukan usulan perbaikan untuk mencegah terulangnya kegagalan. Metode penelitian dilakukan melalui observasi, wawancara teknisi, pemeriksaan sistem hidrolik, pengukuran tinggi pedal kopling, serta pemeriksaan komponen sistem kopling. Analisis dilakukan menggunakan *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor penyebab dan menentukan *Root Cause*. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa tinggi pedal kopling sebesar 114 mm, tidak sesuai dengan standar 153 mm, serta ditemukan penggunaan *master cylinder* yang tidak sesuai dengan spesifikasi forklift FD30. Sementara itu, *release fork*, *release bearing*, *pressure plate*, *clutch disc*, dan *flywheel* berada dalam kondisi normal. Berdasarkan hasil RCFA, dilakukan penyetelan tinggi pedal kopling dan penggantian *master cylinder* dengan komponen yang sesuai. Perbaikan tersebut meningkatkan kelancaran perpindahan gigi dan menjadi dasar tindakan pencegahan melalui pemeriksaan berkala serta *preventive Maintenance*.

Kata kunci: Sistem Kopling, Forklift FD30, Kerusakan Komponen, *Root Cause Failure Analysis*, *Maintenance*.

***ANALYSIS OF CLUTCH SYSTEM FAILURES USING
ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS (RCFA) ON THE
FD30 FORKLIFT***

Name : Moh Febrian Diyanto
NRP : 33212201029
Supervisor 1 : Annafiyah, S.Si., M.T.
Supervisor 2 : Amin Jakfar, S.T., M.T.

ABSTRACT

This study aims to apply the Root Cause Failure Analysis (RCFA) method to identify the Root Causes of failure in the FD30 forklift's clutch system and to propose corrective measures to prevent a recurrence of the failure. The research methodology involved observation, interviews with technicians, inspection of the hydraulic system, measurement of the clutch pedal height, and examination of the clutch system components. The analysis was carried out using a Fishbone Diagram to identify contributing factors and determine the Root Cause. The inspection results showed that the clutch pedal height was 114 mm, which did not comply with the standard of 153 mm, and it was found that the master cylinder used did not meet the specifications for the FD30 forklift. Meanwhile, the release fork, release bearing, pressure plate, clutch disc and flywheel were in normal condition. Based on the RCFA results, the clutch pedal height was adjusted and the master cylinder was replaced with a suitable component. These repairs improved the smoothness of gear changes and formed the basis for preventative measures through regular inspections and preventative Maintenance.

Keywords: Clutch System, FD30 Forklift, Component Failure, Root Cause Failure Analysis, Maintenance.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Analisis Kegagalan Sistem Kopling Menggunakan *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) pada Unit Forklift FD30”** dengan baik dan tepat waktu. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Politeknik Negeri Madura.

Terwujudnya proposal tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Yth. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Madura.
2. Yth. Bapak Mohammad Anas Fikri, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri.
3. Ibu Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si., sebagai Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Alat Berat.
4. Yth. Ibu Annafiyah, S.Si., M.T. Selaku dosen pembimbing 1 yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Yth. Bapak Amin Jakfar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 dan sebagai Sekretaris Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

6. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.
7. Ayah, ibu dan orang terdekat yang selalu dengan ikhlas mendoakan serta memberi dukungan demi kelancaran pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman-teman penulis atas dukungannya dan saran yang telah diberikan kepada penulis.
9. Terakhir untuk diri saya sendiri, terima kasih telah bertahan dan terus berusaha menyelesaikan setiap proses dalam penyusunan tugas akhir ini. Berbagai kesulitan dan tekanan yang dihadapi menjadi bagian dari perjalanan yang mengajarkan untuk tetap sabar, bertanggung jawab, dan tidak mudah menyerah. Terima kasih telah menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Sampang, 29 Juli 2026

Moh Febrian Diyanto
NRP. 33212301029

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	Error!
Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.1.1 Penelitian tentang <i>Root Cause Failure Analysis</i> (RCFA) pada Alat Berat	6
2.1.2 Penelitian tentang Kerusakan Sistem Kopling pada Alat Berat	7
2.2 Tinjauan Umum Forklift FD30	9
2.2.1 Pengertian Forklift	9
2.2.2 Spesifikasi Umum Forklift Diesel FD30	9
2.3 Sistem Kopling	10
2.3.1 Pengertian Sistem Kopling	10
2.3.2 Fungsi Sistem Kopling	10
2.3.3 Prinsip Kerja Sistem Kopling	10
2.4 Komponen Sistem Kopling	11

2.4.1 <i>Clutch Pedal</i>	11
2.4.2 <i>Master Cylinder</i>	12
2.4.3 <i>Clutch Fork</i>	12
2.4.4 <i>Release Bearing</i>	13
2.4.5 <i>Pressure Plate</i>	13
2.4.6 <i>Clutch Disc</i>	14
2.4.7 <i>Flywheel</i>	14
2.5 Kerusakan Sistem Kopling	15
2.5.1 Pengertian Kerusakan Sistem Kopling	15
2.5.2 Jenis-Jenis Kerusakan Sistem Kopling	15
2.5.3 Gejala Kerusakan Sistem Kopling	15
2.5.4 Faktor Penyebab Kerusakan Sistem Kopling.....	15
2.6 Perawatan dan Pemeliharaan Sistem Kopling	16
2.6.1 Pengertian <i>Maintenance</i>	16
2.6.2 Standar Perawatan Sistem Kopling Forklift Diesel	16
2.6.3 Hubungan Perawatan dengan Tingkat Kerusakan Komponen.....	16
2.7 <i>Root Cause Failure Analysis</i> (RCFA)	16
2.7.1 Pengertian <i>Root Cause Failure Analysis</i>	16
2.7.2 Tujuan dan Manfaat RCFA.....	17
2.7.3 Tahapan Pelaksanaan RCFA.....	17
2.7.4 Kelebihan dan Keterbatasan Metode RCFA	17
2.8 Teknik Analisis dalam RCFA	18
2.8.1 <i>Failure Mode Identification</i>	18
2.8.2 <i>Fishbone Diagram</i>	18
2.8.3 Penentuan Akar Penyebab Kegagalan	18
2.9 Perbedaan RCFA dan <i>Troubleshooting</i>	18
2.9.1 <i>Root Cause Failure Analysis</i> (RCFA)	18
2.9.2 <i>Troubleshooting</i>	19
2.9.3 Tujuan	19

2.10 Penerapan Hukum Pascal pada Sistem Hidrolik Kopling	20
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Tahapan Penelitian.....	21
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.1.2 Spesifikasi Alat dan Bahan	21
3.1.3 Proses dan Prosedur Penelitian	22
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Penerapan metode <i>Root Cause Failure Analysis</i> (RCFA)	24
4.1.1 Identifikasi Masalah dengan Wawancara Teknisi	24
4.1.2 Identifikasi dan Analisis Kegagalan Sistem Kopling	25
4.2 Pembahasan	34
4.2.1 Analisis RCFA Menggunakan <i>Fishbone Diagram</i>	34
4.2.2 Penentuan <i>Root Cause</i> (Akar Penyebab)	36
4.2.3 Usulan Perbaikan	38
4.3 Efektivitas dan Pembeda RCFA dengan Metode Sejenis.....	40
4.3.1 Efektivitas Penerapan RCFA	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
BIODATA PENULIS	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen Sistem Kopling	11
Gambar 2. 2 <i>Clutch Pedal</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Master Cylinder</i>	12
Gambar 2. 4 <i>Clutch Fork</i>	12
Gambar 2. 5 <i>Release Bearing</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Pressure Plate</i>	13
Gambar 2. 7 <i>Clutch Disc</i>	14
Gambar 2. 8 <i>Flywheel</i>	14
Gambar 2. 9 Penerapan Hukum Pascal	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4. 1 Pengukuran Tinggi <i>Clutch Pedal</i>	27
Gambar 4. 2 Pemeriksaan <i>Master Cylinder</i>	28
Gambar 4. 3 Pemeriksaan <i>Release Fork</i>	29
Gambar 4. 4 Pemeriksaan <i>Release Bearing</i>	30
Gambar 4. 5 Pemeriksan <i>Pressure Plate</i>	30
Gambar 4. 6 Pemeriksaan <i>Clutch Disc</i>	31
Gambar 4. 7 Pemeriksaan <i>Flywheel</i>	32
Gambar 4. 8 <i>Fishbone Diagram</i>	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tujuan	19
Tabel 4. 1 Riwayat Kerusakan	25
Tabel 4. 2 Tabel Pemeriksaan	26
Tabel 4. 3 Hasil pengukuran tinggi <i>Clutch Pedal</i>	27
Tabel 4. 4 Kesimpulan Hasil Pemeriksaan.....	33
Tabel 4.5 Penentuan <i>Root Cause</i>	36
Tabel 4.6 Usulan Perbaikan	38
Tabel 4.7 <i>Inspection and Maintenance Clutch</i>	39
Tabel 4.8 Efektivitas dan Pembeda RCFA.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri, logistik, pergudangan, dan manufaktur di Indonesia telah mendorong peningkatan penggunaan alat berat pendukung operasional, salah satunya forklift. Forklift memiliki peran penting dalam proses pemindahan, pengangkatan, dan penyusunan material sehingga keberadaannya sangat memengaruhi kelancaran aktivitas produksi maupun distribusi barang. Tingginya intensitas penggunaan forklift menyebabkan komponen-komponen utama pada unit tersebut bekerja secara terus-menerus dan berpotensi mengalami penurunan kinerja maupun kerusakan. Salah satu komponen yang memiliki peranan vital adalah sistem kopling yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan tenaga dari mesin menuju sistem transmisi. Apabila sistem kopling mengalami kerusakan, maka proses penyaluran tenaga menjadi tidak optimal sehingga dapat menurunkan produktivitas kerja, meningkatkan downtime, serta menambah biaya pemeliharaan dan perbaikan yang harus ditanggung perusahaan. Oleh karena itu, pemeliharaan dan analisis kerusakan sistem kopling menjadi aspek penting dalam menjaga keandalan operasional forklift di lingkungan industri. [1]

Dalam kegiatan operasional sehari-hari, sistem kopling forklift sering mengalami berbagai bentuk kerusakan seperti keausan kampas kopling, hingga kesulitan perpindahan gigi. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain usia pakai komponen, beban kerja yang berlebihan, kesalahan pengoperasian oleh operator. Selain berdampak pada penurunan performa unit, kerusakan sistem kopling juga dapat

mengganggu jadwal operasional perusahaan karena forklift tidak dapat digunakan secara maksimal. Kondisi ini menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh faktor teknis komponen, tetapi juga berkaitan dengan faktor manusia, metode kerja, dan sistem pemeliharaan yang diterapkan perusahaan. Dengan demikian, diperlukan suatu metode analisis yang mampu mengidentifikasi akar penyebab kerusakan secara sistematis sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan dapat lebih tepat sasaran dan efektif. [2]

Metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam dunia industri untuk mengidentifikasi penyebab utama suatu kegagalan peralatan. Metode ini memungkinkan proses analisis dilakukan secara mendalam melalui penelusuran hubungan sebab-akibat hingga ditemukan akar masalah yang sebenarnya. Penerapan RCFA tidak hanya berfokus pada gejala kerusakan yang terlihat di permukaan, tetapi juga menelusuri faktor-faktor yang mendasari terjadinya kegagalan, baik yang berasal dari aspek manusia, mesin, metode, material, maupun lingkungan kerja. Dengan mengetahui akar penyebab kerusakan secara akurat, perusahaan dapat menyusun strategi pencegahan yang lebih efektif sehingga potensi terjadinya kerusakan berulang dapat diminimalkan. Pendekatan ini dinilai lebih komprehensif dibandingkan tindakan perbaikan yang hanya berfokus pada penggantian komponen yang rusak tanpa mengetahui sumber permasalahan yang sebenarnya. [1]

Berdasarkan kondisi tersebut, analisis kerusakan sistem kopling pada unit forklift FD30 menjadi penting untuk dilakukan karena komponen ini memiliki pengaruh langsung terhadap kinerja dan produktivitas alat. Kerusakan yang tidak segera diidentifikasi akar penyebabnya berpotensi menimbulkan kerugian operasional yang lebih besar, baik dari sisi waktu, biaya, maupun efektivitas penggunaan alat. Melalui penerapan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA), diharapkan faktor-faktor penyebab kerusakan sistem kopling dapat diketahui secara lebih rinci sehingga perusahaan dapat menentukan langkah perbaikan dan pemeliharaan yang lebih tepat. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dalam meningkatkan keandalan forklift serta mendukung terciptanya sistem pemeliharaan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian mengenai analisis kerusakan sistem kopling pada forklift FD30 memiliki nilai penting baik dari aspek akademis maupun praktis dalam mendukung peningkatan kinerja peralatan industri. [3]

Lebih lanjut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pemeliharaan mesin dan alat berat, khususnya dalam penerapan RCFA pada sistem kopling forklift. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat mengurangi *downtime* unit, serta meningkatkan operasional forklift FD30. Oleh karena itu, penelitian lanjutan mengenai topik ini menjadi sangat penting dan relevan untuk dilakukan guna menjawab permasalahan aktual yang dihadapi dunia industri saat ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana penerapan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan sistem kopling pada forklift FD30?
2. Bagaimana usulan perbaikan yang dapat dilakukan berdasarkan hasil analisis *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk mencegah terulangnya kegagalan pada sistem kopling forklift FD30?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah merupakan ruang lingkup masalah yang ingin dibatasi oleh penulis, maka batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Metode analisis kegagalan yang digunakan dalam penelitian ini hanya *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) tanpa membandingkan dengan metode analisis kegagalan lainnya seperti FMEA, FTA, atau RCM.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada forklift diesel tipe FD30 dan tidak membahas jenis forklift lain seperti forklift listrik atau LPG.

1.4 Tujuan

Dengan demikian tujuan penelitian tugas akhir yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk mengidentifikasi akar penyebab utama kegagalan sistem kopling forklift FD30..
2. Menyusun usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk mencegah terulangnya kegagalan pada sistem kopling forklift FD30.

1.5 Manfaat

Membantu teknisi dan mekanik dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan sistem kopling forklift FD30 secara lebih sistematis dan berbasis data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

2.1.1 Penelitian tentang *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) pada Alat Berat

Pratama dan Yulawati (2023) melakukan penelitian berjudul “*Penerapan Metode Overall Resource Effectiveness (ORE) dan Root Cause Failure Analysis (RCFA) untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin*” yang dipublikasikan dalam ***Journal of Industrial and Systems Optimization***. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas mesin industri dengan mengombinasikan metode ORE dan RCFA. Metode RCFA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab rendahnya efektivitas mesin berdasarkan data downtime dan kehilangan kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor utama penyebab kegagalan mesin berasal dari kerusakan komponen mekanis akibat kurangnya perawatan preventif dan ketidaksesuaian prosedur operasional. Rekomendasi yang diberikan berupa peningkatan jadwal perawatan, perbaikan SOP, dan pengawasan operasional yang lebih ketat.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Rafi’i et al. (2025) dengan judul “*Analisis Kerusakan Komponen Sistem Power train Menggunakan Root Cause Failure Analysis (RCFA) pada PT. Cipta Kridatama Samarinda*” yang dipublikasikan dalam ***VENUS: Journal of Engineering and Applied Sciences*** berfokus pada alat berat di sektor pertambangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan sistem *power train* yang sering menyebabkan downtime tinggi. Metode yang digunakan adalah RCFA dengan tahapan identifikasi

kegagalan, analisis sebab-akibat, dan penentuan akar masalah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan dominan disebabkan oleh beban kerja berlebih, kualitas pelumasan yang tidak optimal, serta keterlambatan pelaksanaan *Maintenance*. Rekomendasi perbaikan diarahkan pada optimalisasi preventive *Maintenance* dan pengendalian beban kerja unit.

2.1.2 Penelitian tentang Kerusakan Sistem Kopling pada Alat Berat

Penelitian yang dilakukan oleh Irsal Revanza, Surojo, Harjono, dan Braam Delfian Prihadianto (2025) berjudul Analisis Penyebab Kerusakan Transmisi Dump Truck LGMG CMT 96 DT 060-032 di PT Ansaf Inti Resources. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan transmisi pada unit dump truck yang digunakan dalam kegiatan pertambangan. Metode yang digunakan adalah analisis kegagalan (*failure analysis*) melalui pemeriksaan komponen transmisi yang mengalami kerusakan, observasi lapangan, serta evaluasi kondisi operasional alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan terjadi pada komponen kopling pengunci yang mengalami keausan akibat temperatur kerja yang tinggi. Ditemukan pula adanya fenomena kopling selip yang menyebabkan gesekan berlebih sehingga mempercepat kerusakan komponen kopling. Faktor utama penyebab kerusakan berasal dari pengoperasian unit yang kurang sesuai dengan prosedur operasional sehingga mengakibatkan beban kerja dan panas berlebih pada sistem transmisi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemeliharaan yang terjadwal serta peningkatan kompetensi operator sangat diperlukan untuk meminimalkan kerusakan pada sistem kopling dan transmisi.

Sementara itu, Penelitian yang dilakukan oleh Galang Tegar Darmawan, Sulaeman Deni Ramdani, dan Suadi (2023) berjudul Analisis Kerusakan Sistem Kopling pada Mesin Toyota Avanza Tahun 2003. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis jenis kerusakan yang terjadi pada sistem kopling serta menentukan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan tersebut. Metode penelitian yang digunakan berupa observasi langsung terhadap komponen kopling, pengujian kondisi komponen, dan analisis penyebab kerusakan berdasarkan gejala yang muncul pada kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan dominan terjadi pada kampas kopling, pegas diafragma, dan release bearing. Kerusakan tersebut disebabkan oleh keausan akibat penggunaan jangka panjang serta kebiasaan pengoperasian yang tidak sesuai, seperti penggunaan setengah kopling (half clutch) secara terus-menerus dan perpindahan gigi yang tidak tepat. Kondisi tersebut mengakibatkan penurunan efisiensi penyaluran tenaga dari mesin ke transmisi serta menurunkan performa kendaraan secara keseluruhan.

Keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan:

Meskipun objek penelitian ini adalah kendaraan ringan, hasil penelitian memberikan dasar teoritis yang kuat mengenai mekanisme kerusakan kopling dan faktor-faktor penyebabnya. Persamaan penelitian terletak pada pembahasan mengenai keausan komponen kopling dan pengaruh faktor operasional terhadap kerusakan. Adapun perbedaannya adalah objek penelitian yang digunakan, di mana penelitian Darmawan dkk. (2023) dilakukan pada kendaraan penumpang, sedangkan penelitian yang akan dilakukan berfokus pada sistem kopling alat berat yang bekerja pada kondisi beban dan lingkungan operasi yang lebih berat.

Kesenjangan penelitian (*research gap*) yang dapat diidentifikasi adalah minimnya penelitian yang secara khusus menganalisis kerusakan sistem kopling forklift diesel menggunakan pendekatan RCFA, terutama pada unit forklift FD30 yang banyak digunakan di sektor industri. Penelitian sebelumnya juga cenderung memberikan rekomendasi umum tanpa pemetaan akar penyebab yang mendalam pada tiap komponen sistem kopling.

Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dengan mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis kerusakan komponen sistem kopling forklift FD30 menggunakan metode RCFA. Penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi jenis kegagalan, tetapi juga menentukan akar penyebab utama secara sistematis serta memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih spesifik untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional forklift

2.2 Tinjauan Umum Forklift FD30

2.2.1 Pengertian Forklift

Forklift merupakan alat angkut industri yang digunakan untuk memindahkan, mengangkat, dan menurunkan material atau barang dalam jarak pendek, terutama di area pergudangan, pelabuhan, dan fasilitas industri. Forklift dirancang untuk menangani beban berat dengan efisiensi tinggi serta meningkatkan produktivitas kerja dan keselamatan operasional [4].

2.2.2 Spesifikasi Umum Forklift Diesel FD30

Forklift diesel FD30 adalah jenis forklift dengan kapasitas angkat sekitar 3 ton yang menggunakan mesin diesel sebagai sumber tenaga utama. Mesin diesel pada forklift FD30 umumnya memiliki karakteristik torsi tinggi, konsumsi bahan

bakar yang relatif efisien, serta daya tahan yang baik untuk penggunaan jangka panjang pada lingkungan kerja berat [4].

2.3 Sistem Kopling

2.3.1 Pengertian Sistem Kopling

Sistem kopling adalah komponen pada kendaraan yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan tenaga dari mesin ke transmisi. Sistem ini memungkinkan kendaraan melakukan perpindahan gigi dengan halus tanpa menyebabkan kerusakan pada komponen transmisi. Pada forklift, sistem kopling berperan penting dalam menjaga kelancaran penyaluran tenaga saat kendaraan beroperasi dan mengangkat beban. [5]

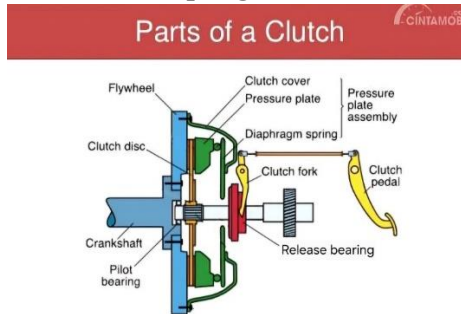
2.3.2 Fungsi Sistem Kopling

Fungsi utama sistem kopling adalah menghubungkan dan memutuskan tenaga mesin ke transmisi sesuai kebutuhan operasi kendaraan. Selain itu, sistem kopling membantu memperlancar perpindahan gigi, mengurangi kejutan beban pada sistem transmisi, serta meredam getaran yang dihasilkan mesin selama kendaraan beroperasi. [5]

2.3.3 Prinsip Kerja Sistem Kopling

Prinsip kerja sistem kopling didasarkan pada gaya gesek antara *clutch disc*, *pressure plate*, dan *flywheel*. Saat pedal kopling dilepas, *clutch disc* terjepit di antara *flywheel* dan *pressure plate* sehingga tenaga mesin diteruskan ke transmisi. Sebaliknya, saat pedal kopling diinjak, tekanan pada *clutch disc* berkurang sehingga aliran tenaga dari mesin ke transmisi terputus. [5]

2.4 Komponen Sistem Kopling



Gambar 2. 1 Komponen Sistem Kopling

Sumber: [6]

Keterangan:

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Clutch Pedal</i> | 6. <i>Pressure Plate</i> |
| 2. <i>Master Cylinder</i> | 7. <i>Clutch Disc</i> |
| 3. <i>Clutch Fork</i> | 8. <i>Flywheel</i> |
| 4. <i>Release Bearing</i> | |

2.4.1 *Clutch Pedal*

Clutch pedal merupakan komponen yang digunakan operator untuk mengendalikan kerja sistem kopling. Saat pedal diinjak, hubungan tenaga antara mesin dan transmisi akan terputus sehingga perpindahan gigi dapat dilakukan dengan mudah. [7]



Gambar 2. 2 *Clutch Pedal*

Sumber: [8]

2.4.2 Master Cylinder

Master cylinder berfungsi mengubah gaya mekanis dari pedal kopling menjadi tekanan hidrolik yang diteruskan ke mekanisme pelepas kopling. Komponen ini berperan penting dalam memastikan sistem kopling bekerja dengan baik. [7]



Gambar 2. 3 *Master Cylinder*
Sumber: [9]

2.4.3 Clutch Fork

Clutch fork adalah tuas yang meneruskan tekanan dari sistem hidrolik menuju release bearing. Komponen ini membantu proses pelepasan kopling saat pedal diinjak. [7]



Gambar 2. 4 *Clutch Fork*
Sumber: [10]

2.4.4 Release Bearing

Release bearing berfungsi menekan pegas diafragma pada *pressure plate* sehingga *clutch disc* terlepas dari *flywheel*. Komponen ini bekerja saat pedal kopling diinjak. [11]



Gambar 2. 5 *Release Bearing*
Sumber: [12]

2.4.5 Pressure Plate

Pressure plate berfungsi memberikan tekanan pada *clutch disc* agar tenaga mesin dapat diteruskan ke transmisi. Tekanan yang dihasilkan menentukan kemampuan kopling dalam mentransmisikan torsi. [5]



Gambar 2. 6 *Pressure Plate*
Sumber: [13]

2.4.6 *Clutch Disc*

Clutch disc merupakan komponen yang menerima dan meneruskan tenaga dari *flywheel* ke transmisi melalui gaya gesek. Komponen ini dilengkapi kampas kopling yang dapat mengalami keausan selama penggunaan. [11]



Gambar 2. 7 *Clutch Disc*
Sumber: [14]

2.4.7 *Flywheel*

Flywheel adalah komponen yang terhubung dengan poros engkol mesin dan berfungsi sebagai bidang gesek bagi *clutch disc*. Selain itu, flywheel membantu menjaga kestabilan putaran mesin. [11]



Gambar 2. 8 *Flywheel*
Sumber: [15]

2.5 Kerusakan Sistem Kopling

2.5.1 Pengertian Kerusakan Sistem Kopling

Kerusakan adalah kondisi ketika suatu komponen tidak dapat menjalankan fungsi sesuai dengan tujuan perancangannya. Pada sistem kopling, kerusakan menyebabkan terganggunya proses pemutusan dan penyaluran tenaga dari mesin ke transmisi sehingga kinerja kendaraan menurun. Kerusakan dapat terjadi akibat keausan, kelelahan material, maupun kesalahan pengoperasian. [5]

2.5.2 Jenis-Jenis Kerusakan Sistem Kopling

Kerusakan yang umum terjadi pada sistem kopling meliputi *slip clutch* (kopling selip), *clutch drag* (kopling tidak terlepas sempurna), keausan *clutch disc*, kerusakan *release bearing*, serta kerusakan *pressure plate*. Kerusakan tersebut dapat mengurangi efisiensi penyaluran tenaga dan mengganggu pengoperasian kendaraan. [11]

2.5.3 Gejala Kerusakan Sistem Kopling

Gejala kerusakan sistem kopling antara lain perpindahan gigi yang sulit, tenaga kendaraan berkurang, timbul suara tidak normal pada area kopling, getaran saat kendaraan berjalan, dan terjadinya selip ketika akselerasi. Gejala-gejala tersebut dapat digunakan sebagai indikasi awal untuk melakukan pemeriksaan lebih lanjut. [7]

2.5.4 Faktor Penyebab Kerusakan Sistem Kopling

Kerusakan sistem kopling dapat disebabkan oleh keausan komponen akibat pemakaian, beban kerja yang berlebihan, kesalahan pengoperasian, kurangnya perawatan, serta kualitas material yang menurun. Faktor-faktor tersebut dapat mempercepat terjadinya kegagalan komponen dan menurunkan keandalan sistem kopling. [11]

2.6 Perawatan dan Pemeliharaan Sistem Kopling

2.6.1 Pengertian *Maintenance*

Maintenance adalah kegiatan pemeriksaan, perawatan, dan perbaikan yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi peralatan agar dapat beroperasi sesuai fungsinya. Tujuan *Maintenance* adalah mengurangi kerusakan, dan memperpanjang umur pakai komponen. [4].

2.6.2 Standar Perawatan Sistem Kopling Forklift Diesel

Perawatan sistem kopling forklift diesel dilakukan dengan memeriksa kondisi sistem kopling secara berkala. Komponen yang mengalami keausan atau kerusakan harus segera diperbaiki atau diganti agar kinerja kopling tetap optimal. [7]

2.6.3 Hubungan Perawatan dengan Tingkat Kerusakan Komponen

Perawatan yang dilakukan secara rutin dapat mengurangi tingkat kerusakan komponen sistem kopling. Sebaliknya, kurangnya perawatan dapat mempercepat keausan dan meningkatkan risiko kegagalan komponen saat beroperasi. Oleh karena itu, perawatan berkala sangat. [7]

2.7 *Root Cause Failure Analysis* (RCFA)

2.7.1 Pengertian *Root Cause Failure Analysis*

Root Cause Failure Analysis merupakan suatu metode analisis sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab paling mendasar dari suatu kegagalan atau masalah, bukan hanya gejala yang tampak di permukaan. RCFA berfokus pada penelusuran hubungan sebab-akibat secara mendalam sehingga solusi yang dihasilkan bersifat permanen dan mencegah terulangnya kegagalan serupa di masa mendatang [16].

2.7.2 Tujuan dan Manfaat RCFA

Tujuan utama penerapan RCFA adalah untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan sehingga tindakan korektif yang diambil tidak hanya bersifat sementara, tetapi mampu menghilangkan sumber masalah secara menyeluruh [16].

2.7.3 Tahapan Pelaksanaan RCFA

Secara umum, tahapan pelaksanaan RCFA meliputi identifikasi masalah, analisis sebab-akibat, penentuan akar penyebab, serta perumusan dan implementasi tindakan perbaikan [16].

Dalam penelitian [18] tahapan RCFA dimulai dari penentuan komponen kritis yang mengalami kegagalan, dilanjutkan dengan analisis penyebab menggunakan diagram sebab-akibat, dan diakhiri dengan rekomendasi tindakan preventif untuk mencegah kegagalan berulang.

2.7.4 Kelebihan dan Keterbatasan Metode RCFA

Kelebihan RCFA terletak pada kemampuannya menghasilkan solusi jangka panjang karena fokus pada akar penyebab kegagalan. Metode ini juga fleksibel dan dapat dikombinasikan dengan berbagai teknik analisis seperti *Fishbone Diagram*, *5 Whys*, dan FTA [16].

Namun demikian, RCFA memiliki keterbatasan, antara lain membutuhkan data yang lengkap dan akurat serta waktu analisis yang relatif lebih lama dibandingkan metode identifikasi masalah sederhana. Selain itu, keberhasilan RCFA sangat bergantung pada kompetensi tim analis dan keterlibatan lintas fungsi [18].

2.8 Teknik Analisis dalam RCFA

2.8.1 *Failure Mode Identification*

Merupakan tahap awal dalam RCFA yang bertujuan mengidentifikasi bentuk-bentuk kegagalan yang terjadi pada suatu sistem atau komponen. Identifikasi ini penting sebagai dasar untuk analisis lanjutan terhadap penyebab kegagalan [17].

2.8.2 *Fishbone Diagram*

Fishbone Diagram atau diagram sebab–akibat digunakan untuk memetakan berbagai faktor penyebab kegagalan ke dalam kategori tertentu seperti manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Teknik ini membantu analisis memahami hubungan sebab–akibat secara visual dan sistematis [18].

2.8.3 Penentuan Akar Penyebab Kegagalan

Penentuan akar penyebab kegagalan dilakukan setelah seluruh faktor penyebab dianalisis dan divalidasi berdasarkan data lapangan. Akar penyebab yang telah ditetapkan kemudian menjadi dasar dalam perumusan tindakan korektif yang bertujuan mencegah kegagalan serupa di masa depan [16].

2.9 Perbedaan RCFA dan *Troubleshooting*

2.9.1 *Root Cause Failure Analysis (RCFA)*

Root Cause Failure Analysis adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan peralatan atau sistem secara sistematis hingga tindakan perbaikan dapat direncanakan agar kegagalan tidak terjadi lagi. RCFA tidak hanya melihat gejala, tetapi berusaha menelusuri hingga penyebab fisik, manusia, dan latennya. RCFA mengikuti proses: identifikasi masalah → pengumpulan data → analisis akar penyebab (diagram *Fishbone*) → rekomendasi perbaikan [18].

2.9.2 Troubleshooting

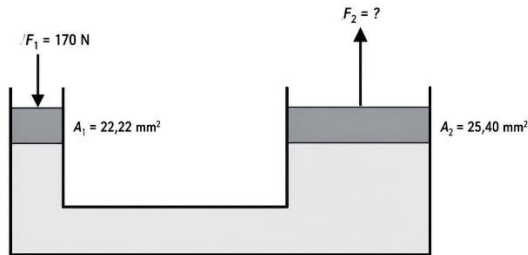
Troubleshooting adalah proses menemukan dan mengoreksi masalah berdasarkan gejala yang muncul, terutama pada saat kegagalan sedang terjadi atau baru saja terjadi. Fokusnya adalah mendapatkan peralatan kembali beroperasi secepat mungkin. *Troubleshooting* sering menguji kemungkinan penyebab satu per satu sampai masalah teratasi, tetapi tidak selalu menyelidiki akar penyebab yang lebih dalam [20].

2.9.3 Tujuan

Tabel 2. 1 Tujuan

Aspek	RCFA	<i>Troubleshooting</i>
Tujuan utama	Mengidentifikasi akar penyebab masalah sehingga tidak terulang kembali	Mengatasi gangguan dengan cepat agar peralatan beroperasi lagi
Fokus solusi	Jangka panjang	Jangka pendek
Pendekatan	Sistematis, luas, lengkap	Berdasarkan gejala dan pengalaman teknisi

2.10 Penerapan Hukum Pascal pada Sistem Hidrolik Kopling



Gambar 2. 9 Penerapan Hukum Pascal

Rumus hukum pascal:

$$\frac{F_1}{d_1^2} = \frac{F_2}{d_2^2}$$

Maka:

$$\frac{170}{22,22} = \frac{F_2}{25,40}$$

Diketahui:

$$F_1 = 170\text{N}$$

$$d_1^2 = 22,22\text{ mm}^2$$

$$d_2^2 = 25,40\text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$F_2 = \frac{170 \times 25,40}{22,22}$$

$$F_2 = 222,1\text{ N}$$

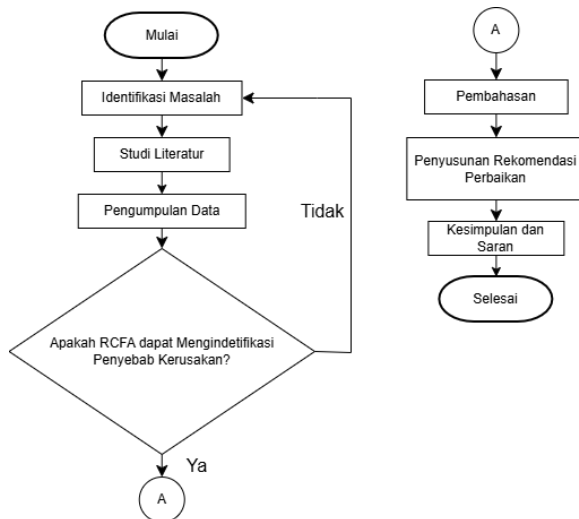
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Hukum Pascal, gaya sebesar 170 N yang diberikan pada *master cylinder* (F_1) menghasilkan gaya sebesar 222,1 N pada *release cylinder* (F_2). Hasil tersebut menunjukkan bahwa gaya pada *release cylinder* meningkat sekitar 30,6% dibandingkan gaya pada *master cylinder* akibat luas penampang *release cylinder* yang lebih besar. Peningkatan gaya ini memungkinkan *release fork* dan *release bearing* menekan *diaphragm spring* dengan gaya yang cukup sehingga *clutch disc* dapat terlepas dari *flywheel* dan perpindahan gigi berlangsung dengan baik.

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

3.1.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam melaksanakan tugas akhir ini dilakukan dengan diagram alir penelitian sebagai berikut alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1.2 Spesifikasi Alat dan Bahan

A. Alat dan Bahan

1. Alat Pelindung Diri (APD)

Meliputi kacamata pelindung, sarung tangan, masker, dan pelindung telinga untuk menjaga keselamatan atau hal yang tidak diinginkan terjadi kepada operator.

2. Kamera

Untuk melakukan dokumentasi secara visual.

3. Kunci shock dan kombinasi
Untuk membongkar dan memasang komponen yang akan dianalisis.
4. *Manual book* forklift FD30 dan *Operation and Maintenance Manual* dari pabrikan.

3.1.3 Proses dan Prosedur Penelitian

Proses dan prosedur penelitian ini disusun untuk memastikan bahwa analisis kegagalan sistem kopling dilakukan secara terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Prosedur penelitian meliputi:

1. Observasi Lapangan
Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual forklift FD30, sistem kopling, serta pola operasional dan perawatan unit.
2. Pengumpulan dan Klasifikasi Data Kerusakan
Data kerusakan diklasifikasikan berdasarkan jenis komponen, jenis kerusakan, dan frekuensi kejadian dalam periode tertentu.
3. Analisis *Fishbone Diagram*
Fishbone Diagram digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan berdasarkan lima kategori utama, yaitu:
 - *Man* (Manusia)
 - *Machine* (Mesin)
 - *Method* (Metode)
 - *Material*
 - *Environment* (Lingkungan)
4. Penentuan Akar Penyebab Kerusakan
Akar penyebab kerusakan ditetapkan berdasarkan hasil analisis RCFA yang telah divalidasi menggunakan data lapangan.

5. Penyusunan Rekomendasi Perbaikan
Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan akar penyebab yang ditemukan, dengan fokus pada tindakan preventif untuk mencegah kerusakan berulang.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penerapan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA)

4.1.1 Identifikasi Masalah dengan Wawancara Teknisi

Wawancara dilakukan dengan teknisi yang bertanggung jawab terhadap perawatan dan perbaikan sistem kopling pada unit forklift FD30. Tujuan wawancara adalah untuk memperoleh informasi mengenai gejala kerusakan yang mengakibatkan gangguan pada sistem kopling.

a. Permasalahan yang Terjadi

Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa terdapat permasalahan pada sistem kopling forklift FD30 yang sedang diteliti berupa kesulitan saat memasukkan gigi maupun saat melakukan perpindahan gigi. Saat unit dioperasikan, gejala yang muncul adalah kopling terasa kurang bekerja secara optimal ketika pedal diinjak sehingga perpindahan gigi menjadi lebih sulit.

Gejala tersebut berdampak pada menurunnya kinerja forklift karena proses pengoperasian tidak berjalan sebagaimana mestinya. Meskipun demikian, unit masih dapat beroperasi, namun dengan performa yang menurun dibandingkan kondisi normal.

b. Riwayat Kerusakan

Berdasarkan informasi dari teknisi, sebelumnya pernah dilakukan perbaikan pada sistem kopling berupa penggantian master kopling. Penggantian dilakukan sebagai tindakan perbaikan terhadap kebocoran yang terjadi pada sistem kopling.

Tabel 4. 1 Riwayat Kerusakan

Tahun	Komponen yang diperiksa	Hasil pemeriksaan /kerusakan	Tindakan	Keterangan
2025	Master kopling	Terjadi kebocoran	Penggantian master kopling	Perbaikan sistem kopling

Komponen yang pernah diganti adalah master kopling yang dilakukan 1 tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2025. Berdasarkan riwayat kerusakan, belum pernah ditemukan kerusakan dengan kasus yang sama seperti yang sedang diteliti. Riwayat kerusakan yang tercatat sebelumnya hanya berupa kebocoran pada master kopling.

4.1.2 Identifikasi dan Analisis Kegagalan Sistem Kopling

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan informasi wawancara yang diperoleh dari operator, unit forklift FD30 mengalami gangguan berupa kesulitan saat memasukkan maupun mengganti gigi transmisi. Gejala tersebut muncul ketika pedal kopling diinjak, sehingga proses perpindahan gigi menjadi tidak lancar. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa proses pelepasan tenaga dari mesin menuju transmisi tidak berlangsung secara sempurna.

Untuk memastikan penyebab gangguan tersebut, dilakukan beberapa tahapan pemeriksaan terhadap sistem kopling sesuai prosedur perawatan yang direkomendasikan pada *Shop Manual*.

Tabel 4. 2 Tabel Pemeriksaan

Komponen	Prosedur Pemeriksaan/SOP
<i>Clutch pedal</i>	Mengukur tinggi pedal menggunakan penggaris
<i>Master cylinder</i>	Memeriksa kebocoran
<i>Release fork</i>	Memeriksa kondisi fisik
<i>Release bearing</i>	Memeriksa putaran dan kondisi bearing
<i>Pressure plate</i>	Memeriksa permukaan dan kondisi pegas
<i>Clutch disc</i>	Memeriksa kondisi dan pengukuran ketebalan
<i>Flywheel</i>	Memeriksa permukaan dan kondisi fisik

a. Pemeriksaan *Clutch Pedal*

Tahap berikutnya adalah melakukan pengukuran tinggi pedal kopling menggunakan mistar baja. Pengukuran dilakukan dari permukaan lantai kabin hingga permukaan atas pedal kopling ketika pedal berada pada posisi bebas (tidak diinjak). Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan spesifikasi yang terdapat pada *Shop Manual* forklift FD30.

Berdasarkan *Shop Manual*, tinggi pedal kopling yang direkomendasikan adalah 153 mm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tinggi pedal kopling tidak sesuai dengan standar tersebut sehingga dilakukan penyetelan kembali pada baut penyetel pedal kopling hingga diperoleh tinggi pedal sesuai spesifikasi pabrikan.



Gambar 4. 1 Pengukuran Tinggi *Clutch Pedal*

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran tinggi *Clutch Pedal*

Parameter	Hasil Pengukuran	Standar <i>Manual book</i>	Keterangan
Tinggi Pedal Kopling Sebelum diinjak	114 mm	153 mm	Belum/Tidak Sesuai Standar
Tinggi Pedal Kopling Sesudah diinjak	11 mm	-	-
<i>Clutch Pedal Stroke</i>	103 mm	$130 \pm 10\text{mm}$	Belum/Tidak Sesuai Standar

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ukuran ketinggian pedal kopling dan *Clutch Pedal Stroke* tidak sesuai standar *manual book*.

b. Pemeriksaan *Master Cylinder*

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa *master cylinder* yang terpasang tidak mengalami kebocoran dan secara kondisi fisik masih baik. Namun, ditemukan ketidaksesuaian pada jenis komponen yang digunakan, yaitu *master cylinder* yang terpasang merupakan *master cylinder rem* dan bukan *master cylinder* yang sesuai dengan sistem kopling forklift Komatsu FD30. Berdasarkan hasil pemeriksaan dilakukan penggantian *master cylinder* dengan komponen original yang sesuai dengan forklift Komatsu FD30.



Gambar 4. 2 Pemeriksaan *Master Cylinder*

c. Pemeriksaan *Release Fork*

Pemeriksaan *release fork* dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik komponen dan memastikan mekanisme penerusan gerakan dari sistem hidrolik menuju mekanisme pelepasan kopling dapat bekerja dengan baik. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa *release fork* dalam kondisi normal dan tidak ditemukan kerusakan pada komponen. Dengan demikian, *release fork* tidak menunjukkan indikasi sebagai penyebab gangguan perpindahan gigi.



Gambar 4. 3 Pemeriksaan *Release Fork*

d. Pemeriksaan *Release Bearing*

Pemeriksaan *release bearing* dilakukan dengan memeriksa kondisi fisik dan putaran bearing untuk mengetahui adanya keausan atau gangguan pada saat beroperasi. Berdasarkan hasil pemeriksaan, *release bearing* dapat berputar dengan normal dan tidak ditemukan adanya keausan. Oleh karena itu, *release bearing* dinyatakan dalam kondisi normal dan tidak menunjukkan indikasi kerusakan yang menyebabkan gangguan pada sistem kopling.



Gambar 4. 4 Pemeriksaan *Release Bearing*

e. Pemeriksaan *Pressure Plate*

Pemeriksaan *pressure plate* dilakukan untuk mengetahui kondisi permukaan dan kemungkinan adanya retak atau keausan pada komponen yang berfungsi memberikan tekanan terhadap *clutch disc*. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa permukaan *pressure plate* masih halus, tidak ditemukan retak, dan tidak terdapat keausan. Berdasarkan hasil tersebut, *pressure plate* masih dalam kondisi normal dan tidak menunjukkan indikasi sebagai penyebab gangguan sistem kopling.



Gambar 4. 5 Pemeriksaan *Pressure Plate*

f. Pemeriksaan *Clutch Disc*

Pemeriksaan *clutch disc* dilakukan untuk mengetahui kondisi kampas kopling dan melihat kemungkinan adanya keausan yang dapat menyebabkan gangguan dalam proses pemindahan tenaga. Berdasarkan hasil pemeriksaan, kampas pada *clutch disc* masih memiliki ketebalan yang baik dan tidak menunjukkan kondisi aus yang berlebihan. Dengan demikian, *clutch disc* masih dalam kondisi normal dan tidak menunjukkan indikasi sebagai penyebab utama gangguan perpindahan gigi.



Gambar 4. 6 Pemeriksaan *Clutch Disc*

g. Pemeriksaan *Flywheel*

Pemeriksaan *flywheel* dilakukan untuk mengetahui kondisi permukaan dan memastikan tidak terdapat kerusakan yang dapat mengganggu proses kerja kopling. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa permukaan *flywheel* masih halus, tidak ditemukan retak, dan tidak terdapat keausan. Berdasarkan hasil tersebut, *flywheel* berada dalam kondisi normal dan tidak menunjukkan indikasi sebagai penyebab gangguan sistem kopling.



Gambar 4. 7 Pemeriksaan *Flywheel*

h. Kesimpulan Hasil Pemeriksaan

Berdasarkan seluruh hasil pemeriksaan, ditemukan adanya ketidaksesuaian pada komponen sistem kopling yaitu *master cylinder* dan tinggi pedal kopling yang hanya 114 mm dibandingkan standar 153 mm. Sementara itu, hasil pemeriksaan *release fork*, *release bearing*, *pressure plate*, *clutch disc*, dan *flywheel* menunjukkan kondisi normal tanpa ditemukan kerusakan yang dapat menjadi penyebab utama gangguan. Dengan demikian, hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa gangguan perpindahan gigi lebih mengarah pada *master cylinder* tidak sesuai pabrikan dan ketidaksesuaian tinggi pedal kopling. Hasil ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam *analisis Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk menentukan akar penyebab kegagalan sistem kopling forklift FD30.

Tabel 4. 4 Kesimpulan Hasil Pemeriksaan

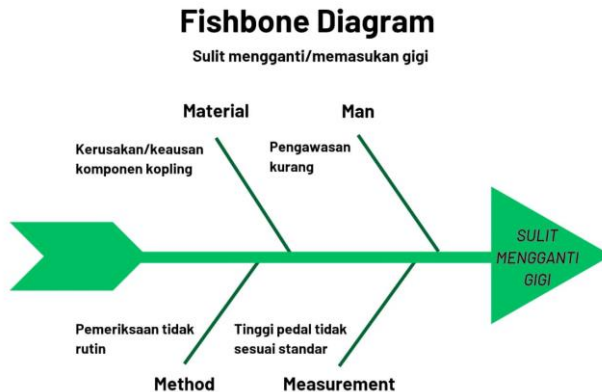
Komponen	Prosedur Pemeriksaan/SOP	Hasil Pemeriksaan	Kondisi
<i>Clutch pedal</i>	Mengukur tinggi pedal menggunakan penggaris	Ketinggian dan stroke pedal tidak sesuai	Tidak sesuai
<i>Master cylinder</i>	Memeriksa kebocoran	Tidak terdapat kebocoran, namun komponen tidak sesuai pabrikan	Tidak sesuai
<i>Release fork</i>	Memeriksa kondisi fisik	Tidak ditemukan kerusakan	Normal
<i>Release bearing</i>	Memeriksa putaran dan kondisi bearing	Putaran normal dan tidak retak	Normal
<i>Pressure plate</i>	Memeriksa permukaan dan kondisi pegas	Permukaan halus, tidak retak dan tidak aus	Normal
<i>Clutch disc</i>	Memeriksa kondisi dan pengukuran ketebalan	Kampas masih sangat tebal	Normal
<i>Flywheel</i>	Memeriksa permukaan dan kondisi fisik	Permukaan halus, tidak retak dan tidak aus	Normal

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis RCFA Menggunakan *Fishbone Diagram*

Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan analisis menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan sistem kopling. Analisis RCFA dilakukan menggunakan *Fishbone Diagram* dengan empat kategori penyebab, yaitu *Man*, *Measurement*, *Method*, dan *Material*.

a. *Fishbone Diagram*



Gambar 4. 8 *Fishbone Diagram*

b. Analisis Faktor *Man* (Manusia)

Faktor manusia berkaitan dengan aktivitas operator maupun teknisi dalam pengoperasian dan perawatan forklift. Berdasarkan hasil wawancara, operator melaporkan adanya kesulitan saat memasukkan gigi ketika unit sedang dioperasikan. Namun, perubahan performa pedal kopling tidak segera ditindaklanjuti sehingga kondisi tersebut berkembang hingga mempengaruhi proses perpindahan gigi.

c. Analisis Faktor *Measurement* (Pengukuran)

Faktor *measurement* berkaitan dengan proses pengukuran kondisi sistem kopling terhadap standar pabrikan. Berdasarkan hasil pengukuran, tinggi pedal kopling belum memenuhi spesifikasi *Shop Manual* yaitu 153 mm. Ketidaksesuaian tersebut menyebabkan langkah kerja *release fork* menjadi tidak optimal sehingga kopling tidak terlepas secara sempurna saat pedal diinjak. Setelah dilakukan penyetelan ulang hingga mencapai tinggi pedal sesuai standar, proses perpindahan gigi menjadi lebih lancar.

d. Analisis Faktor *Method* (Metode)

Faktor Metode berkaitan dengan prosedur pemeriksaan dan pemeliharaan yang dilakukan terhadap sistem kopling forklift FD30. Berdasarkan hasil pemeriksaan, ditemukan bahwa kegiatan *Inspection and Maintenance Clutch* yang tercantum dalam *Operation and Maintenance Manual* (OMM) belum dilakukan secara optimal. Salah satu kondisi yang ditemukan adalah tidak dilakukannya penggantian minyak kopling sesuai dengan prosedur perawatan.

e. Analisis Faktor *Material*

Berdasarkan hasil pemeriksaan lebih lanjut, ditemukan ketidaksesuaian pada komponen *master cylinder* yang dapat memengaruhi kinerja sistem kopling. Oleh karena itu, dilakukan penggantian *master cylinder* dengan komponen yang sesuai dengan spesifikasi pabrikan atau komponen original agar sistem kopling dapat bekerja sesuai standar.

f. Hasil Analisis *Fishbone*

Berdasarkan analisis *Fishbone Diagram*, diketahui bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya kesulitan memasukkan maupun mengganti gigi pada forklift FD30. Faktor Material dan Measurement memiliki pengaruh yang paling dominan karena secara langsung berkaitan dengan kondisi sistem hidrolik kopling dan penyetelan tinggi pedal kopling.

4.2.2 Penentuan *Root Cause* (Akar Penyebab)

Langkah selanjutnya adalah menentukan akar penyebab (*Root Cause*) yang paling berpengaruh terhadap terjadinya gangguan pada sistem kopling forklift FD30. Penentuan akar penyebab dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, pengukuran, pemeriksaan komponen, serta hasil wawancara dengan teknisi.

Tabel 4.5 Penentuan *Root Cause*

Faktor	Temuan	Dampak	<i>Root Cause</i>
<i>Man</i>	Operator tidak segera melaporkan perubahan performa pedal kopling	Kerusakan berkembang hingga mengganggu perpindahan gigi	Faktor pendukung
<i>Measurement</i>	Tinggi pedal kopling 114 mm, tidak sesuai standar 153 mm	Release fork tidak bekerja maksimal	Ya
<i>Method</i>	Pemeriksaan minyak belum dilakukan secara berkala	Kinerja sistem hidrolik kopling menurun	Faktor pendukung

Material	<i>Master cylinder</i> tidak sesuai/original	Kinerja <i>master cylinder</i> tidak maksimal	Ya
----------	--	---	----

a. Root Cause 1: Tinggi Clutch Pedal Tidak Sesuai Standar

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa tinggi pedal kopling sebelum dilakukan penyetelan hanya sebesar 114 mm, sedangkan standar yang ditetapkan pada *Shop Manual* adalah 153 mm. Ketidaksesuaian tersebut menyebabkan langkah release fork menjadi lebih pendek sehingga release bearing tidak mampu menekan pegas diafragma secara maksimal. Akibatnya, clutch disc tidak terlepas sepenuhnya dari flywheel sehingga perpindahan gigi menjadi berat.

Setelah dilakukan penyetelan kembali hingga mencapai tinggi pedal sesuai standar pabrikan, perpindahan gigi kembali normal. Hal ini membuktikan bahwa ketidaksesuaian tinggi pedal kopling merupakan salah satu akar penyebab utama gangguan sistem kopling.

b. Root Cause 2: Master Cylinder Tidak Sesuai

Berdasarkan hasil pemeriksaan, ditemukan bahwa *master cylinder* yang terpasang tidak sesuai dengan spesifikasi forklift FD30. Ketidaksesuaian tersebut menyebabkan kinerja sistem hidrolik kopling tidak optimal dalam meneruskan tekanan fluida dari *master cylinder* menuju *release cylinder*, sehingga proses pelepasan kopling terganggu dan menyebabkan perpindahan gigi menjadi sulit.

Setelah dilakukan penggantian *master cylinder* dengan komponen yang sesuai, sistem kopling kembali diperiksa dan diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja sistem kopling menjadi lebih baik dan proses memasukkan maupun mengganti gigi dapat dilakukan dengan lancar. Hal ini

menunjukkan bahwa ketidaksesuaian *master cylinder* merupakan salah satu faktor yang menyebabkan gangguan pada sistem kopling forklift FD30.

d. Kesimpulan *Root Cause*

Berdasarkan seluruh hasil analisis RCFA, diperoleh tiga akar penyebab utama yang mengakibatkan kesulitan perpindahan gigi pada forklift FD30, yaitu:

1. Tinggi pedal kopling tidak sesuai dengan standar *Shop Manual* (153 mm).
2. Ketidaksesuaian pada *master cylinder* sehingga kinerja sistem kopling tidak maksimal.

4.2.3 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis RCFA, diketahui bahwa penyebab utama gangguan perpindahan gigi pada forklift FD30 adalah ketidaksesuaian pada *master cylinder* serta ketidaksesuaian tinggi pedal kopling terhadap standar *Shop Manual*. Oleh karena itu, usulan perbaikan tidak hanya difokuskan pada tindakan untuk mengatasi kerusakan yang terjadi, tetapi juga pada tindakan yang mengacu pada *Operation and Maintenance Manual Forklift* (OMM) FD30 sehingga potensi kegagalan yang sama dapat dicegah.

Tabel 4.6 Usulan Perbaikan

<i>Root Cause</i>	Tindakan Perbaikan	Tindakan Pencegahan
Ketidaksesuaian pada <i>master cylinder</i>	Melakukan penggantian <i>master cylinder</i> yang sesuai	Melakukan pemeriksaan kesesuaian spesifikasi <i>master cylinder</i> sebelum pemasangan.

Tinggi pedal kopling tidak sesuai standar	Menyetel ulang tinggi pedal sesuai <i>Shop Manual</i>	Pemeriksaan tinggi pedal kopling pada setiap startup, 200 jam, 1200 jam dan 2400 jam pengoperasian
---	---	--

Berdasarkan *Inspection and Maintenance Schedule Chart* pada *Operation and Maintenance Manual* Forklift FD30, usulan perbaikan yang diberikan tidak hanya berupa penggantian *master cylinder* dan penyetelan ulang tinggi pedal kopling, tetapi juga penerapan *preventive Maintenance* sesuai jadwal inspeksi pada OMM sebagai upaya mencegah terulangnya kegagalan sistem kopling.

Tabel 4.7 *Inspection and Maintenance Clutch*

Item Pemeriksaan	At Startup	100 jam	200 jam	600 jam	1200 jam	2400 jam
Tingkat minyak	✓	-	✓	-	-	✓
Kondisi pengoperasian	-	-	✓	-	✓	✓
Stroke dan tinggi pedal	✓	-	✓	-	✓	✓
Suara abnormal, Kebocoran minyak, kontaminasi	-	-	✓	-	-	✓
Penggatian minyak	-	-	-	-	✓	-

4.3 Efektivitas dan Pembeda RCFA dengan Metode Sejenis

Pada penelitian ini, RCFA digunakan untuk menganalisis dua penyebab utama, yaitu adanya ketidaksesuaian pada *master cylinder* dan tinggi pedal kopling yang tidak sesuai standar. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan pendekatan *Troubleshooting* untuk melihat perbedaan fungsi dan hasil dari kedua metode.

Tabel 4.8 Efektivitas dan Pembeda RCFA

<i>Root Cause</i>	RCFA	<i>Troubleshooting</i>
Ketidaksesuaian pada <i>master cylinder</i>	Mengidentifikasi ketidaksesuaian <i>master cylinder</i> sebagai salah satu akar penyebab melalui analisis faktor penyebab dan hasil pemeriksaan.	Melakukan pemeriksaan dan penggantian <i>master cylinder</i> dengan komponen yang sesuai spesifikasi.
Tinggi pedal kopling tidak sesuai standar	Mengidentifikasi ketidaksesuaian tinggi pedal kopling terhadap standar 153 mm melalui hasil pengukuran dan analisis faktor penyebab.	Melakukan pengukuran dan penyetelan ulang tinggi pedal kopling sesuai standar 153 mm.

4.3.1 Efektivitas Penerapan RCFA

Efektivitas penerapan RCFA pada penelitian ini dapat dilihat dari kemampuannya dalam menghubungkan gejala, penyebab, dan akar penyebab secara sistematis. Gejala awal berupa kesulitan memasukkan atau mengganti gigi tidak langsung dianggap sebagai kerusakan komponen, tetapi dianalisis melalui pemeriksaan sistem hidrolik dan pengukuran

pedal kopling. Hasil pemeriksaan kemudian dibandingkan dengan standar sehingga diperoleh penyebab yang dapat dibuktikan berdasarkan kondisi aktual unit.

Penerapan RCFA juga memberikan dasar yang lebih kuat dalam menentukan tindakan perbaikan. Hasil analisis tidak hanya menghasilkan penggantian *master cylinder* dan penyetelan pedal kopling sebagai tindakan korektif, tetapi juga memberikan dasar untuk melakukan *preventive Maintenance* agar kondisi sistem hidrolik dan tinggi pedal kopling dapat diperiksa secara berkala. Dengan demikian, RCFA pada penelitian ini efektif karena menghasilkan tindakan yang tidak hanya mengatasi gangguan yang terjadi, tetapi juga diarahkan untuk mencegah terulangnya kegagalan sistem kopling forklift FD30.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) pada sistem kopling forklift FD30 dilakukan melalui tahapan identifikasi masalah, pengumpulan data hasil observasi dan wawancara, analisis penyebab menggunakan *Fishbone Diagram*, analisis setiap faktor penyebab, penentuan akar penyebab (*Root Cause*), serta penyusunan usulan perbaikan. Penerapan metode RCFA terbukti mampu mengidentifikasi akar penyebab kegagalan secara sistematis sehingga tindakan perbaikan yang diusulkan lebih tepat sasaran.
2. Usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis RCFA meliputi penggantian *master cylinder* dengan komponen yang sesuai dengan spesifikasi forklift FD30 dan penyetelan tinggi pedal kopling sesuai standar 153 mm. Untuk mencegah terulangnya kegagalan, dilakukan pemeriksaan kesesuaian spesifikasi *master cylinder* sebelum pemasangan serta pemeriksaan tinggi pedal dan sistem kopling secara berkala berdasarkan jadwal *preventive Maintenance* pada *Operation and Maintenance Manual* (OMM) FD30. Usulan tersebut tidak hanya bertujuan mengembalikan fungsi sistem kopling, tetapi juga mencegah terjadinya gangguan yang sama di kemudian hari.

5.2 Saran

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

1. Metode RCFA disarankan untuk diterapkan secara konsisten dalam menganalisis kerusakan, karena metode ini tidak hanya mengidentifikasi gejala dan melakukan tindakan perbaikan, tetapi juga menelusuri penyebab hingga diperoleh *Root Cause*, sehingga tindakan perbaikan lebih tepat sasaran dan mencegah terulangnya kegagalan.
2. Penerapan RCFA sebaiknya didukung dengan data pemeriksaan yang lengkap dan terdokumentasi, seperti riwayat kerusakan, hasil pengukuran, kondisi komponen, serta prosedur pemeriksaan. Kelengkapan tersebut dapat meningkatkan efektivitas hasil analisis RCFA.
3. RCFA dapat dikombinasikan dengan metode *Troubleshooting* dalam proses penanganan kerusakan. *Troubleshooting* digunakan untuk mengembalikan fungsi sistem, sedangkan RCFA digunakan untuk menganalisis akar penyebab dan menentukan tindakan pencegahan agar kerusakan tidak berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Rafi'i, Mad Yusup, Purbawati Purbawati, Ida Rosanti, and Diyaa Aaisyah Salmaa Putri Atmaja, "Analisis Kerusakan Komponen Sistem *Power train* Menggunakan *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) pada PT. Cipta Kridatama Samarinda," Venus J. Publ. Rumpun Ilmu Tek., vol. 3, no. 4, pp. 162–174, Aug. 2025, doi: 10.61132/venus.v3i4.1057.
- [2] R. N. S. Putra, I. Susanto, and T. Rahmiati, "ANALISA KEGAGALAN LOW POWER STEERING PADA FORKLIFT TYPE CLG2050H," 2024.
- [3] R. Haryanto and D. M. Kamal, "Penerapan *Root Cause Analisis* (RCA) Untuk Forklift Kapasitas 3 Ton di PT. G," 2022.
- [4] Teknik Mesin and Niko Marbun, "Identifikasi Kerusakan Dan Program Perawatan Engine Diesel pada Forklift Toyota Tipe 8FD30," Zona Mesin Program Studi Tek. Mesin Univ. Batam, vol. 10, no. 3, Jun. 2024, doi: 10.37776/zm.v10i3.1435.
- [5] M. Xie, L. Wang, and Y. Huang, "Design and Performance Study of Clutch Disc Assembly of Wide-Angle, Large-Hysteresis, Multistage Damper," Chin. J. Mech. Eng., vol. 34, no. 1, p. 50, Dec. 2021, doi: 10.1186/s10033-021-00572-5.
- [6] D. Munikartono, "Kenali Gejala Kampas Kopling Minta Diganti," Cintamobil. Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://cintamobil.com/perawatan-dan-service/kenali-gejala-kampas-kopling-minta-diganti-aid4314>
- [7] Qirul Nur Arianto, Iyan, La Ode Muhamad Dirman, Ferdin, and Aminur, "Perawatan dan Perbaikan Sistem Kopling Manual Beberapa Jenis Mobil Operasional PT. Delta Sarana Sentosa," Piston J. Teknol., vol. 8, no. 2, pp. 46–50, Dec. 2023, doi: 10.55679/pistonjt.v8i2.50.

- [8] “Pedal Kopling Suku Cadang Truk - Solusi Berkualitas Tinggi & OEM.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://indonesian.alibaba.com/g/truck-parts-clutch-pedal.html>
- [9] “Cina Bagian Forklift Master Cylinder yang Disesuaikan Untuk Produsen Forklift Toyota, Pemasok - Grosir Pabrik Langsung - Hanzhi.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://id.forkliftpart-hz.com/drive-system/master-cylinder/forklift-parts-master-cylinder-for-toyota.html>
- [10] “Cina Forklift Rilis Fork Produsen, Pemasok, Pabrik - TERKEMUKA.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://id.leadinglifttruckparts.com/forklift-transmission-parts/other-transmission-parts/forklift-release-fork.html>
- [11] K. C. Ganesh, K. Dhanasekaran, P. Saravanan, and R. Panda, “Failure analysis of multi plate wet-clutch used in off-highway transmission,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 127, p. 105534, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.engfailanal.2021.105534.
- [12] “Jual Bearing clutch release CT55 untuk Forklift 2_3 ton. Mitsubishi, Patria, tcm | Shopee Indonesia.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: https://shopee.co.id/Bearing-clutch-release-CT55-untuk-Forklift-2_3-ton.-Mitsubishi-Patria-tcm-i.542122498.25153262053
- [13] “Cina Produsen, Pemasok, Pabrik Pelat Tekanan Forklift - TERKEMUKA.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://id.leadinglifttruckparts.com/forklift-transmission-parts/forklift-clutch-cover/forklift-pressure-plate.html>
- [14] “Cakram Kopling Forklift Cina|Suku Cadang Transmisi Truk Forklift HELI|CPCD40 Forklift Pemasok Suku Cadang OEM Produsen, Pemasok, Pabrik - TERKEMUKA.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available:

- <https://id.leadinglifttruckparts.com/forklift-transmission-parts/clutch-friction-disc/oem-forklift-clutch-disc-transmission-parts.html>
- [15] “Cina Produsen, Pemasok, Pabrik Roda Gila Forklift - TERKEMUKA.” Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://id.leadinglifttruckparts.com/forklift-engine-parts/engine-flywheel/forklift-flywheel.html>
- [16] R. E. Academy, “Reliability Engineers Academy,” Reliability Engineers Academy. Accessed: Jan. 25, 2026. [Online]. Available: <https://reliabilityengineersacademy.com>
- [17] H. R. Iskandar, A. Daelami, A. R. Prakoso, C. Arifin, and M. Farid, “A Review: Reliability Assessment of Isolated Phase Busduct Through FMEA and RCFA Methodologies”.
- [18] Muhammad Rafi’i, Mad Yusup, Purbawati Purbawati, Ida Rosanti, and Diyaa Aaisyah Salmaa Putri Atmaja, “Analisis Kerusakan Komponen Sistem *Power train* Menggunakan *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) pada PT. Cipta Kridatama Samarinda,” Venus J. Publ. Rumpun Ilmu Tek., vol. 3, no. 4, pp. 162–174, Aug. 2025, doi: 10.61132/venus.v3i4.1057.
- [19] F. A. Saputra and D. T. Santoso, “Analysis of Production Defects Using The 5 WHYS and RCA Method at PT. X,” TRANSMISI, vol. 20, no. 2, pp. 52–59, Aug. 2024, doi: 10.26905/jtmt.v20i2.13012.
- [20] R. F. Armas, M. H. Aziz, and M. Faisal, “Optimalisasi Kinerja Bulldozer D85ESS-2 melalui Analisis *Troubleshooting* Engine Low Power”.

BIODATA PENULIS



Moh Febrian Diyanto dilahirkan di Sampang, 19 Februari 2005. Anak dari Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis mulai menuntut ilmu di SD Negeri Tambaan 1 pada tahun (2011-2017). Melanjutkan ke SMP Negeri 1 Camplong pada tahun (2017-2020), dan melanjutkan ke SMK Negeri 2 Sampang pada tahun (2020-2023). Pada tahun 2023 penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di Politeknik Negeri Madura Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat selama 3 tahun (2023-2026). Selama di Politeknik Negeri Madura penulis aktif dalam organisasi. Penulis bergabung pada Organisasi Mahasiswa sebagai Pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan pada Rekayasa Mesin dan Industri periode (2023/2024).