



© 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



**ANALISIS KEBOCORAN PADA SELANG HOSE
EXCAVATOR PINDAD 200 MENGGUNAKAN
METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS***

**DRAFT
LAPORAN TUGAS AKHIR**

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

Oleh:
Jafar Hidayat Alamsyah
NIM. 22022311095

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



© Hak Cipta

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

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KEBOCORAN PADA SELANG HOSE EXCAVATOR PINDAD 200 MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*

Oleh:
Jafar Hidayat Alamsyah
NIM. 2202311095
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Kepala Program Studi
Diploma III Teknik Mesin

Budi Yuwono, S.T.
NIP. 1963061919900031002

Pembimbing I

Ir. Agus Sukandi, M.T
NIP. 196006041998021001



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

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KEBOCORAN PADA SELANG HOSE EXCAVATOR PINDAD 200 MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS

Oleh :

Jafar Hidayat Alamsyah

NIM. 2202311095

Program Studi D-III Teknik
Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Peguji pada tanggal 19 Juni 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi D-III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Ir. Agus Sukandi, M.T NIP196006041998021001	Ketua		08/ Juli - 2025
2	Budi Yuwono, S.T NIP 196306191990031002	Anggota		08/ Juli - 2025
3	Drs. Nugroho Eko Setijogiarto, Dipl. Ing. M.T NIP 196512131992031001	Anggota		08/ Juli - 2025

Depok, 07 Juli 2025

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE
NIP. 197707142008121005



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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jafar Hidayat Alamsyah

NIM 2202311095

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya 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.

Depok, 08-Juli-2025



Jafar Hidayat Alamsyah

NIM. 2202311095

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS KEBOCORAN PADA SELANG HOSE EXCAVATOR PINDAD 200 MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*

Jafar Hidayat Alamsyah¹⁾, Agus Sukandi²⁾

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

Email: Jafar.hidayat.alamsyah.tn22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Dalam industri alat berat, keandalan sistem hidrolik merupakan faktor kunci dalam menjamin efisiensi operasional. Salah satu komponen penting dalam sistem tersebut adalah hose (selang hidrolik), yang berfungsi untuk menyalurkan fluida bertekanan tinggi. Penelitian ini difokuskan pada kasus kebocoran hose silinder bucket pada Excavator Pindad 200 yang digunakan di PT PINDAD (Persero). Permasalahan kebocoran hose menyebabkan downtime alat berat, pemborosan oli hidrolik, serta menurunnya produktivitas kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama kebocoran hose melalui pendekatan *Root Cause Analysis (RCA)*, yang mencakup observasi visual, pengukuran tekanan, analisis sambungan, serta studi literatur teknis terkait sistem hidrolik. Data dikumpulkan melalui inspeksi lapangan, dokumentasi pemeliharaan, dan wawancara dengan teknisi. Proses analisis dilakukan menggunakan metode *5-Why* dan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) untuk menelusuri akar permasalahan.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif, baik dalam aspek pemasangan hose, inspeksi berkala, maupun pemilihan spesifikasi teknis komponen yang sesuai. Selain itu, temuan ini diharapkan mendukung peningkatan program pemeliharaan preventif dan prediktif di PT PINDAD, serta memperkuat mutu produk lokal dalam menghadapi persaingan industri alat berat nasional dan internasional.

Kata kunci: Hose hidrolik, Excavator Pindad 200, kebocoran, Root Cause Analysis (RCA), sistem hidrolik, pemeliharaan alat berat.



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

ABSTRACT

In the heavy equipment industry, the reliability of hydraulic systems is a key factor in ensuring operational efficiency. One critical component of such systems is the hydraulic hose, which functions to channel high-pressure fluid. This study focuses on the leakage issue of the bucket cylinder hose on the Pindad 200 Excavator operated by PT PINDAD (Persero). Hose leakage problems cause equipment downtime, hydraulic oil waste, and reduced work productivity.

The objective of this research is to identify the main causes of hose leakage using the Root Cause Analysis (RCA) approach, which includes visual inspection, pressure measurement, joint condition analysis, and a literature review on hydraulic system standards. Data were collected through field inspections, maintenance documentation, and interviews with technical personnel. The analysis process utilized the 5-Why method and fishbone diagram to trace the root causes of failure.

The findings of this study are expected to provide applicable technical recommendations in terms of hose installation procedures, periodic inspections, and the selection of appropriate component specifications. Moreover, the results are anticipated to support the enhancement of preventive and predictive maintenance programs at PT PINDAD, while also strengthening the competitiveness of local heavy equipment products in both domestic and international markets.

Keywords: Hydraulic hose, Pindad 200 Excavator, leakage, Root Cause Analysis (RCA), hydraulic system, heavy equipment maintenance.

**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat-Nya atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Kebocoran pada Selang Hose Excavator Pindad 200 Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA)”** Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Tugas Akhir ini merupakan bentuk penerapan dari seluruh ilmu pengetahuan dan keterampilan yang telah diperoleh selama masa studi, khususnya dalam bidang teknik pemeliharaan dan sistem hidrolik alat berat. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini banyak menghadapi kendala, baik dari segi teknis, analisis data, maupun keterbatasan waktu dan referensi. Namun, berkat bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak, penulis mampu menyelesaikannya dengan baik.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Agus Sukandi, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan ketelitian selama proses penyusunan laporan ini.
2. Bapak Budi Yuwono, S.T, selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan fasilitas dan arahan dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Mesin PNJ, atas ilmu, pengetahuan, dan semangat yang telah diberikan selama masa



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

perkuliahan.

5. PT PINDAD (Persero), atas kesempatan dan izin yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian dan observasi langsung di lingkungan industri yang sesungguhnya.
6. Orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, dukungan moral, dan kasih sayangnya yang tiada henti, yang menjadi motivasi utama bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan pendidikan ini.
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Mesin PNJ angkatan 2022, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama proses perkuliahan dan penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi isi, penyajian, maupun analisis. Oleh karena itu, penulis dengan lapang dada menerima segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ini ke depannya.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi positif, baik bagi penulis, institusi, maupun pihak-pihak yang berkepentingan dalam pengembangan sistem pemeliharaan alat berat di Indonesia.

Depok, 08-Juli-2025



Jafar Hidayat Alanisyah

NIM. 2202311095



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
1.7 Metodologi Penelitian	5
1.8 Sistematika Pembahasan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Excavator Pindad 200	7
2.1.1 Pengertian dan Fungsi Excavator	7
2.1.2 Spesifikasi Teknis Excavator Pindad 200	8
2.1.3 Kinerja & Keandalan Operasional	10
2.1.4 Dampak dan Penerapan Terhadap Kemandirian Industri.....	13
2.2 Sistem Hidrolik Excavator.....	15
2.2.1 Prinsip Kerja Sistem Hidrolik	16
2.2.2 Komponen Sistem Hidrolik pada Excavator	17
2.2.3 Tekanan Fluida dan Efeknya terhadap Kinerja Sistem	19
2.3 Hose Hidrolik.....	20
2.3.1 Fungsi dan Peranan Hose dalam Sistem Hidrolik	21
2.3.2 Jenis dan Material Hose Hidrolik.....	21
2.3.3 Standar Umur Pakai Hose dan Toleransi Tekanan.....	22
2.3.4 Penyebab Umum Kerusakan Hose.....	22
2.4 Permasalahan Kebocoran Hose.....	23
2.4.1 Definisi dan Klasifikasi Kebocoran	23
2.4.2 Faktor Teknis Penyebab Kebocoran Hose	24
2.4.3 Dampak Kebocoran terhadap Performa Excavator	25
2.5 Root Cause Analysis (RCA)	26
2.5.1 Pengertian dan Tujuan RCA	26
2.5.2 Langkah-langkah Analisis RCA.....	27
2.5.3 Alat Bantu RCA	27
BAB III METODOLOGI Pengerjaan Tugas Akhir.....	28
3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	28



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

3.2	Penjelasan Diagram Alir Penelitian	30
3.3	Metode Pemecah Masalah	31
3.4	Teknik Analisis Data.....	33
3.4.1	Klasifikasi Jenis Kerusakan Hose	34
3.4.2	Interpretasi Hasil Pengukuran Tekanan.....	34
3.4.3	Penerapan Metode Root Cause Analysis (RCA).....	35
BAB IV PEMBAHASAN		36
4.1	Identifikasi Permasalahan	36
4.2	Analisis Faktor Teknis Penyebab Kebocoran	36
4.2.1	Keausan Material.....	37
4.2.2	Tekanan Kerja Berlebih	37
4.2.3	Kesalahan Pemasangan Hose	37
4.2.4	Kontaminasi Fluida	38
4.3	Evaluasi Kondisi Hose, Sambungan, dan Tekanan Hidrolik	38
4.3.1	Evaluasi Visual Kondisi Hose.....	38
4.3.2	Evaluasi Sambungan dan Fitting.....	38
4.3.3	Evaluasi Tekanan Kerja Sistem Hidrolik	39
4.4	Dampak Operasional dan Ekonomis Akibat Kebocoran	39
4.4.1	Dampak terhadap Efisiensi Operasional	39
4.4.2	Dampak Ekonomis	40
4.4.3	Risiko Keselamatan Kerja.....	40
4.5	Analisis Root Cause (RCA).....	40
4.5.1	Diagram Fishbone (Diagram Sebab-Akibat).....	41
4.5.2	Analisis 5-Why.....	42
4.6	Rekomendasi Teknis.....	43
4.6.1	Perbaikan Prosedur Pemasangan.....	43
4.6.2	Penjadwalan Inspeksi Berkala.....	43
4.6.3	Penggunaan Hose Sesuai Spesifikasi	43
4.6.4	Peningkatan Sistem Perlindungan Tekanan	44
4.6.5	Pelatihan dan Sertifikasi Teknisi.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....		47



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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Excavator Pindad 200	7
Gambar 2. 2 Excava 200.....	8
Gambar 2. 3 Excava 200 Long Arm.....	9
Gambar 2. 4 Excava 200 Amphibious.....	10
Gambar 2. 5 Sistem hidrolik.....	15
Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Sistem Hidrolik.....	16
Gambar 2. 7 Pompa Hidrolik.....	17
Gambar 2. 8 Control Valve.....	18
Gambar 2. 9 Selang Hidrolik.....	18
Gambar 2. 10 Silinder Hidrolik.....	19
Gambar 2. 11 Hose Hidrolik.....	20
 Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	 29
 Gambar 4. 1 Diagram Fisbone (Sebab Akibat)	 42

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri alat berat, kinerja optimal dari setiap komponen hidrolik sangat menentukan efisiensi dan produktivitas operasional. Salah satu komponen vital dalam sistem hidrolik excavator adalah hose (selang hidrolik), yang berfungsi sebagai media penghantar fluida bertekanan tinggi untuk menggerakkan silinder hidrolik. Pada unit Excavator Pindad 200, hose silinder bucket memainkan peran sentral dalam proses penggalian dan pemindahan material, sehingga keandalan hose menjadi aspek krusial yang tidak dapat diabaikan.

Namun, dalam praktiknya, permasalahan kebocoran pada hose silinder bucket kerap terjadi, yang berdampak langsung pada downtime alat berat, penurunan produktivitas, pemborosan oli hidrolik, serta risiko terhadap keselamatan kerja. Berdasarkan pengamatan awal dan data pemeliharaan di PT PINDAD PERSERO, ditemukan adanya insiden berulang terkait kebocoran hose pada silinder bucket Excavator Pindad 200. Permasalahan ini tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga menunjukkan adanya celah dalam aspek teknis maupun manajerial pemeliharaan alat berat.

Kebocoran pada hose dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain keausan material, kesalahan pemasangan, tekanan fluida yang melebihi batas toleransi, kontaminasi fluida, serta kegagalan desain sistem pemipaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang komprehensif dan berbasis data untuk mengidentifikasi akar penyebab (root cause) terjadinya kebocoran tersebut. Pendekatan berbasis metode Root Cause Analysis (RCA), dikombinasikan dengan inspeksi visual, pengukuran teknis, serta studi literatur mengenai standar desain dan pemeliharaan hose hidrolik, menjadi kerangka kerja utama dalam penelitian ini.

Pemilihan Excavator Pindad 200 sebagai objek studi juga didasari oleh pentingnya peran produk lokal dalam mendukung kemandirian industri



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

alat berat nasional. PT PINDAD PERSERO sebagai produsen alat berat dalam negeri, terus mengembangkan teknologi excavator guna bersaing dengan produk global. Oleh karena itu, analisis terhadap permasalahan teknis seperti kebocoran hose menjadi langkah penting dalam meningkatkan mutu dan keandalan produk.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan sistem pemeliharaan preventif dan prediktif, sekaligus memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif dalam perbaikan desain maupun prosedur inspeksi hose. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh pihak PT PINDAD PERSERO sebagai dasar pengambilan keputusan teknis maupun sebagai acuan perbaikan sistem operasional pada lini produksi dan perawatan excavator.

Dengan demikian, penyusunan tugas akhir ini tidak hanya relevan dari sisi akademis, tetapi juga memiliki nilai praktis yang tinggi dalam mendukung perbaikan berkelanjutan (continuous improvement) pada sektor industri manufaktur alat berat di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, diketahui bahwa kebocoran hose silinder bucket pada Excavator Pindad 200 menimbulkan gangguan signifikan terhadap kinerja alat dan efektivitas operasional di lingkungan PT PINDAD PERSERO. Untuk itu, perlu dirumuskan permasalahan utama yang akan dikaji secara sistematis dalam penelitian ini. Adapun rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana faktor teknis yang menyebabkan terjadinya kebocoran pada hose silinder bucket Excavator Pindad 200?
2. Bagaimana kondisi hose, sambungan, dan tekanan kerja sistem hidrolik yang berkontribusi terhadap kebocoran?
3. Bagaimana dampak operasional yang ditimbulkan dari kebocoran hose silinder bucket?



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

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini disusun dengan tujuan utama untuk menganalisis secara sistematis penyebab terjadinya kebocoran pada hose silinder bucket Excavator Pindad 200 yang digunakan di PT PINDAD PERSERO. Melalui pendekatan berbasis observasi teknis, pengukuran empiris, dan studi literatur, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan data dan temuan yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan teknis serta rekomendasi perbaikan sistem.

Secara khusus, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama kebocoran hose silinder bucket Excavator Pindad 200, baik dari segi kondisi fisik komponen, kesesuaian spesifikasi teknis, maupun lingkungan operasional.
2. Menganalisis hubungan antara kondisi hose, tekanan kerja sistem hidrolik, serta teknik pemasangan terhadap tingkat keausan atau kegagalan komponen, sebagai upaya memahami akar permasalahan secara menyeluruh (root cause analysis).
3. Menilai dampak kebocoran terhadap efisiensi kerja, waktu operasi, serta biaya perawatan alat berat di lingkungan kerja PT PINDAD PERSERO, guna menunjukkan urgensi penyelesaian masalah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian "Analisis Penyebab Kebocoran Hose Silinder Bucket pada Excavator Pindad 200 Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA)" adalah:

1. Dengan ditemukannya akar penyebab kebocoran, perusahaan dapat menurunkan frekuensi kerusakan dan downtime alat berat, sehingga mampu menghemat biaya operasional dan perawatan yang signifikan.
2. Hasil penelitian ini mendorong optimalisasi program pemeliharaan preventif dan prediktif di lingkungan industri, serta dapat dijadikan acuan teknis dalam penyusunan SOP pemeliharaan hose pada sistem



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

hidrolik excavator.

3. Temuan dalam penelitian ini juga menjadi kontribusi positif dalam mendukung kualitas produk lokal seperti Excavator Pindad 200, sehingga memperkuat daya saing industri alat berat nasional di pasar domestik maupun internasional.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas kebocoran pada hose silinder bucket pada unit Excavator Pindad 200 dan tidak mencakup komponen hidrolik lainnya seperti hose boom, hose arm, atau sistem rotasi.
2. Analisis difokuskan pada penyebab teknis kebocoran hose, meliputi kondisi fisik hose, sambungan, tekanan kerja sistem hidrolik, serta faktor pemasangan. Aspek manajerial seperti manajemen logistik suku cadang tidak dibahas secara mendalam.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari inspeksi lapangan, dokumentasi pemeliharaan, dan pengukuran teknis yang dilakukan di lingkungan kerja PT PINDAD PERSERO selama periode tertentu yang telah ditentukan.
4. Metode analisis yang digunakan terbatas pada pendekatan Root Cause Analysis (RCA) yang dikombinasikan dengan observasi visual, pengukuran tekanan, dan studi literatur terkait standar sistem pemipaan hidrolik.
5. Penelitian ini tidak mencakup aspek perancangan ulang sistem hidrolik secara keseluruhan, melainkan hanya memberikan rekomendasi perbaikan teknis dan prosedural yang aplikatif terhadap kasus spesifik kebocoran hose.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Pindad (Persero), khususnya pada Departemen Manufaktur dan Rekayasa Industr. Lokasi ini dipilih karena



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

menyediakan fasilitas dan teknisi berpengalaman untuk mendukung pengamatan serta analisis permasalahan secara langsung.

1.7 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian analisis kebocoran hose silinder bucket pada Excavator Pindad 200 adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi permasalahan kebocoran hose berdasarkan laporan kerusakan, histori pemeliharaan, dan hasil observasi awal pada unit Excavator Pindad 200 di lapangan.
2. Mengumpulkan data teknis melalui inspeksi visual terhadap hose silinder bucket, pengukuran tekanan kerja sistem hidrolik, serta dokumentasi kondisi sambungan dan umur pemakaian hose.
3. Menelaah referensi pustaka seperti jurnal ilmiah, buku teknik mesin, standar instalasi sistem hidrolik, dan dokumentasi teknis pabrikan untuk memperoleh dasar teori yang relevan dengan permasalahan.
4. Melakukan analisis akar permasalahan menggunakan pendekatan Root Cause Analysis (RCA) melalui metode 5-Why dan diagram sebab-akibat (fishbone diagram) untuk menemukan faktor utama penyebab kebocoran.
5. Menyusun rekomendasi teknis yang aplikatif berdasarkan hasil analisis, meliputi perbaikan prosedur pemasangan hose, inspeksi berkala, serta saran peningkatan kualitas komponen atau sistem kerja.
6. Melakukan validasi hasil melalui diskusi dengan teknisi lapangan, perbandingan dengan standar industri, serta pengujian terbatas terhadap penerapan rekomendasi pada unit serupa.

1.8 Sistematika Pembahasan

Untuk memberikan gambaran yang sistematis dan terstruktur terhadap isi laporan Tugas Akhir ini, penulisan laporan disusun dalam beberapa bab sebagai berikut:



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

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, lokasi penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan. Tujuannya adalah memberikan pemahaman awal tentang konteks dan ruang lingkup penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas teori-teori dan literatur yang relevan, termasuk sistem hidrolik pada excavator, komponen hose silinder, standar desain dan pemeliharaan sistem hidrolik, serta metode *Root Cause Analysis (RCA)*. Tinjauan pustaka ini menjadi dasar teoritis dalam melakukan analisis.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan secara rinci tahapan dan metode yang digunakan dalam penelitian, mulai dari pengumpulan data, teknik inspeksi dan pengukuran, metode analisis akar masalah (RCA), hingga validasi hasil.

BAB IV Pembahasan

Bab ini memuat analisis terhadap data yang diperoleh di lapangan, hasil observasi, serta penerapan metode RCA untuk menemukan penyebab utama kebocoran. Dibahas pula dampak kerusakan serta interpretasi hasil analisis yang mengarah pada rekomendasi teknis.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab terakhir berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran teknis yang dapat diterapkan untuk mencegah terjadinya kebocoran hose di masa depan dan meningkatkan keandalan sistem hidrolik.



© 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



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

1. Faktor teknis yang menyebabkan kebocoran hose silinder bucket Excavator Pindad 200 antara lain meliputi:
 - Keausan material hose akibat umur pakai yang melampaui batas rekomendasi dan paparan beban dinamis tinggi secara terus-menerus.
 - Tekanan kerja sistem hidrolik yang melebihi spesifikasi teknis hose, termasuk adanya lonjakan tekanan (*pressure spike*) akibat tidak optimalnya sistem perlindungan tekanan seperti *relief valve*.
 - Kesalahan pemasangan hose, seperti tekukan melebihi radius minimum, posisi hose yang bergesekan langsung dengan komponen logam, serta sambungan fitting yang kurang kencang.
 - Kontaminasi fluida hidrolik oleh partikel asing, yang menyebabkan degradasi lapisan dalam hose
2. Kondisi hose, sambungan, dan tekanan kerja sistem hidrolik terbukti berkontribusi signifikan terhadap kebocoran. Inspeksi visual menunjukkan adanya abrasi, retakan mikro, dan pengelupasan pada permukaan hose. Evaluasi tekanan sistem hidrolik memperlihatkan nilai tekanan aktual melebihi rating maksimum hose yang digunakan, serta fluktuasi tekanan yang tidak stabil pada saat pengoperasian. Sambungan hose juga ditemukan tidak sesuai standar teknis, memperbesar potensi kebocoran
3. Dampak operasional dari kebocoran hose silinder bucket sangat signifikan, mencakup:
 - Gangguan operasional: downtime alat berat, penurunan efisiensi penggalan, dan keterlambatan pekerjaan.
 - Kerugian ekonomi: pemborosan oli hidrolik, biaya penggantian komponen, serta kehilangan potensi pendapatan akibat terganggunya produksi.



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

5.2 Saran

1. Penerapan Prosedur Pemasangan Hose yang Sesuai Standar
Penting untuk memastikan setiap pemasangan hose dilakukan dengan mengikuti prosedur teknis yang direkomendasikan, termasuk penggunaan alat bantu torsi dan pengukuran sudut tekukan sesuai spesifikasi pabrik, guna menghindari tegangan mekanis berlebih pada sambungan.
2. Pemilihan Hose Sesuai Spesifikasi Tekanan dan Lingkungan Kerja
Penggunaan hose yang memiliki *working pressure* dan *burst pressure* lebih tinggi dari tekanan maksimum sistem, serta tahan terhadap suhu ekstrem dan kontaminan, sangat disarankan untuk mengurangi risiko kegagalan dini.
3. Peningkatan Frekuensi dan Kualitas Inspeksi Berkala
Disarankan agar perusahaan memperkuat program inspeksi preventif, terutama terhadap area sambungan dan titik tekuk hose, serta melakukan penggantian hose berdasarkan umur teknis dan kondisi visual, bukan hanya saat kerusakan terjadi.
4. Perawatan dan Filtrasi Fluida Hidrolik yang Ketat
Untuk mencegah kontaminasi internal yang dapat merusak lapisan dalam hose, perlu diterapkan standar filtrasi yang lebih tinggi serta penjadwalan penggantian filter dan oli secara disiplin.
5. Pelatihan Teknis Bagi Operator dan Teknisi Pemeliharaan
Diperlukan pelatihan rutin terkait identifikasi dini gejala kebocoran, teknik pemasangan hose yang benar, dan penggunaan alat inspeksi teknis untuk meningkatkan kompetensi teknisi dalam menjaga keandalan sistem hidrolik.



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] A. G. Prayoga, D. Suprijanto, D. R. Hartana, dan D. Sugati, “Perancangan sistem hidrolik Excavator Komatsu PC 200-8MO,” *Cendekia Mekanika*, 2020.
- [2] PT Pindad (Persero), “Excava 200,”
<https://pindad.com/excava-200> [Diakses: 20-Jun-2025].
- [3] PT Pindad (Persero), “Excava 200 Long Arm,”
<https://pindad.com/excava-200-long-arm> [Diakses: 20-Jun-2025].
- [4] PT Pindad (Persero), “Excava 200 Amphibious,”/
<https://pindad.com/excava-200-amphibious> [Diakses: 20-Jun-2025].
- [5] PT Pindad (Persero), “Uji pabrik dan delivery perdana Pindad Excava 200,” *Press Release*, Okt. 2016.
<https://pindad.com>
- [6] PT Pindad (Persero), “Pindad Kirim Excava 200 untuk Bencana Palu,” *Press Release*, 9 Okt. 2018.
<https://pindad.com/excava-200-palu>
- [7] DetikFinance, “Kualitas Ekskavator Pindad Tak Kalah dengan Buatan Korea,” *Detik Finance*, 27 Juni 2015.
<https://finance.detik.com>
- [8] Liputan6.com, “Excava 200, Alat Berat Karya Anak Bangsa,” *Liputan6*, 12 Sep. 2015.
<https://www.liputan6.com/bisnis/read/2311092/excava-200-alat-berat-karya-anak-bangsa>
- [9] Kompas.com, “Kebutuhan Tinggi, Pindad Produksi Ekskavator 7.000 Unit,” *Kompas*, 11 Sep. 2015. [Daring].
<https://properti.kompas.com>
- [10] Nadella Yusfarani, *Penerapan 5S pada Zona Perakitan Produk Excava 200 di Divisi Alat Berat PT Pindad (Persero) Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing*, Skripsi, Telkom University, 2018.
<https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id>



© 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

[11] AnnualReport.id, “Dalam 2 Tahun, Pindad Bakal Produksi 1.100 Excavator,” *AnnualReport.id*,

<https://annualreport.id>

[12] Kementerian Pertahanan RI, “Menhan Resmi Luncurkan Escavator ‘Pindad Excava 200’,” 11 Sep. 2015.

[13] A. S. Rizky, dkk., “Troubleshooting sistem hidrolik pada swing boom excavator 302.5 di Workshop Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta,” *Prosiding Semnas Mesin PNJ*, 2021.

[14] EvergoodHose, “Do You Know the Shelf Life of Spiral Hydraulic Hose,” 20 Mei 2021.

<https://evergoodhose.com/blog>

[15] Jurnal Teknik Mesin UBL, “Analisa Pengaruh Diameter Hose Hidrolik terhadap Efisiensi Sistem Excavator,” *JTM UBL*, vol. 9, no. 2, pp. 23–34, 2022.

[16] Kawan Lama, “6 Fungsi Selang Hidrolik serta Jenis-Jenisnya,” 23 Jan. 2024.

<https://www.kawanlama.com/blog/6-fungsi-selang-hidrolik-serta-jenis-jenisnya>

[17] Montana Intercontinental, “Penyebab Selang Hidrolik Cepat Rusak,” 19 Apr. 2022.

<https://montanaintercontinental.co.id>

[18] Panduhidrolik.com, “Sedia Selang Hidrolik untuk Alat Berat Excavator dan Forklift,”

<https://panduhidrolik.com>

[19] F. Raharjo dan A. B. Nugroho, “Analisis sistem hidrolik excavator pada tekanan kerja tinggi,” *Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 11–18, 2022.

[20] Scribd, “Analisa kerusakan hose pada sistem hidrolik Off Highway Truck 777D Caterpillar,” 2023.

<https://www.scribd.com>

[21] Brennan Inc., “Custom hydraulic fittings reduce leak points and improve safety,” <https://blog.brennaninc.com>

[22] Cylinders Inc., “Types, causes, and dangers of hydraulic leakage,” 2022.

<https://cylindersinc.com/blog/types-causes-hydraulic-leakage>



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

[23] EquipmentShare, “Hydraulic leaks: Common causes and how to address them,” 2022.

<https://equipmentsshare.com>

[24] Fluid Power Journal, “Avoiding hydraulic hose disasters,” 17 Nov. 2022.

<https://www.fluidpowerjournal.com/avoiding-hydraulic-hose-disasters>

[25] FridayParts.com, “How to fix hydraulic leaks in excavators: Symptoms & detection,” Maret 2024.

<https://www.fridayparts.com>

[26] Thompson Tractor, “Finding and fixing hydraulic line leaks,” 2023.

<https://thompsontractor.com>

[27] White House Products Ltd., “Your guide to hydraulic leaks,” 2019.

<https://www.whitehouseproductsltd.com>

[28] M. Majka, “Root Cause Analysis (RCA),” *ResearchGate*, 2024.

https://www.researchgate.net/publication/384965537_Root_Cause_Analysis

[29] A. Khan, M. S. Mir, R. Hamid, dan R. U. H. Wani, “Root cause analysis,” *ResearchGate*, 2021.

https://www.researchgate.net/publication/357097309_Root_cause_analysis

[30] U.S. Centers for Medicare & Medicaid Services, “How to Use the Fishbone Tool for Root Cause Analysis,”

<https://www.cms.gov/medicare/provider-enrollment-and-certification/qapi/downloads/fishbonerevised.pdf>

[31] U.S. Centers for Medicare & Medicaid Services, “Five Whys Tool for Root Cause Analysis,”

<https://www.cms.gov/medicare/provider-enrollment-and-certification/qapi/downloads/fivewhys.pdf>