

Analisis Kerusakan Silinder Hidrolik pada Excavator Hitachi ZX200 dengan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA)

Riki Hari Muhar¹, Ade Dwi Putra Janata^{2*}

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

e-mail: 12284230029@untirta.ac.id, adedwiputraj@untirta.ac.id

Abstrak: Silinder hidrolik merupakan komponen penting pada excavator yang berpengaruh terhadap kinerja dan keandalan alat. Kerusakan pada silinder hidrolik dapat menyebabkan penurunan performa dan meningkatnya downtime operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kegagalan serta menentukan prioritas strategi pemeliharaan pada silinder hidrolik excavator Hitachi ZX200 di PT. Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Banten memakai metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA). Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen O-ring dan backup seal mempunyai angka Risk Priority Number (RPN) paling tinggi. Berdasarkan hasil analisis FMEA dan LTA, tindakan pemeliharaan yang direkomendasikan pada komponen O-ring dan backup seal meliputi inspeksi berkala, pemantauan kondisi seal, serta penggantian komponen secara preventif guna meningkatkan keandalan sistem hidrolik dan mengurangi downtime operasional.

Kata Kunci: Silinder hidrolik, Excavator Hitachi ZX200, FMEA, LTA, Pemeliharaan

Abstract: Hydraulic cylinders are important components of excavators that affect the performance and reliability of the equipment. Damage to the hydraulic cylinder can cause decreased performance and increased operational downtime. This study aims to analyze potential failures and determine the priority of maintenance strategies on the Hitachi ZX200 excavator hydraulic cylinder at PT. Pelabuhan Tanjung Priok, Banten Branch using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Logic Tree Analysis (LTA) methods. The results of the analysis show that the O-ring and backup seal elements have the highest Risk Priority Number (RPN). Based on the results of the FMEA and LTA analysis, recommended maintenance actions on the O-ring and backup seal components include periodic inspections, monitoring seal conditions, and preventive component replacement to improve hydraulic system reliability and reduce operational downtime.

Keywords: Hydraulic cylinder, Hitachi ZX200, FMEA, LTA, Maintenance

PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Banten adalah satu dari banyaknya perusahaan yang bergerak di lingkup pengelolaan pelabuhan dan logistik yang berperan penting dalam menjamin kelancaran distribusi barang (Ramdani & Putra, 2025). Sebagai salah satu simpul logistik utama di Indonesia, perusahaan ini memiliki tanggung jawab besar untuk memastikan bahwa proses bongkar muat barang berjalan efisien dan tepat waktu. Dalam operasinya, perusahaan ini menggunakan berbagai alat berat, termasuk excavator, untuk mendukung penanganan material dan tugas-tugas lain di area pelabuhan (Taufiqi et al., 2023). Salah satu ekskavator yang digunakan adalah Hitachi ZX 200 (Apriyanto, 2021), yang dikenal dengan performa dan ketangguhannya dalam melakukan tugas-tugas yang kompleks di kondisi lapangan. Keandalan alat berat seperti ini sangat krusial untuk menjaga produktivitas dan efisiensi operasional di lingkungan pelabuhan yang padat (Hamdaniaty, 2024).

Perkembangan aktivitas operasional di sektor kepelabuhanan menuntut ketersediaan alat berat yang memiliki tingkat keandalan tinggi dan mampu bekerja secara optimal dengan downtime yang minimal (Pranoto et al., 2013). Excavator merupakan salah satu alat berat utama yang dimanfaatkan dalam kegiatan bongkar muat material, pekerjaan konstruksi, serta pemeliharaan infrastruktur pelabuhan (Simanjuntak & Ferrari, 2013). Excavator Hitachi ZX200 banyak digunakan karena

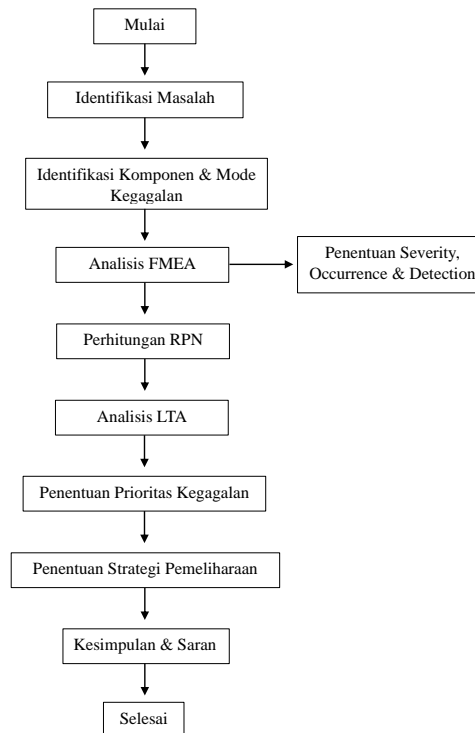
memiliki performa dan fleksibilitas kerja yang baik, namun dalam pengoperasiannya yang intensif dan berkelanjutan, alat ini tidak terlepas dari potensi kerusakan akibat beban kerja berat dan kondisi lingkungan kerja yang keras (Mahathir, 2015). Kerusakan pada komponen utama excavator dapat berdampak langsung pada penurunan produktivitas dan efisiensi kerja, khususnya apabila terjadi kegagalan fungsi pada sistem penggerakannya (Sutanto et al., 2017).

Menurut Munawir (2014), untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kerusakan secara sistematis, diperlukan metode yang mampu menilai tingkat risiko kegagalan di setiap elemen secara terstruktur. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah teknik yang dipakai untuk menganalisis mode kegagalan, penyebab, serta implikasi terhadap sistem melalui penilaian severity, occurrence, dan detection yang nantinya akan mendapatkan angka Risk Priority Number (RPN) guna bahan penentuan prioritas utama yang harus diperbaiki (Haq et al., 2021). Selain itu, Logic Tree Analysis (LTA) dipakai untuk mengelompokkan jenis kerusakan sesuai dengan tingkat kekritisan pada keamanan dan keberlangsungan operasi sistem (Priyanto, 2021). Penerapan metode FMEA dan LTA telah terbukti efektif dalam mendukung penentuan strategi pemeliharaan yang tepat pada peralatan industri (Zatmika et al., 2023).

Penelitian mengenai kerusakan sistem hidrolik pada excavator telah banyak dilakukan sebelumnya. Penelitian oleh Putra et al. (2024) menunjukkan bahwa silinder hidrolik yang mengalami kebocoran oli disebabkan oleh kerusakan seal, goresan pada rod, serta kontaminasi fluida yang berdampak pada penurunan kinerja alat. Selanjutnya, penelitian oleh Al Muhdor et al. (2025) menggunakan metode FMEA untuk menganalisis kerusakan sistem hidrolik excavator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode FMEA efektif dalam mengidentifikasi komponen kritis berdasarkan nilai RPN, dengan penyebab utama kerusakan meliputi kontaminasi oli, korosi, dan keausan komponen. Selain itu, Syarifudin & Putra (2021) menggunakan metode FTA dan FMEA dalam menganalisis risiko kegagalan pada excavator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan komponen dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode, dan material, serta nilai RPN digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas perbaikan. Namun demikian, hampir semua kajian analisis masih memiliki hambatan pada analisis kegagalan dan penentuan prioritas perbaikan tanpa melakukan klasifikasi tingkat kekritisan kerusakan secara sistematis. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan metode FMEA dan LTA untuk memberikan analisis yang lebih komprehensif dalam menentukan prioritas penanganan serta klasifikasi tingkat risiko kerusakan pada silinder hidrolik excavator.

METODE

Tulisan ini menggunakan metode penelitian FMEA yang memiliki beberapa alur agar dapat menggunakan metode tersebut di antaranya: peluang kegagalan, potential effect dari aspek kegagalan, sumber kegagalan untuk menetapkan tingkat kerusakan yang terjadi di suatu kendaraan (Setiasih, 2017). Kemudian langkah berikutnya adalah mengestimasi Risk Priority Number untuk mengambil langkah berikutnya agar dapat meminimalisir kegagalan. Pada teknik FMEA, dapat juga dengan menghitung RPN untuk mendapatkan indikator kegagalan prioritas. Risk Priority Number (RPN) yaitu gabungan dari tiga unsur di antaranya Severity (Keparahan), Occurrence (Frekuensi Kejadian), Detection (Deteksi Kegagalan) yang memberikan indikator bahaya yang ujung-ujungnya membutuhkan pemulihan (Munawir, 2014). Penelitian lainnya menggunakan metode FMEA untuk memperkuat rencana perawatan yang merupakan jalan keluar dari adanya masalah kerusakan pada kendaraan (Situngkir et al., 2019). Alur tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Metodologi Penelitian

Penentuan prioritas penanganan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan kuantitatif pada tahapan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) yang dinyatakan dalam angka Risk Priority Number (RPN) (Kusumawati et al., 2024). Angka RPN diperoleh dari gabungan indikator dampak yang terparah (severity), peluang terjadinya kegagalan (occurrence), serta keahlian sistem untuk mengetahui kegagalan sebelum terjadi (detection) (Pranoto et al., 2013). RPN dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

RPN memaparkan peringkat komponen yang paling penting dan diduga memberikan bahaya yang besar, hal ini dilakukan untuk dilakukannya perbaikan. Tiga elemen yang membentuk angka RPN di antaranya:

Severity

Severity merupakan ukuran peringkat keparahan dampak yang disebabkan akibat terjadinya kegagalan pada kinerja seluruh sistem. Penilaian severity diberikan dalam skala numerik dari 1 hingga 10. Kriteria penentuan nilai severity selanjutnya disajikan dalam tabel yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Tingkatan Severity

Rating	Criteria of Severity Effect
10	Sistem tidak mampu beroperasi seluruhnya
9	Kehilangan fungsi penting disertai adanya peringatan
8	Fungsi utama tidak dapat dijalankan
7	Kinerja fungsi utama menurun secara signifikan
6	Terjadi penurunan tingkat kenyamanan dalam penggunaan sistem
5	Kenyamanan operasional mengalami penurunan
4	Terjadi penyimpangan fungsi dan mayoritas operator menyadari adanya gangguan
3	Tidak berdampak signifikan, namun gangguan masih dapat dikenali oleh operator

Rating	Criteria of Severity Effect
2	Tidak memberikan dampak dan gangguan tidak terdeteksi oleh operator
1	Tidak menimbulkan dampak terhadap sistem

Occurrence

Occurrence merupakan parameter yang menunjukkan tingkat frekuensi berlangsungnya kerusakan atau kegagalan pada suatu komponen. Occurrence berkaitan dengan perkiraan total kejadian kegagalan yang ada karena suatu sebab terjadi pada silinder hidrolik excavator. Evaluasi occurrence ditulis dalam sampai 10, hal ini menggambarkan kegagalan yang ada mempunyai tingkat kejadian yang tertinggi atau kerap kali terjadi. Klasifikasi tingkat frekuensi terjadinya kegaagalan (occurrence) pada silinder hidrolik selanjutnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkatan Occurrence

Rating	Probability Of Occurance
10	≤ 250 jam
9	250 – 500 jam
8	500 – 750 jam
7	750 – 1000 jam
6	1000 – 1500 jam
5	1500 – 2000 jam
4	2000 – 2500 jam
3	2500 – 3000 jam
2	3000 – 4000 jam
1	≥ 4000 jam

Detection

Detection di lakukan pada bagian pengendalian yang memiliki keahlian untuk mengetahui sebab kegagalan pada elemen atau part dari silinder hidrolik. Tolak ukur penilaian Detection di antaranya pada tabel 3.

Tabel 3. Tingkatan Detection

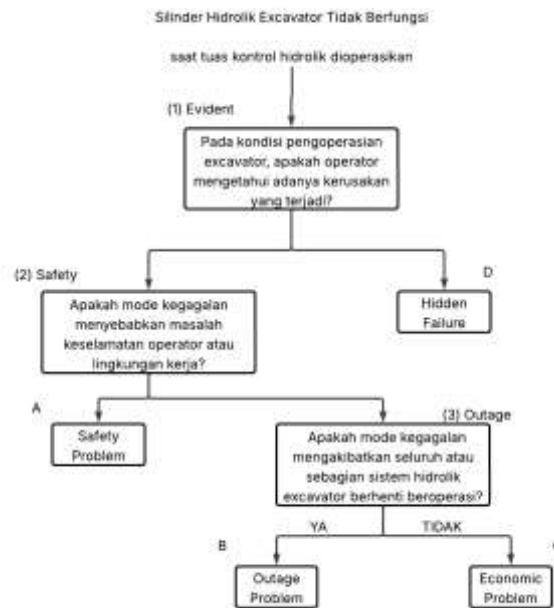
Rating	Probability Of Detection
10	Tidak dapat terlacak
9	Kesempatan sangat minim dan sangat tidak mudah untuk terlacak
8	Kesempatan sangat minim dan sulit untuk terlacak
7	Kesempatan sangat minim untuk terlacak
6	Kesempatan yang minim untuk terlacak
5	Kesempatan yang sedang untuk terlacak
4	Kesempatan yang sedikit tinggi untuk terlacak
3	Kesempatan yang tinggi untuk terlacak
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terlacak
1	Sudah Pasti terlacak

Menurut (Munawir, 2014) Logic Tree Analysis (LTA) mempunyai maksud guna mendahulukan setiap kerusakan yang terjadi dan melakukan analisis mendalam pada fungsi dan kegagalan yang terjadi pada setiap elemen. Keutamaan dari jenis kerusakan tertentu dapat terlihat dari jawaban atas pertanyaan yang terdapat pada LTA. LTA di dalamnya mencakup informasi tentang nomor dan identitas fungsi yang gagal, angka dan jenis kecacatan, analisis kekritisn dan informasi lainnya yang diperlukan. Dalam analisis kekritisn terdapat empat macam kerusakan di antaranya sebagai berikut :

Evident, Yaitu apakah seorang operator sudah memahami sistem dan keadaan standar atau pada saat adanya masalah dalam suatu sistem?

- a. Safety, apakah suatu kerusakan dapat membahayakan keselamatan?
- b. Outage, yaitu apakah mode kerusakan dapat menyebabkan silinder hidrolik sampai tidak dapat digunakan?
- c. Category, yaitu mengategorikan hal yang didapatkan

Gambar di bawah ini adalah bentuk flowchart dalam menyusun Logic Tree Analysis (LTA).



Gambar 2. Flowchart Logic Tree Analsis Silinder Hidrolik

Hal yang dapat dilakukan setelah menemui suatu masalah yang menyebabkan kerusakan atau gangguan pada alat hidrolik, selanjutnya adalah menentukan tindakan yang tepat untuk memperbaiki kerusakan. Apabila usaha untuk mencegah sudah tidak mempan lagi maka ada beberapa cara yang dapat dikerjakan:

- Condition Directed (CD) adalah suatu usaha untuk mendeteksi kerusakan yang ada pada elemen silinder hidrolik. Apabila ditemukan suatu masalah maka hal yang selanjutnya dilakukan adalah memperbaiki dan mengganti elemen yang rusak
- Time Directed (TD) adalah tindakan yang fokus pada perawatan dari waktu ke waktu
- Pemeliharaan atau Finding Failur (FF) adalah suatu usaha untuk mendeteksi kerusakan pada elemen yang sulit untuk ditemukan atau tersembunyi, biasanya dengan memeriksa secara berkala juga tidak dapat ditemukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis FMEA

Jika dilihat dari hasil analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) pada elemen silinder hidrolik *excavator* Hitachi ZX200 di PT. Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Banten, didapatkan angka *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap elemen silinder hidrolik. Angka RPN tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan elemen yang membutuhkan atensi lebih besar, terlebih pada elemen yang mendapatkan angka RPN cukup tinggi, hal ini diperlukan perbaikan yang sesuai. Hasil dari akumulasi angka *Risk Priority Number* (RPN) terdapat beberapa komponen silinder hidrolik disajikan pada Tabel 4. Tabel 4. Penentuan *Risk Priority Number*

<i>No</i>	<i>Part</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect of failure</i>	<i>S</i>	<i>Causes of failure</i>	<i>O</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Action needed</i>
1	<i>Base Mount</i>	Retak atau aus	Posisi silinder tidak stabil	8	Beban kerja berlebih	1	1	8	Melakukan inspeksi rutin dan penggantian komponen yang aus
2	<i>Base Port</i>	Kebocoran fluida	Tekanan hidrolik menurun	8	Seal melemah	1	1	8	Mengganti seal dan memastikan sambungan terpasang dengan baik
3	<i>Piston Nut</i>	Kendor atau aus	Posisi piston tidak stabil	7	Getaran dan keausan	1	8	56	Pengencangan ulang dan penggantian piston nut Perbaiki permukaan atau penggantian tube
4	<i>Tube / barrel</i>	Goresan atau deformasi	Kebocoran internal	9	Gesekan dan benturan	2	1	18	Penggantian seal secara berkala dan pengecekan kualitas oli
5	<i>Piston Seal</i>	Keausan seal	Tekanan hidrolik bocor	8	Gesekan dan kontaminasi	2	5	80	Melakukan pelurusan atau penggantian rod
6	<i>Shaft / rod</i>	Bengkok atau aus	Gerakan piston terganggu	3	Beban berlebih	1	2	6	Penggantian O-ring secara berkala dan inspeksi rutin
7	<i>O-ring dan Backup</i>	Getas atau robek	Kebocoran fluida	7	Usia pakai dan suhu tinggi	4	5	140	Pengencangan sambungan dan penggantian seal
8	<i>Rod port</i>	Kebocoran sambungan	Tekanan sistem menurun	8	Sambungan longgar	5	1	40	Penggantian rod seal dan pembersihan sistem
9	<i>Rod seal</i>	Keausan seal	Rembesan oli hidrolik	7	Gesekan dan kontaminasi	2	4	56	Pembersihan rutin dan penggantian wiper seal
10	<i>Rod wiper / seal dust</i>	Wiper rusak	Kotoran masuk silinder	7	Debu dan keausan	1	5	35	Penggantian
11	<i>Rod mount</i>	Retak atau	Gangguan	9	Beban kerja	1	1	9	

aus	kestabilan rod	berulang	komponen yang mengalami kerusakan
-----	----------------	----------	-----------------------------------

Kerusakan Komponen berdasar *Logic Tree Analysis* (LTA)

Dari hasil kajian yang memakai metode *Logic Tree Analysis* (LTA), dapat dijabarkan pengkategorian jenis kerusakan yang berasal dari suatu kegagalan yang dialami pada komponen silinder hidrolik *excavator* Hitachi ZX200 di PT. Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Banten. Pengelompokan kerusakan komponen dilakukan dengan mempertimbangkan dampak kegagalan terhadap keselamatan operator, keberlangsungan operasi alat, serta kerugian ekonomi yang ditimbulkan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, jenis kerusakan komponen silinder hidrolik dapat diklasifikasikan di antaranya:

a. Jenis Kerusakan Tipe A (*Safety Problem*)

Pada kategori ini, kerusakan yang terjadi pada silinder hidrolik berpotensi membahayakan keselamatan operator maupun lingkungan kerja di sekitarnya. Kerusakan jenis ini dapat menyebabkan kegagalan fungsi silinder secara mendadak, seperti hilangnya tekanan hidrolik atau pergerakan boom yang tidak terkendali. Komponen silinder hidrolik yang termasuk dalam kategori *Safety Problem* antara lain *Rod mount*, *Tube/barrel*, *Base mount*.

b. Jenis Kerusakan Tipe B (*Outage Problem*)

Jenis kerusakan tipe B merupakan kegagalan yang mengakibatkan seluruh atau sebagian sistem hidrolik *excavator* tidak dapat beroperasi sehingga menyebabkan *downtime* alat. Kerusakan pada kategori ini berdampak langsung terhadap terhentinya proses kerja *excavator* dan menurunkan produktivitas operasional. Komponen silinder hidrolik yang termasuk dalam kategori *Outage Problem* antara lain *Piston seal*, *O-ring* dan *backup*, *Rod seal*, *Rod port*.

c. Jenis Kerusakan Tipe C (*Economic Problem*)

Kerusakan tipe C yaitu kegagalan yang tidak menyebabkan *excavator* berhenti beroperasi, namun menurunkan kinerja sistem hidrolik dan menimbulkan kerugian ekonomi akibat efisiensi kerja yang berkurang atau peningkatan biaya perawatan. Komponen yang termasuk dalam kategori *Economic Problem* antara lain *Rod wiper/seal dust*, *Piston nut*, *Shaft/rod*.

d. Jenis Kerusakan Tipe D (*Hidden Failure*)

Jenis kerusakan tipe D merupakan kegagalan yang tidak bisa terdeteksi segera oleh operator pada saat pengoperasian *excavator*. Kerusakan ini umumnya bersifat internal dan baru diketahui setelah dilakukan pemeriksaan atau pembongkaran komponen silinder hidrolik. Komponen yang termasuk dalam kategori *Hidden Failure* antara lain Keausan internal *piston seal* dan Degradasi *O-ring* bagian dalam silinder.

Pembahasan

Dalam penentuan strategi perawatan atau pemeliharaan silinder hidrolik *excavator* Hitachi ZX200, langkah awal yang dilakukan adalah mengelompokkan strategi pemeliharaan berdasarkan angka *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Angka RPN terdapat pada tingkat 1 hingga 1000, hal ini menggambarkan bahwa apabila nilai RPN semakin tinggi maka resiko yang akan terjadi juga besar, dan sebaliknya nilai RPN yang rendah menunjukkan tingkat risiko yang lebih kecil. Penentuan kriteria RPN dalam penelitian ini mengacu pada pembagian kategori pemeliharaan yang ditampilkan pada Tabel 5. Jika dilihat dari tabel berikut, diperoleh nilai RPN > 100 pada beberapa komponen silinder hidrolik, sehingga strategi pemeliharaan prediktif direkomendasikan untuk komponen dengan risiko tinggi, sedangkan komponen dengan nilai RPN menengah termasuk dalam kategori pemeliharaan preventif, dan komponen dengan nilai RPN rendah dapat ditangani melalui pemeliharaan korektif sebagaimana ditunjukkan pada tabel dan gambar hasil analisis.

Berdasarkan hasil perhitungan RPN, angka RPN paling tinggi ada pada tiga elemen silinder hidrolik, yaitu *O-ring* dan *backup seal* (RPN = 140), *piston seal* (RPN = 80), serta *piston nut* dan *rod seal* (RPN = 56). Bagian-bagian tersebut tergolong mempunyai level risiko kegagalan yang relatif tinggi di antara bagian lainnya, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam program pemeliharaan. Tingginya nilai RPN pada komponen tersebut disebabkan oleh kombinasi tingkat keparahan kerusakan yang cukup tinggi, frekuensi kejadian yang relatif sering, serta tingkat kesulitan dalam mendeteksi kerusakan sebelum kegagalan terjadi. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Putra et al. (2024) yang menunjukkan bahwa kerusakan pada silinder hidrolik *excavator* umumnya disebabkan oleh kebocoran seal, kerusakan *O-ring*, serta kontaminasi fluida hidrolik yang berdampak pada penurunan tekanan dan performa sistem. Hasil penelitian ini juga didukung oleh Al Muhdor et al. (2025) yang menyatakan bahwa metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) efektif digunakan untuk menentukan prioritas kerusakan berdasarkan nilai RPN. Kesamaan hasil penelitian terlihat pada tingginya risiko kerusakan pada komponen sealing seperti *O-ring* dan *piston seal* akibat keausan dan kontaminasi fluida hidrolik, sehingga komponen tersebut memerlukan

perhatian khusus dalam program pemeliharaan.

Kerusakan pada komponen *O-ring* dan *backup seal* umumnya disebabkan oleh degradasi material berupa pengerasan, kerapuhan, atau robekan akibat usia pakai, suhu kerja tinggi, dan kontaminasi fluida hidrolik. Kondisi ini memicu kebocoran fluida yang menurunkan tekanan kerja silinder sehingga pergerakan boom atau arm pada *excavator* Hitachi ZX200 menjadi lambat dan tidak stabil, bahkan berpotensi menghentikan operasional jika tidak segera ditangani. Pada piston seal, kerusakan terjadi akibat keausan karena gesekan kontinu dengan dinding silinder dan penurunan kualitas fluida, yang menyebabkan kebocoran internal serta berkurangnya kemampuan sistem dalam mempertahankan tekanan, sehingga performa angkat dan respons hidrolik menurun. Sementara itu, kerusakan pada piston nut dan rod seal umumnya dipicu oleh getaran, beban berlebih, dan kesalahan pemasangan, yang mengakibatkan ketidakstabilan piston serta kebocoran eksternal, sekaligus meningkatkan risiko kontaminasi yang dapat mempercepat degradasi komponen lain dalam sistem hidrolik.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan untuk komponen dengan nilai RPN tinggi adalah pemeliharaan prediktif, seperti inspeksi berkala kondisi seal, analisis kebocoran fluida hidrolik, dan pemantauan jam kerja komponen. Untuk komponen dengan nilai RPN menengah disarankan penerapan pemeliharaan preventif, sedangkan komponen dengan nilai RPN rendah dapat ditangani melalui pemeliharaan korektif apabila terjadi kegagalan. Penerapan strategi pemeliharaan yang tepat diharapkan dapat meningkatkan keandalan silinder hidrolik serta mengurangi *downtime excavator* Hitachi ZX200 di PT. Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Banten

Tabel 5. Rekomendasi perbaikan

Rank	Teknik Pemeliharaan	Kriteria
1	Pemeliharaan Prediktif	$RPN \geq 100$
2	Pemeliharaan Preventif	$50 \leq RPN < 100$
3	Pemeliharaan Korektif	$RPN < 50$

PENUTUP

Penelitian menunjukkan bahwa kerusakan silinder hidrolik pada *excavator* Hitachi ZX200 disebabkan oleh keausan komponen, kebocoran fluida, dan penurunan kualitas material akibat usia serta kondisi kerja berat. Hasil kajian *Failure Mode and Effects Analysis* menjabarkan angka Risk Priority Number (RPN) paling tinggi ada pada *O-ring* dan *backup seal* (140), diikuti *piston seal* (80), serta *piston nut* dan *rod seal* (56), sehingga komponen tersebut menjadi prioritas pemeliharaan. Berdasarkan *Logic Tree Analysis*, kerusakan diklasifikasikan menjadi *Safety*, *Outage*, *Economic*, dan *Hidden Failure*, dengan kategori *Safety* dan *Outage* sebagai prioritas utama karena berdampak pada keselamatan dan operasional. Strategi pemeliharaan yang direkomendasikan adalah prediktif untuk $RPN \geq 100$, preventif untuk $50 \leq RPN < 100$, dan korektif untuk $RPN < 50$ guna meningkatkan keandalan alat dan mengurangi *downtime*.

.DAFTAR RUJUKAN

- Al Muhdor, A. I. S., Sutrisna, S., & Hartana, D. R. (2025). Analisis kerusakan sistem hidrolik pada excavator dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 6(2), 54–58.
- Apriyanto, A. Y. (2021). Analisa kerja lubrication system pada excavator ZX200-5G. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hamdaniaty, K. N. (2024). Analisis perawatan mesin dan peralatan di area crusher dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Life Cycle Cost (LCC) di PT XYZ. Universitas Islam Indonesia.
- Haq, I. S., Darma, A. Y., & Batubara, R. A. (2021). Penggunaan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam identifikasi kegagalan mesin untuk dasar penentuan tindakan perawatan di pabrik kelapa sawit Libo. *Vokasi Teknologi Industri*, 3(1).
- Kusumawati, A., Safitri, S., Putra, L. A., & Ramayanti, G. (2024). Analisis penyebab kerusakan mesin dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT Sulfindo Adiusaha. *InTent*, 7(2), 80–93.
- Mahathir, M. (2015). Laporan tugas akhir manajemen perawatan berkala excavator ZX200-5G Hitachi jenis backhoe.
- Munawir, H. D. (2014). Analisa penyebab kerusakan mesin sizing Baba Sangyo Kikai dengan metode FMEA dan Logic Tree Analysis (LTA) (studi kasus di PT Prima Texco Indonesia). *Jurnal Teknik Industri*.
- Pranoto, A., Wibowo, A., & Santosa, B. (2013). Analisis keandalan sistem menggunakan metode FMEA untuk menentukan prioritas perawatan mesin. *Jurnal Teknik Industri*, 14(1), 25–33.
- Priyanto. (2021). Penentuan strategi perencanaan perawatan pada mesin tanur dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II (studi kasus: PT Sinar Semesta).

- Putra, R., Irawadi, Y., & Rahmat, B. (2024). Analisa kebocoran oli (oil leaking) pada silinder hidrolik excavator. *Zona Mesin*, 7–12.
- Ramdani, A. F. M., & Putra, A. Y. W. (2025). Analisis kerusakan track adjuster excavator Hitachi ZX 200 di PT Pelabuhan Tanjung Priok Cabang Banten. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi Terapan*, 2(4), 357–365.
- Setiasih, P. I. (2017). Effectiveness of Failure Modes Effect Analysis (FMEA) to reduce medical error. *Indonesian Health Policy and Administration*, 2(2). <https://doi.org/10.7454/ihpa.v2i2.1971>
- Simanjuntak, M. R. A., & Ferrari. (2013). Peran excavator terhadap kinerja proyek konstruksi rumah tinggal di Jakarta Selatan. *Media Engineering*, 3(1), 65–78.
- Situngkir, A. R., Sinaga, J. T., & Siregar, R. (2019). Penentuan strategi pemeliharaan mesin produksi menggunakan metode FMEA dan Logic Tree Analysis (LTA). *Jurnal Teknik Industri*, 20(2), 134–142.
- Sutanto, T., Prasetyo, E., & Kurniawan, D. (2017). Penerapan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk mengurangi risiko kerusakan mesin. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 3(1), 15–23.
- Syarifudin, A., & Putra, J. T. (2021). Analisa risiko kegagalan komponen pada excavator Komatsu 150LC dengan metode FTA dan FMEA di PT XY. *Jurnal InTent*, 4(2), 1–10.
- Taufiqi, A. M., Setiono, B. A., & Hidayat, S. (2023). Optimalisasi alat bongkar muat dalam kelancaran kegiatan operasional general cargo PT Pelindo Multi Terminal Branch Tanjung Wangi. *Matemar*.
- Zatmika, A., Taufiq, M., Firdaus, J., & Furqon. (2023). Teknologi hidrolik: Dasar, aplikasi, dan inovasi. *Tahta Media Group*.