

Analisis Penentuan Komponen Kritis *Small Excavator* Menggunakan Metode *FMEA* dan Diagram Pareto

Diah Ayu Nurjanah¹, Imah Luluk Kusminah^{1*}, Aulia Nadia Rachmat¹, Navies Nabella²

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Perusahaan Konstruksi, Proyek Pembangunan Jalur Ganda Rel Kereta Api, Sidoarjo 61265

*E-mail: imahluluk@ppns.ac.id

Abstrak

Kegiatan konstruksi meliputi tahapan pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan. Salah satu kegiatan konstruksi yang ada di Indonesia adalah pembangunan jalur ganda rel kereta api. Pada proyek pembangunan jalur ganda rel kereta api terdapat *small excavator* A yang sering mengalami kegagalan. *Excavator* tersebut digunakan pada pekerjaan galian, *stripping* lahan dan timbunan. Kegagalan yang terjadi dapat mengganggu pelaksanaan konstruksi dan dapat mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian. Oleh sebab itu perlu adanya analisis terhadap komponen *excavator* agar diketahui komponen kritis. Pembuatan *FBD* (*Functional Block Diagram*) bertujuan untuk menggambarkan aliran kerja dari *excavator* sehingga memudahkan dalam pembuatan *FMEA*. Penentuan komponen kritis menggunakan metode *FMEA* (*Failure mode and Effects Analysis*) yang digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu peralatan, fasilitas, atau sistem mengalami kegagalan dan dampak yang ditimbulkannya. Metode *FMEA* memungkinkan penentuan peringkat risiko dengan menggunakan nilai *RPN* (*Risk Priority Number*). Hasil dari *RPN* dilakukan analisis menggunakan diagram pareto sehingga dapat ditentukan komponen kritis dari *excavator*. Komponen kritis dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip diagram pareto yang mengikuti aturan 80-20 yang menyatakan bahwa 20% dari komponen akan mewakili 80% dari keseluruhan komponen. Penentuan *RPN* berdasarkan hasil wawancara bersama *expert judgement*. Penelitian menunjukkan bahwa pada sistem kerja *excavator* terdapat 6 sub-sistem yakni sub-sistem elektrik, kendali, hidrolik, *engine*, *lower structure*, dan *upper structure*. Hasil dari *FMEA* dan diagram pareto menunjukkan bahwa terdapat 3 komponen kritis yakni komponen *track shoe* dengan *failure mode* baut *shoe* lepas memiliki nilai *RPN* 60, komponen *hydraulic pump* dengan *failure mode* seal kit regulator rusak memiliki nilai *RPN* 32, filter oli dengan *failure mode* rusak memiliki *RPN* 32.

Kata Kunci: *Excavator*, *FMEA*, Komponen Kritis, Pareto, *RPN*

Abstract

Construction activities involve stages of construction, operation, maintenance, dismantling, and reconstruction of a building. One of the construction activities in Indonesia is the construction of a double-track railway line. In the project of constructing the double-track railway line, there is a *small excavator* A that frequently experiences failures. The excavator is used for excavation work, land stripping, and embankment. The failures that occur can disrupt the construction process and result in financial losses for the company. Therefore, it is necessary to analyze the components of the excavator to identify the critical components. The creation of the *Functional Block Diagram* (*FBD*) aims to illustrate the workflow of the excavator, which facilitates the creation of the *Failure mode and Effects Analysis* (*FMEA*). The determination of critical components uses the *FMEA* method, which is employed to identify how equipment, facilities, or systems can fail and the resulting effects. The *FMEA* method allows for risk ranking using the *Risk Priority Number* (*RPN*). The results from the *RPN* analysis are then analyzed using a Pareto diagram to determine the critical components of the excavator. The critical components can be determined using the Pareto diagram principle, which follows the 80-20 rule stating that 20% of the components will represent 80% of the total components. The determination of the *RPN* is based on interviews with expert judgment. The study shows that the excavator's working system consists of six subsystems: electrical, control, hydraulic, engine, lower structure, and upper structure. The results from the *FMEA* and Pareto diagram indicate that there are three critical components: the track shoe component with a failure mode of loose shoe bolts, having an *RPN* value of 60, the hydraulic pump component with a failure mode of damaged regulator seal kit, having an *RPN* value of 32, and the oil filter with a failure mode of damage, having an *RPN* value of 32.

Keywords: Critical components, *Excavator*, *FMEA*, Pareto, *RPN*

1. PENDAHULUAN

Pada UU No. 02 Tahun 2017 definisi jasa konstruksi merupakan layanan jasa pekerjaan konstruksi dan konsultasi konstruksi. Pekerjaan konstruksi merupakan sebagian atau keseluruhan kegiatan yang meliputi tahapan pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan. Salah satu tujuan dari penyelenggaraan jasa konstruksi yakni melakukan penataan sistem jasa konstruksi yang dapat mewujudkan keselamatan umum serta kenyamanan lingkungan. Di Indonesia, terdapat suatu proyek pembangunan jalur ganda rel kereta api yang dikerjakan oleh salah satu perusahaan konstruksi.

Dalam suatu proyek konstruksi, terdapat berbagai jenis pekerjaan yang harus dilakukan mulai dari tahap persiapan struktur dasar hingga tahap penyelesaian. Semua tahapan ini memiliki peran penting dalam proses pembangunan, dan salah satu tahapan awal yang dilakukan adalah penggalian tanah. Penggalian tanah umumnya dilakukan menggunakan alat berat seperti *excavator*. Alat berat ini secara umum berfungsi untuk mendukung pelaksanaan konstruksi (Latif dan Anondho, 2022). *Excavator* adalah salah satu jenis alat berat yang bekerja dengan sistem hidrolis dan memiliki *bucket* yang terpasang di bagian depannya. Fungsinya meliputi penggalian, pemindahan, dan pengangkutan material. Cara kerja dari *excavator* ketika kegiatan penggalian yakni komponen *boom* dan *bucket* bergerak menuju tanah yang akan digali. Kemudian *bucket* digerakkan menuju alat dan melakukan penetrasi kedalam tanah. Apabila *bucket* telah penuh kemudian diangkat. Struktur atas *excavator* berputar dan *bucket* diayunkan sehingga material didalamnya keluar (Ismara dkk., 2020)

Kerusakan pada *excavator* akan mempengaruhi kegiatan proyek konstruksi. Hal tersebut dapat berakibat keterlambatan dalam penyelesaian kegiatan proyek. Salah satu alat (*tool*) yang dapat digunakan untuk pengendalian kualitas adalah *FMEA*. *FMEA* (*Failure mode and Effect Analysis*) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain suatu sistem dengan mempertimbangkan berbagai mode kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen sistem tersebut. Metode ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh-pengaruh kegagalan tersebut terhadap keandalan sistem (Syarifudin and Putra, 2021).

Pada penelitian ini peninjauan dilakukan pada *excavator* yang digunakan di proyek pembangunan jalur ganda rel kereta api. Terdapat 5 *excavator* yang digunakan pada proyek tersebut yakni *small excavator A*, *Small Excavator B*, *mid-size excavator*, *medium excavator A*, dan *medium excavator B*. *Small Excavator A* adalah jenis *excavator* yang paling banyak mengalami kegagalan. *Small excavator A* memiliki kapasitas *bucket* sebesar $0.2 \text{ m}^3 - 0.4 \text{ m}^3$. Dari data *downtime* selama 4 tahun terakhir terjadi kerusakan pada 13 komponen *excavator*. Apabila kegagalan komponen *excavator* berulang terus menerus maka akan membuat perusahaan mengalami kerugian waktu dan biaya.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hasil identifikasi kegagalan dan penilaian risiko pada *Small excavator A* di perusahaan konstruksi menggunakan metode *FMEA* serta bagaimana hasil penentuan komponen kritis *excavator* menggunakan diagram pareto. Diagram Pareto adalah alat yang dapat membantu mengidentifikasi dan memprioritaskan permasalahan dengan mengurutkannya berdasarkan tingkat kepentingannya. Dengan menggunakan diagram Pareto, kita dapat menemukan permasalahan yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi dan harus segera diselesaikan (peringkat tertinggi), serta permasalahan yang tidak harus segera diselesaikan (peringkat terendah). Selain itu, diagram Pareto juga dapat mengidentifikasi masalah yang memiliki dampak terbesar pada usaha perbaikan kualitas (Suherman dan Cahyana, 2019). Untuk mencegah terjadinya kerugian serta menjaga keselamatan dan kesehatan pekerja, penting untuk melakukan evaluasi terhadap kegagalan yang terjadi. Dalam hal ini, analisis kegagalan menjadi suatu langkah yang diperlukan. Dengan melakukan analisis kegagalan, dapat dilakukan identifikasi penyebab utama kegagalan dan mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mencegahnya terulang di masa depan.

2. METODE

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan studi lapangan, mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, melakukan pengumpulan data, membuat *FBD* (*Functional Block Diagram*), analisis *FMEA* (*failure mode and effect analysis*), analisis menggunakan diagram pareto, pemilihan tindakan, lalu melakukan analisis dan rekomendasi perbaikan, serta membuat kesimpulan. Berikut penjelasan metode penelitian:

a. Pengumpulan Data

Dalam melaksanakan penelitian ini terdapat data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara bersama dengan *expert judgement* meliputi data fungsi komponen, data penyebab kegagalan, dan akibat dari kegagalan yang terjadi. *Expert judgement* adalah operator *excavator* yang telah bekerja selama 13 tahun. Perolehan data sekunder didapatkan dari data *downtime excavator* yang terjadi selama 2019 – 2022.

b. Pembuatan *FBD* (*Functional Block Diagram*)

Pembuatan *Functional Block Diagram* (*FBD*) berfungsi untuk menggambarkan sistem aliran kerja dari komponen saat beroperasi (Gerada dkk., 2022). Diagram ini digunakan sebagai representasi visual yang menunjukkan hubungan antara fungsi sub-sistem yang membentuk sistem aliran kerja pada setiap komponen alat

berat *excavator* sehingga *excavator* dapat melakukan proses gerak. Diagram ini mempermudah analisis fungsi dan identifikasi kegagalan fungsi.

c. Analisis *FMEA* (*Failure modes and Effects Analysis*)

Dalam pembuatan *FMEA* dilakukan perhitungan *RPN* (nilai risiko prioritas) yang bertujuan untuk mengetahui komponen kritis dari suatu mesin yang selanjutnya dilakukan pengkategorian konsekuensi kegagalan yang terjadi pada tiap komponen (Hendratmoko and Pranoto, 2023). Penilaian *FMEA* ditentukan dari perhitungan frekuensi terjadinya kegagalan berdasarkan data historis kegagalan perusahaan. Data tersebut kemudian dibuat *range* yang bertujuan untuk memudahkan penilaian *occurrence*. Nilai dari *RPN* akan menentukan seberapa kritis komponen pada mesin (Ginting dan Lista, 2019).

Perhitungan *RPN* dengan rumus sebagai berikut :

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

Nilai *RPN* yang muncul menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian yang diberikan untuk area/komponen yang terdapat dalam sistem (Suherman dan Cahyana, 2019). Berikut merupakan rating *Severity*, *occurrence*, dan *detection*.

Tabel 1. Kategori Tingkat Keparahan (*Severity*)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Insignificant</i>	Tidak ada konsekuensi yang ditimbulkan, mesin beroperasi dengan normal
2	<i>Minor</i>	Mesin tetap beroperasi dengan aman, hanya ada beberapa gangguan kecil pada peralatan yang tidak signifikan. Dampaknya hanya dapat diketahui oleh operator yang berpengalaman.
3	<i>Moderate</i>	Mesin tetap beroperasi dengan aman, tetapi beberapa kegagalan proses telah terjadi. Operator merasa tidak puas karena tingkat kinerjanya menurun. Adanya <i>downtime</i> 1-6 jam. Diperlukan pengecekan kerusakan alat.
4	<i>Major</i>	Mesin tetap beroperasi dengan aman, tetapi tidak dapat berfungsi sepenuhnya. Operator merasa sangat tidak puas dengan kondisi tersebut. Adanya <i>downtime</i> lebih besar dari 6 jam Diperlukan pengecekan kerusakan alat dan penggantian komponen.
5	<i>Catastrophic</i>	Mesin tidak dapat dioperasikan. Pengoperasian dapat menimbulkan kecelakaan dan bahaya bagi keselamatan.

Sumber: Perusahaan Konstruksi, 2022

Tabel 1 diatas menjelaskan bahwa terdapat 5 tingkatan keparahan (*Severity*). Keparahan terbesar dideskripsikan sebagai *catastrophic* sedangkan keparahan dengan rating terendah dideskripsikan sebagai *insignificant*.

Tabel 2. Kategori Tingkat Kemungkinan (*Occurrence*)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	Jarang terjadi	Kegagalan terjadi dalam rentang waktu lebih dari satu tahun
2	Kecil kemungkinan terjadi	Kegagalan terjadi 1 kali pertahun
3	Mungkin dapat terjadi	Kegagalan terjadi 2-3 kali pertahun
4	Cenderung dapat terjadi	Kegagalan terjadi 4-5 kali pertahun
5	Hampir pasti terjadi	Kegagalan >5 kali pertahun

Sumber: Perusahaan Konstruksi, 2022

Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa terdapat 5 tingkatan kemungkinan (*occurrence*). *Rating occurrence* tertinggi dideskripsikan dengan hampir pasti terjadi yang bernilai 5 sedangkan kemungkinan dengan *rating* terendah dideskripsikan dengan jarang terjadi yang bernilai 1.

Tabel 3. Kategori Tingkat Kemungkinan Kegagalan Terdeteksi (*Detection*)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	Tinggi	Pasti terdeteksi
2	Medium	Mudah terdeteksi
3	Rendah	Jarang terdeteksi
4	Sangat Rendah	Sulit terdeteksi
5	<i>Non-Detectable</i>	Tidak dapat terdeteksi

Sumber: Perusahaan Konstruksi, 2022

Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa pada kategori *Detection* terdapat 5 tingkatan. Rating *detection* tertinggi bernilai 5 dimana kegagalan tidak dapat terdeteksi sedangkan *detection rating* terendah bernilai angka 1 yang berarti kegagalan pasti terdeteksi oleh sistem.

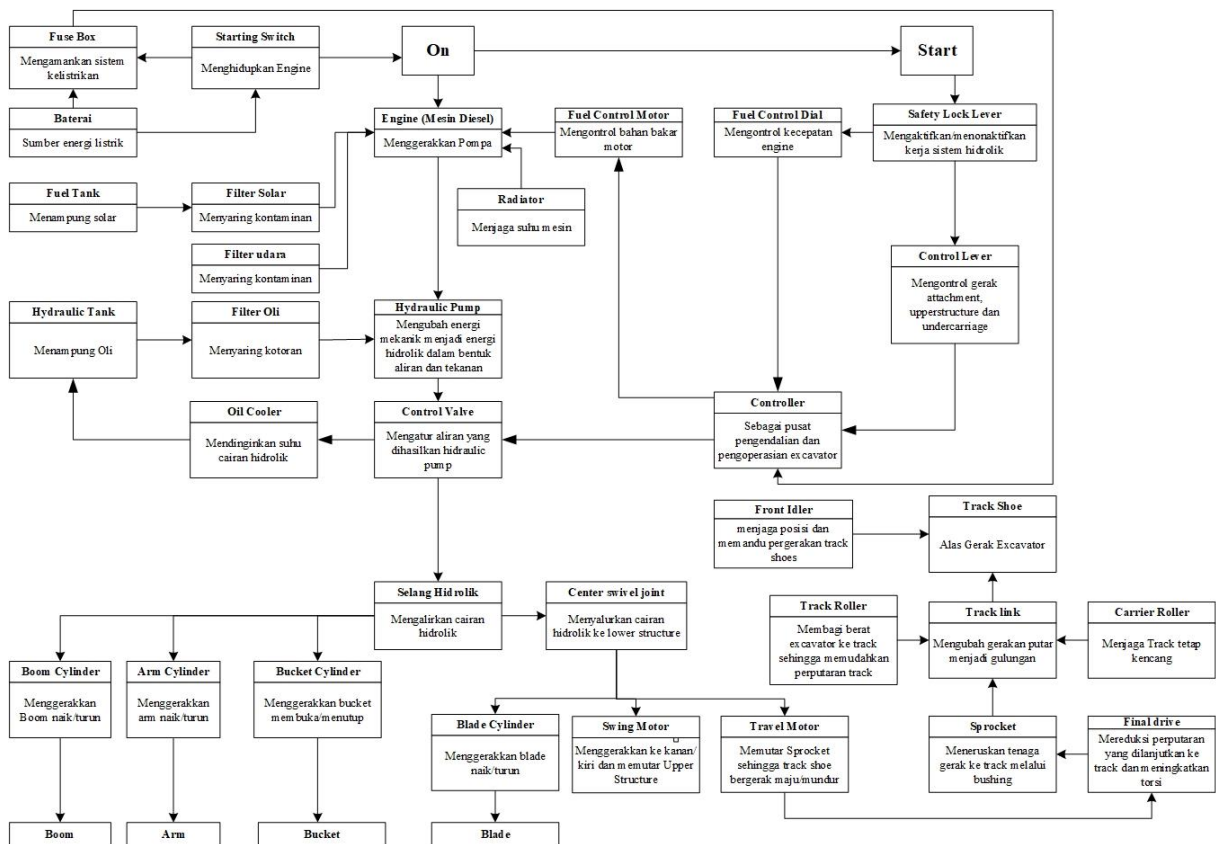
d. Penentuan Komponen Kritis

Tahapan ini dilakukan dengan membuat diagram pareto berdasarkan nilai *RPN*. Penentuan komponen kritis berdasarkan hukum pareto yakni aturan 80-20 yang diartikan bahwa 20% dari komponen akan mewakili 80% komponen keseluruhan. Nilai *RPN* dari hasil setiap *FMEA excavator* akan dilakukan perhitungan menggunakan prinsip diagram pareto (Ramadhan dkk., 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Functional Block Diagram (FBD)

Dari hasil wawancara dengan *expert judgement* diketahui bahwa Pada sistem kerja *excavator* terdapat 6 sub-sistem yakni sub-sistem elektrik, kendali, hidrolik, *engine*, *lower structure*, dan *upper structure*. Aliran kerja sistem hidrolik pada *excavator* melibatkan serangkaian langkah-langkah dan komponen untuk menghasilkan gerakan yang diinginkan. Operator mengoperasikan kontrol hidrolik menggunakan tuas (*control lever*) di dalam kabin untuk mengoperasikan komponen-komponen *excavator*, seperti *boom*, *arm*, *bucket*, *blade*, dan *undercarriage*. Berikut adalah functional block diagram *excavator* :



Gambar 1. Functional Block Diagram Excavator

Gambar 1 menunjukkan aliran kerja dari sistem *excavator*. Sistem kerja *excavator* dimulai dari masuknya daya listrik menggunakan komponen Starting Switch yang apabila diputar ke posisi "ON" maka akan menghidupkan

engine namun *excavator* belum dapat digerakkan. Starting Switch diputar lagi menuju posisi “START” dan *Safety Lock Lever* berada posisi bebas maka *excavator* dapat digunakan. Gerakan dari tuas pengendali akan diterima oleh pengendali (*Controller*). Pengendali akan mengirimkan sinyal ke katup pengendali (*control valve*) untuk mengatur aliran hidrolik yang akan diteruskan ke masing-masing aktuator (silinder hidrolik) melalui selang hidrolik. Pompa hidrolik akan menghasilkan tekanan tinggi untuk memompa fluida hidrolik. Aliran fluida hidrolik akan dipindahkan dari tangki hidrolik ke pompa, dan kemudian pompa akan mengirimkan fluida hidrolik ke seluruh sistem. Aliran fluida hidrolik akan dialirkan melalui selang-selang hidrolik yang menghubungkan komponen hidrolik seperti pompa, katup pengendali, dan silinder hidrolik. Selang hidrolik dirancang dengan tujuan untuk mengalirkan fluida hidrolik dengan aman dan efisien. Silinder hidrolik berfungsi untuk mengubah energi hidrolik menjadi gerakan mekanis. Setelah digunakan, fluida hidrolik akan kembali mengalir ke tangki hidrolik melalui saluran kembalian (*return line*). Fluida hidrolik akan menuju ke oil cooler untuk menurunkan suhu cairan hidrolik, kemudian kembali ke tangki hidrolik untuk digunakan kembali dalam siklus aliran hidrolik. Proses aliran kerja sistem hidrolik pada *excavator* ini memungkinkan operator untuk mengendalikan gerakan dan kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan berbagai tugas seperti penggalian, pengangkatan, dan pemindahan material sesuai dengan kebutuhan pekerjaan.

Komponen *center swivel joint* terletak di antara *lower structure* (struktur bawah) dan *upper structure* (struktur atas), dan memiliki peran penting dalam mobilitas dan manuverabilitas *excavator*. *Center swivel joint* juga berfungsi sebagai penghubung antara saluran hidrolik pada struktur bawah dengan struktur atas *excavator*. Saat terjadi pergerakan putar (*swing*), aliran cairan hidrolik akan melalui pusat hubungan putar untuk mencegah lilitan atau putaran berlebih pada selang hidrolik. Motor putar (*swing motor*) adalah motor hidrolik yang bertanggung jawab untuk menghasilkan gerakan putar (*swing*) pada struktur atas *excavator*. *Swing motor* memungkinkan *excavator* untuk berputar 360°. *Travel motor* adalah motor hidrolik yang menggerakkan *undercarriage excavator* untuk melakukan pergerakan maju dan mundur. *Travel motor* menerima tenaga dari sistem hidrolik dan meneruskannya ke *final drive*. *Final drive* adalah komponen yang terhubung ke roda gigi (*sprocket*) dan menggerakkan rantai trek. Gerakan putar dari *Final drive* akan ditransmisikan melalui roda gigi untuk menggerakkan rantai trek dan *track shoe*. *Track link* membentuk rangkaian rantai trek yang bergerak di sepanjang *undercarriage*. *Link-link* pada rantai trek saling terhubung dan memastikan rantai trek tetap stabil saat bergerak. *Front idler* adalah roda guling yang terletak di bagian depan *undercarriage*. *Front idler* berfungsi sebagai dukungan dan panduan untuk rantai trek. Komponen ini membantu mengarahkan dan mendistribusikan beban secara merata ke seluruh rantai trek. *Track shoe* adalah komponen yang terhubung dengan rantai trek dan berada dalam kontak langsung dengan permukaan tanah. *Track shoe* terdiri dari beberapa plat yang dihubungkan oleh baut *shoe* sehingga membentuk sebuah rangkaian. *Track shoe* bergerak bersama dengan rantai trek dan didukung oleh komponen roller. Terdapat dua jenis roller, yaitu *track roller* dan *carrier roller*, yang berfungsi sebagai komponen pendukung pada rantai trek. *Track roller (bottom roller)* adalah roda guling yang terletak di bawah rantai trek. *Track roller* membantu mendistribusikan beban secara merata pada rantai trek dan mengurangi gesekan saat *undercarriage* bergerak. Sedangkan *carrier roller* adalah roda guling yang terletak di atas rantai trek. *Carrier roller* berfungsi untuk menjaga rantai trek tetap kencang (Yogisworo dan Dzulfikar, 2021).

Tabel 4. Data Downtime Tahun 2019 – 2022 Pada Komponen Small Excavator A

No	Komponen	Jumlah Kegagalan
1	Selang Hidrolik	11
2	<i>Hydraulic pump</i>	4
3	<i>Fuse box</i>	8
4	<i>Track Roller</i>	3
5	<i>Carrier roller</i>	4
6	<i>Track shoe</i>	21
7	Filter Oli	12
8	Filter Solar	9
9	Filter Udara	10
10	<i>Seal boom</i>	12
11	<i>Front idler</i>	5
12	Radiator	1
13	<i>Arm cylinder</i>	5

Tabel 2 menunjukkan data *downtime small excavator A* selama 4 tahun dimana terdapat 13 komponen yang mengalami kegagalan. Berdasarkan FBD dan data *downtime* diatas maka dapat dilakukan analisis *FMEA*. Analisis komponen *excavator* menggunakan metode *failure mode effect analysis (FMEA)*, dapat diperoleh informasi mengenai *RPN (Risk Priority Number)* tertinggi dari setiap komponen. Semakin tinggi nilai *RPN* yang terjadi, maka tingkat keandalan suatu komponen akan semakin rendah. Contoh *FMEA* dari tiap sub-sistem dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. FMEA Small Excavator A

System : Small Excavator A					Date : Juni 2023							
Sub-System: Elektrik, Kendali, Hidrolik, Engine, Lower structure, Upper structure												
No	Equipment	Function	Functional Failure	Failure mode	Failure Effects	S	O	D	RPN			
01. Sub-System Elektrik												
1	Fuse Box	1	Mengamankan sistem kelistrikan	A	Gagal mengamankan sistem kelistrikan	1	Sekering (fuse) putus	Hilangnya fungsi beberapa sistem	4	3	2	24
02. Sub-System Kendali												
2	Safety lock lever	1	Mengaktifkan/ menonaktifkan kerja sistem hidrolik	A	Tidak dapat Mengaktifkan kerja sistem hidrolik	1	Macet	Sistem hidrolik tidak dapat bekerja	4	1	2	8
03. Sub-System Hidrolik												
3	Hydraulic pump	1	Mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dalam bentuk aliran dan tekanan	A	Tekanan pompa hidrolik tidak sesuai dengan permintaan	1	Pompa hidrolik <i>overheating</i>	penurunan performa dan ketidakstabilan dalam gerakan attachment (<i>boom, arm, bucket, dan blade</i>)	3	1	3	9
						2	Seal kit regulator aus/rusak	Kebocoran dan penurunan tekanan hidrolik yang dihasilkan oleh <i>hydraulic pump</i> .	4	2	4	32
04. Sub-System Engine												
4	Radiator	1	Menjaga suhu mesin agar tetap dalam rentang operasional yang aman dengan cara memindahkan panas dari mesin ke udara	A	Suhu mesin tidak dalam rentang operasional yang aman	1	Radiator rusak	Kerusakan pada komponen mesin sehingga berakibat <i>downtime</i> .	5	1	4	20
05. Sub-System Lower structure												
5	Track shoe	1	Alas Gerak Excavator	A	Gerak excavator tidak sempurna	1	Track shoe patah	Track shoe terlepas dari dudukan <i>frame</i>	3	1	2	6
						2	Baut shoe lepas	Kekencangan track shoe berkurang, ketidakstabilan pada track shoe	4	5	3	60
06. Sub-System Upper structure												
6	Boom	1	Mengayunkan arm sehingga jangkauan gerak	1	Tidak dapat mengayunkan arm	1	Boom mengalami	Penurunan performa boom,	4	1	1	4

		bucket dapat lebih jauh.				retak atau patah	Boom tidak dapat digunakan				
--	--	--------------------------	--	--	--	------------------	----------------------------	--	--	--	--

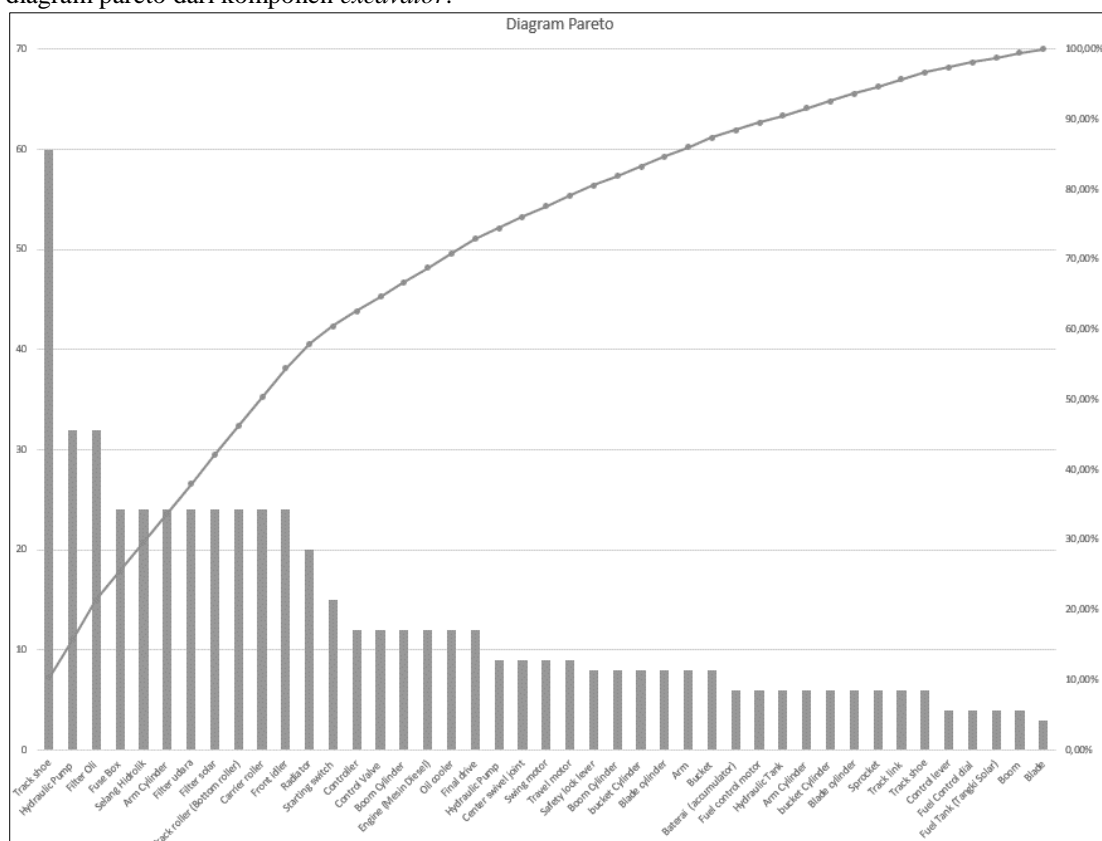
Pada tabel 5 dapat diketahui bahwa Nilai RPN tertinggi adalah 60 yang dimiliki oleh komponen *track shoe* dengan *failure mode* baut *shoe* lepas. Beberapa komponen lain yang memiliki nilai RPN tinggi adalah *hydraulic pump* dengan *failure mode* *seal kit* regulator rusak memiliki nilai RPN 32, filter oli dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 32, *Fuse box* dengan *failure mode* *fuse* (sekering) putus memiliki RPN 24, selang hidrolik dengan *failure mode* bocor memiliki RPN 24, *Boom cylinder* dengan *failure mode* *seal boom* aus atau rusak memiliki RPN 24, filter udara dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 24, filter solar dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 24, *Track roller* dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 24, *carrier roller* dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 24, front idler dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 24, dan radiator dengan *failure mode* rusak memiliki RPN 20.

Tabel 6. Persentase Kumulatif RPN

No	Equipment	Failure mode	S	O	D	RPN	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Track shoe	Baut shoe lepas	4	5	3	60	10,34%	10,34%
2	Hydraulic pump	Seal kit regulator aus/rusak	4	2	4	32	5,52%	15,86%
3	Filter Oli	Filter oli rusak	4	4	2	32	5,52%	21,38%
4	Fuse Box	Sekering (fuse) putus	4	3	2	24	4,14%	25,52%
5	Selang Hidrolik	bocor	4	3	2	24	4,14%	29,66%
6	Arm cylinder	Batang silinder aus atau rusak	4	3	2	24	4,14%	33,79%
7	Filter udara	Filter udara rusak	4	3	2	24	4,14%	37,93%
8	Filter solar	Filter solar rusak	4	3	2	24	4,14%	42,07%
9	Track roller (Bottom roller)	Track roller rusak	4	2	3	24	4,14%	46,21%
10	Carrier roller	Aus	4	2	3	24	4,14%	50,34%
11	Front idler	Front idler rusak	4	3	2	24	4,14%	54,48%
12	Radiator	Radiator rusak	5	1	4	20	3,45%	57,93%
13	Starting switch	Korsleting pada kabel	5	1	3	15	2,59%	60,52%
14	Controller	Controller gagal mendeteksi sinyal dari sensor	4	1	3	12	2,07%	62,59%
15	Control Valve	Seal mengalami aus/rusak	3	1	4	12	2,07%	64,66%
16	Boom cylinder	Seal boom cylinder rusak	3	2	2	12	2,07%	66,72%
17	Engine (Mesin Diesel)	Mesin overheating	3	1	4	12	2,07%	68,79%
18	Oil cooler	Oil cooler mengalami penyumbatan	3	1	4	12	2,07%	70,86%
19	Final drive	Final drive rusak	4	1	3	12	2,07%	72,93%
20	Hydraulic pump	Pompa hidrolik overheating	3	1	3	9	1,55%	74,48%
21	Center swivel joint	Center swivel joint rusak	3	1	3	9	1,55%	76,03%
22	Swing motor	Swing motor rusak	3	1	3	9	1,55%	77,59%
23	Travel motor	Travel motor rusak	3	1	3	9	1,55%	79,14%
24	Safety lock lever	Macet	4	1	2	8	1,38%	80,52%
25	Boom cylinder	Batang silinder aus atau rusak	4	1	2	8	1,38%	81,90%
26	bucket cylinder	Batang silinder aus atau rusak	4	1	2	8	1,38%	83,28%
27	Blade cylinder	Batang silinder aus atau rusak	4	1	2	8	1,38%	84,66%
28	Arm	Arm mengalami retak atau	4	1	2	8	1,38%	86,03%

		patah						
29	Bucket	Bucket mengalami retak atau patah	4	1	2	8	1,38%	87,41%
30	Baterai (accumulator)	Baterai rusak	2	1	3	6	1,03%	88,45%
31	Fuel control motor	Fuel control motor rusak	3	1	2	6	1,03%	89,48%
32	Hydraulic Tank	Bocor	3	1	2	6	1,03%	90,52%
33	Arm cylinder	Seal arm cylinder aus atau rusak	3	1	2	6	1,03%	91,55%
34	bucket cylinder	Seal bucket cylinder aus atau rusak	3	1	2	6	1,03%	92,59%
35	Blade cylinder	Seal blade cylinder aus atau Rusak	3	1	2	6	1,03%	93,62%
36	Sprocket	aus	2	1	3	6	1,03%	94,66%
37	Track link	Track link retak, aus	3	1	2	6	1,03%	95,69%
38	Track shoe	Track shoe patah	3	1	2	6	1,03%	96,72%
39	Control lever	Macet	2	1	2	4	0,69%	97,41%
40	Fuel Control dial	Fuel control dial rusak	2	1	2	4	0,69%	98,10%
41	Fuel Tank (Tangki Solar)	Bocor	2	1	2	4	0,69%	98,79%
42	Boom	Boom mengalami retak atau patah	4	1	1	4	0,69%	99,48%
43	Blade	Blade mengalami retak atau patah	3	1	1	3	0,52%	100,00%

Dari tabel 6 diketahui terdapat 43 *failure mode* pada komponen *excavator* yang selanjutnya dilakukan analisis komponen kritis. Penentuan komponen kritis ini menggunakan prinsip 80/20, di mana sebagian kecil potensi kegagalan memiliki dampak yang besar terhadap keseluruhan sistem (Fajri dkk., 2019). Berikut merupakan diagram pareto dari komponen *excavator*:



Gambar 2. Diagram Pareto Excavator

Berdasarkan diagram pareto dapat diketahui bahwa terdapat 3 komponen kritis pada *small excavator* A yakni *track shoe*, *hydraulic pump*, dan filter oli. Komponen utama yang menjadi penyebab kegagalan *excavator* adalah *track shoe* dengan persentase kumulatif sebesar 10,34%. Pada *track shoe* terdapat komponen baut *shoe* yang sering lepas dimana hal tersebut dapat mengganggu kerja dari *excavator*. Baut *shoe* lepas akan mengurangi kekencangan *track shoe* sehingga kestabilan *track* akan terganggu dan membuat pergerakan *excavator* menjadi terhambat. *Seal kit* regulator pada *hydraulic pump* yang mengalami kerusakan akan menurunkan tekanan hidrolik yang dihasilkan oleh pompa hidrolik dimana akan berpengaruh pada kinerja sistem hidrolik. Filter oli yang mengalami kerusakan membuat kontaminan masuk ke dalam *hydraulic pump* sehingga mesin menjadi rusak dan mempengaruhi kinerja sistem hidrolik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dari analisis *FMEA* dan diagram pareto dapat disimpulkan bahwa sistem kerja *excavator* terbagi menjadi 6 sub-sistem yakni yakni sub-sistem elektrik, kendali, hidrolik, *engine*, *lower structure*, dan *upper structure*. Dari analisis *FMEA* dan diagram pareto diketahui bahwa terdapat 3 komponen yang menjadi komponen kritis yakni *hydraulic pump* dengan *failure mode seal kit* regulator rusak memiliki nilai *RPN* 32, filter oli dengan *failure mode* rusak memiliki *RPN* 32. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan perawatan serta jadwal jadwal *maintenance* (perawatan) sehingga dapat dilakukan perawatan *excavator* yang lebih optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Fajri, L.P., Setiawan, P.A., Juniani, A.I., 2019. Analisis Kegagalan dan Penentuan Komponen Kritis dengan Pendekatan *FMEA* dan Pareto Pada Mesin Block Mill. *Proceeding Conf. Saf. Eng.* 524–530.
- Gerada, M., Kurniawan Dwi, R., Rudi, S., 2022. Aplikasi *Failure mode Effect Analisis (FMEA)* untuk Mempermudah Perawatan dan Perbaikan Sitem Pendingin Main Engine Di Kapal 3, 19–26.
- Ginting, E., Lista, Y., 2019. Analisa Komponen Kritis untuk Mengurangi *Breakdown* Mesin Produksi pada PT. XYZ. *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.* 2.
- Hendratmoko, T., Pranoto, H., 2023. Analisis Kegagalan dengan Menggunakan Metode *FMEA* dan *FTA* Untuk Menentukan Perawatan Undercarriage Pada Kendaraan Listrik E-Niaga Geni Biru Tiga Roda 1, 94–103.
- Ismara, K.I., Nuha, U., Prianto, E., 2020. Bekerja dengan Alat Berat Secara Selamat dan Sehat, 2nd ed. UNY Press, Yogyakarta.
- Latif, V.T., Anondho, B., 2022. Identifikasi Faktor Dominan Yang Mempengaruhi Permintaan *Excavator* Pada Proyek Gedung Bertingkat di Masa Pandemi Covid-19. *JMTS J. Mitra Tek. Sipil* 5, 547–554.
- Ramadhan, M.I., Sumarjo, J., Suci, F.C., Santoso, D.T., Karawang, S., Hs, J., Waluyo, R., Barat, J., 2021. Analisis Kerusakan Mesin AHU Menggunakan Pendekatan Metode *Failure mode and Effect Analysis* 14, 6–10.
- Suherman, A., Cahyana, B.J., 2019. Pengendalian Kualitas dengan Metode *Failure mode and Effect Analysis (FMEA)* dan Pendekatan Kaizen untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan dan Penyebabnya. *J. UMJ* 16, 1–9.
- Syarifudin, A., Putra, J.T., 2021. Analisa Risiko Kegagalan Komponen Pada *Excavator* Komatsu 150LC dengan Metode *FTA* dan *FMEA* di PT. XY. *J. InTent* 4, 1–10.
- Undang–Undang Republik Indonesia No 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi. Jakarta
- Yogisworo, N., Dzulfikar, M., 2021. Analisis Keausan *Track Roller* dan *Carrier roller* *Excavator* Komatsu PC 200 – 8. In: *Seminar Nasional SAINS Dan Teknologi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Semarang*, pp. 13–19.