



STUDI KERUSAKAN MESIN *WHEEL LOADER* LIUGONG ZL50CN MENGUNAKAN FMEA DAN DIAGRAM *FISHBONE*

ANALYSIS OF *WHEEL LOADER* LIUGONG ZL50CN MACHINE FAILURE UTILIZING FMEA AND *FISHBONE* DIAGRAM

Domi Kamsyah, Hasan Fajriansyah Ramadhani, Nur Fitria Pujo Leksonowati, Nadhrah Wivanius
Politeknik Negeri Batam

domi@polibatam.ac.id, hasanfajriansyah@gmail.com, nurfitriapujo@polibatam.ac.id,
nadhrah@polibatam.ac.id

Abstrak

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Mar 2024
Disetujui: Apr 2024
Dipublikasikan:
Mei 2024

Kata kunci:

Digram *fishbone*,
FMEA,
RPN

Keywords:

Fishbone
diagram,
FMEA,
RPN

Power system merupakan sistem yang memberikan tenaga agar *wheel loader* dapat beroperasi dan merupakan sumber penggerak utama bagi sistem atau komponen lainnya. Kegagalan fungsi pada *power system* mengganggu kerja sistem lain yang dapat berdampak kepada penurunan produktivitas, *downtime*, dan biaya perbaikan yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu penyebab kegagalan *power system* dari *wheel loader* Liugong ZL50CN, dengan cara mengidentifikasi kemungkinan kegagalan dengan menggunakan metode FMEA dan dilanjutkan menggunakan diagram *fishbone* untuk melihat penyebab kegagalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab utama penyebab kerusakan pada mesin *wheel loader* ZL50CN dalam kurun waktu Januari 2021 sampai Desember 2023 adalah kerusakan sistem pendingin mesin. Hasil FMEA membuktikan bahwa modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin memiliki nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 243. Digram *fishbone* merinci penyebab apa saja yang membuat modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin yang terdiri dari 4 faktor utama yaitu *mechine*, material, man, dan metode.

Abstract

The power system supplies energy for the operation of the wheel loader and serves as the primary power source for other systems or components. Power system failures impede the functionality of other systems, leading to diminished productivity, increased downtime, and elevated repair expenses. This study aimed to determine the cause of the power system failure in the Liugong ZL50CN wheel loader by identifying potential failures through the FMEA method and subsequently employing a fishbone diagram to analyze the root cause of the failure. The analysis indicates that the primary cause of damage to the ZL50CN wheel loader engine from January 2021 to December 2023 was the impairment of the engine cooling system. The FMEA results indicate that the failure mode of engine cooling system damage possesses the highest RPN value, specifically 243. The fishbone diagram delineates the causes of the engine cooling system failure mode, comprising four primary factors: machine, material, man, and method.

PENDAHULUAN

Wheel loader merupakan sebuah traktor roda karet dilengkapi dengan bucket yang digunakan untuk mengangkat atau memindahkan material ke *dump truck* (Aldyansyah et al., 2023, pp. 18–23), agar dapat beroperasi *wheel loader* membutuhkan sistem dan komponen yang bekerja secara bersama-sama. *Power system* merupakan sistem yang memberikan tenaga agar *wheel loader* dapat beroperasi, sistem ini juga merupakan sumber penggerak utama bagi sistem atau komponen lainnya sehingga *wheel loader* dapat bekerja. Kegagalan fungsi pada *power system* mengganggu kerja sistem lain yang dapat berdampak kepada penurunan produktivitas, *downtime* dan biaya perbaikan yang tinggi. Dampak kegagalan fungsi *power system* yang merugikan, maka perlu dilakukan identifikasi potensi kegagalan pada sistem. Metode yang biasa digunakan adalah *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan diagram *fishbone*.



Gambar 1. *Wheel loader* Liugong ZL50CN

Failure mode and effect analysis (FMEA) merupakan metode sistematis untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan kemungkinan kegagalan sebuah sistem (ASQ Team, 2025). FMEA memiliki tujuan untuk menentukan tingkat risiko dari setiap jenis kegagalan sehingga dapat diambil keputusan apakah perlu diambil suatu tindakan atau tidak (Hasbullah et al., 2017, pp. 193–203). Hasil dari FMEA berupa rencana tindakan untuk eliminasi mengurangi, dan mitigasi kegagalan, dimulai dengan yang dianggap sebagai prioritas tertinggi. Kegagalan diprioritaskan berdasarkan seberapa serius konsekuensinya, seberapa sering terjadi, dan seberapa mudah kegagalan dapat dideteksi. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *severity* (Keparahan), *occurrence* (Frekuensi Kejadian), dan *detection* (Deteksi Kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan (Simanungkalit et al., 2023, pp. 72–83). RPN merupakan metode yang digunakan untuk penentuan pemilihan modus kegagalan yang akan menjadi prioritas utama untuk diselesaikan, metode ini serupa dengan pareto diagram (Nadiyah & Dewi, 2022, pp. 183–188). Kegagalan dengan nilai skor RPN tertinggi akan dipilih untuk dianalisa lebih lanjut menggunakan diagram *fishbone*.

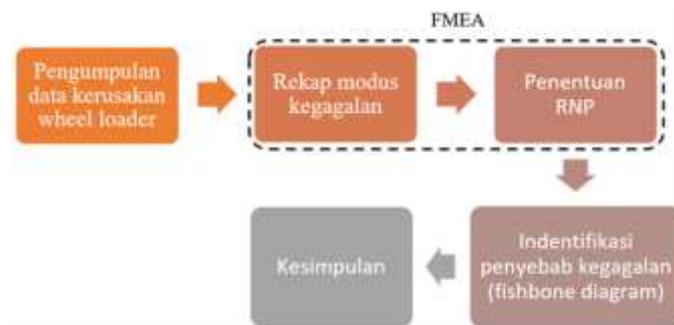
Diagram *fishbone* merupakan diagram sebab akibat yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab masalah (IBIKKG Team, 2025). Penggunaan diagram *fishbone* pada berbagai bidang, seperti pada industri penerbangan. Diagram *fishbone* digunakan untuk menganalisa penyebab kerusakan pada sistem pompa bahan bakar pesawat Airbus A320, hasil menunjukkan bahwa penyebab utama adalah kerusakan mekanik pada pompa, kerusakan *relay* dan *circuit breaker* (Putra et al., 2023, pp. 45–53). Penelitian yang sama pada industri pesawat terbang juga dilakukan oleh M. Ilyas, dalam penelitian untuk mengidentifikasi penyebab timbulnya langkah piston tidak stabil pada *aircraft tripod jack*

type malabar 703. Hasil penelitian menunjukkan penyebab utama adalah faktor environment, yaitu masuknya air kedalam tabung silinder yang menyebabkan fluida terkontaminasi dan tabung silinder menjadi berkarat(Ilyas, 2022, p. 25). Diagram *fishbone* juga dapat digunakan untuk peningkatan sebuah produk dengan mencari akar masalah, seperti penelitian yang dilakukan pada mesin pemintal benang dimana 10,74% produk benang tidak rata dan setelah dilakukan penyelesaian menggunakan diagram fishbone kegagalan produk menurun menjadi 9,28%(Dharma et al., 2019, pp. 1–7). Pada industri kelapa sawit, metode FMEA dan fishbone dapat digunakan untuk mencari tahu penyebab kerusakan mesin stabilizer pabrik kelapa sawit, hasil menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis kerusakan yang sering terjadi yaitu; karet packing door bocor, pipa inlet bocor dan plat aluminium terlepas(Amalia et al., 2022, pp. 363–377). Nilai RPN tertinggi sebesar 85,65 yaitu kerusakan pada komponen karet packing door. Faktor penyebab komponen tersebut bocor adalah faktor material, metode, dan perawatan. Solusi yang diberikan berupa perbaikan pada sistem perawatan, penggunaan material yang berkualitas, dan pelatihan.

Berlandaskan studi literatur yang telah dilakukan belum ada penelitian yang dilakukan untuk menganalisa penyebab kerusakan *power system* dari *wheel loader* Liugong ZL50CN. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu penyebab kegagalan *power system* dari *wheel loader* Liugong ZL50CN, dengan cara mengidentifikasi kemungkinan kegagalan dengan menggunakan metode FMEA dan dilanjutkan menggunakan diagram *fishbone* untuk melihat penyebab kegagalan.

METODE PENELITIAN

Tahapan dalam melakukan penelitian ini secara garis besar ditunjukkan pada diagram alir pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian kerusakan mesin *wheel loader* Liugong ZL50CN

Subjek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perusahaan penyedia alat berat di Kota Batam dengan menggunakan data histori kerusakan mesin empat unit *wheel loader* Liugong ZL50CN dalam kurun waktu Januari 2021 sampai dengan Desember 2023. Data kerusakan mesin wheel loader tersebut dicatat berdasarkan laporan harian mekanik yang meliputi kode unit, waktu kejadian, jenis kerusakan dan jam pemakaian.

Prosedur Penelitian

Setelah semua data terkumpul selanjutnya dilakukan proses pengolahan data dan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dimana langkah pertama yang dilakukan adalah menghimpun modus kegagalan apa saja yang dapat menyebabkan wheel loader mengalami kerusakan mesin. Langkah selanjutnya setiap modus kegagalan diberikan nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang mana akan diketahui tingkat

keparahan suatu kerusakan (*saverity*), tingkat keseringan terjadinya kerusakan (*occurance*) dan tingkat kesulitan mendeteksi kerusakan (*detection*). Rumus untuk nilai *Risk Priority Number* yang banyak digunakan sebagai berikut $RPN = S \times O \times D$ (Wu & Wu, 2021, pp. 1–15). Skor untuk masing-masing kriteria *saverity*, *occurance*, dan *detection* merujuk kepada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 (Amalia et al., 2022, pp. 369–377). Modus kegagalan dengan nilai RPN yang paling tinggi akan digunakan sebagai skala prioritas untuk dilakukan tindakan penyelesaian (Ciani et al., 2019, pp. 92398–92409).

Tabel 1. Pengukuran tingkat keparahan kerusakan (*saverity*)

Skala	Keparahan	Keterangan
1	Tidak ada efek	Tidak memiliki efek yang terlihat
2	Sangat Kecil	Efek yang diabaikan pada kinerja sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem
4	Sangat Rendah	Efek yang kecil pada performa sistem
5	Rendah	Mengalami penurunan kinerja secara bertahap
6	Sedang	Beroperasi dan aman tetapi mengalami penurunan performa
7	Tinggi	Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh
8	Sangat Tinggi	Sistem Tidak beroperasi
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya dengan peringatan
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya tanpa peringatan

Tabel 2. Tingkat keseringan kejadian kerusakan (*occurance*)

Skala	Kekerapan	Keterangan
1	Hampir tidak pernah	Proses berada dalam kendali tanpa melakukan
2	Kerusakan jarang terjadi	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit	Proses telah berada diluar kendali, beberapa penyesuaian diperlukan
4	Kerusakan yang terjadi sedikit	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i>
5	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah	30-60 menit <i>downtime</i>
6	Kerusakan yang terjadi pada tingkat Medium	1-2 jam <i>downtime</i>
7	Kerusakan yang terjadi agak tinggi	2-4 jam <i>downtime</i>
8	Kerusakan yang terjadi tinggi	4-8 jam <i>downtime</i>
9	Sangat Tinggi	Lebih dari 8 jam <i>downtime</i>
10	Hampir selalu	Lebih dari 100 kali

Tabel 3. Tingkat kesulitan deteksi kerusakan (*detection*)

Skala	Deteksi	Keterangan
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat tinggi dalam mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki peluang tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
4	Cukup Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki peluang cukup tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
5	Sedang	Perawatan <i>preventive</i> memiliki peluang sedang untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan

Jika modus kegagalan dengan nilai RPN yang paling tinggi telah didapat, maka langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan menggunakan diagram *fishbone*. Pada diagram *fishbone*, modus kegagalan dengan nilai RPN tertinggi akan dimasukkan ke kepala ikan, setelah itu modus kegagalan tersebut akan dilihat dari 4 faktor utama yaitu *mechine*, *man*, *material*, dan *method* (Rizqika & Mahbubah, 2022, pp. 148–158). Faktor utama ini akan diperinci pada tulang-tulang kecil, dimana akan ditampilkan akar masalah lebih terperinci (Hamali et al., 2021, p. 012028). Setelah faktor penyebab kerusakan didapat maka langkah selanjutnya membuat solusi berupa langkah-langkah pencegahan atas faktor penyebab kerusakan pada mesin wheel loader yang terjadi berdasarkan diagram *fishbone* (Fabis-Domagala et al., 2021, pp. 1–16).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan pada perusahaan penyewaan alat berat yang berlokasi di pulau Batam. Data adalah berupa histori kerusakan 4 unit alat berat *wheel loader* Liugong ZL50CN yang diambil dari buku catatan perawatan dan perbaikan mekanik dalam kurun waktu 3 tahun yaitu dari tahun 2021 – 2023. Data histori kerusakan ditunjukkan pada tabel 4, yang meliputi kode unit, tanggal kerusakan, jenis kerusakan, dan jam operasi alat saat terjadi kerusakan.

Tabel 4. Data historis kerusakan Wheel Loader ZL50CN Januari 2021 - Desember 2023

Kode Unit	Tanggal	Jenis Kerusakan	Hours Meter
L004	11/02/2021	Kerusakan sistem pendingin mesin	6106
L003	16/02/2021	Mesin tidak dapat berputar	4977
L004	27/02/2021	Mesin tidak dapat berputar	6290
L001	19/05/2021	Mesin tidak dapat berputar	7080
L001	06/06/2021	Mesin tidak dapat berputar	7254
L004	05/09/2021	Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	8410
L003	22/10/2021	Kerusakan sistem pendingin mesin	7538
L001	04/12/2021	Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	9197
L001	12/01/2022	Kerusakan sistem bahan bakar	9600
L001	14/01/2022	Kerusakan sistem bahan bakar	9623
L004	21/01/2022	Mesin tidak dapat berputar	9973
L002	22/01/2022	Kerusakan sistem pendingin mesin	9638
L002	12/02/2022	Tekanan oli mesin rendah	9787
L004	25/03/2022	Tekanan oli mesin rendah	10460
L002	11/04/2022	Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	10289
L003	15/04/2022	Tekanan oli mesin rendah	9035
L001	11/05/2022	Tekanan oli mesin rendah	10750
L001	07/06/2022	Kerusakan sistem pendingin mesin	11072
L002	30/06/2022	Mesin tidak dapat berputar	11172
L004	08/09/2022	Mesin tidak dapat berputar	12042
L004	04/10/2022	Kerusakan sistem pendingin mesin	12358
L002	17/01/2023	Kerusakan sistem pendingin mesin	13225
L002	25/01/2023	Mesin tidak dapat berputar	13317
L004	29/01/2023	Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	13477
L001	21/02/2023	Kerusakan sistem pendingin mesin	14054
L003	31/03/2023	Mesin tidak dapat berputar	12221

Kode Unit	Tanggal	Jenis Kerusakan	Hours Meter
L001	27/04/2023	Mesin tidak dapat berputar	14709
L002	02/07/2023	Kerusakan sistem pendingin mesin	15237
L003	23/09/2023	Kerusakan sistem pendingin mesin	13761
L001	06/11/2023	Kerusakan sistem pendingin mesin	16264
L004	09/11/2023	Kerusakan sistem bahan bakar	14784
L001	12/11/2023	Oli mesin terkontaminasi cairan pendingin	16353
L002	30/11/2023	Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	15940

Data pada tabel 4 menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi hanya pada bagian power sytem, hal ini disebabkan karena pada saat proses pencatatan kerusakan telah dipilah hanya untuk kerusakan pada *power system*. Selama periode pengumpulan data terdapat 33 kejadian kerusakan pada power system untuk 4 unit loader. Jenis kerusakan ini akan menjadi modus kegagalan atau kerusakan dari *power system* dari *wheel loader* Liugong ZL50CN.

Analisis menggunakan metode FMEA

Modus kegagalan yang ditunjukkan pada tabel 5 merupakan bahan yang akan digunakan untuk melakukan pemberian skor RNP. Terdapat 6 modus kegagalan pada *power system* dalam kurun waktu pengambilan data, dimana modus kegagalan yang paling sering terjadi adalah kerusakan sistem pendingin mesin dan mesin tidak dapat berputar sebanyak 10 kali.

Tabel 5. Modus kegagalan dari *power system wheel loader* Liugong ZL50CN

No	Jenis Kerusakan	Kejadian
1	Kerusakan sistem bahan bakar	3
2	Kerusakan sistem pendingin mesin	10
3	Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	5
4	Mesin tidak dapat berputar	10
5	Oli mesin terkontaminasi cairan pendingin	1
6	Tekanan oli mesin rendah	4

Tabel 6 menunjukkan skor RPN untuk masing-masing modus kegagalan yang ada pada tabel 4. Setiap modus kegagalan akan dinilai skor *severity*, *occurance*, dan *detection* berdasarkan kriteria yang diberikan pada tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 6. Nilai RNP untuk masing-masing modus kegagalan

Modus Kegagalan	Efek Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN	Rekomendasi Tindakan Perbaikan
Mesin tidak dapat berputar	Mesin tidak dapat dioperasikan	Voltage baterai rendah dan dinamo stater rusak	8	8	3	192	Lakukan preventif maintenance dailycheck dan service berkala
Kerusakan sistem pendingin mesin	Temperature pendingin mesin naik, alarm emergency stop aktif dan mesin jammed	Water pump, thermostat, hose radiator, tensioner belt dan fan belt	9	9	3	243	Lakukan preventif maintenance dailycheck dan service berkala
Mesin berputar tetapi tidak bisa hidup	Fuel tidak dapat mengalir	Solenoid cut-off fuel rusak	8	6	3	144	Lakukan preventif maintenance dailycheck dan service berkala
Tekanan oli mesin rendah	Alarm emergency stop menyala	Pressure sensor rusak	7	6	3	126	Lakukan preventif maintenance dailycheck dan service berkala

Modus Kegagalan	Efek Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN	Rekomendasi Tindakan Perbaikan
Kerusakan sistem bahan bakar	Performa mesin menurun dan lama kelamaan mesin mati	Hose inlet fuel bocor dan primming pump rusak	7	4	3	84	Lakukan preventif maintenance dailycheck dan service berkala
Oli mesin terkontaminasi cairan pendingin	Mesin jammed	Cilinder liner crack	9	4	5	180	Lakukan preventif maintenance dailycheck dan service berkala

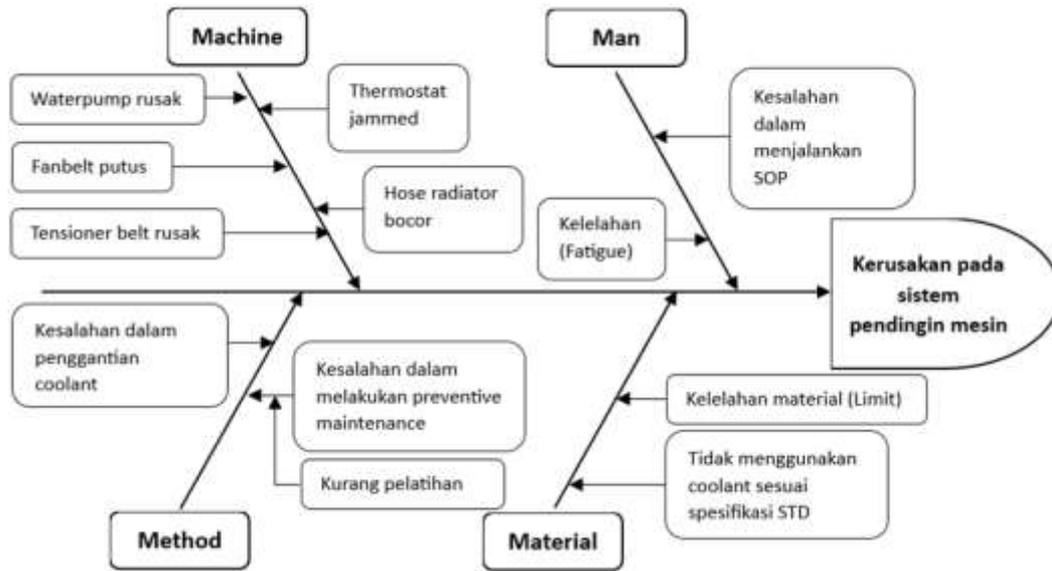
Modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin memiliki nilai RPN yang paling tinggi yaitu sebesar 243, sedangkan nilai RNP terendah dimiliki oleh modus kegagalan kerusakan sistem bahan bakar dengan nilai sebesar 84. Modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin mendapatkan nilai yang paling tinggi, hal ini sangat wajar karena dampak yang diakibatkan modus ini sangat besar yaitu dapat merusak komponen-komponen pada mesin akibat panas yang berlebihan. Jika dilihat dari jumlah kejadian berdasarkan data historis pada tabel 5 maka modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin sering terjadi. Jika dilihat dari tingkat deteksinya kerusakan ini memiliki nilai 3 artinya kerusakan ini dapat dideteksi dengan mudah karena pada *wheel loader* diberikan indikator yang menunjukkan jika mesin mengalami *overhaet*.

sedangkan jika dilihat dari tingkat keparahannya kerusakan ini memiliki nilai 9 yang artinya kerusakan ini berbahaya dengan peringatan karena dapat menimbulkan kerusakan pada komponen lainnya seperti mesin jammed serta dapat menyebabkan mesin breakdown dalam waktu yang cukup lama. Penyebab kegagalan dari kerusakan sistem pendingin mesin dapat disebabkan oleh berbagai hal sebagai contoh pompa air pendingin rusak sehingga air pendingin tidak bisa bersirkulasi sehingga tidak bisa mendinginkan mesin. Kebocoran pada selang radiator juga bisa sebagai penyebab kegagalan dimana air pendingin menjadi kering dan tidak ada lagi untuk proses pendinginan mesin.

Modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin karena memiliki nilai RPN tertinggi, maka dipilih untuk dilihat dianalisa lebih lanjut menggunakan diagram *fishbone* untuk mencari tahu faktor apa saja yang menyebabkan modus kegagalan tersebut terjadi.

Identifikasi penyebab kerusakan menggunakan diagram fishbone

Hasil perhitungan FMEA didapat bahwa kerusakan sistem pendingin mesin merupakan kerusakan dengan nilai RPN tertinggi dan akan dicari faktor apa saja yang penyebabnya menggunakan diagram *fishbone*. Modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin dijadikan sebagai kepala ikan pada diagram fishbone, seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram fishbone modus kegagalan kerusakan pada sistem pendingin mesin

Pada diagram *fishbone* sebuah modus kegagalan kerusakan pada sistem pendingin mesin diperinci lebih lanjut menjadi beberapa faktor penyebab seperti; manusia, mesin, metode, material. Berikut merupakan penjelasan yang terperinci untuk masing-masing faktor yang berkontribusi kepada penyebab kerusakan:

1. Machine (mesin)

Faktor penyebab kerusakan dari sisi mesin dihimpun dari operation and matenace manual wheel loader Liugong ZL50CN sebagai berikut;

- a. Waterpump rusak mengakibatkan air pendingin tidak bisa bersirkulasi, hal ini mengakibatkan padas dari mesin tidak dapat diserap oleh air dan panas dari air tidak bisa dibuang ke udara bebas. Penyebab ini membuat proses pendinginan terhenti dan mesin mengalami panas yang berlebihan.
- b. *Tensioner belt* rusak membuat sabuk penggerak pada pompa air pendingin menjadi kendur. Sabuk penggerak pompa yang kendur membuat putaran pompa air menjadi berkurang dan tekanan air pendingin menurun. Jika tekanan air pendingin kecil maka sirkulasi air pendingin terganggu dan menyebabkan mesin mengalami panas berlebihan.
- c. *Fan belt* putus hal ini membuat kipas air pendingin tidak dapat beroperasi maka radiator tidak efektif membuang panas dari air pendingin dan berdampak mesin menjadi panas berlebihan.
- d. *Thermostat* rusak bisa memberikan sinyal yang salah kepada kontrol mesin sehingga kontrol akan mematikan mesin secara otomatis. dan
- e. Selang radiator bocor membuat air pendingin habis dan mesin menjadi panas berlebihan.

2. Material (Bahan)

Faktor material dapat menyebabkan penyebab kerusakan akibat kualitas bahan yang rendah sehingga berpengaruh terhadap umur komponen. Selain itu faktor dari material disebabkan karna umur komponen yang sudah mencapai batas, dengan kata lain harus dilakukan penggantian komponen secara terjadwal. Faktor penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi juga menjadi penyebab kegagalan kerusakan sistem pendingin terjadi, hal ini bisa terjadi ketika personil perawatan mencari material pengganti dengan alasan menekan biaya perawatan.

3. Man (Manusia)

Faktor manusia menyumbang kerusakan alat oleh kesalahan dalam menjalankan prosedur dan faktor kelelahan juga menjadi faktor penyebab terjadinya kerusakan. Kesalahan manusia dapat dikurangkan melalui, meningkatkan kondisi kerja, kemampuan kerja, perencanaan dan desain kerja yang baik (Sheikhalishahi et al., 2019, pp. 573–587).

4. Method (Metode)

Hal ini sering terjadi ketika mekanik salah dalam menerapkan prosedur preventive maintenance baik sengaja maupun tidak, hal ini bisa disebabkan kurang pengetahuan mekanik tentang cara prosedur perawatan. Faktor metode ini berkaitan dengan faktor manusia sehingga kedua faktor penyebab ini dapat diselesaikan dengan cara melakukan pelatihan kepada mekanik tentang prosedur perawatan terhadap komponen sistem pendingin mesin.

SIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab utama penyebab kerusakan pada mesin wheel loader ZL50CN dalam kurun waktu Januari 2021 sampai Desember 2023 adalah kerusakan sistem pendingin mesin. Hal ini dibuktikan dari hasil FMEA yang memberikan nilai RPN sebesar 243 untuk modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin. Digram fishbone merinci penyebab apa saja yang membuat modus kegagalan kerusakan sistem pendingin mesin yang terdiri dari 4 faktor utama yaitu mechine, material, man, dan metode. Dari penelitian ini juga didapat bahwa terdapat enam modus kegagalan yang dapat menyebabkan kerusakan pada *power system wheel loader ZL50CN*, modus kegagalan seperti; kerusakan sistem bahan bakar, kerusakan sistem pendingin mesin, mesin berputar tetapi tidak bisa hidup, mesin tidak dapat berputar, oli mesin terkontaminasi cairan pendingin, dan tekanan oli mesin rendah.

Tindakan perbaikan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *power system wheel loader ZL50CN* yaitu memperhatikan jam kerja mekanik, memberikan pelatihan yang dibutuhkan mekanik, dan menggunakan material atau suku cadang yang berkualitas tinggi atau yang direkomendasikan oleh pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldyansyah, D., Bagaskara, F. S., Aditya, M. R., Aldyansyah, D., Aji, D. M., Sitanggang, F. A., Khairi, M. M., & Paundra, F. (2023). Perawatan Mesin Alat Berat Wheel Loader PT. XYZ. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 18–23. <https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.18-23>
- Amalia, W., Ramadian, D., & Hidayat, S. N. (2022). Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 369–377. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.19179>
- ASQ Team. (2025). *FMEA*. American Society for Quality (ASQ). https://asq.org/quality-resources/fmea?srsId=AfmBOoqrxaTJG_n8_bfCpCBT1EOBLqLY3peRJsVhb6eDR4tvZdn0I829
- Ciani, L., Guidi, G., & Patrizi, G. (2019). A Critical Comparison of Alternative Risk Priority Numbers in Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis. *IEEE Access*, 7, 92398–92409. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2928120>

- Dharma, F. P., Ikatrinasari, Z. F., Purba, H. H., & Ayu, W. (2019). Reducing non conformance quality of yarn using pareto principles and fishbone diagram in textile industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508, 012092. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012092>
- Fabis-Domagala, J., Domagala, M., & Momeni, H. (2021). A Concept of Risk Prioritization in FMEA Analysis for Fluid Power Systems. *Energies*, 14(20), 6482. <https://doi.org/10.3390/en14206482>
- Hamali, S., Kurniawan, S., Setiawati, D. Y., Andy, & Salim, S. (2021). Analysis and mitigation of machine maintenance for sustainable industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 729(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/729/1/012028>
- Hasbullah, H., Kholil, M., & Santoso, D. A. (2017). ANALISIS KEGAGALAN PROSES INSULASI PADA PRODUKSI AUTOMOTIVE WIRES (AW) DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA PT JLC. *SINERGI*, 21(3), 193. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2017.3.006>
- IBIKKG Team. (2025, May 24). *Fishbone Diagram: Alat Analisis untuk Mengidentifikasi Penyebab Masalah*. Artikel. <https://kwikkiangie.ac.id/2024/05/22/fishbone-diagram-alat-analisis-untuk-mengidentifikasi-penyebab-masalah/#:~:text=Kesimpulan,tepat%20dalam%20menyelesaikan%20masalah%20tersebut.>
- Ilyas, M. (2022). *Studi Kasus Gangguan Sistem Hidrolik Aircraft Tripod Jack Type Malabar 703 di PT.XYZ [POLITEKNIK NEGERI JAKARTA]*. [https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/9705/1/1902311005_Muhammad%20Ilyas_Laporan%20Tugas%20Akhir\(Bab%20I%20&%20Bab%20V\).pdf](https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/9705/1/1902311005_Muhammad%20Ilyas_Laporan%20Tugas%20Akhir(Bab%20I%20&%20Bab%20V).pdf)
- Nadiyah, K., & Dewi, G. S. (2022). Quality Control Analysis Using Flowchart, Check Sheet, P-Chart, Pareto Diagram and Fishbone Diagram. *OPSI*, 15(2), 183. <https://doi.org/10.31315/opsi.v15i2.7445>
- Putra, E. C., Rossbandrio, W., Arifin, N. L., Kamsyah, D., Puspita, R., & Ariyanto, N. P. (2023). STUDI KASUS KEGAGALAN SISTEM POMPA BAHAN BAKAR UTAMA AIRBUS A320-200. *ISAS*, 9, 45–53.
- Rizqika, A. Q., & Mahbubah, N. A. (2022). *Evaluating Breakdown of Wheel Loader Heavy Equipment Using Failure Mode and Effect Critical Analysis Method*. 9(3), 148–158. <https://doi.org/10.35891/jkie.v9i3.3544>
- Sheikhalishahi, M., Eskandari, N., Mashayekhi, A., & Azadeh, A. (2019). Multi-objective open shop scheduling by considering human error and preventive maintenance. *Applied Mathematical Modelling*, 67, 573–587. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.11.015>
- Simanungkalit, R. M., Suliawati, S., & Hernawati, T. (2023). Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(1), 72–83. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.199>
- Wu, X., & Wu, J. (2021). The Risk Priority Number Evaluation of FMEA Analysis Based on Random Uncertainty and Fuzzy Uncertainty. *Complexity*, 2021(1), 1–15. <https://doi.org/10.1155/2021/8817667>