



Analisis Kerusakan Komponen Sistem Power Train Menggunakan *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* pada PT. Cipta Kridatama Samarinda

**Muhammad Rafi'i*, Mad Yusup, Purbawati Purbawati, Ida Rosanti, Diyaa Aaisyah
Salmaa Putri Atmaja**

Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur, Jl. KH. Harun Nafsi, Samarinda 75131,
Indonesia

*Penulis Korespondensi: madyusup0906@gmail.com

Abstract. This study aims to analyze the causes of component failure in the Power Train system of unit OHT773E CO2278 at PT. Cipta Kridatama, Samarinda, using the Root Cause Failure Analysis (RCFA) method. The Power Train system is responsible for transferring power from the engine to the final drive and other components, making it critical for the operational success of heavy equipment. Therefore, optimal maintenance is essential to prevent fatal failures that could impact the unit's performance. Based on the analysis, the dominant cause of failure is human factors, particularly technician negligence during component installation. This negligence results from a lack of understanding of the procedures and specifications recommended by the manufacturer, leading to incorrect installation of components. This failure impacts the achievement of the component's expected lifetime, thus shortening the operational life of the components and increasing the risk of more severe damage. This also leads to higher repair costs and reduced unit productivity, resulting in longer downtime. To address this issue, several preventive measures are recommended, such as regular training for technicians to enhance their understanding of correct procedures and specifications, as well as the importance of following manufacturer guidelines during every maintenance and installation process. Additionally, it is advised to conduct routine discussions between technicians and supervisors to ensure that every maintenance step and installation complies with the established procedures. Increased oversight of the installation and maintenance process is also necessary, along with periodic rejuvenation of components to ensure the optimal performance of the Power Train system. Strengthening Preventive Maintenance (PM) practices is also crucial to minimize future damage potential. Implementing these solutions is expected to enhance the reliability of the Power Train system, extend component lifespan, and reduce failure frequency, ultimately improving the overall efficiency and productivity of the company.

Keywords: Power Train; RCFA; Fishbone; Preventive Maintenance; Human Factor.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kerusakan komponen sistem Power Train pada unit OHT773E CO2278 di PT. Cipta Kridatama, Samarinda, dengan menggunakan metode Root Cause Failure Analysis (RCFA). Sistem Power Train berfungsi untuk mentransfer tenaga dari mesin ke final drive dan komponen lainnya, sehingga keberhasilan operasional alat berat sangat bergantung pada keandalan sistem ini. Oleh karena itu, perawatan yang optimal sangat diperlukan untuk mencegah kerusakan fatal yang dapat mengganggu kinerja unit. Berdasarkan hasil analisis, penyebab dominan kerusakan adalah faktor manusia, terutama kelalaian teknisi dalam pemasangan komponen. Kelalaian ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman teknisi terhadap prosedur dan spesifikasi yang dianjurkan oleh pabrikan, yang mengarah pada pemasangan komponen yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Kerusakan yang terjadi berdampak pada tidak tercapainya umur pakai (lifetime) komponen, sehingga memperpendek usia operasional komponen dan meningkatkan risiko kerusakan yang lebih serius. Hal ini juga dapat menyebabkan peningkatan biaya perbaikan dan mengurangi produktivitas unit yang mengarah pada waktu downtime yang lebih lama. Untuk mengatasi permasalahan ini, beberapa upaya pencegahan direkomendasikan, seperti pelatihan teknisi secara rutin untuk meningkatkan pemahaman mereka mengenai prosedur dan spesifikasi yang benar, serta pentingnya mengikuti petunjuk pabrikan dalam setiap tahapan pemeliharaan dan pemasangan komponen. Selain itu, disarankan untuk mengadakan diskusi rutin antara teknisi dan pengawas agar setiap langkah perawatan dan pemasangan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Pengawasan terhadap proses pemasangan dan perawatan juga perlu ditingkatkan, bersama dengan peremajaan komponen secara berkala untuk memastikan kinerja sistem Power Train tetap optimal. Penguatan tindakan Preventive Maintenance (PM) juga sangat diperlukan untuk meminimalkan potensi kerusakan di masa depan. Implementasi dari solusi-solusi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem Power Train, memperpanjang umur pakai komponen, dan mengurangi frekuensi kerusakan, yang pada akhirnya akan meningkatkan efisiensi dan produktivitas perusahaan secara keseluruhan.

Kata kunci: Power Train; RCFA; Fishbone; Preventive Maintenance; Faktor Manusia.

1. LATAR BELAKANG

Pertambangan batu bara memiliki peran sentral dalam perekonomian Indonesia dan merupakan salah satu sumber daya alam yang strategis (Prasetyo & Arinaldo, 2019; World Bank, 2023). Dalam beberapa tahun terakhir, Indonesia telah melihat perubahan signifikan dalam regulasi dan pendekatan terhadap pertambangan batu bara (Hilmawan et al., 2017; Susanti et al., 2022). Pertambangan batu bara memiliki dinamika dan tantangan unik. Proses ekstraksi dan pemrosesan batu bara melibatkan teknologi mutakhir dan praktik-praktik keselamatan yang tinggi (Arinaldo & Adiatma, 2019). Selain itu, perhatian terhadap dampak lingkungan dan keberlanjutan semakin menjadi fokus utama di era modern ini (Bainton et al., 2021; Haryanto, 2020; IEA, 2022).

PT Cipta Kridatama adalah perusahaan yang bergerak di sektor jasa pertambangan dan kontraktor pertambangan di Indonesia. Pada PT. Cipta Kridatama Site MHU, ada banyak unit-unit alat berat yang digunakan untuk mendukung produksi batu bara. Unit-unit tersebut di kelompokkan menjadi 2 yaitu ME (*Mining Equipment*) dan SE (*Support Equipment*), contoh unit ME seperti *Excavator*, *OHT (Off Highway Truck)* dan *Dump Truck*. Untuk Unit SE yaitu *Water Truck*, *Genset*, *Kompresor*, *Crane*, *Light Tower*, *Lube Truck*, Pompa dan lain-lain. Alat berat digunakan untuk mengambil material dari lingkungan alam yang kemudian diolah menjadi sumber energi dalam industri. Namun, penggunaan alat berat tidak terlepas dari kebutuhan untuk melakukan pemeliharaan. Pemeliharaan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menjaga agar mesin tetap dalam kondisi baik dan mencegah terjadinya kerusakan. Tindakan dalam pemeliharaan meliputi pelumasan, pemeriksaan, dan penggantian suku cadang mesin. Terdapat dua jenis pemeliharaan, yaitu *Planned Maintenance* (pemeliharaan terencana) dan *Unplanned Maintenance* (pemeliharaan tak terencana). Dalam *Planned Maintenance*, terdapat tiga bentuk, yaitu *Predictive Maintenance*, *Preventive Maintenance* (PM), dan *Corrective Maintenance* (CM). Unit OHT (*Off Highway Truck*) di PT Cipta Kridatama Site MHU pada umumnya memakai sistem mekanikal sumber energi berasal dari *engine* kemudian ada *drive shaft* yang akan menyalurkan energi kepada *torque converter* disini akan terjadi proses penyambungan dan pemutusan energi dari engine sama halnya dengan sistem kopling. Akan di terusakan ke transmisi untuk kemudian lanjut ke *differential* untuk menggerakkan *final drive*. Saat ini analisis akan dilakukan kepada unit OHT 773 dengan nomor CO2278 yang menggunakan sistem mekanikal.

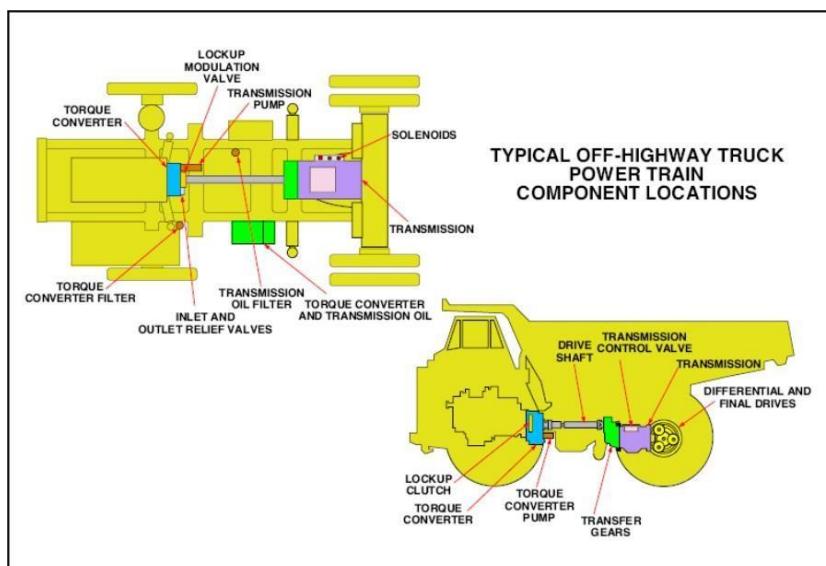
Salah satu komponen yang dianalisis adalah unit OHT 773 dengan nomor CO2278 yang mengalami kerusakan pada komponen di sistem *power Train*. Oleh karena itu, dilakukan proses *maintenance* karena komponen di sistem *power Train* tersebut mengalami kerusakan yang cukup fatal dan harus dilakukan analisis kerusakan dan solusi.

Permasalahan dalam penelitian proyek ini adalah apa faktor penyebab kerusakan komponen dan bagaimana cara pencegahan kerusakan komponen pada sistem *powertrain* unit OHT773E CO2278 dengan menggunakan metode RCFA.

2. KAJIAN TEORI

A. Power Train

Power train adalah sekelompok komponen yang bekerja sama untuk mentransfer daya dari sumber daya atau gaya yang dihasilkan ke tempat yang digunakan untuk melakukan pekerjaan dengan komponen utama berupa roda gigi. Roda gigi digunakan untuk metransmisikan daya antar poros yang berputar tidak pada satu sumbu dan memiliki kecepatan yang berbeda dan roda gigi biasanya lebih unggul dari pemindah daya lainnya selain kesederhanaan, daya tahan, dan efisiensinya (Sobyakto,Dll,2022).*Power train* merupakan suatu sistem yang meneruskan tenaga atau power dari *engine* sampai ke penggerak akhir atau *final drive*.



Gambar 1. Sistem *Power Train*

B. Torque Converter

Torque Converter adalah suatu komponen utama pada sistem penggerak hidrolis pada alat berat termasuk unit bulldozer. Cara kerja dari *torque converter* adalah merubah energi mekanis dari putaran engine menjadi energi kinetis (*oil flow*) kemudian merubahnya kembali menjadi energi mekanis pada *shaft outputnya*. *Torque Converter* adalah suatu komponen utama pada sistem penggerak hidrolis pada alat berat termasuk unit Bulldozer. Cara kerja dari *torque converter* adalah merubah energi mekanis dari putaran engine menjadi energi kinetis (*oil flow*) kemudian merubahnya kembali menjadi energi mekanis pada *shaft outputnya* (Badri,2018).

Torque converter merupakan komponen yang menghubungkan *engine* dengan *transmission* secara *hydraulic*. Jadi tidak ada hubungan mekanikal langsung antara *engine* dengan *transmission*. *Torque converter* dengan *lock up*, digunakan pada *machine off high way truck*, *articulated dump truck* dan yang lainnya. Komponen awal dari *powertrain* adalah *torque converter*. *Torque converter* menyediakan fitur kopling cair yang memungkinkan mesin tetap berjalan saat kendaraan diam. Ketika mesin berputar, *torque converter* meningkatkan torsi mesin ke transmisi. Pada kecepatan yang lebih tinggi, kopling penguncian akan aktif untuk menghasilkan penggerak langsung guna mencapai efisiensi kerja yang lebih tinggi. Saat dalam posisi NEUTRAL dan MUNDUR, *torque converter* akan menggunakan kopling cair. Pada gigi SATU dengan putaran rendah, *torque converter* akan menggunakan kopling cair dan beralih menjadi penggerak langsung saat mencapai kecepatan tinggi. Pada gigi DUA hingga TUJUH, *torque converter* akan menggunakan penggerak langsung. *Torque converter* akan kembali menggunakan kopling cair saat terjadi perpindahan gigi untuk memastikan perpindahan yang halus dan nyaman.

C. Transmisi

Transmisi adalah salah satu dari sistem pemindah tenaga dari mesin ke diferensial kemudian ke poros *axle* yang mengakibatkan roda dapat berputar dan menggerakkan mobil. *Transmisi* berfungsi mendapatkan variasi momen dan kecepatan sesuai dengan kondisi jalan dan kondisi pembebatan, yang pada umumnya dengan menggunakan perbandingan-perbandingan roda gigi dan untuk mereduksi putaran sehingga diperoleh kesesuaian tenaga mesin dengan beban kendaraan. *Transmisi* diperlukan karena mesin pembakaran yang umumnya digunakan dalam mobil merupakan mesin pembakaran internal yang menghasilkan putaran rotasi (Zulfikar,2022).

D. Maintenance (perawatan)

Maintenance (perawatan) merupakan kombinasi tindakan-tindakan untuk memelihara atau memperbaiki suatu alat yang membantu proses aktivitas sehari-hari agar meningkatkan keefisienan dan jangka waktu pakai yang lama. Kegiatan-kegiatan perawatan yang dilakukan seperti strategi perawatan, perencanaan perawatan, penjadwalan, *cost control*, perbaikan , pergantian , dan memprediksi kapan suatu alat atau unit rusak. Manajemen perawatan yang optimal dapat meningkatkan ke efisienan dalam segala aspek kegiatan produksi. Manajemen perawatan bertujuan untuk mengatur segala kegiatan perawatan dilakukan sesuai dengan kondisi Perusahaan dalam menentukan strategi, kalkulasi, dan peninjauan ulang. Pengaplkiasianya dalam bentuk pemilihan dan penetapan unit atau komponen, penyusunan

bill of material, penentuan kebutuhan *manpower*, sosialisasi dan *evaluasi maintenance*. Strategi perawatan tersebut melibatkan *planning & budgeting*, *scheduling*, deteksi dan monitoring kondisi, *repair execution*, dan *performance evaluation*. Dengan melakukan manajemen pemeliharaan dapat mencapai suatu tujuan dengan menggunakan sumber daya perusahaan agar tercapai tujuan yang efisien dan efektif. Kegiatan tersebut bertujuan agar tercipta kinerja pemeliharaan yang optimal dengan meningkatkan keandalan dan ketersediaan yang berasal dari peralatan atau mesin melalui pengawasan, perencanaan, dan pengorganisasian, serta evaluasi yang baik.

Adapun jenis-jenis perawatan yang dilakukan sesuai kondisi situasi masing-masing (Syakuro A,2022):

- a. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*). Pekerjaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan atau kegiatan perawatan yang direncanakan untuk pencegahan preventif. Ruang lingkup perawatan preventif meliputi kegiatan inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, kegiatan tersebut dilakukan agar mesin terhindar dari kerusakan.
- b. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*). Pekerjaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi alat agar mencapai standar yang dapat diterima. Pada kegiatan ini dilakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar alat menjadi lebih baik dari kondisi sebelumnya.
- c. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*). Pekerjaan yang dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Pada perawatan ini dapat dilakukan secara visual maupun bantuan alat monitor lainnya.
- d. Perawatan setelah terjadinya kerusakan (*Breakdown Maintenance*) Pekerjaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan dan untuk memperbaikinya diperlukan suku cadang, dan material lainnya untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian proyek ini menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (*RCFA*). *Root Cause Failure Analysis* merupakan sebuah rangkaian yang logik dimana pengamat dituntun melalui proses yang dapat memisahkan banyak fakta yang mencangkup sebuah kegagalan atau kegiatan. Ketika sebuah masalah sudah ditemukan, analisis ini akan menentukan kegiatan yang paling tepat dilakukan secara sistematis untuk mengatasi masalah yang terjadi agar tidak terulang kembali. Tujuan utama dilakukannya analisis ini adalah mencari penyebab ketidak efesienan dan ketidak ekonomisan, mengoreksi penyebab terjadinya suatu kegagalan, membangkitkan semangat dalam improvment secara terus menerus dan menyediakan data untuk mencegah terjadinya kegagalan (Rkeith,1999).

RCFA berkosentrasi pada penyebab terjadinya suatu kegagalan yang pada dasarnya kegagalan tersebut selalu berulang, metode penyelesaiannya dapat dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone, sehingga akar penyebab terjadinya kegagalan dapat mudah diketahui atau ditemukan. RCFA sendiri menyediakan konsep yang harus dilakukan untuk melakukan pemecahan masalah secara investigasi. Ini menjelaskan cara yang dilakukan untuk menganalisis penyebab terjadinya suatu kegagalan. RCFA sendiri mencakup desain peralatan terperinci dan pedoman pemecahan masalah (Grover ,1995). Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam RCFA:

- a. Melaporkan Sebuah Kejadian atau Kegagalan Proses. Laporan ini biasanya dilakukan secara lisan atau catatan singkat dari kejadian atau suatu kegagalan proses. Dalam beberapa kasus laporan ini merupakan deskripsi singkat untuk melaporkan suatu kegagalan.
- b. Klasifikasi Kejadian. Klasifikasi dilakukan berdasarkan jenis kerusakan yang terjadi baik kerusakan alat, kegagalan, kinerja operasi, keamanan.
- c. Kerusakan alat. Kerusakan alat merupakan hal paling mudah untuk diklasifikasi karena hanya dengan pengamatan secara visual sudah dapat diketahui kerusakannya dari alat tersebut. Akan tetapi secara visual saja tidak akan bisa mengetahui penyebab terjadinya suatu kegagalan.
- d. Kinerja Operasi. Dalam kinerja operasi ini masalah yang muncul berupa produksi dan kualitas dari sebuah produk yang tidak sesuai yang diharapkan. Dalam hal ini diperlukannya analisa untuk memperbaiki agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar (Syakuro,2022).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis visual pada komponen

Penggunaan unit OHT773E CO2278 digunakan untuk melakukan operasional pekerjaan berat dalam mengangkat material, sehingga komponen-komponen pada sistem yang ada di unit tersebut akan mengalami kelelahan dan keausan. Maka dari itu, hal yang harus di perhatikan adalah *maintenance* yang tepat, pengoperasian unit yang terlatih berpengalaman dan menjalankan SOP , mekanik atau teknisi yang terlatih dalam segi pengetahuan dan penggunaan *tools* yang terlatih, *Tools* dan alat yang memadai sesuai dengan standar, komponen yang digunakan harus sesuai dengan standar pabrikan agar tidak adanya kesalahan pemilihan komponen, dan target *lifetime* komponen yang sudah di tentukan Perusahaan tercapai. Salah satu kerusakan yang terjadi pada unit OHT 773E CO 2278 adalah kerusakan komponen pada sistem *power train* yaitu pada komponen *Drive Shaft*. Berikut merupakan dokumentasi kerusakan komponen pada sistem



Gambar 2. Kerusakan *Drive Shaft*

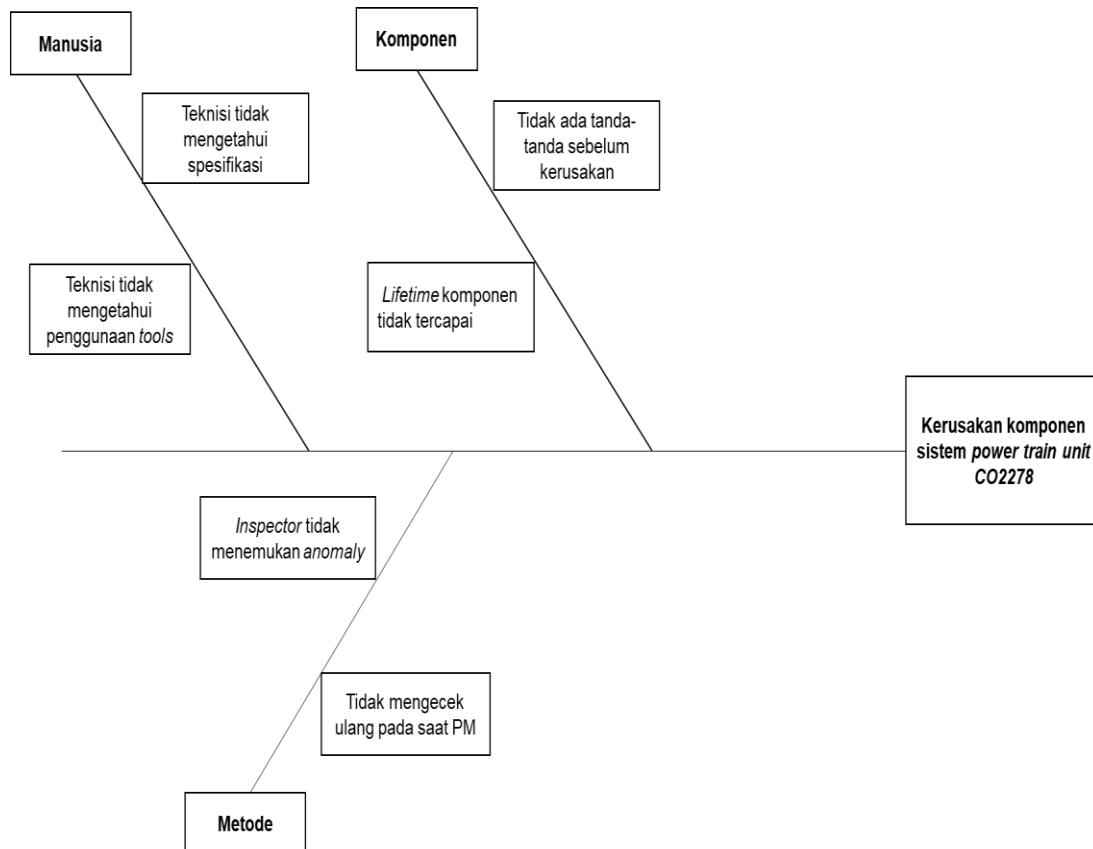
B. Hasil wawancara

Hasil wawancara dengan *Inspector*, *Equipment Health Team*, dan *foreman*/ pengawas. Menurut *Inspector* telah dilakukan inspeksi dua hari sebelum unit mengalami *breakdown* akibat kerusakan komponen luar *powertrain* yaitu *Drive Shaft*. Tidak ditemukan *anomaly* atau keanehan secara visual tanda-tanda sebelum terjadinya kerusakan, pengecekan secara visual dilakukan sudah sesuai dengan prosedur dari perusahaan. Pengecekan dari *inspector* juga dilakukan hanya dalam waktu 12 menit mencari *anomaly* yang bisa menyebabkan *breakdown* menurut *inspector*.

- a. Menurut *Foreman*/pengawas kerusakan komponen pada *sistem powertrain* unit OHT773E CO2278 ditemukan laporan *Report Problem* pada tanggal 08 Januari bahwa unit OHT773E CO2278 mengalami *breakdown*, atas laporan dari operator ke *dispatch*. Laporan operator mengatakan unitnya pada saat melakukan pengoperasian *loading material* tambang dan kondisi medan yang sedikit menanjak tiba-tiba terdengar bunyi hentakan gemuruh pada bagian bawah unit yaitu *powertrain* dan *unit* tidak bisa menambah laju pergerakan. Setelah itu, operator menepi dari area jalan dalam keadaan mesin masih menyala kemudian dilakukan inspeksi di lapangan dan *inspector* menemukan adanya kerusakan komponen *Drive Shaft* yang sudah bengkok lepas dari *Spider Joint*.
- b. Menurut *Equipment Health Team* bahwa umur komponen masih lama di lihat dari tanggal pergantian terakhir yang dan *lifetime* komponen tidak tercapai. Menandakan bahwa adanya indikasi dari faktor *mainpower* pada saat proses *maintenance*.

C. Root Cause Failure Analysis menggunakan diagram Fishbone

Setelah melihat hasil Analisis visual kerusakan pada komponen yang rusak , selanjutnya dicari faktor penyebab terjadinya kerusakan, pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui penyebab kerusakan yaitu dengan menggunakan *diagram fishbone*. *Diagram fishbone* kerusakan komponen sistem *power train* OHT 773E CO2278 yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* diatas menjadi acuan pendekatan dari faktor-faktor yang bisa mengindikasikan sebab akibat kerusakan komponen yang terjadi pada unit OHT 773E CO2278, konsep yang dipakai yaitu yang terdiri dari *man* (manusia), *method* (metode), *Component* (komponen). Data untuk konsep tersebut diperoleh dari hasil wawancara dan dokumentasi di lapangan dengan *inspector*, teknisi, operator, *equipment health team*.

D. Analisis faktor manusia menggunakan diagram *Fishbone*

Faktor manusia yang berarti sumber daya manusia (SDM), hal ini dapat dikatakan sebagai operator yang mempunyai tanggung jawab dalam merawat dan menjaga dalam pengoprasiian unit saat di lapangan dan teknisi yang mempunyai tanggung jawab dalam melakukan *maintenance* terakhir sebelum unit OHT773E CO2278 tersebut rusak. Maka dari itu, dapat terlihat hubungan antara faktor manusia dengan kerusakan komponen pada sistem *powertrain* unit OHT773E CO2278

Tabel 1. Evaluasi faktor Manusia

No	Indication Root Cause	Discussion	Remark/Catatan
1	Keahlian Teknisi dalam <i>maintenance</i>	Teknisi menangani pergantian terakhir dari komponen <i>spider joint</i> dan baut <i>spider joint</i> Teknisi memiliki pengetahuan spesifikasi dan SOP pemasangan yang ditetapkan oleh pabrikan	YA TIDAK, teknisi kurang dalam pengetahuan dalam literatur <i>Manual Book</i> dan tidak bertanya ke teknisi senior maupun pengawas
		Teknisi memiliki kemampuan dalam penggunaan <i>Tools</i>	TIDAK
2	Pengoprasiian Unit oleh Operator	Tersedia SOP pengoprasiian unit Apakah operator memahami SOP dalam mengendarai unit	YA YA, adanya induksi general yang khusus bagi operator dalam aturan lalu lintas di lapangan
		Operator memiliki kompetensi yang cukup dalam pengoprasiian unit	YA
		Operator mengetahui penyebab-penyebab kerusakan komponen unit saat di operasikan	YA, adanya <i>Manual Book</i> yang di berikan Tentang Spesifikasi unit

Berdasarkan tabel 1. di peroleh dari hasil wawancara lapangan, terdapat keterkaitan antara faktor manusia dengan kerusakan komponen unit OHT773E CO2278 ialah pada pengetahuan teknisi dalam mengetahui prosedur dan spesifikasi pemasangan yang telah ada pada *manual book* yang di anjurkan oleh pabrikan. Kondisi tersebut merupakan kelalaian bagi teknisi, senior teknisi, dan pengawas yang lalai dalam hal yang kecil namun penting jika mengetahui prosedur yang telah di berikan oleh pabrikan. Pemahaman penggunaan *tools* juga harus di perhatikan karena *tools* sebagai penunjang teknisi dalam melakukan *Maintenance*.

E. Analisis faktor komponen menggunakan diagram *fishbone*

Dalam menganalisis kerusakan pada komponen *powertrain unit* OHT773E CO2278, dilakukan pengambilan data wawancara dengan *equipment health* tim mengenai *last change out* komponen untuk melihat apakah *lifetime* komponen tercapai dan apakah perusahaan menggunakan komponen yang sesuai dengan standar dan anjuran dari pabrikan. *Lifetime* merupakan umur atau berapa lama anjuran penggunaan komponen berdasarkan *hours meter* komponen, jika *lifetime* sudah tercapai maka perlu adanya pemeriksaan untuk melakukan Tindakan selanjutnya yang akan di lakukan oleh perusahaan seperti melakukan perbaikan, pergantian, atau peremajaan pada komponen untuk menambah *lifetime* dari komponen itu sendiri

Tabel 2. Evaluasi Faktor Komponen

No	<i>Indication Root Cause</i>	<i>Discussion</i>	<i>Remark/Catatan</i>
1	<i>Lifetime</i> komponen tidak tercapai	<i>Hours meter</i> komponen sudah mencapai <i>lifetime</i> yang di tetap kan	TIDAK
		Kesalahan pemasangan yang tidak mengikuti prosedur dapat memperpendek <i>lifetime</i>	IYA
2	Kelayakan komponen	Komponen selalu tersedia	TIDAK
		Adanya tanda-tanda kerusakan komponen	TIDAK
		Komponen yang digunakan dalam kondisi baru	IYA

F. Analisis faktor komponen menggunakan diagram *fishbone*

Untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan komponen di sistem *powertrain* di unit OHT773E CO2278 maka dilakukan analisis pada faktor metode seperti pada table berikut :

Tabel 3. Evaluasi Faktor metode

No	<i>Indication Root Cause</i>	<i>Discussion</i>	<i>Remark/Catatan</i>
1	Penemuan <i>Anomaly</i> pada saat inspeksi	<i>Inspector</i> menemukan <i>anomaly</i> dari komponen	TIDAK
		<i>Inspector</i> menemukan tanda- tanda komponen rusak	TIDAK
2	Pemeriksaan komponen pada saat PM	Pengecekan Komponen pada saat PM	IYA
		Pengecekan kembali seperti pengecekan torsi pada komponen <i>Bolt</i>	TIDAK
		Pelumasan komponen pada saat Pemasangan	IYA
	Penjadwalan	Penjadwalan pergantian komponen telah di tentukan oleh perusahaan	IYA

3	Komponen	Setelah <i>last change out</i> komponen dilakukan pemeriksaan dan PM sebelum terjadinya kerusakan	TIDAK
---	----------	---	-------

Pada evaluasi faktor metode dapat dilihat di temukan *anomaly* ditemukan pelaporan adanya kerusakan yang terjadi di tanggal 08 september dan unit mengalami *breakdown*. Keanehan yang terjadi yaitu di *history inspector* dilakukan inspeksi pada tanggal 15 agustus tidak di temukan sama sekali *anomaly* tanda-tanda kerusakan pada komponen *powertrain* terutama di bagian *spider joint* seperti yang di laporkan. Ini menjadi penanda tambahan faktor penyebab terjadinya kerusakan komponen. Penemuan tanda-tanda kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang makin parah menjadi tindakan pencegahan kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang fatal. Dilihat dari *lifetime* komponen *spider joint* yang hanya mencapai 414 hours, seharusnya ada pengecekan ekstra pada saat PM dan tidak hanya dilakukan pengecekan saja tetapi harus ditambahkan catatan penting karena komponen yang baru diperbaiki dan baru di ganti harus di periksa secara ekstra oleh teknisi yang menangani unit OHT773E CO2278 pada saat jadwal nya unit tersebut PM

G. Solusi pencegahan kerusakan komponen

Solusi yang di berikan untuk mencegah kerusakan komponen antara lain:

- a. Diadakan pelatihan khususnya bagi teknisi mengenai SOP pada saat melakukan *maintenance* yang sudah di tetapkan perusahaan.
- b. Diadakan diskusi antar teknisi , senior teknisi, dan pengawas/*foreman* jika ada yang tidak mengerti selama proses *maintenance*
- c. Teknisi mempelajari dan melakukan *training* dengan acuan dari pedoman manual *book* yang telah di berikan oleh perusahaan dan pabrikan.
- d. Teknisi melakukan pemahaman terkait spesifikasi komponen agar menyiapkan alat yang sesuai dengan spesifikasi *tools* yang rekomendasikan dari manual *book*
- e. Pengawas/*foreman*, senior teknisi lebih mengawasi teknisi secara ketat dan berkeja dalam tim supaya saling mengedukasi dan kelalaian juga dapat di hindari
- f. Lebih memperhatikan tindakan pencegahan dan target *lifetime* komponen, seperti melakukan peremajaan komponen dan pengecekan yang ekstra dari komponen yang baru supaya *lifetime* komponen dapat di perpanjang.
- g. Tindakan PM perlu ditingkatkan lagi, tidak hanya pengecekan secara visual dan menambahkan tasklist baru terkait pengecekan komponen *Spider Joint* seperti pengecekan pelumasan, pengecekan torsi *Bolt Spider Joint*, pergerakan *Spider Joint*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) terhadap kerusakan komponen Power Train unit OHT773E CO2278, penyebab utama kerusakan adalah faktor manusia, terutama kelalaian teknisi saat pemasangan komponen. Hal ini dipicu oleh kurangnya pemahaman terhadap prosedur dan spesifikasi yang ditetapkan oleh pabrikan.

- a. Kelalaian tersebut berdampak pada tidak tercapainya umur pakai komponen sesuai standar, sehingga meningkatkan risiko downtime dan biaya perbaikan.
- b. Faktor pendukung kerusakan lainnya meliputi pengawasan yang belum optimal serta pelaksanaan Preventive Maintenance yang kurang konsisten.
- c. Implementasi solusi seperti pelatihan teknisi, koordinasi rutin, dan penguatan perawatan pencegahan diproyeksikan dapat mengurangi potensi kerusakan di masa depan dan meningkatkan keandalan sistem Power Train.

Disarankan peningkatan kompetensi teknisi melalui pelatihan berkala, pengawasan ketat pada proses perawatan dan pemasangan, penerapan disiplin preventive maintenance, evaluasi rutin komponen, serta penguatan komunikasi teknis antara teknisi dan pengawas.

DAFTAR REFERENSI

- Badri, M., & Wijianto, S. T. (2018). *Analisa kerusakan torque converter bulldozer Shantui SD32W* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Bloch, H. P., & Geitner, F. K. (2012). *Machinery failure analysis and troubleshooting*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386045-3.00004-0>
- Grover, D. (1995). *Root cause analysis: A step-by-step guide to using the right tool at the right time*. Productivity Press.
- Gucci, D. O. D. R., & Abdul, R. (2023). Analisa human error menggunakan metode Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA) dan Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) pada pengujian destructive test mesin milling studi kasus PT ABCD. *JURNAL REKAYASA SISTEM INDUSTRI*, 8(2), 11-16. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v8i2.7218>
- Hao, D., & Wang, D. (2013). Finite-element modeling of the failure of interference-fit planet carrier and shaft assembly. *Engineering Failure Analysis*, 33, 184-196. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.04.029>
- Heng, A., Zhang, S., Tan, A. C. C., & Mathew, J. (2009). Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 23(3), 724-739. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2008.06.009>
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483-1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>

- Keith, R. (1999). *Root cause failure analysis: Understanding why components fail*. McGraw-Hill.
- Mitchell, J. S. (1993). *Root cause analysis: Improving performance for bottom-line results*. Productivity Press.
- Mobley, R. K. (2004). *Maintenance fundamentals* (2nd ed.). Elsevier.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance*. Industrial Press.
- Parshuram, D., & Mangsetty, S. (2013). Design and analysis of composite/hybrid drive shaft for automotives. *The International Journal of Engineering and Science*, 2(1), 160-171.
- Soabyakto, S., Edward, T., Wibowo, A., & Shidiq, M. A. (2023). Sistem transfer daya dari dua jenis mesin yang berbeda. *Mestro: Jurnal Teknik Mesin dan Elektro*, 4(03), 5-11.
- Syakuro, A. (2022). *Analisa penyebab terjadinya engine high blow by pada engine Cummins NT855 G4* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jakarta).
- Wahyudi, A. Z. (2022). *Analisis kerusakan transmisi Allison seri 6000 dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) dan fault tree analysis (FTA) di PT HH Transindo* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).
- Qin, X., & Niu, G. (2018, June). An anomaly detection and fault diagnosis method for multi-shaft speed sensors. In *2018 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICPHM.2018.8448901>
- Arinaldo, D., & Adiatma, J. C. (2019). Indonesia's coal dynamics: Toward a just energy transition. Institute for Essential Services Reform (IESR). <https://iesr.or.id>
- Bainton, N., Owen, J. R., & Kemp, D. (2021). Mining, sustainability and the risks of achieving the SDGs. *The Extractive Industries and Society*, 8(2), 731-739. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.12.009>
- Haryanto, J. T. (2020). Coal mining and environmental sustainability in Indonesia. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 3(2), 122-137. <https://doi.org/10.7454/jessd.v3i2.1044>
- Hilmawan, R., Clark, A. L., & Hermawan, R. (2017). Policy change in Indonesia's coal sector: Domestic market obligation and its impact. *Energy Policy*, 108, 563-573. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.015>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *Coal 2022: Analysis and forecast to 2027*. IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/coal-2022>
- Prasetyo, E., & Arinaldo, D. (2019). The state of Indonesia's coal mining sector. IESR Working Paper. <https://iesr.or.id>
- Susanti, N., Harahap, F., & Widiyanto, B. (2022). Environmental governance in Indonesia's coal mining industry: Challenges and opportunities. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 24(5), 589-603. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2022.2048921>
- World Bank. (2023). *Indonesia economic prospects: Navigating coal transition*. The World Bank. <https://www.worldbank.org>