

ANALISIS KERUSAKAN UNIT EXCAVATOR KOBELKO SK210LC DENGAN PENDEKATAN FAULT TREE ANALYSIS PADA CV. CAHAYA INDRA LAKSANA

Taufiq Hidayat¹, Nidia Lestari^{2*}, Bambang W Sidarta³, Zaid Haidar Khairy⁴

^{1,2,3} Universitas AKPRIND Indonesia

e-mail: ¹taufiq@akprind.ac.id, ^{2*}nidianina14@akprind.ac.id, ³Bambang_w@akprind.ac.id,
⁴zaidhk01@gmail.com

ABSTRACT

Excavators greatly assist human work with a work system that wants to be completed quickly and has a greater production capacity compared to conventional power. Heavy equipment if used continuously will shorten its life. Therefore, maintenance is important on Excavators. This study uses the Fault Tree Analysis (FTA) method as a tool that can determine basic damage to the object being studied which is continued by calculating MTBF (Mean Time Between Failure), MTTR (Mean Time To Repair), and Availability. This method is used to determine how long the tool can operate before damage occurs, as well as the time needed to repair damage to the tool, then the effectiveness of the tool's performance within a certain period of time. The results of the analysis with FTA explain the basic damage to the Gear Swing due to operator error; dirty oil being inserted, late oil changes, poor oil quality, insufficient grease lubrication and/or contaminated grease. Damage to the injector is broken due to the quality of the cheap diesel filter; late replacement of the diesel filter; poor diesel, the tank is condensing and has not been drained for a long time. Damage to the hydraulic hose is broken because it is time to replace it, the relief valve is jammed, rubber flakes are broken inside, the hose specifications are not right and/or the engine overheats. The MTBF calculation results of this tool are 91.25 hours, MTTR is 8.84 hours, Availability is 90.3%.

Keywords: Excavator, Fault Tree Analysis, Maintenance, MTBF, MTTR

INTISARI

Excavator ini sangat membantu pekerjaan manusia dengan sistem kerja yang ingin cepat selesai dan memiliki kapasitas produksi yang lebih besar dibandingkan dengan tenaga konvensional. Suatu alat berat jika digunakan terus menerus akan memperpendek umur. Karena itu pentingnya perawatan pada Excavator. Penelitian ini menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) sebagai alat bantu yang dapat menentukan kerusakan mendasar pada obyek yang diteliti dimana dilanjutkan dengan melakukan perhitungan MTBF (Mean Time Between Failure), MTTR (Mean Time To Repair), dan Availability. Metode tersebut guna untuk mengetahui seberapa lama alat mampu beroperasi sebelum terjadinya kerusakan, serta waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan pada alat tersebut, lalu efektivitas kinerja alat dalam kurun waktu tertentu. Hasil dari analisis dengan FTA ini menjelaskan kerusakan mendasar dari Gear Swing karena kesalahan operator, oli yang dimasukkan kotor, terlambat mengganti oli, kualitas oli yang jelek, jumlah pelumasan grease kurang dan/atau grease terkontaminasi. Kerusakan pada injector jebol karena kualitas filter solar murah, terlambat mengganti filter solar, solar jelek, tangki mengembun dan lama tidak dikuras. Kerusakan pada hose hidrolis jebol karena sudah waktunya ganti, relif valve macet, serpihan karet pecah di dalam, spesifikasi hose tidak tepat dan/atau mesin overheat. Hasil perhitungan MTBF dari alat ini sebesar 91,25 jam, MTTR sebesar 8,84 jam, Availability sebesar 90,3%.

Kata kunci: Excavator, Fault Tree Analysis, MTBF, MTTR, Perawatan

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan manusia di kehidupan ini tentunya sangat beragam. Mulai dari pertanian, perkebunan, pertambangan dan pembangunan infrastruktur jalan maupun bangunan serta pekerjaan-pekerjaan lainnya. Dengan adanya target pekerjaan yang harus selesai dengan cepat dan sesuai waktu pekerjaan atau produksi. Tentunya alat berat ini sangat membantu pekerjaan manusia dengan sistem kerja yang ingin cepat selesai dan memiliki kapasitas produksi atau kerja yang lebih besar dibandingkan dengan tenaga manusia atau konvensional.

Alat berat sendiri terdiri dari beberapa macam diantaranya yaitu *excavator* yang paling umum, kemudian ada *dozer* yang biasanya untuk mendorong muatan, lalu ada *dump truck* dan masih ada banyak jenis alat berat lainnya. Beberapa alat berat tersebut memiliki fungsi dan kinerja yang berbeda-beda. Tentunya suatu alat jika digunakan terus menerus akan memperpendek umur atau terjadi kerusakan.

Perawatan merupakan suatu fungsi dalam suatu aktivitas produksi dalam suatu industri, hal ini karena dalam suatu industri mempunyai peralatan atau fasilitas yang penggunaannya secara berkelanjutan terus-menerus untuk dapat mempergunakan peralatan tersebut, diantara kegiatan yang dilakukan seperti inspeksi, pengecekan, lubrikasi, perbaikan serta penggantian komponen. Kegiatan tersebut dalam perusahaan merupakan peranan bagian manajemen perawatan yang dibentuk dari organisasi perusahaan. Beberapa tujuan dan fungsi perawatan adalah mampu memenuhi kebutuhan sesuai rencana produksi, menjaga kualitas produksi, membantu mengurangi biaya modal pemakaian yang diinvestasikan sesuai kebijakan sehingga tercapainya keuntungan *return of investment* dan menghindari kegiatan yang dapat membahayakan keselamatan pekerja (Siregar dan Munthe, 2019).

Fault Tree Analysis (FTA) adalah model logis dan grafis yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan yang dibuat menggunakan diagram pohon, dimana beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) dibuat secara *paralel* dan secara berurutan yang disebut dengan *undesired event*, yang kemudian dianalisis dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut. FTA digunakan untuk melihat reliabilitas dari suatu produk dan menunjukkan hubungan sebab akibat diantara suatu kejadian dengan kejadian lainnya (Riadi, 2023).

Penelitian dilakukan pada unit *Excavator* KobelcoSK210LC milik CV. Cahaya Indra Laksana yang berlokasi di Ring Road Barat, Kranggan I, Trihanggo, Kapanewon Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Perusahaan tersebut merupakan perusahaan yang bergerak di bidang persewaan alat berat.

Excavator Kobelco SK210LC milik CV. Cahaya Indra Laksana ini biasanya digunakan untuk proyek normalisasi sungai, pengangkatan sedimen dan pekerjaan rawa-rawa lainnya, dikarenakan *Excavator* ini pada dasarnya *long arm*. Karena *long arm* tersebut biasanya digunakan untuk mendayung dan menahan beban dari pontong, dimana bagian yang paling menahan beban ini terletak pada *gear swing*. Selain itu *Excavator* ini sering digunakan pada proyek yang ada di pedesaan. Kualitas solar yang di lokasi pedesaan tidak sebagus kualitas solar yang ada di perkotaan. Apabila terjadi suatu kendala atau kerusakan pada saat di pedesaan, maka waktu perbaikan akan lebih lama dikarenakan bengkel dan *sparepart* jauh dari pedesaan.

Oleh karena itu penting untuk dilakukan analisa kerusakan unit alat berat *Excavator* Kobelco SK210LC menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kerusakan komponen.

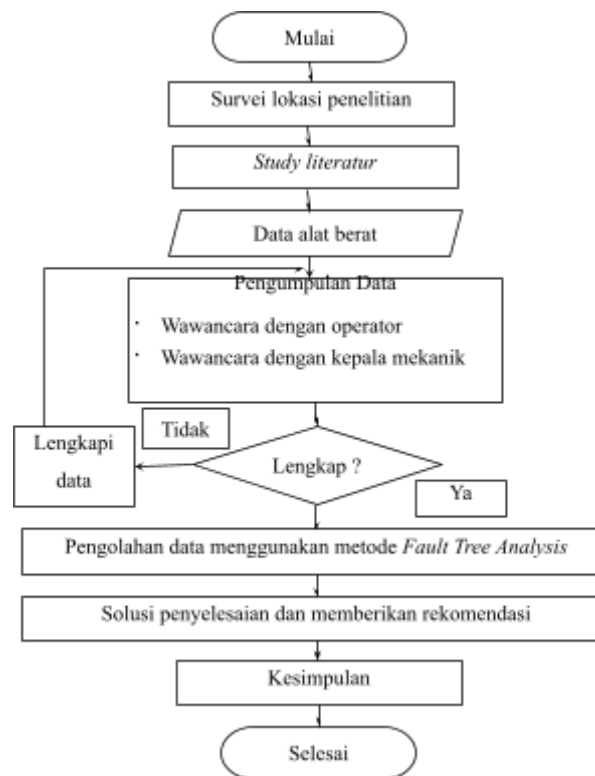
Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Achmad Syarrifudin dan Jeki Tri Putra (2021), dengan judul Analisa Resiko Kegagalan Komponen Pada *Excavator Komatsu 150LC* dengan Metode FTA dan FMEA di PT. XY. Didapatkan hasil penelitian dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) faktor penyebab kerusakan komponen *hose* hidrolik bocor pada *Excavator* yaitu karena faktor manusia, mesin, metode dan material. Selain itu juga ada penelitian dari AKhmad Yuli Setiawan (2020) dengan judul Analisa Kerusakan *Undercarriage* dan *Hydraulic* pada *Excavator Case CX 210 B* dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) di PT. Probeso Disatama. Didapatkan hasil dua faktor utama penyebab kerusakan sistem hidrolik dan sistem *undercarriage* yaitu, faktor manusia dan faktor mesin.

2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1.

Pengumpulan data dilakukan dengan studi lapangan di CV. Cahaya Indra Laksana dengan metode wawancara dan dokumentasi. Responden atau orang yang diwawancarai pada penelitian ini merupakan operator *excavator* tersebut yang sudah mengoprasikan alat berat kurang lebih lima tahun. Serta mekanik yang bertugas memperbaiki dan merawat alat tersebut.

Metode dokumentasi dilakukan saat pengambilan gambar alat berat dan komponen-komponennya yang dijadikan objek penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Prosedur Penelitian

1. Survei Lokasi Penelitian

Survei dilakukan di CV. Cahaya Indra Laksana dengan diawali perijinan penelitian di garasi CV. Cahaya Indra Laksana. Setelah izin didapat, jadwal penelitian pun ditentukan. Survei garasi milik CV. Cahaya Indra Laksana serta berbincang-bincang dengan mekanik dan kepala mekanik yang ada di garasi.

2. Study Literatur

Study Literatur melalui pencarian di *Google Scholar*, perpustakaan, dan jurnal-jurnal

3. Data Alat Berat

Ada dua alat berat yang bisa dijadikan objek penelitian saat melakukan survey di garasi CV. Cahaya Indra laksana yaitu Kobelco SK210LC dan Doosan DX300LCA. Kobelco SK210LC diambil sebagai objek penelitian karena pada yang saat itu sedang dilakukan pengecekan oleh operator dan mekanik

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dengan operator untuk mengetahui lebih dalam tentang *Excavator* Kobelco SK210LC ini. Seperti peruntukannya, waktu beroperasi atau waktu kerja, dan kerusakan komponen dalam satu tahun terakhir. Wawancara dilakukan dengan kepala mekanik untuk mengetahui lebih dalam sebab akibat dari kerusakan suatu komponen. Data ini akan digunakan untuk pengkonstruksian *Fault Tree Analysis*. Data ini juga akan digunakan untuk menentukan solusi permasalahan guna mencegah terjadinya kerusakan.

5. Pengolahan data menggunakan metode *Fault Tree Analysis*

Setelah semua data terkumpul maka data akan diolah, dihitung dan disusun dengan metode *Fault Tree Analysis*. Perhitungan dari data untuk mengetahui alat itu akan berfungsi mulai dari suatu kerusakan sampai ke kerusakan berikutnya dan mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu kerusakan. Selanjutnya sebab akibat dari suatu kerusakan komponen disusun menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk menjabarkan kerusakan sampai ke *basic event* atau penyebab mendasar dari suatu kerusakan.

6. Solusi penyelesaian dan memberikan rekomendasi

Solusi didapatkan dari hasil pengolahan *Fault Tree Analysis* penyebab mendasar suatu komponen itu rusak. Solusi yang dihasilkan berupa penyelesaian dan rekomendasi berupa cara *maintenance* yang baik mulai dari pengecekan rutin hingga penjadwalan perawatan. Bisa dibantu dengan *checklist* agar bagian perawatan mengetahui apakah sudah dicek atau belum.

7. Kesimpulan

Pada bagian ini, disampaikan kesimpulan tentang perhitungan waktu pakai serta waktu perbaikan dari suatu komponen unit *Excavator* KobelcoSK210LC milik CV. Cahaya Indra Laksana dan juga perhitungan keandalan. Kami juga menyimpulkan kerusakan—kerusakan komponen yang terjadi pada *Excavator* KobelcoSK210LC milik CV. Cahaya Indra Laksana.

Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah data kerusakan komponen, data waktu perbaikan kerusakan komponen, dan data sebab akibat dari kerusakan komponen.

1. Data Kerusakan Komponen

Data ini diambil pada saat wawancara dengan mekanik yang memperbaiki alat berat tersebut. Batasan waktu pada data ini yaitu satu tahun terakhir kerusakan pada alat berat tersebut. Kemudian menanyakan pada mekanik yang memperbaiki alat berat tersebut komponen apa saja yang rusak satu tahun terakhir pada alat berat tersebut, berapa kali kerusakan yang terjadi satu tahun terakhir pada satu komponen di alat berat tersebut, serta pengambilan dokumentasi gambar pada kerusakan komponen yang disebutkan oleh mekanik.

2. Data Waktu Perbaikan Kerusakan Komponen

Data ini diambil pada saat dilakukan wawancara dengan operator alat berat tersebut. Data ini memuat waktu perbaikan suatu komponen dari alat berat tersebut jika mengalami kerusakan. Dari awal mula perbaikan hingga komponen tersebut telah kembali normal pada saat kejadian di lapangan.

3. Data Sebab Akibat dari Kerusakan Komponen

Data komponen ini dipilih melalui pertimbangan dari operator alat berat tersebut bagian mana yang menurut operator perlu diketahui sebab akibatnya lebih lanjut. Serta dari pertimbangan kepala mekanik yang perlu diketahui lebih lanjut. Kemudian ciri khas kerusakan bagian pada alat berat tersebut. Data ini diambil melalui wawancara kepala mekanik. Data ini memuat sebab akibat dari kejadian kerusakan suatu komponen dari kerusakan utama komponen hingga penyebab mendasar dari suatu kerusakan komponen. Data ini disusun dengan menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis*.

Perhitungan

1. Reliability

Reliability merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi di bawah keadaan normal. *MTBF* (*Mean Time Between Failure*) adalah rata-rata waktu sebuah mesin untuk dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. Perumusan *MTBF* adalah total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah atau frekuensi kegagalan pengoperasian mesin.

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \quad (1)$$

2. Maintainability

Maintainability merupakan usaha dan biaya yang dikeluarkan dalam upaya pemeliharaan. Salah satu cara pengukuran maintainability adalah *Mean Time To Repair* (MTTR). Kondisi MTTR yang semakin tinggi, mengindikasikan maintainability yang semakin rendah. MTTR merupakan indikator kemampuan operator *maintenance* mesin dalam menangani setiap masalah kerusakan.

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \quad (2)$$

3. Availability

Availability merupakan proporsi dari waktu peralatan/mesin yang sebenarnya tersedia untuk melakukan pekerjaan dengan waktu yang ditargetkan. *Availability* dapat disebut juga dengan rasio untuk melihat line stop ditinjau dari aspek *breakdown* (Dervitsiotis, 1981).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Unit *excavator* Kobelco SK210-LC milik CV. Cahaya Indra Laksana ini disewakan untuk melakukan normalisasi sungai, pengangkutan sedimen dan pekerjaan rawa-rawa lainnya. Pada data yang diperoleh dari wawancara unit *excavator* tersebut sudah beroperasi sejak tahun 2017 dengan waktu kerja 7 hari dalam 1 minggu dan setiap harinya unit bekerja selama 8 jam.

Analisa Kegagalan dan Pengolahan Data

Pada tabel 1 diperlihatkan jenis kerusakan periode Mei 2023 – April 2024.

Tabel. 1 Jenis kerusakan periode Mei 2023 – April 2024

No	Kejadian	Jumlah kejadian dalam 1 tahun	Waktu perbaikan (jam)
1	Seal adjuster rusak	1	3
2	Hose hidrolik jebol	3	5
3	Incejtor jebol	2	24
4	Roller rusak	1	2
5	Gear swing rusak	1	120
6	Filter solar ganti	12	1
7	Radiator jebol	1	72
8	Oli mesin ganti	11	1

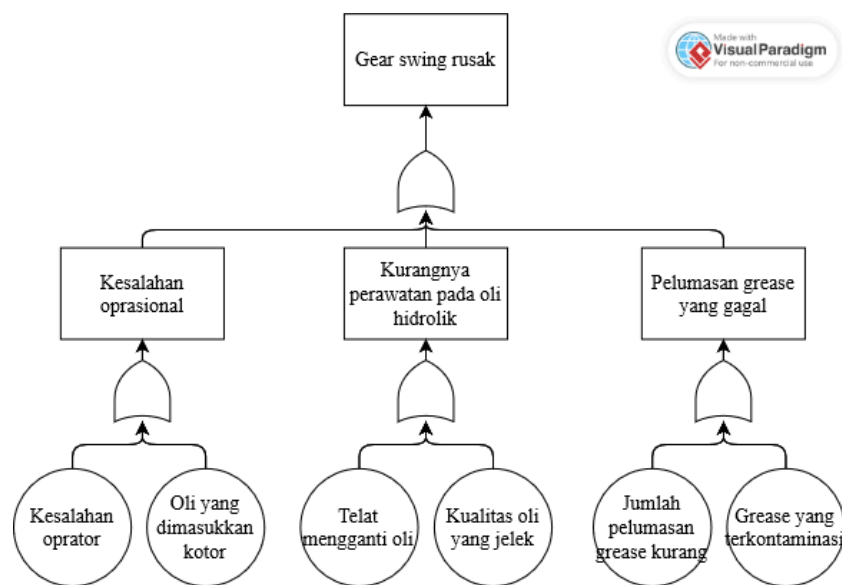
Dalam penelitian yang dilakukan di garasi CV. Cahaya Indra Laksana, ditemukannya beberapa kerusakan pada unit Excavator Kobelco SK210-LC, tiga diantaranya perlu dianalisis lebih lanjut. Pertama ada *injector* yang direkomendasikan dari operator, kedua hose hidrolik yang direkomendasikan dari mekanik jika jebol sangat berbahaya, lalu yang ketiga ada gear swing karena karakteristik dari long arm kobelco ini seringkali bagian *gear swing* rusak karena untuk mendayung jika *excavator* tersebut naik ponton.

Pengkonstruksian *Fault Tree Analysis (FTA)*

Dengan ditemukannya komponen yang rusak ada beberapa komponen yang perlu diketahui mendalam permasalahannya. Pengkonstruksian *Fault Tree Analysis* ini dengan menggunakan web dari Visual Paradigm Online.

a. *FTA Gear Swing* Rusak

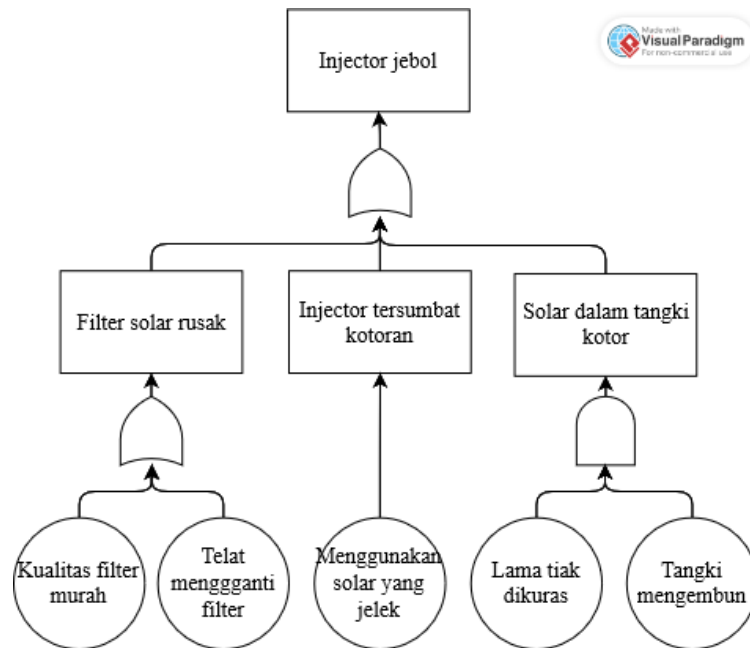
Fault Tree Analysis untuk *Gear Swing* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *FTA Gear Swing*

b. FTA *Injector* Jebol

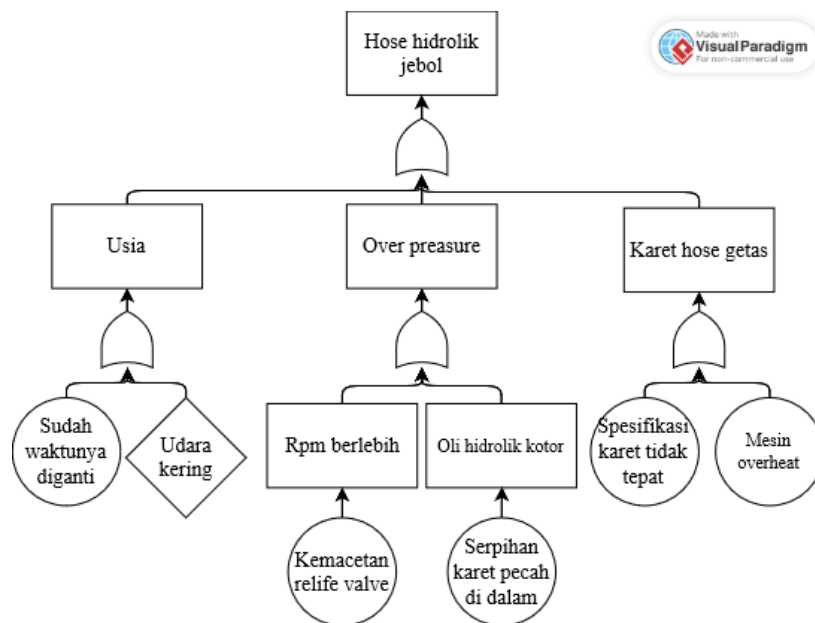
Fault Tree Analysis untuk *Injector* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. FTA *Injector*

c. FTA *Hose Hidrolik* Jebol

Fault Tree Analysis untuk *Hose Hidrolik* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. FTA *Hose Hidrolik*

3.1. Analisa Kuantitatif

Dari analisa tersebut, dapat dihitung peluang terjadinya tiap tiap *basic event* dengan total kerusakan komponen Excavator Kobelco SK210-LC. Selama 1 tahun terakhir atau 12 bulan dari periode Mei 2023 – April 2024 kejadian kerusakan yang dialami. Ada total 32 kejadian yang telah dialami atau ditemukan.

3.2 . Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF)

Dengan melihat jumlah kejadian pada table 1, maka dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan MTBF

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} = \frac{365 \times 8}{32} = 91,25 \text{ jam}$$

Jadi setiap alat beroperasi selama 91,25 jam akan terdapat satu kali pergantian komponen akibat kerusakan maupun usia pakai komponen.

3.3 . Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

Dengan melihat waktu perbaikan pada table 4.1 maka dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan MTTR.

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} = \frac{3+15+48+2+120+12+72+11}{32} = 8,84 \text{ jam}$$

Jadi rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengganti atau memperbaiki komponen yang perlu diganti atau diperbaiki membutuhkan waktu selama 8,84 jam.

3.4 Perhitungan Availability

Dengan melihat keterangan pada identifikasi masalah unit excavator ini bekerja dalam 1 minggu yaitu 7 hari kerja. Dalam 1 hari kerja bekerja selama 8 jam. Maka dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan *Availability*

$$A = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Long time}} \times 100 \%$$
$$A = \frac{365 \times 8}{365 \times 24} \times 100\% = 33\%$$

Jadi dalam 1 tahun penuh unit ini bekerja dengan persentase 33% dikarenakan operator yang mengoperasikan unit ini hanya ada 1 shift.

Dengan cara perhitungan lain pada saat jam kerja 8 jam dalam 1 hari yaitu sebesar 2920 jam kerja total dalam 1 tahun. Lalu dikurangi waktu perbaikan total dapat dilihat pada tabel 1. selama 1 tahun sebesar 283 jam, maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

$$A = \frac{2920-283}{2920} \times 100\% = 90,3\%$$

Jadi dalam 1 tahun jam kerja unit excavator ini mampu beroperasi tanpa adanya kerusakan dan perbaikan dengan efektivitas sebesar 90,3%.

Pembahasan

Dalam meningkatkan kinerja dan produktivitas Excavator Kobelco Sk201LC milik CV. Cahaya Indra Laksana ini, diberikan beberapa rekomendasi sebagai berikut:

- A. Membuat jadwal rutin perawatan sesuai dengan waktu pakai komponen.
- B. Melakukan inspeksi pada saat alat disewakan dan dilakukan pengecekan. Lalu jika ada kerusakan bisa diperbaiki atau diganti pada saat alat sedang istirahat.
- C. Membuat jadwal rutin perawatan pada saat alat sedang di bengkel. Lalu dilakukan pemeriksaan dan pengamatan pada komponen. Jika sudah terjadi tanda tanda suatu komponen rusak

- atau akan rusak sebaiknya langsung diganti atau diperbaiki di bengkel sebelum alat dibawa ke lokasi proyek.
- D. Melakukan perhitungan dan pengamatan pada suatu komponen. Dilakukan untuk memprediksi umur suatu komponen. Menggunakan cara menghitung dan mengamati suatu komponen alat bisa bertahan berapa lama.
 - E. Membuat tim khusus untuk melakukan perawatan pada alat. Serta mengevaluasi atau mengoreksi untuk operator alat dan teknisi. Untuk lebih bijak dan berhati-hati jika menggunakan alat dan lebih berhati-hati jika memperbaiki suatu komponen pada alat.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyebab kerusakan atau basic event dari suatu kegagalan komponen gear swing rusak, injector jebol, hose hidrolik jebol adalah sebagai berikut:
 - a. Gear swing
 - Kesalahan operator
 - Oli yang dimasukkan kotor
 - Telat mengganti oli
 - Kualitas oli jelek
 - Jumlah pelumasan grease kurang
 - Grease yang terkontaminasi
 - b. Injector jebol
 - Kualitas filter murah
 - Telat mengganti filter
 - Menggunakan solar yang jelek
 - Tangki lama tidak dikuras
 - Tangki mengembun
 - c. Hose hidrolik jebol
 - Hose sudah waktunya diganti
 - Kemacetan relief valve
 - Serpihan karet hose pecah di dalam
 - Spesifikasi karet hose tidak tepat
 - Mesin overheat
2. Waktu umur pakai rata-rata dari keseluruhan komponen untuk alat berat yaitu 91,25 jam, hasil perhitungan *MTBF* dari alat ini sebesar 91,25 jam, *MTTR* sebesar 8,84 jam, *Availability* sebesar 90,3%.
3. Dari hasil perhitungan *MTBF* dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan pengecekan kondisi excavator sebelum disewakan untuk meminimalisir terjadinya penghentian pengerjaan proyek akibat kerusakan yang tak terduga.
4. Dari perhitungan *MTTR* dapat digunakan sebagai acuan untuk excavator siap disewakan kembali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada CV. Cahaya Indra Laksana, operator, dan mekanik yang telah membantu dalam pengumpulan data-data sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S. & Jeki, T. P., (2021), Analisa Resiko Kegagalan Komponen Pada Excavator Komatsu 150LC dengan Metode FTA dan FMEA di PT. XY, Universitas Benten Jaya, Jurnal InTent, Vol. 4, No. 2.
- Akhmad, Y. S., (2020), Analisa Kerusakan Undercarriage dan Hydraulic pada Excavator Case CX 210 B dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PT. Proboso Disatama, Tugas Akhir Teknik Industri, Universitas Mercu Buana.
- Dervitsiotis, K. N., (1981), Operations Management, McGraw-Hill, Inc., New York
- Ibrahim, M., & Thawil, S. M., 2019, "Pengaruh Kualitas Produk Dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Konsumen," J. Ris. Manaj. Dan Bisnis Fak. Ekon. UNIAT, vol. 4, no. 1, hlm 175–182.
- Kinasih, N. D., 2022, "Maintenance adalah: Pengertian, tujuan, 5 jenis, dan perbedaannya dengan repair".
termuat di:

- <https://www.ekrutmedia.com/artikel/maintenance-adalah-pengertian-tujuan-dan-perbedaannya>, diakses tanggal: 25 Juli 2024 pukul 14:16.
- Naufal, R. & Wiwik, S., 2023, "Analisa Kerusakan *Forklift* Menggunakan Metode FMEA dan FTA pada PT. Karya Mitra Teknik Sidoarjo", Universitas Muhammadiyah Sukoharjo.
- Riadi, M., (2023), "Fault Tree Analysis (FTA) - Fungsi, Metode, Simbol dan Langkah Pembuatan", termuat di: <https://www.kajianpustaka.com/2023/06/fault-tree-analysis-fta.html>, diakses pada 22 Maret 2024 pukul 21:19
- Sarbani, S., Saputri, W., & Muttakin, F., 2022, "Cluster Analysis Menggunakan Algoritma Fuzzy K-Means Untuk Tingkat Pengangguran DI Provinsi Riau," J. Teknol dan Manaj. Ind. Terap., vol. 1 , no. ii, pp. 78-84.
- Sihombing, I. & Pujiutomo, D., 2019 "Analisis Penyebab *Defect* dengan Menggunakan Metode *Failure Mode Effects and Analysis* dan *Fault Tree Analysis* pada *Assembly Area* Pt. Ebako Nusantara"
- Siregar, N. & Munthe, S., 2019, "Analisa Perawatan Mesin *Digester* dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* pada PTPN II Pagar Merbau", JIME (Journal of Industrial and Manufacturing Engineering), 3 (2) November, hlm 87-8