

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Excavator

Excavator adalah salah satu alat yang paling efisien dan serbaguna dalam konstruksi karena kemampuannya untuk menggali, memindahkan, dan menghancurkan material. *Excavator* menurut Cavanaugh, dapat digunakan dengan berbagai *attachment* untuk memperluas fungsinya, yang membuat alat ini menjadi sangat penting dalam proyek-proyek besar (H. Glenn H. Cavanaugh 1986).

Excavator sangat berperan dalam mempercepat proses pembangunan, karena selain efisien dalam menggali, *excavator* dapat digunakan untuk berbagai pekerjaan lain seperti pemecahan beton atau pembersihan area konstruksi. Stokes juga mencatat bahwa *excavator*, dengan berbagai jenis dan *attachment* nya, dapat menangani hampir semua jenis pekerjaan konstruksi dengan lebih cepat dibandingkan dengan metode tradisional (M. Stokes 2002).

Excavator tidak hanya memberikan keuntungan dalam hal efisiensi kerja, tetapi juga dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja di lokasi konstruksi. *Fairbairn* juga menekankan pentingnya keterampilan operator dalam mengoperasikan *excavator* dengan benar untuk memaksimalkan fungsinya dan memastikan keselamatan dilapangan (J. S. Fairbairn 2011).

Anderson mengutip bahwa dalam manajemen alat berat, *excavator* memegang peranan penting dalam efisiensi operasional. Menurut Anderson, *excavator* memiliki fleksibilitas untuk beradaptasi dengan berbagai aplikasi pekerjaan konstruksi, baik itu untuk proyek jalan raya, pengeboran pondasi, ataupun pekerjaan pengangkatan material berat. Anderson menekankan bahwa teknologi terbaru, seperti sistem kontrol otomatis dan pemantauan kinerja alat, dapat meningkatkan kinerja *excavator* dan mengurangi waktu *downtime* (M. R. K. Anderson 2003).



Gambar 2. 1 Excavator EX39101CT
(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2025)

2.2 *Maintenance*

Maintenance adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan dengan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar tercipta suatu keadaan operasional yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri 2008). Adapun tujuan dari dilakukannya *maintenance* yaitu :

1. Dengan pemeliharaan yang tepat, peralatan dan mesin dapat berfungsi lebih lama, sehingga mengurangi kebutuhan penggantian yang mahal.
2. *Maintenance* yang teratur membantu mencegah kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi dan memastikan mesin beroperasi pada performa optimal.
3. Pemeliharaan preventif dapat mendeteksi masalah sejak dini, sehingga biaya perbaikan yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan dengan perbaikan besar akibat kerusakan yang parah.
4. *Maintenance* yang baik juga berkontribusi pada lingkungan kerja yang aman dengan memastikan peralatan berfungsi dengan baik dan mengurangi risiko kecelakaan.

2.3 *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan dengan mencegah terjadi nya masalah potensial. Jenis pemeliharaan ini biasanya dilakukan secara teratur, dan dapat melibatkan tugas-tugas seperti memeriksa peralatan, melakukan perbaikan, dan melakukan pembersihan rutin.

2.4 *Breakdown Maintenance*

Breakdown maintenance adalah tindakan perbaikan dilakukan secara reaktif, yaitu setelah terjadinya breakdown atau kerusakan yang menghentikan operasi normal mesin. Tujuan utama nya adalah mengembalikan mesin ke kondisi operasional dengan cepat sehingga produksi dapat di lanjutkan.

2.5 *Physical Availability (PA)*

Physical availability (PA) merupakan perhitungan hilangnya *working time* alat yang diakibatkan oleh faktor diluar kerusakan mekanis, seperti hujan, jalan licin dan faktor lain yang diakibatkan oleh alam.

Physical Availability (PA) dapat dirumuskan sebagai berikut:

Jam Tersedia – Jam *Breakdown*

$$PA = \frac{\text{Jam Tersedia} - \text{Jam Breakdown}}{\text{Jam Tersedia}} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

Jam tersedia adalah total waktu yang tersedia untuk operasional alat, biasanya di hitung dalam jam.

Jam *Breakdown* adalah jumlah waktu total alat mengalami kerusakan.

2.6 *Mechanical Availability (MA)*

MA adalah perbandingan atas ketersediaan atau ketersediaan alat yang bisa digunakan sesuai fungsi atas seluruh waktu yang sudah tersedia untuk beroperasi.

$$MA = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Jam Operasi} + \text{Jam Breakdown}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

Jam operasi adalah jumlah waktu unit benar-benar digunakan untuk bekerja atau beroperasi.

Jam *breakdown* adalah total waktu unit berhenti karena gangguan.

2.7 *Mean Time To Repair (MTTR)*

Mean Time To Repair (MTTR) adalah waktu rata-rata yang digunakan untuk proses perbaikan alat berat. Perhitungan MTTR dimulai ketika alat rusak sampai kembali beroperasi normal.

$$MTTR = \frac{\text{Jam Breakdown}}{\text{Frekuensi Breakdown}} = \quad (3)$$

Keterangan:

Jam *breakdown* adalah total waktu alat berhenti karena gangguan.
Frekuensi *breakdown* adalah banyaknya kejadian kerusakan selama periode tersebut.

2.8 Mean Time Between Failures (MTBF)

Waktu operasi rata-rata antara kegagalan peralatan, dinyatakan dalam jam. Kegagalan mungkin merupakan hasil dari masalah teknis produk, yaitu peralatan yang tidak dapat diandalkan, atau karena kelalaian pemeliharaan dan perbaikan, yaitu ketidakefektifan manajemen peralatan di bidang penghindaran masalah. MTBF dapat menunjukkan deteksi perubahan yang tepat waktu dan akurat dalam kesehatan peralatan, tingkat keparahan aplikasi, kinerja, dan pengoperasian.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Frekuensi Breakdown}} = \quad (4)$$

Keterangan:

Total waktu operasi adalah jumlah waktu peralatan atau sistem beroperasi secara normal tanpa mengalami kegagalan.

Frekuensi *breakdown* adalah banyaknya kejadian kerusakan selama periode tertentu.

2.9 Fault Tree Analysis

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu metode analisis yang memiliki dua cara dasar yaitu induktif dan deduktif untuk mengidentifikasi serta memecahkan akar dari sebuah permasalahan. Analisis ini digunakan dengan cara pendekatan secara induktif. Yang dimaksud dengan induktif ialah metode analisis dengan menggunakan suatu dampak dari sebuah kegagalan komponen pada sistem secara keseluruhan. Bila analisis yang di pilih menggunakan pendekatan deduktif, maka kejadian atau peristiwa yang sudah terjadi dimasa lalu terhadap sistem ini dikumpulkan dan dikombinasikan untuk digunakan mengidentifikasi kegagalan pada sistem yang pada data akhirnya bertujuan untuk membantu mengurangi kegagalan pada sistem yang sudah pernah terjadi sebelumnya (Agustiar, Pracoyo, & Azharul, 2019).

Metode analisa FTA ini pada fungsi yang dikenal dengan pendekatan secara “*Top Down*” ini disebabkan karena analisis ini diawali dari sistem level (*Top*) dan meneruskan kebawah. Titik awalnya dari analisis ini yaitu mengidentifikasi mode kegagalan fungsional yang terjadi pada *top level* dari suatu sistem atau subsistem (Agustiar, Pracoyo, dan Azharul 2019).

Analisa suatu kegagalan sistem dengan metode FTA dibuat dengan menggunakan pohon kegagalan dari suatu sistem yang telah di analisa sebelumnya. *Fault tree* merupakan suatu model grafis dari kegagalan yang terjadi pada sistem yang dikombinasikan sehingga menghasilkan *undesired event*. Penyebab kegagalan sistem dapat diakibatkan oleh komponen, manusia atau operator dan kejadian di luar sistem yang mempengaruhi *undesired event*. *Fault tree* dirancang berdasarkan salah satu *undesired event* yang mungkin akan terjadi pada sistem. Dari beberapa bagian hanya sistem yang memiliki hubungan beserta kegagalan yang ada untuk dipakai membangun *fault tree*. Model grafis FTA memiliki beberapa simbol yang terdiri dari simbol kejadian, simbol gerbang, dan simbol *transfer*. Simbol kejadian merupakan simbol yang isinya kejadian pada suatu sistem yang digambarkan berbentuk lingkaran, persegi, dan lainnya yang memiliki arti masing – masing. Contoh simbol kejadian yaitu *intermediate event* dan *basic event*. Simbol gerbang merupakan hubungan dari kejadian *input* yang arahnya menuju kejadian *output*. Hubungan tersebut dimulai dari *top event* sampai ke *event* yang paling dasar. Contoh simbol gerbang yaitu *AND* dan *OR*. (Anthony, 2020). *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kegagalan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika ini dapat menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan baik dalam kondisi tunggal maupun sekumpulan dari bermacam – macam kondisi. Kontruksi dari *fault tree analysis* terdiri dari gerbang logika berupa gerbang *AND* dan gerbang *OR*. Adapun manfaat dari metode *fault tree analysis* adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan.
2. Untuk menemukan tahapan terjadinya kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.
3. Untuk menganalisa kemungkinan sumber-sumber kerusakan sebelum timbulnya kegagalan.
4. Menginvestigasi suatu kegagalan (Anthony,2020)

FTA terdapat simbol-simbol yang digunakan dalam proses pembuatan grafik pohon kegagalan. Simbol ini berguna untuk melihat sifat dari setiap kejadian di satu sistem yang dapat dilihat pada tabel 2.1 adapun simbol kejadian yang digunakan dalam FTA adalah sebagai berikut :

1. *Top event* merupakan *event* utama atau kejadian utama yang akan diperiksa.
2. *Logic event OR* merupakan gerbang *OR* yang digunakan untuk menunjukan

bahwa kejadian yang akan muncul terjadi satu atau lebih kejadian kegagalan yang merupakan *inputnya* terjadi.

3. *Logic event AND* merupakan gerbang *AND* yang digunakan untuk menunjukkan kejadian output muncul hanya jika semua input terjadi.
4. *Transferred event* merupakan simbol *transfer* yang terdapat dua macam yaitu *transfer-in* dan *transfer-out*. *Transfer-in* bertujuan untuk *sub-fault tree* dimulai sebagai kelanjutan pada *transfer-out*, sedangkan *transfer-out* berfungsi untuk *fault tree* yang dipecah menjadi *sub-fault tree*.
5. *Undeveloped event* merupakan simbol berbentuk wajik yang digunakan dalam *Fault Tree Analysis* untuk menyatakan suatu kejadian kegagalan yang tidak dikembangkan lebih lanjut. Artinya, kejadian tersebut tidak ditelusuri penyebabnya, biasanya karena keterbatasan informasi yang tersedia atau karena dianggap tidak relevan untuk dianalisis lebih detail.
6. *Basic event* merupakan simbol lingkaran yang menyatakan *basic event* atau *primary event* (kegagalan mendasar) yang tidak perlu dicari penyebabnya (Ferdiana & Priadythama, 2015).

Tabel 2. 1 Simbol-simbol FTA

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Event OR</i>
	<i>Logic Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>

2.10

Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

N o	Judul jurnal, nama peneliti tahun pembuatan	Permasalahan	Kerangka Pemecahan	Hasil

1	Analisis Keandalan Manajemen Perawatan dan Kerusakan Dengan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) Pada Bus Karyawan Di PT. Putera Jahe Raya (Akhir, 2022)Khafid Nur Amin, 2022	Dari data yang didapatkan dan dilakukan perhitungan didapatkan nilai MTBF tertinggi pada Triwulan III tahun 2021 yaitu sebesar 37,88 jam, yang artinya dalam 37,88 jam akan terdapat satu <i>event</i> kerusakan dan nilai MTTR tertinggi pada Triwulan IV tahun 2020 yaitu sebesar 1,8 jam, yang artinya di butuhkan waktu 1,8 jam untuk melakukan perbaikan satu komponen.	Lalu di dapatkan kerusakan yang terjadi dengan menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) yaitu kelalaian manusia, kondisi jalan, inpeksi yang kurang dan umur pakai dari komponen itu sendiri.	Solusi perawatan yang diberikan yaitu <i>time direct</i> dimana perawatan untuk pencegahan kegagalan, <i>conditional directed</i> dimana perawatan dengan deteksi kerusakan dan <i>failure finding</i> dimana perawatan dilakukan dari penemuan kerusakan yang terjadi.
---	--	---	--	--

2.	Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D Armin Darmawan, 2016	Kendala utama dalam penggunaan alat ini yaitu pola perawatan yang kurang terencana dengan baik sehingga memengaruhi operasional dan proses produksi nikel.	Analisis perawatan dilakukan dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) dalam mengidentifikasi komponen kritis terhadap kinerja unit. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat tiga komponen kritis penyebab downtime unit berdasarkan peringkat dari nilai Risk Priority Number (RPN).	Nilai RPN untuk stickcylinder, penyearangan bahan bakar, dan oil pan sebesar 288, 280, dan 240. Nilai mean time between failure (MTBF) stick cylinder adalah 1.288,91 jam dengan kegiatan perawatan pencegahannya memasang lapisan penutup pada rod cylinder. MTBF penyaring bahan bakar 334,04 jam, dengan flushing fuel tank secara berkala dan memasang sign peringatan pada kopler. MTBF pada oil pan 1.455,77 jam dengan melapisi gasket dengan lapisan tambahan saat pemasangan.
----	--	---	---	---

3.	Analisa Sistem Penjadwalan Mesin Departemen Utility di PT. Indorama Sinthetics, Tbk Dengan Menggunakan Metode MTBF	Dalam aktivitas produksi, kegiatan pemeliharaan memiliki peran yang penting untuk kelancaran kegiatan produksi. Kegiatan pemeliharaan mencakup seluruh aspek dari fasilitas produksi seperti mesin, peralatan dan gedung [Apple, 1990]. Kegiatan pemeliharaan (maintenance) fasilitas produksi (peralatan atau mesin) didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima.	Dengan pemeliharaan yang teratur dapat diperkirakan kemungkinankemungkinan terjadinya kerusakan fasilitas produksi pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data pemeliharaan pada masa lalu. Adanya sistem yang dapat memprediksikan kemungkinan terjadinya kerusakan dapat mempermudah kegiatan pemeliharaan fasilitas produksi sehingga kerugian tidak berjalannya fasilitas produksi dapat dikurangi.	Upaya-upaya yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk meningkatkan performa mesin adalah dengan cara merubah jadwal kerja preventif maintenance yang sudah ada dengan jadwal yang baru, berdasarkan hasil analisis data kegagalan mesin. Karena jadwal yang sudah ada dipandang tidak efektif dalam perbaikan mesin sehingga perlu dilakukannya perubahan jadwal kerja.
----	---	--	---	---

4	Analisa risiko kegagalan komponen pada excavator komatsu 150LC dengan metode FTA dan FMEA di PT.XY	upaya mengurangi dan mengetahui kerusakan komponen pada excavator komatsu, yaitu dengan metode yang digunakan adalah FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) dan FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).	Berdasarkan analisa jenis kerusakan komponen <i>hose</i> hidrolik bocor menggunakan metode FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) dengan tujuan untuk mengetahui apa saja yang menyebabkan faktor-faktor terjadinya jenis kerusakan tersebut.	Berdasarkan tabel 5 di atas, didapatkan nilai RPN (<i>Risk Priority Number</i>) terbesar jenis kerusakan komponen <i>hose</i> hidrolik bocor yaitu unit melebihi beban kapasitas/ <i>overload</i> , dengan nilai RPN (<i>Risk Priority Number</i>) sebesar 504. Kemudian hasil RPN (<i>Risk Priority Number</i>) terbesar dari analisa FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>) dilakukan perbaikan sesuai dengan <i>recommended action</i> .
---	--	---	---	---