

# Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D

Armin Darmawan<sup>1</sup>, Amrin Rapi<sup>2</sup>, Syafrillah Ali<sup>3</sup>

**Abstract.** This study is concerned with maintenance on a heavy equipment excavator 390D series HE4019, one of the main tools used to support the process of nickel production. Major constraint in using this tool is an insufficiently planned maintenance such that the tool affected operational and production process of nickel. Failure mode and effect analysis (FMEA) method is used to identify the risks of failure of critical components on the performance of the unit. Based on risk priority number (RPN), three critical components are found as leading causes of unit downtime. These are stick cylinder (RPN 288), fuel filter (RPN 280) and oil pan (RPN 240), respectively. Mean time between failure (MTBF) scores of stick cylinder, fuel filter and oil pan are 1,288.91 hours, 334.04 hours and 1,455.77 hours, respectively. Each of making rod of the cylinder covered, periodically flushing the fuel tank and taking on a warning sign on the couplers and coating the gasket with an additional layer during installation, in the meantime, are proposed as preventive maintenance for each the three critical components.

**Keywords.** preventive maintenance, corrective maintenance, FMEA, MTBF

**Abstrak.** Penelitian ini mengkaji tentang studi perawatan pada alat berat excavator 390D seri HE4019, yang merupakan alat utama dalam mendukung proses produksi nikel. 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, penyaring 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.

**Kata kunci.** preventive maintenance, corrective maintenance, FMEA, MTBF

## I. PENDAHULUAN

Dunia industri akhir-akhir ini telah mengalami akselerasi peningkatan kemampuan yang

didorong atas dasar kompetisi yang semakin ketat. Peningkatan efektivitas dan efisiensi pada industri pertambangan. Salah satunya menuntut adanya peningkatan tingkat ketersediaan peralatan untuk mendukung proses produksi. Untuk mendukung tingkat ketersediaan mesin dan peralatan, perancangan kegiatan perawatan mutlak dibutuhkan karena mesin dan peralatan produksi sangat rawan dengan timbulnya kerusakan. Terjadinya kerusakan dapat mengakibatkan gangguan proses produksi dan keselamatan tenaga kerja juga terancam, dimana keseluruhannya mempengaruhi produktivitas perusahaan.

Salah satu usaha perbaikan pada industri dilihat dari segi peralatan adalah meningkatkan utilisasi peralatan yang ada seoptimal mungkin. Utilisasi dari peralatan yang ada pada rata-rata

---

<sup>1</sup> Armin Darmawan, Program Studi Teknik Industri Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar, 90245 (email: darmawanarmin@gmail.com)

<sup>1</sup> Amrin Rapi, Program Studi Teknik Industri Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar, 90245 (email: amrin\_rapi@yahoo.com)

<sup>1</sup> Syafrillah Ali, Program Studi Teknik Industri Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar, 90245 (email: syafrillah\_ali@yahoo.com)

Diajukan: 21-07-2016      Diperbaiki: 18-11-2016  
Disetujui: 10-12-2016

industri manufaktur sekitar setengah kemampuan mesin yang sesungguhnya. Akibatnya, banyak ditemukan permasalahan pada suatu perusahaan bahwa kontribusi terbesar dari total biaya produksi bersumber dari biaya pelaksanaan pemeliharaan peralatan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Betrianis, 2005).

PT X merupakan perusahaan yang bergerak dalam pertambangan nikel di Sorowako. Dalam menghasilkan produksi nikel yang baik dengan jumlah yang banyak, diperlukan pula berbagai peralatan. Salah satunya adalah *excavator*. Keandalan dan ketersediaan *excavator* ini dapat mempengaruhi kelancaran dari proses produksi nikel. Dalam proses mendapatkan *material ore* yang nantinya akan dijadikan *nikel matte*, kadang tidak sesuai dengan perencanaan awal yang disebabkan oleh produktifitas *excavator* tidak berada pada standar yang diharapkan. Banyak faktor yang mempengaruhi hal tersebut misalnya *bucket* rusak, silinder dan *hose* pecah, masalah pelumasan, dan lain-lain. Hal tersebut dapat mengganggu rencana produksi yang telah ditetapkan. Untuk menjaga kondisi agar *excavator* tersebut tetap dalam keadaan andal dilakukan proses perawatan yang terjadwal.

Tabel 1. Frekuensi kerusakan unit *excavator*

No Seri <i>Excavator</i>	Frekuensi Kerusakan	<i>Downtime</i> (jam)
HE4019	129	1156,91
HE4020	124	890,62
HE4021	128	1087,5
HE4022	40	239,58
HE4023	33	369,25
HE4024	26	234,31
HEC401	60	297,76
HEC402	47	332,83

Sumber: *Equipment Maint. Dept* PT TU, 2015

Terdapat 8 unit *excavator* yang digunakan. Enam unit didatangkan dari PT TU (seri HE4019, HE4020, HE4021, HE4022, HE4023, HE4024), sedang dua unit sisanya adalah rental *excavator* dari PT TU juga (seri HEC401 dan HEC402). Semua kegiatan perawatan pada alat berat tersebut ditangani langsung oleh PT TU. Rangkuman kerusakan alat berat tersebut selama

satu tahun terakhir (Periode 26 Juli 2014 – 8 Juli 2015), ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan data di atas terlihat bahwa seri HE4019 merupakan *excavator* dengan frekuensi kerusakan tinggi (129 kali) dan nilai *downtime* paling besar (1.156,91 jam). Oleh karena itu, *excavator* HE4019 dipilih untuk dijadikan fokus penelitian.

Berdasarkan hal tersebut, perusahaan dapat menentukan komponen yang diprioritaskan untuk diberikan solusinya secara bertahap, sehingga dapat meminimalkan terjadinya kerusakan unit, diantaranya dengan memberikan rekomendasi perawatan yang dapat dilakukan baik secara *preventive* maupun *corrective*. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini mengkaji rancangan perawatan untuk mendeteksi risiko kegagalan komponen pada *Excavator 390D*.

## II. METODOLOGI

*Failure mode and effect analysis* (FMEA) digunakan pada perancangan teknik rekayasa, seperti perancangan, pengidentifikasi, dan pengeliminasi kegagalan system, baik yang telah terjadi maupun yang potensial. FMEA awalnya diimplementasikan oleh NASA pada tahun 1963 untuk kebutuhan keandalan sistem. Kemudian diadopsi oleh Ford Motor. Sejak itu FMEA menjadi alat yang relevan untuk analisis risiko dan keandalan sistem industry secara luas seperti pada otomotif, nuklir, konstruksi, dan lainnya (Shafiee & Dinmohammadi, 2014).

Prosedur dalam langkah-langkah FMEA dapat dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut ini (Pillay & Wang, 2003): (1) menggambarkan *flow* proses dan melakukan peninjauan terhadap proses, bila sistem bekerja secara baik pada tiap lini proses; (2) mengidentifikasi *potential failure mode* (mode kegagalan potensial) pada proses; (3) membuat daftar *potential effect* (pengaruh potensial) dari tiap mode kegagalan pada setiap lini dan pengaruhnya; (4) menentukan peringkat *severity* (S) untuk masing-masing mode kegagalan yang terjadi dengan skala tingkatan 10; (5) menentukan peringkat *occurrence* (O) untuk masing-masing mode kegagalan dengan skala tingkatan 10; (6) menentukan peringkat *detection* (D) untuk masing-masing mode kegagalan dan/atau akibat yang terjadi dengan skala tingkatan 10; (7) menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk tiap cacat; (8) membuat prioritas

mode kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk dilakukan tindakan perbaikan, dan (9) menyusun rekomendasi perbaikan.

Pada kajian penelitian ini dilakukan identifikasi pada komponen-komponen kritis yang menjadi penyebab utama terjadinya risiko kegagalan operasi pada Excavator 390D dengan menggunakan pendekatan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA). Data frekuensi kerusakan komponen pada Excavator 390D merupakan data dasar yang digunakan dalam menentukan prioritas komponen kritis yang dikaji melalui perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*.

Selanjutnya dilakukan perhitungan *mean time between failure (MTBF)*, peluang kerusakan komponen (*probability density function*), digunakan *software* Weibull untuk menentukan jenis distribusi kegagalan komponen. Menghitung keandalan dan laju kegagalan sehingga didapatkan nilai keandalan komponen. *MTBF* merupakan waktu yang paling tepat untuk dilakukan *maintenance*, sebelum terjadi kerusakan terhadap komponen-komponen kritis yang menjadi prioritas kajian berdasarkan output dari FMEA. Dari hasil perhitungan *MTBF* ini dapat digunakan untuk penjadwalan *maintenance* yang akurat terhadap komponen-komponen kritis dari output FMEA.

### Laju Kegagalan

Laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen, subsistem, atau sistem.

Laju kegagalan dinyatakan dengan persamaan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \tag{1}$$

Dimana:

$f(t)$  = fungsi padat peluang kegagalan selama jangka waktu proses (*pdf*)

$R(t)$  = total waktu operasi.

Laju kegagalan suatu komponen dapat digambarkan dengan sebuah kurva bak mandi (*bath tube curve*) dengan variabel waktu sebagai laju kegagalan dari komponen (sistem).

Model dari probabilitas kegagalan komponen suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistik. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi statistik yang umum digunakan. Jika

laju kerusakan dari sistem *independent* umumdand karakteristiklain secara pengoperasiannya, maka yang lebih tepat digunakan adalah distribusi eksponensial. Distribusi ini berhubungan dengan laju kerusakan konstan. Jika laju kerusakannya meningkat seiring dengan bertambahnya umur sistem, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi normal dan *Weibull* (Iksan, 2010).

*MTBF* adalah waktu rata-rata antar kegagalan atau rata-rata waktu beroperasinya komponen, subsistem, atau sistem tanpa mengalami kegagalan. *MTBF* diperoleh dari hasil bagi antara total waktu operasi dengan jumlah kegagalan dalam periode waktu operasi tersebut.

*MTBF* dapat dinyatakan dengan rumus :

$$MTBF = \frac{\text{Total waktu operasi}}{\text{Frekuensi pemeliharaan}} \tag{2}$$

### Penentuan Distribusi Umur Komponen Kritis

Untuk menganalisis distribusi waktu kejadian kerusakan atau kegagalan komponen. umumnya model distribusi statistik yang banyak digunakan berbentuk distribusi kontinyu seperti distribusi normal, log-normal, exponential, dan Weibull (Priyanta, 2000). Penjelasan mengenai distribusi statistik tiap jenis distribusi, diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Distribusi normal

Fungsi padat peluang (*probability density function*) pada distribusi normal adalah:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \tag{3}$$

Dimana:

$\mu$  = rata-rata (*mean*)

$\sigma$  = standar deviasi

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi normal, maka:

#### a. fungsi keandalan distribusi normal adalah:

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \tag{4}$$

#### b. Laju kegagalan distribusi normal adalah:

$$\lambda(t) = \frac{\exp\left[-(t-\mu)^2/2\sigma^2\right]}{\int_t^{\infty} \exp\left[-(t-\mu)^2/2\sigma^2\right] dt} \tag{5}$$

#### c. *MTBF* = $\mu$ (6)

2. Distribusi log-normal

Waktu antar kegagalan dari suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi *log-normal*, bila  $y = \ln(t)$ , mengikuti distribusi *normal* dengan rata-rata  $t_o$  dan varians  $s$ . Fungsi padat peluang (*probability density function*) distribusi *log-normal* adalah:

$$f(t) = \frac{1}{t.s\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - t_o}{s}\right)^2\right] \tag{7}$$

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi log-normal, maka:

a. Fungsi keandalan distribusi log-normal adalah:

$$R(t) = 1 - \phi\left[\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_o}\right] \tag{8}$$

b. *Failure rate* secara umum:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \tag{9}$$

c. MTBF =  $\exp(t_o + (0,5 \times s^2))$  (10)

3. Distribusi eksponensial

Fungsi padat peluang (*probability density function*) distribusi Eksponensial adalah:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)}, \quad t > 0, \lambda > 0, t \geq \gamma \tag{11}$$

Dimana:

$\lambda$  = laju kegagalan (*failure rate*)

$\gamma$  = parameter lokasi (*location parameter*)

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi Eksponensial, maka :

a. Keandalan distribusi eksponensial adalah:

$$R(t) = e^{-\lambda(t-\gamma)} \tag{12}$$

b. *Failure rate* secara umum:

$$\lambda(t) = \lambda \tag{13}$$

c. MTBF =  $1/\lambda$  (14)

4. Distribusi Weibull

Fungsi padat peluang (*probability density function*) distribusi Weibull adalah:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \tag{15}$$

Dimana:

$\eta$  = *scale parameter*,  $\eta > 0$

$\beta$  = *shape parameter*,  $\beta > 0$

$\gamma$  = *location parameter*.

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi Weibull, maka :

a. Fungsi keandalan distribusi Weibull adalah:

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \tag{16}$$

b. Laju kegagalan distribusi Weibull adalah:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{17}$$

c. MTBF =  $\gamma + \eta \Gamma(1/\beta + 1)$  (18)

Dengan penggunaan kedua pendekatan diatas didapatkan rancangan perawatan yaitu penentuan komponen kritis, jadwal *maintenance*, dan rekomendasi perbaikan terhadap komponen-komponen kritis.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data jenis kerusakan yang terdapat pada masing-masing komponen maka hasil yang didapatkan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 dimana terdapat 37 komponen. Dari 37 komponen tersebut dilakukan analisis berdasarkan pendekatan FMEA. Dalam kajian ini pendekatan FMEA mendukung dalam penentuan skala prioritas terhadap komponen yang kritis. Sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan dengan dasar yang kuat terkait dengan komponen mana yang memerlukan tindakan pembenahan segera. Pendekatan FMEA meninjau dari 3 hal yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang menghasilkan *Risk Priority Number*(RPN). Penentuan prioritas komponen kritis dipilih berdasarkan urutan jumlah RPN tertinggi.

Nilai RPN yang semakin tinggi menunjukkan bahwa tingkat risiko yang dapat ditimbulkan masuk dalam kategori risiko tinggi artinya risiko ini bila terjadi dapat mengakibatkan dampak yang besar, frekuensi kejadiannya sering terjadi, dan sulit untuk mendeteksi secara dini potensi risiko tersebut. Komponen dengan nilai RPN tertinggi menunjukkan bahwa komponen tersebut menjadi prioritas pertama untuk dilakukan penggantian, perbaikan, dan perawatan (Ibrahim & El-Nafaty, 2016). Berdasarkan Tabel 2, terdapat tiga komponen yang memiliki nilai RPN yang sangat tinggi dibanding komponen lainnya. Maka dari

Tabel 2. Ranking berdasarkan FMEA untuk tiap komponen Excavator 390D

No	Komponen	Mode Kegagalan	Potensi Efek Kegagalan	RPN	Rank
1	<i>Stick cylinder</i>	Kebocoran <i>cylinder</i>	Tenaga hidrolik berkurang	288	1
2	<i>Fuel Filter</i>	Penyumbatan pada sirkulasi bahan bakar	<i>Engine</i> tidak dapat <i>running</i>	280	2
3	<i>Oil pan</i>	Oli <i>engine</i> habis	Komponen <i>engine</i> panas	240	3
4	<i>Engine</i>	Kebocoran	Kehabisan <i>oil engine</i>	144	4
5	<i>Water separator</i>	Penyumbatan pada sirkulasi bahan bakar	Pembakaran tidak maksimal	144	4
6	<i>Pressure sensor</i>	Intermittent	<i>Engine pressure indicator on</i>	140	5
7	<i>Starting motor</i>	Motor tidak dapat berputar	<i>Engine</i> tidak dapat <i>running</i>	128	6
8	<i>Water pump</i>	<i>Malfunction</i>	<i>Engine Overheating</i>	128	6
9	<i>Hose coolant</i>	Kebocoran <i>hose</i>	<i>Engine overheating</i> karena <i>coolant</i> pendingin habis	128	6
10	<i>Harness</i>	<i>Intermittent</i>	Informasi elektronik ke kontrol tidak ada sehingga kerusakan tidak terdeteksi dini	128	6
11	<i>Hose hydraulic</i>	Kebocoran	<i>Excavator</i> kehilangan tenaga penggerak <i>implement</i>	128	6
12	<i>Joystick</i>	Pergerakan kaku	Alat kerja <i>excavator</i> tidak dapat digerakkan	128	6
13	<i>Fuel lines</i>	Kebocoran <i>fuel lines</i>	<i>Fuel</i> habis	128	6
14	<i>Lamp</i>	Padam	Penerangan di malam hari terganggu,	128	6
15	<i>Alternator</i>	Pengisian baterai buruk	Baterai lowbat/rusak	125	7
16	<i>Grease injector</i>	Penyumbatan	Tidak ada pelumasan <i>grease</i> pada komponen tertentu	120	8
17	<i>Bucket</i>	Penyok/ terlekuk	Volume tampung bucket berkurang	120	8
18	<i>Bucket</i>	Sobek pada sisi bucket	Pemindahan material tidak efektif	120	8
19	<i>Grease pump</i>	Aus, Tersumbat	Tidak ada pelumasan <i>grease</i> pada <i>excavator</i>	100	9
20	<i>Coolant flow sensor</i>	<i>Stuck</i>	Indikator <i>on</i> di <i>dashboard</i> ( <i>Active code warning</i> menyala)	96	10
21	<i>Swing gear</i>	Aus	Pergerakan memutar <i>excavator</i> sulit	96	10
22	<i>Fuel lines</i>	Penyumbatan pada sirkulasi bahan bakar	<i>Engine</i> sulit <i>running</i>	96	10
23	<i>Tip Bucket</i>	Tumpul	Pengerukan tanah/bebatuan sulit dilakukan	96	10
24	<i>Lock Pin bucket</i>	Patah	<i>Pin bucket</i> terlepas	80	11
25	<i>Tip Bucket</i>	Terlepas dari adapter bucket	Tidak dapat menyayat tanah/bebatuan	80	11
26	<i>Side Protector</i>	Terlepas	Kerusakan <i>bucket</i>	60	12
27	<i>Side Protector</i>	Aus	Pengerukan tanah/bebatuan sulit dilakukan	60	12
28	<i>Edge Protector</i>	Patah	Mempercepat kerusakan <i>bucket</i>	60	12
29	<i>Edge Protector</i>	Aus	Pengerukan tanah/bebatuan sulit dilakukan	60	12
30	<i>Grease hose</i>	<i>Hose</i> bocor	Gangguan pelumasan <i>grease</i> pada komponen	60	12
31	<i>Front glass</i>	Pecah	Kabin kemasukan material asing sehingga operator tidak nyaman	56	13
32	<i>Wear Plate</i>	Aus	<i>Bucket</i> penyok	48	14
33	<i>Adapter</i>	Patah	Pengerukan material berat	48	14
34	<i>Glass (rear)</i>	Pecah	Operator tidak nyaman, Kemasukan debu air dalam kabin operator	42	15
35	<i>Grease timer</i>	Tidak berfungsi	Waktu penginjeksi <i>grease</i> terganggu sehingga pelumasan pin kurang baik	36	16
36	<i>Door gp (hyd clr)</i>	Sulit dibuka, Bengkok	Pengecekan oli visual sulit, Penggantian filter <i>hydraulic</i> tidak bisa diakses	32	17
37	<i>Seal glass</i>	Terlepas	Kabin kemasukan air	24	18

itu dipilih tiga komponen kritis teratas berdasarkan RPN dan untuk itu dapat dilihat

mode, potensi efek dan penyebab kegagalan, sebagai berikut :

1. *Stick cylinder* merupakan komponen yang berfungsi untuk menggerakkan lengan *bucket excavator*. Karena *seal wiver* sobek dan *lip seal fatigue* akibatnya tenaga hidrolik berkurang. Oleh karena itu terjadi kebocoran pada *stick cylinder*.
2. *Fuel filter* merupakan komponen yang berfungsi untuk menyaring bahan bakar pada proses pembakaran di *engine*. Mode kegagalan dari komponen ini adalah tersumbatnya sirkulasi bahan bakar dan *engine* tidak dapat *running*. Hal ini terjadi karena *fuel filter*-nya jarang diganti.
3. *Oil pan* sebagai wadah penampungan *engine oil*. Dalam hal ini komponen *oil pan* mengalami kehabisan *engine oil*, sehingga komponen *engine* menjadi panas karena kurangnya sirkulasi oli pelumas *engine*. Hal tersebut disebabkan *gasket oil pan* kaku atau rusak sehingga bocor.

Keluaran FMEA ini menjadi solusi dalam analisis penentuan komponen kritis. Kemudian dilakukan eksplorasi terhadap ketiga komponen kritis tersebut dengan menghitung distribusi kegagalan dengan pendekatan statistik masing-masing komponen dan menentukan rata-rata waktu operasi antar kegagalan (MTBF).

Berdasarkan hasil pengolahan pada Tabel 3, dapat diperoleh prediksi jam terjadinya kerusakan dalam hal ini adalah MTBF sehingga dapat dilakukan *preventive maintenance* sebelum kerusakan terjadi. Dengan mengetahui MTBF ini maka dapat membantu dalam penentuan jadwal *maintenance* yang dapat dilakukan untuk ketiga komponen tersebut.

Tabel 3. Hasil perhitungan MTBF dan distribusi komponen kritis *Excavator 390D*

No	Komponen	MTBF (jam)	Distribusi
1	<i>Stick cylinder</i>	1288.91	Normal
2	<i>Fuel Filter</i>	334.04	Weibull
3	<i>Oil pan</i>	1455.768	Weibull

### **Preventive dan Corrective Maintenance**

Hasil pengolahan data menunjukkan ketiga komponen kritis diatas merupakan komponen yang apabila masing-masing komponen tersebut mengalami kerusakan maka dapat berakibat pada alat *excavator* tidak beroperasi. Bila terjadi kebocoran pada *stick cylinder*, maka *excavator* tidak bisa beroperasi. Jika hal ini terjadi, maka *bucket* yang berfungsi untuk mengais material tidak dapat digerakkan. *Pressure* akan hilang sehingga tenaga hidrolik berkurang. Kebocoran pada *stick cylinder* juga sulit untuk dideteksi lebih awal, sehingga dibutuhkan modifikasi untuk memantau dan mendeteksi kebocoran lebih dini. Sedang pada *fuel filter* yang berfungsi menyaring bahan bakar, kegagalan terjadi ketika proses pembakaran di *engine*. Mode kegagalan pada komponen ini yaitu tersumbatnya sirkulasi bahan bakar, sehingga *engine* tidak dapat *running* dan berakibat pada *excavator* tidak dapat beroperasi. Pada komponen *oil pan*, mode kegagalan mengalami kehabisan *engine oil*, sehingga mengakibatkan komponen *engine* menjadi panas. Hal tersebut disebabkan oleh sirkulasi oli pelumas *engine* berkurang. Bila tidak dilakukan pengawasan dan pengendalian pada kebocoran

Tabel 4. *Preventive dan corrective maintenance* komponen kritis excavator 390D

No	Komponen	MTBF (jam)	Penyebab Kegagalan	Corrective Maintenance	Preventive Maintenance
1	<i>Stick cylinder</i>	1.288,91	<i>Seal wiver</i> sobek dan <i>lip seal fatigue</i>	Melakukan rekondisi <i>stick cylinder</i>	Memasang lapisan penutup pada <i>rod cylinder</i>
2	<i>Fuel Filter</i>	334,04	<i>Fuel filter</i> jarang diganti	Memodifikasi <i>fuel tank</i> dengan menambahkan pipa setinggi kurang lebih 5 cm pada dasar tangki Memasang penutup permanen pada kopler pengisian	<i>Flushing fuel tank</i> secara berkala Memasang <i>sign</i> peringatan pada kopler agar pengisian selalu dalam kondisi bersih
3	<i>Oil pan</i>	1.455,77	Gasket oil pan kaku atau rusak sehingga bocor	Menutup sisi <i>oil pan</i> yang bocor dengan <i>silicon paste</i>	Melapisi gasket dengan lapisan tambahan saat pemasangan

*engine oil* dapat mengakibatkan kegagalan operasi mesin dan mengalami *stuck*.

#### IV. SIMPULAN

Artikel kajian *maintenance* ini berfokus pada penentuan komponen yang menjadi komponen kritis, jadwal *maintenance*, dan rekomendasi tindakan *maintenance*.

Hasil penerapan metode FMEA diperoleh komponen kritis dengan masing-masing nilai RPN ketiga tertinggi yaitu *stick cylinder*, *fuel filter*, dan *oil pan*. Penyebab kegagalan ketiga komponen yang dapat dideteksi lebih cepat, yaitu: pada *stick cylinder* disebabkan oleh *seal wiver* robek dan *lip seal* mengalami puncak kelelahan, pada *fuel filter* disebabkan oleh frekuensi penggantian yang jarang, dan pada *oil pan* disebabkan oleh kerusakan *gasket oil pan*.

Jadwal *maintenance* untuk ketiga komponen tersebut masing-masing: *stick cylinder* dengan MTBF 1.288,91 jam, *fuel filter* (334,04 jam), dan *oil pan* (1.455,77 jam).

Beberapa tindakan *preventive* dan *corrective maintenance* yang dapat dilakukan untuk mencegah tingkat risiko kegagalan yang lebih tinggi. Pada *stick cylinder* dengan melakukan rekondisi *stick cylinder (corrective maintenance)* dan memasang lapisan penutup pada *stick cylinder (preventive maintenance)*. Pada *fuel filter* dengan memodifikasi *fuel tank* dengan menambahkan pipa setinggi 5 cm dari dasar tangki atau dengan memasang penutup permanen pada kopler pengisian (*corrective maintenance*) dan melakukan *flushing fuel tank* secara berkala. Dan pada *oil pan* untuk tindakan *corrective maintenance* yaitu melapisi gasket dengan lapisan tambahan saat pemasangan.

Salah satu hal yang perlu dieksplorasi selanjutnya dari hasil kajian ini yaitu menghitung kebutuhan biaya *maintenance* untuk ketiga komponen tersebut. Selain itu, dari ketiga komponen tersebut terdapat 2 komponen yang memiliki jadwal *maintenance* hampir sama. Hal ini perlu dipertimbangkan apabila jadwalnya dibuat bersamaan seperti apa pengaruhnya terhadap penjadwalan terutama terkait dengan biaya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ibrahim, A.; El-Nafaty, A.U. 2016. "Assesment of the realibility of fractionator column of Kaduana refinery using failure mode effect and critically analysis". *American Journal of Engineering Research*, Vol. 5 (2), pp. 101 - 108.
- Iksan. 2010. "Menentukan interval perawatan pencegahan padamesin stripping di PT Aditama Raya Farmindo dengan metode age replacement". *AgriTek*, Vol. 5 (1), pp. 61 - 71.
- Pillay, A.; Wang, J. 2003. "Modified failure mode effect and analysis using approximate reasoning". *Reliability Engineering System and Safety*, Vol. 79 (1), pp. 69 - 85.
- Priyanta, D. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Teknik Perkapalan ITS.
- Shafiee, M.; Dinmohammadi, F. 2014. "An FMEA-based risk assesment approach for wind turbine systems: A comparative study of onshore and offshore". *Energies*, Vol. 7 (2), pp. 619 - 642.
- Sodikin, I. 2010. "Analisis penentuan waktu perawatan dan jumlah persediaan suku cadang rantai garu yang optimal". *Jurnal Teknologi*, Vol. 3 (1), pp. 44 - 52.