

**EVALUASI KINERJA PEMELIHARAAN MESIN PLTD DENGAN  
MENGUNAKAN PENDEKATAN *RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE* (RCM)**

**Firman, Muthia Roza Linda, Renti Febtri Suci**

Email: [firmanfeunp@gmail.com](mailto:firmanfeunp@gmail.com), [muthia\\_rozalinda@yahoo.com](mailto:muthia_rozalinda@yahoo.com),  
[Rentifs@gmail.com](mailto:Rentifs@gmail.com)

**Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang**

***Abstract:** Diesel Powered Electric Generator is a Electric Generator where using Diesel Machine as primer mover, which function to produce mechanical energy required to rotate the rotor generator to produce the electricity. The problem faced is found a lot of damage whice is make engine machine does not operate and high repair costs that result the company suffered losses. Reliability Centered Maintenance is a method where used to find “what should you do” to determine effective treatment. The result Showed that the machine has a major constraint on the machine RUSTON 1 is Injection Pump and Cylinder Linier Infection Pump with maintenance intervals about 44.24 hours. The Failure factor of the engine components are the supply of engine’s fuel is not optimal. Total cost for cumulative maintenance of two critical components reach Rp. 831.263.531.*

***Keywords:** Maintenance, Reliability Centered Maintenance (RCM)*

## **PENDAHULUAN**

Di dalam dunia industri, produk merupakan hasil utama dari suatu proses produksi yang membentuk suatu sistem proses produksi. Sistem proses produksi terdiri dari input, proses operasi, dan output. Agar suatu sistem proses produksi dapat terus berjalan, maka dibutuhkan kegiatankegiatan pemeliharaan (*maintenance*) terhadap peralatan dan mesin-mesin produksi.

Dengan adanya pemeliharaan dan keandalan dapat mengurangi ataupun mencegah kerusakan yang ada pada mesin, dan ini merupakan faktor utama untuk mengurangi biaya pada perusahaan. Dalam hal ini dapat mengurangi risiko pada proses produksi. Dimana hal ini dapat meningkatkan suatu keberhasilan pada perusahaan.

Pada beberapa perusahaan industri, perawatan mesin yang digunakan masih belum maksimal. Salah satunya terjadi di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

(PLTD). PLTD ialah pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*), yang berfungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator untuk menghasilkan aliran listriknya.

Salah satu lokasi PLTD terdapat di Kota Sungai Penuh. PLTD ini merupakan salah satu unit pembangkit PT PLN (Persero) Wilayah Sumatera Barat. Di sana terdapat banyak mesin yang rusak mengakibatkan terjadinya pemadaman listrik di sekitar Sungai Penuh dan Kerinci. Dengan demikian, kita harus meningkatkan pemeliharaan dan keandalannya agar mengurangi risiko kerusakan pada peralatan yang ada di perusahaan agar dapat mengurangi pemadaman listrik.

**Tabel 1. Data *Downtime* Mesin Tahun 2015 di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PT. PLN (Persero) Rayon Sungai Penuh**

Nama Mesin	F	Jumlah (Jam)
MITSUBISHI 1	12	7656
MITSUBISHI 2	3	2160
MITSUBISHI 3	3	2160
RUSTON 1	21	709
SWD	10	1039
YANMAR 1	8	1234
YANMAR 2	2	194
YANMAR 3	8	3128
YANMAR 4	3	674
YANMAR 5	2	5
YANMAR 6	2	8
YANMAR 7	2	6

*Sumber: PLTD Koto Lolo Rayon Sungai penuh*

Dari Tabel 1 dapat kita lihat bahwa banyak terjadinya gangguan pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang terletak di Koto lolo Kota Sungai penuh. Data *downtime* terbesar terdapat pada mesin MITSUBISHI 1 dengan waktu gangguan pada tahun 2015 adalah 7656 jam. Sedangkan waktu mesin untuk beristirahat selama setahun adalah 288 jam atau 12 minggu. Dengan demikian perusahaan ini setiap tahunnya selalu keluar dari

target. Jika dilihat dari frekuensi kegagalannya, mesin RUSTON sering mengalami kerusakan. Sedangkan mesin RUSTON ini merupakan mesin induk yang memiliki kapasitas daya yang paling besar. Hal ini yang membuat sering terjadinya pemadaman listrik di Kota Sungai penuh. Kerusakan mesin tersebut mengakibatkan besarnya biaya perbaikan yang mengakibatkan suatu perusahaan mengalami kerugian.

Dari uraian yang di atas, penelitian ini lebih terfokus pada mesin RUSTON saja, karena mesin RUSTON sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi dan menghasilkan daya. Dengan adanya kerusakan pada mesin, mengakibatkan tingginya biaya perbaikan pada mesin tersebut.

**Tabel 2. Biaya Pergantian atau Perbaikan Komponen Kerusakan Pada Mesin Ruston Tahun 2015**

<b>Komponen Mesin</b>	<b>Total Biaya</b>
<i>Injection</i>	Rp 150.000.000,00
<i>Cylinder Linier</i>	Rp 100.000.000,00
<i>Trafo</i>	Rp 25.000.000,00
<i>Cylinder Head</i>	Rp 150.000.000,00
<i>Turbo Charger</i>	Rp 100.000.000,00
<i>Piston</i>	Rp 250.000.000,00
<i>Sleve Injector</i>	Rp 90.000.000,00
<i>Air Stater</i>	Rp 25.000.000,00
<i>MCB</i>	Rp 10.000.000,00

*Sumber: PLTD Koto Lolo Rayon Sungai penuh*

Dari Tabel 2 dapat kita lihat bahwa biaya pergantian komponen mesin sangat besar. Sedangkan anggaran pemeliharaan keseluruhan mesin setiap bulan hanya Rp. 13.000.000 untuk semua mesin yang ada di PLTD. Untuk itu perlu adanya mengetahui kegiatan interval pemeliharaan, bagaimana faktor kegagalan, efek kegagalan dan biaya pemeliharaan kegagalan pada mesin RUSTON tersebut.

Dengan adanya uraian di atas, maka yang terjadi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel yang terdapat di Kota Sungai Penuh ini adalah banyaknya mesin

yang tidak beroperasi, sehingga sering terjadinya pemadaman listrik di wilayah sungai penuh. Penelitian ini akan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini digunakan untuk menentukan kegiatan dan interval perawatan berdasarkan pada RCM II Decision Worksheet sesuai dengan fungsi dan sistem mesin RUSTON 1.

## **KAJIAN TEORI**

### **Pemeliharaan**

Pemeliharaan mencakup semua aktivitas yang berkaitan dengan menjaga semua peralatan sistem agar dapat tetap bekerja. Perusahaan harus menghindari akibat yang tidak diinginkan dan rusaknya peralatan. Karena hasil dari kegagalan ini dapat merusak, membuat rasa tidak nyaman, menghasilkan pemborosan, dan mahal baik dari segi bahan maupun manusianya. Sasarana pemeliharaan dan keandalan adalah mempertahankan kapabilitas sistem. Sistem harus dirancang dan dipelihara agar dapat mencapai kinerja dan standar kualitas yang diharapkan (Heizer dan Render, 2010:159).

Menurut Corder (1992) dalam Boy (2008), perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Sedangkan menurut Assauri (2008: 133), perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas / peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian / penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasi yang memuaskan sesuai dengan apa yang di rencanakan.

### **Keandalan**

Menurut Dwi (2000:4) keandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Terminologi item yang dipakai didalam definisi keandalan diatas dapat mewakili sembarang komponen, subsistem, atau sistem yang dapat

dianggap sebagai satu kesatuan. Definisi di atas dapat disarikan menjadi empat komponen pokok (Dwi, 2000:4-5) antara lain sebagai berikut.

- a. Probabilitas
- b. Kinerja (*performance*) yang memadai
- c. Waktu
- d. kondisi pengoperasian

#### Distribusi Kegagalan

- a. Distribusi Log Normal Distribusi log normal berhubungan dengan distribusi normal. *Time to failure*, dari suatu komponen dikatakan memiliki distribusi log normal bila  $y = \ln T$  mengikuti distribusi normal dengan rata-rata  $\bar{T}$  dan varians  $\sigma^2$  (Boy, 2008:61).

*Mean Time to Failure* dari distribusi Log normal:

$MTTF = t_{med} \exp\left(\frac{s^2}{2}\right)$  dan fungsi keandalannya:

$$R(T) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

- b. Distribusi Eksponensial Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang paling banyak dipakai di dalam mengevaluasi keandalan sistem. Ciri utama dari distribusi ini adalah laju kegagalannya yang konstan. Jika *time to failure* dari suatu komponen adalah terdistribusi secara eksponensial dengan parameter  $\lambda$  (Boy, 2008:61).

*Mean Time to Failure* dari distribusi eksponensial:

$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{1}{\lambda}$  dan fungsi keandalannya:

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

- c. Distribusi Weibull Selain distribusi eksponensial yang sering dipakai di dalam mengevaluasi keandalan sistem, distribusi weibull banyak dipakai karena distribusi ini memiliki shape parameter sehingga distribusi mampu memodelkan berbagai data. Jika *time to failure* dari suatu komponen adalah  $T$  mengikuti distribusi Weibull dengan *Preventive cost* (CM) merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang memang sudah dijadwalkan

(Boy, 2008).  $CM = [(Biaya\ operator + Biaya\ mekanik) \times MTTR] + Harga$  komponen tiga parameter  $\beta$ ,  $\eta$  dan  $\gamma$  (Boy, 2008:61).

*Time to Failure* dari distribusi Weibull:

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma \left( \frac{1}{\beta} + 1 \right)$$

dan fungsi keandalannya:

$$R(t) = e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]}$$

dimana  $\Gamma(x)$  adalah fungsi gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^x y^{x-1} e^{-y} dy$$

### ***Reliability Centered Maintenance***

Menurut Teguh Dkk., (2009) *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap bekerja sesuai yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi aset / sistem / equipment dengan biaya minimal (*minimum cost*).

### **Biaya Pemeliharaan dan Interval Perawatan**

Sedangkan *Failure cost* (CF) merupakan biaya yang timbul karena terjadi kerusakan diluar perkiraan yang menyebabkan mesin produksi berhenti pada saat produksi sedang berjalan (Boy, 2008).

$CF = [(Biaya\ operator + Biaya\ mekanik + Biaya\ downtime) \times MTTR] + Harga$  komponen

Dalam menentukan interval perawatan yang optimal pada tiap komponen, maka diperlukan parameter distribusi waktu kerusakan yang sesuai, biaya perbaikan dan biaya perawatan dari tiap komponen mesin.

Maka untuk mencari interval perawatan (Boy, 2008) sebagai berikut.

$$TM = \eta \left( \frac{CM}{CF - CM} \cdot \frac{1}{\beta - 1} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

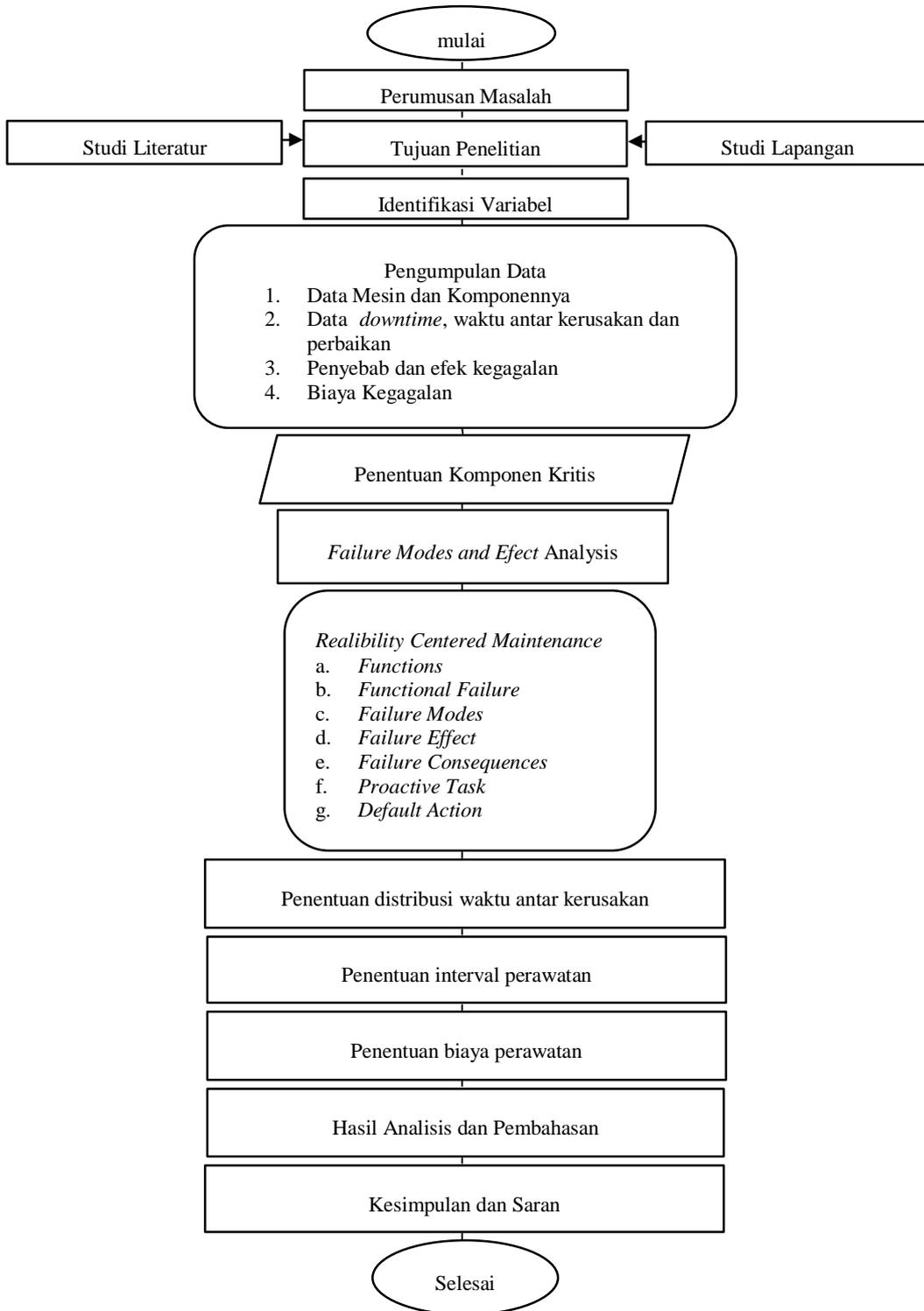
Jika CF dan CM nilainya kira-kira hampir sama, maka pelaksanaan perawatan akan menjadi tidak ekonomis. Untuk total biaya perawatan merupakan penjumlahan kumulatif biaya kegagalan dan biaya perawatan. Maka untuk mencari total biaya (Boy, 2008) adalah sebagai berikut.

$$TC = \frac{C_F}{\eta} TM^{\beta-1} \frac{C_M}{T_M} \beta$$

Keterangan:

TC = Total biaya perawatan TM = Interval waktu perawatan  $\eta$  = Parameter *location lognormal*  $\beta$  = Parameter *scale lognormal* CM = Biaya Perawatan total CF = Biaya Kerusakan

### Kerangka Konseptual



Gambar. 1 Kerangka Konseptual

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan termasuk penelitian deskriptif. Menurut Punaji (2010) ia menjelaskan bahwa penelitian deskriptif adalah penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan atau mendeskripsikan suatu keadaan, peristiwa, objek apakah orang, atau segala sesuatu yang terkait dengan variabel-variabel yang bisa dijelaskan baik dengan angka-angka maupun kata-kata. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif terdiri dari data fungsi mesin, data kegagalan, data penyebab kegagalan dan data efek yang ditimbulkan apabila kegagalan terjadi. Sedangkan data kuantitatif terdiri dari penentuan distribusi antar waktu kerusakan dan lama perbaikan, penentuan interval perawatan dan meminimasi biaya perawatan berdasarkan interval perawatan mesin.

### **Objek dan Lokasi Penelitian**

Di dalam penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah mesin RUSTON Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang terdapat di Desa Koto Lolo Kota Sungai Penuh. Penelitian berlokasi di daerah PLTD Koto lolo, Kota Sungai penuh, Provinsi Jambi. Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari sampai Maret 2016.

### **Teknik Pengumpulan Data**

Dalam menunjang terlaksananya penelitian ini, maka dibutuhkan beberapa data untuk menganalisa masalah yang dihadapi. Data tersebut diperoleh melalui Studi Literatur yaitu metode pengumpulan data dengan mempelajari literatur, sehingga didapatkan referensi yang mendukung atau memperkuat hasil penelitian yang diperoleh (Boy, 2008) dan Studi Lapangan yaitu metode pengumpulan data dengan melakukan survey langsung ke lokasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang dihadapi. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah wawancara dan observasi.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Data mesin dan komponennya.
- 2) Data downtime, waktu antar kerusakan dan perbaikan.
- 3) Data penyebab kegagalan beserta efek yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan.
- 4) Biaya kegagalan yang terdiri dari:
  - a) Biaya penggantian kerusakan komponen yaitu harga komponen, biaya tenaga kerja dan biaya kerugian mesin akibat kerusakan.
  - b) Biaya penggantian karena program perawatan yaitu harga komponen, upah tenaga kerja dan biaya keuntungan yang hilang akibat perbaikan.

### Definisi Operasional

**Tabel. 3 Definisi Operasional**

Kriteria	Definisi Operasional	Indikator
Pemeliharaan Mesin	Suatu bentuk kegiatan yang dilakukan perusahaan untuk mencegah suatu kerusakan pada mesin.	a. <i>Improvement Maintenance</i> b. <i>Preventive Maintenance</i> c. <i>Corrective Maintenance</i>
RCM	sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua aset fisik terus melakukan apa yang user ingin dilakukan dalam kondisi operasinya saat ini.	a. <i>Functions Functional Failure</i> b. <i>Failure Modes</i> c. <i>Failure Effect</i> d. <i>Failure Consequences</i> e. <i>Proactive Task Default Action</i>
Distribusi Waktu Kerusakan	Suatu informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi.	a. Distribusi Log Normal b. Distribusi Weibull c. Distribusi Eksponensial
Interval Perawatan	Suatu pengukuran waktu pemeliharaan agar waktu kerusakannya lebih sedikit.	$TM = \eta \left( \frac{CM}{CF - CM} \right)$

Biaya  
Perawatan

Biaya yang dilakukan  
untuk pemeliharaan  
peralatan, ketika terjadi  
kerusakan pada peralatan  
tersebut.

$$TC = \frac{C_F}{\eta^\beta} T_M^{\beta-1} \frac{C_M}{T_M}$$

---

### Tahap-Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data bertujuan untuk melakukan penyelesaian dan pembahasan dari masalah yang sedang dianalisis. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data, meliputi:

- a. Penentuan komponen kritis
- b. *Failure Modes and Effect Analysis*
- c. Penentuan Distribusi Antar Waktu
- d. Kerusakan

### RCM

RCM digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode* yang meliputi:

- a. *Information Reference* terdiri dari F (*functions*) yaitu fungsi komponen yang dianalisa, FF (*failure function*) yaitu kegagalan fungsi dan FM (*failure mode*) yaitu penyebab kegagalan fungsi.
- b. *Consequences evaluation* terdiri dari H (*Hidden failure*), S (*Safety*), E (*Environmental*) dan O (*Operational*)
- c. *Proactive Task* terdiri dari H1/S1/O1/N1 untuk mencatat apakah *on condition task* dapat digunakan untuk meminimalkan terjadinya *failure mode*, H2/S2/O2/N2 untuk mencatat apakah *scheduled restoration task* dapat digunakan untuk mencegah *failure* dan H3/S3/O3/N3 untuk mencatat apakah *scheduled discard task* dapat digunakan untuk mencegah *failure*.
- d. *Default Action* yang meliputi H4/H5/S4 untuk mencatat jawaban yang diperlukan pada *default question*.

- e. *Proposed Task* yaitu kolom yang digunakan untuk mencatat tindakan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan, terdiri dari *scheduled restoration task*, *scheduled discard task* dan *scheduled on condition task*.
- f. *Initial Interval* digunakan untuk mencatat interval perawatan yang optimal dari masing-masing komponen.
- g. *Can be done by* digunakan untuk mencatat siapakah yang berwenang dalam melakukan *scheduled* tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan Komponen Kritis

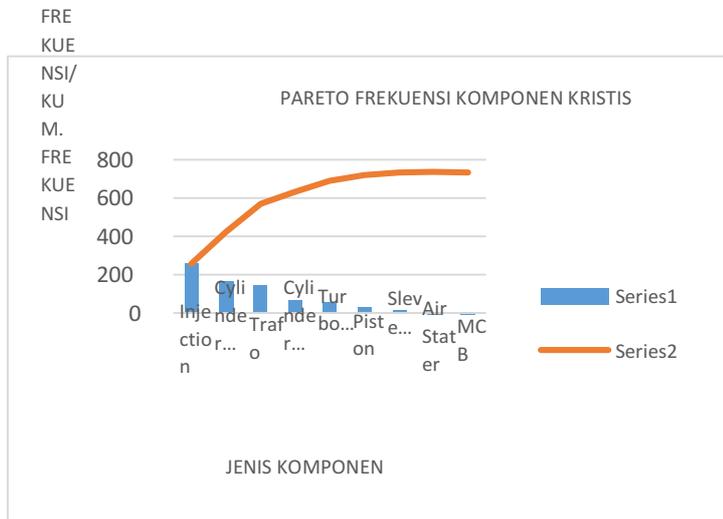
Penentuan komponen kritis ini dilakukan dengan menggunakan diagram pareto berdasarkan kriteria total frekuensi *downtime* terbesar yang timbul akibat adanya kerusakan pada fungsi dan sistem kerja mesin RUSTON 1. Pada mesin RUSTON 1 terdapat sembilan komponen mesin yaitu, *Air Stater*, *Cylinder Linier*, *Piston*, *Turbo Charger*, *Cylinder Head*, *MCB*, *Injection*, *Trafo* dan *Sleeve Injector*. Untuk komponen kritis mesin ROSTON 1 dapat dilihat pada tabel. 4 berikut ini.

**Tabel 4. Penentuan Komponen Kritis**

Nama Mesin	Downtime (Jam)	Downtime %	Cum. Downtime	Cum %
<i>Injection</i>	259	35,1%	259	35,1%
<i>Cylinder Linier</i>	165	22,4%	424	57,5%
<i>Trafo</i>	144	19,5%	568	77,1%
<i>Cylinder Head</i>	63	8,5%	631	85,6%
<i>Turbo Charger</i>	57	7,7%	688	93,4%
<i>Piston</i>	30	4,1%	718	97,4%
<i>Sleve Injector</i>	14	1,9%	732	99,3%
<i>Air Stater</i>	3	0,4%	735	99,7%
<i>MCB</i>	2	0,3%	734	99,6%
	737	100%		

Sumber: Hasil olah data Mcrosoft Excel, 2013

Dari Tabel 4 terlihat terdapat dua komponen yang paling sering menyebabkan kerusakan pada mesin RUSTON 1, yaitu *Injection Pump* dan *Cylinder Linier*.



**Gambar. 2 Diagram Pareto**

Pada Gambar 2 terlihat dua komponen yang paling memberi pengaruh signifikan berdasarkan lamanya *downtime* terhadap kerusakan mesin RUSTON 1 selama tahun 2015.

### ***Failure Modes and Effect Analysis***

FMEA merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan secara luar untuk melakukan penilaian. *Failure Modes dan Effect Analisis* (FMEA) menyebutkan bentuk, penyebab dan pengaruh kerusakan terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Hasil akhir dari FMEA adalah nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN adalah nilai yang dihitung berdasarkan informasi yang diperoleh berkaitan dengan *Potential Failure Modes, Effect* dan *Detection*.

### ***Penentuan Distribusi Antar Kerusakan***

Untuk mengetahui distribusi antar kerusakan masing-masing komponen kritis menggunakan Minitab 14 dilakukan uji *Goodness of Fit*. Pengujian dengan menggunakan *software* Minitab 14 menggunakan tiga distribusi yaitu, distribusi *Weibull, Eksponensial* dan *Lognormal*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai *P-value* terbesar dan *Anderson-Darling* terkecil. Pemilihan

distribusi yang tepat untuk masing-masing komponen kritis dapat dilihat pada Tabel5 berikut ini.

**Tabel5.Failure Modes and Effect Analysis Mesin Ruston Komponen Injection Pump**

Fungsi	Fungsi Kegagalan	Mode Kegagalan	Efek kegagalan	S	O	D	RPN
1 Untuk mensuplai bahan bakar ke ruang bakar melalui nozzle	A Tidak bisa mensuplai bahan bakar ke ruang bakar	1 Terbakarnya injection pump	Injection pump tidak bisa mensuplai bahan bakar ke ruang bakar	8	4	3	96
		2 Kurangnya oli pada injection pump	Mengakibatkan pompa injeksi panas dan mengakibatkan terbakar	8	4	4	128

Sumber: Penilaian dari teknisi LPTD Sungai Penuh

**Tabel6.Failure Modes and Effect Analysis Mesin Ruston Komponen Cylinder line**

Fungsi	Fungsi Kegagalan	Mode Kegagalan	Efek kegagalan	S	O	D	RPN
1 tempat berlangsungnya proses kerja mesin lengkap dengan hisap, kompresi, kerja dan buang.	A Tidak bisa melakukan proses kompresi hisap dan buang	1 Kebocoran pada cylinder liner	Proses hisap kompresi dan buang tidak bisa beroperasi dengan normal	8	5	8	512
		2 Katub pada cylinder liner patah	Tidak bisa mengatur udara yang masuk Masuk ke cylinder liner untuk proses kompresi, hisap dan buang.	8	6	4	192

Sumber: Penilaian dari teknisi LPTD Sungai Penuh

**Tabel 7. Tabel Pemilihan Distribusi**

No.	Komponen Kritis	<i>Log normal</i>		<i>Eksponensial</i>		<i>Weibull</i>		Distribusi Terpilih
		<i>PV</i>	<i>AD</i>	<i>PV</i>	<i>AD</i>	<i>PV</i>	<i>AD</i>	
1	<i>Injection</i>	<		<		<		<i>Lognormal</i>
	<i>Pump</i>	0,005	1,448	0,003	2,816	0,010	1,606	
2	<i>Cylinder</i>					>		<i>Lognormal</i>
	<i>Linier</i>	0,608	0,194	0,417	0,47	0,250	0,275	

Sumber: Hasil Pengolahan Data Menggunakan Minitab 14

Pada komponen *Injection Pump* meskipun nilai *P-Value* distribusi *Lognormal* masih lebih besar dibandingkan distribusi *Weibull*, namun distribusi *Lognormal* memiliki nilai *Anderson-Darling* paling rendah dengan nilai *AD* 1,448. Sehingga distribusi terpilih untuk komponen *Injection Pump* adalah distribusi *Log normal* dengan mempertimbangkan nilai *Anderson-Darling* sebagai parameter utama. Selanjutnya, pada pengujian distribusi kerusakan komponen *Cylinder Linier* distribusi *Lognormal* dipilih sebagai distribusi yang dipakai pada komponen ini. Hal ini sesuai dengan kriteria *PV* terbesar dan *AD* terkecil dengan nilai masing-masing  $PV = 0,608$  dan  $AD = 0,194$ .

**Tabel 8. MTTF dan MTTR Komponen Kritis**

Komponen Kritis	$\eta$	$\beta$	TM (Jam)
<i>Injection Pump</i>	2,31502	1,22035	44,24
<i>Cylinder Linier</i>	3,89405	0,58504	80,70

Sumber: Hasil Pengolahan Data Menggunakan Minitab 14

### Analisis Interval Waktu Perawatan

Interval waktu perawatan merupakan jarak antara kerusakan mesin sampai mesin dapat beroperasi kembali. Untuk mengetahui interval waktu perawatan masing-masing komponen kritis mesin RUSTON 1 dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TM = \eta \left( \frac{CM}{CF - CM} \cdot \frac{1}{\beta - 1} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

**Tabel 9. Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Mesin ROSTON 1**

No.	Komponen Kritis	MTTF	MTTR
1	<i>Injection Pump</i>	19,0630	5,20613
2	<i>Cylinder Linier</i>	63,2443	35,7667

Sumber: Hasil olah data Mcrosoft Excel 2013

Dari Tabel 9 terlihat interval waktu perawatan masing-masing komponen kritis mesin RUSTON 1. Untuk menentukan interval waktu perawatan pada komponen kritis mesin RUSTON 1 menggunakan parameter  $\eta$  dan  $\beta$  (*location* dan *scale* pada minitab 14) yang merupakan parameter yang dipakai pada distribusi lognormal. Komponen *Injection Pump* memiliki nilai  $\eta = 2,31502$  dan  $\beta = 1,22035$ . Sehingga didapatkan interval waktu perawatan *Injection Pump* sebesar 44,24 jam. Hal ini Sedangkan komponen *Cylinder Linier* memiliki nilai  $\eta = 3,89405$  dan  $\beta = 0,58504$ . Sehingga didapatkan interval waktu perawatan *Injection Pump* sebesar 80,70 jam. Hal ini menjelaskan waktu maksimum perawatan komponen *Injection Pump* berada diinterval 080,70 jam.

**Analisis Total Biaya Pemeliharaan**

Biaya pemeliharaan merupakan seluruh biaya yang terjadi dalam kerusakan sampai mesin dapat beroperasi kembali. Total biaya pemeliharaan perlu dievaluasi untuk melihat biaya pemeliharaan mesin jika kondisinya tetap dipertahankan. Sehingga akan terlihat biaya pemeliharaan mesin sampai mesin memang tidak dapat diperbaiki lagi.

Untuk mengetahui besarnya total biaya pemeliharaan mesin RUSTON 1 dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$TC = \frac{C_F}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} \frac{C_M}{T_M}$$

Dengan menggunakan rumus di atas akan di dapatkan total biaya perawatan mesin RUSTON 1. Total biaya perawatan komponen kritis mesin RUSTON 1 dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

**Tabel 10. Total Biaya Perawatan Mesin Roston 1**

Komponen Kritis	CM	CF	TC
Injection Pump	Rp 60.028.095,00	Rp 71.709.609,00	Rp 59.340.036,00
Cylinder Linier	Rp 257.356.602,00	Rp 308.510.137,00	Rp 22.520.946,00
Total	Rp 317.384.697,00	Rp 380.219.746,00	Rp 81.860.982,00

*Sumber: Hasil olah data Mcrosoft Excel 2013*

Pada Tabel 10 terlihat total biaya pemeliharaan masing-masing komponen kritis. Untuk mengetahui total biaya perawatan terlebih dahulu harus mengetahui biaya kerusakan kumulatif (CM) dan biaya perawatan kumulatif (CF). Jika nilai CM dan CF hampir sama maka pelaksanaan perawatan menjadi tidak ekonomis. Pada komponen *Injection Pump* terlihat nilai CM dan CF tidak jauh berbeda dengan CM sebesar Rp. 60.028.095,00 dan CF Rp. 71.709.609,00 dengan perbedaan Rp. 11.681.514,00. Hal ini menyebabkan total biaya perawatan *Injection Pump* mencapai Rp. 59.340.036,00. Sedangkan untuk *Cylinder Linier* memiliki nilai CM sebesar Rp. 257.356.602 dan CF sebesar Rp. 308.510.137,00

dengan selisih Rp. 51.153.535. Dengan selisih yang lebih besar total biaya perawatan *Cylinder Linier* lebih ekonomis dibandingkan *Injection Pump* dengan total biaya perawatan Rp. 22.520.946,00.

**Reliability Centered Maintenance**

*Reliability Centered Maintenance* adalah sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua aset fisik terus melakukan apa yang user ingin dilakukan dalam kondisi operasinya saat ini.

**Tabel 11. RCM pada Injection Pump**

<i>Reliability Centered Maintenance</i>															
Information refference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	F	F	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
	A	1	Y	N	N	Y	N	Y	N				<i>Sceduled Restorat ion task</i>	44,24	Mekanik
		2	Y	N	N	Y	N	N	Y				<i>Sceduled discard task</i>	44,24	Operator

Sumber: PLTD Sungai Penuh

Pada Tabel 11 terlihat evaluasi *Injection Pump* dengan menggunakan RCM. Evaluasi menggunakan RCM sangat berhubungan dengan analisis sebelumnya terutama FMEA. Melalui evaluasi yang dilakukan konsekuensi pada model kegagalan 1 terjadi karena kerusakan tersembunyi dan operasional. Melalui kolom H2/S2/O2 dapat ditarik kesimpulan *proposed task* model kegagalan 1 adalah *scdeduled restoration task* dengan interval perawatan 44,24 jam. Pada model kegagalan 2 melalui kolom H3/S3/O3 dapat ditarik kesimpulan *proposed task* model kegagalan 2 adalah *scdeduled discard task* dengan interval perawatan 44,24 jam yang dapat dilakukan oleh operator.

***RCM II Decision Worksheet Cylinder Linier***

*RCM II Decision Worksheet* merupakan sebuah alat untuk mempermudah dan menyederhanakan analisis RCM ke dalam sebuah tabel. Untuk mengetahui evaluasi RCM pada table berikut.

**Tabel 12. Evaluasi Cylinder Linear**

<i>Reliability Centered Maintenance</i>															
Information refference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	F	F	H	S	E	O	N1	N2	N3	H	H	S			
	F	M								4	5	4			
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y	N				<i>Scdeduled Restoration task</i>	80,70	Mekanik
		2	Y	N	N	Y	N	Y	N				<i>Scdeduled Restoration task</i>	80,70	Mekanik

Pada Tabel 12 terlihat evaluasi *Cylinder Linier* dengan menggunakan RCM. Evaluasi menggunakan RCM sangat berhubungan dengan analisis sebelumnya terutama FMEA. Melalui evaluasi yang dilakukan konsekuensi pada model kegagalan 1 terjadi karena kerusakan tersembunyi dan operasional.

Melalui kolom H2/S2/O2 dapat ditarik kesimpulan *proposed task* model kegagalan 1 adalah *scdeduled restoration task* dengan interval perawatan 80,70 jam. Pada model kegagalan 2 melalui kolom H2/S2/O2 dapat ditarik kesimpulan *proposed task* model kegagalan 2 adalah *scdeduled restoration task* dengan interval perawatan 80,70 jam yang dapat dilakukan oleh mekanik.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

- a. Mesin yang memiliki kendala utama pada PLTD Sungai Penuh adalah mesin RUSTON 1. Dengan komponen kritis *Injection Pump* dan *Cylinder Linier*. *Injection Pump* mengalami kerusakan sebanyak 259 jam dengan frekuensi 11 kali selama tahun 2015. Sedangkan *Cylinder Linier* mengalami kerusakan selama 165 jam dengan frekuensi 3 kali selama tahun 2015.
- b. Pada analisis FMEA memperlihatkan bahwa ada dua penyebab kegagalan pada *Injection Pump* yaitu, terbakarnya *Injection Pump* dan kurangnya oli dengan penskoran RPN untuk masing-masing adalah 96 dan 128. Sedangkan penyebab kerusakan *Cylinder Linier* adalah bocornya *Cylinder Linier* dan patahnya katub dengan masing-masing skor RPN 512 DAN 192.
- c. Pada penelitian ini kedua komponen kritis menggunakan distribusi lognormal sebagai distribusi antar kerusakan. Pemilihan distribusi lognormal setelah melakukan pengujian *goodness test fit* dengan menggunakan *software minitab 14*.
- d. Masing-masing komponen kritis memiliki nilai MTTF dan MTTR sebagai berikut. *Injection Pump* memiliki nilai MTTF = 19,0630 dan MTTR = 5,20613. Sedangkan *Cylinder Linier* memiliki nilai MTTF = 63,2443 dan MTTR = 35,7667
- e. Kegiatan dan interval perawatan berdasarkan *RCM II Decision Worksheet 1.3* untuk komponen yang memiliki kegagalan potensial diantaranya adalah *scheduled restoration task* pada fungsi kegagalan 1 (satu) *Injection Pump* dan interval perawatan selama 44,24 jam yang dapat diselesaikan oleh mekanik; dan *scheduled discard task* pada fungsi kegagalan 2 (dua) dengan

interval perawatan selama 44,24 jam yang dapat ditangani oleh operator. Sedangkan pada *Cylinder Linier scheduled restoration task* pada fungsi kegagalan 1 (satu) dan 2 (dua) dengan interval perawatan selama 80,70 jam yang dapat ditangani oleh mekanik.

- f. Masing-masing komponen kritis memiliki total biaya perawatan Rp 59.340.036,00 untuk *Injection Pump* dan Rp 22.520.946,00 untuk *Cylinder Linier*.

### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dikemukakan maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut.

1. Bagi perusahaan, evaluasi ini hendaknya bisa menjadi bahan acuan bagi perusahaan untuk memperbaiki sistem perawatan yang dipakai sekarang. Untuk itu perusahaan hendaklah melaksanakan perawatan yang lebih efektif lagi dikarenakan masih tingginya *downtime*. Perusahaan harus menambahkan waktu pemeliharannya. Karena waktu kinerja pemeliharaan yang diterapkan di unit PLTD ini masih kurang efektif. Karena dengan waktu 24 jam, masih banyak terjadinya *downtime* pada mesin. Selain itu perusahaan bisa melakukan perawatan yang lebih terfokus terhadap komponen-komponen kritis seperti *injection pump* dan *cylinder linier*. Hal ini diharapkan dapat memperkecil waktu dan biaya perawatan.
2. Bagi peneliti selanjutnya, dengan penelitian ini diharapkan peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian yang lebih lanjut terhadap *maintenance* dengan mengkombinasikan model analisisnya dengan lebih beragam. Penelitian bisa dilanjutkan dengan mengganti objek penelitian, atau mengganti metode yang dipakai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofjan, 2008. *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta
- Billinton, R. and Ronald N. Allan [1992], *Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques*, 2 nd edition, Plenum Press, New York and London
- Corder, Antony, 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Erlangga, Jakarta
- Daulay.N.I.,Nurutami.S.S., dan Daniel.D.D, 2013. Analisis Maintenance Reliability Terhadap MTBF Facilities Pada Industri Pulp dan Paper, *Jurnal Ekonomi, Volume 21*.
- Frankel, Ernst G., 1988. *Systems Reliability and Risk Analysis*, 2nd edition, Kluwer Academic Publishers, PO BOX 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands.
- Henley, E.J. and Hiromitsu Kumamoto, 1992. *Probabilistic Risk Assessment: reliability Engineering, Design, and Analysis*, IEEE Press, New York.
- Herjanto.E, 2004. *Sains Manajemen*. Jakarta: Grasindo.
- Hoyland, Arnljot and Marvin Rausand, 1994. *System Reliability Theory Models and Statistical Methods*, John Wiley & Sons, Inc.
- Jay Heizer, Barry Render, 2010. *Operation Management*. Jakarta: Selemba Empat
- Kececioglu, D, 1991. *Reliability Engineering Handbooks*, Volume 2, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Lukodono.P.R., Pratikto, Soenoko.R, 2013. Analisis Penerapan Metode RCM Dan MVSM Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance (Studi Kasus PG. X), *Jurnal Teknik Industri, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1*.
- Marimin, 2004. *Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*, Bandung: Grasindo.
- McCormick, N.J., 1981. *Reliability and Risk Analysis: Methods and Nuclear Power Applications*, Academic Press, Inc.
- Moubray, John, 1997. *Reliability Centered Maintenance, Second Edition*, Industrial Press Inc, New York.
- Orugbo.E.E, Alkali.,M.B, Desilva.A., and Harrison.K.D.,2015. RCM and AHP Hybrid Model for Road Network Maintenance Prioritization, *The Baltic Journal Of Road And Bridge Engineering, ISSN 1822-427X / eISSN 1822-4288 2015 Volume 10(2): 182-190*

- Palit.C.H, Sutanto.W, 2012. Perancangan RCM Untuk Mengurangi *Downtime* Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium, *Industrial Engineering Department*, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV.
- Punaji, Setyosari., 2010.*Metode Penelitian Pendidikan dan pengembangan*. Jakarta: Kencana.
- Putra, Isma, Boy., 2008. Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II). *Jurnal Teknik Industri. Teknolojia. Vol 5*.
- Priyanta. D., 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: ITS
- Ramakumar, R., 1993.*Engineering Reliability: Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Ruxton, T.,1997.*Formal Safety Assessment*, Transaction IMarE, Part Stefenson, Prof. J.[1990], *Design Procedures for The Reliability of Integrated Marine Systems*, paper 5 ICMES
- Ruxton, T.,1997.*Formal Safety Assessment*, Transaction IMarE, Part 4.
- Syahrudin, 2013. Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD “X”, *Teknik Industri, Jurnal Teknologi Terpadu No. 1 VOL. 1*
- Sandtorv, H., J. Eldby., and M. Rasmussen, 1990.*Reliability Centered Maintenance – Hanbook for Offshore Application*, Sintef Report.
- Uma Sekaran, 2006. *Metodologi Penelitian Untuk Bisnis*. Jakarta: Salemba Empat