

## **Analisis Perawatan Mesin Kritis Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance di Manufaktur Kelapa Sawit**

Irvan Irvandi Siagian\*, Paris Johannes Ginting dan Anita Christine Sembiring

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Prima Indonesia  
Jl. Sampul No.3 Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20118  
Email: [\\*irvansiagian0102@gmail.com](mailto:*irvansiagian0102@gmail.com)

### **Abstrak**

Perusahaan Pengolahan Kelapa Sawit di Propinsi Sumatera Utara merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang produksi CPO dan kernel, Perusahaan ini sangat sering mengalami masalah dalam maintenance mesin dalam proses produksi. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis terhadap permasalahan yang terjadi dan memberikan usulan perawatan dan jadwal perbaikan mesin. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), metode ini digunakan untuk menganalisis penyebab kegagalan serta akibat yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode RCM dapat mengidentifikasi fungsi, mode kegagalan, dan strategi perawatan yang sesuai untuk mesin-mesin kritis di PKS. Strategi perawatan yang direkomendasikan mencakup preventive maintenance, predictive maintenance, dan kondisi berdasarkan perawatan. Penerapan metode RCM juga dapat meningkatkan keandalan mesin, meminimalkan downtime, dan mengoptimalkan biaya perawatan di PKS.

**Kata kunci:** *Reliability Centered Maintenance, Perawatan Mesin, Pabrik Kelapa Sawit*

### **PENDAHULUAN**

Ketersediaan mesin merupakan salah satu metrik yang digunakan untuk mengukur seberapa efisien dan andalnya suatu mesin dalam proses produksi. Perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, mempertahankan dan memastikan setiap peralatan bekerja dengan baik. Perawatan merupakan dasar bagi perusahaan untuk mempertahankan ketersediaan mesin selalu siap bekerja melakukan kegiatan produksi. Perusahaan Pengolahan Kelapa Sawit (PPKS) adalah salah satu pabrik pengolahan kelapa sawit yang menyediakan produksi minyak kelapa sawit yaitu *crude palm oil* atau biasa disebut CPO, yang merupakan salah satu komoditi ekspor terbesar Indonesia. Dalam menjalankan operasinya, pabrik-pabrik kelapa sawit sangat bergantung pada keandalan mesin-mesin produksi untuk memastikan produktivitas yang optimal. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh pabrik kelapa sawit adalah menjaga keandalan peralatan dan mesin-mesin produksi kritis. Kegagalan atau kerusakan pada mesin- mesin ini dapat mengakibatkan downtime yang signifikan dan berdampak besar terhadap keseluruhan proses produksi. Oleh karena itu, penerapan strategi pemeliharaan yang tepat menjadi faktor penting dalam memastikan keandalan operasional pabrik.

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metodologi pemeliharaan yang berfokus pada mempertahankan fungsi sistem daripada sekedar memperbaiki komponen-komponennya. Melalui pendekatan RCM, strategi pemeliharaan dirancang berdasarkan analisis sistematis terhadap mode kegagalan, dampak, dan prioritas tindakan pemeliharaan yang harus dilakukan. Metode ini telah banyak diterapkan di berbagai industri untuk meningkatkan keandalan, memperpanjang usia pakai, dan menekan biaya pemeliharaan aset-

aset kritis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan RCM pada perawatan mesin-mesin kritis di PPKS. Studi kasus akan dilakukan pada beberapa unit produksi utama untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menganalisis dampaknya, dan menyusun strategi pemeliharaan yang sesuai. Diharapkan, penerapan RCM dapat membantu pabrik meningkatkan keandalan operasional, meminimalkan downtime, dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan sehingga produktivitas dan profitabilitas pabrik dapat ditingkatkan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah jenis penelitian deskriptif, dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai metode penelitian. Sumber data yang dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari data primer berupa data kerusakan mesin produksi, data waktu anatar kerusakan komponen pada *screw press*. Pemilihan mesin kritis ditentukan dengan mesin yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi. Metode RCM untuk menentukan komponen kritis pada mesin *screw press* PPKS. Metode RCM menggunakan 7 langkah penelitian yaitu, pemilihan sistem dan pengumpulan informasi, defenisi batasan sistem, deskripsikan sistem dan *functional block diagram*, menentukan fungsi sistem dan kegagalan fungsi, (FMEA) *failure mode and effect analysis*, (LTA) *logic tree analysis*, dan pemilihan tindakan. Setelah langkah-langkah RCM dilakukan pengujian distribusi data dengan *goodness of fit* dan menghitung nilai keandalan komponen *screw press*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Sistem dipilih sesuai dengan data yang memiliki frekuensi kerusakan yang paling tinggi, dan berpengaruh terhadap proses produksi.

Tabel 1. Data kerusakan mesin produksi PT.Perkebunan Nusantara III 2022-2023

Mesin Produksi	Jumlah Kerusakan	Persentase
<i>Sterilizer</i>	25	16,56%
<i>Hoisting Crane</i>	9	5,96%
<i>Theresser</i>	6	3,97%
<i>Fruit Elevator</i>	5	3,31%
<i>Digester</i>	21	13,91%
<i>Screw Press</i>	59	39,07%
<i>Vibrating Screen</i>	3	1,99%
<i>Ripple Mill</i>	23	15,23%

Berdasarkan pengumpulan data sistem dengan frekuensi kerusakan tertinggi adalah *screw press* dengan frekuensi kerusakan 59 kali.

### Defenisi Batasan Sistem

Masukan (*input*) pada sistem adalah buah sawit sebagai bahan utama yang akan diproses dan air delusi sebagai cairan pengencer dalam membantu proses pemisahan minyak dan keluaran berupa gerakan *screw*, CPO, nut dan *fiber*.

Sistem yang ada pada mesin *screw press* terdapat beberapa subsistem yang merupakan kesatuan dan aktivitas yang saling terhubung dan aktivitas dikontrol oleh subsistem kontrol. Dengan demikian perlu dilihat Batasan subsistem sehingga dapat diketahui hubungan masing-masing.

Subsistem kontrol terdiri dari :

- Panel Control

- Bar status
- Amper
- *Hydraulic power pack*
- ON/OFF

Subsistem penggerak terdiri dari :

- *Main Shaft*
- *Oil Seal*
- *Bearing*
- *V-Belt*

Subsistem Pengempa terdiri dari :

- *Worm Srew*
- *Press Cage*
- *Bushing*
- *Cone Guide*

### **Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram***

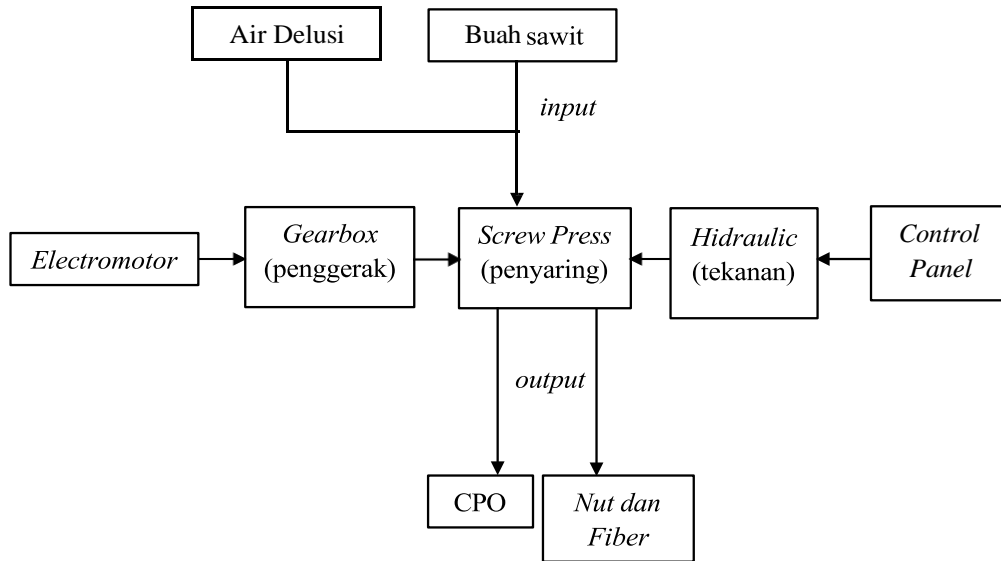
Deskripsi mesin

Suatu sistem dideskripsikan berdasarkan fungsi subsistemnya. Fungsi stasiun press adalah memeras buah sawit yang telah dilumat di mesin digester untuk menghasilkan minyak dan memisahkan dari ampas dan biji. Pengerak poros *screw press* disalurkan dari putaran *electromotor* yang dihubungkan dengan *v-belt*, *main shaft* dalam *gearbox* dengan putaran sebesar 12 rpm untuk menggerakkan alat *screw*. Efektifitas tekanan ini tergantung pada tekanan tahanan lawan pada *cone* melalui tekanan *hydraulic*. Tekanan pada *Hydraulic Cone* diberikan tekanan 40-50 bar.

Untuk menurunkan kadar minyak dalam *fiber* (ampas), tekanan terhadap *worm screw* dinaikkan dengan mengatur *Cone*, hal ini akan menyebabkan persentase biji pecah yang tinggi dan dapat mempercepat kerusakan *Screw Press*, disebabkan beban kerja yang berlebihan. Tekanan kerja *Cone* yang terlalu rendah menghasilkan lebih sedikit jumlah biji pecah, tetapi menghasilkan *fiber* (ampas) dengan kadar minyak yang tinggi. Oleh sebab itu pengoperasian *screw press* hendaknya selalu memperhatikan tekanan pada sistem kerja *hydraulic*.

Blok Diagram Fungsi mesin

Blok diagram fungsi mesin dapat digambarkan secara sederhana seperti pada gambar dibawah ini. Blok diagram ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara subsistem yang satu dengan subsistem lainnya dan juga untuk memberikan informasi mengenai masukan (*input*) dari elemen subsistem dan juga keluarannya (*output*). Dengan mengetahui masukan dan juga keluaran dari subsistem maka dapat direncanakan Solusi perawatan kerusakan dari subsistem tersebut. Berikut adalah blok diagram subsistem pada mesin *screw press*.



Gambar 1. *Functional Block Diagram Stasiun Press*

### Menentukan Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Fungsi sistem adalah kinerja suatu sistem diharapkan bisa bekerja sesuai dengan fungsinya, dan kegagalan fungsi adalah apabila sistem berjalan tidak sesuai dengan standar fungsi sistem tersebut. Dalam melakukan analisa fungsi sistem digunakan *functional block diagram*, agar dapat diketahui *input* maupun *output* sistem dan pengaruhnya pada sistem lainnya. Fungsi dan kegagalan fungsi dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Fungsi Sistem dan Kegagalan fungsi Mesin *Screw Press*

No Fungsi	No kerusakan fungsi	Uraian kegagalan fungsi
1.1	<b>1.0 Subsystem control</b>	
	1.1.1	<i>Hydraulic</i> bertekanan kurang dari 40 bar
	1.1.2	<i>Hydraulic</i> tidak bertekanan (tidak berfungsi)
2.1	<b>2.0 Subsystem penggerak</b>	
	2.1.1	<i>Main shaft</i> berputar pada kecepatan kurang dari 12 rpm
	2.1.2	<i>Main shaft</i> berputar pada kecepatan 0 rpm (tidak bisa berputar)
	2.1.3	Guncangan pada mesin
3.1	<b>3.0 Subsystem pengempa</b>	
	3.1.1	Banyak ampas kotoran ( <i>fiber</i> ) terdapat pada keluaran minyak (CPO)
	3.1.2	<i>Oil losses</i> yang tinggi pada fiber
	3.1.3	<i>Worm screw</i> tidak berputar

Sebelum melakukan analisis dari akibat kerusakan maka dibuat matrik hubungan kerusakan fungsi dengan peralatan-peralatan pada mesin.

Matrik kegagalan fungsi dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Matrik kegagalan fungsi dengan peralatan

Peralatan	Nomor kegagalan fungsi							
	1.1.1	1.1.2	2.1.1	2.1.2	2.1.3	3.1.1	3.1.2	3.1.3
<i>Hydraulic</i>	X	X					X	
<i>Oil seal</i>	X	X						
<i>V-belt</i>			X	X				
<i>Bearing</i>			X		X			
<i>Main shaft</i>				X				
<i>Press cage</i>						X	X	
<i>Worm screw</i>							X	
<i>Bushing</i>								X
<i>Cone guide</i>							X	

**Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

FMEA adalah sebuah metode sistematis yang melakukan pendekatan untuk mengidentifikasi dan mencegah semua kemungkinan kegagalan dan pengaruhnya terhadap proses produksi.

Tabel 4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Komponen	Fungsi	Mode kerusakan	Penyebab kerusakan	Akibat kerusakan
<i>Hydraulic</i>	Memberikan tekanan pada <i>cone guide</i>	Kebocoran <i>fluida</i>	Pemasangan kurang tepat, cairan berkurang	Tidak dapat memberi tekanan
<i>Oil Seal</i>	Menahan oli agar tidak tumpah	Kebocoran oli	Umur, kurangnya perawatan	Oli berkurang, mengganggu kinerja mesin
<i>V-Belt</i>	Menghubungkan putaran <i>electromotor</i>	Kendor, putus	Ketegangan yang tidak sesuai,	Mesin tidak berputar
<i>Bearing</i>	Penggerak <i>main shaft</i>	<i>Bearing</i> longgar, pecah	Kurangnya pelumasan, pemasangan tidak sesuai	Putaran mesin tidak normal, terjadi guncangan
<i>Main Shaft</i>	Media kopling penggerak	Aus, patah	Beban kerja berlebihan	Mesin tidak berputar
<i>Press Cage</i>	Sebagai filter pengepresan	Bodi robek	Beban kerja berlebihan, pori-pori tersumbat	Pengepresan tidak maksimal
<i>Worm Screw</i>	Memindahkan sekaligus mengepres buah sawit	Aus	Tekeanan berlebih, gesekan terhadap benda kasar seperti pasir	Pengepresan tidak maksimal
<i>Bushing</i>	Media penyangga <i>worm screw</i>	Aus, patah	Gesekan	Putaran terhenti

<i>Cone guide</i>	Memberikan tekanan pada buah sawit	Aus, pecah	Gesekan, tekanan berlebihan	Tidak dapat menahan buah sawit
-------------------	------------------------------------	------------	-----------------------------	--------------------------------

**Uji Distribusi Kerusakan Dengan Metode *Goodness Of Fit Test***

Tabel 5 . Hasil perhitungan uji *Chi-Square*

Kelas interval	Frekuensi yang diamati (O <sub>i</sub> )	Probabilitas eksponensial (E <sub>xi</sub> )	Frekuensi teoritis (n <sub>i</sub> )	Nilai <i>Chi-Square</i> hitung (x <sup>2</sup> )
0-1	8	0,34	6,37	0,41
2-3	6	0,14	2,98	3,05
4-5	4	0,06	1,36	5,06
6-7	1	0,03	0,64	0,19
8-9	1	0,01	0,29	1,65
Jumlah	20	0,58	11,64	10,36

Nilai *Chi-Square* tabel,  $\chi^2_{0,05,5} = ?$ , karena nilai *Chi-Square* hitung lebih kecil dari nilai *Chi-Square*

tabel,  $\chi^2 \leq \chi^2_{0,05,5}$  , maka H<sub>0</sub> diterima atau dapat disimpulkan data kerusakan sesuai (*fit*) dengan

distribusi eksponensial. Kelas yang memiliki frekuensi teoritis dalam perhitungan *Chi-Square* ≤ 5, frekuensi amatan dan frekuensi teoritisnya dijumlahkan agar mempunyai nilai > 5 (Lapin, 1990)

Tabel 6. Analisis keandalan setiap komponen

Komponen	λ (kerusakan/jam)	MTBF (jam)	f (t) (t=168)	R(t) (t=168)	F(t) (t=168)
<i>Oil Seal</i>	0,00025826	3872,06	0,0247 %	95,76 %	4,24 %
<i>Bearing</i>	0,00132839	752,79	0,0490 %	80,05 %	19,95 %
<i>Press Cage</i>	0,00060463	1653,90	0,0546 %	90,37 %	9,63 %
<i>Worm Screw</i>	0,00065226	1533,12	0,0584 %	89,65 %	10,35 %
<i>Bushing</i>	0,001102316	977,36	0,0862 %	84,25 %	15,75 %

**Logic Tree Analysis (LTA)**

LTA adalah suatu alat pengukuran secara kualitatif untuk mengidentifikasi dan menganalisis factor-faktor yang dapat menyebabkan suatu kegagalan, mengklasifikasikan mode kegagalan karena setiap mode kegagalan tidak sama. Proses LTA menggunakan pertanyaan logika sederhana atau struktur keputusan kedalam empat kategori, setiap pertanyaan akan dijawab “Ya” atau “Tidak”. Hal penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

Hasil analisis menggunakan *logic tree analysis* dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 7. *LTA*

Komponen	Mode Kerusakan	E	S	O	C
1.1.1 <i>Hydraulic</i>	Kebocoran selang hidrolik	Y	N	Y	B
2.1.2 <i>V-Belt</i>	Putus	N	N	N	B
2.1.3 <i>Bearing</i>	Pecah	N	N	N	D/B

2.1.1 <i>Main Shaft</i>	Aus	Y	N	Y	D/B
3.1.1	Menipis, retak, robek	N	N	N	D/B
<i>Press Cage</i>					
3.1.2 <i>Worm Screw</i>	Keausan, patah	Y	N	Y	D/B
3.1.3 <i>Bushing</i>	Aus, patah	Y	N	Y	D/B
3.1.2 <i>Cone Guide</i>	Retak, patah	N	N	N	B

### Task Selection/Pemilihan Tindakan

*Task Selection* adalah proses pengambilan keputusan untuk menentukan tindakan atau aksi yang paling tepat. Pada tahap ini ditentukan hubungan kegagalan yang ada, apakah kegagalan yang ada berhubungan langsung dengan, *Condition Directed* (CD), *Time Directed* (TD), *Finding Failure* (FF).

Tabel penyusunan pemilihan tindakan untuk komponen mesin potong dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 8. Pemilihan Tindakan

Komponen	Mode kerusakan	Penyebab kerusakan	Critically Analysis							Pemilihan Tindakan
			1	2	3	4	5	6	7	
<i>Hydraulic</i>	Kebocoran fluida	Pemasangan kurang tepat, cairan berkurang	Y	N	Y	N	-	Y	-	FF
<i>Oil Seal</i>	Kebocoran oli	Umur, kurangnya perawatan	Y	N	Y	N	-	Y	-	FF
<i>V-Belt</i>	Kendor, putus	Ketegangan yang tidak sesuai,	Y	Y	Y	N	-	Y	-	TD
<i>Bearing</i>	<i>Bearing</i> longgar, pecah	Kurangnya pelumasan, pemasangan tidak sesuai	Y	Y	Y	Y	N	Y	-	TD
<i>Main Shaft</i>	Aus, patah	Beban kerja berlebihan	Y	N	Y	Y	Y	Y	-	FF
<i>Press Cage</i>	Bodi robek	Beban kerja berlebihan, pori-pori tersumbat	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
<i>Worm Screw</i>	Aus	Tekeanan berlebih, gesekan terhadap benda kasar seperti pasir	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD

<i>Bushing</i>	Aus, patah	Gesekan	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	TD
<i>Cone guide</i>	Aus, pecah	Tekanan	Y	N	Y	N	-	Y	-	CD
		berlebihan								

---



## KESIMPULAN

Sistem mesin yang paling kritis adalah screw pres dengan frekuensi kerusakan tertinggi yaitu 59 kerusakan dari total 151 kerusakan dengan persentase kerusakan sebesar 39,07 %. Komponen kritis pada mesin screw press adalah bearing 19 frekuensi kerusakan dengan tingkat keandalan koponen 36,90 %. Hasil pemilihan tindakan perawatan terhadap komponen kritis mesin screw press yaitu komponen bearing, press cage, bushing dan worm screw dengan tindakan perawatan TD (Time Directed) yang melakukan pencegahan langsung terhadap kerusakan berdasarkan waktu. Tindakan dapat dilakukan dengan melakukan pergantian komponen dengan interval pergantian yang optimum pada setiap komponen. Berdasarkan perhitungan didapatkan interval waktu pergantian yaitu bearing 752,79 jam, press cage 1.653,90 jam, bushing 977,36 jam dan worm screw 1.533,12 jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Moubray, J. (2000). *Reliability-Centered Maintenance, Second Edition*. Industrial Press Inc.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2003). *RCM - Gateway to World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Nowlan, F. S., & Heap, H. F. (1978). *Reliability-Centered Maintenance*. United Air Lines, Inc. and the US Department of Defense.
- Rausand, M. (1998). *Reliability Centered Maintenance*. Reliability Engineering and System Safety, 60(2), 121-132.
- Carazas, F. J. G., & Souza, G. F. M. (2010). *Risk-based decision making method for maintenance policy selection of thermal power plant equipment*. Energy, 35(2), 964-975.
- Selcuk, S. (2017). *Predictive maintenance, its implementation and latest trends*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 231(9), 1670-1679.
- Pham, H., & Wang, H. (1996). *Optimal (t, T) Maintenance Policies under Imperfect Maintenance*. Reliability Engineering & System Safety, 44(3), 217-224.
- Tsang, A. H. (1995). *Condition-based maintenance: tools and decision making*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1(3), 3-17.
- Zhu, Q., Peng, H., & van Houtum, G. J. (2015). *A Condition-Based Maintenance Policy for Multi-Component Systems with a High Maintenance Setup Cost*. Spectrum, 37(4), 1007-1035.
- Mohammadi, A., & Yaghoubi, S. (2016). *A Reliability-Centered Maintenance Approach Based on Fuzzy Prometheus II Decision Making Method*. International Journal of System Assurance Engineering and Management, 7(2), 211-221.
- Sembiring, A. C. (2018). *Meningkatkan Kepuasan Pelanggan dengan Mempertimbangkan Kualitas Layanan dan Harga*. 2(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.1211891>
- Tampubolon, J., Sembiring, A. C., & Angin, R. P. (2019). *Improve productivity in production part using marvin e mundel method*. Journal of Physics: Conference Series, 1230(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1230/1/012059>