

MODEL PENJADWALAN PEMELIHARAAN MESIN HEAVY DUTY HUMMER SHREDDER (HDHS) DI PG KEBON AGUNG

Dian Qomariyah¹, Ellysa Nursanti², Heksa Galuh³

^{1,3} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

² Program Studi Teknik Industri S-2, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : dianqomariyah1818@gmail.com

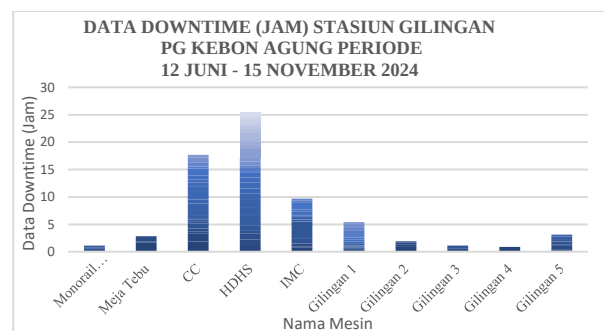
Abstrak, Salah satu pabrik gula di Indonesia yang beroperasi sepanjang musim giling adalah Pabrik Gula Kebon Agung. Karena memiliki waktu henti terpanjang di antara stasiun-stasiun tersebut, stasiun penggilingan dipilih sebagai fokus studi berdasarkan analisis waktu henti. *Heavy Duty Hummer Shredder* (HDHS), salah satu peralatan vital stasiun tersebut, diketahui mengalami 31 kali kerusakan sepanjang musim giling, yang mengakibatkan total waktu henti selama 25,38 jam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguraikan rencana dan jadwal perawatan mesin HDHS untuk meningkatkan resolusi dan mengurangi waktu henti di Stasiun Penggilingan Gula Kebon Agung. Bagian-bagian mesin, frekuensi dan jenis kegagalan, waktu perbaikan, alasan kegagalan, dan efek kegagalan semuanya termasuk dalam data penelitian. *Mean Time to Failure* (MTTF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan kebutuhan awal mesin ditentukan dengan menganalisis *parameter Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) menggunakan distribusi Weibull dan Eksponensial. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, dan *Logic Tree Analysis* (LTA) digunakan untuk menganalisis penyebab utama kegagalan. Untuk membuat model jadwal perawatan mesin HDHS, langkah terakhir dari studi ini adalah merumuskan aktivitas perawatan dan menentukan interval terbaik menggunakan teknik *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Berdasarkan hasil studi, kinerja mesin HDHS dapat ditingkatkan dari 53,1% menjadi 90% dengan menggunakan model perawatan ini. Berdasarkan jenis kerusakan komponen, rekomendasi perawatan meliputi restorasi terencana, perawatan kondisi siap pakai terjadwal, dan tugas pembuangan terjadwal. Di Pabrik Gula Kebon Agung, model yang disarankan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi waktu henti, dan meningkatkan efisiensi mesin.

Kata kunci : *Reliability*, RCM, FMEA, LTA, Mesin HDHS

PENDAHULUAN

Permintaan gula di Indonesia terus mengalami peningkatan, baik dalam pemenuhan kebutuhan konsumsi rumah tangga maupun sebagai bahan baku strategis pada industri makanan, minuman, dan farmasi, sehingga pabrik gula dituntut menjaga kelancaran produksi melalui keandalan mesin (Yusuf, 2021). PG Kebon Agung di Kabupaten Malang beroperasi pada musim giling Juni – November 2024 dengan tujuh stasiun produksi, di mana Stasiun Gilingan menjadi titik utama ekstraksi nira tebu. Berdasarkan data *downtime* 12 Juni – 15 November 2024, Stasiun Gilingan mencatat durasi kerusakan tertinggi. Mesin *Heavy Duty Hummer Shredder* (HDHS) tercatat sebagai mesin paling kritis dengan total *downtime* 25,38 jam dan 31 kali gangguan. Saat ini, PG Kebon Agung hanya menerapkan *corrective maintenance* saat musim giling dan *general overhaul* setelah musim selesai, tanpa mempertimbangkan interval waktu pemeliharaan dan tingkat keandalan mesin secara menyeluruh. Berikut pada Gambar 1 disajikan data *downtime* dari Stasiun Gilingan

PG Kebon Agung pada periode 12 Juni – 15 November 2024.



Gambar 1. Data *downtime* Stasiun Gilingan PG Kebon Agung

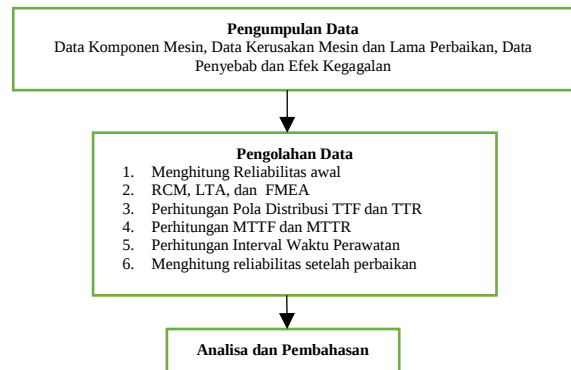
Meskipun produksi berjalan cukup lancar, kerusakan mesin masih terjadi sehingga keandalan menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. Identifikasi mode kegagalan dilakukan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), analisis penyebab menggunakan LTA, dan penentuan tindakan serta interval pemeliharaan melalui *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Pendekatan

tersebut diharapkan mampu meningkatkan tingkat keandalan mesin serta mengurangi downtime pada Stasiun Gilingan PG Kebon Agung.

METODE

Jadwal perawatan mesin HDHS di Pabrik Gula Kebon Agung dimodelkan dalam studi ini menggunakan teknik deskriptif kuantitatif. Data sekunder diperoleh dari catatan perusahaan, sedangkan data primer diperoleh dari narasumber. Tahapan analisis meliputi identifikasi komponen kritis (Diagram Pareto), penyusunan FBD, analisis risiko (FMEA), pengolahan data TTF dan TTR, pengujian distribusi, perhitungan MTTF dan MTTR, serta penentuan interval pemeliharaan optimal. Hasil penelitian berupa rekomendasi jadwal pemeliharaan berbasis keandalan yang mampu mengurangi *downtime* dan meningkatkan efektivitas mesin HDHS, dengan perhitungan keandalan 2 kali yaitu sebelum dan sesudah perhitungan. Berikut Gambar 2 merupakan metodologi penelitian dapat terlihat bahwa keandalan dihitung dua kali sebelum dan sesudah

supaya bisa dipastikan terjadinya peningkatan keandalan sebagai berikut.



Gambar 2. Metodologi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Komponen Kritis Mesin

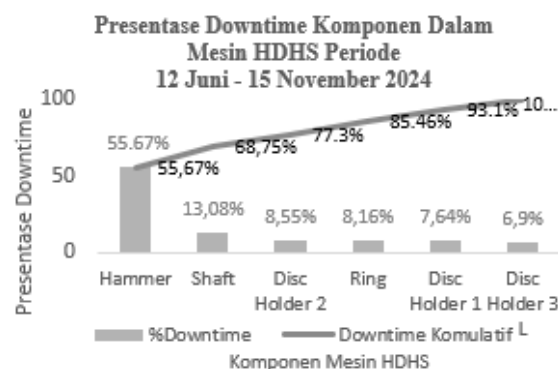
Identifikasi komponen kritis pada mesin *Heavy Duty Hummer Shredder* (HDHS) dilakukan berdasarkan tingkat *downtime* tertinggi. Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan 1, kemudian hasil persentase tiap komponen diurutkan sesuai nilai *downtime* terbesar dan disajikan pada Tabel 1.

$$\% \text{ Downtime} = \frac{\text{Downtime komponen } x}{\Sigma \text{ Downtime Mesin}} \times 100\% \dots (1)$$

Tabel 1. Hasil Identifikasi Komponen Kritis

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)	% Downtime	% Downtime Kumulatif
1	<i>Hammer</i>	15	14.13	55.67%	55.67%
2	<i>Shaft</i>	4	3.32	13.08%	68.75%
3	<i>Disc Holder 2</i>	3	2.17	8.55%	77.3%
4	<i>Ring</i>	3	2.07	8.16%	85.46%
5	<i>Disc Holder 1</i>	3	1.94	7.64%	93.1%
6	<i>Disc Holder 3 L</i>	3	1.75	6.9%	100.00%
Total		31	25.38	100.00 %	

(Sumber: PG Kebon Agung)



Gambar 3. Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis Mesin HDHS

Tabel 1 Data frekuensi kerusakan dan data *downtime* (jam) didapatkan dari catatan pemeliharaan di perusahaan. Diagram Pareto tersebut ditampilkan pada Gambar 3 merupakan diagram pareto dari mesin *Heavy Duty Hummer Shredder* (HDHS).

Berdasarkan Diagram Pareto pada Gambar 3, komponen *Hammer* teridentifikasi sebagai komponen paling kritis dengan kontribusi *downtime* tertinggi sebesar 55,67%, diikuti oleh *Shaft* sebesar 13,08%. Kedua komponen ini menjadi prioritas utama dalam pemeliharaan mesin *Heavy Duty Hummer Shredder* (HDHS)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dalam analisis FMEA, digunakan rating 1 – 10 guna menggambarkan tingkat dampak kerusakan pada setiap komponen. Nilai rating tersebut digunakan dalam perhitungan RPN

yang menjadi acuan dalam menentukan prioritas perbaikan komponen. Rekapitulasi total nilai RPN dari komponen mesin HDHS ditampilkan pada Tabel 2

Tabel 2. *Failure Mode and Effect Analysis* Pada Komponen Mesin HDHS

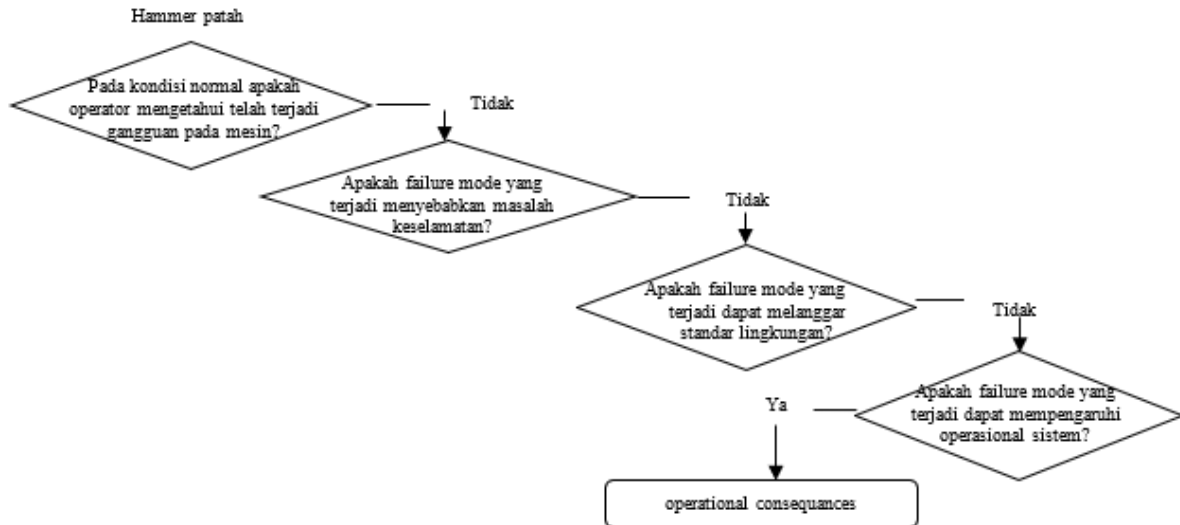
FMEA Worksheet					Sistem: Gilingan				
					Subsistem: Mesin Heavy Duty Hammer Shredder				
Part	Function	Function Failure	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	Failure Cause	S	O	D	RPN S X O X D
Hammer	Menghancurkan tebu secara kasar	Tidak dapat menghancurkan tebu	Hammer patah	Proses penghancuran terhenti	Material tidak sesuai	8	6	4	192
			Hammer aus	Hasil penghancuran tidak maksimal	Keausan karena usia pakai	6	5	3	90
			Tangkai lepas	Ketidakseimbangan hammer. Getaran tinggi	Beban berlebih, pemasangan longgar	7	4	4	112
Total RPN									394
Shaft	Meneruskan tenaga ke holder untuk mengayun hammer	Tidak dapat memutar holder	Shaft bengkok	Putaran holder terhambat	Kelelahan material	9	3	3	81
			Shaft aus	Putaran kurang efisien	Kurang pelumasan	7	1	4	28
			Posisi tidak stabil	Getaran mesin tinggi, gangguan formasi	Misalignment	8	2	3	48
Total RPN									157
Disc Holder 1	Menahan cakram dan menjadi dudukan hammer	Tidak dapat menahan hammer / cakram	Disc holder 1 patah	Hammer tidak stabil, proses penghancuran terganggu	Material lemah, beban berlebih	7	3	4	84
			Disc holder 1 aus	Hammer goyang	Keausan karena usia pakai	6	2	5	60
Total RPN									144
Disc Holder 2	Dudukan cakram kedua untuk hammer	Tidak dapat menyanggah hammer	Disc Holder 2 patah	Hammer tidak stabil	Material lemah	7	2	4	56
			Disc Holder 2 aus	Hammer miring, proses penghancuran tidak rata	Pelumas kurang, keausan	5	2	5	50
Total RPN									106
Ring	Bagian pengikat / pembatas luar disc dan hammer	Tidak dapat menahan disc / hammer	Ring retak	Perpindahan posisi disc / hammer	Material rapuh / tua, beban kejut	6	2	4	48
			Ring aus	Gerakan axial (menyamping) pada disc holder	Keausan akibat operasi	5	2	5	50
Total RPN									98
Disc holder 3L	Penyeimbang lateral sisi kiri disc / hammer	Tidak menjaga posisi disc / hammer	Disc holder 3L patah	Posisi disc berubah	Material lemah	6	1	5	30
			Disc holder 3L aus	Perpindahan disc saat rotasi, getaran	Usia pakai, kekurangan perawatan	5	1	5	25
Total RPN									55

(Sumber : Pengolahan Data PG Kebon Agung)

Logic Tree Analysis (LTA)

Tahap awal penentuan perawatan adalah mengkategorikan setiap *failure mode* sesuai jenis konsekuensinya. Pada Gambar 4,

failure mode hammer patah diklasifikasikan sebagai *operational consequences* karena mempengaruhi kinerja sistem.



Gambar 4. Logic Tree Analysis Hammer Patah

RCM Decision Worksheet

Langkah berikutnya adalah menentukan *task selection* pada RCM Decision Worksheet, proses ini merupakan tahapan dalam merumuskan tindakan yang sesuai

berdasarkan hasil kategori yang telah didapatkan sebelumnya pada pendekatan Logic Tree Analysis (LTA) pada gambar 4. Berikut Tabel 3 merupakan hasil RCM Decision Worksheet pada komponen mesin HDHS.

Tabel 3. Hasil RCM Decision Worksheet Pada Komponen Mesin HDHS

RCM Decision Worksheet Mesin HDHS													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4	
Menghancurkan tebu secara kasar	Tidak dapat menghancurkan tebu	Hamme r patah	N	N	N	Y			Y				Penggantian komponen hammer HDHS (Scheduled discard task)
		Hamme r aus	N	N	N	Y	Y						Pemeriksaan kondisi hammer dan pengencangan (Scheduled on condition task)
		Tangkai lepas	N	N	N	Y		Y					Pemeriksaan dan penggantian hammer holder (Scheduled restoration task)

RCM Decision Worksheet Mesin HDHS													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4	
Meneruskan tenaga ke holder untuk mengayun hammer	Tidak dapat memutar holder	Shaft bengkok	N	N	N	Y			Y				Penggantian shaft HDHS (Scheduled discard task)
		Shaft aus	N	N	N	Y	Y						Penyesuaian dan pengelasan holder shaft (Scheduled on condition task)
		Posisi tidak stabil	N	Y				Y					Penyetelan posisi disk dan alignment shaft (Scheduled restoration task)
Menahan cakram dan menjadi dudukan hammer	Tidak dapat menahan hammer / cakram	Disc holder 1 patah	N	N	N	Y			Y				Penggantian komponen disc holder 1 HDHS (Scheduled discard task)
		Disc holder 1 aus	N	N	N	Y	Y						Pemeriksaan kondisi disc holder 1 dan pengencangan (Scheduled on condition task)
Dudukan cakram kedua untuk hammer	Tidak dapat menyanggah hammer	Disc holder 2 patah	N	N	N	Y			Y				Penggantian disc holder 2 HDHS (Scheduled discard task)
		Disc holder 2 aus	N	N	N	Y	Y						Penyesuaian dan pengelasan disc holder 2 (Scheduled on condition task)
Bagian pengikat / pembatas luar disc dan hammer	Tidak dapat menahan disc / hammer	Ring retak	N	N	N	Y			Y				Penggantian komponen ring HDHS (Scheduled discard task)
		Ring aus	N	N	N	Y	Y						Pemeriksaan kondisi ring dan pengencangan (Scheduled on condition task)
Penyeimbang lateral sisi kiri disc / hammer	Tidak menjaga posisi disc / hammer	Disc holder 3L patah	N	N	N	Y			Y				Penggantian komponen disc holder 3L HDHS (Scheduled discard task)

RCM Decision Worksheet Mesin HDHS													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4	
		Disc holder 3L aus	N	N	N	Y	Y						Pemeriksaan kondisi disc holder 3L dan pengencangan (Scheduled on condition task)
Penyeimbang lateral sisi kanan disc / hammer	Tidak menjaga posisi disc / hammer	Disc holder 3R patah	N	N	N	Y			Y				Penggantian komponen disc holder 3R HDHS (Scheduled discard task)
		Disc holder 3R aus	N	N	N	Y	Y						Pemeriksaan kondisi disc holder 3R dan pengencangan (Scheduled on condition task)
Dudukan palu hammer agar bisa bergerak	Tidak dapat menahan hammer	Hammer bar patah	N	N	N	Y			Y				Penggantian komponen hammer bar HDHS (Scheduled discard task)
		Hammer bar aus	N	N	N	Y	Y						Penyesuaian dan pengelasan hammer bar (Scheduled on condition task)

Keterangan		
F = (function)	E = (Enviromental Consequences)	H4 = Keputusan Pemeliharaan (Default Action),
FF = (failure function)	O = (Operational Consequences)	H5 = Kelayakan Pemeliharaan (Feasibility Check)
FM = (failure mode)	H1, S1, O1 = scheduled on condition task	S4 = Usulan tugas pemeliharaan atau tindakan korektif yang direkomendasikan (Proposed Task).
H = (Hidden Failure)	H2, S2, O2 =, scheduled restoration task	Y/N = Yes / No
S = (Safety Consequences)	H3, S3, O3 = scheduled discard task	

(Sumber: PG Kebon Agung)

Penentuan Distribusi untuk Time to Repair (TTR) dan Time to Failure (TTF)

Penetapan distribusi data Time to Repair dan Time to Failure dikerjakan menggunakan software minitab 22. Suatu distribusi dianggap layak apabila nilai P-Value lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$, selain itu terdapat suatu kondisi

dimana nilai P-Value sudah memenuhi syarat lebih besar dari 0,05 tetapi lebih kecil dari pada nilai P-Value distribusi lain.

Berikut Tabel 4 adalah hasil rekapitulasi distribusi TTR dan TTF dari komponen mesin HDHS.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Distribusi TTR dan TTF

Komponen	Distribusi					
	TTF	Parameter		TTR	Parameter	
Hammer	Weibull	η	120.105	Weibull	η	1.05238
		β	6.36136		β	1.88154
Shaft	Weibull	η	320.811	Exponensial	λ	0.830000
		B	0.781633			
Disc holder 1	Weibull	η	429.307	Weibull	η	0.677659
		B	0.927653		β	11.7563
Disc holder 2	Weibull	η	452.827	Weibull	η	0.817161
		B	0.978439		β	1.85034
Disc holder 3L	Weibull	η	172.932	Weibull	η	0.606251
		B	1.69258		β	12.6687
Ring	Weibull	η	283.989	Weibull	η	0.775582
		β	1.11878		β	1.80980

(Sumber: PG Kebon Agung)

Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF)

Berdasarkan parameter TTR dan TTF, dilakukan perhitungan MTTR dan MTTF untuk setiap komponen sesuai dengan distribusi yang diperoleh. Berikut adalah contoh proses perhitungan dari MTTR tersebut:

- a. Komponen *Hammer* HDHS (Berdistribusi *Weibull*)

Diketahui:

$$\eta = 1.05238$$

$$\beta = 1.88154$$

$$MTTR = \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = \eta \cdot \Gamma (1.53148)$$

$$= 1.05238 \times 0.887653$$

$$= 0.9341 \text{ jam}$$

- b. Komponen *shaft* HDHS (Berdistribusi *Exponensial*)

Diketahui:

$$\lambda = 0.830000$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

$$= \frac{1}{0.830000}$$

$$= 1,2048 \text{ jam}$$

Berikut Tabel 5 adalah hasil dari dilakukan perhitungan MTTR dan Tabel 6 adalah hasil perhitungan MTTF komponen pada mesin HDHS

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTF
Hammer	Weibull	η	120.105	111.78
		B	6.36136	
Shaft	Weibull	η	320.811	369.73
		β	0.781633	
Disc holder 1	Weibull	η	429.307	444.58
		β	0.927653	
Disc holder 2	Weibull	η	452.827	457.14
		β	0.978439	
Disc holder 3L	Weibull	η	172.932	154.34
		β	1.69258	
Ring	Weibull	η	283.989	272.53
		β	1.11878	

(Sumber: Pengolahan PG Kebon Agung)

Perhitungan Nilai Reliability Mesin HDHS

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas mesin berfungsi sesuai rencana. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7 dengan perhitungan menggunakan Persamaan 2.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

t = waktu pengamatan (jam)

η = scale parameter

β = shape parameter

e = bilangan eksponensial

Tabel 5. Hasil Rekaitulasi Perhitungan MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTR
Hammer	Weibull	η	1.05238	0.9341
		β	1.88154	
Shaft	Exponensial	λ	0.830000	1.2048
Disc holder 1	Weibull	η	0.677659	0.6489
		β	11.7563	
Disc holder 2	Weibull	η	0.817161	0.7258
		β	1.85034	
Disc holder 3L	Weibull	η	0.606251	0.5821
		β	12.6687	
Ring	Weibull	η	0.775582	0.6859
		β	1.80980	

(Sumber: Pengolahan PG Kebon Agung)

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Reliability

Komponen	Reliability
<i>Hammer</i>	53.1 %
<i>Shaft</i>	32.7 %
<i>Disc holder 1</i>	35.6 %
<i>Disc holder 2</i>	36.4 %
<i>Disc holder 3L</i>	43.8 %
<i>Ring</i>	38.5 %

(Sumber: Pengolahan Data PG Kebon Agung)

Berikut merupakan perhitungan Reliability Total untuk mesin HDHS secara seri parallel:

a. Reliability Paralel :

$$\text{Disc Holder 1} = R_1 = 35,6\% = 0,356$$

$$\text{Disc Holder 2} = R_2 = 36,4\% = 0,364$$

$$\text{Disc Holder 3} = R_3 = 43,8\% = 0,438$$

$$R_{total} = 1 (1 - R_1)(1 - R_2) (1 - R_3)$$

$$= 1 - (0,644 \times 0,636 \times 0,562)$$

$$= 1 - 0,2296$$

$$= 77,04 \%$$

b. Reliability Seri :

$$\text{Hammer} = R_1 = 53,1\% = 0,531$$

$$\text{Shaft} = R_2 = 32,7\% = 0,327$$

$$\text{Gabungan Disc Holder 1, 2, 3L} = R_3 = 0,7704$$

$$\text{Ring} = R_4 = 38,5 \% = 0,385$$

$$R_{total} = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4$$

$$= 0,531 \times 0,327 \times 0,7704 \times 0,385 = 0,0516$$

$$= 5,16 \%$$

Reliabilitas total mesin HDHS hanya 5,16%, menunjukkan kondisi belum optimal sehingga jadwal pemeliharaan perlu ditingkatkan, terutama pada komponen kritis.

Perbaikan Interval Pemeliharaan

Hasil perhitungan menunjukkan reliabilitas mesin HDHS belum optimal sehingga perlu perbaikan interval pemeliharaan. Dengan pendekatan *trial and error* (Febianti, 2016), periode perawatan dirancang ulang untuk meningkatkan keandalan hingga 85% dan mempertahankan rata-rata sistem pada kondisi 70%. Perhitungan ini dilakukan menggunakan Persamaan 3.

$$X = \eta \cdot (-\ln R)^{1/\beta} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

X = interval waktu pemeliharaan (jam)

η (eta) = *scale parameter*

β (beta) = *shape parameter*

R = nilai keandalan (*reliability*)

Berikut Tabel 8 contoh perbaikan waktu interval pemeliharaan komponen *hammer* pada mesin HDHS.

Tabel 8. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeliharaan

No	Mesin	Nama Komponen	Waktu Interval Pemeliharaan (Jam)	Waktu Interval Pemeliharaan (Hari)	Nilai Keandalan
1	HDHS	<i>Hammer</i>	84.32	4	90%
2		<i>Shaft</i>	31.38	2	85%
3		<i>Disc Holder 1</i>	60.55	3	85%
4		<i>Disc Holder 2</i>	70.70	3	85%
5		<i>Disc Holder 3 L</i>	59.11	3	85%
6		<i>Ring</i>	55.97	3	85%

(Sumber: Pengolahan Data)

Berikut merupakan perhitungan Reliability Total untuk mesin HDHS secara seri parallel setelah di lakukan perbaikan interval pemeliharaan pada mesin HDHS

a. Reliability Paralel :

$$\text{Disc Holder 1} = R_1 = 85\% = 0,85$$

$$\text{Disc Holder 2} = R_2 = 85\% = 0,85$$

$$\text{Disc Holder 3} = R_3 = 85\% = 0,85$$

$$R_{total} = 1 (1 - R_1)(1 - R_2) (1 - R_3)$$

$$= 1 - (0,15 \times 0,15 \times 0,15)$$

$$= 1 - 0,003375$$

$$= 99,66\%$$

b. Reliability Seri :

$$\text{Hammer} = R_1 = 90\% = 0,90$$

$$\text{Shaft} = R_2 = 85\% = 0,85$$

$$\text{Gabungan Disc Holder 1, 2, 3L}$$

$$= R_3 = 99,66 = 0,9966$$

$$\text{Ring} = R_4 = 85\% = 0,85$$

$$R_{total} = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4$$

$$= 0,90 \times 0,85 \times 0,9966 \times 0,85 = 0,648$$

$$= 64,8 \%$$

Perbandingan Nilai Selisih Keandalan Sebelum dan Sesudah Perbaikan Jadwal Pemeliharaan

Berikut Tabel 9 hasil perbandingan dengan nilai keandalan yang telah dilakukan perbaikan.

Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai konsistensi setiap komponen mesin HDHS dapat ditingkatkan dengan menerapkan interval pemeliharaan. Berdasarkan hal tersebut maka dibuatlah jadwal pemeliharaan yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Perbandingan Nilai Selisih Keandalan

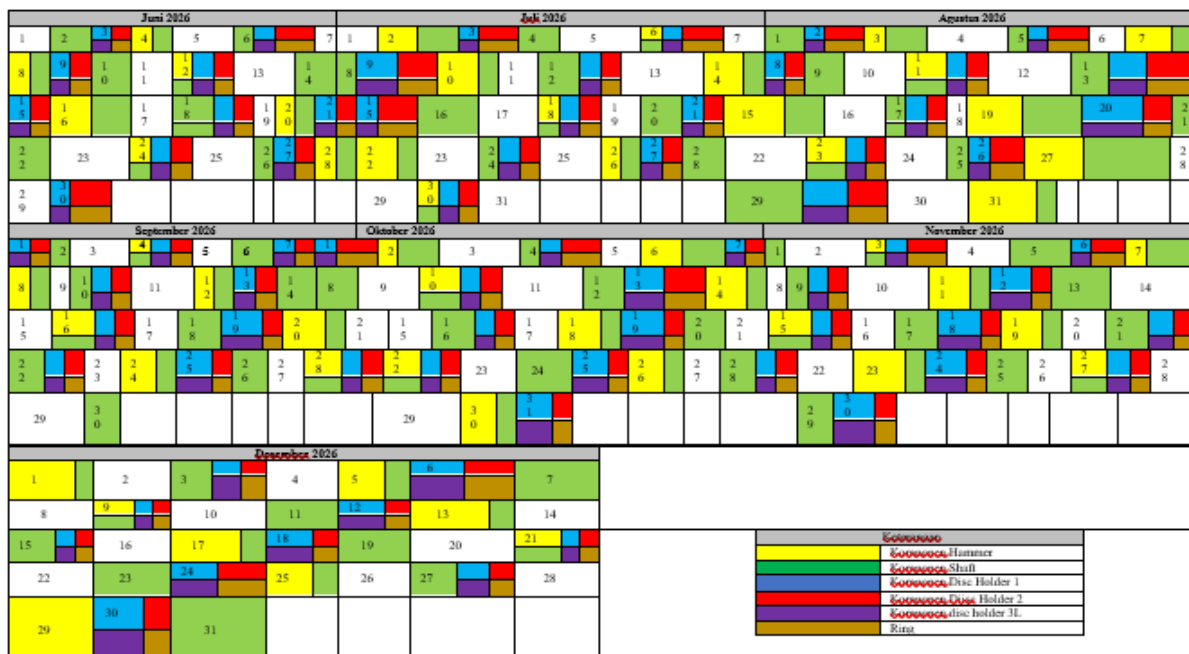
No	Mesin	Nama Komponen	Nilai Keandalan		Selisih
			Sebelum	Sesudah	
1	HDHS	Hammer	53.1%	90%	36.9%
2		Shaft	32.7%	85%	52.3%
3		Disc holder 1	35.6%	85%	49.4%
4		Disc holder 2	36.4%	85%	48.6%
5		Disc holder 3L	43.8%	85%	41.2%
6		Ring	38.5%	85%	46.5%

(Sumber: Pengolahan Data)

Jadwal Pemeliharaan

Berdasarkan hasil perhitungan interval

waktu perawatan yang telah dilakukan untuk mesin HDHS seperti pada Tabel 9 maka dibuatlah jadwal pemeliharaan yang telah disesuaikan dengan jam kerja yaitu 7 hari kerja dan 6 bulan produksi serta dengan asumsi pabrik memulai produksi setiap bulan juni seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Jadwal Pemeliharaan Mesin HDHS

(Sumber: Pengolahan Data)

Hasil dari analisis dan penerapan RCM *Decision Worksheet* menghasilkan rekomendasi tindakan perawatan yang tepat

untuk informasi mengenai jenis perawatan dan waktu pelaksanaan pada komponen dengan *failure mode* ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Kegiatan Perawatan dan Interval Waktu Pemeliharaan Mesin HDHS

Mesin	Komponen Kritis	Failure Mode	Kegiatan Perawatan	Interval Perawatan (Jam)	Interval Perawatan (Hari)
HDHS	Hammer	Hammer patah	Scheduled discard task	84.32	4
		Hammer aus	Scheduled condition task		
		Tangkai lepas	Scheduled restoration task		
	Shaft	Shaft bengkok	Scheduled discard task	31.38	2
		Shaft aus	Scheduled condition task		
		Posisi tidak stabil	Scheduled restoration task		

Mesin	Komponen Kritis	Failure Mode	Kegiatan Perawatan	Interval Perawatan (Jam)	Interval Perawatan (Hari)
	Disc holder 1	Disc holder 1 patah	Scheduled discard task	60.55	3
		Disc holder 1 aus	Scheduled condition task		
	Disc holder 2	Disc holder 2 patah	Scheduled discard task	70.70	3
		Disc holder 2 aus	Scheduled condition task		
	Disc holder 3L	Disc holder 3L patah	Scheduled discard task	59.11	3
		Disc holder 3L aus	Scheduled condition task		
	Ring	Ring retak	Scheduled discard task	55.97	3
		Ring aus	Scheduled condition task		

(Sumber: Pengolahan Data)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Mesin HDHS selama 12 Juni – 15 Nov 2024 mengalami *downtime* total 25,38 jam dengan 31 kerusakan. Komponen kritis meliputi Hammer, *Shaft*, *Disc Holder 1–3L*, dan *Ring*. Hasil analisis *Weibull* dengan target reliabilitas 85% menghasilkan interval pemeliharaan optimal: *Hammer* 84,32 jam, *Shaft* 31,38 jam, *Disc Holder 1* 60,55 jam, *Disc Holder 2* 70,70 jam, *Disc Holder 3L* 59,11 jam, dan *Ring* 55,97 jam.

Analisis FMEA, LTA, dan RCM merekomendasikan tiga tindakan: *scheduled discard* (Hammer patah, Disc Holder, Shaft bengkok, Ring retak), *scheduled on condition* (aus, hammer bar lock tidak pas), dan *scheduled restoration* (tangkai Hammer lepas, Shaft tidak stabil). Penerapan model ini meningkatkan reliabilitas dari 53,1% menjadi 90%, sehingga *downtime* berkurang, umur mesin lebih panjang, dan efisiensi produksi meningkat.

Saran

PG. Kebon Agung diharapkan melakukan pendataan lengkap failure mode serta melakukan pengawasan dan pemeliharaan intensif pada komponen kritis agar dapat disusun jadwal perawatan yang optimal dan mencegah gangguan produksi

DAFTAR PUSTAKA

Astuti, F. A. F., Sugiono, & Choiron, M. A. (2016). Analisis Interval Perawatan Komponen Kritis Unit Mesin Stitching Untuk Meminimumkan Biaya Perawatan dan Meningkatkan Produktivitas. *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, Universitas Brawijaya Malang Vol 17, No 2, hal 253 – 262.

Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw – Hill, New York, United States.

Eka, D. (2018). Perancangan Dan Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Greaser System Hard Capsule Machine Di PT. Kapsulindo Nusantara. (Doctoral *dissertation*) Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Harianto, R. M. R., Nursanti, E., & Galuh, H. (2022). Penerapan Metode OEE dan FMEA Untuk Pemeliharaan Mesin Cup Sealer Otomatis Pada UMKM Sari Apel Brosem. *Jurnal Valtech*. Institut Teknologi Nasional Malang Vol 5, No 2, hal 209 – 210.

Kurniawan, M. H., & Ayuningtiyas, K. K. (2022). Implementasi Reliability Centered Maintenance untuk Mengurangi Downtime Mesin pada Perusahaan Manufaktur Kertas dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis. *Journal of energy, Materials, & Manufacturing Technology*, Universitas Brawijaya Vol 2, No 2, hal 17 – 22.

Nursanti, E., Avief, S., Sibut, & Kertaningtyas, M. (2019). *Maintenance Capacity Planning Efisiensi & Produktivitas*. CV Dream Litera Buana. Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Nursanti, E., R. M. Avief S., Sibut, Kertaningtyas, M. (2018). Peningkatan Efisiensi Waktu dan Biaya Pemeliharaan Overhaul Pesawat Tempur. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*. Institut Teknologi Nasional Malang ,Vol. 4 No. 2 Hal 1-6.

Nursanti, E., & Priyasmanu, T. (2022). Perencanaan Jadwal Pemeliharaan

- Mesin Cane Carrier Dan Imc Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) Pada Pg Kebon Agung. *Jurnal Valtech*, Institut Teknologi Nasional Malang Vol 5. No 1, Hal 1-10.
- Payung, Y. K., Nursanti, E., & Priyasmanu, T. (2023). Analisis Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal Menggunakan Metode RCM Untuk Mengetahui Interval Penggantian Optimum Di Perumda Tirta Kanjuruhan. *Jurnal Valtech*. Institut Teknologi Nasional Malang Vol 6, No 2, hal. 194 – 196.
- Permadi, R. H. R., Handoko, F., Galuh. H. (2024). Penjadwalan Penggilingan Dan Preventive Maintenance Mesin di UD Sumber Pangan. *Jurnal Valtech*, Institut Teknologi Nasional Malang, Vol 7, No 2, hal 377 – 380.
- Prasetyo, C. P. (2017). Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Cane Cutter 1 dan 2 di Stasiun Gilingan PG Meritjan – Kediri. *Jurnal Ilmiah Rekayasa*. Universitas Kahuripan Kediri, Vol 10, No 2, hal 99 – 107.
- Priambodo, B., Nursanti, E., & Laksmiana, D. I. (2021). Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*. Institut Teknologi Nasional Malang, Vol 7, No 2, hal 7 – 12
- Purnomo, J., Affandi, N., Rahmatullah, A., (2021). Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Tristan Engineering. *Jurnal Taguchi*, Universitas Bina Bangsa, Vol 1, No 2 134 – 270.
- Ramadhan, M. A. Z. (2018). Penentuan Interval Waktu Preventiv Maintenance Pada Nail Making Machine Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus : PT Surabaya Wire). (Doctoral *dissertation*) Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Rambuna, O (2019). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Mesin Produksi Obat – Obatan. *Jurnal Valtech*, Institut Teknologi Nasional Malang Vol 2, No 2, hal 117 – 123.
- Rudiana, I. F., Yulia, L., & Nursolih, E. (2024). Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Pada PT. Surya Agrolika Reksa. *Jurnal Industri Galuh*, Universitas Galuh, Vol 6, No 2, hal 67 – 68.
- Supriyadi, R. M. J., & Syaifuddin, R. (2018). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance pada Perusahaan Gula Rafinasi. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*. Universitas Islam Makassar Vol 5, No 2, hal. 140 – 142.
- Yusuf, D. T. C. (2021). Manajemen Risiko Proses Produksi Gula Menggunakan Metode Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA) di PG Kebon Agung. (Doctoral *dissertation*) Universitas Brawijaya.