

Usulan *Planned Maintenance* Menggunakan Metode *Opportunity Based Maintenance* untuk Mereduksi *Downtime*

Agshal Fajar Alma*, Chaznin R. Muhammad

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

agshal.alma@gmail.com, chaznin_crm@yahoo.co.id

Abstract. PT Bukit Asam is a coal mining company where the Jaw Crusher machine is essential in the size reduction process. Frequent failures of several components disrupt production, prompting this study to analyze the reliability of critical components and implement an Opportunity Based Maintenance (OBM) strategy. Four critical components were identified: moving jaw plate, fixed jaw plate, cheek plate, and flywheel. Failure data were analyzed using the Index of Fit method with normal, lognormal, exponential, and Weibull distributions for both Time to Failure (TTF) and Time to Repair (TTR). The Mean Time Between Failure (MTBF) values were: 676.64 hours (moving jaw plate), 672.23 hours (fixed jaw plate), 905.82 hours (cheek plate), and 1284.31 hours (flywheel). Reliability at failure time ranged from 42.07% to 49.6%. The OBM model, processed using Microsoft Excel Solver, produced a system reliability of $R = 1$. This indicates that all critical components can undergo preventive maintenance simultaneously during planned downtime. A total of 12 scheduled maintenance cycles were determined from January 1, 2024, to February 8, 2027, based on MTBF values. This strategy is projected to reduce unplanned failures and minimize maintenance costs, with an estimated failure cost of IDR 167.563.810.

Keywords: *Opportunity Based Maintenance, Reliability, Mean Time Between Failure (MTBF).*

Abstrak. PT Bukit Asam merupakan perusahaan tambang batubara di mana mesin Jaw Crusher berperan penting dalam proses pengecilan ukuran material sebelum tahap pengolahan selanjutnya. Permasalahan yang terjadi adalah tingginya tingkat kerusakan pada beberapa komponen mesin yang mengganggu aktivitas produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan komponen kritis dan menerapkan strategi perawatan dengan metode Opportunity Based Maintenance (OBM) guna meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan mesin. Komponen kritis yang dianalisis meliputi moving jaw plate, fixed jaw plate, cheek plate, dan flywheel. Analisis distribusi kerusakan dilakukan menggunakan metode Index of Fit terhadap data Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR) dengan empat jenis distribusi: normal, lognormal, eksponensial, dan Weibull. Nilai Mean Time Between Failure (MTBF) adalah: moving jaw plate 676,64 jam, fixed jaw plate 672,23 jam, cheek plate 905,82 jam, dan flywheel 1284,31 jam. Keandalan saat waktu kerusakan berkisar antara 42,07% hingga 49,6%. Model OBM yang diolah menggunakan Microsoft Excel Solver menghasilkan nilai keandalan sistem $R = 1$, artinya seluruh komponen dapat dilakukan preventive maintenance secara bersamaan saat mesin utama berhenti. Penjadwalan perawatan direncanakan sebanyak 12 kali dari 1 Januari 2024 hingga 8 Februari 2027. Strategi ini diperkirakan mampu menekan kerusakan mendadak dan mengurangi biaya perawatan, dengan total biaya kegagalan sebesar Rp 167.563.810.

Kata Kunci: *Opportunity Based Maintenance, Nilai Keandalan, Mean Time Between Failure (MTBF).*

A. Pendahuluan

Proses produksi batu bara di PT Bukit Asam dimulai dari kegiatan penambangan menggunakan alat berat, kemudian batu bara mentah dibawa ke *stockpile* sementara sebelum diproses lebih lanjut. Tahapan penting berikutnya adalah penghancuran awal menggunakan *jaw crusher*, yang berfungsi menghancurkan batu bara berukuran besar menjadi lebih kecil dengan prinsip tekanan antara pelat tetap (*fixed jaw*) dan pelat bergerak (*moving jaw*). Material selanjutnya diproses melalui *quarry crushing line*, sistem penghancur terintegrasi dengan *vibrating screen* dan *conveyor*, yang mengklasifikasikan ukuran batu bara. Di beberapa lokasi tambang juga digunakan *mobile crusher* untuk efisiensi operasional dan pengurangan biaya transportasi. Setelah dihancurkan, batu bara dipindahkan dengan *apron feeder* ke unit penyimpanan atau *stockpile*, lalu dialirkan melalui *conveyor* menuju *train loading station* untuk pengiriman ke konsumen atau pelabuhan.

Dalam proses ini, pemeliharaan mesin menjadi aspek krusial. Kegiatan seperti inspeksi, perbaikan, dan penggantian komponen bertujuan menjaga keandalan dan umur pakai peralatan. Tanpa perawatan yang baik, *downtime* dapat meningkat dan mengganggu produksi. Menurut Jardine dan Campbell (2001), pemeliharaan yang efektif dapat meningkatkan *output* dengan meminimalkan waktu henti akibat kerusakan (Campbell *et al.*, 2001). *Jaw crusher* berperan vital sebagai titik awal dalam pemrosesan batu bara. Kerusakan pada mesin ini dapat menimbulkan efek domino terhadap seluruh alur produksi, termasuk terjadinya *bottleneck*, menurunnya kapasitas produksi, hingga meningkatnya biaya operasional. Komponen utamanya, seperti *moving jaw plate*, *fixed jaw plate*, *cheek plate*, dan *flywheel*, bekerja di bawah beban berat dan berisiko mengalami kerusakan akibat keausan.

Studi kasus ini diangkat karena pentingnya keandalan *jaw crusher* dalam menjamin kontinuitas produksi. Kurangnya perawatan menyebabkan kerusakan berulang yang berdampak pada terganggunya proses produksi dan tidak tercapainya target. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis keandalan serta perencanaan perawatan preventif untuk mengurangi *downtime*, menekan biaya, dan meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan. Berdasarkan data perusahaan, tercatat jumlah kerusakan mesin dari tahun 2021 – 2023 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Jumlah Kerusakan Mesin

No	Mesin	Jumlah kerusakan pertahun		
		2021	2022	2023
1	<i>Jaw Crusher</i>	38	69	39
2	<i>Apron Feeder</i>	26	26	34
3	<i>Vibrating Screen</i>	36	38	37
4	<i>Quarry Crushing Line</i>	4	11	11
5	<i>Mobile Crusher Plant</i>	1	4	1

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Adapun data *downtime* kerusakan komponen pada mesin *jaw crusher* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Downtime pada Mesin Jaw Crusher Tahun 2023

No	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	9	37,10
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	8	28,70
3	<i>Cheek Plates</i>	6	16,70
4	<i>Flywheel</i>	5	26,60
5	<i>Eccentric Shaft</i>	3	9,30
6	<i>Hydraulic Cylinder</i>	2	9,50
7	<i>Adjustment Wedge</i>	2	4,20
8	<i>Pitman</i>	1	6,00
9	<i>Diverter Plates</i>	1	2,50
10	<i>Bearings</i>	1	4,00
11	<i>Toggle plate</i>	1	2,30
12	<i>Frame</i>	0	0,00
	Total	39	146,90

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Berdasarkan penjelasan mengenai latar belakang masalah, maka ditetapkan beberapa hal dalam perumusan masalah sebagai berikut: (1) Bagaimana sistem perawatan mesin *Jaw Crusher* di PT Bukit Asam pada saat ini?; (2) Bagaimana usulan sistem perawatan mesin *Jaw Crusher* di PT Bukit Asam?; dan (3) Apa manfaat dari usulan sistem perawatan terhadap Mesin *Jaw Crusher* di PT Bukit Asam?.

Rumusan masalah yang telah ditentukan akan berhubungan dengan tujuan penelitian, berikut adalah beberapa uraian mengenai tujuan dalam penelitian tugas akhir yang dilakukan: (1) Mengidentifikasi sistem perawatan yang sesuai karakteristik mesin *Jaw Crusher* yang dapat diterapkan di PT Bukit Asam; dan (2) Membuat usulan sistem perawatan pada Mesin *Jaw Crusher* di PT Bukit Asam saat ini.

B. Metode

Penelitian ini dilakukan untuk merumuskan dan mengusulkan rencana perawatan mesin produksi di PT Bukit Asam guna mengatasi permasalahan *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan komponen.

Menurut Assauri (2016) pemeliharaan merupakan kegiatan untuk menjaga dan memelihara peralatan agar selalu dalam keadaan siap pakai dan andal, sehingga proses produksi dapat berjalan lancar dan tidak terganggu (Assauri, S., 2016). Wallace R. Blischke dan D. N. Prabhakar Murthy (2003) membagi klasifikasi tindakan perawatan menjadi dua bagian yaitu: Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*) dan Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*) (Blischke *et al.*, 2003). Menurut Dhillon (2002) *preventive maintenance* bertujuan untuk meningkatkan produktivitas peralatan, mengurangi tingkat kerusakan pada komponen-komponen penting, menekan kerugian produksi yang disebabkan oleh malfungsi peralatan, serta memperbaiki aspek kesehatan dan keselamatan kerja bagi tim pemeliharaan (Dhillon, 2002). Melaksanakan *preventive maintenance* merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keandalan suatu peralatan. Ada beberapa manfaat kelebihan dan kekurangan dari pemeliharaan preventif diantaranya (Kumar dan Suresh, 2008). Kelebihan pemeliharaan preventif yaitu biaya yang dikeluarkan lebih efektif untuk setiap proses yang dilakukan; bersifat fleksibel, sehingga jadwal pemeliharaan dapat disesuaikan; meningkatkan siklus hidup peralatan; penghematan energi; mengurangi kegagalan dari peralatan atau proses; dan menghemat biaya sebesar 12% hingga 18% dibandingkan dengan *breakdown maintenance*. Kekurangan pemeliharaan preventif yaitu kegagalan masih mungkin terjadi; penambahan buruh intensif; terdapat kinerja pemeliharaan yang tidak dibutuhkan; dan berpotensi kerusakan komponen terhadap pemeliharaan yang tidak dibutuhkan (Kumar & Suresh, 2008). Ebellling (1997) menyatakan bahwa *reliability* (keandalan) adalah kemampuan suatu sistem atau komponen untuk berfungsi dengan baik selama jangka waktu tertentu dan dalam kondisi operasional yang sudah ditentukan, tanpa kegagalan yang tidak terduga. Konsep ini digunakan untuk mengevaluasi probabilitas agar suatu sistem tetap beroperasi tanpa kegagalan pada suatu interval waktu (Ebellling, 1997). Dalam analisis keandalan (*reliability analysis*), dikenal beberapa parameter waktu yang digunakan untuk menggambarkan pola kegagalan maupun perbaikan mesin. Tiga di antaranya yaitu *Time to Failure* (TTF) adalah selang waktu operasi dari suatu sistem atau komponen hingga terjadinya kegagalan. Parameter ini menggambarkan seberapa lama suatu peralatan dapat berfungsi sesuai spesifikasi sebelum mengalami kerusakan (Maderres *et al.*, 2016); *Time to Repair* (TTR) adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki atau memulihkan suatu sistem yang mengalami kegagalan hingga kembali berfungsi normal. TTR mencakup seluruh aktivitas perbaikan seperti identifikasi masalah, penggantian suku cadang, pengujian, hingga mesin kembali beroperasi (Dhillon, 2002); dan *Time Between Failure* (TBF) adalah interval waktu antara terjadinya satu kegagalan dengan kegagalan berikutnya. Dengan kata lain, TBF mengukur total waktu operasi suatu sistem yang mencakup *time to failure* ditambah dengan *time to repair* (Ebellling, 1997).

Berdasarkan hasil identifikasi lapangan dan studi literatur, ditemukan tingginya frekuensi kerusakan pada mesin *jaw crusher* yang berdampak pada terganggunya proses produksi. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini diarahkan untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan dan menyusun strategi perawatan yang tepat agar dapat menurunkan *downtime* serta meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan.

Penjelasan mengenai metode penelitian serta tahapan – tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data harus dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk penelitian ini, yang termasuk:

Tabel 3 Jenis - Jenis Data yang Digunakan

No	Nama Data	Jenis Data	Sumber Data	Kegunaan
1	Kerusakan Komponen Mesin	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk pemilihan komponen kritis serta menghitung TTF dan TTR
2	Harga Komponen Mesin	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk menghitung biaya failure cost dan pemeliharaan
3	Downtime Mesin	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk menghitung TTF dan MTTF
4	Waktu Kerja	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk membuat interval pemeliharaan mesin
5	Riwayat Kerusakan Mesin	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk mengetahui kerusakan jenis komponen
6	Waktu Perbaikan Mesin	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk menghitung MTTR
7	Biaya tenaga kerja	Data Primer	PT Bukit Asam	Digunakan untuk perhitungan biaya perawatan dan biaya tenaga kerja

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Pemilihan Komponen Kritis

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen pada mesin yang paling berpengaruh terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, berdasarkan tingkat kerusakan, frekuensi penggantian, atau dampaknya terhadap proses produksi.

Penentuan Distribusi Data (Perhitungan *Index of Fit*)

Dalam analisis ini digunakan empat jenis distribusi kerusakan yang umum dipakai, yaitu distribusi normal, weibull, lognormal, dan eksponensial. Data yang dianalisis berupa *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) dari masing-masing komponen mesin selama tahun 2023. Berikut rumus yang digunakan untuk implementasi kebijakan pemeliharaan sesuai dengan distribusi kerusakan yang digunakan menurut Ebeling (1997) [5]:

1. Distribusi Normal

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \dots(1)$$

2. Distribusi Lognormal

$$f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right)^2} \quad \dots(2)$$

3. Distribusi Eksponensial

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \dots(3)$$

4. Distribusi Weibull

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{(\beta-1)} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad \dots(4)$$

Setelah perhitungan menggunakan beberapa bentuk distribusi, perhitungan *index of fit* dilakukan menggunakan persamaan (Montgomery & Runger, 2014):

$$r_{dist} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}} \quad \dots(5)$$

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

Menghitung rata-rata waktu yang dibutuhkan hingga suatu komponen mengalami kegagalan pertama kali (MTTF) dan untuk memperbaiki komponen yang rusak (MTTR), berdasarkan distribusi data kerusakan yang sesuai seperti normal, lognormal, atau eksponensial.

Dimana perhitungan MTTF menggunakan persamaan berikut ini (Ebelling, 1997):

$$MTTF = \int_0^{\infty} f(t) dt \quad \dots(6)$$

Dan, MTTR menggunakan persamaan berikut ini (Saputra *et al.*, 2012):

$$MTTR = \int_t^{\infty} t \cdot h(t) dt = \int_t^{\infty} 1 - H(t) dt \quad \dots(7)$$

Perhitungan Nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF)

MTBF dihitung dengan menjumlahkan MTTF dan MTTR. Nilai ini menggambarkan rata-rata waktu antar kegagalan dalam satu siklus operasi dan perawatan.

Perhitungan Nilai *Reliability*

Menghitung peluang suatu komponen dapat berfungsi tanpa gagal dalam kurun waktu tertentu. Rumusnya bergantung pada distribusi yang digunakan (normal, lognormal, atau eksponensial).

Perhitungan Biaya Pemeliharaan

Menghitung biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan perawatan komponen mesin, baik biaya pergantian komponen maupun perawatan biasa untuk meningkatkan keandalan komponen. Termasuk biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk melakukan proses pemeliharaan.

Penerapan *Model Opportunity Based Maintenance*

Tahap akhir ini menggunakan hasil analisis sebelumnya untuk menentukan waktu terbaik melakukan perawatan saat ada peluang, dengan mempertimbangkan kondisi komponen, keandalan, dan efisiensi biaya. OBM membantu mengoptimalkan waktu perawatan agar tidak mengganggu proses produksi. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut (Pravin & Makarand, 2013):

$$\text{Min TC} = \sum_{i=1}^n [R_i \times (C_R)_i] + \left\{ \sum_{i=1}^n (C_f) \times \left[1 - R_i \left(\frac{t}{T} \right) \right] \right\} \quad \dots(8)$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian dan pembahasan pada setiap tahapan pengolahan data dengan metode *Opportunity Based Maintenance* pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Penentuan Distribusi Data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) Mesin *Jaw Crusher*

Berdasarkan perhitungan data TTF mesin *jaw crusher* dengan menggunakan beberapa alternatif distribusi diantaranya distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan weibull, menghasilkan nilai rDistribusi dari masing – masing alternatif. Nilai rDistribusi tersebut digunakan untuk menentukan model distribusi yang sesuai berdasarkan nilai rDistribusi terbesar. Berikut hasil perhitungan *index of fit* untuk data TTF disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Index of Fit* Data TTF

No	Komponen	rDistribusi			
		rNormal	rEksponensial	rLognormal	rWeibull
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	0,134	0,161	0,141	0,111
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	0,168	0,174	0,165	0,139
3	<i>Cheek Plate</i>	0,239	0,239	0,232	0,204
4	<i>Flywheel</i>	0,287	0,373	0,293	0,233

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Hasil dari *index of fit* tersebut kemudian dilakukan pengujian *goodness of fit* dengan menggunakan Uji *Kolmogrov Smirnov* untuk komponen yang berdistribusi normal dan lognormal,

dan *Barlett's Test* untuk komponen yang berdistribusi eksponensial. Sehingga didapat hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian *Goodness of Fit* TTF

No	Komponen	$r_{Distribusi}$	D_{Hitung}	D_{Tabel}	$D_{Hitung} < D_{Tabel}$	Kesimpulan
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	Lognormal	0,2391	0,4543	Ya	Diterima
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	Normal	0,2196	0,4834	Ya	Diterima
3	<i>Cheek Plate</i>	Normal	0,2168	0,56327	Ya	Diterima
4	<i>Flywheel</i>	Lognormal	0,4054	0,6239	Ya	Diterima

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Sama seperti TTF, perhitungan TTR dilakukan dengan menentukan nilai $r_{Distribusi}$ terbesar berdasarkan data TTR yang dimiliki, kemudian dilakukan pengujian *goodness of fit* dan menghasilkan rekapitulasi pengujian pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian *Goodness of Fit* TTR

No	Komponen	$r_{Distribusi}$	D_{Hitung}	D_{Tabel}	$D_{Hitung} < D_{Tabel}$	Kesimpulan
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	Normal	0,1545	0,4300	Ya	Diterima
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	Eksponensial	1,6900	16,013	Ya	Diterima
3	<i>Cheek Plate</i>	Eksponensial	0,831	12,833	Ya	Diterima
4	<i>Flywheel</i>	Lognormal	0,1794	0,5633	Ya	Diterima

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Perhitungan Nilai *Meant Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Penghitungan MTTF adalah waktu yang diperlukan oleh mesin dari awal kerusakan pertama hingga terjadinya kerusakan kedua. Nilai MTTF disesuaikan dengan distribusi yang telah ditentukan dan parameternya. Berikut rekapitulasi perhitungan MTTF disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai MTTF

No	Komponen	Distribusi	Parameter				MTTF (Jam)
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	Lognormal	s	0,32	t_{med}	639,71	672,52
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	Normal	μ	668,46	σ	257,20	668,46
3	<i>Cheek Plate</i>	Normal	μ	902,96	σ	202,15	902,96
4	<i>Flywheel</i>	Lognormal	s	0,37	t_{med}	1194,44	1278,99

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Perhitungan *Main Time to Repair* dilakukan untuk mengetahui ekspektasi yang butuh suatu mesin ketika dilakukannya perbaikan hingga menjadi normal kembali yang mana sebelumnya terjadi *downtime*. Berikut rekapitulasi perhitungan MTTR disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai MTTR

No	Komponen	Distribusi	Parameter				MTTR (Jam)
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	Normal	μ	4,12	Σ	0,46	4,12
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	Eksponensial	λ			0,26	3,77
3	<i>Cheek Plate</i>	Eksponensial	λ			0,35	2,86
4	<i>Flywheel</i>	Lognormal	s	0,06	t_{med}	5,31	5,32

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF)

Mean Time Between Failure dilakukan untuk mengetahui interval perawatan mesin secara optimal. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan nilai MTTF dan MTTR, disajikan sesuai dengan Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Waktu MTBF

No	Komponen	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)	MTBF (Jam)
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	672,52	4,12	676,64
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	668,46	3,77	672,23
3	<i>Cheek Plate</i>	902,96	2,86	905,82
4	<i>Flywheel</i>	1278,99	5,32	1284,31

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Perhitungan Nilai Keandalan

Perhitungan keandalan mesin meliputi keandalan pada saat terjadi waktu kerusakan dan pada jadwal perawatan yang sebenarnya. Perhitungan nilai keandalan disesuaikan berdasarkan komponen dengan distribusinya, berikut hasil perhitungan nilai keandalan untuk masing-masing komponen.

1. Nilai Keandalan pada Komponen Berdistribusi Normal

Tabel 10. Nilai Keandalan pada Perawatan Aktual Komponen dengan Distribusi Normal

Komponen	Kebijakan <i>Preventive</i>	t	μ	σ	Φ	Z_{tabel}	R(t)
<i>Fixed Jaw Plate</i>	<i>Vibration Monitoring</i>	96	668,46	257,20	-2,23	0,0129	0,9871
	<i>Wear Profil Measurement</i>	384	668,46	257,20	-1,11	0,1335	0,8665
	<i>Failure Time</i>	672,23	668,46	257,20	0,01	0,504	0,496
<i>Cheek Plate</i>	<i>Vibration Monitoring</i>	384	902,96	202,15	-2,57	0,0051	0,9949
	<i>Wear Profil Measurement</i>	384	902,96	202,15	-2,57	0,0051	0,9949
	<i>Failure Time</i>	905,82	902,96	202,15	0,01	0,504	0,496

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

2. Nilai Keandalan pada Komponen Berdistribusi Lognormal

Tabel 11. Nilai Keandalan pada Perawatan Aktual Komponen dengan Distribusi Lognormal

Komponen	Kebijakan <i>Preventive</i>	t	S	t_{med}	Φ	Z_{tabel}	R(t)
<i>Moving Jaw Plate</i>	<i>Vibration Monitoring</i>	288	0,32	639,71	-2,52	0,0059	0,9941
	<i>Wear Profil Measurement</i>	384	0,32	639,71	-1,61	0,0537	0,9463
	<i>Failure Time</i>	676,64	0,32	639,71	0,18	0,5714	0,4286
	<i>Alignment Check</i>	672	0,37	1194,44	-1,56	0,0594	0,9406
<i>Flywheel</i>	<i>Re-Grease Shaft</i>	480	0,37	1194,44	-2,47	0,0068	0,9932
	<i>Cleaning and Balancing</i>	480	0,37	1194,44	-2,47	0,0068	0,9932
	<i>Failure Time</i>	1284,31	0,37	1194,44	0,20	0,5793	0,4207

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Perhitungan Opportunity Based Maintenance

Perhitungan *opportunity based maintenance* merupakan strategi lanjutan untuk memanfaatkan momentum atau peluang pemeliharaan yang tidak direncanakan atau ketika *shutdown* mesin. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan data model untuk dapat menentukan hasil dari perhitungan *opportunity based maintenance* seperti pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Data Model *Opportunity Based Maintenance*

No	Komponen	CR	Cf	$R_i \left(\frac{t}{T} \right) 1 - R_i \left(\frac{t}{T} \right)$	MTTR	Kendala Waktu	T_{Avl}	$E(DT)$	T_{PMS}	Kendala	Availability	A_{req}
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	Rp28.600.000	Rp22.742.178.773	0,970	0,030	4,12	3,999				0,995	
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	Rp30.200.000	Rp20.826.121.161	0,927	0,073	3,77	3,498	5,32	0,543	880,7	0,995	0,85
3	<i>Cheek Plate</i>	Rp4.200.000	Rp15.700.944.284	0,995	0,005	2,86	2,844				0,996	
4	<i>Flywheel</i>	Rp9.000.000	Rp29.271.028.200	0,976	0,024	5,32	5,195				0,993	

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Selanjutnya data model *opportunity based maintenance* yang telah didapat kemudian diolah dengan *tool solver* pada Microsoft Excel, sehingga diketahui keputusan tindakan yang akan dilakukan seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Komponen R

No	Komponen	R
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	1
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	1
3	<i>Cheek Plate</i>	1
4	<i>Flywheel</i>	1

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Berdasarkan hasil pemodelan dengan *tool solver*, didapat R bernilai 1 menunjukkan keputusan tindakan yang dipilih pada komponen ialah melakukan perbaikan ketika terjadinya peluang perbaikan, sedangkan 0 tidak melakukan perbaikan. Berdasarkan hasil yang didapat pada Tabel 13, seluruh komponen kritis pada mesin *jaw crusher* dilakukan perbaikan ketika terjadinya peluang.

Data hasil dari keputusan pemeliharaan dapat digunakan untuk perhitungan biaya total, sehingga dapat diketahui biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan untuk perbaikan menggunakan metode *opportunity based maintenance*. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung *total cost* dari metode *opportunity based maintenance*.

$$TC = R \times CR + (1 - R) \times Cf \times 1 - R_i \left(\frac{t}{T} \right) \quad \dots(9)$$

Tabel 13. Total Cost Opportunity Based Maintenance

No	Komponen	CR	Cf	Ri(t/T)	R	Biaya Total
1	<i>Moving Jaw Plate</i>	Rp28.600.000	Rp 119.839.914	0,970	1	Rp 32.171.229
2	<i>Fixed Jaw Plate</i>	Rp30.200.000	Rp 115.041.624	0,927	1	Rp 38.621.047
3	<i>Cheek Plate</i>	Rp4.200.000	Rp 12.619.510	0,995	1	Rp 4.264.360
4	<i>Flywheel</i>	Rp9.000.000	Rp 52.170.226	0,976	1	Rp 10.269.476
TOTAL						Rp 85.326.111

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Penjadwalan Maintenance dengan Opportunity Based Maintenance

Penjadwalan yang dibuat dengan *Opportunity Based Maintenance* (OBM) mengacu pada nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya. Berdasarkan data kerusakan yaitu pada tahun 2023, maka usulan penjadwalan dilakukan untuk periode selanjutnya, yaitu terhitung pada tanggal 1, Januari 2024. Nilai MTBF yang masih dalam satuan jam diubah menjadi satuan hari untuk mempermudah perhitungan, mengacu pada jumlah jam kerja yaitu 16 jam maka perhitungan dilakukan sebagai berikut.

Contoh perhitungan pada komponen *moving jaw plate*.

$$\begin{aligned} \text{Penjadwalan OBM Moving Jaw Plate} &= \frac{\text{MTBF}}{\text{Jam Kerja}} \\ &= \frac{676,64}{16} = 42,28 \approx 43 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, jadwal OBM untuk *moving jaw plate* direncanakan setelah 43 hari ke depan sejak periode awal jadwal *maintenance* atau *maintenance* terakhir dilakukan. Sebagai pengingat, hari kerja berlangsung dari hari Senin sampai Sabtu.

Tabel 14. Rekapitulasi Penjadwalan Opportunity Based Maintenance

Komponen	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)	MTBF (Jam)	Jadwal OBM (Hari)
<i>Moving Jaw Plate</i>	672,52	4,12	676,64	43
<i>Fixed Jaw Plate</i>	668,46	3,77	672,23	43
<i>Cheek Plate</i>	902,96	2,86	905,82	57
<i>Flywheel</i>	1278,99	5,32	1284,31	81

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

Tabel 15 Penjadwalan *Opportunity Based Maintenance*

Komponen	Penjadwalan <i>Maintenance</i> ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Moving Jaw Plate</i>	20 February 2024	10 April 2024	30 May 2024	19 July 2024	07 September 2024	28 October 2024	17 December 2024	05 February 2025	27 March 2025	16 May 2025	05 July 2025	25 August 2025
<i>Fixed Jaw Plate</i>	20 February 2024	10 April 2024	30 May 2024	19 July 2024	07 September 2024	28 October 2024	17 December 2024	05 February 2025	27 March 2025	16 May 2025	05 July 2025	25 August 2025
<i>Cheek Plate</i>	07 March 2024	13 May 2024	18 July 2024	23 September 2024	28 November 2024	03 February 2025	10 April 2025	16 June 2025	21 August 2025	27 October 2025	01 January 2026	09 March 2026
<i>Flywheel</i>	04 April 2024	08 July 2024	10 October 2024	13 January 2025	17 April 2025	21 July 2025	23 October 2025	26 January 2026	30 April 2026	03 August 2026	05 November 2026	08 February 2027

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2025.

D. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *opportunity based maintenance* efektif dalam memberikan rekomendasi komponen mana yang sebaiknya diberikan tindakan perawatan. Komponen yang direkomendasikan untuk dilakukan perawatan saat terdapat peluang adalah *moving jaw plate*, *fixed jaw plate*, *cheek plate*, dan *flywheel*. Penerapan tindakan perawatan pada ketiga komponen tersebut ketika terdapat peluang dapat mencegah terjadinya kerusakan di waktu mendatang. Dengan demikian, potensi kerusakan mesin akibat kerusakan pada komponen *moving jaw plate*, *fixed jaw plate*, *cheek plate*, dan *flywheel* dapat dihindari. Pendekatan ini juga mampu menekan biaya perawatan hingga Rp 167.563.810, lebih rendah dibandingkan biaya yang harus ditanggung apabila ketiga komponen tersebut mengalami kerusakan di masa depan.

Ucapan Terimakasih

Dengan sepenuh hati dan rasa terima kasih yang mendalam, saya ingin menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan di setiap tahapan penelitian ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada:

Ibunda Maiwasti dan Ayahan Alman Syarif serta adik pertama saya Al Hadhrami Alma dan adik kedua saya Huzaifah Mutiara Alma yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam bentuk moril maupun materil selama penyusunan Tugas Akhir.

Bapak Ir. Chaznin R. Muhammad, ST., MT. selaku pembimbing pertama yang telah memberikan wawasan yang berharga, tenaga, waktu, dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir.

Dosen – dosen yang telah memberikan waktu, ilmu, dan tenaga selama menjalani perkuliahan, Tim Tugas Akhir yang telah memberikan arahan selama penyusunan Tugas Akhir, dan tenaga kependidikan yang telah membantu pengurusan administrasi Tugas Akhir.

Teman – teman Keluarga Mahasiswa Teknik Industri, terutama angkatan 2018 yang selalu menemani perjuangan selama perkuliahan serta memberikan semangat dan sama-sama berjuang dalam meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.).

Daftar Pustaka

- Assauri, S., 2016. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Rajawali Pers. Avriolio, N. F., Endang Prasetyaningsih, & Nita P. A. Hidayat. (2021). Penerapan Planned Maintenance untuk Mereduksi Downtime Mesin MOJ-3 di Departemen Finishing PT. XYZ. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 1(1), 68–76. <https://doi.org/10.29313/jrti.v1i1.232>

- Ayu Diah Amalia, Chaznin R. Muhammad, & Puti Renosori. (2024). Pendekatan Lean-Kaizen untuk Mengurangi Waste pada Lini Produksi Divisi Produksi dan Repair di PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 189–196. <https://doi.org/10.29313/jrti.v4i2.5488>
- Blischke, W.R., dan Murthy, D. N. P., 2003. *Case Studies in Reliability and Maintenance*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Campbel, J. D. dan Jardine, Andrew K. S., 2001. *Maintenance Excellence*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Dhillon, B. S., 2002. *Engineering Maintenance : A Modern Approach*. Florida: CRC Press.
- Ebeling, C. E., 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Kumar, A. S. dan Suresh, N., 2008. *Production and Operation Management : with Skill Development, Caselets, and Cases*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publisher.
- Maderres, M., Kaminskiy, M. P., dan Krivstov V., 2016. *Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide*. 3rd ed. New York: CRC Press.
- Montgomery, D.C. dan Runger, G.C., 2014. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 6th ed. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Prasetyaningsih, E., Ruchiyat, I., & Muhammad, C. R. (2020). Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Blowing dan Mesin Filling Menggunakan Teori Reliability dan Model Age Replacement (Studi Kasus pada PT. XYZ). *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 22(2), 1–12. <https://doi.org/10.32734/jsti.v22i2.3762>
- Pravin P. T. dan Makarand S. K., 2013. An Opportunistic Maintenance Decision of A Multi-Component System Considering the Effect of Failures on Quality. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Volume 1, pp. 1-14.
- Saputra, Wahtu Amaretha dan Sunaryo, 2012. Analisis Keandalan dalam Menentukan Interval Penggantian serta Biaya Preventive Maintenance Komponen Cutting Knife (Studi Kasus PT Nyata Grafika Media). *Journal of Industrial Research*, Volume 11, pp. 97-102.