EISSN: 2528 - 0112

JURNAL VIRTUAL OF MECHANICAL ENGINEERING ARTICLE (V-MAC)

https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/vmac email: vmac.mesin@gmail.com

Analisis Jadwal *Preventive Maintenance Vertical Roller Mill* Menggunakan MTBF, MTTR, dan RCA

Novandiko Muhammad Aidil Fitor[1], Joumil Aidil Saifuddin[2]
[1]Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia, 22032010208@student.upnjatim.ac.id
[2]Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia, joumilaidil.ti@upnjatim.ac.id

Corresponding Author: 22032010208@student.upnjatim.ac.id

Abstract: *The Vertical Roller Mill Type MPS 4500 BC Pfeiffer is a critical machine in the cement raw material grinding process whose reliability directly affects production continuity. Frequent machine failures have increased downtime and reduced machine availability, highlighting the need to evaluate the existing preventive maintenance schedule. This study aimed to analyze machine downtime and availability, identify the root causes of failures, and develop a more effective preventive maintenance schedule. The study applied the Mean Time Between Failures, Mean Time To Repair, and Root Cause Analysis methods using historical failure data from January to December 2025. The results showed 63 machine failures with a total downtime of 1.019,25 hours and an initial availability of 76,98%. The Hydraulic Pump and Bearing Gear were identified as the most critical components, while wear, leakage, corrosion, contamination, misalignment, and material fatigue were the primary causes of failure. Based on the analysis, a preventive maintenance schedule with maintenance frequencies ranging from three to nine times per year was proposed, increasing machine availability to 92,32%. These findings demonstrate that a reliability-based preventive maintenance schedule can improve machine reliability and support production continuity.*

Keywords: *Preventive Maintenance; Mean Time Between Failures; Mean Time To Repair; Root Cause Analysis; Vertical Roller Mill.*

Abstrak: Mesin Penggilingan Rol Vertikal Tipe MPS 4500 BC Pfeiffer merupakan mesin penting dalam proses penggilingan bahan baku semen yang keandalannya secara langsung memengaruhi kontinuitas produksi. Seringnya kegagalan mesin telah meningkatkan waktu henti dan mengurangi ketersediaan mesin, sehingga menyoroti perlunya evaluasi jadwal perawatan pencegahan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis waktu henti dan ketersediaan mesin, mengidentifikasi akar penyebab kegagalan, dan mengembangkan jadwal perawatan pencegahan yang lebih efektif. Studi ini menerapkan metode *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTRR), dan *Root Cause Analysis* menggunakan data kegagalan historis dari Januari hingga Desember 2025. Hasil menunjukkan 63 kegagalan mesin dengan total waktu henti 1.019,25 jam dan ketersediaan awal 76,98%. *Hydraulic Pump* dan *Bearing Gear* diidentifikasi sebagai komponen paling kritis, sedangkan keausan, kebocoran, korosi, kontaminasi, ketidaksejajaran, dan kelelahan material merupakan penyebab utama kegagalan. Berdasarkan analisis tersebut, diusulkan jadwal perawatan pencegahan

dengan frekuensi perawatan berkisar antara tiga hingga sembilan kali per tahun, yang meningkatkan ketersediaan mesin menjadi 92,32%. Temuan ini menunjukkan bahwa jadwal pemeliharaan preventif berbasis keandalan dapat meningkatkan keandalan mesin dan mendukung kesinambungan produksi.

Kata Kunci: *Preventive Maintenance; Mean Time Between Failures; Mean Time To Repair; Root Cause Analysis; Vertical Roller Mill.*

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor yang memberikan kontribusi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), sehingga berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dan mendukung upaya Indonesia keluar dari kondisi *middle income trap* (perangkap pendapatan menengah) [1]. Salah satu subsektor manufaktur yang memiliki peran strategis adalah industri semen karena berkontribusi dalam mendukung pembangunan infrastruktur nasional. Peningkatan kebutuhan semen menuntut perusahaan untuk menjaga kontinuitas proses produksi agar tetap efisien, stabil, dan mampu memenuhi target produksi [2]. Dalam industri semen, proses produksi berlangsung secara berkesinambungan sehingga gangguan pada satu unit mesin dapat memengaruhi keseluruhan sistem produksi. Oleh karena itu, keandalan mesin menjadi salah satu faktor utama dalam menjaga produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan [3].

Salah satu peralatan utama dalam proses produksi semen adalah *Vertical Roller Mill* Type MPS 4500 BC Pfeiffer yang berfungsi menggiling bahan baku hingga mencapai tingkat kehalusan tertentu sebelum memasuki proses berikutnya. Mesin ini bekerja secara terus-menerus sehingga kerusakan pada salah satu komponennya dapat meningkatkan *downtime*, menurunkan kapasitas produksi, serta mengurangi *availability* mesin. Berdasarkan data historis perusahaan selama Januari hingga Desember 2025, mesin mengalami 63 kali kegagalan dengan total *downtime* sebesar 1.019,25 jam sehingga nilai *availability* hanya mencapai 76,98%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa strategi *preventive maintenance* yang diterapkan belum mampu mencegah terjadinya kerusakan berulang secara optimal[4], [5], [6].

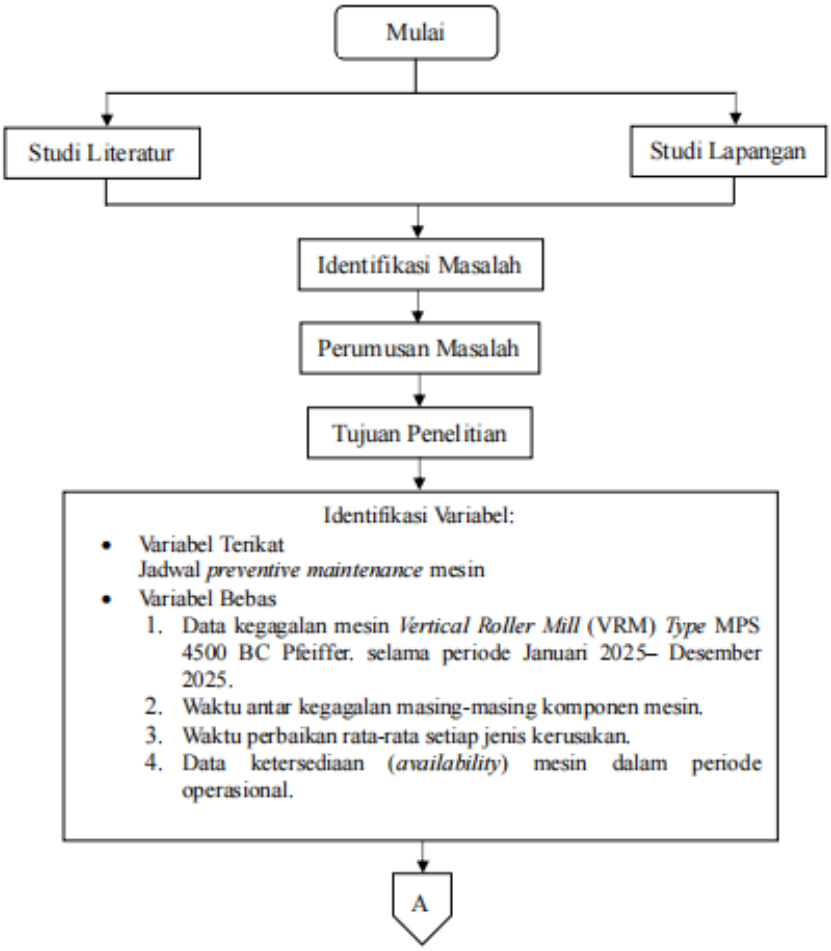
Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya kerusakan sebelum kegagalan terjadi sehingga keandalan mesin dapat dipertahankan [7]. Penentuan interval pemeliharaan yang tidak sesuai dengan karakteristik kegagalan komponen dapat menyebabkan meningkatnya frekuensi kerusakan maupun pemborosan aktivitas pemeliharaan. Oleh karena itu, penyusunan jadwal *preventive maintenance* perlu didasarkan pada analisis keandalan mesin sehingga interval perawatan sesuai dengan kondisi aktual setiap komponen [8], [9], [10]. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengevaluasi keandalan mesin adalah *Mean Time Between Failures* yang digunakan untuk menentukan rata-rata waktu antar kegagalan [11]. Sementara itu, *Mean Time To Repair* digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu yang diperlukan dalam proses perbaikan mesin [12]. Selain analisis keandalan, identifikasi penyebab utama kerusakan juga diperlukan agar tindakan perbaikan tidak hanya mengatasi gejala kerusakan tetapi juga menghilangkan akar penyebabnya. *Root Cause Analysis* dengan pendekatan *Fault Tree Analysis* mampu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dari setiap kegagalan sehingga tindakan perbaikan menjadi lebih efektif [13].

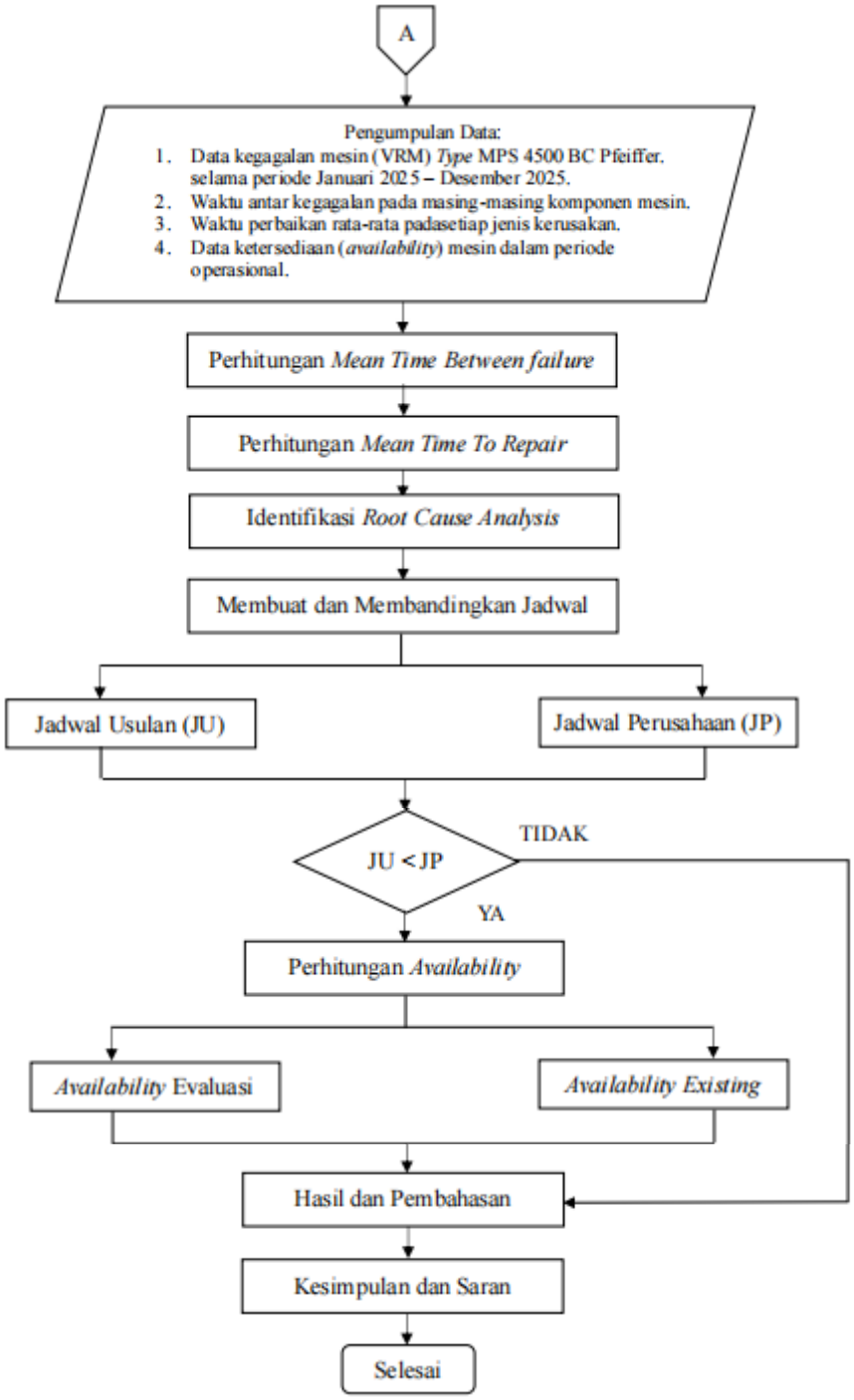
Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *Mean Time Between Failures* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) mampu meningkatkan keandalan mesin melalui penentuan interval *preventive maintenance*. Penelitian [14] menunjukkan bahwa penjadwalan *preventive maintenance* berbasis MTBF dan MTTR dapat meningkatkan *availability* mesin dan menurunkan *downtime*, namun penelitian tersebut masih berfokus pada analisis keandalan mesin dan belum mengintegrasikan *Root Cause Analysis* sebagai dasar

penyusunan strategi pemeliharaan. Sementara itu, penelitian [15] mengombinasikan analisis *reliability* dan *Root Cause Analysis* untuk mengidentifikasi akar penyebab *downtime*, tetapi belum menyusun jadwal *preventive maintenance* berdasarkan nilai MTBF dan MTTR. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan metode *Mean Time Between Failures*, *Mean Time To Repair*, dan *Root Cause Analysis* untuk menyusun usulan jadwal *preventive maintenance* yang tidak hanya mempertimbangkan tingkat keandalan komponen, tetapi juga akar penyebab kegagalan mesin. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi *downtime* dan *availability* mesin, mengidentifikasi akar penyebab kerusakan menggunakan *Root Cause Analysis*, serta menyusun usulan jadwal *preventive maintenance* berdasarkan *Mean Time Between Failures* dan *Mean Time To Repair* untuk meningkatkan keandalan mesin pada proses produksi semen di PT XYZ.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT XYZ pada unit *Vertical Roller Mill* Type MPS 4500 BC Pfeiffer menggunakan data historis kerusakan mesin periode Januari–Desember 2025. Data penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara dengan bagian *maintenance*, serta dokumentasi histori kerusakan, *downtime*, waktu perbaikan, jam operasi mesin, dan jadwal *preventive maintenance*. Metode *Mean Time Between Failures* (*MTBF*), *Mean Time To Repair* (*MTTR*), dan *Root Cause Analysis* (*RCA*) dipilih karena mampu mengevaluasi keandalan mesin sekaligus mengidentifikasi akar penyebab kerusakan sebagai dasar penyusunan jadwal *preventive maintenance* yang lebih efektif [11][13]. Hasil analisis kemudian digunakan untuk menyusun usulan jadwal *preventive maintenance* dan dievaluasi berdasarkan peningkatan nilai *availability* mesin. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Data Historis Kerusakan Mesin

Penelitian menggunakan data historis kerusakan mesin *Vertical Roller Mill* Type MPS 4500 BC Pfeiffer selama periode Januari–Desember 2025. Berdasarkan jadwal *preventive maintenance* perusahaan, kegiatan pemeliharaan dilakukan secara rutin sebanyak 7 kali setiap bulan pada seluruh komponen utama mesin. Jadwal *preventive maintenance* perusahaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal *Preventive Maintenance* Mesin *Vertical Roll Mill Type* MPS 4500 BC Pfeiffer Perusahaan

Jadwal *Preventive Maintenance*													
Mesin	**Komponen**	**Bulan**											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Vertical Roll Mill Type MPS 4500 BC *Pfeiffer*	*Grinding Table*	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Jalur Elevator	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Sensor/Komunikasi Kontrol	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Main Gearbox	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Drying/Transport	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Sumber: Data Riset, 2026

Tabel 2. Data Frekuensi kegagalan mesin pada Januari 2025 – Desember 2025 di PT. XYZ

Data Frekuensi Kegagalan Mesin			
Bulan	**Frekuensi**	***Downtime* (Jam)**	***Downtime* (Menit)**
Januari	7	114,25	6.855
Februari	6	93,42	5.605
Maret	5	80,83	4.85
April	5	80,83	4.85
Mei	5	80,83	4.85
Juni	7	114,17	6.85
Juli	5	80,83	4.85
Agustus	7	111,25	6.675
September	6	97,75	5.865
Oktober	2	35,50	2.13
November	4	64,83	3.89
Desember	4	64,75	3.885
Total	63	1019,25	61150

Sumber: Data Riset, 2026

Berdasarkan data historis kerusakan pada Tabel 2, mesin mengalami 63 kali kegagalan dengan total *downtime* sebesar 1.019,25 jam (61.150 menit). Frekuensi kegagalan tertinggi terjadi pada bulan Januari dan Juni, masing-masing sebanyak 7 kali, sedangkan frekuensi terendah terjadi pada bulan Oktober sebanyak 2 kali. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jadwal *preventive maintenance* yang diterapkan perusahaan belum mampu mencegah terjadinya kerusakan secara optimal sehingga diperlukan evaluasi menggunakan metode *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR), dan *Root Cause Analysis* (RCA).

Data Waktu Operasional Mesin dalam 1 Tahun

Sebelum dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failures* (MTBF), terlebih dahulu dihitung waktu operasional mesin yang diperoleh dari selisih antara *running hour* dan *planned maintenance*. Waktu operasional ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan MTBF.

Running Hour = 365 hari x 24 jam
= 8760 jam

Preventive Maintenance = 7 kali perawatan x 12 bulan x 24 jam
= 2016 jam

Waktu Operasional mesin = *Running Hour - Preventive Maintenance*
= 8760 jam – 2016 jam
= 6744 jam

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh waktu operasional mesin sebesar 6.744 jam. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *Mean Time Between*

Failures (MTBF) untuk menentukan interval *preventive maintenance* pada setiap komponen mesin.

Menghitung *Mean Time Between Failure*

Perhitungan *Mean Time Between Failures* (*MTBF*) dilakukan menggunakan waktu operasional mesin sebesar 6.744 jam untuk mengetahui rata-rata waktu antar kegagalan setiap sub-komponen. Nilai *MTBF* kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan interval dan frekuensi *preventive maintenance*.

Tabel 3. Data Perhitungan *Mean Time Between Failure* Mesin VRM

Komponen	Sub-Komponen	Waktu Operasional	Frekuensi Kerusakan	MTBF
Grinding Table	*Table Liner*	6744	5	6744/5=1348.8
Grinding Table	*Wear Plate*	6744	4	6744/4=1686
Grinding Table	*Table Plate*	6744	3	6744/3=2248
Jalur Elevator	*Coupling*	6744	4	6744/4=1686
Jalur Elevator	*Bearing Motor*	6744	3	6744/3=2248
Jalur Elevator	*Cooling Fan*	6744	3	6744/3=2248
Jalur Elevator	*Motor Fan*	6744	2	6744/2=3372
Sensor/Komunikasi Kontrol	*Hydraulic Pump*	6744	7	6744/7=963.4
Sensor/Komunikasi Kontrol	*Cylinder*	6744	2	6744/2=3372
Sensor/Komunikasi Kontrol	*Valve Hidrolik*	6744	2	6744/2=3372
Sensor/Komunikasi Kontrol	*Hydraulic Hose*	6744	2	6744/2=3372
Main Gearbox	*Bearing Gear*	6744	7	6744/7=963.4
Main Gearbox	*Oil Seal*	6744	2	6744/2=3372
Main Gearbox	*Gear Coupling*	6744	2	6744/2=3372
Main Gearbox	*Gear Shaft*	6744	2	6744/2=3372
Drying	*Hot Gas Damper*	6744	5	6744/5=1348.8
Drying	*Air Seal Fan*	6744	3	6744/3=2248
Drying	*Ducting*	6744	3	6744/3=2248
Drying	*Rotary Air Lock*	6744	2	6744/2=3372

Sumber: Data Riset, 2026

Berdasarkan hasil perhitungan, *Hydraulic Pump* dan *Bearing Gear* memiliki nilai *MTBF* terendah, yaitu 963,4 jam, sehingga menjadi sub-komponen yang diprioritaskan dalam kegiatan *preventive maintenance*. Sebaliknya, sub-komponen dengan nilai *MTBF* lebih tinggi memiliki interval perawatan yang lebih panjang. Nilai *MTBF* selanjutnya digunakan untuk menentukan frekuensi *preventive maintenance* setiap sub-komponen dalam satu tahun.

Tabel 4. Data Perhitungan Frekuensi PM Mesin VRM

Komponen	MTBF (Jam)	MTBF (Hari)	Frekuensi (1 Tahun)
Table Liner	1348,8	56,20	6
Wear Plate	1686,0	70,25	5
Table Plate	2248,0	93,67	4
Coupling	1686,0	70,25	5
Bearing Motor	2248,0	93,67	4
Cooling Fan	2248,0	93,67	4
Motor Fan	3372,0	140,50	3
Hydraulic Pump	963,4	40,14	9
Cylinder	3372,0	140,50	3
Valve Hidrolik	3372,0	140,50	3

Komponen	MTBF (Jam)	MTBF (Hari)	Frekuensi (1 Tahun)
Hydraulic Hose	3372,0	140,50	3
Bearing Gear	963,4	40,14	9
Oil Seal	3372,0	140,50	3
Gear Coupling	3372,0	140,50	3
Gear Shaft	3372,0	140,50	3
Hot Gas Damper	1348,8	56,20	6
Air Seal Fan	2248,0	93,67	4
Ducting	2248,0	93,67	4
Gear Shaft	3372	140.5	3

Sumber: Data Riset, 2026

Berdasarkan Tabel 4, *Hydraulic Pump* dan *Bearing Gear* memiliki frekuensi *preventive maintenance* tertinggi, yaitu 9 kali per tahun, sedangkan sub-komponen lainnya memiliki frekuensi pemeliharaan antara 3–6 kali per tahun sesuai dengan tingkat keandalannya.

Menghitungan *Mean Time To Repair*

Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) dilakukan untuk mengetahui rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam proses perbaikan mesin setelah terjadi kegagalan. Nilai MTTR dihitung berdasarkan total waktu perbaikan (*downtime*) dan jumlah kejadian kerusakan menggunakan persamaan berikut.

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\boldsymbol{Total\ Waktu\ Perbaikan}}{\mathbf{Jumlah\ Kegagalan}}$$

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\mathbf{1.019,25}}{\mathbf{63}} = \mathbf{16,18}\ \boldsymbol{Jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata MTTR sebesar 16,18 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap kejadian kerusakan memerlukan waktu perbaikan rata-rata sekitar 16 jam sebelum mesin dapat kembali beroperasi.

Tabel 5. Data Perhitungan *Mean Time To Repair* Mesin VRM

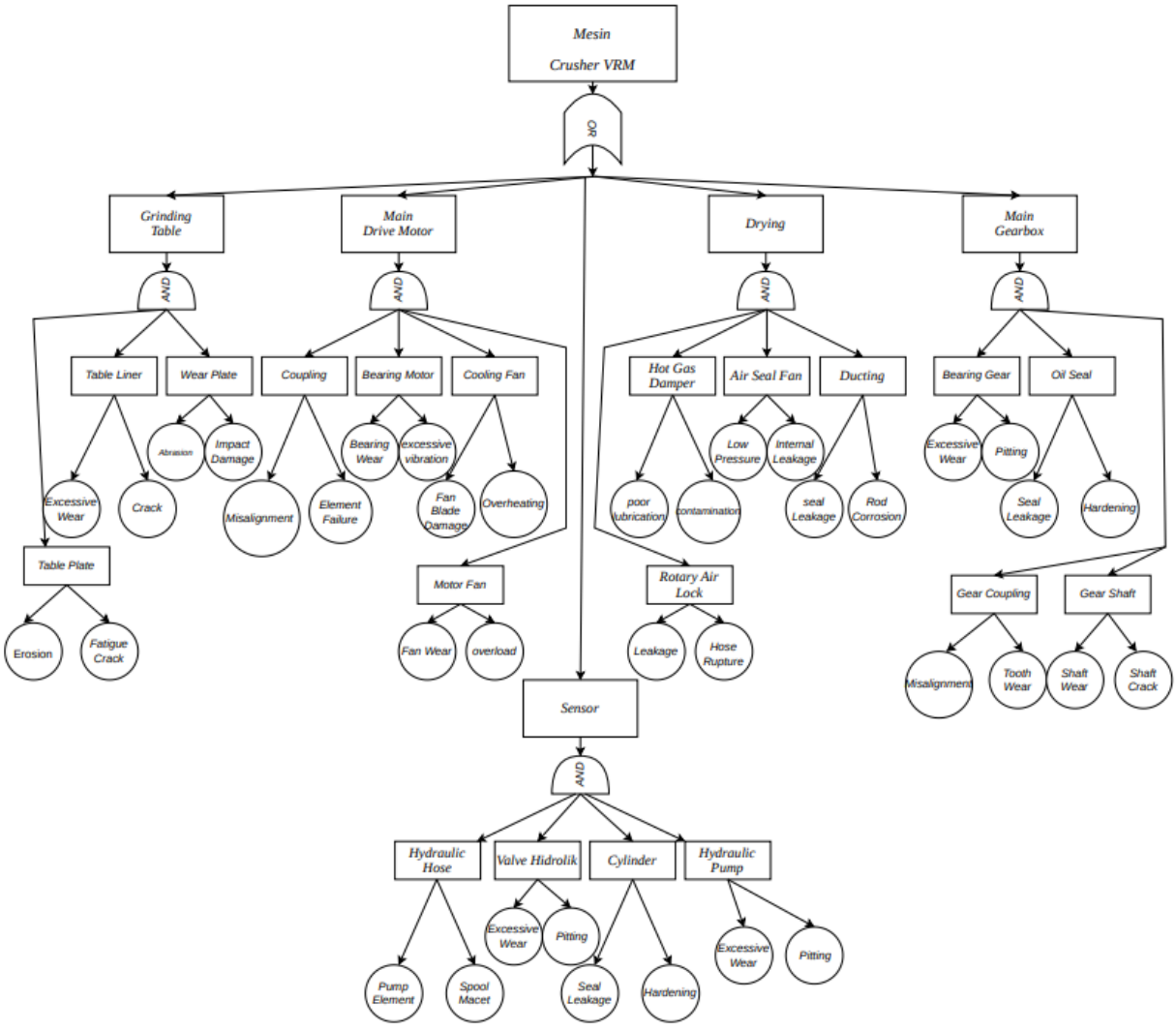
Sub-Komponen	Total *Downtime* (Menit)	Frekuensi	MTTR (Menit)	MTTR (Jam)
Table Liner	4.735	5	4735/5= 947	947/60= 15,78
Wear Plate	3.755	4	3755/4= 938,75	938,75/60= 15,65
Table Plate	2.820	3	2820/3= 940	940/60= 15,67
Coupling	3.425	4	3425/4= 856,25	856,25/60= 14,27
Bearing Motor	2.600	3	2600/3= 866,67	866,67/60= 14,44
Cooling Fan	1.665	2	1665/2= 832,50	832,5/60= 13,88
Motor Fan	845	1	845/1= 845	845/60= 14,08
Hydraulic Pump	7.065	7	7065/7= 1.009,29	1009,29/60= 16,82
Cylinder	1.930	2	1930/2= 965	965/60= 16,08
Valve Hidrolik	1.910	2	1910/2= 955	955/60= 15,92
Hydraulic Hose	1.960	2	1960/2= 980	980/60= 16,33
Bearing Gear	7.955	7	7955/7= 1.136,43	1136,43/60= 18,94
Oil Seal	3.165	3	3165/3= 1.055	1055/60= 17,58
Gear Coupling	2.135	2	2135/2= 1.067,50	1067,5/60= 17,79
Gear Shaft	2.175	2	2175/2= 1.087,50	1087,5/60= 18,13
Hot Gas Damper	3.650	4	3650/4= 912,50	912,5/60= 15,21
Air Seal Fan	2.665	3	2665/3= 888,33	888,83/60= 14,81
Ducting	1.830	2	1830/2= 915	915/60= 15,25
Rotary Air Lock	1.765	2	1765/2= 882,50	882,5/60= 14,71

Sumber: Data Riset, 2026

Berdasarkan Tabel 5, *Bearing Gear* memiliki nilai *MTTR* tertinggi yaitu 18,94 jam, diikuti *Gear Shaft* sebesar 18,13 jam dan *Gear Coupling* sebesar 17,79 jam. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan pada sub-komponen tersebut membutuhkan waktu perbaikan yang lebih lama dibandingkan sub-komponen lainnya, sehingga berpotensi meningkatkan *downtime* apabila tidak ditangani melalui kegiatan *preventive maintenance* yang tepat.

Identifikasi *Root Cause Analysis*

Analisis *Root Cause Analysis* (*RCA*) dilakukan menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis* (*FTA*) untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan pada mesin *Vertical Roller Mill* (*VRM*). Analisis dimulai dari *top event* berupa kegagalan mesin, kemudian ditelusuri hingga penyebab dasar pada setiap komponen dan sub-komponen penyusunnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan mesin *VRM* dipengaruhi oleh lima komponen utama, yaitu *Grinding Table*, *Jalur Elevator*, *Sensor/Komunikasi Kontrol*, *Main Gearbox*, dan *Drying*. Setiap komponen memiliki beberapa mode kegagalan yang saling berhubungan, seperti *wear*, *leakage*, *corrosion*, *contamination*, *misalignment*, dan *fatigue*. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan performa komponen sehingga meningkatkan potensi terjadinya *downtime* selama proses produksi. Pada komponen *Sensor/Komunikasi Kontrol* dan *Main Gearbox*, kegagalan banyak dipengaruhi oleh kerusakan pada *Hydraulic Pump*, *Bearing Gear*, *Valve Hidrolik*, dan *Hydraulic Hose*. Sementara itu, pada komponen *Grinding Table* dan *Drying*, kerusakan umumnya disebabkan oleh keausan, korosi, serta pembebanan berulang yang mengakibatkan penurunan kinerja komponen.



Gambar 2. Identifikasi *Root Cause Analysis*

Usulan Jadwal *Preventive Maintenance*

Berdasarkan hasil perhitungan *Mean Time Between Failures* (MTBF), disusun usulan jadwal *preventive maintenance* baru dengan mempertimbangkan interval dan frekuensi perawatan setiap komponen sesuai tingkat keandalannya. Penjadwalan dilakukan agar kegiatan pemeliharaan dapat dilaksanakan sebelum komponen mencapai kondisi yang berpotensi mengalami kegagalan sehingga risiko *downtime* dapat diminimalkan.

Tabel 6. Jadwal baru Mesin VRM

Jadwal *Preventive Maintenance*												
Mesin	**Komponen**	**Bulan**										
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Vertical Roll Mill Type MPS 4500 BC *Pfeiffer*	*Grinding Table*	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1
	Jalur Elevator	1	1	2	2	1	3	2	1	2	1	0	0
	Sensor/Komunikasi Kontrol	2	4	2	1	2	1	1	2	2	1	0	0
	Main Gearbox	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	0
	Drying/Transport	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	0	0

Sumber: Data Riset, 2026

Berdasarkan Tabel 6, kegiatan *preventive maintenance* direncanakan berlangsung hampir setiap bulan dengan intensitas yang berbeda pada setiap periode. Bulan Februari memiliki jumlah kegiatan pemeliharaan tertinggi, sedangkan pada bulan November dan Desember jumlah kegiatan pemeliharaan lebih sedikit. Perbedaan frekuensi tersebut menunjukkan bahwa jadwal pemeliharaan telah disusun berdasarkan tingkat keandalan masing-masing komponen sehingga kegiatan perawatan menjadi lebih terarah. Dengan penerapan jadwal usulan ini, diharapkan keandalan mesin meningkat dan risiko *downtime* yang tidak direncanakan dapat dikurangi.

Perbandingan Nilai *Availability*

Perbandingan nilai *availability* dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas jadwal *preventive maintenance* usulan terhadap jadwal perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan, jadwal perusahaan menghasilkan nilai *availability* sebesar 76,98%, sedangkan jadwal usulan meningkatkan nilai *availability* menjadi 92,32%.

Tabel 7. Perbandingan Nilai *Availability* Mesin *Vertical Roller Mill*

Perbandingan Jadwal	
Jadwal Perusahaan	**Jadwal Usulan**
76.98%	92.32%

Sumber: Data Riset, 2026

Peningkatan nilai *availability* sebesar 15,34% menunjukkan bahwa jadwal *preventive maintenance* usulan lebih efektif dalam meningkatkan waktu operasional mesin dan mengurangi *downtime*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin *Vertical Roller Mill* masih memiliki tingkat kegagalan yang tinggi, ditunjukkan oleh 63 kejadian kerusakan dengan total *downtime* sebesar 1.019,25 jam. Berdasarkan analisis *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Hydraulic Pump* dan *Bearing Gear* merupakan sub-komponen paling kritis, sedangkan nilai rata-rata *Mean Time To Repair* (MTTR) sebesar 16,18 jam menunjukkan bahwa waktu perbaikan masih relatif lama. Hasil *Root Cause Analysis* (RCA) mengidentifikasi bahwa penyebab utama kegagalan berasal dari *wear*, *leakage*, *corrosion*, *contamination*, *misalignment*, dan *fatigue*. Berdasarkan hasil tersebut, disusun usulan jadwal *preventive maintenance* berbasis MTBF yang meningkatkan

nilai *availability* mesin dari 76,98% menjadi 92,32%. Hasil ini sejalan dengan penelitian [14] yang menunjukkan bahwa penjadwalan *preventive maintenance* berbasis MTBF dan MTTR mampu meningkatkan *availability* mesin, sedangkan penambahan RCA pada penelitian ini memberikan dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan yang lebih tepat sasaran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode *Mean Time Between Failures* (*MTBF*), *Mean Time To Repair* (*MTTR*), dan *Root Cause Analysis* (*RCA*) mampu mengevaluasi dan menyusun usulan jadwal *preventive maintenance* yang lebih efektif pada mesin *Vertical Roller Mill* Type MPS 4500 BC Pfeiffer di PT XYZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Hydraulic Pump* dan *Bearing Gear* merupakan komponen paling kritis berdasarkan nilai *MTBF* terendah, sedangkan hasil *RCA* mengidentifikasi penyebab utama kegagalan berupa *wear*, *leakage*, *corrosion*, *contamination*, *misalignment*, dan *fatigue*. Penerapan jadwal *preventive maintenance* usulan meningkatkan nilai *availability* mesin dari 76,98% menjadi 92,32%, sehingga dapat meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime*.

Perusahaan disarankan menerapkan jadwal *preventive maintenance* yang diusulkan serta melakukan evaluasi secara berkala berdasarkan data historis kerusakan agar efektivitas pemeliharaan tetap terjaga. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan aspek biaya pemeliharaan atau metode keandalan lainnya untuk memperoleh strategi pemeliharaan yang lebih optimal.

REFERENSI

[1] A. D. Chusniah, C. M. Suryani, D. Fachnisa, N. L. Utami, N. E. K. Aprianto, and R. A. N. Sabani, "Analisis Konsentrasi Industri di Indonesia (Studi Kasus Industri Semen di Indonesia)," *J. Akad. Ekon. Dan Manaj.*, vol. 1, no. 4, pp. 105–116, 2024, doi: 10.61722/jaem.v1i4.3285.

[2] H. Q. Karima and F. Romadlon, "Optimizing the Preventive Maintenance Scheduling Based on Dynamic Deterministic Demand in The Cement Manufacturing.," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 20, no. 1, pp. 109–118, 2021, doi: 10.23917/jiti.v20i1.13894.

[3] R. Nurcahyo, F. Wahyu, T. Nugroho, and E. Kristiningrum, "Reliability, Availability, and Maintainability (RAM) Analysis for performance evaluation of power generation machines. Analisis Reliability, Availability, dan Maintainability (RAM) untuk Evaluasi Kinerja Mesin Pembangkit Listrik.," *J. Standarisasi*, vol. 25, no. 2, pp. 41–52, 2023.

[4] Muhammad Alfin and Rusindiyanto, "A Analysis of Preventive Maintenance Schedule of Xym1900 Vertical Roller Mill Crusher Machine using MTBF (Mean Time Between Failures) Method Based on RCA (Root Cause Analysis)," *ITEJ (Information Technol. Eng. Journals).*, vol. 10, no. 1, pp. 78–92, 2025, doi: https://doi.org/10.24235/itej.v10i1.205.

[5] B. Habeahan, H. V. Gea, and R. R. Margana, "Analisis Efektifitas Penerapan Preventive Maintenance menggunakan Mean Time Between Failures dan Mean Time to Repair Terhadap Kinerja Operasional Forklift di PT XYZ," *J. Log.*, vol. 4, no. 2, 2026, doi: https://doi.org/10.33197/jlscc.v4i2.3401.

[6] A. Firmansyah and J. A. S. Z.S, "Analysis of Preventive Maintenance Line Dosing using Modularity Design and Mean Time Between Failure (MTBF)," *Golden Ratio Mapp. Idea Lit. Format*, vol. 6, no. 2, pp. 1855–1870, 2026, doi: https://doi.org/10.52970/grmilf.v6i2.2103.

[7] A. Vidya and J. Aidil, "Proposed Maintenance Plan for Maker Machinery with Reliability Centered Maintenance (RCM) Method and Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) at PT. XYZ," *IJIEM - Indones. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 3, p. 549, 2023, doi: 10.22441/ijiem.v4i3.21445.

[8] M. Nasution, A. Bakhori, and W. Novarika, "Manfaat Perlunya Manajemen Perawatan untuk Bengkel Maupun Industri," *Bul. Utama Tek.*, vol. 16, no. 3, pp. 248–252, 2021.

[9] A. Arsyad Iskandar, "PERENCANAAN PERAWATAN MESIN PRODUKSI ROLLER MILL UNIT 1 TUBAN DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) TBK," *J. Tek. Mesin UNESA.*, vol. 10, no. 2, pp. 129–132, 2022.

[10] R. Muhammad Rakha Anargya Santoso, "Metalworking Milling Maintenance Priorities Using MTBF and FMEA," *Acopen (Universitas Muhammadiyah Sidoarjo).*, vol. 11, no. 1, 2026, doi: 10.21070/acopen.11.2026.14328.

[11] M. H. Habibi, Sutrisno, and A. Jibril, "Analisis Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR) Mesin Cold Storage," *J-CEKI J. Cendekia Ilm.*, vol. 4, no. 4, pp. 1410–1421, 2025.

[12] Silvia, R. I. D. Suyatmo, and Murnianti, "Analisis Preventive Maintenance Berdasarkan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) Pada Alat Blow Molding Di PT XYZ," *J. Pengabdi. Masy. Bangsa*, vol. 2, no. 8, pp. 3471–3478, 2023.

[13] Yaojun Liu, YuTang, Ping Wang, Xiaolin Song, and Meilin Wen, "Reliability-Centered Preventive Maintenance Optimization for a Single-Component Mechanical Equipment," *Symmetry (Basel).*, pp. 1–11, 2024.

[14] Y. H. Haerudin and W. D. Wibowo, "Analisis Preventive Maintenance Mesin Compressor dengan Mean Time Beetween Failure dan Mean Time to Repair di PT Suzuki Indomobil Motor," *J. Manag. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 2, 2024.

[15] S. Hamali, C. Loavenia, and T. Tanly, "Reduce Machine Downtime using Reliability and Root Cause Analysis for Sustainable Industry," *ICOBAR*, vol. 01037, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202342601037.