Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi
Volume 26, Issue 01, Februari 2026, 136-141
Webite: https://ji.unbari.ac.id, E-Mail: jiubj.unbari@gmail.com
e-ISSN: 2549-4236 (Online), p-ISSN: 1411-8939 (Print), DOI: 10.33087/jiubj.v26i1.6403

Peningkatan *Availability Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Mesin Vertical Milling 3 Axis Melalui Integrasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Preventive Maintenance*

Saptianhadi, Tiaradia Ihsan
Teknik Industri, Universitas Widyatama
Correspondence: saptianhadi@widyatama.ac.id, tiaradia.ihsan@widyatama.ac.id

ABSTRAK
Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai Ketersediaan (*Availability*) dalam perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin Vertical Milling 3 Axis di PT. *XYZ*. Rendahnya nilai *Availability* merupakan indikator sering terjadinya *downtime* yang tidak terencana, yang secara signifikan menghambat produktivitas. Pendekatan yang diusulkan adalah integrasi metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan implementasi program *Preventive Maintenance* (PM) yang terstruktur. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan mode-mode kegagalan potensial pada komponen mesin berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang diperoleh dari perkalian *Severity, Occurrence, dan Detection*. Hasil FMEA menunjukkan bahwa mode kegagalan kritis didominasi oleh masalah pada *power shutdown, Low voltage* dan *Machine Error* dengan nilai RPN tertinggi. Berdasarkan temuan kritis ini, program *Preventive Maintenance* yang disesuaikan dikembangkan, mencakup inspeksi terjadwal, pelumasan ulang, dan penggantian komponen sebelum terjadi kegagalan. Setelah implementasi selama periode pengamatan, nilai *Availability* rata-rata mesin Vertical Milling 3 Axis meningkat dari 63% menjadi 74%. Peningkatan *Availability* ini berkontribusi pada kenaikan total nilai OEE. Studi ini membuktikan efektivitas kombinasi FMEA dan *Preventive* Maintenance sebagai strategi yang robust untuk meminimalkan downtime mesin tak terduga, sehingga mengoptimalkan kinerja peralatan dan meningkatkan daya saing operasional.

Kata Kunci: *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Ketersediaan (*Availability*), *Vertical Milling 3 Axis*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Risk Priority Number* (RPN), *Preventive Maintenance*.

ABSTRACT
This study aims to improve the Availability value in calculating the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of a 3-Axis Vertical Milling machine at PT. XYZ. Low Availability value is an indicator of frequent unplanned downtime, which significantly hinders productivity. The proposed approach is the integration of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method with the implementation of a structured Preventive Maintenance (PM) program. FMEA is used to identify and prioritize potential failure modes in machine components based on the Risk Priority Number (RPN) value, which is obtained from the multiplication of Severity, Occurrence, and Detection. The FMEA results indicate that critical failure modes are dominated by problems in the spindle system, cooling system, and axis movement servo system, with the highest RPN values. Based on these critical findings, a customized PM program was developed, including scheduled inspections, relubrication, and component replacement before failure occurs. After the implementation of the PM program during the observation period, the average Availability value of the 3-Axis Vertical Milling machine increased from 63% to 74%. This increase in availability contributed to an increase in the total OEE value. This study demonstrated the effectiveness of combining FMEA and preventive maintenance as a robust strategy for minimizing unplanned machine downtime, thereby optimizing equipment performance and increasing operational competitiveness.

Keywords: *Overall Equipment Effectiveness (OEE), Availability, Vertical Milling 3 Axis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Risk Priority Number (RPN), Preventive Maintenance.*

PENDAHULUAN

Dalam lanskap industri manufaktur modern, efisiensi operasional dan keandalan sistem produksi menjadi faktor penentu utama daya saing global. Peralatan produksi canggih, seperti mesin Vertical Milling 3 Axis, merupakan aset berteknologi tinggi yang menuntut pengelolaan pemeliharaan yang strategis. Manajemen perawatan (*Maintenance Management*) tidak lagi dipandang sebagai pusat biaya yang reaktif, melainkan telah bertransformasi menjadi fungsi strategis yang proaktif untuk menjamin kelancaran alur produksi, stabilitas kualitas produk, dan optimalisasi *Life Cycle Cost* aset (Nakajima, 1988). Strategi perawatan yang efektif sangat krusial untuk mencegah kerugian yang timbul dari kegagalan sistem (Ihsan, 2024).

Meskipun terdapat kemajuan teknologi, sektor manufaktur masih rentan terhadap masalah downtime tak terencana (*unplanned downtime*), yang merupakan manifestasi langsung dari rendahnya keandalan. Dampak dari *downtime* ini diukur secara komprehensif melalui metrik Overall Equipment Effectiveness (OEE). OEE, sebagai indikator kunci dalam implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM), mengevaluasi efektivitas peralatan berdasarkan tiga pilar: *Availability*, *Performance*, dan *Quality* (Nakajima, 1988). Dalam berbagai studi kasus, rendahnya nilai OEE, khususnya

dimensi Ketersediaan (*Availability*), seringkali disebabkan oleh *equipment breakdown* yang berulang. Sebagai contoh, penelitian di industri menunjukkan bahwa masalah *downtime* yang tinggi sering menjadi pemicu untuk penerapan sistem pemantauan OEE demi peningkatan produktivitas (Falwaguna & Ihsan, 2024), dan analisis OEE menjadi penting untuk peningkatan efektivitas mesin (Ihsan, 2024).

Untuk mengatasi kerugian ketersediaan yang tinggi akibat kerusakan, diperlukan pendekatan pemeliharaan yang bergeser dari reaktif ke proaktif dan terstruktur, yang harus dimulai dari analisis risiko sistematis (Ihsan et al., 2025). Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menyediakan kerangka kerja prediktif untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalan potensial, menganalisis efeknya, dan menilai tingkat risiko melalui nilai Risk Priority Number (RPN) (Stamatis, 2003). Prioritas risiko dari FMEA ini kemudian menjadi dasar ilmiah untuk merancang program Preventive Maintenance (PM) yang tepat sasaran. Pendekatan terstruktur ini sangat kontras dengan strategi reaktif yang menimbulkan biaya perbaikan mendadak dan waktu henti layanan yang tidak terkontrol (Ihsan et al., 2025). Oleh karena itu, integrasi FMEA dan PM adalah strategi *robust* untuk mentransformasi data kegagalan historis menjadi tindakan pencegahan terukur (Ardata et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan operasional yang umum terjadi dan kebutuhan akan peningkatan *Availability*, penelitian ini berfokus pada mesin Vertical Milling 3 Axis. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas integrasi FMEA dengan implementasi program *Preventive Maintenance* yang disesuaikan, yang secara spesifik menargetkan mode-mode kegagalan kritis (seperti pada sistem spindel, sistem pendingin, dan sistem servo pergerakan sumbu). Implementasi ini didemonstrasikan mampu meningkatkan nilai *Availability* rata-rata mesin dari 63% menjadi 74%, yang secara signifikan berkontribusi pada peningkatan total nilai OEE. Studi ini membuktikan bahwa kombinasi FMEA dan PM adalah kunci strategis untuk meminimalkan *unplanned downtime*, mengoptimalkan kinerja peralatan, dan pada akhirnya, meningkatkan daya saing operasional di lingkungan manufaktur.

Tinjauan Pustaka

Overall Equipment Effectiveness (Oee)

OEE adalah metrik universal yang digunakan untuk mengukur seberapa efektif sebuah mesin atau sistem beroperasi relatif terhadap potensi maksimumnya. OEE merupakan alat ukur kunci dalam program *Total Productive Maintenance* (TPM) yang bertujuan menghilangkan Six Big Losses atau enam kerugian utama yang menghambat efisiensi produksi. OEE dihitung sebagai hasil perkalian dari 3 (tiga) faktor utama, yaitu:

OEE = Availability x Performance x Quality

Menurut standar, nilai OEE ideal yang dapat dicapai setelah penerapan TPM adalah ≥ 85%, dengan komponen ideal yakni: *Availability* > 90%, *Performance* > 95%, dan *Quality* > 99%. Ketersediaan (*Availability*) merupakan faktor OEE yang berfokus pada waktu henti yang tidak terencana. Ketersediaan dihitung dari rasio waktu operasi aktual (*Operation Time*) terhadap total waktu operasi yang direncanakan (*Loading Time*). *Availability* secara langsung dipengaruhi oleh Downtime Losses, terutama yang disebabkan oleh *equipment breakdown* dan kerugian waktu *setup* atau penyesuaian. Rendahnya nilai *Availability* mengindikasikan dominasi *downtime* tak terduga, yang secara signifikan mengurangi efektivitas mesin.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metodologi kualitatif dan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses, produk, atau desain (Stamatis, 2003). FMEA adalah alat proaktif yang bertujuan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan penyebabnya sebelum kegagalan terjadi di lapangan. FMEA menggunakan pendekatan *bottom-up*, dimulai dari level komponen untuk menganalisis efeknya pada sistem (Stamatis, 2003).

Kritikalitas mode kegagalan dalam FMEA diukur melalui Risk Priority Number (RPN), yang diperoleh dari perkalian 3 (tiga) parameter penilaian, yaitu:

RPN = Severity (S) x Occurrence (O) x Detection (D)

Parameter *Severity* (S) menilai seberapa parah dampak kegagalan terhadap proses produksi, keselamatan, atau lingkungan. Occurrence (O) menilai seberapa sering kegagalan tersebut terjadi. Sedangkan Detection (D) menilai seberapa mudah kegagalan tersebut terdeteksi sebelum mencapai pengguna atau sebelum menimbulkan efek yang serius. Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi dianggap paling kritis dan harus diprioritaskan untuk tindakan pencegahan. Hasil FMEA secara langsung menjadi landasan untuk merumuskan strategi pemeliharaan yang terfokus.

Preventive Maintenance (PM)

Preventive Maintenance (PM) adalah strategi inti pemeliharaan berbasis waktu (*Time-Based Maintenance*) yang melibatkan inspeksi, pembersihan, pelumasan, dan penggantian komponen yang terjadwal untuk mempertahankan aset dalam kondisi operasional yang prima. Tujuan utama PM adalah meminimalkan peluang terjadinya kegagalan mendadak yang dapat mengganggu jadwal produksi dan menyebabkan *downtime*.

Tujuan utama dari PM adalah memaksimalkan umur aset, meminimalkan *downtime* tak terencana, dan mengurangi biaya perbaikan korektif yang mahal dan merusak (Mobley, 2001). Ketika PM diintegrasikan dengan FMEA, program PM menjadi lebih optimal dan terfokus. FMEA mengarahkan sumber daya ke mode kegagalan kritis untuk mengurangi nilai *Occurrence* dan *Severity*, yang pada akhirnya meningkatkan *Availability* mesin dan efisiensi OEE secara keseluruhan.

Berbeda dengan *Corrective Maintenance* yang reaktif, PM bersifat proaktif dan terencana, memberikan kontrol yang lebih baik terhadap alokasi sumber daya, suku cadang, dan waktu kerja. Dengan dilakukannya FMEA, program PM dapat dioptimalkan. FMEA menentukan mode kegagalan kritis yang harus dicegah, sementara PM menyediakan tindakan spesifik (seperti jadwal inspeksi atau penggantian) untuk mengurangi nilai *Occurrence* dan *Severity* pada komponen berisiko tinggi tersebut. Penerapan PM yang efektif dapat mengurangi *downtime* tak terencana, meningkatkan *Availability*, dan pada akhirnya, menaikkan efisiensi OEE.

Quick Wins

Kaizen adalah filosofi manajemen Jepang yang berarti "perbaikan berkelanjutan" (*continuous improvement*), yang berfokus pada peningkatan proses secara bertahap dan melibatkan seluruh karyawan dari manajemen puncak hingga operator (Imai, 1986). Kaizen Event adalah kegiatan yang intensif, terfokus, dan berdurasi pendek (biasanya 3 hingga 5 hari) yang dilakukan oleh tim lintas fungsi untuk segera menganalisis dan mengimplementasikan perbaikan pada area atau proses tertentu (Liker, 2004).

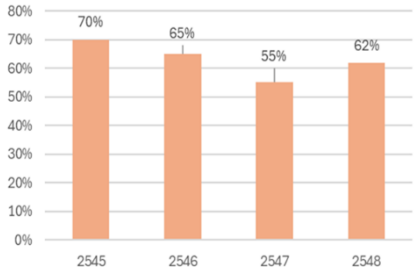
Dalam konteks implementasi, salah satu kunci keberhasilan untuk menjaga momentum dan komitmen tim adalah melalui identifikasi dan implementasi Quick Wins (Kemenangan Cepat). *Quick Wins* adalah solusi perbaikan yang memiliki karakteristik: (1) Dampak Cepat: Hasilnya dapat terlihat dalam waktu singkat; (2) Biaya Rendah: Membutuhkan investasi finansial yang minimal atau tidak sama sekali; dan (3) Implementasi Mudah: Tidak memerlukan persetujuan manajemen yang panjang, pelatihan ekstensif, atau perubahan struktural besar (Liker, 2004).

Dalam lingkungan manufaktur, *Quick Wins* seringkali berkaitan dengan penerapan prinsip 5S (seperti merapikan area kerja, standarisasi lokasi alat), atau perbaikan kecil pada ergonomi dan alur kerja inspeksi. Tujuan *Quick Wins* adalah membangun moral tim (*morale boost*) dan menunjukkan kepada seluruh organisasi bahwa upaya perbaikan dapat menghasilkan dampak positif yang nyata dengan cepat, sehingga memperkuat komitmen terhadap filosofi Kaizen jangka panjang (Imai, 1986).

METODE

Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan langsung dan wawancara dengan tim *maintenance*. Didapatkan data availability mesin selama 4 minggu sebagai berikut:

a. Pengumpulan data *availability* mesin



Sumber: data olahan

Gambar 1
Grafik *Availabity* Mesin

Gambar 1 menunjukan persentase dari minggu ke-45 sampai ke-48 di tahun 2025 dengan rata-rata *availability* 63%.

b. Pengumpulan data *Breakdown* mesin

Tabel 1
Data MTTR dan MTBF

Tanggal	MTTR (jam)	MTBF
27-Jan-25	1,92	0,00
22-Feb-25	2,50	21,50
2-Mar-25	2,08	21,92
2-Apr-25	2,00	22,00
4-Apr-25	1,02	22,98
2-May-25	3,50	20,50
27-May-25	0,17	23,83
14-Jun-25	0,33	23,67
15-Jun-25	0,67	23,33
21-Jun-25	0,22	23,78
25-Jun-25	0,33	23,67
10-Jul-25	3,00	21,00

Sumber: data olahan

c. Pengumpulan data FMEA

Data FMEA diambil dari hasil observasi langsung dan wawancara terhadap tim *maintenance.* Didapatkan total 52 aktivitas di mesin *Vertical Milling 3 Axis.* Dengan 3 (tiga) proses inti sebagai berikut: *Start process*, *Preparation activity*, dan *Cutting process*

Tabel 2
Top 10 Nilai RPN paling Tinggi

Assessment #	Task/Activity/ Product/Service	Failure modes	Potential Effects of Failure	Potential Causes	Risk Score (No Controls)			
					S	O	D	RPN
1	Start Process	Power suddenly shutdown	Machine Breakdown	Electrical trip	8	2	8	640
2	Start Process	Low voltage	Machine Breakdown	Voltage flicker from PLN	8	2	8	640
3	Start Process	Machine Error	Machine Breakdown	Lost 1 phase	6	3	7	630
4	Start Process	Machine Error	Machine Breakdown	I/O Error (broken I/O)	6	3	7	630
5	Start Process	Machine Error	Machine Breakdown	Electrical Error (power supply down, DC)	5	6	4	600
6	Start Process	Machine Error	Machine Breakdown	Mechanical damage	7	2	8	560
7	Start Process	Machine Error	Machine Breakdown	Pressure Drop	7	2	8	560
8	Start Process	Lost Air pressure	Machine Breakdown	Compressor totally shutdown	7	2	8	560
9	Start Process	Lack Hydraulic Oil	Machine Breakdown	Broken seal	7	2	8	560
10	Preparation Activity	Fixture or clamping unstable	Machine collision; tools broken	Untight / Loose when clamping / torque-ing; or Bolt worn out	8	2	7	560

Sumber: data olahan

HASIL

Quick wins untuk menaikan *availability*

Perbaikan dalam event kaizen event, dengan tujuan *quick wins* terhadap masalah-masalah berikut:

1. Penggantian pneumatic silinder untuk *auto tool change,* dengan tujuan untuk menghilangkan *minor stoppages* yang terjadi berulang pada mesin dan menyebabkan *availability* menurun.
2. Penggantian *stopper guide rail magazine* pada mesin *verticall milling 3 axis*
3. Melakukan kegiatan pembersihan mesin secara menyeluruh (body bawah, atas, dan bagian dalam mesin)

Nilai RPN setelah control

Untuk memitigasi risiko kegagalan, langkah perbaikan difokuskan pada penurunan nilai Risk Priority Number (RPN), yang diperoleh dari perkalian Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D). Penurunan RPN ini dicapai melalui identifikasi dan pengintegrasian kontrol bawaan mesin dan kontrol internal perusahaan.

Tabel 3
Top 10 Nilai RPN setelah kontrol

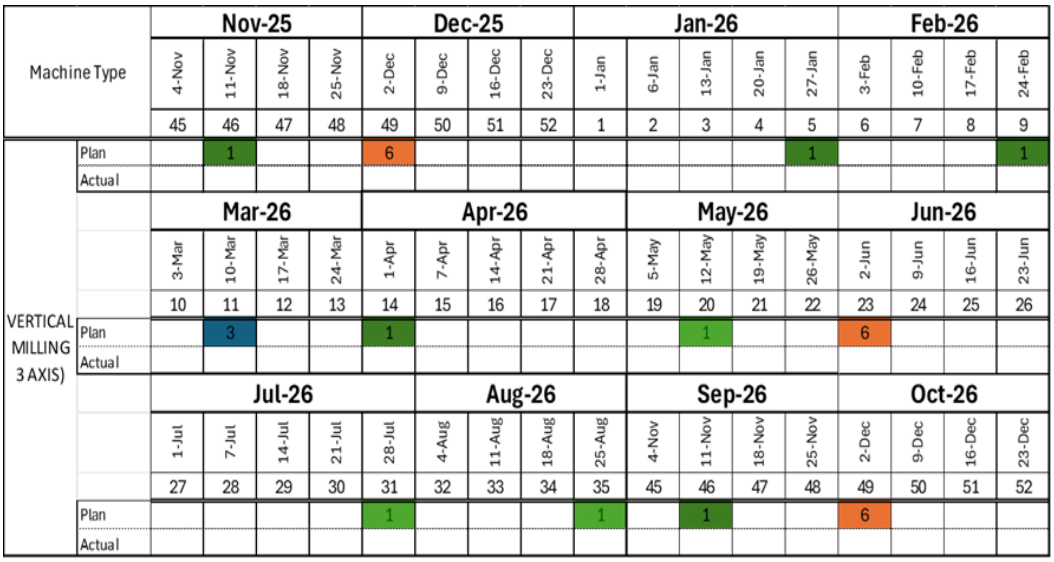
Task/Activity	Failure Mode	Effect of Failure	Cause	S	O	D	RPN	Preventive Action	P	RS	Risk Reduction (%)	Note
Start Process	Power suddenly shut down	Machine breakdown	Electrical trip	8	2	8	640	Auto power cut system	2	32	95%	
Start Process	Low voltage	Machine breakdown	Voltage flicker from PLN	8	2	8	640	Auto power cut system	2	32	95%	
Start Process	Machine error	Machine breakdown	Lost phase	6	3	7	630	PM checklist electrical	3	95	85%	PM
Start Process	Machine error	Machine breakdown	I/O error	6	3	7	630	PM checklist electrical	3	95	85%	PM
Start Process	Machine error	Machine \ breakdown	Power supply error	5	6	4	600	PM checklist electrical	3	90	85%	PM
Start Process	Machine error	Machine breakdown	Mechanical damage	7	2	8	560	Predictive maintenance	3	84	85%	PM
Start Process	Machine error	Machine \ breakdown	Pressure drop	7	2	8	560	PM maintenance	2	28	95%	PM
Start Process	Lost air pressure	Machine breakdown	Compressor shutdown	7	2	8	560	Backup compressor	2	28	95%	PM
Start Process	Leak hydraulic oil	Machine breakdown	Broken seal	7	2	8	560	Scheduled PM	3	84	85%	PM
Preparation	Fixture unstable	Machine collision	Loose clamp/bolt	8	2	7	560	Setup checklist	3	84	85%	Setup

Sumber: data olahan

Preventive Maintenance

Hasil dari analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menjadi dasar kualitatif dan kuantitatif untuk perumusan program *Preventive Maintenance* (PM). Program PM tersebut kemudian disusun menjadi jadwal

periodik yang terstruktur, meliputi interval: bulanan, tiga bulanan, dan enam bulanan.



Machine Type		Nov-25				Dec-25				Jan-26					Feb-26			
		4-Nov	11-Nov	18-Nov	25-Nov	2-Dec	9-Dec	16-Dec	23-Dec	1-Jan	6-Jan	13-Jan	20-Jan	27-Jan	3-Feb	10-Feb	17-Feb	24-Feb
		45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Plan		1			6								1				1
	Actual																	
		Mar-26				Apr-26				May-26					Jun-26			
		3-Mar	10-Mar	17-Mar	24-Mar	1-Apr	7-Apr	14-Apr	21-Apr	28-Apr	5-May	12-May	19-May	26-May	2-Jun	9-Jun	16-Jun	23-Jun
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
VERTICAL MILLING 3 AXIS)	Plan		3			1						1			6			
	Actual																	
		Jul-26					Aug-26				Sep-26				Oct-26			
		1-Jul	7-Jul	14-Jul	21-Jul	28-Jul	4-Aug	11-Aug	18-Aug	25-Aug	4-Nov	11-Nov	18-Nov	25-Nov	2-Dec	9-Dec	16-Dec	23-Dec
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	45	46	47	48	49	50	51	52
	Plan					1				1		1			6			
	Actual																	

Sumber: data olahan

Gambar 2
Preventive Maintenance Schedule

Autonomous Maintenance

Untuk meningkatkan kecepatan deteksi kerusakan minor, Autonomous Maintenance diimplementasikan pada mesin Vertical Milling 3 Axis di setiap shift operasional.

Tabel 4
Checklist Autonomous Maintenance

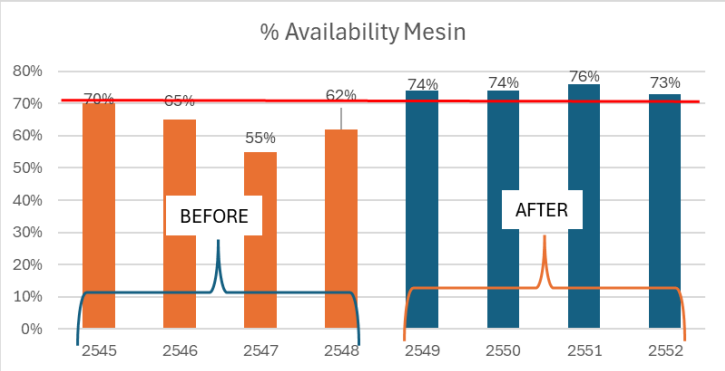
No	Item Check	Standard Control	Daily	Weekly	Safety
1	Clean inside machine	Clean	O		
2	Clean machine surface	Clean	O		
3	Check coolant level	L-H	O		
4	Check chip disposal	Clean	O		
5	Clean coolant filter	Clean	O		
6	Check grease level	L-H	O		
7	Clean magazine area	Clean	O		
8	Check air pressure	0.5-1 MPa	O		
9	Clean electrical panel filter	Clean	O		
10	Clean spindle taper	Clean		O	
11	Check tool pocket magazine	Clean		O	
12	Clean MNS unit	Clean		O	
13	Clean chiller filter	Clean		O	
14	Check oil chiller spindle	L-H		O	
15	Check emergency button	Function			O
16	Check door interlock	Function			O

Sumber: data olahan

Hasil Availability Machine setelah perbaikan

Dalam periode observasi selama 4 minggu, intervensi awal berupa *Quick Wins* menghasilkan peningkatan nyata pada performa mesin. Secara rata-rata, nilai Availability mesin meningkat dari 63% menjadi 74%. Keberhasilan jangka pendek ini didukung dan distabilkan melalui adopsi strategi pemeliharaan terstruktur:

1. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan kritis yang selanjutnya menjadi dasar untuk kegiatan Preventive Maintenance (PM) terjadwal (bulanan, tiga bulanan, dan enam bulanan).
2. Member produksi memiliki peran penting dengan melaksanakan Autonomous Maintenance harian untuk menjaga kondisi dasar mesin dan mendeteksi kerusakan minor.



Week	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
%	70%	65%	55%	62%	74%	74%	76%	73%
hrs	16.8	15.6	13.2	14.88	17.76	17.76	18.24	17.52

Sumber: data olahan

Gambar 3
Grafik *Availability before* dan *after*

SIMPULAN

Studi ini menyimpulkan bahwa implementasi strategi pemeliharaan terpadu, yang mengintegrasikan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk identifikasi risiko kritis dengan program Preventive Maintenance (PM) terstruktur, terbukti menjadi pendekatan yang sangat efektif dalam memitigasi downtime tak terencana, yang merupakan isu operasional aktual di perusahaan. Bukti empiris menunjukkan bahwa intervensi terstruktur ini berhasil menaikkan nilai Availability Overall Equipment Effectiveness (OEE) mesin Vertical Milling 3 Axis secara signifikan, dari 63% menjadi 74%. Peningkatan kinerja ini diperkuat oleh dua pilar: pertama, konsistensi pelaksanaan FMEA dan program PM yang dijamin oleh dukungan dan kolaborasi penuh dari seluruh pemangku kepentingan (manajemen hingga member lapangan); dan kedua, adopsi Autonomous Maintenance harian yang memungkinkan deteksi dini kerusakan minor oleh operator di setiap shift kerja.

DAFTAR PUSTAKA

Ardata, A. E. Y., Muhibbin, M., Parmono, B., 2025. Criminal Law Policy on the Expiration of Corruption Crimes. *JLPT: Journal of Law and Policy Transformation*, 10(1), 1–16.

Falwaguna, M. S., Ihsan, T., 2024. Penerapan Shinva OEE Monitoring System untuk Meningkatkan OEE Di PT Makmur Jaya Abadi. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, *4*(1), 220–228.

Ihsan, T., 2024. Analisis Total Productive Maintenance (TPM) pada Mesin Strip Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) PT XYZ. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, *4*(1), 209–219.

Ihsan, T., Rochman, D. D., Ferdian, R., 2025. Perencanaan Pemeliharaan Mesin Nitrogen Berdasarkan Repair Complexity dan Future Value: Pendekatan ISMO. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, *12*(2).

Imai, M., 1986. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.

Liker, J. K., 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Mobley, R. K., 2001. *An Introduction to Predictive Maintenance*. Butterworth-Heinemann.

Nakajima, S., 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance*. Productivity Press.

Stamatis, D. H., 2003. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution*. ASQ Quality Press.