



PAPER – OPEN ACCESS

Analisis Total Productivity Maintenance (TPM) Mesin Sterilizer pada PT. ABC dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Author : Hans Frederick Gratya Sinaga, dkk
DOI : 10.32734/ee.v8i1.2675
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 8 Issue 1 – 2025 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Analisis Total Productivity Maintenance (TPM) Mesin Sterilizer pada PT. ABC dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Hans Frederick Gratya Sinaga*, Reinhard Cleon Salomo Pasaribu, Raymond Hiskia Pandapotan Panjaitan, Hanna Margareth Tampubolon, Patrick Immanuel Silalahi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara Jln. Dr. T.Mansyur No. 9 Padang Bulan, Medan 2022, Indonesia
hansfrederickgsinaga@gmail.com*, reycleon20@gmail.com, raymondpanjaitan65@gmail.com, hannamargareth17@gmail.com, psilalahi027@gmail.com

Abstrak

PT. ABC, bergerak di bidang pengolahan kelapa sawit, menggunakan mesin sterilizer sebagai komponen penting dalam proses produksi. Efektivitas mesin ini sangat berpengaruh langsung pada produktivitas dan kualitas hasil olahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas mesin sterilizer dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penurunan efektivitas melalui pendekatan Total Productive Maintenance (TPM). Metode OEE mengukur tiga aspek utama: availability, performance, dan quality. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan dokumentasi historis. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata OEE sebesar 78,45%, yang masih berada di bawah standar world class sebesar 85%. Faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin diidentifikasi menggunakan diagram fishbone, yang meliputi aspek manusia, metode kerja, mesin, dan lingkungan. Rekomendasi strategis berupa penerapan pilar-pilar TPM seperti autonomous maintenance dan preventive maintenance diharapkan dapat meningkatkan kinerja mesin serta produktivitas secara keseluruhan.

Kata Kunci: Mesin Sterilizer ; OEE ; Produktivitas ; TPM

Abstract

PT. ABC, engaged in palm oil processing, utilizes a sterilizer machine as a critical component in its production process. The machine's effectiveness directly impacts productivity and the quality of the output. This study aims to analyze the sterilizer's effectiveness using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method and identify factors causing performance decline through the Total Productive Maintenance (TPM) approach. OEE measures three key aspects: availability, performance, and quality. Data were collected through field observations and historical records. The results show an average OEE value of 78.45%, which remains below the world-class standard of 85%. Causes of reduced machine effectiveness were identified using a fishbone diagram, covering human factors, work methods, machinery, and environment. Strategic recommendations include implementing TPM pillars such as autonomous maintenance and preventive maintenance to enhance machine performance and overall productivity.

Keywords: OEE ; Productivity ; Sterilizer Machine ; TPM

1. Pendahuluan

Dalam era industri modern, efisiensi dan efektivitas operasional mesin produksi menjadi faktor krusial untuk menjamin daya saing dan keberlangsungan perusahaan manufaktur. Salah satu pendekatan strategis yang banyak diterapkan untuk menjaga dan meningkatkan performa peralatan produksi adalah *Total Productive Maintenance* (TPM). TPM berpartisipasi menyeluruh dari seluruh elemen organisasi dalam menjaga kondisi optimal mesin guna mencapai nol kerusakan (*zero breakdown*), nol cacat (*zero defect*), dan nol kecelakaan kerja (*zero accident*) [1]. Keberhasilan penerapan TPM sangat bergantung pada pengukuran kinerja peralatan secara objektif dan konsisten, yang dalam praktiknya sering menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) [2].

OEE adalah indikator yang menilai efektivitas mesin dengan mengacu pada tiga komponen utama: availability, performance, dan quality rate [3]. Melalui analisis OEE, perusahaan dapat mengidentifikasi sumber utama dari *six big losses*, yang meliputi kerusakan mesin, *setup & adjustment*, *idling & minor stoppage*, *reduced speed*, *process defect*, serta *reduced yield* [4]. Evaluasi OEE tidak hanya membantu menentukan kondisi eksisting dari performa peralatan, tetapi juga sebagai landasan perbaikan berkelanjutan dalam strategi TPM [5].

PT. ABC menjalankan usahanya di sektor industri pengolahan makanan memiliki mesin *sterilizer* sebagai salah satu alat vital dalam proses produksinya. Mesin ini berperan penting dalam memastikan sterilitas produk yang dihasilkan, khususnya dalam pengolahan produk berbasis pangan yang membutuhkan jaminan mutu dan keamanan tinggi. Namun, berdasarkan observasi awal, mesin *sterilizer* tersebut mengalami penurunan performa yang berdampak pada produktivitas secara keseluruhan. Oleh karena itu, dibutuhkan analisis mendalam menggunakan pendekatan TPM dan pengukuran OEE untuk mengidentifikasi permasalahan dan peluang perbaikannya [6].

Banyak studi telah dilakukan terkait penerapan TPM dan OEE dalam berbagai sektor industri. Penelitian oleh Ahuja dan Khamba [7] menunjukkan bahwa penerapan TPM secara sistematis dapat meningkatkan OEE hingga 20% dalam industri otomotif. Sementara studi oleh Eti et al. [8] pada industri petrokimia di Nigeria mengungkapkan bahwa manajemen pemeliharaan yang tidak terstruktur menjadi penyebab utama rendahnya nilai OEE. Dalam konteks industri makanan, penelitian oleh Kiran et al. [9] menunjukkan bahwa mesin dengan siklus sterilisasi yang tidak stabil dapat menyebabkan kerugian waktu produksi hingga 15%.

Penerapan TPM juga sangat dipengaruhi oleh budaya organisasi dan keterlibatan karyawan [10]. Dalam hal ini, pendekatan *continuous improvement* melalui metode *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) sangat membantu dalam menciptakan siklus perbaikan yang berkelanjutan [11]. Selain itu, penggunaan teknologi seperti *Industrial Internet of Things* (IIoT) mulai digunakan untuk mengotomatisasi pengumpulan data OEE secara *real-time* [12]. Penelitian oleh Jonsson dan Lesshammar [13] menyatakan bahwa keberhasilan pemantauan OEE berbasis sensor dapat meningkatkan transparansi dan akurasi data peralatan produksi.

Dalam konteks Indonesia, studi oleh Wibowo et al. [14] menemukan bahwa nilai OEE rata-rata mesin produksi di sektor manufaktur nasional kinerjanya belum memenuhi standar OEE tingkat nasional yaitu sebesar 85%. Dengan demikian, riset terhadap peningkatan nilai OEE melalui TPM pada perusahaan nasional menjadi sangat relevan [15].

Dari uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai OEE mesin *sterilizer* pada PT. ABC, mengidentifikasi penyebab utama kerugian, serta merumuskan strategi peningkatan melalui pendekatan TPM. Studi ini diproyeksikan dapat memberikan sumbangsih empiris dan praktis pada peningkatan efektivitas pemeliharaan di sektor industri makanan nasional.

1.1. Tujuan Penelitian

Sasaran dari penelitian ini adalah menganalisis nilai OEE pada mesin sterilizer di PT. ABC, mengidentifikasi penyebab utama rendahnya OEE berdasarkan faktor-faktor six big losses, serta merumuskan rekomendasi strategi untuk meningkatkan efektivitas peralatan dengan pendekatan Total Productive Maintenance (TPM).

2. Metode Penelitian

Metode kuantitatif deskriptif diterapkan dalam studi ini untuk mengumpulkan dan menganalisis data. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung pada mesin sterilizer selama 30 hari kerja berturut-turut. Komponen OEE (*availability*, *performance*, *quality*) dihitung sesuai standar perhitungan OEE dari *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi *six big losses*. Selanjutnya, pendekatan TPM digunakan untuk merumuskan strategi perbaikan melalui analisis akar penyebab (*Root Cause Analysis*) dan PDCA cycle. Data sekunder diperoleh dari dokumen *maintenance* dan laporan produksi PT. ABC.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis OEE

OEE adalah metode komprehensif untuk mengevaluasi kinerja mesin yang mencakup aspek *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada periode 1 Juli hingga 21 Juli 2024, dapat dihitung tingkat efektivitas penggunaan mesin *sterilizer* di PT. ABC. Untuk melakukan perhitungan OEE ini, diperlukan data terkait waktu operasi mesin (*Availability*), kapasitas produksi aktual (*Performance*), serta jumlah produk yang memenuhi standar kualitas (*Quality*). Data utama yang digunakan dalam pengukuran efektivitas ini meliputi catatan pemeliharaan mesin *sterilizer*, laporan produksi harian, dan hasil inspeksi kualitas produk.

3.1.1. Availability

Sebagai contoh, perhitungan *availability* dilakukan pada periode 1 Juli hingga 21 Juli 2024 untuk mesin *sterilizer* menggunakan persamaan yaitu:

$$Availability = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Perhitungan *availability* untuk mesin *sterilizer* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan *Availability* Mesin *Sterilizer*

Tanggal	Loading Time (menit)	Operating Time (menit)	Downtime (menit)	Availability (%)
1 Jul 2024	1.200	1.110	90	92,50
2 Jul 2024	1.380	1.290	90	93,48
3 Jul 2024	900	780	120	86,67
4 Jul 2024	900	720	180	80,00
5 Jul 2024	840	720	120	85,71
6 Jul 2024	660	585	75	88,64
8 Jul 2024	1.140	1.020	120	89,47
9 Jul 2024	840	630	210	75,00
10 Jul 2024	1.020	840	180	82,35
11 Jul 2024	1.080	930	150	86,11
12 Jul 2024	1.080	870	210	80,56
13 Jul 2024	900	780	120	86,67
14 Jul 2024	420	420	0	100,00
15 Jul 2024	1.380	1.290	90	93,48
16 Jul 2024	1.140	960	180	84,21
17 Jul 2024	1.140	1.020	120	89,47
18 Jul 2024	1.140	1.020	120	89,47
19 Jul 2024	960	840	120	87,50
20 Jul 2024	1.020	900	120	88,24
21 Jul 2024	420	360	60	85,71
Rata-rata				87,43

Dapat disimpulkan dari hasil perhitungan bahwa mesin *sterilizer* memiliki nilai *availability ratio* terendah yaitu 75% pada tanggal 9 Juli 2024 dan tertinggi yaitu 100% pada tanggal 14 Juli 2024 dengan rata-rata 87,43%.

3.1.2. Performance Rate

Perhitungan *performance rate* sebagai contoh pada periode 1 Juli hingga 21 Juli 2024 untuk mesin *sterilizer* dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$Performance\ Rate = \frac{Output \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operating\ Time} \times 100\%$$

Perhitungan *performance rate* untuk mesin *sterilizer* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan *Performance Rate* Mesin Sterilizer

Tanggal	Total Produksi (ton)	<i>Ideal Cycle Time</i> (menit)	<i>Operation Time</i> (menit)	<i>Performance (%)</i>
1 Jul 2024	809	120	1.110	87,46
2 Jul 2024	944	120	1.290	87,81
3 Jul 2024	595	120	780	91,54
4 Jul 2024	498	120	720	83,00
5 Jul 2024	551	120	720	91,83
6 Jul 2024	437	120	585	89,64
8 Jul 2024	769	120	1.020	90,47
9 Jul 2024	481	120	630	91,62
10 Jul 2024	637	120	840	91,00
11 Jul 2024	717	120	930	92,52
12 Jul 2024	666	120	870	91,86
13 Jul 2024	676	120	780	90,13
14 Jul 2024	320	120	420	91,43
15 Jul 2024	920	120	1.290	85,58
16 Jul 2024	726	120	960	90,75
17 Jul 2024	775	120	1.020	91,18
18 Jul 2024	729	120	1.020	85,76
19 Jul 2024	647	120	840	92,43
20 Jul 2024	670	120	900	89,33
21 Jul 2024	273	120	360	91,00
Rata-rata				89,76

Data hasil perhitungan memperlihatkan bahwa mesin sterilizer memiliki nilai *performance rate* terendah yaitu 83% pada tanggal 4 Juli 2024 dan tertinggi yaitu 92,52% pada tanggal 11 Juli 2024 dengan rata-rata 89,76%.

3.1.3. *Quality Rate*

Perhitungan *quality rate* sebagai contoh pada periode 1 Juli hingga 21 Juli 2024 untuk mesin *sterilizer* dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$Quality Rate = \frac{\text{Output-Reject Product}}{\text{Output}} \times 100\%$$

Perhitungan *quality rate* untuk mesin *sterilizer* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan *Quality Rate* Mesin *Sterilizer*

Tanggal	Total Produksi (ton)	<i>Reject Product</i> (kg)	<i>Quality Rate</i> (%)
1 Jul 2024	809	0	100
2 Jul 2024	944	0	100
3 Jul 2024	595	0	100
4 Jul 2024	498	0	100
5 Jul 2024	551	0	100
6 Jul 2024	437	0	100
8 Jul 2024	769	0	100
9 Jul 2024	481	0	100
10 Jul 2024	637	0	100
11 Jul 2024	717	0	100
12 Jul 2024	666	0	100
13 Jul 2024	676	0	100
14 Jul 2024	320	0	100
15 Jul 2024	920	0	100
16 Jul 2024	726	0	100
17 Jul 2024	775	0	100
18 Jul 2024	729	0	100
19 Jul 2024	647	0	100
20 Jul 2024	670	0	100
21 Jul 2025	273	0	100
Rata-rata			100

Data hasil perhitungan memperlihatkan bahwa mesin *sterilizer* memiliki nilai *quality rate* sebesar 100% karena tidak terdapat produk yang cacat selama proses perebusan.

3.1.4. Pengukuran Nilai OEE

Dengan hasil yang sudah ada, perhitungan OEE dapat dilaksanakan seperti berikut

$$\text{OEE} = \text{Availability (\%)} \times \text{Performance Rate (\%)} \times \text{Quality Rate (\%)}$$

Perhitungan OEE untuk mesin *sterilizer* pada periode 1 Juli hingga 21 Juli 2024 dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan OEE Mesin *Sterilizer*

Tanggal	<i>Availability Ratio</i> (%)	<i>Performance Ratio</i> (%)	<i>Quality Ratio (%)</i>	<i>Overall Equipment Effectiveness (%)</i>
1 Jul 2024	92,50	87,46	100	80,90
2 Jul 2024	93,48	87,81	100	82,09
3 Jul 2024	86,67	91,54	100	79,33
4 Jul 2024	80,00	83,00	100	66,40
5 Jul 2024	85,71	91,83	100	78,71
6 Jul 2024	88,64	89,64	100	79,45
8 Jul 2024	89,47	90,47	100	80,95
9 Jul 2024	75,00	91,62	100	68,71
10 Jul 2024	82,35	91,00	100	74,94
11 Jul 2024	86,11	92,52	100	79,67
12 Jul 2024	80,56	91,86	100	74,00
13 Jul 2024	86,67	90,13	100	79,53
14 Jul 2024	100,00	91,43	100	91,43
15 Jul 2024	93,48	85,58	100	80,00
16 Jul 2024	84,21	90,75	100	76,42
17 Jul 2024	89,47	91,18	100	81,58
18 Jul 2024	89,47	85,76	100	76,74
19 Jul 2024	87,50	92,43	100	80,88
20 Jul 2024	88,24	89,33	100	78,82
21 Jul 2024	85,71	91,00	100	78,00
Rata-rata	87,43	89,76	100	78,45

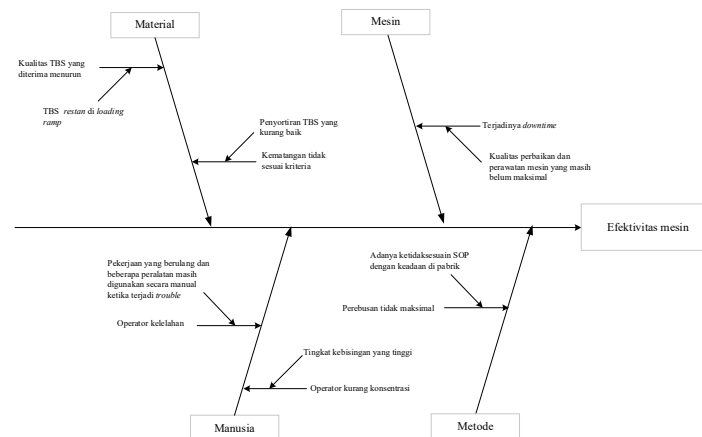
Berdasarkan pengolahan, diperoleh nilai rata-rata OEE sebesar 78,45%. untuk membandingkan kinerja mesin sterilizer dengan standar OEE internasional, dilakukan perhitungan rata-rata pada tiap faktor OEE. metode ini juga digunakan untuk membandingkan dengan standar JIPM. detail perbandingan antara nilai OEE mesin sterilizer dan standar internasional dapat ditinjau di tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Nilai OEE Mesin *Sterilizer* dengan Standar Internasional

Faktor OEE	Nilai OEE Standar Internasional	Nilai OEE Mesin <i>Sterilizer</i>
<i>Availability Ratio</i>	>90,0%	87,43%
<i>Performance Efficiency</i>	>95,0%	89,76%
<i>Rate of Quality Product</i>	>99,9%	100%
<i>OEE</i>	>85,0%	78,45%

dari data yang ditampilkan pada tabel tersebut, terlihat bahwa OEE mesin sterilizer di PT. ABC belum memenuhi standar global. rendahnya skor OEE ini dikarenakan oleh durasi operasional yang terbatas serta frekuensi downtime yang cukup tinggi, mengindikasikan bahwa mesin tersebut belum bekerja secara efektif dan efisien

faktor-faktor yang berkontribusi terhadap nilai OEE pada ketiga mesin perlu dianalisis secara mendalam agar tindakan perbaikan bisa segera dilakukan. oleh karena itu, digunakan diagram sebab-akibat (fishbone) untuk mengidentifikasi dan menentukan akar penyebab rendahnya nilai OEE pada mesin sterilizer. diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 1..



Gambar 1. Diagram *Fishbone* Rendahnya Efektivitas Mesin Sterilizer

Analisis penyebab rendahnya nilai OEE dengan diagram sebab-akibat menunjukkan beberapa faktor berikut, pekerjaan yang berulang dan masih dilakukan secara manual ketika terjadi *trouble* sehingga operator kelelahan, tingkat kebisingan yang tinggi menyebabkan operator kurang konsentrasi dalam bekerja, TBS yang *restan* di *loading ramp* menyebabkan kualitas TBS yang di terima menurun, penyortiran TBS yang kurang baik sehingga kematangan tidak sesuai kriteria, adanya ketidaksesuaian SOP dengan keadaan di pabrik yang menyebabkan proses perebusan tidak maksimal. Kualitas perbaikan ataupun perawatan mesin yang masih belum maksimal, metode perawatan dan perbaikan mesin secara preventif, prediktif, maupun korektif belum berjalan secara konsisten. Disisi lain kualitas perawatan dan perbaikan mesin masih belum maksimal yang mengakibatkan terjadinya *downtime*.

Dari hasil proses evaluasi dan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa rasio ketersediaan (availability ratio) dan efisiensi kinerja (performance efficiency) mesin sterilizer di PT. ABC sudah tergolong tinggi, namun belum mencapai standar yang ditetapkan. hal ini menunjukkan bahwa mesin tersebut masih kurang produktif, dan efisiensi penggunaannya memengaruhi nilai OEE secara negatif. nilai OEE mesin sterilizer PT. ABC sebesar 78,45% masih di bawah standar internasional, meskipun sudah termasuk cukup tinggi. oleh karena itu, perbaikan berkelanjutan perlu dilakukan untuk meningkatkan nilai OEE tersebut.

Dalam memecahkan berbagai kendala tersebut, perusahaan harus memberikan pemahaman dan edukasi mengenai total productive maintenance (TPM) kepada seluruh operator. TPM memiliki satu fondasi dan delapan pilar yang dikenal sebagai 8 pilar TPM. fondasi TPM adalah 5S, yang meliputi seiri (ringkas), seiton (rapi), seiso (bersih), shiketsu (rawat), dan shitsuke (disiplin). penerapan 5S bertujuan untuk membersihkan dan mengorganisasi area kerja

sehingga memudahkan dalam menemukan sumber masalah yang sebelumnya sulit terdeteksi akibat kondisi tempat kerja yang berantakan. usulan perbaikan berdasarkan 8 pilar TPM dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Usulan Perbaikan Menggunakan 8 Pilar TPM

No	Pilar	Usulan Perbaikan
1.	<i>Autonomous Maintenance</i>	Menetapkan jadwal pemeliharaan rutin untuk memastikan mesin selalu dalam kondisi optimal.
		Melatih operator untuk melakukan pemeliharaan dasar seperti pembersihan mesin.
		Mengidentifikasi akar penyebab kerugian, seperti operator yang belum diberikan pelatihan.
2.	<i>Focused Improvement</i>	Melakukan diskusi dengan konsultan atau orang yang ahli di bidang produksi seperti berdiskusi mengenai perbaikan SOP.
		Memberikan pelatihan berkelanjutan untuk meningkatkan pengetahuan operator dan tim <i>maintenance</i> .
4.	<i>Quality Maintenance</i>	Menciptakan suasana pelatihan yang menyenangkan agar operator dan tim <i>maintenance</i> dapat lebih mudah mengerti mengenai materi yang disampaikan.
		Memberikan pelatihan berkelanjutan untuk meningkatkan pengetahuan operator dan tim <i>maintenance</i> .
5.	<i>Education and Training</i>	Menciptakan suasana pelatihan yang menyenangkan agar operator dan tim <i>maintenance</i> dapat lebih mudah mengerti mengenai materi yang disampaikan.
6.	<i>Safety, Health, and Environment</i>	Memastikan mesin <i>sterilizer</i> beroperasi dengan aman sesuai dengan regulasi keselamatan kerja yang berlaku.
		Mengidentifikasi potensi bahaya dan membuat tindakan pencegahannya.
		Memastikan bahwa mesin <i>sterilizer</i> baru yang akan dipesan memiliki rancangan yang memudahkan proses <i>maintenance</i> .
7.	<i>Office TPM</i>	Melibatkan operator mengenai usulan pemesanan mesin baru yang memiliki rancangan yang dapat mempermudah operator ketika mengoperasikannya sehingga dapat dihasilkan hasil perebusan yang lebih berkualitas.
		Menerapkan prinsip TPM dalam proses administrasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas.
8.	<i>Development Management</i>	Menggunakan data OEE untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dan efisien.

4. Kesimpulan

Berdasarkan temuan analisis, dapat dirangkum nilai OEE mesin *sterilizer* di PT. ABC berada di bawah standar *world class* (85%), dengan faktor utama kerugian berasal dari *downtime* akibat kerusakan mesin dan waktu *setup* yang lama. Pendekatan TPM, khususnya *autonomous maintenance* dan *planned maintenance*, menjadi kunci utama dalam meningkatkan kinerja mesin. Rekomendasi strategi perbaikan mencakup pelatihan operator, jadwal preventif yang lebih ketat, serta digitalisasi *monitoring downtime*.

Ucapan Terima Kasih

Penghargaan setinggi-tingginya kami berikan kepada seluruh staf dan manajemen PT. ABC atas dukungan serta izin yang mempermudah pengumpulan data dalam penelitian ini.

References

- [1] Nakajima, S., "Introduction to TPM: Total Productive Maintenance," Productivity Press, 1988.
- [2] Wireman, T., "Developing Performance Indicators for Managing Maintenance," Industrial Press, 2005.
- [3] Vorne Industries, "OEE Overall Equipment Effectiveness," <https://www.oee.com>, Accessed: Apr. 2025.
- [4] Ahuja, I.P.S. and Khamba, J.S., "Total productive maintenance: literature review and directions," *Int. J. Qual. & Reliab. Mgmt.*, vol. 25, no. 7, pp. 709–756, 2008.
- [5] Muchiri, P., et al., "An Overview of OEE Measurement in Manufacturing," *Production Planning & Control*, vol. 22, no. 7, pp. 644–656, 2011.
- [6] Siregar, Y. et al., "Evaluasi OEE pada Mesin Pengemasan Produk Makanan," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 10, no. 2, 2022.
- [7] Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S., "Total productive maintenance: literature review and directions," *IJQRM*, vol. 25, no. 7, 2008.
- [8] Eti, M.C., Ogaji, S.O.T., Probert, S.D., "Implementing TPM in Nigerian Industries," *Appl. Energy*, vol. 79, no. 4, pp. 385–401, 2004.
- [9] Kiran, D.R. et al., "OEE analysis in food processing equipment," *Food Control*, vol. 31, no. 2, 2013.
- [10] McKone, K.E., Schroeder, R.G., Cua, K.O., "The impact of TPM practices on manufacturing performance," *JOM*, vol. 19, no. 1, 2001.
- [11] Imai, M., "Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success," McGraw-Hill, 1986.
- [12] Lee, J. et al., "Smart factory systems," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 43, pp. 179–186, 2017.
- [13] Jonsson, P. and Lesshammar, M., "Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 19, no. 1, 1999.
- [14] Wibowo, H. et al., "Analisis OEE dalam industri manufaktur Indonesia," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 11, no. 3, 2023.
- [15] Almeanazel, O.T., "Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement," *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, vol. 4, no. 4, 2010.