

Analisis *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin *Tire Building* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses* di PT XYZ

Raihan Kusairi*, Setiawan, Puput Rahmawati

Universitas Pelita Bangsa, Indonesia

Email: raihankusairi110603@gmail.com*, setiawan@pelitabangsa.ac.id,

puput@pelitabangsa.ac.id

Keywords:

Overall Equipment Effectiveness (OEE); Six Big Losses; Total Productive Maintenance (TPM)

Abstract

The tire manufacturing industry faces significant challenges in maintaining production productivity and quality due to its high dependence on machine reliability. As one of the critical equipment in the tire production process, tire building machines require optimal effectiveness to minimize production losses caused by operational disturbances. This study aims to analyze the effectiveness of the tire building machine at PT XYZ through the Total Productive Maintenance (TPM) approach using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses methods, as well as to identify the main factors affecting machine performance degradation. This research employed a descriptive quantitative method with a case study approach using operational machine data collected from September to December. The analysis was conducted by calculating three main OEE components, namely availability rate, performance rate, and quality rate, followed by Six Big Losses analysis and priority identification using a Pareto diagram. The results showed that the average OEE value of the tire building machine was 62.28%, which is below the world-class standard of 85%. The average availability rate reached 94.74%, while the performance rate and quality rate were 76.83% and 85.39%, respectively. The largest contributor to production losses was identified as reduce speed losses with an average value of 21.93% and a cumulative contribution of 36.24%, followed by idling and minor stoppages losses, process defect losses, and reduce yield losses. These findings indicate that improvement efforts should focus on reducing speed-related losses, increasing operational stability, and improving product quality control. This study provides practical recommendations for PT XYZ in developing a sustainable TPM-based maintenance strategy to improve machine effectiveness and production efficiency.

Kata Kunci:

Overall Equipment Effectiveness (OEE); Six Big Losses; Total Productive Maintenance (TPM)

Abstrak

Industri manufaktur ban menghadapi tantangan dalam mempertahankan produktivitas dan kualitas produksi akibat tingginya ketergantungan terhadap keandalan mesin. Mesin *tire building* sebagai salah satu peralatan kritis dalam proses produksi ban perlu memiliki tingkat efektivitas yang optimal untuk menghindari kehilangan produksi akibat gangguan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas mesin *tire building* di PT XYZ melalui pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM)

menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses* serta mengidentifikasi faktor penyebab utama penurunan kinerja mesin. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus menggunakan data operasional mesin periode September–Desember. Analisis dilakukan melalui perhitungan tiga komponen OEE, yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi kerugian produksi berdasarkan *Six Big Losses* dan analisis prioritas menggunakan diagram Pareto. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE mesin *tire building* sebesar 62,28%, masih berada di bawah standar *world class* sebesar 85%. Nilai *availability rate* mencapai 94,74%, sedangkan *performance rate* sebesar 76,83% dan *quality rate* sebesar 85,39%. Faktor kerugian terbesar berasal dari *reduce speed losses* sebesar 21,93% dengan kontribusi kumulatif 36,24%, diikuti oleh *idling and minor stoppages losses*, *process defect losses*, dan *reduce yield losses*. Berdasarkan hasil tersebut, peningkatan efektivitas mesin perlu difokuskan pada pengurangan kehilangan kecepatan produksi, peningkatan stabilitas operasi, dan pengendalian kualitas produk. Penelitian ini memberikan rekomendasi strategis bagi perusahaan dalam mengoptimalkan program pemeliharaan mesin berbasis TPM secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor strategis dalam rantai pasok otomotif nasional yang memiliki tuntutan produktivitas tinggi dan konsistensi kualitas ketat (Kurniawan, 2025; Zharfan & Silwa, 2025). Dalam lingkungan produksi seperti ini, keandalan mesin menjadi faktor kritis yang secara langsung memengaruhi kemampuan perusahaan dalam memenuhi target produksi dan mempertahankan standar kualitas produk. Gangguan pada peralatan produksi, sekecil apapun, dapat memicu efek domino yang berdampak pada keterlambatan pengiriman, peningkatan biaya produksi, serta penurunan kepuasan pelanggan (Oktafia & Septiari, 2025).

Salah satu tahapan paling krusial dalam proses produksi ban adalah proses *tire building*, yakni proses pembentukan ban mentah (*green tire*) sebelum memasuki tahap vulkanisasi (Aranda et al., 2022). Mesin *tire building* bertugas merakit berbagai komponen ban seperti *bead*, *ply*, *belt*, dan *tread* menjadi satu kesatuan ban yang belum dimasak. Proses ini memerlukan presisi tinggi karena kesalahan pada tahap pembentukan akan berdampak langsung pada kualitas akhir ban yang dihasilkan (Tamborski et al., 2023; Aranda et al., 2022). Mengingat perannya yang vital, mesin *tire building* menjadi salah satu titik kritis yang harus dipantau dan dikelola secara berkelanjutan agar tidak mengalami penurunan efektivitas (Raju et al., 2022; Zehra et al., 2024; Wolska et al., 2023; Tamborski et al., 2023).

Pada praktiknya, mesin *tire building* rentan terhadap berbagai jenis kerugian produksi yang secara kolektif dikenal sebagai *Six Big Losses*. Kerugian tersebut mencakup *breakdown* atau kerusakan mendadak, waktu yang terbuang saat penyetelan mesin (*setup and adjustment*), gangguan kecil yang menyebabkan mesin berhenti sesaat (*idling and minor stoppages*), penurunan kecepatan produksi (*reduced speed*), cacat pada produk yang dihasilkan (*process defect*), serta kerugian pada awal proses produksi (*reduced yield*). Jika tidak dianalisis dan

ditangani secara sistematis, akumulasi dari berbagai kerugian tersebut dapat menyebabkan penurunan efektivitas mesin yang signifikan (Novendria & Hartini, 2024).

Fenomena penurunan efektivitas mesin ini tidak dapat dikelola hanya dengan pendekatan perawatan konvensional yang bersifat reaktif (Prahmawati & Rumambi, 2026; Rahman et al., 2025; Wibowo, 2025; Wijaya et al., 2025). Diperlukan sebuah kerangka manajemen perawatan yang lebih terstruktur dan bersifat proaktif (Hartono, 2026; Hidayat et al., 2025; Peluw & Kep, 2022). *Total Productive Maintenance* (TPM) hadir sebagai solusi komprehensif yang tidak hanya berfokus pada perbaikan kerusakan, tetapi juga melibatkan seluruh elemen organisasi mulai dari operator di lantai produksi hingga manajemen puncak dalam upaya memaksimalkan efektivitas peralatan. TPM dirancang untuk mencapai kondisi ideal di mana tidak ada kerusakan, tidak ada cacat, dan tidak ada kecelakaan dalam proses produksi (Constantinus & Sitepu, 2023).

Dalam industri manufaktur ban, aspek keandalan mesin menjadi semakin kritis karena proses produksi terdiri atas beberapa tahapan yang saling berkaitan dan membutuhkan tingkat presisi tinggi. Salah satu proses utama dalam pembuatan ban adalah *tire building*, yaitu proses pembentukan ban mentah (*green tire*) dengan menggabungkan berbagai komponen seperti *bead*, *ply*, *belt*, dan *tread* sebelum memasuki proses vulkanisasi. Mesin *tire building* memiliki peranan strategis karena kesalahan atau gangguan pada tahap ini dapat memengaruhi kualitas produk akhir dan menyebabkan pemborosan sumber daya produksi. Namun, pada praktiknya, mesin tersebut masih menghadapi berbagai permasalahan operasional seperti kerusakan mesin, waktu penyetelan yang panjang, penurunan kecepatan produksi, serta meningkatnya produk cacat (Aiman, 2023; Alim et al., 2023; Hermanto, 2025; Indra & Angga, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa efektivitas mesin perlu dievaluasi secara sistematis agar perusahaan dapat mengidentifikasi faktor penyebab rendahnya produktivitas dan menentukan strategi perbaikan yang tepat.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) yang dikombinasikan dengan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan analisis *Six Big Losses* mampu meningkatkan efektivitas peralatan produksi. Penelitian Oktafia dan Septiari (2025) menunjukkan bahwa penggunaan OEE dan *Six Big Losses* dapat mengidentifikasi faktor dominan penyebab rendahnya efektivitas mesin pada industri manufaktur. Penelitian Rahayu dan Miftahuddin (2025) pada mesin *Curing Tire Press* juga membuktikan bahwa pengukuran OEE perlu dilanjutkan dengan analisis *Six Big Losses* untuk menemukan sumber kerugian utama yang memengaruhi performa mesin. Selain itu, beberapa penelitian lain pada berbagai jenis mesin produksi, seperti mesin *packer*, *stamping*, *blowing*, dan *packing*, menunjukkan bahwa pendekatan TPM mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai tingkat efektivitas mesin serta menjadi dasar dalam penyusunan strategi peningkatan produktivitas.

Meskipun berbagai penelitian mengenai TPM, OEE, dan *Six Big Losses* telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada mesin produksi secara umum dan belum banyak mengkaji secara spesifik karakteristik mesin *tire building* pada industri manufaktur ban. Selain itu, beberapa penelitian hanya berhenti pada pengukuran nilai OEE tanpa melakukan analisis mendalam terhadap kontribusi masing-masing jenis kerugian (*losses*) dan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya penelitian yang tidak hanya mengukur tingkat efektivitas

mesin, tetapi juga mengidentifikasi faktor dominan penyebab kehilangan produktivitas melalui pendekatan *Six Big Losses* sehingga rekomendasi perbaikan yang dihasilkan lebih relevan dengan kebutuhan operasional perusahaan.

Urgensi penelitian ini semakin kuat karena PT XYZ sebagai salah satu perusahaan manufaktur ban menghadapi tuntutan untuk mempertahankan produktivitas tinggi dan kualitas produk yang konsisten di tengah persaingan industri yang semakin ketat. Berdasarkan kondisi operasional mesin tire building, diperlukan evaluasi berbasis data untuk mengetahui apakah mesin telah beroperasi secara optimal sesuai standar industri. Pengukuran OEE memberikan informasi mengenai tingkat ketersediaan (*availability*), performa (*performance*), dan kualitas (*quality*) mesin, sedangkan analisis *Six Big Losses* memberikan pemahaman mengenai sumber utama pemborosan waktu produksi. Dengan demikian, penelitian ini menjadi penting sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen dalam merancang strategi pemeliharaan yang lebih efektif, mengurangi kehilangan produksi, dan meningkatkan efisiensi operasional.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan integrasi metode TPM, OEE, dan *Six Big Losses* secara khusus pada mesin tire building di industri manufaktur ban dengan menggunakan data operasional aktual perusahaan. Penelitian ini tidak hanya berorientasi pada pengukuran nilai efektivitas mesin, tetapi juga melakukan identifikasi jenis kerugian dominan yang menyebabkan penurunan performa mesin serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan pendekatan analisis kerugian produksi. Pendekatan tersebut memberikan kontribusi praktis karena mampu menjembatani kebutuhan perusahaan dalam memahami kondisi aktual mesin dengan strategi peningkatan produktivitas berbasis data. Selain itu, hasil penelitian dapat memperkaya kajian akademik mengenai implementasi TPM pada sektor manufaktur ban yang memiliki karakteristik proses produksi berbeda dibandingkan industri manufaktur lainnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas mesin tire building di PT XYZ menggunakan pendekatan *Total Productive Maintenance* melalui metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses*, serta mengidentifikasi faktor kerugian utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis berupa penguatan literatur mengenai penerapan TPM dalam peningkatan kinerja aset produksi, sekaligus memberikan manfaat praktis bagi perusahaan dalam menyusun strategi pemeliharaan, meningkatkan efisiensi penggunaan mesin, mengurangi waktu kehilangan produksi, dan mendukung peningkatan produktivitas secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan desain studi kasus (*case study*). Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nilai-nilai numerik yang terukur melalui perhitungan *availability rate*, *performance rate*, *quality rate*, dan OEE, serta mengkuantifikasi besaran masing-masing jenis kerugian dalam kerangka *Six Big Losses* (Oktafia & Septiari, 2025). Dimensi deskriptif dari penelitian ini tercermin dari upaya untuk menggambarkan secara sistematis dan akurat kondisi aktual efektivitas mesin tire building berdasarkan data empiris yang dikumpulkan di lapangan.

Desain studi kasus dipilih karena penelitian ini berfokus pada fenomena yang terjadi dalam satu unit analisis yang spesifik, yaitu mesin *tire building* di XYZ, dalam rentang waktu yang terdefinisi dengan jelas. Studi kasus memungkinkan peneliti untuk memperoleh pemahaman yang mendalam dan kontekstual mengenai permasalahan efektivitas mesin, bukan hanya gambaran permukaan yang bersifat umum (Rahayu & Miftahuddin, 2025). Kombinasi antara perhitungan OEE, identifikasi losses dominan melalui diagram Pareto, serta analisis akar masalah menggunakan fishbone diagram menjadikan penelitian ini tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga analitis dan berorientasi pada solusi perbaikan.

Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data diawali dengan menyusun data produksi dan data kerusakan mesin *Tire Building* selama periode September sampai Desember. Data yang digunakan meliputi waktu kerja tersedia, waktu berhenti mesin, waktu operasi aktual, jumlah output, jumlah produk baik, jumlah produk cacat, serta waktu siklus ideal mesin. Setelah data tersusun, tahap berikutnya adalah menghitung nilai *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Ketiga nilai tersebut kemudian dikalikan untuk memperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Pengelompokan Data Operasional Mesin Tahap awal pengolahan data dilakukan dengan mengelompokkan data operasional mesin *tire building*. Data yang digunakan meliputi *loading time*, *downtime*, *operation time*, *ideal cycle time*, *processed amount*, *good product*, dan *defect product*. Pengelompokan data ini penting karena setiap komponen memiliki fungsi berbeda dalam perhitungan OEE. Misalnya, data *downtime* digunakan untuk menghitung *availability*, data output dan *cycle time* digunakan untuk menghitung *performance*, sedangkan data produk baik dan produk cacat digunakan untuk menghitung *quality*. Apabila data tidak dikelompokkan dengan tepat, maka hasil perhitungan OEE berpotensi tidak mencerminkan kondisi aktual mesin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

***Breakdown dan Setup* Mesin**

Breakdown adalah Kondisi di mana mesin atau peralatan tidak berfungsi dengan baik, menyebabkan produksi tertunda dan membutuhkan pemeliharaan segera. *setup* juga dikenal sebagai waktu penyiapan, merujuk pada waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan suatu proses atau mesin untuk siap digunakan dalam produksi setelah perubahan jenis produk atau aktivitas perawatan. Waktu penyiapan sering dianggap sebagai salah satu kendala utama untuk mencapai efisiensi produksi yang tinggi, terutama dalam sistem manufaktur yang mengutamakan fleksibilitas dan keragaman produk. Waktu *setup* ini mencakup berbagai tugas seperti penggantian alat, penyesuaian mesin, kalibrasi peralatan, dan berbagai langkah persiapan lainnya yang diperlukan untuk memastikan bahwa mesin berfungsi dengan baik. Data waktu *breakdown* dan *setup* mesin *tire building* bulan september-desember .

Tabel 1. Data Breakdown dan Setup mesin Tire Building Periode September-Desember

Bulan	Breakdown (menit)	Setup (menit)
September	780	750
Oktober	2.000	750
November	1.098	750
Desember	2.151	750
Jumlah	6.029	3.000
Rata-rata	1.507	750

Sumber: Peneliti (2025)

Data Downtime

Downtime ialah Periode waktu ketika mesin tidak dapat digunakan untuk produksi, downtime dapat disebabkan beberapa faktor seperti kerusakan, pemeliharaan terjadwal, dan perubahan setup. Dalam produktivitas *downtime* seringkali diidentifikasi sebagai salah satu komponen utama dari kerugian peroduktivitas, karena berdampak langsung pada kapasitas produksi dan efisiensi produksi. *Downtime* dapat dikategorikan menjadi *downtime* terencana dan tidak terencana, *downtime* terencana mencakup aktivitas pemeliharaan atau *preventif* dan kegiatan *setup*, sedangkan *downtime* tidak terencana disebabkan oleh kerusakan mendadak.

Tabel 2. Data Downtime Mesin Tire Buiding periode September-Desember

Bulan	Breakdown (menit)	Setup (menit)	Downtime (menit)
September	780	750	1.530
Oktober	2.000	750	2.750
November	1.098	750	1.848
Desember	2.151	750	2.901
Jumlah	6.029	3.000	9.029
Rata-rata	1.507	750	2.257

Sumber: Peneliti (2025)

Data Produksi

data produksi mesin Tire Building selama 4 bulan pada September sampai Desember, mencakup output aktual, produk OK, produk NG (cacat), target produksi, dan *ideal cycle time*.

Tabel 3. Data Produksi Periode September-Desember

Data Produksi Periode September-Desember					
Bulan	Jumlah Output Produksi	Produk OK	Produk NG	Target Produksi	<i>Ideal cycle time</i> (Menit)
September	15.870	14.340	1.530	17.400	2
Oktober	15.850	13.100	2.750	18.600	2
November	16.152	14.304	1.848	18.000	2
Desember	14.499	11.598	2.901	17.400	2
Total	62.371	53.342	9.029	71.400	8

Sumber: Peneliti (2025)

Data jam kerja mesin

Data jam kerja mesin merupakan dasar perhitungan *loading time* yang digunakan dalam analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *Loading time* menggambarkan total waktu

yang tersedia bagi mesin untuk beroperasi dalam satu periode produksi, sebelum dikurangi dengan *downtime* yang terjadi.

Tabel 4. Data jam produksi periode September-Desember

Jam Kerja Mesin Tire Building Periode September-Desember				
Bulan	Jumlah hari kerja	Total Shift/hari	Jam kerja/Shift	Total waktu kerja (Menit)
September	29	3	8	41.760
Oktober	31	3	8	44.640
November	30	3	8	43.200
Desember	29	3	8	41.760
Total				171.360

Sumber: Peneliti (2025)

Pada Tabel 4, mesin Tire Building di PT XYZ beroperasi dengan sistem tiga shift per hari, di mana setiap shift berlangsung selama 8 jam. Jumlah hari kerja setiap bulan bervariasi tergantung pada kalender produksi perusahaan. Pada bulan September dan Desember, mesin beroperasi selama 29 hari kerja, sedangkan pada bulan Oktober mesin beroperasi selama 31 hari kerja, dan pada bulan November selama 30 hari kerja.

Analisis dan Pembahasan

Perhitungan Availability Ratio

Availability Rate adalah perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana mesin dapat tersedia untuk digunakan dalam waktu yang sudah direncanakan. Untuk melakukan perhitungan *AvailabilityRate* digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Availability Rate} = \frac{(\text{Loading Time} - \text{Downtime})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan:

Loading Time : waktu kerja mesin tanpa adanya gangguan

Downtime : waktu berhentinya mesin akibat kerusakan

Nilai *Availability* bulan Januari bisa dilihat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Availability rate September} &= \frac{(41.760 - 1.530)}{41.760} \times 100\% \\ &= \frac{40.230}{41.760} \times 100\% \\ &= 96,34\% \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama untuk memperoleh nilai *Availability Rate* periode September-Desember maka hasilnya terdapat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Availability Rate

Availability Rate				
Bulan	Loading Time (Menit)	Downtime (Menit)	Operational Time (Menit)	AR %
September	41.760	1.530	40.230	96,34%
Oktober	44.640	2.750	41.890	93,84%
November	43.200	1.848	41.352	95,72%
Desember	41.760	2.901	38.859	93,05%
Rata-rata				94,74%

Sumber: Peneliti (2025)

Perhitungan *Performance Rate*

Performance Rate adalah cara mengukur seberapa dekat kecepatan operasi mesin terhadap operasi idealnya. Dengan ini dapat membantu mengetahui apakah mesin berjalan dengan optimal atau ada potensi untuk peningkatan. Dalam melakukan pengukuran nilai *Performance Rate* ada beberapa faktor yang harus dilakukan yaitu :

1. Mengukur *Ideal Cycle Time*

$$\begin{aligned} \text{Ideal Cycle Time} &= \frac{\text{Loading Time}}{\text{Target Production}} \\ &= \frac{41.760}{17.400} \\ &= 2 \end{aligned}$$

Keterangan:

Loading Time : waktu kerja mesin tanpa adanya gangguan

Target Production : Jumlah Produksi yang harus dicapai dalam satu bulan

2. *Operational Time*

$$\begin{aligned} \text{Operatioanal Time} &= \text{Loading Time} - \text{Downtime} \\ &= 41.760 - 1.530 \\ &= 40.230 \end{aligned}$$

Keterangan:

Loading Time : waktu kerja mesin tanpa adanya gangguan

Downtime : waktu berhentinya mesin akibat kerusakan

Setelah melakukan perhitungan terhadap *Ideal Cycle Time* dan *Operational Time* maka selanjutnya melakukan perhitungan *Performance Rate* dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Performance Rate} &= \frac{(\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Processed Amount})}{\text{Operation Time}} \times 100\% \\ \text{Performance rate September} &= \frac{(2 \times 15.870)}{40.230} \times 100\% \\ &= \frac{96.552}{40.230} \times 100\% \\ &= 78,90\% \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama untuk memperoleh nilai *Performance Rate* periode September-Desember maka hasilnya terdapat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan *Performance Rate*

<i>Performance Rate</i>				
Bulan	<i>Ideal Cycle time</i>	jumlah produksi	<i>operational time</i>	PR%
September	2	15.870	40.230	78,90%
Oktober	2	15.850	41.890	75,67%
November	2	16.152	41.352	78,12%
Desember	2	14.499	38.859	74,62%
Rata-rata				76,83%

Sumber: Peneliti (2025)

Perhitungan *Quality Rate*

Quality Rate ialah perhitungan yang dilakukan untuk mengukur persentase produk yang di hasilkan oleh mesin yang memenuhi standar produksi yang dibandingkan dengan total produk yang dihasilkan oleh mesin dalam periode tertentu. Hal ini dapat memberikan gambaran seberapa efektif proses produksi dalam menghasilkan produk yang berkualitas tanpa adanya produk cacat atau produk yang tidak memenuhi standar.

Untuk melakukan perhitungan *AvailabilityRate* digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Jumlah Produk OK}}{\text{Jumlah Total Produksi}} \times 100\%$$

$$\text{Quality rate September} = \frac{14.340}{15.870} \times 100\%$$

$$= 90,36\%$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama untuk memperoleh nilai *Quality Rate* periode September-Desember maka hasilnya terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan *Quality Rate*

<i>Quality Rate</i>			
Bulan	Jumlah output produksi	Produk OK	QR%
September	15.870	14.340	90,36%
Oktober	15.850	13.100	82,65%
November	16.152	14.304	88,56%
Desember	14.499	11.598	79,99%
Rata-rata			85,39%

Sumber: Peneliti (2025)

Perhitungan OEE

OEE didasarkan pada tiga komponen utama: ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*), dan kualitas (*quality*). Dengan adanya perhitungan diatas selanjutnya dapat menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

$$OEE = \text{Avaibility} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

$$\text{Quality rate September} = 96,34\% \times 78,90\% \times 90,36\%$$

$$= 68,68\%$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama untuk memperoleh nilai *Overall Equipment Effectivtnes* periode September-Desember maka hasilnya terdapat pada tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil *Overall Equipment Effectivtnes*

<i>Overall Equipment Effectivtnes</i>				
Bulan	AR%	PR%	QR%	OEE%
September	96,34%	78,90%	90,36%	68,68%
Oktober	93,84%	75,67%	82,65%	58,69%
November	95,72%	78,12%	88,56%	66,22%
Desember	93,05%	74,62%	79,99%	55,55%
Rata-rata				62,28%

Sumber: Peneliti (2025)

Berdasarkan Tabel 8, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *Tire Building* selama periode September sampai Desember belum mencapai standar ideal OEE sebesar 85%. Nilai OEE tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 68,68%, kemudian menurun menjadi 58,69% pada Oktober, meningkat kembali menjadi 66,22% pada November, dan kembali menurun pada Desember menjadi 55,55%. Rata-rata nilai OEE yang diperoleh hanya sebesar 62,28%, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas mesin masih belum optimal.

Jika dilihat dari ketiga komponen utama OEE, nilai Availability Rate relatif tinggi, yaitu berada pada kisaran 93,05% sampai 96,34%, sehingga permasalahan utama tidak dominan disebabkan oleh ketersediaan atau waktu operasi mesin. Sebaliknya, nilai Performance Rate berada pada kisaran 74,62% sampai 78,90%, sedangkan Quality Rate juga menunjukkan penurunan dari 90,36% pada September menjadi 79,99% pada Desember. Kondisi ini menunjukkan bahwa rendahnya nilai OEE lebih banyak dipengaruhi oleh belum optimalnya kecepatan produksi serta menurunnya kualitas hasil produksi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahayu dan Miftahuddin (2025) pada mesin Curing Tire Press, yang menyatakan bahwa pengukuran OEE melalui Availability, Performance, dan Quality perlu dilanjutkan dengan analisis Six Big Losses untuk mengidentifikasi faktor kerugian dominan yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin.

Oleh karena itu, untuk mengetahui faktor utama penyebab rendahnya kinerja mesin *Tire Building*, dilakukan perhitungan *Six Big Losses* sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan.

Six Big Losses

Setelah menghitung nilai OEE mesin *Tire Building*, dapat terlihat bahwa mesin *tire Building* memiliki nilai OEE yaitu 62,28%. Rata-rata ini masih dibawah nilai standar OEE yaitu >85%. Selajutnya adalah menentukan dan menghitung enam kerugian besar yang dapat mempengaruhi efektivitas mesin dalam manufaktur. *Equipment Failure Losses* kerusakan yang disebabkan oleh kesalahan peralatan yang memerlukan penggantian atau perbaikan komponen Produksi sering terhenti karena kerusakan ini dan diperbaiki dalam waktu yang lama. Untuk menghitung *Equipment Failure Losses* (EFL), berikut rumusnya:

$$EFL = \frac{\text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Berikut adalah perhitungan *Equipment Failure Losses* pada periode september.

$$\begin{aligned} EFL &= \frac{1.530}{41.760} \times 100\% \\ &= 3,66\% \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama berikut adalah hasil periode september-desember pada tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan *Equipment Failure Losses*

<i>Equipment Failure Losses</i> (EFL)			
Bulan	Loading Teime	Downtime	EFL%
September	41.760	1.530	3,66%
Oktober	44.640	2.750	6,16%
November	43.200	1.848	4,28%
Desember	41.760	2.901	6,95%
Rata-rata			5,26%

Sumber: Peneliti (2025)

Setup and Adjustment Losses

Kerugian yang terjadi selama proses pengaturan dan penyesuaian peralatan mesin termasuk waktu yang dihabiskan untuk mengganti alat, mengubah parameter, dan mengatur mesin untuk produksi berikutnya. Untuk menghitung *Setup and Adjustment Losses* (SAL), rumus berikut digunakan:

$$SAL = \frac{Setup}{Loading Time} \times 100\%$$

Berikut adalah perhitungan *Setup and Adjustment Losses* periode bulan september

$$\begin{aligned} EFL &= \frac{750}{41.760} \times 100\% \\ &= 3,66\% \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil bulan september-desember pada tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan *Setup and Adjustment Losses*

<i>Setup and Adjustment Losses</i> (SAL)			
Bulan	<i>Loading Time</i>	<i>Setup</i>	SAL%
September	41.760	750	1,80%
Oktober	44.640	750	1,68%
November	43.200	750	1,74%
Desember	41.760	750	1,80%
Rata-rata			1,75%

Sumber: Peneliti (2025)

Idling and Minor Stoppaged Losses

Kerugian yang disebabkan oleh penghentian sementara atau kekurangan pekerjaan disebabkan oleh penundaan material, gangguan kecil, atau kesalahan operator. Untuk menghitung nilai *Idling and Minor Stop Losses* (IMSL), berikut rumusnya:

$$IMSL = \frac{(\text{jumlah target produksi} - \text{jumlah produksi}) \times \text{ideal cycle time}}{Loading time} \times 100\%$$

Berikut adalah perhitungan *Idling and Minor Stop Losses* (IMSL) periode bulan september-desember

$$\begin{aligned} IMSL &= \frac{(17.400 - 15.870) \times 2}{41.760} \times 100\% \\ &= \frac{3.060}{41.760} \times 100\% \\ &= 7,33\% \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil bulan september-desember pada tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan *Idling and Minor Stoppaged Losses*

<i>Idling Minor stoppages Losses (IMSL)</i>					
Bulan	Target Produksi	Process Amount	Ideal Cycle time	Loading Time	IMSL%
September	17.400	15.870	2	41.760	7,33%
Oktober	18.600	15.850	2	44.640	12,32%
November	18.000	16.152	2	43.200	8,56%
Desember	17.400	14.499	2	41.760	13,89%
Rata-rata					10,52%

Sumber: Peneliti (2025)

Reduce Speed Losses

Kerugian yang terjadi ketika peralatan bekerja pada kecepatan yang lebih rendah dari yang direncanakan. Ini dapat terjadi karena peralatan usang, kekurangan pelumasan, atau material yang buruk. Untuk menghitung *Reduce Speed Losses* (RSL), gunakan rumus berikut:

$$RSL = \frac{\text{Production Time} - (\text{hasil produksi} \times \text{Ideal cycle Time})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Berikut adalah perhitungan *Reduce Speed Losses* (RSL) periode bulan september-desember

$$\begin{aligned}
 RSL &= \frac{40.230 - (15.870 \times 2)}{41.760} \times 100\% \\
 &= \frac{8.490}{41.760} \times 100\% \\
 &= 20,33\%
 \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil bulan september-desember pada tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan *Reduce Speed Losses*

<i>Reduce Speed Losses (RSL)</i>					
Bulan	Loading Time (Menit)	Operational time (Menit)	Ideal cycle time (Menit)	Process Amount	RSL%
September	41.760	40.230	2	15.870	20,33%
Oktober	44.640	41.890	2	15.850	22,83%
November	43.200	41.352	2	16.152	20,94%
Desember	41.760	38.859	2	14.499	23,61%
Rata-rata					21,93%

Sumber: Peneliti (2025)

Deffect Losses

Dalam proses produksi, produk yang rusak atau tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan kerugian. Ini bisa karena masalah dalam proses, alat yang aus, atau bahan baku yang salah. Rumus untuk menghitung *Deffect Losses* (DL) adalah sebagai berikut:

$$Deffect Losses = \frac{\text{produk NG} \times \text{ideal cycle time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

Berikut adalah perhitungan *Reduce Speed Losses* (RSL) periode bulan september-desember :

$$\begin{aligned}
 DL &= \frac{1.530 \times 2}{41.760} \times 100\% \\
 &= \frac{3.060}{41.760} \times 100\% \\
 &= 7,33\%
 \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil bulan september-desember pada tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan *Deffect Losses*

<i>Deffect Losses</i> (DL)				
Bulan	<i>Loading Time</i> (Menit)	Produk NG	<i>Ideal cycle time</i> (Menit)	DL%
September	41.760	1.530	2	7,33%
Oktober	44.640	2.750	2	12,32%
November	43.200	1.848	2	8,56%
Desember	41.760	2.901	2	13,89%
Rata-rata				10,52%

Sumber: Peneliti (2025)

Reduce Yield Losses

Reduce Yield Losses adalah kerugian yang terjadi pada saat mesin pertama kali dihidupkan atau setelah proses *setup* selesai dilakukan, di mana kondisi mesin belum mencapai kestabilan penuh sehingga produk yang dihasilkan pada periode awal tersebut cenderung tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Kerugian jenis ini dihitung berdasarkan jumlah produk *Not Good* (NG) yang dihasilkan dikalikan dengan *ideal cycle time*, kemudian dibandingkan terhadap *loading time* dalam satu periode.

$$\text{Reduce Yield Losses} = \frac{\text{produk NG} \times \text{ideal cycle time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

Berikut adalah perhitungan *Reduce Yield* (RYL) periode bulan september-desember

$$\begin{aligned}
 RYL &= \frac{1.530 \times 2}{41.760} \times 100\% \\
 &= \frac{3.060}{41.760} \times 100\% \\
 &= 7,33\%
 \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil bulan september-desember pada tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan Reduce Yield Losses

Reduce Yield Losses (RYL)				
Bulan	Loading Time (Menit)	Produk NG	Ideal cycle time (Menit)	RYL%
September	41.760	1.530	2	7,33%
Oktober	44.640	2.750	2	12,32%
November	43.200	1.848	2	8,56%
Desember	41.760	2.901	2	13,89%
Rata-rata				10,52%

Sumber: Peneliti (2025)

Dengan perhitungan yang sudah dilakukan dan mengetahui hasil peresentase dari keenam kegagalan besar pada mesin *Tire Building*. Maka dapat dilihat hasil dari persentase pada tabel 15.

Tabel 15. Rekapitulasi perhitungan *Six Big Losses*

<i>Six Big Losses</i>						
Bulan	<i>Availability</i>		<i>Performance</i>		<i>Quality</i>	
	<i>Downtime Losses</i>		<i>Speed Losses</i>		<i>Defect Losses</i>	
	EFL%	SAL%	IMSL%	RSL%	DL%	RYL%
September	3,66%	1,80%	7,33%	20,33%	7,33%	7,33%
Oktober	6,16%	1,68%	12,32%	22,83%	12,32%	12,32%
November	4,28%	1,74%	8,56%	20,94%	8,56%	8,56%
Desember	6,95%	1,80%	13,89%	23,61%	13,89%	13,89%
Rata-rata	5,26%	1,75%	10,52%	21,93%	10,52%	10,52%

Sumber: Peneliti (2025)

Pada Tabel 15 menunjukkan hasil perhitungan *Six Big Losses*. Dengan mengetahui rata-rata persentase *Six Big Losses* yang terjadi pada mesin *Tire Building*. Berdasarkan data *Six Big Losses* pada mesin *Tire Building*, faktor *Losses* terbesar terdapat pada kategori *Reduce Speed Losses* (RSL) dengan nilai rata-rata sebesar 21,93%. Nilai ini menunjukkan bahwa penurunan kecepatan operasi mesin menjadi penyebab utama berkurangnya efektivitas mesin dibandingkan dengan jenis *losses* lainnya. Jika dilihat secara bulanan, nilai RSL mengalami perubahan nilai dari bulan ke bulan, yaitu sebesar 20,33% pada September, meningkat menjadi 22,83% pada Oktober, menurun menjadi 20,94% pada November, dan kembali meningkat menjadi 23,61% pada Desember.

Kondisi ini menunjukkan bahwa mesin belum mampu beroperasi secara konsisten pada kecepatan idealnya. Penyebabnya dapat berkaitan dengan adanya penyesuaian mesin saat proses produksi, perubahan spesifikasi produk, keterlambatan material, waktu tunggu operator, serta kondisi mesin yang tidak selalu stabil selama proses produksi berlangsung. Maka dari itu, *Reduce Speed Losses* perlu menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan, karena memiliki kontribusi paling besar terhadap penurunan kinerja mesin *Tire Building*.

Pengukuran Nilai *Losses* Setelah mendapatkan perhitungan nilai dari *six big losses*, tahapan selanjutnya melakukan analisa dari hasil perhitungan yang didapatkan sehingga kemudian dapat ditemukan persentase kerugian yang paling tinggi untuk menentukan prioritas dilakukannya perbaikan. Penentuan persentase *losses* didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

Total waktu losses untuk *Equipment Failure Losses*.

$$\text{Equipment Failure Losses} = \text{Total waktu kerja} \times \text{rata - rata EFL}$$

$$\begin{aligned}\text{Equipment Failure Losses} &= 171.360 \times 5,26\% \\ &= 9.017\end{aligned}$$

Kemudian mencari kumulatif persentase dari *Equipment Failure Losses*

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{\text{waktu Losses}}{\text{Total Waktu Losses}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Equipment Failure Losses} &= \frac{9.017}{103.701} \times 100\% \\ &= 8,70\%\end{aligned}$$

Dari perhitungan dapat di lihat hasil perhitungan pada jenis Losses yang lain pada tabel 16

Tabel 16. Perhitungan *Six Big Losses*

<i>Six Big Losses</i>					
Jenis Losses		Total waktu kerja	Losses %	Total waktu losses (menit)	kumulatif %
<i>Downtime Losses</i>	<i>Equipment Failure Losses</i>	171.360	5,26%	9.017	8,70%
	<i>Setup & Adjument Losses</i>		1,75%	3.002	2,90%
<i>Speed Losses</i>	<i>Idling and Minor Stoppages Losses</i>	171.360	10,52%	18.035	17,39%
	<i>Reduce Speed Losses</i>		21,93%	37.577	36,24%
<i>Deffect Losses</i>	<i>Process Deffect Losses</i>	171.360	10,52%	18.035	17,39%
	<i>Reduce Yield Losses</i>		10,52%	18.035	17,39%
Total			60,52%	103.701	100,00%

Sumber: Peneliti (2025)

Berdasarkan Tabel 16, hasil perhitungan *six big losses* pada mesin *curing press tire* menunjukkan bahwa total kerugian waktu mencapai 103.701 menit dengan persentase kumulatif 100%. Kerugian terbesar berasal dari kategori *speed losses*, khususnya *reduce speed losses* sebesar 21,93% dengan total waktu losses 37.577 menit dan kontribusi kumulatif 36,24%. Selain itu, *idling and minor stoppages losses* juga memberikan kerugian sebesar 10,52% dengan total waktu losses 18.035 menit atau 17,39% dari total kerugian.

Pada kategori *downtime losses*, *equipment failure losses* menghasilkan kerugian sebesar 5,26% dengan total waktu losses 9.017 menit dan persentase kumulatif 8,70%. Sementara itu, *setup and adjustment losses* memiliki nilai kerugian sebesar 1,75% dengan total waktu losses 3.002 menit atau 2,90% dari total kerugian. Pada kategori *defect losses*, terdapat dua jenis kerugian, yaitu *process defect losses* dan *reduce yield losses*. Masing-masing memiliki nilai

losses sebesar 10,52%, total waktu *losses* 18.035 menit, serta kontribusi kumulatif sebesar 17,39%. Diagram Pareto Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan diagram pareto, untuk menentukan prioritas *Losses* yang akan dilakukan perbaikan Kategori ini menghasilkan total waktu *losses* sebesar 37.577 menit dengan kontribusi sebesar 36,24%. Selanjutnya, kategori *Idling and Minor Stoppages Losses*, *Process Defect Losses*, dan *Reduce Yield Losses* masing-masing memiliki total waktu *losses* sebesar 18.035 menit dengan persentase sebesar 17,39%.

Kategori *Equipment Failure Losses* menempati urutan berikutnya dengan total waktu *losses* sebesar 9.017 menit dan kontribusi sebesar 8,70%. Sementara itu, kerugian paling rendah terdapat pada kategori *Setup and Adjustment Losses*, yaitu sebesar 3.002 menit dengan persentase 2,89%.

Jika dilihat dari nilai kumulatif, tiga kategori pertama, yaitu *Reduce Speed Losses*, *Idling and Minor Stoppages Losses*, dan *Process Defect Losses*, telah mencapai 71,02% dari total kerugian. Nilai kumulatif kemudian meningkat menjadi 88,41% setelah ditambahkan kategori *Reduce Yield Losses*. Berdasarkan prinsip Pareto 80/20, kategori yang perlu menjadi prioritas perbaikan adalah *Reduce Speed Losses*, *Idling and Minor Stoppages Losses*, *Process Defect Losses*, dan *Reduce Yield Losses*, karena keempat kategori tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap total waktu *losses* pada mesin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis *Total Productive Maintenance* (TPM) menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses* pada mesin *Tire Building* di PT XYZ selama periode September hingga Desember, dapat disimpulkan bahwa nilai OEE mesin masih belum memenuhi standar *world class* sebesar 85%, dengan rata-rata hanya mencapai 62,28%. Fluktuasi nilai OEE terlihat sepanjang periode pengamatan, di mana nilai tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 68,68% kemudian menurun pada Oktober menjadi 58,69%, meningkat kembali pada November sebesar 66,22%, dan kembali menurun pada Desember menjadi 55,55%. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan utama dalam kinerja mesin lebih banyak dipengaruhi oleh rendahnya *Performance Rate* yang hanya mencapai rata-rata 76,83% serta *Quality Rate* sebesar 85,39%, meskipun *Availability Rate* relatif baik dengan rata-rata 94,74% dan telah melampaui standar minimum 90%. Dengan demikian, dapat diidentifikasi bahwa ketidakefisienan mesin terutama disebabkan oleh belum optimalnya kecepatan produksi serta adanya penurunan kualitas hasil produksi. Lebih lanjut, hasil analisis *Six Big Losses* menunjukkan bahwa jenis kerugian terbesar adalah *Reduce Speed Losses* dengan kontribusi 36,24% dari total kerugian atau setara dengan 37.577 menit, diikuti oleh *Idling and Minor Stoppages Losses*, *Process Defect Losses*, dan *Reduce Yield Losses* yang masing-masing memberikan kontribusi signifikan sebesar 17,39% dengan total waktu *losses* 18.035 menit. Sementara itu, *Equipment Failure Losses* berada pada posisi berikutnya dengan kontribusi 8,70% atau 9.017 menit, sedangkan *Setup and Adjustment Losses* menjadi penyumbang kerugian paling kecil sebesar 2,90% atau 3.002 menit, dengan total keseluruhan waktu kerugian mencapai 103.701 menit selama periode penelitian. Berdasarkan analisis diagram Pareto, ditemukan bahwa empat kategori utama kerugian yang menjadi prioritas perbaikan adalah *Reduce Speed Losses*, *Idling and Minor Stoppages Losses*, *Process Defect Losses*, dan *Reduce Yield Losses*, karena secara kumulatif memberikan kontribusi sebesar

88,41% terhadap total waktu losses, sehingga menjadi fokus utama dalam upaya peningkatan efektivitas mesin Tire Building di PT XYZ.

REFERENSI

- Aiman, M. H. (2023). Analisis kecacatan produk pada mesin pemotongan dengan menggunakan metode *failure mode and effects analysis* (FMEA). *Jurnal Teknik Industri*, 9(2), 577–587.
- Alim, A. N., Suwarno, A., & Romli, I. (2023). Penerapan *kaizen* dengan pendekatan PDCA untuk mengurangi produk cacat komponen *throttle shaft* (THS) pada proses *machining*. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(4), 1712–1724.
- Aranda, M. I., Singh Raman, R. K., & Colón Morales, R. J. (2022). A review on the application of lean manufacturing principles in tire manufacturing processes. *Polymer Bulletin*, 79(12), 6671–6693. <https://doi.org/10.1007/s00289-022-04445-2>
- Constantinus, V., & Sitepu, R. (2023). Penerapan *total productive maintenance* (TPM) untuk efektivitas mesin dengan *overall equipment effectiveness* (OEE) sebagai alat ukur di PT XYZ, 6(3), 94–101.
- Hartono, R. (2026). *Sistem monitoring dan manajemen jaringan: Pendekatan komprehensif RMON & SNMP*. Minhaj Pustaka.
- Hermanto, M. (2025). *Analisis penurunan produksi egrek pada mesin blanking menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) dan failure mode and effect analysis (FMEA) (Studi kasus: PT Indobaja Primamurni)* (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Hidayat, L. Y., Setiawan, A. H. A., & Wildan, M. (2025). Perencanaan perawatan *preventive* untuk *uninterruptible power supply* (UPS) systems. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1).
- Indra, F., & Angga, S. (2025). *Modul kuliah pemeliharaan mesin industri: Konsep, strategi, dan keandalan sistem*.
- Kurniawan, D. (2025). *PT Musashi Auto Parts Indonesia: Strategi manufaktur komponen presisi dan peran kunci dalam rantai pasok otomotif nasional*. Afdan Rojabi Publisher.
- Novendria, R. D., & Hartini, S. (2024). Analisis *overall equipment effectiveness* (OEE) pada mesin *press* di perusahaan.
- Oktafia, R. D., & Septiari, R. (2025). Penerapan TPM menggunakan OEE dan *six big losses* untuk mengevaluasi efektivitas mesin *ring frame* (Studi kasus: PT XYZ), 8(2), 164–170.
- Peluw, N. Z., & Kep, M. (2022). Bab 2 manajemen perawatan dan manajemen asuhan perawatan. Dalam *Manajemen Keperawatan* (p. 19).
- Prahmawati, E., & Rumambi, D. P. (2026). Management review of agricultural machinery for food crops in Indonesia: Research trends 2021–2026: Tinjauan manajemen alat dan mesin pertanian (alsintan) pada tanaman pangan di Indonesia: Tren penelitian 2021–2026. *Jurnal Lentera Hijau Indonesia*, 1(1), 9–18.
- Rahayu, S., & Miftahuddin, A. L. (2025). Implementasi analisis *total productive maintenance* menggunakan metode *overall equipment effectiveness* (OEE) dan *six big losses* pada mesin *curing tire press* di PT XYZ. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation (JOSEON)*, 3(1), 62–70.
- Rahman, A., Semedi, B., & Wahyudi, S. (2025). *Redesain sistem pendorongan kapal laut: Efisiensi energi dan reduksi emisi melalui teknologi IFEP dan VSD*. Indonesia Emas Group.
- Raju, S., Kamble, H. A., Srinivasaiah, R., & Swamy, D. R. (2022). Anatomization of the overall equipment effectiveness (OEE) for various machines in a tool and die shop. *Journal of Intelligent Manufacturing and Special Equipment*, 3(1), 97–105.

<https://doi.org/10.1108/JIMSE-01-2022-0004>

- Tamborski, M., Rojek, I., & Mikołajewski, D. (2023). Revolutionizing tire quality control: AI's impact on research, development, and real-life applications. *Applied Sciences*, 13(14), Article 8406. <https://doi.org/10.3390/app13148406>
- Wibowo, T. (2025). Efisiensi biaya pemeliharaan mesin cetak digital UV melalui metode *reliability-centered maintenance* (RCM). *Seminar Nasional Teknologi Cetak dan Media Kreatif*, 4, 21–28.
- Wijaya, J., Pelu, M. I. S., Sunardi, S., Amalia, D., & Suprihartini, Y. (2025). Peran pemeliharaan preventif dalam menjaga kinerja dan umur genset: Studi kasus di Politeknik Penerbangan Palembang. *SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology*, 3(2), 345–356.
- Wolska, M., Gorewoda, T., Roszak, M., & Gajda, L. (2023). Implementation and improvement of the *total productive maintenance* concept in an organization. *Encyclopedia*, 3(4), 1537–1564. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3040110>
- Zehra, K., Mirjat, N., Shakih, S., Harijan, K., Kumar, L., & El Haj Assad, M. (2024). Optimizing auto manufacturing: A holistic approach integrating overall equipment effectiveness for enhanced efficiency and sustainability. *Sustainability*, 16(7), Article 2973. <https://doi.org/10.3390/su16072973>
- Zharfan, R., & Silwa, A. (2025). Menerapkan metode PDCA dalam menganalisis strategi optimasi dan *cost down* dalam peningkatan efisiensi operasional di perusahaan otomotif. *Journal of Science, Technology, and Innovation*, 1(2), 120–128.