E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Implementasi *Root Cause Analysis* Sebagai Dasar *TPM* Pilar 4 *(Focus Improvement)* Dalam Pengurangan *Downtime* Mesin *Packing* Untuk Meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness* Di PT ACD

Hendra Maulana[1], Abby Yazid Bustommy[2], Angga Widyas Swara[3]
[1]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, hendram290@gmail.com
[2]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, abbyyazid@untara.ac.id
[3]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, anggaswara@untara.ac.id

Abstrak

Downtime pada mesin *Packing* merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan efektivitas penggunaan mesin serta menghambat pencapaian target produksi di PT ACD. Meskipun nilai efektivitas mesin telah memenuhi standar, masih terdapat gangguan yang terjadi secara berulang sehingga diperlukan identifikasi penyebab utama dan tindakan perbaikan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas mesin menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), menentukan prioritas penyebab *downtime* menggunakan Diagram Pareto, mengidentifikasi akar penyebab menggunakan *Root Cause Analysis (RCA)*, mengimplementasikan TPM Pilar 4 (*Focused Improvement/Kobetsu Kaizen*), serta mengevaluasi hasil implementasi terhadap *downtime* dan nilai OEE. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data *downtime*, data produksi, dan data kualitas produk pada mesin *Packing* PT ACD. Data sebelum implementasi diperoleh pada periode Agustus 2025–Januari 2026, sedangkan data sesudah implementasi diperoleh pada periode Maret–Mei 2026. Analisis dilakukan melalui perhitungan OEE, penyusunan Diagram Pareto, *Root Cause Analysis* menggunakan *Fishbone* Diagram dan *Five Why Analysis*, implementasi TPM Pilar 4 pada komponen *Roll* Tarik, serta evaluasi hasil implementasi berdasarkan perubahan *downtime* dan nilai OEE.Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE mesin *Packing* telah memenuhi standar *World Class OEE* sebesar 85%. Diagram Pareto mengidentifikasi empat jenis *downtime* dominan, yaitu *Roll* Tarik, *Sealer*, Sensor, dan *Heater*, dengan *Roll* Tarik sebagai penyumbang *downtime* terbesar sehingga dipilih sebagai prioritas perbaikan. Hasil *Root Cause Analysis* menunjukkan bahwa akar penyebab utama berasal dari ketidaksesuaian spesifikasi *Bearing* terhadap karakteristik beban eksentrik pada mekanisme stang eksentrik. Berdasarkan hasil tersebut dilakukan implementasi TPM Pilar 4 melalui modifikasi stang eksentrik dengan mengganti *Ball Bearing* 608 menjadi *Rod End Bearing* PHS-8. Implementasi perbaikan berhasil menurunkan downtime serta meningkatkan nilai OEE mesin *Packing*. Penelitian ini menunjukkan bahwa *integrasi Overall Equipment Effectiveness (OEE),* Diagram Pareto, *Root Cause Analysis* (RCA), dan TPM Pilar 4 (*Focused Improvement/Kobetsu Kaizen*) dapat digunakan sebagai pendekatan yang sistematis untuk menentukan prioritas permasalahan, mengidentifikasi akar penyebab, mengimplementasikan tindakan perbaikan, serta meningkatkan efektivitas mesin *Packing*.

Kata Kunci: *Overall Equipment Effectiveness (OEE), Diagram Pareto, Root Cause Analysis, TPM Pilar 4, Focused Improvement, Downtime*

Abstract

Downtime in the packing machine is one of the factors that can reduce machine effectiveness and hinder the achievement of production targets at PT ACD. Although the machine effectiveness value has met the required standard, recurring disturbances still occur, making it necessary to identify the main causes and determine appropriate corrective actions. This study aims to analyze machine effectiveness using Overall Equipment Effectiveness (OEE), determine the priority causes of downtime using a Pareto Diagram, identify root causes through

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Root Cause Analysis (RCA), implement TPM Pillar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen), and evaluate the impact of the implementation on downtime and OEE values. The study employed a quantitative approach using downtime, production, and product quality data from the packing machine at PT ACD. Pre-implementation data were collected during the period of August 2025–January 2026, while post-implementation data were collected during March–May 2026. The analysis consisted of OEE calculation, Pareto Diagram construction, Root Cause Analysis using Fishbone Diagram and Five Why Analysis, implementation of TPM Pillar 4 on the Roll Pull component, and evaluation of implementation results based on changes in downtime and OEE values. The results showed that the OEE value of the packing machine met the World Class OEE standard of 85%. The Pareto Diagram identified four dominant types of downtime, namely Roll Pull, Sealer, Sensor, and Heater, with Roll Pull contributing the largest amount of downtime and therefore selected as the priority for improvement. Root Cause Analysis revealed that the main root cause was the mismatch between the bearing specification and the eccentric load characteristics of the eccentric rod mechanism. Based on these findings, TPM Pillar 4 was implemented through modification of the eccentric rod by replacing the Ball Bearing 608 with a Rod End Bearing PHS-8. The implementation successfully reduced downtime and improved the OEE value of the packing machine. This study demonstrates that the integration of Overall Equipment Effectiveness (OEE), Pareto Diagram, Root Cause Analysis (RCA), and TPM Pillar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) can be used as a systematic approach to determine problem priorities, identify root causes, implement corrective actions, and improve packing machine effectiveness.

Keywords: *Overall Equipment Effectiveness (OEE), Pareto Diagram, Root Cause Analysis, TPM Pillar 4, Focused Improvement, Downtime.*

Corresponding Author:
Hendra Maulana

Universitas Tangerang Raya, hendram290@gmail.com

PENDAHULUAN

Industri manufaktur global saat ini menghadapi tantangan dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi operasional, dan keberlanjutan proses produksi di tengah persaingan pasar yang semakin ketat. Salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan sistem manufaktur adalah efektivitas penggunaan peralatan produksi. Menurut (Pei et al., 2024), kerugian akibat downtime dan rendahnya efektivitas peralatan masih menjadi permasalahan utama pada berbagai sektor manufaktur karena berdampak langsung terhadap produktivitas, biaya operasional, dan kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengurangan downtime merupakan salah satu strategi penting untuk meningkatkan efektivitas mesin dan mendukung terciptanya sistem manufaktur yang kompetitif serta berkelanjutan.

Fenomena serupa juga terjadi pada sektor manufaktur di Indonesia. Seiring meningkatnya aktivitas industri manufaktur, perusahaan dituntut untuk menjaga keandalan mesin produksi agar target produksi dapat tercapai secara konsisten. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa downtime mesin masih menjadi salah satu penyebab utama hilangnya waktu produksi yang berdampak pada penurunan produktivitas dan efektivitas mesin. Penelitian oleh (Phongmoo et al., 2025) pada industri percetakan menunjukkan bahwa tingginya downtime menyebabkan penurunan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE), terutama pada komponen Availability,

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

sehingga efektivitas proses produksi tidak dapat dicapai secara optimal. Selain itu, (Calandreli et al., 2025) melaporkan bahwa breakdown losses merupakan faktor dominan dalam Six Big Losses yang memberikan kontribusi terbesar terhadap downtime dan penurunan efektivitas mesin produksi.

Berdasarkan data operasional mesin Packing di PT ACD selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi kondisi aktual efektivitas mesin dan pola downtime yang terjadi selama enam bulan pengamatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa downtime mesin masih terjadi secara berulang setiap bulan, sehingga berpotensi mengurangi waktu operasi efektif mesin. Data operasional serta nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) mesin Packing selama periode penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Operasional dan Nilai OEE Mesin *Packing* PT ACD

BULAN	Loading Time (menit)	Downtime (menit)	Operating Time (menit)	*Availability*	Target *Output* (pcs)	Actual *Output* (pcs)	*Performance*	Produk Bagus (pcs)	Defect (pcs)	*Quality*	Estimasi OEE
Agustus (2025)	37.440	1.006	36.434	97,31%	1.872.000	1.821.700	97,31%	1.686.057	135.643	97,24%	92,08%
September (2025)	38.880	1.099	37.781	97,17%	1.944.000	1.889.050	97,17%	1.759.055	129.995	97,09%	91,71%
Oktober (2025)	41.760	1.136	40.624	97,28%	2.088.000	2.031.200	97,28%	1.872.235	158.965	97,20%	91,99%
November (2025)	36.000	873	35.127	97,58%	1.800.000	1.756.350	97,58%	1.640.568	115.782	97,51%	92,82%
Desember (2025)	38.880	1.122	37.758	97,11%	1.944.000	1.887.900	97,11%	1.755.317	132.583	97,03%	91,52%
Januari (2026)	36.000	989	35.011	97,25%	1.800.000	1.750.550	97,25%	1.629.858	120.692	97,17%	91,88%
Rata-rata	-	-	-	97,28%	-	-	97,28%	-	-	97,28%	92,00%

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 1. *downtime* mesin *Packing* berada pada rentang 873–1.136 menit per bulan selama periode pengamatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terjadi gangguan operasional yang mengurangi waktu operasi efektif mesin dan berpotensi memengaruhi kelancaran proses produksi apabila terjadi secara berulang. Di sisi lain, nilai rata-rata *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin *Packing* telah berada di atas standar world class, namun masih terdapat kehilangan waktu produksi (*production losses*) yang disebabkan oleh *downtime* berulang. Oleh karena itu, diperlukan implementasi tindakan perbaikan yang terarah untuk mengurangi *downtime* sehingga efektivitas mesin dapat dipertahankan dan ditingkatkan secara berkelanjutan.

Downtime yang terjadi secara berulang tidak hanya menyebabkan hilangnya waktu operasi mesin, tetapi juga mengurangi kesempatan perusahaan dalam mencapai utilisasi mesin secara maksimal. Dalam konsep Total Productive Maintenance (TPM), kondisi tersebut termasuk ke dalam kerugian yang perlu dieliminasi melalui aktivitas Focused Improvement (Kobetsu Kaizen). Oleh karena itu, diperlukan identifikasi akar penyebab downtime agar tindakan perbaikan yang dilakukan bersifat tepat sasaran dan mampu memberikan dampak yang berkelanjutan terhadap efektivitas mesin.

Downtime pada mesin Packing dapat menghambat kelancaran proses produksi karena mengurangi waktu operasi efektif mesin dan menurunkan efektivitas penggunaan peralatan. Kondisi tersebut tidak hanya menyebabkan penurunan produktivitas, tetapi juga meningkatkan frekuensi perbaikan, biaya pemeliharaan, serta berpotensi mengganggu pencapaian target produksi (Maulidia et al., 2024) Oleh karena itu, diperlukan implementasi tindakan perbaikan yang terarah dan berkelanjutan untuk mengurangi downtime melalui identifikasi akar penyebab pada komponen mesin yang menjadi sumber utama gangguan.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan dalam industri manufaktur untuk mengurangi downtime adalah kombinasi Root Cause Analysis (RCA) dan Total Productive Maintenance (TPM). Root Cause Analysis digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya gangguan mesin sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan lebih tepat sasaran dan mampu mencegah terulangnya permasalahan yang sama. Sementara itu, Total Productive Maintenance merupakan pendekatan pemeliharaan yang bertujuan meningkatkan efektivitas peralatan melalui keterlibatan seluruh elemen organisasi dan pelaksanaan perbaikan secara berkelanjutan. Dalam TPM, aktivitas tersebut diwujudkan melalui Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen), yaitu upaya perbaikan terfokus untuk menghilangkan penyebab utama kerugian pada mesin berdasarkan hasil analisis akar penyebab. Oleh karena itu, Root Cause Analysis menjadi landasan penting dalam menentukan implementasi Focused Improvement agar tindakan perbaikan yang dilakukan lebih sistematis, efektif, dan berkelanjutan.

Efektivitas penerapan Root Cause Analysis (RCA) dan Total Productive Maintenance (TPM) dalam mengurangi downtime telah dibuktikan melalui berbagai penelitian terdahulu. Darmawan & Jaqin, (2025) mengintegrasikan Total Productive Maintenance dengan Root Cause Failure Analysis (RCFA) pada mesin curing dan menunjukkan bahwa pendekatan tersebut mampu menurunkan downtime melalui tindakan perbaikan yang terfokus. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa identifikasi akar penyebab merupakan tahapan penting dalam mendukung perbaikan berkelanjutan. Namun, penelitian tersebut belum menjadikan hasil analisis akar penyebab sebagai dasar implementasi TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen), sehingga mekanisme penerapan perbaikan terstruktur belum dijelaskan secara rinci.

Sitompul, (2024) menerapkan Root Cause Analysis (RCA) untuk mengurangi downtime pada mesin CNC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RCA mampu mengidentifikasi akar penyebab gangguan mesin sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada tahap identifikasi akar penyebab dan belum mengintegrasikan hasil RCA sebagai dasar implementasi TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) dalam pelaksanaan perbaikan yang terstruktur dan berkelanjutan.

Rispoli, (2025) menerapkan Root Cause Analysis (RCA) untuk mengurangi downtime pada mesin CNC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RCA mampu mengidentifikasi akar penyebab gangguan mesin sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada tahap identifikasi akar penyebab dan belum mengintegrasikan hasil RCA sebagai dasar implementasi TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) dalam pelaksanaan perbaikan yang terstruktur dan berkelanjutan.

Penelitian oleh Abedin, (2023) mengintegrasikan Root Cause Analysis (RCA) dan Total Productive Maintenance (TPM) untuk meningkatkan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan tersebut mampu mengurangi losses akibat downtime dan meningkatkan efektivitas mesin. Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada evaluasi peningkatan kinerja mesin secara umum dan belum mengimplementasikan hasil Root Cause Analysis sebagai dasar TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) melalui tindakan perbaikan teknis, seperti modifikasi komponen mesin yang menjadi penyebab utama downtime.

Selain itu, Alamsyah, (2023) menerapkan Total Productive Maintenance (TPM) dengan menganalisis downtime berdasarkan konsep Six Big Losses untuk mengevaluasi efektivitas mesin produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa breakdown losses

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

menjadi kontributor terbesar terhadap penurunan efektivitas mesin sehingga perlu menjadi prioritas dalam upaya perbaikan. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada identifikasi dan pemetaan losses, serta belum mengintegrasikan Root Cause Analysis sebagai dasar implementasi TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) dalam menentukan tindakan perbaikan teknis yang spesifik.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa Root Cause Analysis (RCA) maupun Total Productive Maintenance (TPM) telah terbukti mampu mengurangi downtime dan meningkatkan efektivitas mesin produksi. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE), identifikasi akar penyebab kerusakan, atau evaluasi losses secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan hasil Root Cause Analysis sebagai dasar implementasi TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) hingga menghasilkan tindakan perbaikan teknis berupa modifikasi komponen mesin berdasarkan data downtime aktual, khususnya pada mesin Packing, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam penerapan pendekatan yang menghubungkan identifikasi akar penyebab dengan implementasi perbaikan terstruktur untuk mendukung peningkatan efektivitas mesin secara berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang tidak hanya mampu mengidentifikasi akar penyebab terjadinya downtime, tetapi juga mengimplementasikan hasil analisis tersebut ke dalam tindakan perbaikan yang terstruktur dan berkelanjutan. Dalam penelitian ini, Root Cause Analysis (RCA) dipilih sebagai dasar untuk mengidentifikasi penyebab utama downtime, sedangkan TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen) digunakan sebagai kerangka implementasi perbaikan pada komponen mesin yang menjadi prioritas berdasarkan analisis Pareto. Efektivitas implementasi perbaikan kemudian dievaluasi melalui perubahan downtime dan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE). Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul "Implementasi Root Cause Analysis sebagai Dasar TPM Pilar 4 (Focused Improvement) dalam Pengurangan Downtime Mesin Packing untuk Meningkatkan Overall Equipment Effectiveness di PT ACD" karena dinilai mampu menjawab permasalahan operasional yang terjadi sekaligus mengisi kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus pada mesin *Packing* di PT ACD. Penelitian bertujuan menganalisis efektivitas mesin menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), menentukan prioritas penyebab *downtime* menggunakan Diagram Pareto, mengidentifikasi akar penyebab melalui *Root Cause Analysis* (RCA) yang terdiri atas *Fishbone Diagram* dan *Five Why Analysis*, serta mengimplementasikan *TPM Pilar 4 (Focused Improvement/Kobetsu Kaizen)* sebagai upaya pengurangan *downtime*. Data penelitian meliputi data primer yang diperoleh melalui observasi dan wawancara dengan operator serta teknisi, dan data sekunder berupa data *downtime*, waktu operasi, output produksi, kualitas produk, serta dokumen pemeliharaan perusahaan pada periode Agustus 2025–Mei 2026. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Instrumen penelitian berupa lembar observasi, pedoman wawancara, serta dokumen perusahaan, sedangkan pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*. Analisis data diawali dengan perhitungan nilai OEE berdasarkan komponen *Availability*, *Performance*, dan *Quality*, dilanjutkan dengan analisis Pareto untuk menentukan prioritas *downtime*, kemudian RCA untuk mengidentifikasi akar penyebab. Hasil analisis menjadi dasar

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

implementasi *TPM Pilar 4 (Focused Improvement)* yang selanjutnya dievaluasi berdasarkan perubahan *downtime* dan peningkatan nilai OEE setelah perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas penggunaan mesin berdasarkan tiga komponen utama, yaitu Availability Rate, Performance Rate, dan Quality Rate. Pengukuran OEE pada penelitian ini dilakukan menggunakan data operasional mesin Packing periode Agustus 2025 hingga Januari 2026. Hasil pengukuran digunakan untuk mengetahui kondisi aktual efektivitas mesin sebelum dilakukan analisis penyebab downtime menggunakan Diagram Pareto dan Root Cause Analysis.

Pengukuran OEE bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai tingkat pemanfaatan mesin selama proses produksi berlangsung. Selain itu, hasil OEE menjadi dasar dalam menentukan apakah efektivitas mesin telah memenuhi standar yang ditetapkan serta mengidentifikasi komponen yang masih memerlukan peningkatan melalui tindakan perbaikan.

Availability Rate

Perhitungan *Availability Rate* pada penelitian ini menggunakan data Loading Time dan *Downtime* yang telah diperoleh pada tahap pengumpulan data. Operating Time diperoleh dari selisih antara Loading Time dan *Downtime*, kemudian digunakan dalam perhitungan *Availability Rate* menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada Bab II. Hasil perhitungan *Availability Rate* selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel *Availability Rate*

Bulan	*Loading Time* (menit)	*Downtime* (menit)	*Operating Time* (menit)	*Availability* (%)
Agustus 2025	37.440	1.006	36.434	97,31%
September2025	38.880	1.099	37.781	97,17%
Oktober 2025	41.760	1.136	40.624	97,28%
November2025	36.000	873	35.127	97,58%
Desember 2025	38.880	1.122	37.758	97,11%
Januari 2026	36.000	989	35.011	97,25%

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai *Availability Rate* mesin *Packing* selama periode penelitian menunjukkan adanya fluktuasi pada setiap bulan. Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh variasi *downtime* yang terjadi selama proses produksi. Semakin besar *downtime* yang dialami mesin, maka semakin rendah nilai *Availability* yang diperoleh. Sebaliknya, ketika *downtime* dapat diminimalkan, nilai *Availability* akan meningkat karena waktu operasi efektif menjadi lebih besar.

Secara umum, nilai Availability yang diperoleh menunjukkan bahwa mesin Packing masih memiliki tingkat ketersediaan yang cukup baik dalam mendukung kegiatan produksi. Namun demikian, masih terdapat kehilangan waktu produksi akibat downtime yang terjadi secara berulang sehingga Availability belum mencapai kondisi optimal. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa masih diperlukan upaya perbaikan untuk mengurangi waktu berhenti mesin melalui identifikasi penyebab utama downtime. Setelah diperoleh nilai Availability Rate, selanjutnya dilakukan perhitungan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Performance Rate sebagai komponen kedua dalam Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Performance Rate

Pada penelitian ini, perhitungan *Performance Rate* dilakukan menggunakan data *Target Output, Actual Output, dan Operating Time* yang diperoleh dari data operasional mesin *Packing* selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada Bab II sehingga diperoleh nilai *Performance Rate* setiap bulan. Hasil perhitungan *Performance Rate* selama periode penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel *Performance Rate*

Bulan	Target *Output* (pack)	Actual *Output* (pack)	*Performance* (%)
Agustus 2025	1.872.000	1.821.700	97,31%
September 2025	1.944.000	1.889.050	97,17%
Oktober 2025	2.088.000	2.031.200	97,28%
November 2025	1.800.000	1.756.350	97,58%
Desember 2025	1.944.000	1.887.900	97,11%
Januari 2026	1.800.000	1.750.550	97,25%

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 3. nilai *Performance Rate* mesin *Packing* mengalami fluktuasi pada setiap bulan. Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh kemampuan mesin dalam mencapai target produksi selama waktu operasi yang tersedia. Ketika mesin mampu beroperasi secara stabil dengan gangguan yang minimal, jumlah *output* aktual akan mendekati target produksi sehingga nilai *Performance Rate* menjadi lebih tinggi. Sebaliknya, apabila terjadi gangguan mesin atau penurunan kecepatan produksi, maka *output* aktual akan menurun sehingga menyebabkan nilai *Performance Rate* ikut mengalami penurunan.

Setelah diperoleh nilai *Availability Rate* dan *Performance Rate*, selanjutnya dilakukan perhitungan *Quality Rate* sebagai komponen ketiga dalam *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Nilai *Quality Rate* digunakan untuk mengukur kemampuan mesin dalam menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas perusahaan.

Quality Rate

Pada penelitian ini, perhitungan *Quality Rate* menggunakan data Actual *Output* dan Produk Baik (*Good Product*) yang diperoleh dari laporan produksi mesin *Packing* selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026. Data tersebut diolah menggunakan persamaan *Quality Rate* yang telah dijelaskan pada Bab II untuk memperoleh nilai kualitas produksi setiap bulan. Hasil perhitungan *Quality Rate* selama periode penelitian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel *Quality Rate*

Bulan	*Good Product*	*Defect Product*	Total *Product*	*Quality* (%)
Agustus 2025	1.686.057	135.643	1.821.700	97,24%
September 2025	1.759.055	129.995	1.889.050	97,09%
Oktober 2025	1.872.235	158.965	2.031.200	97,20%
November 2025	1.640.568	115.782	1.756.350	97,51%
Desember 2025	1.755.317	132.583	1.887.900	97,03%
Januari 2026	1.629.858	120.692	1.750.550	97,17%

Sumber : Pengolahan Data 2026

Science and Education Journal
Vol 5 No 3 (2026)
E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Berdasarkan Tabel 4. nilai *Quality Rate* mesin *Packing* selama periode penelitian menunjukkan hasil yang relatif tinggi dan cenderung stabil pada setiap bulan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar produk yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas perusahaan, sedangkan jumlah produk cacat hanya merupakan sebagian kecil dari total *output* produksi.

Tingginya nilai *Quality Rate* mengindikasikan bahwa proses pengemasan pada mesin *Packing* telah berjalan dengan baik dari sisi kualitas produk. Meskipun demikian, masih ditemukannya produk cacat menunjukkan bahwa masih terdapat peluang perbaikan pada proses produksi untuk meminimalkan jumlah defect. Upaya tersebut penting dilakukan agar kerugian akibat produk cacat dapat ditekan dan efektivitas mesin semakin meningkat.

Apabila dibandingkan dengan komponen Availability dan Performance, nilai Quality Rate pada penelitian ini cenderung memiliki nilai yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan utama pada mesin Packing bukan terletak pada kualitas produk yang dihasilkan, melainkan pada kehilangan waktu produksi akibat downtime yang menyebabkan nilai Availability menjadi lebih rendah. Oleh karena itu, fokus penelitian diarahkan pada upaya pengurangan downtime melalui implementasi Root Cause Analysis (RCA) dan TPM Pilar 4 (Focused Improvement) sehingga peningkatan nilai OEE dapat dicapai secara lebih optimal.

Setelah diperoleh nilai Availability Rate, Performance Rate, dan Quality Rate, selanjutnya dilakukan perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Perhitungan OEE dilakukan dengan mengalikan ketiga komponen tersebut untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin Packing secara keseluruhan selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026.

Perhitungan OEE

Berdasarkan hasil perhitungan *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Quality Rate* pada subbab sebelumnya, diperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin *Packing* selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026 sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan OEE

Bulan	*Availability* (%)	*Performance* (%)	*Quality* (%)	OEE (%)
Agustus 2025	97,31%	97,31%	97,24%	92,08%
September 2025	97,17%	97,17%	97,09%	91,71%
Oktober 2025	97,28%	97,28%	97,20%	91,99%
November 2025	97,58%	97,58%	97,51%	92,82%
Desember 2025	97,11%	97,11%	97,03%	91,52%
Januari 2026	97,25%	97,25%	97,17%	91,88%
rata-rata	97,28%	97,28%	97,21%	92,00%

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin *Packing* selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026 mengalami fluktuasi pada setiap bulan. Fluktuasi tersebut dipengaruhi oleh perubahan nilai *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Quality Rate*, terutama akibat terjadinya *downtime* yang menyebabkan berkurangnya waktu operasi efektif mesin. Semakin besar *downtime* yang terjadi, maka semakin rendah nilai *Availability Rate* dan pada akhirnya memengaruhi nilai OEE secara keseluruhan.

Tabel 6. Perbandingan Standar World Class OEE

Indikator	Standar
Availability	≥ 90%

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Indikator	Standar
Performance	≥ 95%
Quality	≥ 99%
OEE	≥ 85%

Sumber :(Permana, 2024)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE mesin *Packing* selama periode penelitian sebesar 92,00%. Nilai tersebut telah melampaui standar *World Class* OEE sebesar 85%, sehingga secara umum efektivitas mesin *Packing* dapat dikategorikan baik. Meskipun demikian, masih terdapat *downtime* yang terjadi secara berulang pada beberapa komponen mesin sehingga menyebabkan hilangnya waktu produksi setiap bulan. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk meningkatkan efektivitas mesin melalui upaya pengurangan *downtime*.

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pencapaian nilai OEE, tetapi juga pada identifikasi penyebab *downtime* yang masih terjadi. Untuk menentukan komponen yang menjadi prioritas perbaikan, tahap selanjutnya dilakukan analisis Diagram Pareto berdasarkan data *downtime* masing-masing jenis gangguan. Hasil analisis tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan *Root Cause Analysis* (*Fishbone* Diagram dan *Five Why Analysis*) serta implementasi TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*) pada komponen yang memberikan kontribusi *downtime* terbesar.

Analisis Prioritas *Downtime* Menggunakan Diagram Pareto

Analisis Diagram Pareto dilakukan untuk mengidentifikasi jenis gangguan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total *downtime* mesin *Packing* selama periode penelitian. Prinsip Pareto menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan umumnya disebabkan oleh sebagian kecil penyebab dominan (prinsip 80/20). Oleh karena itu, analisis ini digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan sehingga tindakan yang dilakukan lebih efektif dan memberikan dampak terbesar terhadap peningkatan efektivitas mesin. Data yang digunakan merupakan data *downtime* mesin *Packing* selama periode Agustus 2025 hingga Januari 2026 yang telah dikelompokkan berdasarkan jenis kerusakan.

Rekapitulasi Data *Downtime*

Sebelum dilakukan penyusunan Diagram Pareto, seluruh data *downtime* dikelompokkan berdasarkan jenis gangguan yang terjadi pada mesin *Packing*. Rekapitulasi tersebut bertujuan untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing jenis gangguan terhadap total *downtime* mesin.

Tabel 7. Rekapitulasi Data Downtime Agustus – Januari 2026

No	Jenis Gangguan	*Downtime* (menit)	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	*Roll* Tarik	1.946	31,3%	31,3%
2	*Sealer*	1.355	21,8%	53,0%
3	*Sensor*	1.031	16,6%	69,6%
4	*Heater*	763	12,3%	81,8%
5	Ngacak	633	10,2%	92,0%
6	Bocor	497	8,0%	100,0%

Sumber : Pengolahan Data 2026

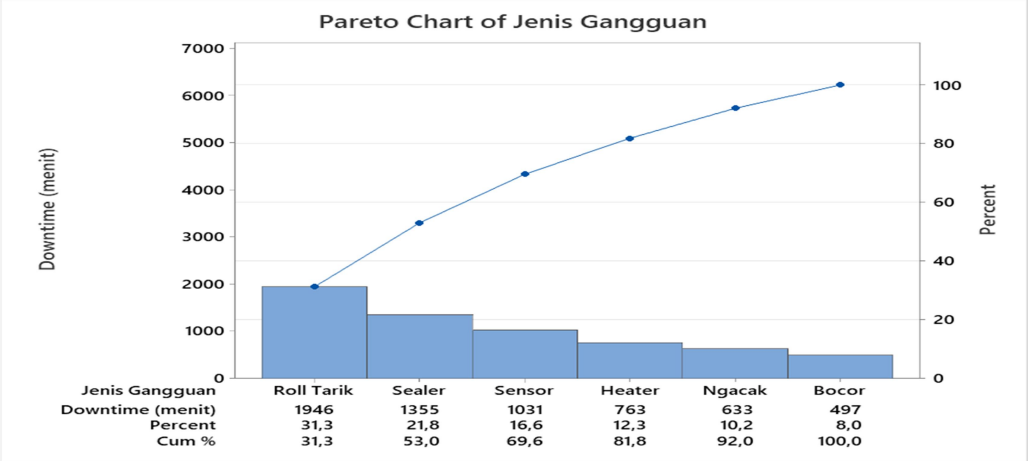
Berdasarkan Tabel 7. terlihat bahwa *downtime* mesin tidak tersebar secara merata pada seluruh komponen. Beberapa jenis gangguan memberikan kontribusi yang jauh lebih besar dibandingkan gangguan lainnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

terdapat komponen-komponen tertentu yang memiliki tingkat kegagalan lebih tinggi sehingga menjadi penyebab utama hilangnya waktu operasi mesin. Hasil rekapitulasi ini menjadi dasar penyusunan Diagram Pareto untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan kontribusi *downtime* terbesar.

Diagram Pareto *Downtime* Mesin *Packing*

Data pada Gambar 1. selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak Minitab untuk menghasilkan Diagram Pareto.



Gambar 1. Diagram Pareto Downtime
Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Gambar 1. diketahui bahwa terdapat empat jenis gangguan utama yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total *downtime* mesin *Packing*, yaitu *Roll* Tarik, *Horizontal Seal*, *Vertical Seal*, dan *Cutter*. Keempat jenis gangguan tersebut menyumbang sebagian besar total *downtime* sehingga dapat dikategorikan sebagai masalah prioritas berdasarkan prinsip Pareto.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar kehilangan waktu produksi tidak disebabkan oleh seluruh komponen mesin, melainkan terkonsentrasi pada beberapa komponen kritis. Dengan demikian, perusahaan akan memperoleh dampak perbaikan yang lebih signifikan apabila sumber daya difokuskan pada komponen-komponen yang memiliki kontribusi downtime terbesar dibandingkan melakukan perbaikan terhadap seluruh jenis gangguan secara bersamaan.

Penerapan Diagram Pareto dalam penelitian ini memberikan dasar yang objektif dalam menentukan prioritas perbaikan berdasarkan data aktual, sehingga proses pengambilan keputusan tidak hanya didasarkan pada asumsi, tetapi berdasarkan besarnya kontribusi masing-masing jenis gangguan terhadap total downtime mesin.

Tabel 8. Penentu Implementasi Perbaikan

No	Jenis *Downtime*	Kontribusi	Saran Perbaikan	Implementasi Penelitian	Keterangan
1	*Roll* Tarik	31,3%	Modifikasi Stang Eksentrik dengan cara penggantian *Bearing Ball* 608 ke *Bearing* phs 08	**Ya**	Menjadi objek penelitian
2	*Sealer*	21,8%	Standarisasi dan *Monitoring* Pada Suhu *Sealer*	Tidak	Di luar batasan penelitian
3	*Sensor*	16,6%	Modifikasi Pada Rumah Sensor	Tidak	Di luar batasan penelitian
4	*Heater*	12,3%	Modifikasi Dudukan Posisi	Tidak	Di luar batasan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

No	Jenis *Downtime*	Kontribusi	Saran Perbaikan	Implementasi Penelitian	Keterangan
			Heater		penelitian

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 8. diketahui bahwa terdapat empat jenis *downtime* yang termasuk dalam kategori prioritas berdasarkan hasil Diagram Pareto. Keempat jenis gangguan tersebut memberikan kontribusi kumulatif sekitar 80% terhadap total *downtime* mesin *Packing* sehingga secara teoritis seluruhnya layak menjadi objek perbaikan. Namun demikian, penelitian ini hanya memfokuskan implementasi perbaikan pada komponen *Roll* Tarik.

Pemilihan Roll Tarik didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, berdasarkan hasil Diagram Pareto, Roll Tarik merupakan jenis downtime yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total downtime mesin Packing. Kedua, sesuai dengan kebijakan dan kondisi operasional PT ACD, selama pelaksanaan penelitian perusahaan hanya mengizinkan implementasi perbaikan pada satu jenis kerusakan sebagai objek penelitian, sehingga tindakan perbaikan difokuskan pada komponen yang memiliki prioritas tertinggi. Kebijakan tersebut bertujuan agar implementasi perbaikan tidak mengganggu kelangsungan proses produksi serta memudahkan perusahaan dalam melakukan evaluasi terhadap efektivitas hasil perbaikan yang diterapkan.

Dengan mempertimbangkan kedua aspek tersebut, komponen Roll Tarik dipilih sebagai objek penelitian untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan Root Cause Analysis (Fishbone Diagram dan Five Why Analysis). Hasil analisis akar penyebab tersebut kemudian menjadi dasar dalam penyusunan dan implementasi TPM Pilar 4 (Focused Improvement) guna mengurangi downtime pada komponen yang menjadi prioritas utama.

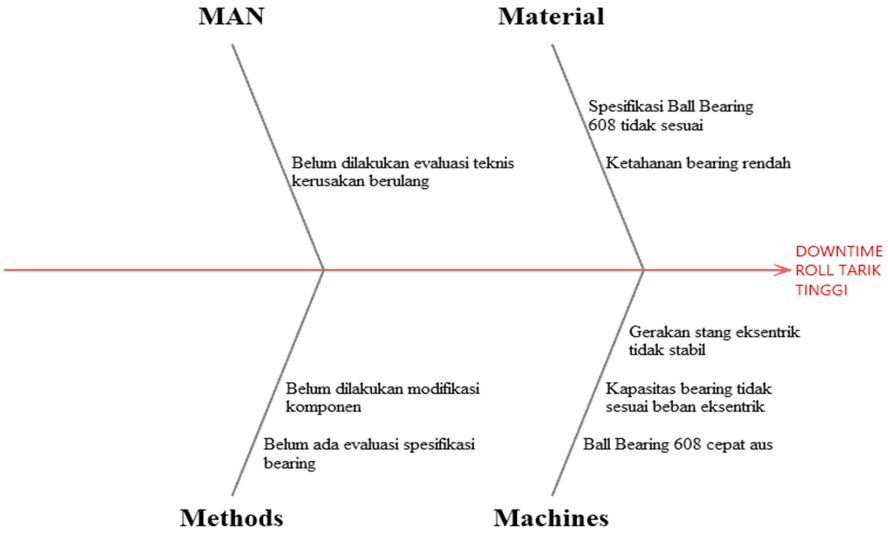
Root Cause Analysis (RCA) Pada Komponen *Roll* Tarik

Setelah dilakukan analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan penentuan prioritas *downtime* menggunakan Diagram Pareto, diketahui bahwa komponen *Roll* Tarik merupakan penyumbang *downtime* terbesar pada mesin *packing*. Oleh karena itu, diperlukan identifikasi akar penyebab untuk mengetahui faktor utama yang menyebabkan tingginya *downtime* sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan dapat bersifat tepat sasaran. Pada penelitian ini, *Root Cause Analysis* (RCA) dilakukan menggunakan *Fishbone* Diagram dan *Five Why Analysis*. *Fishbone* Diagram digunakan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyebab permasalahan berdasarkan beberapa kategori penyebab, sedangkan *Five Why Analysis* digunakan untuk menelusuri hubungan sebab akibat hingga diperoleh akar penyebab yang menjadi dasar implementasi TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*).

Identifikasi Penyebab *Downtime Roll* Tarik Menggunakan *Fishbone*

Fishbone Diagram digunakan sebagai tahap awal dalam *Root Cause Analysis* untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyebab tingginya *downtime* pada komponen *Roll* Tarik. Penyusunan *Fishbone* dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan teknisi *maintenance*, serta dokumentasi riwayat kerusakan mesin selama periode penelitian. Penyebab dikelompokkan ke dalam empat kategori utama yaitu *Machine, Material, Method,* dan *Man* yang memiliki hubungan langsung dengan mekanisme *Roll* Tarik.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



Gambar 2. *Fishbone*
Sumber : Pengolahan Data 2026

Tabel 9. Hasil *Fishbone* Diagram

Kategori	Faktor Penyebab
Machine	*Ball* Bearing 608 cepat mengalami keausan. Kapasitas bearing tidak mampu menahan beban eksentrik secara *kontinu*. Gerakan stang eksentrik menjadi tidak stabil sehingga memicu *downtime*.
Material	Spesifikasi *Ball* Bearing 608 tidak sesuai dengan karakteristik beban kerja. Ketahanan bearing terhadap beban eksentrik rendah sehingga umur pakai pendek.
Method	Belum dilakukan evaluasi kesesuaian spesifikasi bearing terhadap kondisi operasi aktual. Belum dilakukan modifikasi desain komponen berdasarkan hasil analisis kerusakan berulang.
Man	Belum dilakukan evaluasi teknis secara menyeluruh terhadap penyebab kerusakan bearing sehingga komponen yang sama tetap digunakan.

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 9. diketahui bahwa terdapat beberapa faktor yang berpotensi menyebabkan tingginya *downtime* pada komponen *Roll* Tarik. Pada kategori *Machine*, penyebab utama berkaitan dengan kondisi *Ball* Bearing 608 yang cepat mengalami keausan sehingga mengganggu kestabilan gerakan stang eksentrik. Pada kategori *Material*, penyebab berasal dari spesifikasi bearing yang belum sesuai dengan karakteristik beban eksentrik selama mesin beroperasi. Selanjutnya pada kategori *Method*, ditemukan bahwa belum pernah dilakukan evaluasi terhadap kesesuaian spesifikasi bearing maupun modifikasi desain komponen berdasarkan riwayat kerusakan yang berulang. Sementara itu, pada kategori *Man*, evaluasi teknis terhadap penyebab kegagalan bearing belum dilakukan secara menyeluruh sehingga penggunaan komponen yang sama masih dipertahankan.

Fishbone Diagram mampu menggambarkan hubungan sebab-akibat dari berbagai faktor yang diduga menjadi penyebab *downtime*. Namun demikian, *Fishbone* Diagram belum dapat menentukan penyebab utama yang paling dominan. Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjutan menggunakan *Five Why Analysis* untuk menelusuri hubungan sebab-akibat hingga diperoleh akar penyebab yang menjadi dasar implementasi TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*).

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Five Why Analysis

Setelah faktor-faktor penyebab *downtime* pada komponen *Roll* Tarik berhasil diidentifikasi melalui *Fishbone Diagram,* tahap selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan *Five Why Analysis*. Metode ini digunakan untuk menelusuri penyebab permasalahan secara bertahap melalui serangkaian pertanyaan "mengapa" hingga diperoleh akar penyebab yang paling mendasar.

Tabel 10. *5 Why Analysis*

Tahapan	Pertanyaan	Jawaban
Permasalahan	Apa yang terjadi?	*Downtime* pada komponen *Roll* Tarik sering terjadi sehingga menghentikan proses produksi.
Why 1	Mengapa *downtime Roll* Tarik sering terjadi?	Karena mekanisme stang eksentrik mengalami gangguan akibat bearing cepat mengalami keausan.
Why 2	Mengapa *bearing* cepat mengalami keausan?	Karena *Ball Bearing* 608 menerima beban eksentrik dan beban kerja kontinu yang melebihi kemampuan kerjanya.
Why 3	Mengapa *Ball Bearing* 608 tidak mampu menahan beban tersebut?	Karena spesifikasi *Ball Bearing* 608 tidak sesuai dengan karakteristik mekanisme stang eksentrik pada mesin packing.
Why 4	Mengapa spesifikasi *bearing* yang tidak sesuai masih digunakan?	Karena belum dilakukan evaluasi teknis terhadap kesesuaian spesifikasi bearing berdasarkan kondisi operasi aktual mesin.
Why 5	Mengapa evaluasi teknis belum dilakukan?	Karena desain komponen belum pernah dimodifikasi berdasarkan hasil analisis kerusakan yang terjadi secara berulang.

Sumber: Hasil observasi dan wawancara (2026)

Berdasarkan hasil *Five Why Analysis* diketahui bahwa kerusakan *bearing* bukan merupakan akar penyebab utama, melainkan merupakan dampak dari penggunaan *Ball Bearing* 608 yang memiliki spesifikasi kurang sesuai terhadap karakteristik beban eksentrik pada mekanisme stang eksentrik. Kondisi tersebut menyebabkan bearing mengalami keausan lebih cepat sehingga gerakan *Roll* Tarik menjadi tidak stabil dan akhirnya meningkatkan frekuensi *downtime* mesin.

Dengan demikian, akar penyebab yang diperoleh bukan hanya berkaitan dengan kerusakan komponen, tetapi terletak pada ketidaksesuaian spesifikasi *bearing* terhadap kondisi operasi aktual mesin. Oleh karena itu, tindakan perbaikan harus difokuskan pada penyelesaian akar penyebab tersebut agar mampu mengurangi *downtime* secara berkelanjutan.

Implikasi Hasil *Root Cause Analysis*

Hasil *Fishbone* Diagram menunjukkan bahwa penyebab *downtime Roll* Tarik berasal dari beberapa aspek yang saling berkaitan, yaitu *Machine*, *Material*, *Method*, dan *Man*. Selanjutnya, hasil tersebut diverifikasi menggunakan *Five Why Analysis* sehingga diperoleh satu akar penyebab utama yang memiliki hubungan langsung dengan tingginya *downtime*, yaitu ketidaksesuaian spesifikasi *Ball Bearing* 608 terhadap karakteristik beban eksentrik pada mekanisme stang eksentrik.

Akar penyebab tersebut menjelaskan bahwa kerusakan *bearing* yang sering terjadi bukan hanya disebabkan oleh umur komponen, tetapi oleh penggunaan jenis *bearing* yang tidak sesuai dengan kondisi kerja aktual mesin. Akibatnya, *Ball Bearing* 608 mengalami keausan lebih cepat sehingga kestabilan gerakan stang eksentrik terganggu dan mesin harus dihentikan untuk melakukan penggantian komponen.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Berdasarkan hasil *Root Cause Analysis* tersebut, implementasi TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*) diarahkan untuk menghilangkan akar penyebab, bukan hanya mengatasi gejala kerusakan. Oleh karena itu, tindakan perbaikan yang dipilih adalah melakukan modifikasi komponen *Roll* Tarik melalui penggantian *Ball Bearing* 608 menjadi *Rod End Bearing* PHS-8. *Rod End Bearing* PHS-8 dipilih karena memiliki konstruksi yang lebih sesuai untuk menerima beban eksentrik dan gerakan osilasi sehingga diharapkan mampu meningkatkan kestabilan mekanisme *Roll* Tarik, mengurangi keausan *bearing*, menurunkan frekuensi *downtime*, serta meningkatkan efektivitas mesin packing.

Dengan demikian, terdapat hubungan yang jelas antara hasil *Fishbone* Diagram, *Five Why Analysis*, dan implementasi TPM Pilar 4. *Fishbone* Diagram berfungsi mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyebab, *Five Why Analysis* menetapkan akar penyebab utama, sedangkan TPM Pilar 4 mengimplementasikan tindakan perbaikan yang secara langsung ditujukan untuk menghilangkan akar penyebab tersebut. Alur analisis ini memastikan bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan bersifat sistematis, tepat sasaran, dan mendukung peningkatan efektivitas mesin packing secara berkelanjutan.

Implementasi TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*)

Berdasarkan hasil *Root Cause Analysis* pada Subbab 4.4, diketahui bahwa penyebab utama tingginya *downtime* pada komponen *Roll* Tarik adalah ketidaksesuaian spesifikasi *Bearing* yang digunakan pada mekanisme stang eksentrik terhadap karakteristik beban kerja selama proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan tindakan perbaikan yang tidak hanya mengganti komponen yang rusak, tetapi juga menghilangkan akar penyebab sehingga potensi terjadinya kerusakan berulang dapat diminimalkan.

Dalam penelitian ini, tindakan perbaikan dilakukan dengan mengacu pada konsep *TPM Pilar 4 (Focused Improvement),* yaitu melakukan perbaikan yang terfokus pada masalah prioritas berdasarkan hasil analisis data. Implementasi dilakukan melalui modifikasi komponen stang eksentrik dengan mengganti *Bearing* tipe *Ball Bearing 608* menjadi *Rod End Bearing PHS-8*, yang memiliki karakteristik lebih sesuai terhadap beban eksentrik pada mekanisme *Roll* Tarik.

Penyusunan Alternatif Perbaikan

Sebelum implementasi dilakukan, beberapa alternatif tindakan perbaikan disusun berdasarkan hasil observasi lapangan, diskusi dengan teknisi, dan hasil *Root Cause Analysis*. Tujuannya adalah memastikan bahwa solusi yang dipilih benar-benar mampu menghilangkan akar penyebab kerusakan.

Tabel 11. Alternatif Perbaikan

Alternatif	Kelebihan	Kekurangan	Keputusan
Mengganti *Bearing Ball Bearing* 608 dengan tipe yang sama	Biaya rendah, pemasangan mudah	Tidak menghilangkan akar penyebab, potensi kerusakan berulang tetap tinggi	Tidak dipilih
Meningkatkan frekuensi *preventive maintenance*	Mempermudah deteksi dini kerusakan	Tidak mengatasi keterbatasan spesifikasi *Bearing*	Tidak dipilih sebagai solusi utama
Mengganti *Bearing* menjadi *Rod End Bearing* PHS-8	Lebih sesuai terhadap beban eksentrik, meningkatkan keandalan mekanisme	Membutuhkan modifikasi pada stang eksentrik	**Dipilih**

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel diatas, alternatif yang dipilih adalah mengganti *Ball Bearing* 608 dengan *Rod End Bearing* PHS-8. Pemilihan ini didasarkan pada kesesuaiannya dengan hasil RCA yang menunjukkan bahwa akar penyebab kerusakan terletak pada ketidaksesuaian spesifikasi *Bearing* terhadap karakteristik pembebanan pada mekanisme *Roll* Tarik. Dengan demikian, tindakan perbaikan tidak hanya mengganti komponen yang rusak, tetapi juga meningkatkan keandalan sistem melalui perubahan desain komponen.

Implementasi Perbaikan

Untuk mengetahui perbedaan karakteristik komponen sebelum dan sesudah implementasi, dilakukan perbandingan spesifikasi teknis antara *Bearing Ball* 608 yang digunakan pada kondisi awal dengan *Bearing PHS 8* yang digunakan setelah modifikasi. Perbandingan ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa tindakan perbaikan tidak hanya berupa penggantian komponen, tetapi juga penyesuaian jenis *Bearing* sesuai dengan karakteristik kerja mekanisme *Roll* Tarik. Hasil perbandingan spesifikasi disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan *Bearing Ball* 608 dan *PHS 8*

No	Parameter	*Bearing Ball* 608	*Bearing PHS 8*
1	Jenis *Bearing*	*Deep Groove Ball Bearing*	*Rod End Bearing (Spherical Plain Bearing)*
2	Standar ukuran	8 × 22 × 7 mm	Ulir M8*, bore* 8 mm
3	Material *body*	Baja karbon / *Chrome Steel (AISI 52100)*	*Carbon Steel / Forged Steel*
4	Material bola	*Chrome Steel*	Tidak menggunakan bola *(spherical plain)*
5	Material *raceway*	*Chrome Steel*	*Hardened Steel*
6	Sistem Gerak	Putaran *(Rotational)*	Putaran dan ayunan *(Oscillating/Angular)*
7	Kemampuan menerima beban *radial*	Sangat *baik*	Baik
8	Kemampuan menerima beban *aksial*	Terbatas	Baik
9	Kemampuan menerima beban sudut (*misalignment*)	Sangat rendah	Sangat baik
10	Ketahanan terhadap gaya eksentrik	Rendah	Tinggi
11	Kemudahan pemasangan	Menggunakan *housing*	Langsung dihubungkan dengan batang berulir
12	Aplikasi umum	Motor 385 *ndustr, roller, pulley*	Linkage, mekanisme eksentrik, mesin 385 *ndustry, aktuator*
13	Kesesuaian dengan stang eksentrik	Kurang sesuai	Lebih sesuai

Sumber : Hasil Wawancara Teknisi

Berdasarkan Tabel diatas, terdapat perbedaan karakteristik yang cukup signifikan antara *Bearing Ball* 608 dan *Bearing PHS 8*. *Bearing Ball* 608 merupakan jenis *deep groove Ball Bearing* yang dirancang untuk menerima beban radial dengan kemampuan menerima perubahan sudut yang terbatas. Pada mekanisme stang eksentrik

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Roll Tarik, *Bearing* ini menerima kombinasi beban putaran dan gaya eksentrik secara terus-menerus sehingga mempercepat terjadinya keausan.

Sebaliknya, *Bearing PHS 8* merupakan *Rod End Bearing* yang memiliki sambungan berbentuk spherical sehingga mampu mengakomodasi perubahan sudut dan beban eksentrik dengan lebih baik. Karakteristik tersebut menjadikan *PHS 8* lebih sesuai digunakan pada mekanisme stang eksentrik yang mengalami gerakan berulang dengan arah beban yang berubah selama proses produksi. Oleh karena itu, penggantian *Bearing Ball* 608 menjadi *PHS 8* diharapkan mampu meningkatkan keandalan komponen, mengurangi frekuensi kerusakan, serta menurunkan *downtime* mesin *Packing*.

Standarisasi Hasil Perbaikan

Setelah implementasi selesai dilakukan, perusahaan perlu melakukan standardisasi agar hasil perbaikan dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Standardisasi merupakan bagian dari konsep TPM Pilar 4, yang bertujuan memastikan bahwa tindakan perbaikan tidak hanya memberikan hasil sesaat, tetapi juga menjadi bagian dari sistem pemeliharaan yang berkelanjutan.

Tabel 13. Usulan Standardisasi Perawatan

No	Tindakan	Frekuensi	Penanggung Jawab
1	Pemeriksaan kondisi *Rod End Bearing*	Setiap awal shift	Operator
2	Pemeriksaan kekencangan baut stang eksentrik	Mingguan	Teknisi
3	Pelumasan komponen sesuai standar	Mingguan	Teknisi
4	Pemeriksaan keausan *Rod End Bearing*	Bulanan	*Maintenance*
5	Pencatatan histori kerusakan	Setiap terjadi gangguan	*Maintenance*

Sumber : Usulan peneliti (2026).

Standardisasi perawatan bertujuan mempertahankan hasil implementasi agar keandalan mekanisme *Roll* Tarik tetap terjaga. Dengan adanya inspeksi berkala, pelumasan sesuai jadwal, dan pencatatan histori kerusakan, potensi kerusakan berulang dapat dideteksi lebih awal sehingga *downtime* mesin dapat diminimalkan.

Pembahasan Implementasi TPM Pilar 4

Implementasi perbaikan pada penelitian ini menunjukkan penerapan prinsip *Focused Improvement*, yaitu melakukan perbaikan yang berfokus pada masalah dengan kontribusi kerugian terbesar berdasarkan hasil Diagram Pareto dan *Root Cause Analysis*. Berbeda dengan tindakan penggantian komponen secara rutin, perbaikan yang dilakukan dalam penelitian ini didasarkan pada identifikasi akar penyebab sehingga diharapkan mampu memberikan dampak yang lebih berkelanjutan terhadap penurunan *downtime*.

Modifikasi *Bearing* menjadi *Rod End Bearing* PHS-8 tidak hanya meningkatkan keandalan mekanisme *Roll* Tarik, tetapi juga merupakan bentuk perbaikan teknis yang sesuai dengan konsep eliminasi akar penyebab dalam TPM Pilar 4. Dengan demikian, implementasi yang dilakukan tidak hanya bersifat korektif, tetapi juga preventif terhadap terulangnya kegagalan yang sama pada masa mendatang.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Evaluasi Hasil Implementasi Perbaikan

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas implementasi TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*) terhadap penurunan *downtime* dan peningkatan efektivitas mesin *Packing*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi perbaikan pada komponen *Roll* Tarik. Parameter yang digunakan meliputi total *downtime*, frekuensi kerusakan, dan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Hasil evaluasi ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana tindakan perbaikan yang dilakukan mampu mengatasi akar penyebab permasalahan yang telah diidentifikasi melalui *Root Cause Analysis*.

Evaluasi Penurunan *Downtime*

Setelah implementasi modifikasi stang eksentrik menggunakan *Rod End Bearing* PHS-8, dilakukan pengamatan terhadap *downtime* mesin untuk mengetahui pengaruh tindakan perbaikan terhadap waktu berhenti mesin.

Tabel 14. Perbandingan *Downtime* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Parameter	Sebelum	Sesudah	Perubahan
Total *downtime* (menit)	6.225	2.060	4.165
Rata-rata *downtime*/bulan	1.037,5	618,3	419,2

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan Tabel 14. terlihat bahwa implementasi perbaikan memberikan penurunan *downtime* dibandingkan kondisi sebelum dilakukan modifikasi. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa penggantian *Bearing* menjadi *Rod End Bearing* PHS-8 mampu meningkatkan keandalan mekanisme *Roll* Tarik sehingga frekuensi penghentian mesin akibat kerusakan komponen dapat dikurangi. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan tidak hanya memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan, tetapi berhasil mengurangi penyebab utama *downtime* sebagaimana telah diidentifikasi melalui *Root Cause Analysis*.

Evaluasi Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Selain mengevaluasi *downtime*, penelitian ini juga mengevaluasi perubahan efektivitas mesin menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Tabel 15. Perbandingan Nilai OEE

Indikator	Before (Ags 2025 – Jan 2026)	After (Mar 2026 – Mei 2026)	Perubahan
Downtime (menit)	6.225	1.855	4.370
Availability (%)	97,28%	98,41%	1,13%
Performance (%)	97,28%	98,41%	1,13%
Quality (%)	97,28%	96,22%	-1,06%
OEE (%)	92,00%	93,23%	1,23%

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan hasil evaluasi, implementasi perbaikan memberikan peningkatan nilai *Availability* karena *downtime* mesin berhasil dikurangi. Berkurangnya waktu berhenti mesin menyebabkan waktu operasi efektif meningkat sehingga *Availability* mengalami peningkatan.

Peningkatan *Availability* turut memberikan pengaruh terhadap nilai OEE secara keseluruhan. Sementara itu, nilai *Performance* dan *Quality* relatif stabil karena implementasi perbaikan lebih berfokus pada peningkatan keandalan komponen *Roll* Tarik daripada perubahan kecepatan produksi maupun kualitas produk. Dengan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

demikian, peningkatan nilai OEE terutama dipengaruhi oleh keberhasilan dalam mengurangi *downtime* mesin.

Pembahasan Hasil Implementasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*) yang didasarkan pada *Root Cause Analysis* mampu memberikan perbaikan terhadap kinerja mesin *Packing*. Berbeda dengan tindakan penggantian komponen secara rutin, implementasi pada penelitian ini dilakukan berdasarkan identifikasi akar penyebab sehingga solusi yang diterapkan lebih tepat sasaran.

Penurunan *downtime* setelah implementasi menunjukkan bahwa modifikasi mekanisme stang eksentrik menggunakan *Rod End Bearing* PHS-8 berhasil meningkatkan keandalan sistem *Roll* Tarik. Temuan ini memperlihatkan bahwa eliminasi akar penyebab memberikan dampak yang lebih efektif dibandingkan hanya mengganti komponen yang mengalami kerusakan dengan spesifikasi yang sama.

Selain itu, peningkatan nilai OEE menunjukkan bahwa tindakan perbaikan memberikan dampak positif terhadap efektivitas penggunaan mesin. Walaupun peningkatan terbesar terjadi pada komponen *Availability*, hasil tersebut tetap menunjukkan bahwa implementasi TPM Pilar 4 mampu meningkatkan performa operasional mesin secara keseluruhan.

Ketercapaian Tujuan Penelitian

Evaluasi akhir dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian terhadap tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

Tabel 16. Ketercapaian Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Status
Menganalisis nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin *Packing*	Nilai *Availability*, *Performance*, *Quality*, dan OEE berhasil dihitung dan dianalisis	Tercapai
Mengidentifikasi penyebab utama *downtime* menggunakan Diagram Pareto dan *Root Cause Analysis*	Empat jenis *downtime* dominan berhasil diidentifikasi, kemudian *Roll* Tarik dipilih sebagai prioritas dan dianalisis menggunakan *Fishbone* Diagram serta 5 *Why*	Tercapai
Mengimplementasikan TPM Pilar 4 berdasarkan hasil *Root Cause Analysis*	Modifikasi stang eksentrik melalui penggantian *Ball Bearing* 608 menjadi *Rod End Bearing* PHS-8 berhasil diterapkan sebagai 388indakan *Focused Improvement*	Tercapai
Mengevaluasi dampak implementasi terhadap *downtime* dan OEE	Penurunan *downtime* dan peningkatan nilai OEE berhasil dievaluasi melalui perbandingan sebelum dan sesudah implementasi	Tercapai

Sumber : Pengolahan Data 2026

Berdasarkan hasil evaluasi, seluruh tujuan penelitian telah tercapai sesuai dengan tahapan metode penelitian yang telah dirancang. Analisis OEE berhasil menggambarkan kondisi awal efektivitas mesin, Diagram Pareto dan *Root Cause Analysis* berhasil mengidentifikasi masalah prioritas beserta akar penyebabnya, sedangkan implementasi TPM Pilar 4 mampu memberikan perbaikan terhadap keandalan komponen *Roll* Tarik.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan yang mengintegrasikan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Diagram Pareto, *Root Cause Analysis*, dan TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*) dapat digunakan sebagai metode yang sistematis untuk mengurangi *downtime* mesin *Packing*.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Pembahasan Hasil Penelitian Berdasarkan *Research Gap* dan *Novelty*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE), Diagram Pareto, Root Cause Analysis (Fishbone Diagram dan 5 Why),* serta *TPM Pilar 4 (Focused Improvement)* mampu mengidentifikasi penyebab utama *downtime* dan menghasilkan tindakan perbaikan yang lebih terarah pada komponen *Roll* Tarik. Pendekatan ini memberikan dasar pengambilan keputusan yang sistematis, mulai dari pengukuran efektivitas mesin, penentuan prioritas masalah, identifikasi akar penyebab, hingga implementasi tindakan perbaikan.

Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada Tabel 2.1, sebagian besar penelitian hanya menggunakan satu atau dua metode analisis, seperti OEE dengan *Six Big Losses*, OEE dengan FMEA, atau RCA tanpa dikaitkan dengan implementasi TPM. Penelitian-penelitian tersebut umumnya berhenti pada tahap identifikasi penyebab kerusakan atau pemberian rekomendasi perbaikan tanpa menunjukkan implementasi teknis terhadap komponen mesin.

Sebagai contoh, penelitian (Supriyati & Wiyatno, 2025) berhasil meningkatkan efektivitas mesin melalui analisis OEE dan *Six Big Losses*, namun belum mengintegrasikan *Root Cause Analysis* dan TPM Pilar 4 sebagai dasar implementasi perbaikan. Penelitian (Musa & Cahyono Putra, 2024) memanfaatkan OEE dan FMEA untuk menentukan prioritas kegagalan, tetapi belum melakukan analisis akar penyebab secara mendalam menggunakan *Fishbone* Diagram dan 5 *Why*. Sementara itu, penelitian (Lubis et al., 2023) telah menggunakan *Root Cause Analysis* untuk mengurangi *downtime*, tetapi belum mengaitkan hasil analisis tersebut dengan konsep *Focused Improvement* pada TPM maupun evaluasi peningkatan efektivitas mesin menggunakan OEE.

Berdasarkan perbandingan tersebut, research gap pada penelitian ini terletak pada belum adanya penelitian yang mengintegrasikan pengukuran efektivitas mesin menggunakan OEE, penentuan prioritas masalah melalui Diagram Pareto, identifikasi akar penyebab menggunakan *Root Cause Analysis*, serta implementasi tindakan perbaikan berdasarkan konsep *TPM Pilar 4 (Focused Improvement)* pada komponen *Roll* Tarik mesin *Packing*.

Selain itu, penelitian ini tidak hanya berhenti pada tahap identifikasi akar penyebab, tetapi melanjutkan hingga implementasi perbaikan melalui modifikasi mekanisme stang eksentrik dengan mengganti *Ball Bearing* 608 menjadi *Rod End Bearing* PHS-8 yang lebih sesuai terhadap karakteristik beban eksentrik. Implementasi tersebut kemudian dievaluasi berdasarkan perubahan *downtime* dan nilai OEE sehingga efektivitas tindakan perbaikan dapat dibuktikan secara kuantitatif.

Dengan demikian, novelty penelitian ini tidak terletak pada penggunaan metode OEE, Pareto, RCA, maupun TPM secara terpisah, melainkan pada integrasi keempat pendekatan tersebut dalam satu alur perbaikan yang sistematis, mulai dari pengukuran efektivitas mesin, penentuan prioritas *downtime*, identifikasi akar penyebab, implementasi *Focused Improvement*, hingga evaluasi hasil perbaikan berdasarkan indikator OEE. Selain itu, penelitian ini menghasilkan modifikasi teknis pada mekanisme *Roll* Tarik melalui penggunaan *Rod End Bearing* PHS-8 sebagai solusi yang secara langsung diturunkan dari hasil *Root Cause Analysis*, sehingga memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan dalam upaya pengurangan *downtime* mesin *Packing*.

Tabel 17. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini

No	Aspek	Penelitian Terdahulu	Penelitian Ini
1	Pengukuran efektivitas mesin	Umumnya menggunakan OEE	Menggunakan OEE sebagai evaluasi kondisi awal dan akhir
2	Penentuan	Sebagian menggunakan	Menggunakan Diagram Pareto untuk

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

No	Aspek	Penelitian Terdahulu	Penelitian Ini
	prioritas masalah	Pareto atau *Six Big Losses*	menentukan prioritas *downtime*
3	Analisis akar penyebab	RCA atau FMEA digunakan secara terpisah	Menggunakan *Fishbone* Diagram dan 5 *Why* secara berurutan
4	Implementasi TPM	Banyak penelitian berhenti pada rekomendasi	Mengimplementasikan TPM Pilar 4 (*Focused Improvement*)
5	Implementasi teknis	Sebagian besar berupa usulan	Melakukan modifikasi komponen *Roll* Tarik dengan penggantian *Ball Bearing* 608 menjadi *Rod End Bearing* PHS-8
6	Evaluasi hasil	Tidak seluruh penelitian mengevaluasi hasil implementasi	Mengevaluasi penurunan *downtime* dan perubahan nilai OEE setelah implementasi

Sumber : Pengolahan Data 2026

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Diagram Pareto, *Root Cause Analysis* (RCA), dan *TPM Pilar 4 (Focused Improvement)* mampu meningkatkan efektivitas mesin *Packing* di PT ACD. Hasil perhitungan OEE menunjukkan bahwa efektivitas mesin telah memenuhi standar *World Class*, namun masih ditemukan downtime berulang yang mengurangi waktu operasi efektif. Analisis Pareto mengidentifikasi komponen *Roll Tarik* sebagai penyebab downtime terbesar, sedangkan *Fishbone Diagram* dan *Five Why Analysis* menunjukkan bahwa ketidaksesuaian spesifikasi *bearing* menjadi akar permasalahan. Implementasi perbaikan melalui penggantian *Ball Bearing 608* menjadi *Rod End Bearing PHS-8* berhasil menurunkan downtime serta meningkatkan stabilitas operasi mesin dan nilai OEE. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi OEE, RCA, dan *TPM Pilar 4* merupakan pendekatan yang efektif untuk menentukan prioritas perbaikan, menghilangkan akar penyebab gangguan, serta mendukung peningkatan produktivitas dan keandalan mesin secara berkelanjutan di lingkungan manufaktur.

DAFTAR PUSTAKA

Abedin, A. (2023). Improvement of Overall Equipment Efficiency with Root Cause Analysis and TPM Strategy: a Case Study. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, *12*(3), 205–220. https://doi.org/10.22105/riej.2023.393216.1388

Alamsyah, F. (2023). *Alamsyah 289-302 Jurnal OE: VII* (Number 3).

Calandreli, P. R., Valle, P. D., & Deschamps, F. (2025). Maximizing operational efficiency with Industry 4.0 technology: integrating OEE as a *Performance* indicator. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *138*(3), 855–872. https://doi.org/10.1007/s00170-025-15408-y

Lubis, A. R., Melati, A. R., Indriani, M., Febriyanti, E., & Fachruddin, M. A. R. (2023). *JURNAL TEKNIK INDUSTRI MANAJEMEN DAN MANUFAKTUR JURNAL TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS PROKLAMASI 45 https://ejournal.up45.ac.id/index.php/jtim Mengurangi Downtime Pada Cooling*

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Tunnel Line 4 Melalui Implementasi Scrapper Dan Modifikasi Desain Dengan Metode RCA PT.XYZ. https://ejournal.up45.ac.id/index.php/jtim

Musa, A., & Cahyono Putra, A. (2024). Pendekatan Terintegrasi OEE dan FMEA dalam Meningkatkan Keandalan Mesin Giling Kedelai pada Proses Produksi Tahu. *Desember*, *12*(2), 261–268.

Pei, F., Liu, J., Zhuang, C., Zheng, L., & Zhang, J. (2024). Collaborative Optimization of a Matrix Manufacturing System Based on Overall Equipment Effectiveness. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, *37*(1). https://doi.org/10.1186/s10033-024-01100-x

Phongmoo, S., Suedumrong, C., Kuensaen, C., Sinthavalai, R., & Leksakul, K. (2025). Predictive maintenance in semiconductor manufacturing: Comparative analysis of machine learning models for downtime reduction. *Computers & Industrial Engineering*, *205*, 111211. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111211

Supriyati, S., & Wiyatno, T. N. (2025). Improving press machine efficiency using a TPM approach and Six Big Losses analysis. *Journal Industrial Servicess*, *10*(2), 347. https://doi.org/10.62870/jiss.v10i2.28344