

Total Productive Maintenance pada Mesin Press Paving Block: Analisis OEE, Six Big Losses, dan FMEA

Radita Dwi Putera¹, Dewi Anggun Rahmawati², Ameliyana Rizky Syamara Putri Akhmad Yani³

^{1,2)} Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Raya Mayjen Sungkono KM 5, Dusun Blater, Kecamatan Kalimanah, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah 53371

Email: radita.putera@unsoed.ac.id, dewi.anggun.r@mhs.unsoed.ac.id

³⁾ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Raya Mayjen Sungkono KM 5, Dusun Blater, Kecamatan Kalimanah, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah 53371

Email: ameliyana.yani@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan efektivitas peralatan produksi merupakan tantangan utama dalam industri manufaktur, khususnya pada sektor *Non-Metallic Mineral Product* seperti paving block yang menuntut konsistensi kualitas dan ketepatan waktu. Mesin press sebagai inti proses pembentukan produk kerap menjadi titik kritis yang menentukan keberhasilan output. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja mesin press paving block di PT XYZ melalui pendekatan terintegrasi *Total Productive Maintenance* (TPM), pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), identifikasi *Six Big Losses*, serta analisis potensi kegagalan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai OEE masih berada di bawah standar industri, dengan kerugian terbesar berasal dari *Reduced Speed Losses* dan *Setup and Adjustment Losses*. FMEA mengidentifikasi komponen-komponen kunci yang memengaruhi keandalan sistem, terutama pada unit penggerak dan sistem hidrolik yang memiliki nilai RPN tertinggi. Rendahnya efektivitas disertai gangguan operasional yang berulang mengindikasikan kelemahan sistem pemeliharaan yang masih reaktif serta kurangnya integrasi prosedur standar. Oleh karena itu, implementasi TPM secara menyeluruh dengan fokus pada penjadwalan perawatan, penyusunan standar *setup*, serta pelibatan aktif operator dalam pemeliharaan mandiri sangat disarankan. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan keandalan mesin, mengurangi pemborosan produksi, dan mendorong pencapaian efektivitas sistem secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Six Big Losses*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Total Productive Maintenance* (TPM), Mesin Cetak, Paving Block

ABSTRACT

Enhancing the effectiveness of production equipment remains a major challenge in the manufacturing sector, particularly in the Non-Metallic Mineral Product industry, such as paving block production, which demands consistent quality and on-time delivery. The press machine, as the core component in the product forming process, often becomes a critical point that determines the success of the output. This study aims to evaluate the performance of the paving block press machine at PT XYZ through an integrated approach comprising Total Productive Maintenance (TPM), Overall Equipment Effectiveness (OEE) measurement, Six Big Losses identification, and failure analysis using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). The study revealed that the OEE value remained below the industry benchmark, with the most significant losses attributed to Reduced Speed Losses and Setup and Adjustment Losses. The FMEA identified key components affecting system reliability, particularly in the drive unit and hydraulic system. The low effectiveness combined with recurrent operational disruptions indicates that the maintenance system is still reactive and lacks standardized procedures. Therefore, a comprehensive implementation of TPM focusing on scheduled maintenance, standardized setup procedures, and active operator involvement in autonomous maintenance is strongly recommended. This approach is expected to improve machine reliability, reduce production waste, and support the achievement of sustainable production system effectiveness.

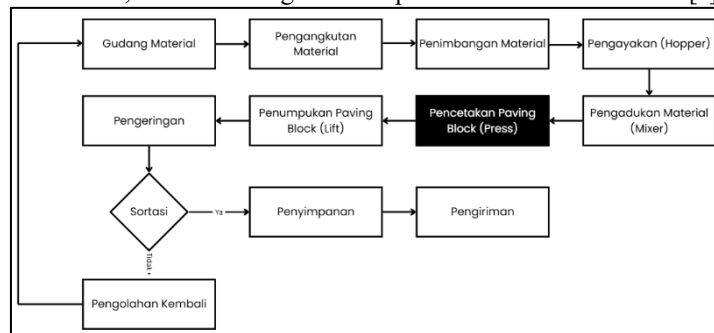
Keywords: *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Six Big Losses*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Total Productive Maintenance* (TPM), Press Machine, Paving Block

Pendahuluan

Dalam industri *Non-metallic Mineral Product Manufacturing*, seperti produksi paving block, efektivitas proses dan mesin produksi menjadi faktor krusial dalam menghasilkan produk berkualitas sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Banyak perusahaan manufaktur mengalami pemborosan akibat kegagalan mesin, kerusakan peralatan, dan seringnya

penghentian produksi yang berdampak pada penurunan produktivitas [1]. Setiap perusahaan harus berupaya meningkatkan berbagai faktor, seperti efektivitas peralatan yang digunakan, dengan menjaga kondisi mesin agar tetap optimal melalui perawatan yang baik guna mencegah kerusakan atau gangguan yang dapat menghentikan proses produksi, sehingga efektivitas mesin meningkat dan kerusakan dapat dihindari [2], [3]. PT XYZ merupakan perusahaan yang berfokus pada industri beton cor cair (*ready mix*), yang kini telah berkembang menjadi salah satu pemain utama di sektor penyediaan beton hingga paving block siap pakai di Indonesia. Produk paving block yang diproduksi tersedia dalam berbagai mutu dan bentuk, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik berdasarkan beban dan fungsi area penggunaannya. Untuk keperluan ringan hingga menengah, seperti halaman rumah, taman, jalur pejalan kaki, dan area parkir kendaraan pribadi, digunakan paving block dengan mutu K 225 hingga K 300 yang memiliki kekuatan tekan antara 225–300 kg/cm² serta menawarkan nilai estetika dan kemudahan dalam perawatan. Adapun mutu K 350 hingga K 400 diperuntukkan bagi area dengan lalu lintas kendaraan sedang hingga berat, seperti jalan lingkungan, area parkir pusat perbelanjaan, dan kawasan industri ringan, dengan kekuatan tekan 350–400 kg/cm². Sementara itu, untuk kebutuhan infrastruktur berat seperti jalan utama, pelabuhan, dan kawasan industri dengan aktivitas kendaraan bermuatan besar, digunakan paving block dengan mutu K 450 hingga K 500 yang memiliki ketahanan tinggi terhadap tekanan, gesekan, dan kondisi lingkungan ekstrem. Seluruh varian paving block tersedia dalam berbagai bentuk, seperti segi enam, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan teknis di lapangan.

Proses produksi paving block melibatkan beberapa tahapan penting, mulai dari penanganan bahan baku hingga pengujian mutu akhir produk. Proses produksi paving block diawali dari penyimpanan bahan baku seperti pasir, semen, kerikil, dan air di gudang material. Bahan-bahan ini ditimbang sesuai formulasi, disaring melalui *hopper* untuk memastikan ukuran partikel seragam dan bebas kotoran, kemudian dicampur dalam *mixer* untuk memperoleh campuran yang homogen. Campuran yang dihasilkan kemudian dicetak menggunakan mesin press paving block, yang bekerja dengan kombinasi tekanan dan getaran untuk membentuk produk dengan kepadatan optimal. Setelah proses pencetakan, paving block disusun dan dikeringkan selama 7–14 hari, kemudian menjalani proses sortasi. Produk yang tidak sesuai standar dihancurkan dan dimanfaatkan kembali dalam proses produksi, sedangkan produk yang memenuhi standar disimpan di gudang untuk kemudian dikirim ke pelanggan. Dari seluruh proses produksi yang dapat dilihat pada **Gambar 1**, mesin press memiliki peran sentral karena menentukan bentuk, kepadatan, dan kualitas akhir paving block. Namun, operasional mesin ini kerap menghadapi masalah seperti *downtime* yang tinggi, kerusakan mekanik, dan gangguan sistem kontrol yang dapat mempengaruhi kontinuitas produksi, jumlah output, serta kualitas paving block. Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk pendekatan perawatan yang lebih sistematis dan partisipatif. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah *Total Productive Maintenance* (TPM), yang berfokus pada perawatan preventif dan peningkatan keterlibatan personel produksi dalam pemeliharaan rutin. Di industri manufaktur, TPM digunakan untuk meningkatkan efektivitas mesin, meminimalkan kerusakan mendadak, dan mendukung efisiensi operasional secara keseluruhan [4], [5].



Gambar 1. Proses produksi paving block

Menurut Nakajima [6], Keberhasilan penerapan TPM dapat diukur melalui indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang mengevaluasi kinerja mesin berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. TPM secara langsung memengaruhi OEE, yang digunakan untuk mengukur efektivitas sistem pemeliharaan yang menentukan kualitas output dari mesin atau peralatan [7], [8]. Pengukuran OEE penting untuk mengidentifikasi area *bottleneck* dalam proses produksi, sekaligus memberikan gambaran mengenai kelemahan yang dimiliki perusahaan serta menjadi dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan perbaikan atau peningkatan kinerja [9], [10], [11]. Nilai OEE yang berada di bawah standar mencerminkan terjadinya kerugian dalam proses produksi. Untuk mengidentifikasi sumber kerugian tersebut, dilakukan analisis menggunakan pendekatan *Six Big Losses*, yang mengelompokkan pemborosan ke dalam enam kategori utama, yaitu *Equipment Failure*, *Setup and Adjustment Losses*, *Idling and Minor Stoppages*, *Reduced Speed Losses*, *Process Defects*, dan *Reduced Yield Losses* [6]. Analisis ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai sumber-sumber pemborosan waktu dan penurunan output, yang merupakan tujuan utama dari implementasi OEE dan TPM yaitu mengatasi *Six Big Losses* [12].

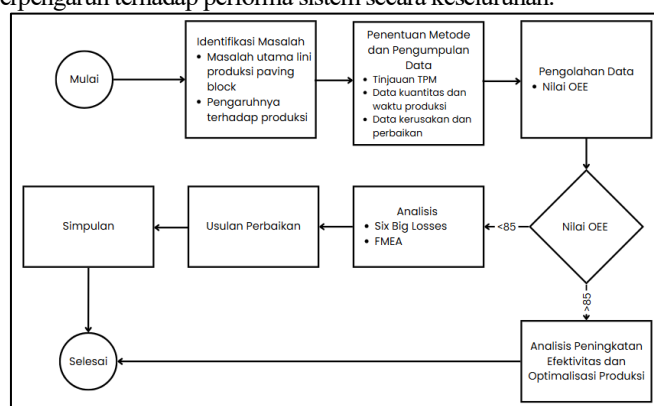
Setelah sumber pemborosan dari mesin press paving block teridentifikasi, diperlukan evaluasi yang lebih spesifik terhadap potensi kerusakan pada tingkat komponen. Untuk itu, metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang paling kritis berdasarkan perhitungan risiko. Metode ini memastikan kualitas dan keandalan yang tinggi dalam proses manufaktur dengan menganalisis dan mengurangi risiko secara sistematis [13].

FMEA mengevaluasi tiga parameter utama, yaitu *Severity* sebagai ukuran keparahan dampak kegagalan terhadap sistem, *Occurrence* untuk mengukur frekuensi terjadinya kegagalan, dan *Detection* sebagai indikator kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum terjadi, yang kemudian digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) [14], [15]. Tujuan dari analisis ini untuk memastikan pengoperasian mesin yang optimal dan untuk mengetahui urutan komponen kritis berdasarkan nilai RPN [16]. Nilai RPN yang telah dikalkulasikan menjadi dasar prioritas dalam menentukan tindakan perbaikan terhadap kegagalan.

Meskipun pendekatan OEE, *Six Big Losses*, dan FMEA telah digunakan secara parsial dalam studi terkait perbaikan sistem pemeliharaan dan peningkatan efektivitas mesin, integrasi metode ini dalam satu kerangka analisis masih sangat terbatas, khususnya pada sektor industri *Non-metallic Mineral Product Manufacturing* seperti paving block. Studi sebelumnya menganalisis OEE, *Six Big Losses*, dan FMEA secara parsial, tanpa mengintegrasikan seluruh elemen evaluasi performa, identifikasi pemborosan, dan analisis risiko [17], [18], [19]. Penelitian ini menawarkan kontribusi kebaruan melalui penggabungan OEE dan *Six Big Losses* sebagai alat ukur kinerja operasional, serta FMEA sebagai pendekatan preventif berbasis risiko. Pendekatan integratif ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih menyeluruh dalam mendiagnosis permasalahan teknis dan merumuskan strategi peningkatan efektivitas produksi secara sistematis. Integrasi metode ini memberikan sudut pandang yang komprehensif dari sisi performa operasional, identifikasi pemborosan, dan risiko kegagalan teknis. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah yang bersifat analitis, tetapi juga menghasilkan model evaluasi yang aplikatif dan dapat direplikasi bagi lini produksi pada sektor industri sejenis. Dengan landasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja mesin press paving block di PT XYZ dengan menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), mengidentifikasi sumber utama pemborosan melalui metode *Six Big Losses* dan menganalisis potensi kegagalan komponen mesin menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), sebagai dasar untuk optimalisasi implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM).

Metode Penelitian

Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk mengevaluasi efektivitas proses produksi di salah satu lini manufaktur paving block PT XYZ, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menghambat kelancaran operasional. Pendekatan dilakukan secara bertahap, dimulai dari penelusuran masalah umum dalam proses produksi hingga analisis teknis terhadap unit yang paling berpengaruh terhadap performa sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. Tahapan penelitian

Pada Gambar 2, tahapan penelitian dimulai dengan tahap identifikasi masalah, yang difokuskan pada permasalahan utama di lini produksi paving block serta dampaknya terhadap kelancaran proses produksi. Setelah permasalahan dirumuskan, dilanjutkan dengan proses pengumpulan data. Data yang telah terkumpul kemudian diolah melalui perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai indikator kinerja mesin. Hasil dari perhitungan OEE menjadi dasar pengambilan keputusan untuk analisis lanjutan. Jika nilai OEE berada di bawah standar ideal, dilakukan analisis perbaikan lebih lanjut dengan mengidentifikasi sumber-sumber kerugian menggunakan metode *Six Big Losses*, serta evaluasi potensi kegagalan komponen melalui *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dari analisis FMEA, nilai *Risk Priority Number* (RPN) dihitung untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan. Tahapan akhir mencakup penyusunan usulan perbaikan, serta penarikan kesimpulan dari keseluruhan proses.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan yang berfokus pada peningkatan kinerja mesin melalui evaluasi sistem pemeliharaan. Metode yang diterapkan bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan teknis, mengukur efektivitas operasional, serta merumuskan strategi perbaikan yang berkelanjutan berdasarkan data aktual di lapangan. Adapun metode yang digunakan dijelaskan sebagai berikut:

1. TPM

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan pendekatan sistematis dalam manajemen pemeliharaan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas mesin secara menyeluruh. TPM melibatkan seluruh elemen

organisasi, mulai dari operator hingga tim pemeliharaan, untuk berperan aktif dalam menjaga performa peralatan [20]. Fokus utama TPM adalah menghilangkan kerusakan dan cacat yang berkaitan dengan peralatan, sekaligus meningkatkan efisiensi sistem produksi dan kualitas secara berkelanjutan, dengan investasi yang relatif moderat [21], [22]. Pendekatan ini berfokus pada optimasi *life cycle* mesin, dengan menekankan pada eliminasi kerugian, peningkatan keandalan, dan pencegahan gangguan produksi. Selain itu, TPM memotivasi operator untuk memperluas tanggung jawab dalam pemeliharaan melalui *autonomous maintenance*, yaitu keterlibatan operator dalam inspeksi harian, pembersihan, pelumasan, serta deteksi dini terhadap potensi kerusakan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada teknisi pemeliharaan, tetapi juga meningkatkan keandalan mesin, memperpanjang umur peralatan, serta membangun budaya kerja yang proaktif dalam bidang pemeliharaan. Penerapan TPM didasarkan pada delapan pilar utama [6], [20], yaitu:

Tabel 1. Pilar TPM

No.	Pilar TPM	Konsep
1	5S (<i>Sort, Straighten, Shine, Standardize, Sustain</i>)	Meningkatkan efisiensi melalui tata kelola area kerja yang sistematis.
2	<i>Autonomous Maintenance</i>	Pelibatan operator dalam pemeliharaan dasar peralatan.
3	<i>Focused Improvement</i>	Inisiatif tim untuk eliminasi akar penyebab losses.
4	<i>Planned Maintenance</i>	Pemeliharaan terjadwal guna mencegah kerusakan.
5	<i>Quality Maintenance</i>	Pencegahan cacat melalui kontrol kualitas proses.
6	<i>Training & Education</i>	Pengembangan kompetensi teknis dan operasional.
7	<i>Office TPM</i>	Penerapan prinsip TPM pada aktivitas non-produksi.
8	<i>Safety, Health & Environment</i>	Pencegahan kecelakaan dan pelestarian lingkungan kerja.

2. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan indikator kunci yang digunakan untuk mengukur efektivitas pemanfaatan peralatan dalam suatu proses produksi. OEE dinyatakan dalam bentuk persentase dan dihitung berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Availability* (A), *Performance* (P), dan *Quality* (Q).

$$OEE = A \times P \times Q \quad (1)$$

a. Availability

Availability mengukur sejauh mana mesin benar-benar digunakan untuk produksi selama waktu yang tersedia (*loading time*). Nilainya diperoleh dari perbandingan antara waktu operasi aktual (*operating time*) dengan *loading time*.

$$A = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (2)$$

$$A = \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (3)$$

b. Performance

Performance menunjukkan efisiensi kecepatan produksi aktual dibandingkan dengan kecepatan ideal. Nilainya diperoleh dari perbandingan antara total waktu ideal yang dibutuhkan untuk memproses seluruh unit waktu operasi aktual (*operating time*), berdasarkan *ideal cycle time* dan jumlah unit yang diproses (*processed amount*).

$$P = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Processed Amount}}{\text{Operating Time}} \quad (4)$$

c. Quality

Quality mengukur proporsi produk yang bebas *defect* terhadap total produk yang diproses. Rasio ini mencerminkan efektivitas sistem dalam menghasilkan output yang memenuhi spesifikasi kualitas.

$$Q = \frac{\text{Good Product}}{\text{Processed Amount}} \quad (5)$$

$$Q = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \quad (6)$$

Nilai OEE diklasifikasikan dalam empat kategori yaitu 100% sebagai kategori sempurna, 85% sebagai kelas dunia, 60% sebagai kategori sedang, dan 40% sebagai kategori rendah. Setiap kategori mencerminkan tingkat efektivitas produksi, mulai dari kondisi ideal tanpa gangguan hingga kondisi yang membutuhkan perbaikan menyeluruh. Menurut Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), nilai OEE memiliki standar nilai komponen sebagai berikut [24], [25]:

Tabel 2. Standar ideal komponen OEE

Komponen OEE	Nilai Ideal (%)
<i>Availability</i>	$\geq 90\%$
<i>Performance</i>	$\geq 95\%$
<i>Quality</i>	$\geq 99\%$
Nilai OEE	$90\% \times 95\% \times 99\% \approx 85\%$

3. Six Big Losses

Six Big Losses merupakan enam jenis kerugian utama yang menghambat efektivitas operasional mesin dan proses produksi. Konsep ini dikembangkan sebagai bagian dari penerapan TPM untuk memaksimalkan ketersediaan, kecepatan, dan kualitas peralatan produksi [26], [27]. Enam kerugian ini dibagi menjadi tiga kategori besar: *Downtime Losses*, *Speed Losses*, dan *Quality Losses* [6], yaitu:

a. Downtime Losses

i. Equipment Failure Losses (EFL)

Terjadi akibat kerusakan atau kegagalan mesin secara mendadak yang menyebabkan proses produksi terhenti.

$$EFL = \frac{\text{Breakdown}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (7)$$

ii. Setup and Adjustment Losses (SAL)

Waktu yang hilang akibat penghentian mesin untuk keperluan *setup* awal atau penyesuaian karena pergantian produk, bahan, atau parameter proses. Umumnya terjadi saat perubahan lot atau pergantian *shift* kerja.

$$SAL = \frac{\text{Setup and Adjustment}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (8)$$

b. Speed Losses

i. Idle and Minor Stoppage Losses (IMSL)

Terjadi saat mesin mengalami penghentian sesaat yang berulang karena gangguan kecil, seperti kemacetan bahan, gangguan sensor, atau kesalahan umpan bahan baku.

$$IMSL = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times (\text{Production Target} - \text{Processed Amount})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (9)$$

ii. Reduced Speed Losses (RSL)

Terjadi ketika mesin tetap beroperasi namun pada kecepatan yang lebih rendah dari kecepatan desain. Penyebabnya dapat berupa variasi kualitas bahan dan penurunan performa mesin.

$$RSL = \frac{(\text{Actual Cycle Time} - \text{Ideal Cycle Time}) \times \text{Processed Amount}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (10)$$

c. Quality Losses (Kerugian Kualitas Produk)

i. Defect Losses (DL)

Kerugian akibat hasil produksi yang gagal (*reject*) atau perlu dikerjakan ulang (*rework*), yang disebabkan oleh faktor mesin, operator, atau bahan baku.

$$DL = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Defect Amount}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (11)$$

ii. Reduced Yield (RY)

Kerugian yang terjadi akibat pemborosan bahan selama fase awal produksi, terutama pada saat proses *setup* menghasilkan produk yang belum memenuhi spesifikasi (*yield loss*).

$$YL = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Yield Loss}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (12)$$

4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengklasifikasikan potensi kegagalan dalam suatu sistem, proses, atau produk. Tujuan utama dari FMEA adalah mengurangi risiko kegagalan dengan menetapkan prioritas tindakan perbaikan secara proaktif. Pada

Tabel 3, evaluasi dilakukan berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, yang masing-masing memiliki peran krusial dalam menentukan tingkat risiko dan urutan prioritas.

Tabel 3. Penentuan nilai kriteria pada FMEA

Nilai (S)	Severity Level	Kriteria	Nilai (O)	Occurrence Level	Kriteria	Nilai (D)	Detection Level	Kriteria
10	Sangat Berat	Menyebabkan cedera serius pada pekerja atau kerusakan besar pada mesin/peralatan tanpa peringatan.	10	Sangat Sering	Terjadi <1 jam sekali	10	Sangat Rendah	Tidak ada sistem pendeteksi kegagalan.
9	Sangat Berat	Menyebabkan cedera ringan atau kerusakan besar dengan peringatan sebelumnya.	9	Sangat Sering	Terjadi <1 hari sekali	9	Sangat Rendah	Sistem tidak mampu mendeteksi kegagalan.
8	Berat	Menghentikan proses produksi >8 jam dan berdampak besar pada output dan pengiriman.	8	Sering	Terjadi <1 minggu sekali	8	Rendah	Sistem memiliki peluang sangat kecil untuk mendeteksi kegagalan.
7	Berat	Menyebabkan <i>downtime</i> 4–8 jam dan keterlambatan produksi signifikan.	7	Sering	Terjadi <2 minggu sekali	7	Rendah	Sistem memiliki peluang kecil untuk mendeteksi kegagalan.
6	Sedang	Menghambat proses 1–4 jam akibat kerusakan mesin ringan atau bahan tidak sesuai.	6	Cukup Sering	Terjadi <1 bulan sekali	6	Sedang	Sistem berpotensi mendeteksi kegagalan.
5	Sedang	Menyebabkan gangguan ringan (30 menit – 1 jam) akibat kesalahan kecil atau penyesuaian.	5	Cukup Sering	Terjadi <3 bulan sekali	5	Sedang	Sistem berpotensi mendeteksi kegagalan.
4	Ringan	Mengakibatkan gangguan singkat 10–30 menit tanpa pengaruh pada kualitas produk.	4	Jarang	Terjadi <6 bulan sekali	4	Tinggi	Sistem berpotensi mendeteksi kegagalan.
3	Ringan	Menyebabkan penundaan sangat singkat <10 menit tanpa <i>defect</i> .	3	Jarang	Terjadi <1 tahun sekali	3	Tinggi	Sistem dapat mendeteksi kegagalan dengan baik.
2	Sangat Ringan	Tidak berdampak signifikan, hanya perlu pengecekan atau penyesuaian kecil.	2	Sangat Jarang	Terjadi 1-3 tahun sekali	2	Sangat Tinggi	Sistem hampir selalu mendeteksi kegagalan.
1	Tidak Signifikan	Tidak berdampak pada produksi maupun kualitas produk.	1	Sangat Jarang	Terjadi >3 tahun sekali	1	Sangat Tinggi	Sistem selalu mendeteksi kegagalan.

$$RPN = S \times O \times D \quad (13)$$

Nilai RPN digunakan untuk menentukan risiko kegagalan yang paling kritis, sehingga tindakan korektif dapat difokuskan pada area yang memiliki potensi gangguan paling besar terhadap keandalan dan keselamatan sistem [28].

Pendekatan ini memungkinkan perusahaan mengalokasikan sumber daya secara efisien dalam mencegah kegagalan dan meningkatkan keandalan proses.

Hasil Dan Pembahasan

Data pada **Tabel 4** berikut merupakan jumlah produksi paving block dan di PT XYZ dari bulan Agustus 2024 hingga Januari 2025, yang diperoleh langsung dari pihak perusahaan:

Tabel 4. Data produksi paving block PT XYZ (Agustus 2024 – Januari 2025)

Bulan	Production Target (unit)	Processed Amount (unit)	Defect Amount (unit)	Good Product (unit)
Agustus 2024	150090	142879	5094	137785
September 2024	129350	115089	3458	111631
Oktober 2024	151800	146941	3700	143241
November 2024	146900	141719	3832	137887
Desember 2024	134100	127858	3646	124212
Januari 2025	137000	132628	3746	128882

1. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

a. Nilai Availability

Komponen *Availability* dalam OEE merepresentasikan persentase waktu di mana mesin benar-benar tersedia untuk menjalankan proses produksi, dibandingkan dengan waktu yang direncanakan untuk digunakan (*loading time*). Nilai ini mencerminkan tingkat keandalan mesin dalam hal ketersediaan operasional tanpa gangguan. Hasil perhitungan nilai *Availability* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Nilai Availability

Bulan	Loading Time (jam)	Downtime (jam)	Operating Time (jam)	Availability
Agustus 2024	147,64	36	111,64	75,62%
September 2024	137,3	34,5	102,80	74,87%
Oktober 2024	144,75	36	108,75	75,13%
November 2024	146,15	35	111,15	76,05%
Desember 2024	138,8	33	105,80	76,22%
Januari 2025	138,3	33,5	104,80	75,78%

b. Nilai Performance

Komponen *Performance* menggambarkan seberapa optimal mesin beroperasi dalam memanfaatkan waktu yang tersedia untuk menghasilkan produk, serta mengidentifikasi potensi perlambatan akibat penurunan kecepatan operasi. Hasil perhitungan nilai *Performance* dapat dilihat pada **Tabel 6**. Nilai *ideal cycle time* sebesar 0,0007 jam/unit ditentukan berdasarkan kapasitas teknis mesin paving block, yang mampu menghasilkan 1.400 unit per jam dalam kondisi operasi optimal. Nilai ini merepresentasikan waktu minimum yang diperlukan untuk memproduksi satu unit paving block tanpa gangguan, interupsi, atau penurunan kecepatan operasi.

Tabel 6. Nilai Performance

Bulan	Operating Time (jam)	Ideal Cycle Time (jam)	Processed Amount (unit)	Performance
Agustus 2024	111,64	0,0007	142879	89,61%
September 2024	102,80	0,0007	115089	78,37%
Oktober 2024	108,75	0,0007	146941	94,57%
November 2024	111,15	0,0007	141719	89,26%
Desember 2024	105,80	0,0007	127858	84,60%
Januari 2025	104,80	0,0007	132628	88,57%

c. Nilai Quality

Komponen *Quality* dalam OEE mengukur persentase produk baik (*good product*) yang dihasilkan selama proses produksi dibandingkan dengan total produk yang diproses. Nilai ini mencerminkan efektivitas sistem dalam menjaga standar mutu output. Semakin tinggi nilai *Quality*, maka semakin rendah jumlah produk cacat yang dihasilkan, yang menunjukkan keberhasilan pengendalian kualitas selama proses berlangsung. Hasil perhitungan nilai *Quality* dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai Quality

Bulan	Processed Amount (unit)	Defect Amount (unit)	Good Product (unit)	Quality
Agustus 2024	142879	5094	137785	96,43%
September 2024	115089	3458	111631	97,00%
Oktober 2024	146941	3700	143241	97,48%

November 2024	141719	3832	137887	97,30%
Desember 2024	127858	3646	124212	97,15%
Januari 2025	132628	3746	128882	97,18%

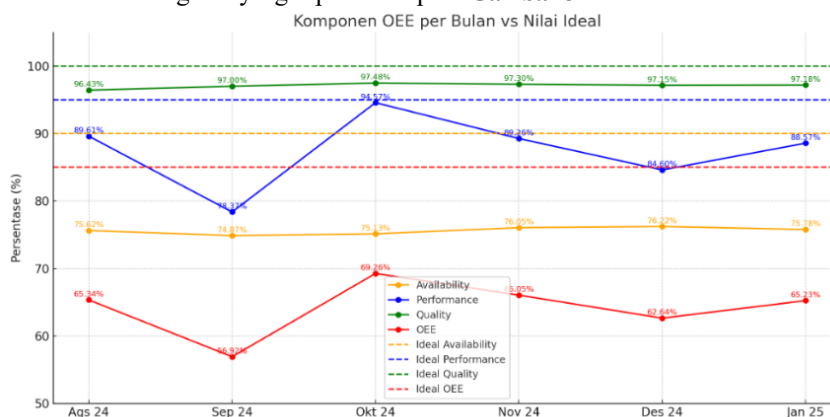
d. Nilai OEE

OEE dihitung dari hasil perkalian tiga komponen utama: *Availability*, *Performance*, dan *Quality*, yang masing-masing merepresentasikan ketersediaan mesin, efisiensi kecepatan produksi, dan tingkat output bebas *defect*. Hasil perhitungan nilai OEE dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Nilai OEE

Bulan	Availability	Performance	Quality	OEE
Agustus 2024	75,62%	89,61%	96,43%	65,34%
September 2024	74,87%	78,37%	97,00%	56,92%
Oktober 2024	75,13%	94,57%	97,48%	69,26%
November 2024	76,05%	89,26%	97,30%	66,05%
Desember 2024	76,22%	84,60%	97,15%	62,64%
Januari 2025	75,78%	88,57%	97,18%	65,23%
Rata-rata	75,61%	87,50%	97,09%	64,24%

Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai fluktuasi performa mesin press paving block, nilai OEE divisualisasikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Nilai OEE

Berdasarkan **Gambar 3**, terlihat bahwa komponen *Quality* konsisten berada mendekati standar ideal ($\geq 97\%$) setiap bulan, menandakan tingkat *defect* yang rendah dan stabil. *Availability* juga menunjukkan kestabilan relatif, dengan rata-rata mendekati 75%, meskipun masih berada di bawah batas ideal 90%. Hal ini mengindikasikan adanya waktu henti mesin (*downtime*) yang masih signifikan dan perlu ditekan. Komponen yang paling fluktuatif dan menjadi titik lemah utama adalah *Performance*, dengan nilai terendah pada September 2024 (78,37%) dan belum mencapai target ideal 95% sepanjang periode. Ketidaksesuaian antara kecepatan aktual dan kecepatan ideal ini menjadi penyebab utama rendahnya nilai OEE. Nilai OEE keseluruhan cenderung stabil pada 56–69%, jauh di bawah standar ideal 85%. Kinerja terbaik tercapai pada Oktober 2024 (69,26%), sedangkan bulan terendah terjadi pada September 2024 (56,92%). Nilai ini menunjukkan bahwa kombinasi antara kecepatan produksi yang belum optimal dan waktu henti mesin masih menjadi hambatan utama dalam pencapaian efektivitas produksi yang ideal. Kondisi ini sejalan dengan temuan pada studi sebelumnya, yang menunjukkan bahwa nilai OEE pada mesin pencetak paving hanya mencapai 68,18%, dengan rendahnya faktor *Performance* sebagai penyebab utama penurunan efektivitas [17]. Peningkatan OEE dapat dilakukan melalui optimasi tenaga kerja, pelatihan operator, percepatan siklus mesin, dan perbaikan lingkungan kerja, yang terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional hingga 10% [12].

2. Six Big Losses

a. Downtime Losses

Nilai kerugian ini dihitung berdasarkan jumlah waktu hilang dibandingkan dengan *loading time*. Data *Downtime Losses* selama enam bulan ditampilkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Nilai Downtime Losses

Bulan	Breakdown (jam)	Setup and Adjustment (jam)	Loading Time (jam)	Equipment Failure Losses	Setup and Adjustment Losses
Agustus 2024	4,5	10,5	147,64	3,05%	7,11%
September 2024	4,5	10	137,3	3,28%	7,28%

Oktober 2024	4,5	10,5	144,75	3,11%	7,25%
November 2024	3,5	10,5	146,15	2,40%	7,19%
Desember 2024	3	10	138,8	2,16%	7,21%
Januari 2025	3,5	10	138,3	2,53%	7,23%

- i. Equipment Failure Losses (EFL)
Equipment Failure Losses (EFL) mengukur proporsi waktu produksi yang hilang akibat kerusakan mendadak pada mesin atau peralatan. Kerugian ini mencerminkan tingkat keandalan mesin selama proses produksi, dan menjadi indikator penting dalam evaluasi efektivitas perawatan.
 - ii. Setup and Adjustment Losses (SAL)
Setup and Adjustment Losses (SAL) menggambarkan waktu yang terbuang selama proses penyetelan dan penyesuaian mesin sebelum produksi berjalan stabil. Kerugian ini biasanya terjadi saat pergantian produk, bahan baku, atau parameter proses, dan berdampak pada efisiensi operasional secara keseluruhan.
- b. Speed Losses
Speed losses merupakan kategori kerugian dalam *Six Big Losses* yang berkaitan dengan penurunan kecepatan proses produksi. Meskipun mesin dalam kondisi menyala, tidak seluruh waktu digunakan secara efisien karena adanya gangguan kecil maupun operasi yang berjalan lebih lambat dari standar ideal. Data dan nilai *Speed Losses* ditampilkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Nilai Speed Losses

Bulan	Loading Time (jam)	Production Target (unit)	Processed Amount (unit)	Actual Cycle Time (jam)	Ideal Cycle Time (jam)	Idling and Minor Stoppage Losses	Reduced Speed Losses
Agustus 2024	147,64	150090	142879	0,001	0,0007	2,39%	29,03%
September 2024	137,3	129350	115089	0,001	0,0007	7,21%	25,15%
Oktober 2024	144,75	151800	146941	0,001	0,0007	2,10%	30,45%
November 2024	146,15	146900	141719	0,001	0,0007	2,47%	29,09%
Desember 2024	138,8	134100	127858	0,001	0,0007	3,15%	27,64%
Januari 2025	138,3	137000	132628	0,001	0,0007	2,21%	28,77%

- i. Idling and Minor Stoppage Losses (IMSL)
Idling and Minor Stoppage Losses (IMSL) menunjukkan persentase waktu yang hilang akibat gangguan kecil atau berhenti sesaat selama proses produksi berlangsung.
 - ii. Reduced Speed Losses (RSL)
Reduced Speed Losses (RSL) merupakan kerugian waktu produksi yang terjadi karena mesin berjalan lebih lambat dari kecepatan idealnya.
- c. Quality Losses
Quality losses adalah kategori terakhir dalam *Six Big Losses* yang berkaitan dengan kerugian akibat produk yang tidak memenuhi standar kualitas. Meskipun mesin beroperasi dengan waktu dan kecepatan yang optimal, kualitas hasil produksi tetap dapat menurun karena cacat produk yang terjadi selama proses produksi maupun pada tahap awal penyetelan mesin. **Tabel 11** menyajikan nilai quality losses yang terjadi selama enam bulan terakhir.

Tabel 11. Nilai Quality Losses

Bulan	Loading Time (jam)	Ideal Cycle Time (jam)	Defect Amount (unit)	Yield Loss	Defect Losses	Reduced Yield
Agustus 2024	147,64	0,0007	5094	0	2,41%	0%
September 2024	137,3	0,0007	3458	0	1,76%	0%
Oktober 2024	144,75	0,0007	3700	0	1,79%	0%
November 2024	146,15	0,0007	3832	0	1,84%	0%

Desember 2024	138,8	0,0007	3646	0	1,84%	0%
Januari 2025	138,3	0,0007	3746	0	1,90%	0%

i. Defect Losses (DL)

Defect Losses (DL) menunjukkan persentase kerugian waktu produksi yang disebabkan oleh produk cacat atau rusak yang dihasilkan selama proses utama berlangsung. Kerugian ini mencerminkan ketidakefektifan dalam pengendalian kualitas saat produksi berjalan normal, dan berdampak langsung pada jumlah produk yang dapat dijual atau digunakan.

ii. Reduced Yield (RY)

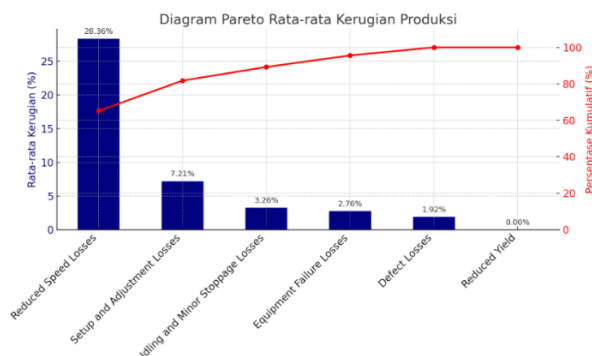
Reduced Yield (RY) merupakan kerugian yang terjadi akibat produk cacat yang muncul pada awal proses produksi, khususnya selama tahap *setup* atau penyesuaian awal mesin. Meskipun nilainya sering kali kecil, kerugian ini tetap penting karena mengindikasikan ketidaksiapan proses pada saat awal operasi.

Setelah dilakukan identifikasi dan pengukuran terhadap masing-masing kategori kerugian dalam *Six Big Losses*, diperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai pola dan distribusi kerugian yang terjadi selama enam bulan terakhir. Setiap kategori menunjukkan kontribusi yang berbeda terhadap penurunan efektivitas produksi, mulai dari kerusakan mesin, waktu *setup*, hingga kualitas produk. Enam jenis kerugian ini memberikan dasar yang kuat untuk memahami di mana letak inefisiensi terbesar, sekaligus membantu dalam penentuan prioritas perbaikan yang tepat sasaran.

Tabel 12. Nilai Six Big Losses

Bulan	Jenis Losses					
	Equipment Failure Losses	Setup and Adjustment Losses	Reduced Speed Losses	Idling and Minor Stoppage Losses	Defect Losses	Reduced Yield
Agustus 2024	3,05%	7,11%	29,03%	2,39%	2,41%	0,00%
September 2024	3,28%	7,28%	25,15%	7,21%	1,76%	0,00%
Oktober 2024	3,11%	7,25%	30,45%	2,10%	1,79%	0,00%
November 2024	2,40%	7,19%	29,09%	2,47%	1,84%	0,00%
Desember 2024	2,16%	7,21%	27,64%	3,15%	1,84%	0,00%
Januari 2025	2,53%	7,23%	28,77%	2,21%	1,90%	0,00%
Rata-rata	2,76%	7,21%	28,36%	3,26%	1,92%	0,00%

Berdasarkan data pada **Tabel 12**, kerugian terbesar secara konsisten berasal dari kategori *Reduced Speed Losses* dengan rata-rata 28,36%. Hal ini mengindikasikan bahwa mesin sering beroperasi di bawah kecepatan ideal, sehingga perlu evaluasi terhadap kondisi teknis mesin dan kualitas sistem penggerak. Temuan ini sejalan dengan hasil studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa *Reduced Speed Losses* merupakan kerugian tertinggi penyebab rendahnya efektivitas mesin press [17], [29]. *Setup and Adjustment Losses* menempati posisi kedua dengan rata-rata 7,21%, menunjukkan adanya waktu signifikan yang terbuang selama proses *setup*. Hal ini menjadi indikasi perlunya penerapan metode perbaikan seperti SMED untuk mempercepat waktu *setup*. Sementara itu, *Defect Losses* rata-rata sebesar 1,92% dan *Idling and Minor Stoppage Losses* sebesar 3,26% menunjukkan adanya peluang perbaikan di sisi kualitas dan gangguan kecil yang berulang. Kategori *Reduced Yield* bernilai 0% selama periode ini, yang menandakan bahwa kerugian pada saat awal produksi tidak terdeteksi atau sangat kecil, dan relatif tidak menjadi masalah utama. Pendekatan visual menggunakan *pareto chart* juga digunakan untuk memperjelas kontribusi setiap jenis losses terhadap total kerugian yang terjadi yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Diagram pareto Six Big Losses

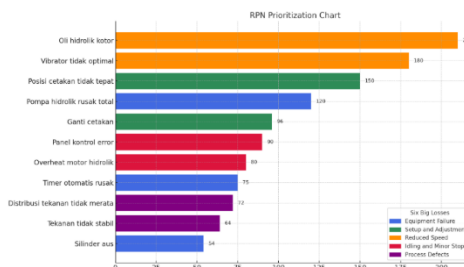
3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Penilaian terhadap tiga indikator FMEA dilakukan untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan *Six Big Losses* yang telah diidentifikasi, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 13. Penilaian RPN dan usulan perbaikan

Six Big Losses	Jenis Kegagalan	Potential Effect	Severity (S)	Potential Cause	Occurrence (O)	Kontrol	Detection (D)	RPN (S×O×D)	Rank	Usulan Perbaikan
Equipment Failure	Pompa hidrolik rusak total	Mesin tidak bisa digunakan	8	Usia pakai pompa	3	Reaktif	5	120	4	• Bangun sistem <i>preventive maintenance</i> • Tentukan <i>baseline</i> indikator kesehatan mesin
	Silinder aus	Tekanan lemah, paving tidak padat	6	Gesekan berulang	3	Pemeriksaan berkala	3	54	11	
	Timer otomatis rusak	Tekanan pres terlalu lama, cetakan rusak	5	Sirkuit listrik konslet	3	Reaktif	5	75	8	
Setup and Adjustments	Posisi cetakan tidak tepat	Dimensi paving tidak sesuai	5	Kelongsoran mur atau baut	6	Belum standarisasi	5	150	3	• Standarisasi <i>setup</i> cetakan • Implementasi SMED
	Ganti cetakan	<i>Setup time</i> meningkat	4	Banyak variasi cetakan	8	SMED belum diterapkan	3	96	5	
Reduced Speed	Oli hidrolik kotor	Pergerakan lambat, output turun	5	Jadwal ganti oli tidak disiplin	6	Reaktif	7	210	1	• Buat logbook penggantian oli dan pemeriksaan komponen • <i>Visual reminder</i> • Terapkan standar wiring & labeling kabel
	Vibrator tidak optimal	Getaran lemah, paving tidak padat	5	Vibrator aus, baut longgar	6	<i>Visual check</i>	6	180	2	
Idling and Minor Stops	Panel kontrol error	Mesin <i>restart</i> , jeda produksi	5	Instalasi kabel tidak rapi	3	<i>Visual check</i>	6	90	6	• Pasang sensor + alarm sederhana • Penjadwalan
	Overheat motor hidrolik	Mesin henti sementara	4	Sirkulasi tidak lancar	5	<i>Monitoring</i>	4	80	7	
Process Defects	Distribusi tekana	Paving tidak rata	4	Cetakan tidak rata	3	<i>Visual check</i>	6	72	9	

Six Big Losses	Jenis Kegagalan	Potential Effect	Severity (S)	Potential Cause	Occurrence (O)	Kontrol	Detection (D)	RPN (S×O×D)	Rank	Usulan Perbaikan
	n tidak merata									kalibrasi dan inspeksi
	Tekanan tidak stabil	Dimensi paving tidak konsisten	4	Pressure relief valve aus	4	Monitoring	4	64	10	• Quality gate



Gambar 5. RPN prioritization chart

Berdasarkan hasil analisis FMEA pada **Tabel 13** dan **Gambar 5**, ditemukan bahwa kerugian paling signifikan berasal dari kategori *Reduced Speed Losses*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yang dimiliki oleh dua jenis kegagalan, yaitu oli hidrolik yang kotor (RPN 210) dan vibrator yang tidak optimal (RPN 180). Kedua kegagalan ini menyebabkan pergerakan mesin menjadi lambat serta hasil pengepresan kurang padat, yang secara langsung berdampak pada penurunan efisiensi produksi. Kepadatan paving block berperan penting dalam menentukan kekuatan tekannya, kepadatan yang lebih tinggi berkorelasi dengan kekuatan tekan yang lebih tinggi [30]. Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya, yang mencatat bahwa salah satu penyebab dominan cacat produk paving adalah kondisi fisik mesin yang tidak optimal, seperti tekanan hidrolik yang tidak stabil [18]. Tingginya nilai RPN menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan saat ini masih bersifat reaktif, sehingga diperlukan perbaikan melalui penjadwalan penggantian oli, penggunaan pengingat visual, serta inspeksi rutin terhadap komponen penggerak. Pada kategori *Setup and Adjustments*, kegagalan posisi cetakan yang tidak tepat memiliki nilai RPN 150 dan menempati peringkat ketiga. Kegagalan ini disebabkan oleh belum adanya standarisasi prosedur *setup* serta penggunaan alat bantu yang belum optimal, sehingga menghasilkan dimensi paving yang tidak seragam dan menambah waktu proses penyesuaian. Selain itu, frekuensi pergantian cetakan yang tinggi (RPN 96) turut menyumbang kerugian waktu akibat *setup* yang belum efisien. Oleh karena itu, perlu dilakukan implementasi metode SMED dan standarisasi pengencangan cetakan agar waktu *setup* dapat ditekan. Hal serupa ditemukan dalam studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa cacat paving yang mudah hancur disebabkan oleh pallet cetakan yang aus atau kotor, sehingga disarankan dilakukan inspeksi rutin terhadap kondisi cetakan sebelum proses produksi dimulai [19]. Untuk kategori *Equipment Failure*, kerusakan pada pompa hidrolik menjadi kegagalan yang paling kritis dengan nilai RPN 120. Kerusakan ini memiliki dampak signifikan karena menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi. Penyebab utama adalah usia pakai pompa yang tidak dimonitor secara sistematis. Studi sebelumnya menekankan bahwa faktor utama dari kerusakan mesin adalah tidak adanya SOP dan jadwal *maintenance* yang jelas [31]. Hal ini menunjukkan perlunya sistem *preventive maintenance* berbasis waktu kerja mesin serta pemasangan indikator tekanan sebagai *baseline* kesehatan pompa. Kegagalan lain seperti panel kontrol *error* (RPN 90) dan timer otomatis rusak (RPN 75) menunjukkan tingkat risiko menengah, namun tetap perlu ditangani agar tidak menimbulkan akumulasi kerugian. Sementara itu, nilai RPN terendah terdapat pada kasus silinder aus dan tekanan tidak stabil, yang meskipun dampaknya relatif kecil, tetap membutuhkan pengawasan berkala untuk mencegah potensi gangguan berulang. Secara keseluruhan, prioritas utama perbaikan harus difokuskan pada pengendalian kecepatan mesin, peningkatan kedisiplinan dalam perawatan preventif, dan standarisasi proses *setup*. Pendekatan ini diharapkan dapat menurunkan nilai risiko kerugian serta meningkatkan efektivitas mesin secara keseluruhan.

Implikasi manajerial dari studi ini menunjukkan bahwa upaya peningkatan efektivitas produksi harus difokuskan pada penguatan sistem pemeliharaan, standarisasi proses *setup*, dan pengendalian performa mesin. Nilai OEE yang jauh di bawah standar ideal menunjukkan bahwa manajemen perlu menetapkan OEE bukan hanya sebagai indikator operasional, tetapi sebagai dasar perumusan kebijakan operasional dan alokasi sumber daya secara strategis [32]. Rendahnya performa dan waktu henti yang signifikan berpotensi meningkatkan biaya operasi dan menyebabkan kerugian finansial akibat keterlambatan produksi [33]. Oleh karena itu, perencanaan produksi harus mencakup target peningkatan OEE secara bertahap dan terukur. Dominasi *Reduced Speed Losses* dalam struktur kerugian mengindikasikan kegagalan sistematis dalam menjaga stabilitas output produksi. Manajemen perlu menindaklanjuti hal

ini dengan mengevaluasi kembali keandalan sistem penggerak, serta menetapkan indikator performa teknis yang dapat dimonitor secara real-time. Selain itu, tingginya *Setup Losses* menunjukkan kebutuhan mendesak terhadap standarisasi proses *setup* dan penerapan metode SMED untuk menekan waktu tidak bernilai tambah. Hasil FMEA memperjelas prioritas teknis yang harus direspon secara manajerial. Nilai RPN tinggi menandakan perlunya sistem *preventive maintenance* yang tidak hanya reaktif, tetapi berbasis data dan waktu pakai aktual. Ini memerlukan restrukturisasi jadwal perawatan, pelatihan teknis, serta investasi pada sistem monitoring kondisi peralatan. Peningkatan OEE juga perlu diselaraskan dengan strategi keberlanjutan perusahaan. Praktik operasional yang lebih efektif akan menghasilkan pemanfaatan energi dan material yang lebih efisien, serta mengurangi limbah, mendukung arah keberlanjutan jangka panjang [34]. Namun, manajemen juga harus mengantisipasi tantangan implementasi seperti resistensi perubahan, kualitas data yang belum andal, dan kebutuhan pengembangan kompetensi organisasi [35]. Dengan demikian, studi ini tidak hanya menekankan permasalahan teknis, tetapi juga mendorong manajemen untuk mengambil keputusan berbasis risiko dan efisiensi dalam pengelolaan aset produksi.

Simpulan

Upaya peningkatan efektivitas produksi pada industri paving block memerlukan evaluasi terhadap kinerja mesin utama yang berperan sentral dalam proses pembentukan produk, yakni mesin press paving block. Penelitian ini mengintegrasikan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM), pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), identifikasi *Six Big Losses*, serta analisis kegagalan komponen melalui metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menilai kinerja mesin press pada PT XYZ secara komprehensif. Hasil analisis menunjukkan bahwa efektivitas operasional mesin press paving block belum memenuhi standar ideal, dengan kerugian terbesar disebabkan oleh penurunan kecepatan operasi, durasi *setup* yang belum efisien, serta gangguan minor yang berulang. Mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi juga ditemukan pada komponen-komponen kritis mesin press, yang mencerminkan lemahnya sistem pemeliharaan yang masih bersifat reaktif. Berdasarkan temuan ini, implementasi program TPM secara menyeluruh pada mesin press paving block menjadi krusial, dengan penekanan pada perawatan preventif terjadwal, standarisasi prosedur *setup*, serta pelibatan operator dalam pemeliharaan mandiri. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan keandalan mesin press paving block, meminimalkan pemborosan, serta mendorong pencapaian efektivitas produksi yang lebih optimal dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] N. Gwangwava, G. A. Baile, P. Dikgale, and K. Kefhilwe, "Framework for total productive maintenance for an SME," *ITEGAM- Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA)*, vol. 7, no. 29, 2021, doi: 10.5935/jetia.v7i29.740.
- [2] R. Singh, D. B. Shah, A. M. Gohil, and M. H. Shah, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development," *Procedia Engineering*, vol. 51, pp. 579–584, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.01.082.
- [3] A. Arifin, I. Tama, and Y. Sumantri, "Analysis The Effectiveness Of Cnc Turning Machines Type Xtra 420 Using The Overall Equipment Method Effectiveness (OEE)," *JEMIS*, vol. 11, no. 1, pp. 46–53, May 2023, doi: 10.21776/ub.jemis.2023.011.01.5.
- [4] D. Priyanto and R. T. Suhada, "Analisis Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Rice Milling Unit (RMU) di PT. FSTJ," *Pasti*, vol. 17, no. 2, p. 209, Aug. 2023, doi: 10.22441/pasti.2023.v17i2.007.
- [5] R. F. Prabowo, H. Hariyono, and E. Rimawan, "Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Grinding Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *Jiss UNTIRTA*, vol. 5, no. 2, Apr. 2020, doi: 10.36055/jiss.v5i2.8001.
- [6] S. Nakajima and S. Nakajima, *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1988.
- [7] M. I. Taba and H. Hakim, "Pengaruh Sistem Pemeliharaan Total Productive Maintenance (TPM) dan Lean Manufacturing (LM) Terhadap Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Studi Kasus di PT. Semen Tonasa)," *SEIKO : Journal of Management & Business*.
- [8] D. Afiansyah, E. D. Priyana, and H. Hidayat, "Analysis of Total Productive Maintenance (TPM) Using OEE and FMEA Methods on Plan-2 Dolomite Fertilizer Production Machine at PT. XYZ," *G-Tech*, vol. 9, no. 2, pp. 695–704, Apr. 2025, doi: 10.70609/gtech.v9i2.6595.
- [9] H. Pratama, O. Sutaarga, and Z. Rohman, "Analisis Produktivitas Mesin Body Hydraulic One Stroke 30t Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di PT. SEL-SEM TBK., TANGERANG," *JIM*, vol. 5, no. 1, p. 83, Feb. 2020, doi: 10.31000/jim.v5i1.2441.

- [10] A. A. Sibarani, K. Muhammad, and A. Yanti, "Analisis Total Productive Maintenance Mesin Wrapping Line 4 Menggunakan Overall Equipment Effectiveness dan Six Big Losses di PT XY, Cirebon - Jawa Barat," *JRSI*, p. 82, Dec. 2020, doi: 10.25124/jrsi.v7i2.425.
- [11] Z. Z. Alkaf, N. Nanzah, and B. W. Lenggana, "Analisis Efektivitas Produksi dengan Metode Total Productive Maintenance (TPM) Pada Mesin Ring Spinning (Studi Kasus : PT. XYZ)," vol. 20, no. 1, 2025.
- [12] J. Abdullah, Md. A. H. Rifat, and A. D. Ray, "Enhancing Overall Equipment Effectiveness (OEE) of a Selected Machine in a Light Manufacturing Factory in Bangladesh," *ITEGAM*, vol. 11, no. 52, 2025, doi: 10.5935/jetia.v11i52.1579.
- [13] G. Pantazopoulos and G. Tsinopoulos, "Process failure modes and effects analysis (PFMEA): A structured approach for quality improvement in the metal forming industry," *J. Fail. Anal. Preven.*, vol. 5, no. 2, pp. 5–10, Apr. 2005, doi: 10.1361/15477020522933.
- [14] C. P. Ahire and A. S. Relkar, "Correlating Failure Mode Effect Analysis (FMEA) & Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *Procedia Engineering*, vol. 38, pp. 3482–3486, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.402.
- [15] A. B. Mohan and A. C K, "Advancements in Failure Mode and Effect Analysis: A Review," in *2022 Second International Conference on Next Generation Intelligent Systems (ICNGIS)*, Kottayam, India: IEEE, Jul. 2022, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICNGIS54955.2022.10079851.
- [16] Muhammad Irfan Maulana and Ferida Yuamita, "Analisis Perawatan dan Perbaikan Mesin Carding dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)," *JISI*, vol. 3, no. 1, pp. 13–24, Nov. 2024, doi: 10.59024/jisi.v3i1.990.
- [17] I. K. Wardani, F. T. Dwi Atmaji, and J. Alhilman, "Pengukuran dan analisa efektivitas mesin pencetak paving menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE)," *JISS UNTIRTA*, vol. 7, no. 1, p. 125, Nov. 2021, doi: 10.36055/jiss.v7i1.12336.
- [18] Rizky Dwi Hardianto and Nuriyanto, "Analisis Penyebab Reject Produk Paving Block Dengan Pendekatan Metode FMEA DAN FTA," *JCI*, vol. 2, no. 12, pp. 4635–4648, Aug. 2023, doi: 10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i12.6394.
- [19] Mochammad Fathan Yuda Haryono and Sumiati Sumiati, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) Dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Di PT. Duta Beton Mandiri, Pasuruan," *JUPRIT*, vol. 2, no. 3, pp. 45–65, Jun. 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i3.1992.
- [20] N. Baluch, C. S. Abdullah, and S. Mohtar, "Tpm And Lean Maintenance – A Critical Review," *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*, vol. 4, no. 2, 2012.
- [21] E. R. Pristiwaningsih, D. Rizky, T. A. Atmojo, and F. Nadhifah, "Transformasi Digital di Industri Manufaktur: Dampak pada Efisiensi Operasional," *Elektriese*, vol. 14, no. 02, pp. 203–211, Oct. 2024, doi: 10.47709/elektriese.v14i02.4809.
- [22] F. Y. Agung and A. Siahaan, "Overall Equipment Effectiveness (Oee) Through Total Productive Maintenance (TPM) Practices: A Case Study In Chemical Industry," *IJEMBM*, vol. 7, no. 1, pp. 23–36, Jun. 2020, doi: 10.33555/ijembm.v7i1.124.
- [23] Z. Tian Xiang and C. Jeng Feng, "Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise," *JTEM*, vol. 14, no. 2, p. 152, Feb. 2021, doi: 10.3926/jtem.3286.
- [24] M. Musyafa'ah and A. Sofiana, "Analysis of Total Productive Maintenance (TPM) Application Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses on Disamatic Machine PT. XYZ," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 15, no. 1, p. 56, Jun. 2022, doi: 10.31315/opsi.v15i1.6630.
- [25] T. Suzuki, *TPM in Process Industries*, 1st ed. Routledge, 2017. doi: 10.1201/9780203735312.
- [26] Z. I. Martomo and P. W. Laksono, "Analysis of total productive maintenance (TPM) implementation using overall equipment effectiveness (OEE) and six big losses: A case study," presented at the The 1st International Conference And Exhibition On Powder Technology Indonesia (ICePTi) 2017, Jatinangor, Indonesia, 2018, p. 030026. doi: 10.1063/1.5024085.
- [27] B. F. P. A. Marfinov and A. J. Pratama, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) Analysis to Minimize Six Big Losses in Continuous Blanking Machine," *IJIEM*, vol. 1, no. 1, p. 25, Feb. 2020, doi: 10.22441/ijiem.v1i1.8037.
- [28] D. H. Triwardani and A. Rahman, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dalam Meminimalisi Six Big Losses Pada Mesin Produksi Dual Filters Dd07 (Studi kasus : PT. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa Timur)," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 1.
- [29] Y. Wijaya, L. P. S. Hartanti, and J. Mulyono, "Pengukuran Kinerja Mesin Cetak Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Untuk Mengurangi Six Big Losses," *JTI*, vol. 16, no. 1, pp. 38–53, Apr. 2022, doi: 10.36787/jti.v16i1.578.
- [30] R. H. Lumingkewas, S. P. Hadiwardoyo, and F. A. Hadiwardoyo, "Laboratory Innovation to Investigate Concrete Paving Blocks Compressive Strength," *Civ Eng J*, vol. 9, no. 11, pp. 2672–2688, Nov. 2023, doi: 10.28991/cej-2023-09-11-03.

- [31] H. Suliantoro, A. Bakhtiar, and J. I. Sembiring, “Analisis Penyebab Kecacatan Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Di Pt. Alam Daya Sakti Semarang”.
- [32] J. J. . O. Andrade and D. Dreher Silveira, “Application of OEE for productivity analysis: a case study of a production line from the pulp and paper industry,” *DYNA*, vol. 86, no. 211, pp. 9–16, Oct. 2019, doi: 10.15446/dyna.v86n211.79508.
- [33] B. Mncwango and Z. L. Mdunge, “Unraveling the Root Causes of Low Overall Equipment Effectiveness in the Kit Packing Department: A Define–Measure–Analyze–Improve–Control Approach,” *Processes*, vol. 13, no. 3, p. 757, Mar. 2025, doi: 10.3390/pr13030757.
- [34] K. Zehra, N. H. Mirjat, S. A. Shakih, K. Harijan, L. Kumar, and M. El Haj Assad, “Optimizing Auto Manufacturing: A Holistic Approach Integrating Overall Equipment Effectiveness for Enhanced Efficiency and Sustainability,” *Sustainability*, vol. 16, no. 7, p. 2973, Apr. 2024, doi: 10.3390/su16072973.
- [35] N. A. Binti Aminuddin, J. A. Garza-Reyes, V. Kumar, J. Antony, and L. Rocha-Lona, “An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness,” *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 15, pp. 4430–4447, Aug. 2016, doi: 10.1080/00207543.2015.1055849.