

Optimasi Efektivitas Mesin *Capping* Melalui Integrasi *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan Siklus PDCA

Muhammad Irzaqur Rosyad¹, Deny Andesta²

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121
Email: muha.irza21@gmail.com, deny.andesta@umg.ac.id

ABSTRAK

Efektivitas operasional pada lini pengemasan di PT XYZ sering kali terhambat oleh tingginya durasi *downtime* pada mesin *capping*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja mesin tersebut menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* serta merumuskan strategi perbaikan melalui siklus *Plan-Do-Check-Act (PDCA)*. Data dikumpulkan selama periode enam bulan (Januari–Juni 2025) melalui observasi lapangan dan catatan teknis produksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE mesin *capping* hanya mencapai 57%, jauh di bawah standar global *World Class* sebesar 85%. Rendahnya performa ini didominasi oleh rendahnya *availability rate* akibat proses *setting* dan kalibrasi mesin yang memakan waktu lama. Melalui identifikasi akar masalah menggunakan diagram *Fishbone* dan prioritas masalah dengan diagram Pareto, ditemukan bahwa faktor manusia dan kurangnya standarisasi metode kerja menjadi penyebab utama. Sebagai solusi, disusun sebuah kerangka perbaikan berbasis PDCA yang berfokus pada standarisasi prosedur perawatan preventif dan pelatihan kompetensi operator untuk meminimalisir *minor stoppages*. Implementasi strategi ini diharapkan dapat meningkatkan reliabilitas mesin dan menekan potensi kerugian finansial akibat kegagalan target produksi.

Kata kunci: OEE, PDCA, *Six Big Losses*, Mesin *Capping*, Efisiensi Produksi, Pemeliharaan Pencegahan.

ABSTRACT

Operational effectiveness in the packaging line at PT XYZ is frequently hindered by high downtime on the capping machine. This study aims to evaluate machine performance using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method and formulate improvement strategies through the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle. Data were collected over a six-month period (January–June 2025) through field observations and technical production logs. The results indicate that the average OEE value for the capping machine reached only 57%, significantly below the global World Class standard of 85%. This low performance is primarily driven by low availability rates due to time-consuming setting and calibration processes. Root cause identification using Fishbone diagrams and problem prioritization with Pareto diagrams revealed that human factors and a lack of standardized work methods are the main causes. Consequently, a PDCA-based improvement framework was developed, focusing on standardized preventive maintenance procedures and operator competency training to minimize minor stoppages. The implementation of this strategy is expected to enhance machine reliability and mitigate potential financial losses resulting from production target failures.

Keywords: OEE, PDCA, *Six Big Losses*, *Capping Machine*, Production Efficiency, Preventive Maintenance.

Pendahuluan

Kelancaran mesin produksi sangat menentukan apakah sebuah pabrik bisa mencapai target yang sudah ditetapkan atau tidak. Jika mesin sering rusak dampaknya tidak berhenti pada berkurangnya jumlah produk yang dihasilkan, tapi juga berdampak pada penurunan kualitas barang dan kepuasan pelanggan[1]. Masalah seperti mesin berhenti (*downtime*), kerusakan mendadak, dan kerja mesin yang tidak maksimal sering menjadi penghalang utama. Oleh sebab itu diperlukan evaluasi untuk menemukan pemicu masalah dan mencari solusi terbaik agar produksi kembali efisien.

PT XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi bio kimia untuk tumbuhan. Masalah utama yang dihadapi perusahaan ini ada pada mesin *capping*. Berdasarkan data produksi dari bulan Januari 2025, PT XYZ sering gagal dalam mencapai target produksi hal ini terjadi karena mesin terlalu sering berhenti dan macet karena kerusakan mendadak. Dalam lini produksi bio-kimia di PT XYZ, mesin *capping* memegang peranan sebagai titik kendali kritis (*critical point*). Ketidakstabilan pada tahap penyegelan botol tidak hanya berisiko pada kebocoran produk, tetapi juga dapat memicu kontaminasi zat kimia yang sensitif terhadap udara luar. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa mesin ini sering kali menjadi hambatan utama (*bottleneck*) akibat frekuensi *downtime* yang tinggi. Kondisi ini diperparah dengan rendahnya nilai efektivitas mesin atau nilai OEE yang hanya mencapai 57%

dari yang terkecil padahal standar ideal yang harus dicapai adalah minimal 85%. Angka ini menunjukkan bahwa penggunaan mesin, kecepatan kerja dan kualitas produk yang dihasilkan masih perlu diperbaiki. Selain itu kegiatan pengecekan rutin yang selama ini dilakukan terbukti belum efektif mencegah kerusakan mesin secara mendadak.

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja mesin *capping* dengan menggunakan dua metode utama yaitu OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dan PDCA (*Plan Do Check Action*). OEE diterapkan sebagai alat ukur untuk menilai produktivitas mesin serta mengidentifikasi berbagai bentuk kerugian atau pemborosan dalam proses produksi[2]. Melalui metrik ini, pengukuran performa mesin bertumpu pada ketersediaan (*availability*), kecepatan kerja (*performance*), dan mutu produk yang dihasilkan[3]. Setelah masalah ditemukan melalui OEE metode ini juga menerapkan siklus *Plan-Do-Check-Action* (PDCA). Pendekatan ini memastikan bahwa solusi yang diberikan tidak hanya menyelesaikan masalah sesaat, tetapi juga mendorong adanya peningkatan kualitas yang berkelanjutan[4]. Melalui gabungan kedua metode ini, diharapkan PT XYZ mendapatkan rekomendasi yang konkret untuk meningkatkan keandalan mesin *capping* dan mengurangi waktu mesin berhenti, sehingga target produksi dapat tercapai secara stabil.

di PT XYZ waktu produksi harian didistribusikan kedalam tiga *shift* kerja dengan durasi selama 8 jam atau 480 menit per *shift*. Waktu tersebut merupakan jam kerja mesin yang tersedia, namun belum memperhitungkan potongan waktu akibat hambatan teknis (*downtime*). Meskipun kapasitas waktu yang disediakan sudah maksimal, target produksi tetap tidak terpenuhi. Penyebab utama kegagalan target ini adalah munculnya kendala mesin secara mendadak yang menghentikan proses produksi. Data mengenai berbagai hambatan yang sering terjadi pada mesin *capping* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data *Downtime*

Bulan	Data <i>Downtime</i> mesin terencana			Data <i>Downtime</i> mesin tidak terencana			Jumlah (Menit)
	<i>Setting/ Kalibrasi</i> (Menit)	Pergantian <i>Nozel</i> (Menit)	Inspeksi Berkala (Menit)	Mesin Panas (Menit)	Tutup Kecepat (Menit)	Mesin Macet (Menit)	
Januari	450	180	270	30	20	10	960
Februari	450	180	270	60	180	180	1320
Maret	427	171	257	0	0	0	855
April	360	144	216	30	20	10	780
Mei	427	171	257	0	0	0	855
Juni	472	189	284	120	90	240	1395
Jumlah (menit)	2586	1035	1554	240	310	440	

Sumber : Departemen Produksi

Berdasarkan hasil data operasional data pada bulan Januari 2025, penerapan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *capping* mengindikasikan performa tingkat efektivitas berada pada angka 57%. Mengindikasikan performa kinerja mesin belum optimal dari standar ideal internasional, yaitu 85%, oleh karena itu masih terdapat ruang yang cukup besar untuk perbaikan fungsional[5].

Untuk mengatasi selisih efektivitas diarahkan menggunakan penerapan metode *Plan-Do-Check-Action* (PDCA) sebagai instrumen perbaikan proses. Dengan mengikuti metode PDCA untuk memastikan setiap upaya peningkatan dilakukan secara terencana dan berkelanjutan. Penelitian diarahkan untuk memberikan kontribusi praktis dalam perbaikan efisiensi operasional dan produktivitas[6]. Selain itu, temuan yang dihasilkan dapat menjadi referensi bagi studi mendatang yang berfokus pada analisis reliabilitas mesin dan strategi meningkatkan efektivitas produksi.

Integrasi antara metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan siklus *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) telah banyak diterapkan dalam literatur manajemen operasi, sebagian besar studi terdahulu memperlakukan kerangka OEE secara agregat tanpa memedulikan dekomposisi mendalam metrik performa operasional[7]. Hal ini menciptakan *research gap* di mana tindakan korektif dalam tahapan *Plan* sering kali bersifat umum dan tidak menasar pada deviasi kecepatan (*speed losses*). Kebaruan ilmiah (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka terpadu yang menjembatani evaluasi OEE kuantitatif melalui dekomposisi *Six Big Losses*, pembedaan kausalitas via *Fishbone Diagram*, dan penentuan prioritas aksi penanggulangan menggunakan *Pareto Chart*, yang seluruhnya diintegrasikan ke dalam siklus *Continuous Improvement* PDCA pada mesin *capping* sebagai komponen kritis (*critical point*) lini pengemasan bio-kimia. Kontribusi akademik utama dari studi ini adalah penyusunan model modular *OEE-Six Big Losses-PDCA* yang membuktikan bahwa perbaikan performa mesin tidak selalu bertumpu pada peningkatan ketersediaan (*availability*), melainkan melalui eliminasi jeda produksi non-produktif mikro secara simultan, sehingga menyediakan metodologi perbaikan yang dapat direplikasi secara presisi oleh peneliti lain di sektor industri sejenis.

Metode Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis performa mesin *capping* di PT XYZ dengan mengintegrasikan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), dan metode *Plan Do Check Action* (PDCA). Alur Penelitian dirancang secara sistematis dan berurutan agar menjamin validitas hasil, mulai dari tahapan pengumpulan data, mengolah data, analisis mendalam terhadap temuan hingga perumusan rekomendasi perbaikan. Adapun prosedur teknis dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

Proses Pengumpulan data dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu perolehan data primer dan data sekunder. Data primer didapat melalui observasi lapangan secara langsung dan diskusi mewawancarai pihak operasional terkait untuk menangkap kondisi riil di lini produksi. Dan data sekunder didapat dari laporan harian produksi dan catatan perusahaan yang mencakup laporan harian produksi serta catatan teknis mengenai data waktu henti (*downtime*) mesin, data produksi, dan data cacat produksi (*defect*), data *downtime* mencakup kerusakan mesin dan data *downtime* terencana.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Dalam menganalisis datanya digunakan metode OEE untuk menilai seberapa efektif mesin *capping* bekerja. OEE juga berguna untuk mengukur tingkat produktivitas. OEE juga digunakan untuk mengukur kinerja produksi, mengecek seberapa baik mesin atau alat produksi untuk mencapai target produksi yang sudah ditentukan [8]. Selain itu OEE menjadi alat bantu untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara kerja agar produktivitas mesin bisa meningkat [9]. OEE dihitung dari tiga faktor yaitu Persentase waktu mesin beroperasi (*Availability*). Kecepatan produksi nyata dibanding kecepatan maksimal ideal (*Performance*). Persentase barang yang lolos standar kualitas dari total barang yang dibuat (*Quality*) [10].

Setelah mendapatkan nilai OEE, tahapan berikutnya difokuskan pada identifikasi variabel yang memicu rendahnya efektivitas mesin, khususnya pada parameter ketersediaan (*availability*). Dalam mengolah data penelitian ini, Diagram pareto diterapkan untuk menetapkan skala prioritas terhadap masalah yang paling dominan dalam proses produksi [11]. Untuk membedah permasalahan hingga akar penyebabnya digunakan Diagram *Fishbone* (Diagram sebab akibat). Diagram *Fishbone* melalui diagram *fishbone* berbagai pemicu masalah dikategorikan dalam lima dimensi utama, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), bahan baku (*material*), pengukuran (*measurement*). Menyebabkan tingginya *downtime* dan rendahnya *availability* [12]. Guna memberikan penilaian objektif terhadap kondisi efektivitas di PT XYZ, hasil perhitungan OEE kemudian dibandingkan dengan standar internasional yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Menurut Nakajima parameter ini digunakan untuk menentukan apakah performa operasional suatu perusahaan telah mencapai level ideal atau masih memerlukan optimalisasi lebih lanjut [13].

Six Big Losses 20 14

Six Big Losses merupakan kerangka klasifikasi yang memetakan enam kategori kerugian penyebab rendahnya nilai OEE pada sistem produksi. Jenis-jenis *Six big losses* ada enam yang pertama *breakdown losses* yaitu kehilangan waktu produktif akibat mesin berhenti beroperasi atau rusak secara tiba-tiba saat proses produksi berlangsung [14]. *Setup and Adjustment Losses* yang merujuk pada pemborosan waktu selama proses persiapan mesin atau pergantian produk yang memerlukan durasi pengaturan cukup lama. Selain itu terdapat *Reduce Speed Losses* yaitu kondisi dimana mesin tetap beroperasi namun kecepatan actual berada dibawah standar kecepatan minimum yang telah ditetapkan oleh Perusahaan. *Defect Losses* Kerugian yang terjadi karena terdapat penurunan volume dalam proses produksi berlangsung. *Idling minor Stoppage losses* yang terjadi dimana ketika mesin macet dan *idle* dan dianggap sebagai kerusakan yang perlu diramalkan. *Reduce Yield Losses* kerugian dari bahan baku terbuang akibat proses produksi yang tidak sesuai [15].

Diagram Fishbone

Diagram sebab akibat yaitu *fishbone* berfungsi sebagai alat untuk mengetahui sumber masalah dengan mempertimbangkan berbagai faktor, salah satunya yang bisa digunakan adalah 5M yaitu (*Man, Machine, Methode, Material, dan Measure*) [16]. Penggunaan diagram sebab akibat dengan pendekatan 5M memungkinkan untuk mengisolasi variabel-variabel kritis yang berkontribusi pada rendahnya efektivitas sistem manufaktur. dengan mernguraikan permasalahan dalam 5M dapat dilakukan secara lebih akurat dan menentukan prioritas langkah perbaikan [17].

Siklus Plan Do Check Action (PDCA)

Metode PDCA merupakan siklus perbaikan mutu berkesinambungan yang dirancang untuk menjamin stabilitas performa sistem dalam keuntungan jangka pendek [18]. Penerapan kerangka kerja PDCA dilakukan melalui empat tahapan sistematis yaitu ada tahapan *Plan* (perencanaan) untuk menanggulangi kendala yang ditemukan seperti eliminasi prosedur inspeksi berkala yang tidak produktif, penyusunan jadwal pelatihan operator dan peningkatan pengawasan operasional. *Do* (pelaksanaan) rencana yang telah disusun mulai

mengimplementasikan dalam skala terbatas, langkah nyata yang diambil meliputi pengalihan metode inspeksi manual ke sistem pemantauan *real-time* serta pelaksanaan pelatihan teknis bagi operator untuk mempercepat proses pergantian komponen alat mesin. *Check* (pemeriksaan) tahap mengevaluasi dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja sebelum dan sesudah intervensi, fokus utama pemeriksaan ini adalah memantau penurunan *downtime* dan peningkatan *availability*. *Action* (tindakan) untuk standarisasi solusi yang efektif menjadi prosedur tetap perusahaan berfungsi untuk merumuskan agenda perbaikan selanjutnya untuk menjaga peningkatan efisiensi secara berkelanjutan[19].

Hasil dari penelitian berupa saran perbaikan untuk meningkatkan kendalan mesin serta untuk mengurangi *downtime*[20]. Dari analisis OEE ketersediaan (*availability*) bisa naik dengan buang inspeksi rutin yang tak berguna. Kedua metode ini memiliki keterkaitan dalam kerangka perbaikan [21]. OEE berperan sebagai peran mengukur efektivitas mesin serta unjuk parameter lemah dan PDCA untuk menyusun dan menjalankan solusi perbaikan jangka panjang.

Tahapan Penelitian

Identifikasi masalah yang ada di PT XYZ dengan permasalahan di mesin *capping* yang sering terjadinya *downtime* dan kerusakan mesin. pengumpulan data oprasional, data maintenance, data hasil produksi dan data total losses selama bulan Januari sampai Juni 2025. Pengolahan data yang menentukan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*, *Six big losses* dan PDCA. Implementasi dan evaluasi hasil dari OEE, PDCA berbasis *Six big losses* dengan analisis perbandingan before after terstruktur.

Hasil Dan Pembahasan

Pembahasan data Overall Equipment Effectiveness

Metode OEE berfungsi untuk mengukur efektivitas pengoperasian mesin produksi melalui tiga komponen utama, yaitu ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*), dan kualitas (*quality*) [20]. Komponen ketersediaan membandingkan waktu produksi yang sebenarnya berjalan dengan total waktu yang telah direncanakan, sehingga dapat diketahui seberapa besar waktu yang hilang akibat hambatan teknis atau operasional. Sementara itu, komponen kinerja menilai kecepatan kerja mesin dengan membandingkan hasil produksi terhadap kapasitas maksimal yang seharusnya dicapai. Indikator ini menunjukkan apakah mesin bekerja pada kecepatan optimal atau mengalami penurunan laju produksi. Terakhir, faktor pengujian aspek kualitas perbandingan antara produk layak jual dengan total seluruh produk yang dihasilkan. Hal ini bertujuan untuk mengukur performa mesin yang dihasilkan guna mencerminkan kemampuan mesin dalam meminimalkan produk cacat.

Nilai akhir OEE diperoleh dengan mengalikan ketiga faktor tersebut untuk mendapatkan gambaran mengenai tingkat efisiensi penggunaan aset di lantai produksi. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan ini:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (1)$$

$$Availability = \frac{Operating Time}{Loading Time} \quad (2)$$

$$Performance = \frac{Cycletime \times Total produksi}{Operating Time} \times 100\% \quad (3)$$

$$Quality = \frac{Total produksi - Output Defect}{Total diproduksi} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil perhitungan *availability* pada bulan Januari 2025:

$$Availability = \frac{15840 - 960}{15840} 100\% = 94\% \quad (5)$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada bulan Januari, nilai *availability* tercatat sebesar 94% sebagaimana ditunjukkan pada rumus (5). Perhitungan ini menjadi rujukan untuk perusahaan sebagai memetakan kondisi di lini produksi serta mengidentifikasi potensi perbaikan yang berkaitan dengan masalah waktu henti mesin (*downtime*). Analisis lebih mendalam diperlukan untuk menelusuri sumber gangguan yang kendala operasional agar ditemukannya solusi yang benar. Upaya ini bertujuan untuk meningkatkan nilai ketersediaan mesin yang pada akhirnya akan membantu menaikkan nilai OEE secara keseluruhan.

$$Performance = \frac{0.49 \times 20001}{15840} \times 100\% = 62\% \quad (6)$$

Hasil perhitungan *performance* pada bulan Januari mencapai angka 62%, Angka ini memberikan gambaran bahwa mesin belum sepenuhnya berjalan pada kapasitas optimalnya selama waktu operasi yang tersedia. Hasil tersebut juga mengindikasikan bahwa hambatan terkait kecepatan mesin (*speed loss*) maupun penghentian singkat (*minor stoppage*) berada pada tingkat kebawah. Kecepatan aktual mesin yang belum memenuhi standar menunjukkan bahwa pengaturan waktu siklus produksi belum dilakukan secara optimal.

$$Quality = \frac{20001 - 299}{20001} \times 100\% = 99\% \tag{7}$$

Hasil perhitungan *quality* pada bulan Januari mencapai 98%, yang berarti sebagian besar produk yang telah ditentukan menandakan bahwa di produksi berjalan dengan standar mutu perusahaan. Rendahnya jumlah produk cacat yang dihasilkan menjadi indikator bahwa prosedur pengendalian kualitas telah diterapkan dengan disiplin dan mampu menjaga integritas hasil akhir.

$$OEE = 93\% \times 61\% \times 98\% = 57\% \tag{8}$$

Nilai OEE yang diperoleh pada bulan Januari adalah sebesar 57%. Dalam praktik industri manufaktur, angka di rentang 60% menandakan bahwa sistem produksi sedang berada pada level yang memerlukan perhatian khusus, karena terdapat potensi besar yang belum tergarap optimal[22]. rendahnya nilai OEE di bulan Januari ini bukan disebabkan oleh kesiapan mesin (*Availability*) yang sebenarnya sudah bagus di angka 94%, melainkan karena rendahnya efisiensi performa mesin yang hanya mencapai 62%. Hal ini mengindikasikan adanya kendala seperti mesin yang belum berjalan pada kecepatan standarnya atau adanya gangguan-gangguan kecil yang sering terjadi selama proses produksi berlangsung. Langkah perbaikan yang terarah pada ketiga aspek ini akan mendorong kenaikan nilai OEE, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap produktivitas, efisiensi biaya, serta daya saing perusahaan [23].

Tabel 2. Perhitungan Nilai OEE

Bulan	<i>Availability Ratio</i>	<i>Performance Efficiency</i>	<i>Rate Quality</i>	Nilai OEE
Januari	94%	62%	99%	57%
Februari	91%	85%	100%	77%
Maret	94%	74%	99%	69%
April	93%	67%	99%	62%
Mei	94%	86%	99%	81%
Juni	93%	85%	100%	78%

Berdasarkan perhitungan nilai OEE pada tabel 3, nilai analisis terhadap pencapaian standar efektivitas dunia sebesar 85%[24]. Pada nilai *quality* telah mencapai standar OEE pada rentan 99% hingga 100% dan nilai *availability* juga sudah memenuhi standar OEE pada rentan 91% hingga 94%, data mengonfirmasi bahwa pada nilai *performance* yang sempat menyentuh titik 62% di bulan januari sebelum akhirnya membalik di angka 86% di bulan mei menjadi variable pembatas utama yang mempengaruhi nilai OEE secara kolektif.

Sebagai Upaya rekayasa dalam meningkatkan ketersediaan operasional, pada bulan juni telah diimplementasikan penghapusan prosedur inspeksi manual berkala yang selama ini memicu terjadinya *downtime* yang tidak diperlukan. Peran pengawasan kualitas dialihkan ke system monitoring realtime yang memungkinkan pemantauan otomatis berjalan secara simultan dengan putaran mesin[16]. Hal ini bertujuan untuk mengekspansi nilai OEE melalui eliminasi jeda produksi, sehingga antara kecepatan proses produksi dapat berjalan dengan lancar guna mendorong capaian melalui standar OEE.

Perhitungan dan Analisis Six Big Losses

Tinggi rendahnya angka pada *Six big losses* menunjukkan seberapa besar masalah tersebut menghambat efisiensi mesin dalam sistem produksi. Berdasarkan parameter yang telah dirumuskan dalam *six big losses*. Berikut adalah hasil nilai *Six big losses* pada mesin *capping* untuk bulan januari 2025:

Pehitungan *breakdown losses* pada bulan januari

$$Breakdown losses = \frac{Breakdown Time}{Loading Time} \times 100\% \tag{9}$$

$$Breakdown losses = \frac{960}{15840} \times 100\% \tag{10}$$

$$= 6.06\%$$

Perhitungan *Setup and Adjustment Losses* pada bulan januari

$$\text{Setup and adjustment} = \frac{\text{Total Setup adjustment}}{\text{Time Loading Time}} \times 100\% \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Setup and adjustment} &= \frac{900}{15840} \times 100\% \\ &= 5.68\% \end{aligned} \quad (12)$$

Perhitungan *Reduce Speed Losses* pada bulan januari

$$\text{Reduce Speed Losses} = \frac{\text{actual production time} - (\text{Ideal cycle time} \times \text{result processed})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{Reduce Speed Losses} &= \frac{15840 - (0.49 \times 20001)}{15900} \times 100\% \\ &= 38.13\% \end{aligned} \quad (14)$$

Perhitungan *Defect Losses* pada bulan januari

$$\text{Defect losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{losses}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \text{Defect losses} &= \frac{0.49 \times 299}{15840} \times 100\% \\ &= 0.92\% \end{aligned} \quad (16)$$

Perhitungan *Idling minor Stoppage losses* pada bulan januari

$$\text{Idling minor stoppage} = \frac{\text{Non Productive time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \text{Idling minor stoppage} &= \frac{675}{15900} \times 100\% \\ &= 4.26\% \end{aligned} \quad (18)$$

Berikut hasil perhitungan dan analisis *Six big losses* pada bulan januari sampai juni 2025:

Tabel 3. Perhitungan Dan Analisis *Six Big Losses*

Bulan	<i>Breakdown losses</i>	<i>Setup And Adjustmmen</i>	<i>Reduce Speed Losses</i>	<i>Defect Losses</i>	<i>Idling Minor Stoppage</i>
Januari	6.06%	5.68%	38.13%	0.92%	4.26%
Februa ri	8.53%	5.81%	15.18%	0.13%	9.59%
Maret	6.37%	6.37%	25.59%	0.99%	3.69%
April	7.39%	6.82%	32.73%	0.77%	5.54%
Mei	5.66%	5.66%	14.11%	0.46%	6.26%
Juni	7.43%	5.04%	14.93%	0.40%	8.15%

Guna mengidentifikasi sumber kehilangan efisiensi secara lebih spesifik, dilakukan penghitungan nilai rata-rata untuk setiap kategori *losses* yang terjadi selama periode pengamatan. Ringkasan hasil perhitungan rata-rata tersebut disajikan dalam tabel berikut::

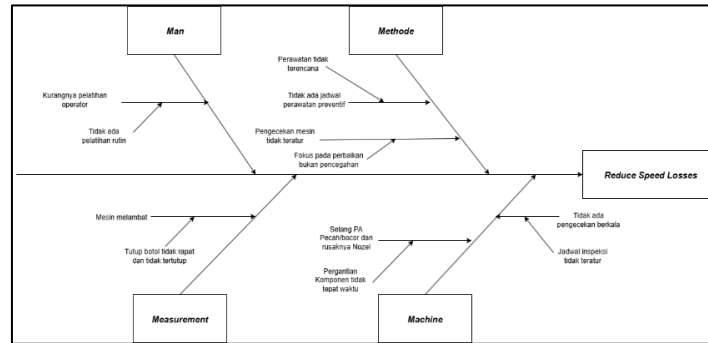
Tabel 4. Rata-Rata Setiap Kategori *Losses*

Jenis <i>Losses</i> %	Rata-rata <i>Losses</i> %	Presentase <i>Losses</i> %	<i>Cumulative Percentage</i> %
<i>Breakdown Losses</i>	7%	7%	93.09%
<i>Setup And Adjustmmen</i>	5.90%	12.80%	87.20%
<i>Reduce Speed Losses</i>	23.44%	36.25%	63.75%
<i>Defect Losses</i>	0.61%	36.86%	63.14%
<i>Idling Minor Stoppage</i>	6.25%	43.11%	56.89%

Reduced Speed Losses mendominasi (23,44%), yang biasanya menjadi fokus pemeliharaan konvensional. Temuan ini konsisten pada kajian Bokrantz yang menemukan *speed losses* sebagai kontributor terbesar di sektor pengemasan[25].

Diagram fishbone

Diagram *fishbone* tersebut menggambarkan penyebab terjadinya *speed losses* yang dipengaruhi oleh empat faktor utama. Faktor manusia menunjukkan kurangnya pelatihan rutin bagi operator, sehingga memengaruhi keterampilan teknis di lapangan. Dari segi metode, permasalahan terletak pada tidak adanya jadwal perawatan dan fokus kerja yang hanya tertuju pada perbaikan saat terjadi kerusakan. Faktor mesin mengidentifikasi adanya komponen yang aus, seperti selang PA yang bocor dan kerusakan nozel, yang diperparah oleh tidak adanya inspeksi berkala. Sedangkan dari sisi pengukuran, kendala terlihat pada melambatnya putaran mesin dan ketidaksempurnaan penutupan botol. Keempat faktor ini saling berkaitan dan perlu diperbaiki secara menyeluruh untuk meminimalkan kehilangan kecepatan produksi.



Gambar 1. Diagram *Fishbone*

Pembahasan *Plan Do Check Action (PDCA)*

metode PDCA diterapkan sebagai kerangka kerja sistematis untuk meningkatkan keandalan mesin *capping* dan meminimalkan kerugian produksi (*losses*) [26]. Berikut rincian tahapan berdasarkan siklus PDCA:

1. **Plan (Perencanaan)** dirumuskan strategi strategis yang mencakup substitusi inspeksi manual—yang berkontribusi pada defisit waktu sebesar 270 menit per bulan—menjadi sistem pemantauan berbasis *real-time*. Selain itu, disusun standarisasi *Preventive Maintenance (PM)* serta program peningkatan kompetensi teknis operator guna mereduksi latensi pada proses *setting* dan *changeover*
2. **Do (Pelaksanaan)** merealisasikan strategi tersebut pada periode Juni 2025, di mana protokol inspeksi konvensional secara resmi dieliminasi dan digantikan oleh pengawasan digital. Tindakan proaktif berupa penggantian komponen kritis, seperti *nozzle* dan selang PA, dilakukan secara presisi berdasarkan akumulasi jam operasional mesin
3. **Check (Pemeriksaan)** menjadi instrumen evaluasi melalui kalkulasi empiris parameter OEE. Hasil observasi Juni 2025 menunjukkan performa signifikan dengan nilai *Availability* sebesar 94%, *Performance* 92%, dan *Quality* mencapai 100%, sehingga menghasilkan nilai OEE kumulatif sebesar 94%
4. **Action (Tindakan Perbaikan)** seluruh protokol pemantauan *real-time* dan SOP preventif diformalisasikan menjadi standar operasional tetap, dengan agenda perbaikan berkelanjutan berikutnya yang difokuskan pada optimasi durasi pergantian komponen

Validasi Analisis Before dan After

Validasi analisis Before dan after untuk membuktikan secara statistik dan operasional bahwa perbaikan yang dilakukan ada perubahan yang signifikan dan sesuai standar. Berikut adalah tabel before after perhitungan OEE pada bulan januari sampai juni dan pada bulan juli adalah perhitungan yang sesudah dilakukannya perbaikan:

Efisiensi pencapaian target produksi menunjukkan pada juni dengan tingkat terbesar 92%. Titik rendah tercatat pada januari sebesar 71% rendahnya capaian pada bulan ini dikarenakan sering kali adanya kendala teknis pada lini produksi. Sebagai pembandingan, data bulan Juni menunjukkan stabilitas output pada kisaran 89% hingga 93%, yang menandakan adanya tren pemulihan performa operasional. Penurunan *losses* pada periode ini mengindikasikan bahwa standarisasi kualitas dan evaluasi metode inspeksi berkala mulai memberikan dampak positif terhadap efisiensi lini produksi.

$$Availability = \frac{18765 - 1110}{18765} 100\% = 94\% \quad (19)$$

Berdasarkan hasil perhitungan (9) nilai *availability* pada juni tercatat 94%. Kenaikan ini dikarenakan adanya efisiensi pada durasi inspeksi rutin yang kini dilakukan dengan metode yang lebih ringkas namun tetap terjaga kualitasnya. Dengan adanya perbaikan ini hambatan pada aspek *availability* meski kini hanya menyisakan durasi untuk aktivitas pergantian komponen, kalibrasi rutin serta *downtime* yang bersifat tidak terjadwal. Meski demikian, evaluasi lebih mendalam masih diperlukan untuk memetakan akar penyebab *downtime* tersebut. Hal ini bertujuan agar solusi perbaikan yang dirumuskan melalui siklus PDCA benar tepat sasaran dalam meningkatkan nilai *availability* dan mengoptimalkan angka OEE secara keseluruhan di masa depan.

$$Performance = \frac{0.28 \times 61400}{18765} \times 100\% = 92\% \quad (20)$$

performaance pada bulan juni menunjukkan 92% angka tersebut menunjukkan bahwa sudah mencapai target ideal. Hampir tidak ada waktu yang terbuang karena mesin macet atau berjalan lambat. Sinkronisasi anatara kecepatan aktual dan standar yang ditetapkan menunjukkan bahwa seluruh proses oprasional telah dioptimalkan.

$$Quality = \frac{61400 - 290}{61400} \times 100\% = 100\% \quad (21)$$

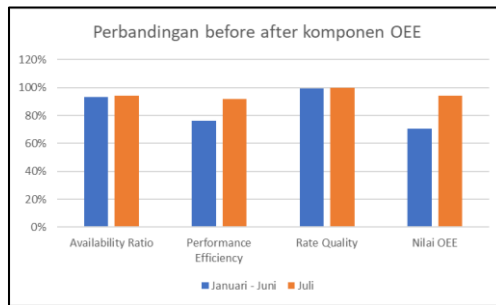
Pada perhitungan quality bulan juni tingkat kualitas produksi mencapai angka sempurna 100%. Hal ini membuktikan bahwa seluruh barang yang keluar di lini produksi telah memenuhi standar spesifikasi tanpa terkecuali. Keberhasilan ini menjadi sinyal kuat bahwa pengendalian mutu kita bekerja sangat efektif.

$$OEE = 94\% \times 92\% \times 100\% = 94\% \quad (22)$$

Dari perhitungan nilai OEE mendapatkan nilai 94% sebuah hasil yang sangat positif mengingat rata-rata berada dikisaran 57% - 81%. Angka ini membuktikan bahwa waktu kerja dan performa mesin berjalan sangat baik. Dengan terus menjaga keseimbangan antara aspek teknis dan kualitas produk, perusahaan tidak hanya meningkatkan efisiensi biaya, tetapi juga memperkokoh posisinya dalam standar industri.

Tabel 5. Perbandingan before after komponen OEE baseline (Januari-Juni) dan Pasca PDCA (Juli 2025)

Bulan	Availability Ratio	Performance Efficiency	Rate Quality	Nilai OEE
Januari	94%	62%	99%	57%
Februari	91%	85%	100%	77%
Maret	94%	74%	99%	69%
April	93%	67%	99%	62%
Mei	94%	86%	99%	81%
Juni	93%	85%	100%	78%
Juli	94%	92%	100%	94%



Gambar 2. Perbandingan Before After Komponen OEE

Melalui penerapan siklus PDCA yang berkesinambungan, PT XYZ dapat mengatasi penyebab utama rendahnya keandalan mesin *capping*. Sinergi antara identifikasi masalah melalui Pareto dan *Fishbone* dengan eksekusi melalui PDCA akan mendorong peningkatan kualitas produk serta efisiensi operasional secara bertahap[27]. Dengan mengikuti siklus PDCA ini, *downtime* terjadwal akibat inspeksi berkala dapat dihilangkan atau diminimalkan, tanpa mengorbankan keandalan mesin *capping*, sehingga efisiensi produksi dapat meningkat secara signifikan. Berikut merupakan hasil PDCA (Plan Do Check Action) pada bulan November dengan menghilangkan *downtime* terjadwal yaitu inspeksi berkala[28].

Nilai OEE 94% memerlukan interpretasi kritis. Evocon (2023) melaporkan bahwa hanya ~3% dari 3.500+ mesin secara konsisten mencapai $\geq 85\%$ [29]. nilai 94% dalam satu bulan pertama pasca-intervensi mengindikasikan kemungkinan overestimasi atau pengaruh faktor musiman. Radziwill & Benton [30] menemukan peningkatan OEE rata-rata 8–15 pp per siklus PDCA pada lini pengemasan. Peningkatan 23,3 pp penelitian ini melampaui rentang tersebut, yang dapat dijelaskan oleh baseline sangat rendah 57% pada bulan Januari dan eliminasi inspeksi berkala manual memberikan 'quick win' yang sangat besar dalam satu langkah. Interpretasi akademik yang tepat: nilai OEE 94% berkorelasi kuat dengan intervensi yang dilakukan, namun belum dapat diklaim sebagai kondisi steady-state.

Kenaikan nilai OEE yang sangat signifikan dari rata-rata *baseline* 57% pada Januari menjadi 94% pada bulan Juli 2025 memerlukan analisis validitas yang ketat guna mengeliminasi potensi bias pengamatan jangka pendek (*short-term observation bias*). Secara operasional, lonjakan sebesar 23,3 poin persentase ini menyatakan rentang peningkatan rata-rata siklus PDCA berada pada 8–15 poin persentase. Angka 94% ini valid secara matematis karena didorong oleh pencapaian *quick win* yang ekstrem, yaitu eliminasi total *planned downtime* untuk inspeksi berkala manual yang sebelumnya menyita 270 menit per bulan. Penghapusan pemborosan waktu (*waste*) ini secara instan meningkatkan *Availability* ke angka 94% dan *Performance* ke 92% pada bulan Juli. Namun, penulis menegaskan bahwa performa ini mencerminkan fase puncak (*peak efficiency*) pasca-intervensi dan dipengaruhi oleh ketiadaan gangguan eksternal (seperti fluktuasi pasokan bahan baku atau variasi keandalan operator harian). Oleh karena itu, capaian ini tidak dapat diklaim sebagai kondisi mapan (*steady-state performance*) jangka panjang melainkan representasi dari efektivitas optimal dari rekayasa metode kerja di bawah pengawasan ketat selama siklus *Check*

Simpulan

Penelitian ini mengintegrasikan kerangka *Six big losses* sebagai instrumen analitis untuk menghubungkan hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan strategi perbaikan berbasis *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) pada mesin *capping* di PT XYZ. Berdasarkan hasil analisis dan implementasi, terdapat empat poin utama yang menjadi temuan penelitian ini:

Pemanfaatan *Six big losses* memberikan detail analisis yang lebih mendalam dibandingkan evaluasi OEE konvensional. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa *Reduced Speed Losses* (37,4%) dan *Setup & Adjustment Losses* (21,6%) merupakan faktor dominan yang secara akumulatif menyumbang 59,0% terhadap total kehilangan efektivitas. Informasi spesifik ini memungkinkan perusahaan menentukan prioritas perbaikan yang lebih tepat sasaran.

Evaluasi perbandingan sebelum dan sesudah intervensi menunjukkan bahwa kenaikan nilai OEE ditopang kuat oleh peningkatan aspek *Performance*. Nilai ini meningkat sebesar 17,3 poin persentase, dari semula 74,7% menjadi 92%. Fenomena ini selaras dengan proyeksi awal bahwa perbaikan pada *speed loss* akan memberikan dampak paling besar terhadap efisiensi kinerja mesin.

Tercapainya nilai OEE sebesar 94% pada bulan Juli 2025 menunjukkan korelasi positif dengan penerapan siklus PDCA yang berbasis pada data *Six Big Losses*. Meskipun demikian, penelitian ini tetap bersikap objektif dengan tidak menyatakan adanya hubungan sebab-akibat mutlak secara tunggal. Stabilitas angka ini memerlukan konfirmasi lebih lanjut melalui observasi jangka panjang selama 3 hingga 6 bulan ke depan untuk memastikan konsistensi performa.

Dari sudut pandang risiko, penghapusan prosedur inspeksi berkala teridentifikasi memiliki empat dimensi risiko potensial pada level sedang. Hal ini terkonfirmasi dari munculnya waktu henti (*downtime*) tidak terencana sebesar 450 menit pada bulan Juni, yang sebelumnya tidak ditemukan pada periode Maret dan Mei. Temuan ini menjadi sinyal penting untuk memperketat pengawasan pada siklus PDCA berikutnya guna mencegah kegagalan teknis di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- [1] Universitas Bhayangkara, Jakarta Selatan, S. L. Rahellea, M. R. Rianto, Dan Universitas Bhayangkara, Jakarta Selatan, "Literatur Review: Pengaruh Kualitas Produk, Harga Dan Loyalitas Terhadap Kepuasan Konsumen Kopi Nako," *Studi Ilmu Manaj. Dan Organ.*, Vol. 4, No. 1, Hlm. 63–73, Apr 2023, Doi: 10.35912/Simo.V4i1.1782.
- [2] W. Atikno Dan H. H. Purba, "Oee, Literature Review Tinjauan Literatur Secara Sistematis Tentang Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Industri Manufaktur Dan Jasa: Tinjauan Literatur Secara Sistematis Tentang Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Industri Manufaktur Dan Jasa," *J. Ind. Eng. Syst.*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 29–39, Jun 2021, Doi: 10.31599/Jies.V2i1.401.
- [3] R. Mustofa, V. Yudha, Dan M. Faizin, "Analisis Tingkat Efisiensi Mesin Cnc Milling Berdasarkan Nilai Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Six Big Losses," Vol. 27, No. 2, 2025.
- [4] A. Ferdinand Dan W. Widiastih, "Analisis Keandalan Mesin Blowing Dengan Oee, Rca, Dan Pendekatan Siklus Pdca," *J. Tekst. J. Keilmuan Dan Apl. Bid. Tekst. Dan Manaj. Ind.*, Vol. 8, No. 1, Hlm. 11–20, Jun 2025, Doi: 10.59432/Jute.V8i1.136.
- [5] Hadi Ariyah, "Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dalam Peningkatan Efisiensi Mesin Batching Plant (Studi Kasus : Pt. Lutvindo Wijaya Perkasa)," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, Vol. 1, No. 2, Hlm. 70–77, Jun 2022, Doi: 10.55826/Tmit.V1i1.10.
- [6] N. B. Putra Dkk., "Penerapan Siklus Plan-Do-Check-Action Untuk Mengurangi Cacat Permukaan Pada Produk Outer Tube Model 2dp Di Pt. Xyz," *J. Rekayasa Mesin*, Vol. 20, No. 1, Hlm. 49–72, Apr 2025, Doi: 10.32497/Jrm.V20i1.6211.

- [7] I. Yani, A. Subekti, P. Susanto, S. P. Susanto, Dan K. Khapuck, "Optimasi Nilai Oee Mesin Melting Di Pt Iei Melalui Penerapan Metode Pdca," *Glob. J. Lentera Bitep*, Vol. 3, No. 02, Hlm. 54–61, Apr 2025, Doi: 10.59422/Global.V3i02.794.
- [8] J. R. Saputra Dan A. R. Heryadi, "Pengukuran Produktivitas Pada Bagian Quilting Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee)," *J. Tekst. J. Keilmuan Dan Apl. Bid. Tekst. Dan Manaj. Ind.*, Vol. 6, No. 2, Hlm. 89–100, Des 2023, Doi: 10.59432/Jute.V6i2.69.
- [9] T. Ahdiyati Dan Y. A. Nugroho, "Analisis Kinerja Mesin Bandsaw Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Six Big Losses Pada Pt Quartindo Sejati Furnitama," *J. Cakrawala Ilm.*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 221–234, Sep 2022, Doi: 10.53625/Jcijurnalcakrawalailmiah.V2i1.3509.
- [10] S. Satria, "Analisis Total Productive Maintenance (Tpm) Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Pada Boiler Di Pt. Vvf Indonesia".
- [11] R. Arif Dan A. Gunawan, "Diagram Pareto Dan Diagram Fishbone: Penyebab Yang Mempengaruhi Keterlambatan Pengadaan Barang Di Perusahaan Industri Petrochemicals Cilegon Periode 2020-2022," Vol. 7, No. 1, 2023.
- [12] A. Thahira, "Peningkatan Berkelanjutan: Pendekatan Analisis Tulang Ikan," *Asset J. Manaj. Dan Bisnis*, Vol. 6, No. 1, Jul 2023, Doi: 10.24269/Asset.V6i1.7090.
- [13] H. Hartono, A. P. Putra, Dan T. H. Suryatman, "Evaluasi Overall Equipment Effectiveness Sebagai Upaya Perbaikan Produktivitas Mesin Produksi Kain Non-Wovens (Studi Kasus Pt. Megah Sembada Industries)," *J. Ind. Manuf.*, Vol. 5, No. 2, Hlm. 11, Agu 2020, Doi: 10.31000/Jim.V5i2.2993.
- [14] T. Ahdiyati Dan Y. A. Nugroho, "Analisis Kinerja Mesin Bandsaw Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Six Big Losses Pada Pt Quartindo Sejati Furnitama," *J. Cakrawala Ilm.*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 221–234, Sep 2022, Doi: 10.53625/Jcijurnalcakrawalailmiah.V2i1.3509.
- [15] H. Hartono, A. P. Putra, Dan T. H. Suryatman, "Evaluasi Overall Equipment Effectiveness Sebagai Upaya Perbaikan Produktivitas Mesin Produksi Kain Non-Wovens (Studi Kasus Pt. Megah Sembada Industries)," *J. Ind. Manuf.*, Vol. 5, No. 2, Hlm. 11, Agu 2020, Doi: 10.31000/Jim.V5i2.2993.
- [16] Y. Hisprastin Dan I. Musfiroh, "Ishikawa Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Sebagai Metode Yang Sering Digunakan Dalam Manajemen Risiko Mutu Di Industri," *Maj. Farmasetika*, Vol. 6, No. 1, Hlm. 1, Okt 2020, Doi: 10.24198/Mfarmasetika.V6i1.27106.
- [17] A. C. Oktaviana Dan T. A. Auliandri, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Meja Dan Kursi Menggunakan Diagram Pareto Dan Fishbone Pada Pk. Skm Jati," *Inobis J. Inov. Bisnis Dan Manaj. Indones.*, Vol. 6, No. 4, Hlm. 559–572, Sep 2023, Doi: 10.31842/Jurnalinobis.V6i4.310.
- [18] A. Merjani Dan I. Kamil, "Penerapan Metode Seven Tools Dan Pdca (Plan Do Check Action) Untuk Mengurangi Cacat Pengelasan Pipa," *Profisiensi J. Program Studi Tek. Ind.*, Vol. 9, No. 1, Hlm. 124–131, Jul 2021, Doi: 10.33373/Profis.V9i1.3313.
- [19] Rani Alviani, Tri Ngudi Wiyatno, Dan Arvita Emarilis Intani, "Analisis Penyebab Cacat Produk Dan Upaya Perbaikan Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Dengan Menggunakan Metode Plan Do Check Action (Pdca) Pada Umkm Konveksi Xyz," *J. Sci. Res. Dev.*, Vol. 7, No. 1, Hlm. 857–875, Jul 2025, Doi: 10.56670/Jsr.V7i1.1120.
- [20] Gian Pramula Dan M. I. Hamdy, "Evaluasi Efektivitas Mesin Ripple Mill Melalui Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (Oee)," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, Vol. 2, No. 4, Hlm. 301–309, Des 2023, Doi: 10.55826/Tmit.V2i4.281.
- [21] A. Ferdinand Dan W. Widiasih, "Analisis Keandalan Mesin Blowing Dengan Oee, Rca, Dan Pendekatan Siklus Pdca," *J. Tekst. J. Keilmuan Dan Apl. Bid. Tekst. Dan Manaj. Ind.*, Vol. 8, No. 1, Hlm. 11–20, Jun 2025, Doi: 10.59432/Jute.V8i1.136.
- [22] K. E. Salekha Dan F. Apriliani, "Analisis Efektivitas Mesin Extruder1 Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Pada Perusahaan Penghasil Ban Di Kabupaten Bogor," *Fact. J. Ind. Manaj. Dan Rekayasa Sist. Ind.*, Vol. 2, No. 3, Hlm. 134–146, Mei 2024, Doi: 10.56211/Factory.V2i3.494.
- [23] O. S. P. Tumanggor, S. Wismantoro, K. Agung, Dan P. Hamonangan, "Analisis Mendalam Efektivitas Mesin Cnc Menggunakan Metode Oee Dan Six Big Losses Di Pt. Abc," *Sainstech J. Penelit. Dan Pengkaj. Sains Dan Teknol.*, Vol. 34, No. 4, Hlm. 70–79, Des 2024, Doi: 10.37277/Stch.V34i4.2273.
- [24] E. H. Deliana, Jazuli, Dan T. Maharani, "Analisis Efektivitas Mesin Produksi Pada Konveksi Putra Jaya Menggunakan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (Oee)," *Integrasi J. Ilm. Tek. Ind.*, Vol. 9, No. 2, Hlm. 113–123, Okt 2024, Doi: 10.32502/Integrasi.V9i2.190.
- [25] J. Bokrantz, A. Skoogh, C. Berlin, Dan J. Stahre, "Maintenance In Digitalised Manufacturing: Delphi-Based Scenarios For 2030," *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 191, Hlm. 154–169, Sep 2017, Doi: 10.1016/J.Ijpe.2017.06.010.
- [26] I. M. Suartika, I. G. Yudhyadi, Dan F. Kurnia, "Pengaruh Preventive Maintenance Terhadap Peningkatan Availability Mesin Tnl 130 A Di Pt. Morita Tjokro Gearindo Menggunakan Metode Plan Do Check Action (Pdca)," Vol. 01, No. 02, 2024.

- [27] Alfian Nur Alim, Agus Suwarno, Dan Ikhsan Romli, “Penerapan Kaizen Dengan Pendekatan Pdca Untuk Mengurangi Produk Cacat Komponen *Throttle Shaft* (Ths) Pada Proses *Machining*,” *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, Vol. 4, No. 4, Hlm. 1712–1724, Nov 2025, Doi: 10.55826/Jtmit.V4i4.1320.
- [28] S. V. Gairwyn Dan A. Suryadi, “Analisis Persediaan Spare Parts Pada Stock Management Menggunakan Metode Pdca Dan Kaizen Di Pt X,” *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, Vol. 8, No. 1, Jun 2025, Doi: 10.31602/Jieom.V8i1.17473.
- [29] Evocon, “Oee Benchmarks: World-Class Oee Industry Benchmarks From More Than 50 Countries,” Evocon Report, 2023. [Daring]. Tersedia Pada: <https://Evocon.Com/Articles/World-Class-Oee-Industry-Benchmarks-From-More-Than-50-Countries/>
- [30] L. Xu, C. Blankson, Dan V. Prybutok, “Relative Contributions Of Product Quality And Service Quality In The Automobile Industry,” *Qual. Manag. J.*, Vol. 24, No. 1, Hlm. 21–36, Jan 2017, Doi: 10.1080/10686967.2017.11918498.