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

Pengembangan Sistem Monitoring Efektivitas Mesin Berbasis *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) Untuk Mendukung *Preventive Maintenance* Di PT Adil Makmur Fajar

Ajeng Lidia Bian Meifenni[1], Mochamad Eko Nugroho[2], Lifia Citra Ramadhanti[3]
Rakay Edhiargo Toyosito[4], Angga Widyas Swara[5]
[1]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, ajeng14lidia@gmail.com
[2]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, m.ekonugroho@untara.ac.id
[3]Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang, lifia.citra@ft.unsika.ac.id
[4]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, rakaytoyosito@untara.ac.id
[5]Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, anggaswara@untara.ac.id

Abstrak

PT Adil Makmur Fajar Manufaktur mengalami permasalahan tingginya *downtime* pada Mesin 1 Liter yang berdampak pada menurunnya efektivitas mesin serta belum optimalnya pelaksanaan *preventive maintenance*. Selain itu, proses monitoring kinerja mesin masih dilakukan secara manual sehingga informasi kondisi mesin belum tersaji secara cepat dan terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas mesin menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), menganalisis penyebab rendahnya efektivitas mesin dengan pendekatan *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC), serta mengembangkan sistem monitoring berbasis Spreadsheet untuk mendukung *preventive maintenance*. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan DMAIC. Pengukuran efektivitas mesin dilakukan menggunakan OEE, sedangkan analisis penyebab permasalahan menggunakan Pareto, 5 *Why*, *Mean Time Between Failure* (MTBF), dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan mampu mengintegrasikan data produksi, *downtime*, kualitas, dan aktivitas *maintenance* dalam satu media, sehingga proses pemantauan menjadi lebih cepat, akurat, dan terstruktur. Sistem ini juga mendukung pengambilan keputusan *preventive maintenance* serta penerapan *continuous improvement* dalam meningkatkan efektivitas mesin.

Kata Kunci: *Overall Equipment Effectiveness (OEE), DMAIC, Preventive Maintenance, Sistem Monitoring, Efektivitas Mesin*

Abstract

PT Adil Makmur Fajar Manufaktur experiences high downtime on the 1-Liter Machine, which reduces machine effectiveness and limits the implementation of preventive maintenance. In addition, machine Performance monitoring is still carried out manually, resulting in delayed and fragmented operational information. This study aims to Measure machine effectiveness using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method, analyze the causes of low machine effectiveness using the Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC) approach, and develop a spreadsheet-based monitoring system to support preventive maintenance. This research employed a quantitative method with the DMAIC approach. Machine effectiveness was evaluated using OEE, while the root causes of Performance issues were analyzed using Pareto analysis, the 5 Whys method, Mean Time Between Failure (MTBF), and Mean Time To Repair (MTTR). The results show that the developed monitoring system successfully integrates production, downtime, Quality, and maintenance data into a single platform, enabling faster, more accurate, and more structured monitoring. The system also supports preventive maintenance decision-making and promotes continuous improvement to enhance machine effectiveness.

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

Keywords: *Overall Equipment Effectiveness (OEE), DMAIC, monitoring system, preventive maintenance, machine effectiveness*

Corresponding Author:
Ajeng Lidia Bian Meifenni

Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, ajeng14lidia@gmail.com

PENDAHULUAN

Secara global, kebutuhan terhadap pestisida mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dunia dan meningkatnya permintaan pangan. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia *Food and Agriculture Organization* (FAO) mencatat bahwa konsumsi pestisida global tumbuh rata-rata sebesar lima persen setiap tahunnya dalam dua dekade terakhir (Kusumiyati, 2024). Peningkatan ini merupakan konsekuensi dari keterbatasan lahan pertanian yang tersedia sehingga intensifikasi penggunaan sarana produksi, termasuk pestisida, menjadi keniscayaan dalam menjaga produktivitas pertanian.

Pada skala nasional, fenomena serupa juga terjadi. Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2023) melaporkan bahwa konsumsi pestisida di Indonesia meningkat rata-rata enam hingga delapan persen setiap tahunnya (Alta et al., 2023). Peningkatan tersebut mendorong berkembangnya industri manufaktur pestisida dalam negeri sebagai sektor strategis untuk mendukung ketahanan pangan sekaligus kemandirian industri nasional.

PT Adil Makmur Fajar merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi pestisida. Berdasarkan hasil rekapitulasi *Downtime* mekanikal yang dikelompokkan berdasarkan jenis mesin produksi, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi mesin dengan tingkat gangguan operasional tertinggi. Analisis ini bertujuan untuk menentukan mesin yang menjadi prioritas utama dalam perbaikan. Hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa Mesin 1 Liter (1L) memiliki tingkat *Downtime* paling tinggi dibandingkan mesin lainnya, baik dari segi total waktu berhenti maupun frekuensi kejadian, diperoleh data sebagaimana disajikan pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1. Klasifikasi *Downtime* Mesin Periode Januari – September 2025

Jenis Mesin	Total *Downtime* (Jam)	Frekuensi Gangguan
Mesin 1 Liter	230	57
Mesin 5 Liter	121	24
Mesin 20 Liter	95	18
Total	383	80

Sumber: Data Perusahaan (2025)

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa Mesin 1 Liter memiliki total *Downtime* tertinggi sebesar 230 jam dengan frekuensi gangguan sebanyak 57 kali selama periode pengamatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Mesin 1 Liter merupakan mesin yang paling sering mengalami gangguan dibandingkan mesin produksi lainnya sehingga menjadi prioritas dalam penelitian ini. Tingginya *Downtime* menyebabkan berkurangnya waktu operasi mesin yang berdampak terhadap efektivitas proses produksi serta pencapaian target perusahaan. Berdasarkan catatan operasional perusahaan selama periode Januari hingga Agustus 2025, diperoleh data sebagaimana disajikan pada Tabel 1.2 berikut:

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

Tabel 2. Rekapitulasi Kinerja Mesin 1 Liter Periode Januari–September 2025

Bulan	Jumlah Gangguan (kali)	Total *Downtime* (jam)	Target Produksi (botol)	Realisasi Produksi (botol)	Produk *Reject* (botol)
Januari	6	24	59.000	58.320	96
Februari	6	25	58.000	57.360	101
Maret	7	27	60.000	59.180	108
April	6	24	61.000	60.420	99
Mei	7	29	62.000	61.180	114
Juni	6	25	60.000	59.460	102
Juli	6	24	59.000	58.470	97
Agustus	7	28	61.000	60.260	111
September	6	24	60.000	59.410	100
Total	57	230 jam	540.000	534.060	928

Sumber: Data Perusahaan, Periode(Januari – September 2025)

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa selama periode Januari–September 2025 Mesin 1 Liter mengalami 57 kali gangguan dengan total *Downtime* mencapai 230 jam. Gangguan tersebut menyebabkan berkurangnya waktu operasi mesin sehingga mempengaruhi kelancaran proses produksi. Selama periode tersebut perusahaan menetapkan target produksi sebesar 540.000 botol, sedangkan realisasi produksi yang dicapai sebesar 534.060 botol. Selain itu, masih ditemukan 928 produk reject yang tidak memenuhi standar kualitas perusahaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa efektivitas Mesin 1 Liter belum optimal sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja mesin. Kondisi ini menunjukkan bahwa kinerja Mesin 1 Liter belum optimal dan berpotensi menurunkan efektivitas proses produksi, sehingga diperlukan pengukuran efektivitas mesin menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) serta analisis penyebab permasalahan untuk mendukung upaya perbaikan kinerja mesin. Perbedaan antara target dan realisasi produksi mengindikasikan bahwa sistem perawatan mesin belum berjalan optimal.

Sistem pemeliharaan yang diterapkan selama ini masih didominasi oleh pendekatan *corrective maintenance*, yaitu perbaikan yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Pola ini menyebabkan *Downtime* sulit diprediksi dan cenderung berulang, sehingga efektivitas mesin dan tingkat keandalan produksi relatif rendah. Data tersebut diperoleh dari dokumen internal perusahaan yang dikompilasi secara bulanan. Jumlah gangguan mesin tercatat pada *Logbook* Mesin yang diisi langsung oleh operator dan teknisi. Total *Downtime* dihitung berdasarkan *Maintenance Report* yang disusun oleh bagian perawatan setelah setiap kejadian kerusakan. Target produksi ditetapkan melalui *Production Planning Report* yang dikeluarkan oleh bagian PPIC, sedangkan realisasi produksi diperoleh dari *Production Report* harian yang dikompilasi menjadi laporan bulanan oleh bagian produksi. Sementara itu, data produk cacat bersumber dari *Quality Control Report* yang disusun oleh bagian QC melalui hasil inspeksi rutin pada lini produksi.

Berbagai penelitian terkini merekomendasikan metode DMAIC dan PDCA dikombinasikan dengan OEE sebagai pendekatan yang efektif untuk meningkatkan keandalan mesin dan efektivitas sistem pemeliharaan. Di antaranya, penelitian "*Enhancing OEE of a Denim Washing Process through DMAIC Methodology*" menunjukkan bahwa dengan penerapan DMAIC, nilai OEE pada proses pencucian denim meningkat dari 0,58 menjadi 0,77 melalui identifikasi akar penyebab dan perbaikan terarah (Naseem et al., 2025).

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

Studi lain yaitu "Penerapan Metode *Lean Six Sigma* (DMAIC) untuk Meningkatkan Produktivitas Plat Silinder di PT X" menemukan bahwa OEE awal sebesar 67,49 % berhasil ditingkatkan setelah implementasi *Lean Six Sigma* + DMAIC (Kusuma, 2025). Sementara itu, pendekatan PDCA juga menunjukkan hasil positif. Penelitian "PDCA *Method Implementation to Reduce the Potential Product Defects in the Automotive Components Industry*" (2023) mengungkap bahwa penggunaan PDCA mampu menurunkan tingkat cacat produk dari 10,8 % menjadi 8 % dengan analisis akar masalah seperti fishbone diagram dan penggunaan langkah-langkah 5W+1H (Maharani, et al., 2023).

Selain itu, beberapa studi yang menggunakan OEE secara langsung tanpa DMAIC atau PDCA juga memberikan *insight* penting yaitu, Analisis Efektivitas Mesin Produksi di PT 'Y' menunjukkan bahwa nilai OEE bervariasi bulanan (tertinggi 80,34%, terendah 66,97%) tergantung *Downtime,* kecepatan produksi, dan produk cacat. Dan juga pada penelitian yang Menganalisis Efektivitas Mesin Moulding 1 PT Sarana Kreasi Lestari menemukan OEE hanya 44,44 %, jauh di bawah target, yang memerlukan tindakan perbaikan berkelanjutan (Nisriina & Widiasih, 2025).

Namun, sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada pengukuran nilai OEE dan analisis perbaikan menggunakan DMAIC secara manual, tanpa mengembangkan sistem monitoring yang mampu memberikan visualisasi performa mesin secara real-time maupun peringatan dini terhadap penurunan efektivitas mesin. Selain itu, penerapan sistem monitoring berbasis data operasional pada industri pestisida masih relatif terbatas.

Sebagai upaya perbaikan, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring efektivitas mesin berbasis *Spreadsheet* yang dirancang untuk memantau nilai *Availability*, *Performance* , dan *Quality* secara otomatis. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi kondisi mesin secara lebih cepat, akurat, dan terintegrasi sebagai dasar pengambilan keputusan *preventive maintenance*. Dalam penelitian ini, metode DMAIC digunakan sebagai metode utama untuk mengidentifikasi, mengukur, menganalisis, dan memperbaiki permasalahan secara sistematis. Beberapa tools pendukung digunakan pada setiap tahapan DMAIC, seperti OEE pada tahap *Measure* serta MTBF dan MTTR pada tahap *Analyze*.

Dalam literatur teknik industri, metode kuantitatif seperti *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Mean Time Between Failure* (MTBF), dan *Mean Time To Repair* (MTTR) banyak digunakan untuk mengevaluasi efektivitas mesin, tingkat keandalan, dan durasi perbaikan. Analisis tersebut dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi mesin sekaligus menjadi dasar dalam penyusunan strategi perawatan yang lebih tepat. Lebih lanjut, pendekatan DMAIC juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab utama gangguan mesin, sehingga solusi yang dirumuskan lebih terarah.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem monitoring efektivitas mesin berbasis DMAIC yang mampu mendukung kegiatan *preventive maintenance* serta meningkatkan kinerja mesin secara berkelanjutan di PT Adil Makmur Fajar. Hasil penelitian ini juga diharapkan mampu mendukung penerapan konsep *continuous improvement* di lingkungan industri pestisida, serta menjadi acuan bagi penelitian lanjutan terkait digitalisasi sistem perawatan mesin berbasis data operasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) sebagai kerangka utama dalam

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

menganalisis dan menyelesaikan permasalahan efektivitas mesin. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan tahapan yang sistematis dalam mengidentifikasi permasalahan, mengukur kondisi aktual, menganalisis penyebab utama, merancang perbaikan, serta menyusun mekanisme pengendalian agar hasil perbaikan dapat dipertahankan secara berkelanjutan

Penelitian dilaksanakan di PT Adil Makmur Fajar, yaitu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi pestisida. Objek penelitian difokuskan pada Mesin 1 Liter, karena berdasarkan data historis perusahaan mesin tersebut memiliki tingkat downtime tertinggi dibandingkan mesin produksi lainnya sehingga berdampak terhadap efektivitas proses produksi.

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses produksi, kondisi operasional mesin, aktivitas preventive maintenance, serta wawancara dengan operator produksi, teknisi *maintenance*, dan supervisor produksi untuk memperoleh informasi mengenai penyebab gangguan mesin dan prosedur pemeliharaan yang diterapkan. Data sekunder diperoleh dari dokumen internal perusahaan berupa *Production Report, Maintenance Report, Logbook Downtime, Quality Control Report, Production Planning Report*, serta dokumen pendukung lainnya selama periode Oktober 2025 hingga Maret 2026.

Instrumen penelitian berupa lembar observasi, pedoman wawancara, serta format dokumentasi yang digunakan untuk mengumpulkan data operasional mesin. Selain itu, penelitian memanfaatkan perangkat lunak Microsoft Excel sebagai media pengolahan data sekaligus sebagai platform pengembangan sistem monitoring efektivitas mesin. Sistem monitoring dirancang menggunakan formula otomatis, dashboard, grafik, dan indikator visual sehingga mampu menampilkan nilai efektivitas mesin secara cepat dan terintegrasi.

Analisis data dilakukan mengikuti tahapan DMAIC. Pada tahap *Define*, dilakukan identifikasi permasalahan berdasarkan kondisi aktual perusahaan melalui observasi lapangan dan analisis data downtime. Tahap *Measure* dilakukan dengan menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang terdiri atas komponen *Availability, Performance,* dan *Quality* untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sebagai indikator keandalan dan kemudahan perawatan mesin.

Tahap *Analyze* bertujuan mengidentifikasi akar penyebab rendahnya efektivitas mesin melalui analisis Pareto dan metode 5 *Why Analysis* sehingga diperoleh faktor-faktor dominan penyebab downtime. Berdasarkan hasil analisis tersebut, pada tahap Improve dikembangkan sistem monitoring efektivitas mesin berbasis spreadsheet yang mampu mengintegrasikan data produksi, *downtime*, kualitas produk, MTBF, MTTR, serta perhitungan OEE secara otomatis. Sistem ini juga dilengkapi dengan dashboard dan indikator peringatan dini (*early warning*) untuk membantu pelaksanaan preventive maintenance.

Tahap terakhir yaitu *Control* dilakukan dengan menyusun prosedur penggunaan sistem monitoring, menetapkan indikator evaluasi, serta membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi sistem monitoring. Evaluasi dilakukan terhadap perubahan nilai OEE, kemudahan proses monitoring, kecepatan penyajian informasi, dan dukungan sistem terhadap pelaksanaan *preventive maintenance* sehingga dapat diketahui efektivitas sistem yang telah dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dengan Metode DMAIC

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

Define

Tahap *Define* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang menyebabkan rendahnya efektivitas Mesin 1 Liter. Berdasarkan hasil observasi, proses monitoring efektivitas mesin masih dilakukan secara manual, sementara data produksi, *Downtime,* kualitas, dan aktivitas *maintenance* masih tersimpan pada dokumen yang terpisah sehingga menyulitkan proses evaluasi kinerja mesin. Selain itu, perusahaan belum memiliki sistem monitoring OEE yang terintegrasi untuk mendukung pelaksanaan *preventive maintenance*. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 84,62%, masih berada di bawah standar *World Class* OEE sebesar 85%, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas mesin belum optimal dan masih terdapat *losses* selama proses produksi. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut pada tahap Analyze untuk mengidentifikasi penyebab utama rendahnya efektivitas mesin sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan. Untuk mempermudah identifikasi gangguan yang paling dominan, data *Downtime* Mesin 1 Liter selama periode Oktober 2025–Maret 2026 dikelompokkan berdasarkan kategori sistem mesin. Rekapitulasi *Downtime* berdasarkan kategori gangguan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis *Downtime* Mesin 1 Liter Periode (Oktober 2025–Maret 2026)

Kategori Gangguan	*Downtime* (Menit)	*Persentase* (%)	Kumulatif (%)
Sistem Penggerak	2.160	21,56	21,56
Sistem *Conveyor*	1.800	17,96	39,52
Sistem	1.170	11,68	51,20
Sistem Elektrik & Kontrol	1.290	12,87	64,07
Setup & Adjustment	1.230	12,28	76,35
Sistem *Pneumatik*	1.020	10,18	86,53
Sistem Transfer Produk	570	5,69	92,22
Lain-lain*	780	7,78	100,00
Total	10.020	100,00	100,00

Lain-lain berasal dari gangguan yang tidak termasuk dalam enam kategori utama, seperti *counter* botol, *volume* , dan gangguan minor lainnya apabila dikelompokkan terpisah. (Atau bisa dihilangkan jika seluruh gangguan sudah masuk kategori utama). Berdasarkan Tabel 3, kategori Sistem Penggerak memberikan kontribusi *Downtime* terbesar yaitu 2.160 menit (21,56%), diikuti oleh Sistem *Conveyor* sebesar 1.800 menit (17,96%), Sistem Elektrik dan Kontrol sebesar 1.290 menit (12,87%), *Setup* dan *Adjustment* sebesar 1.230 menit (12,28%), serta Sistem sebesar 1.170 menit (11,68%). Kelima kategori tersebut menyumbang sekitar 76,35% dari total *Downtime* mesin sehingga menjadi prioritas utama dalam tahap analisis penyebab masalah *(Analyze).*

Measure

Tahap *Measure* bertujuan untuk mengukur tingkat efektivitas Mesin 1 Liter menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Pengukuran dilakukan berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Availability Rate, Performance Rate, dan Quality Rate* selama periode Oktober 2025–Maret 2026.

Perhitungan *Availability Rate*

Availability Rate digunakan untuk mengukur kemampuan mesin dalam beroperasi dibandingkan dengan waktu produksi yang tersedia. Semakin tinggi nilai *Availability*, semakin kecil waktu yang hilang akibat kerusakan atau penghentian mesin.

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

Berikut ini adalah perhitungan *Availability Rate* menggunakan rumus (2.1) dan di sajikan dengan lengkap pada tabel 4:

$$Availability = \frac{31140}{32940} \times 100\% = 94{,}54\%$$

Tabel 4. Perhitungan *Availability Rate* Mesin 1 Liter (Oktober 2025–Maret 2026)

Bulan	*Loading Time* (Menit)	*Downtime* (Menit)	*Operating Time* (Menit)	*Availability* (%)
Oktober	32940	1800	31140	94,54
November	30420	1800	28620	94,08
Desember	31680	1620	30060	94,89
Januari	30420	1500	28920	95,07
Februari	27900	1500	26400	94,62
Maret	27900	1800	26100	93,55
Total	181.260	10020	171240	94,47

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 diperoleh nilai rata-rata *Availability Rate* sebesar 94,47% selama periode Oktober 2025–Maret 2026. Nilai *Availability* tertinggi terjadi pada bulan Januari 2026 sebesar 95,07%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Maret 2026 sebesar 93,55%. Penurunan *Availability* pada beberapa bulan dipengaruhi oleh meningkatnya *Downtime* akibat kerusakan komponen mesin seperti *bearing Conveyor*, motor *Conveyor, gearbox,* panel kontrol, sensor, serta aktivitas setup mesin. Selama periode penelitian tercatat total *Downtime* sebesar 10.020 menit (167 jam), sehingga waktu operasi efektif mesin berkurang menjadi 171.240 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun tingkat ketersediaan mesin masih berada pada kategori baik, frekuensi gangguan yang terjadi masih cukup tinggi sehingga diperlukan peningkatan aktivitas *preventive maintenance* untuk menekan *Downtime* dan meningkatkan efektivitas mesin.

Perhitungan *Performance* Rate

Performance Rate digunakan untuk mengukur kemampuan mesin dalam mencapai target produksi yang telah ditetapkan perusahaan. Berikut ini adalah perhitungan *Performance* Rate menggunakan rumus (2.2) dan di sajikan dengan lengkap pada tabel 5:

$$Performance = \frac{0{,}4286\ x\ 171240}{31.140} \times 100\% = 87{,}38\%$$

Tabel 5. Perhitungan *Performance* Rate

Bulan	Output Aktual (Botol)	*Ideal Cycle Time* (Menit/Botol)	Operating Time (Menit)	*Performance* (%)
Oktober 2025	63.480	0,4286	31.140	87,38
November 2025	59.420	0,4286	28.620	88,99
Desember 2025	62.350	0,4286	30.060	88,92
Januari 2026	60.520	0,4286	28.920	89,72
Februari 2026	55.280	0,4286	26.400	89,79
Maret 2026	56.460	0,4286	26.100	92,73

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

Total	357.510	0,4286	171.240	89,59

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 diperoleh nilai *Performance* Rate rata-rata sebesar 89,59% selama periode Oktober 2025–Maret 2026. Nilai *Performance Rate* tertinggi terjadi pada bulan Maret 2026 sebesar 92,73%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Oktober 2025 sebesar 87,38%.

Nilai *Performance Rate* menunjukkan kemampuan Mesin 1 Liter dalam menghasilkan output aktual dibandingkan dengan kapasitas ideal mesin selama waktu operasi yang tersedia. Selama periode penelitian, perusahaan masih mampu memenuhi target produksi meskipun mesin mengalami berbagai gangguan operasional. Hal tersebut disebabkan karena perusahaan melakukan penyesuaian jadwal produksi, pengoperasian kembali mesin setelah proses perbaikan selesai, serta melakukan rework terhadap produk yang mengalami kerusakan kemasan sehingga produk tersebut dapat diproses kembali menjadi produk yang memenuhi standar kualitas.

Meskipun target produksi tetap tercapai, nilai *Performance Rate* belum mencapai kondisi optimal. Hal ini dipengaruhi oleh berkurangnya waktu operasi efektif akibat *Downtime* yang disebabkan oleh kerusakan komponen seperti *bearing Conveyor*, motor *Conveyor, gearbox,* sensor, sistem *pneumatik,* serta aktivitas setup dan adjustment mesin saat pergantian ukuran botol. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat kehilangan kecepatan produksi *(speed losses)* yang menyebabkan kemampuan mesin dalam menghasilkan output belum mencapai kapasitas idealnya.

Perhitungan *Quality Rate*

Nilai *Quality Rate* menunjukkan persentase produk baik *(good product)* terhadap total produk yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai *Quality Rate,* maka semakin sedikit jumlah *final reject* yang dihasilkan selama proses produksi. Berikut ini adalah perhitungan *Performance* Rate menggunakan rumus (2.3) dan di sajikan dengan lengkap pada tabel 6:

$$Quality = \frac{357.421}{357.510} \times 100\% = 99{,}98\ \%$$

Tabel 6. Perhitungan *Quality* Rate

Keterangan	Nilai
Total Produksi Aktual	357.510 botol
Total Final Reject	89 botol
Produk Baik (*Good Product*)	357.421 botol
Quality Rate	99,98%

Sumber: Data diolah dari Production Report dan Quality Control Report PT Adil Makmur Fajar Manufaktur Tahun (2025–2026)

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6 diperoleh nilai *Quality Rate* sebesar 99,98%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hampir seluruh produk yang dihasilkan Mesin 1 Liter telah memenuhi standar kualitas perusahaan. Dari total produksi sebanyak 357.510 botol, hanya 89 botol yang dinyatakan sebagai *final reject*, sedangkan produk yang mengalami ketidaksesuaian dan masih dapat diperbaiki melalui proses rework tetap dihitung sebagai produk baik setelah memenuhi standar kualitas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas produk akhir tetap terjaga meskipun selama proses produksi masih terdapat aktivitas *rework*. Oleh karena itu, faktor yang paling memengaruhi efektivitas Mesin 1 Liter pada penelitian ini bukan berasal dari aspek

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

kualitas, melainkan dari tingginya *Downtime* dan penurunan *Performance* akibat gangguan serta perbaikan mesin selama proses produksi.

Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) digunakan untuk mengetahui tingkat efektivitas Mesin 1 Liter secara keseluruhan berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Availability Rate, Performance Rate,* dan *Quality Rate.* Berikut nilai oee yang diihitung dengan rumus

OEE = (94,47%) × (89,59%) × (99,98%)
OEE = 84,62%

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 84,62%. Nilai tersebut masih berada di bawah standar *World Class* OEE sebesar 85%, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas Mesin 1 Liter belum optimal. Rendahnya nilai OEE terutama dipengaruhi oleh *Performance Rate* yang merupakan komponen dengan nilai terendah, sedangkan *Availability Rate* juga mengalami penurunan akibat tingginya *Downtime* selama periode penelitian. Sementara itu, *Quality Rate* memiliki nilai yang sangat tinggi karena sebagian besar produk yang mengalami ketidaksesuaian masih dapat diperbaiki melalui proses rework, sehingga hanya sedikit produk yang menjadi *final reject*. Oleh karena itu, peningkatan efektivitas mesin lebih difokuskan pada upaya pengurangan *Downtime* dan peningkatan keandalan mesin melalui penerapan *preventive maintenance.*

Perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF)

Mean Time Between Failure (MTBF) digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu operasi mesin sebelum terjadi satu kali kerusakan.

$$\text{MTBF} = \frac{171240}{38} = \frac{4506{,}32}{60\ jam} = 75{,}11\ jam$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai MTBF sebesar 75,11 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa Mesin 1 Liter rata-rata dapat beroperasi selama 75,11 jam sebelum mengalami satu kali gangguan atau kerusakan yang menyebabkan *Downtime*.

Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin setiap terjadi kerusakan.

$$\text{MTTR} = \frac{10.020}{38} = 263{,}68\ menit\ = 4{,}39\ jam$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai MTTR sebesar 263,68 menit atau 4,39 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap terjadi gangguan, rata-rata waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses perbaikan Mesin 1 Liter adalah sekitar 4,39 jam.

Tabel 7. Hasil Pengukuran OEE Mesin 1 Liter

Komponen OEE	Nilai (%)
Availability	94,47
Performance	89,59
Quality	99.98
Overall Equipment Effectiveness (OEE)	84,62

Sumber: Data diolah, (2026).

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

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh nilai *Availability* sebesar 94,47%, *Performance* sebesar 89,59%, dan *Quality* sebesar 99,98%. Nilai *Availability* sebesar 94,47% menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan mesin sudah cukup baik, namun masih dipengaruhi oleh *Downtime* sebesar 10.020 menit selama periode penelitian. Sementara itu, *Performance* menjadi komponen dengan nilai terendah, yang menunjukkan bahwa mesin belum beroperasi pada kecepatan ideal sehingga efektivitas produksinya masih perlu ditingkatkan. Di sisi lain, nilai *Quality* yang mencapai 99,98% menunjukkan bahwa sebagian besar produk telah memenuhi standar kualitas perusahaan, karena produk yang tidak sesuai masih dapat diperbaiki melalui proses rework sehingga jumlah final reject relatif rendah.

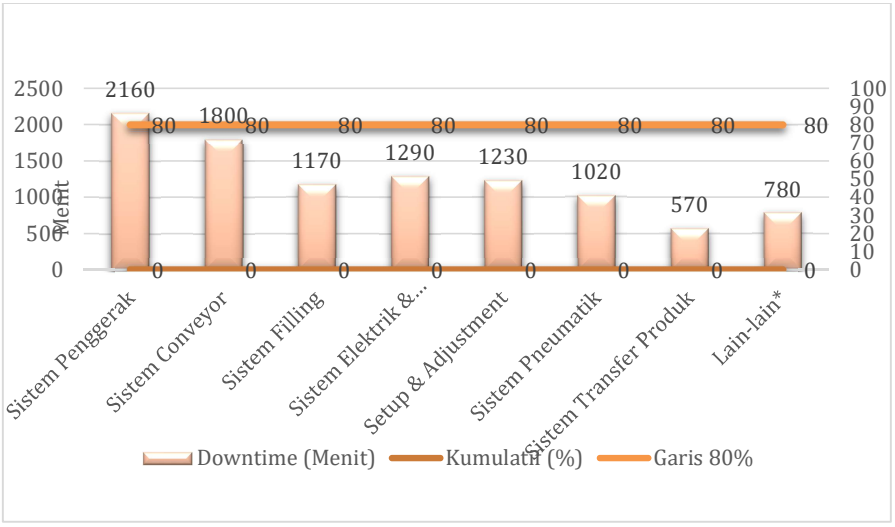
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 84,62%, masih berada di bawah standar *World Class* OEE sebesar 85%. Kondisi ini menunjukkan bahwa efektivitas Mesin 1 Liter belum optimal, terutama dipengaruhi oleh nilai *Performance* yang belum memenuhi standar serta adanya *Downtime* yang memengaruhi ketersediaan mesin.

Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut pada tahap Analyze untuk mengidentifikasi penyebab utama rendahnya efektivitas mesin melalui analisis *Downtime*, serta evaluasi keandalan mesin menggunakan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan.

Analyze

Tahap Analyze dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab utama yang memengaruhi efektivitas Mesin 1 Liter berdasarkan hasil pengukuran OEE, MTBF, MTTR, dan Diagram Pareto. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya *Downtime* sehingga dapat dirumuskan usulan perbaikan pada tahap Improve.

Analisis Pareto



Gambar 1. Diagram Pareto *Downtime* Mesin 1L Periode (Oktober 2025 –April 2026)

Berdasarkan hasil Diagram Pareto, kategori Sistem Penggerak, Sistem *Conveyor,* Sistem Elektrik dan Kontrol, Setup dan Adjustment, serta Sistem memberikan kontribusi kumulatif sebesar 76,35% dari total *Downtime* Mesin 1 Liter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar *Downtime* disebabkan oleh beberapa kategori gangguan utama. Berdasarkan prinsip Pareto, analisis akar penyebab

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

difokuskan pada kategori Sistem Penggerak, Sistem *Conveyor*, dan Sistem Elektrik dan Kontrol karena ketiga kategori tersebut memberikan kontribusi *Downtime* terbesar selama periode penelitian.

Analisis 5 *Why*

Berdasarkan hasil Diagram Pareto, analisis 5 *Why* dilakukan pada kategori Sistem Penggerak, Sistem *Conveyor*, dan Sistem Elektrik dan Kontrol sebagai penyumbang *Downtime* terbesar. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari setiap gangguan melalui serangkaian pertanyaan "mengapa" secara bertahap hingga diperoleh penyebab utama yang dapat dikendalikan. Hasil analisis 5 *Why* selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan pada tahap Improve.

Tabel 8. Analisis 5 *Why* Motor *Conveyor* Panas/*Overload*

No	*Why*	Jawaban
1	Mengapa Sistem Penggerak sering mengalami gangguan?	Karena motor dan gearbox sering mengalami overload atau overheat.
2	Mengapa motor dan gearbox mengalami overload?	Karena beban kerja mesin meningkat selama proses produksi.
3	Mengapa beban kerja meningkat?	Karena kondisi beberapa komponen mekanik mulai mengalami keausan.
4	Mengapa keausan tidak diketahui lebih awal?	Karena inspeksi kondisi komponen belum dilakukan secara rutin.
5	Mengapa inspeksi belum dilakukan secara rutin?	Karena perusahaan belum memiliki jadwal *preventive maintenance* yang terstruktur.

Berdasarkan hasil analisis 5 *Why* diketahui bahwa gangguan pada Sistem Penggerak dipengaruhi oleh kondisi motor dan gearbox yang mengalami overload akibat meningkatnya beban kerja mesin. Kondisi tersebut terjadi karena keausan komponen tidak terdeteksi sejak dini akibat belum optimalnya pelaksanaan *preventive maintenance*. Oleh karena itu, diperlukan inspeksi berkala terhadap komponen penggerak untuk mencegah terjadinya *Downtime* berulang.

Tabel 9. Analisis 5 *Why* Pneumatic Valve/Hose/Pressure Drop

No	*Why*	Jawaban
1	Mengapa Sistem *Conveyor* sering mengalami gangguan?	Karena bearing, rantai, dan belt *Conveyor* mengalami kerusakan.
2	Mengapa komponen *Conveyor* mengalami kerusakan?	Karena terjadi keausan akibat penggunaan terus-menerus.
3	Mengapa keausan tidak diketahui lebih awal?	Karena inspeksi kondisi *Conveyor* belum dilakukan secara berkala.
4	Mengapa inspeksi belum dilakukan?	Karena belum terdapat jadwal *preventive maintenance* yang konsisten.
5	Mengapa *preventive maintenance* belum berjalan optimal?	Karena belum tersedia sistem monitoring kondisi mesin secara terintegrasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa gangguan pada Sistem *Conveyor* disebabkan oleh keausan komponen seperti bearing, belt, dan rantai *Conveyor*. Kerusakan tersebut tidak dapat dideteksi lebih awal karena pemeriksaan kondisi komponen masih bersifat *corrective maintenance* sehingga kerusakan baru diketahui setelah mengakibatkan *Downtime*.

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

Tabel 10. Analisis 5 *Why* Sensor Error/Tidak Stabil

No	*Why*	Jawaban
1	Mengapa Sistem Elektrik dan Kontrol sering mengalami gangguan?	Karena terjadi gangguan pada panel kontrol dan sensor.
2	Mengapa panel dan sensor mengalami gangguan?	Karena kondisi komponen menurun dan kalibrasi tidak optimal.
3	Mengapa penurunan kondisi tidak diketahui lebih awal?	Karena monitoring kondisi komponen belum dilakukan secara rutin.
4	Mengapa monitoring belum dilakukan?	Karena data inspeksi dan kalibrasi belum terdokumentasi dengan baik.
5	Mengapa dokumentasi belum optimal?	Karena belum terdapat sistem monitoring mesin yang terintegrasi.

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa gangguan pada Sistem Elektrik dan Kontrol disebabkan oleh belum optimalnya pemantauan kondisi panel kontrol dan sensor. Tidak adanya monitoring yang terstruktur menyebabkan penurunan performa komponen baru diketahui setelah terjadi gangguan yang mengakibatkan *Downtime* mesin.

Berdasarkan hasil analisis MTBF, MTTR, Diagram Pareto, dan 5 *Why Analysis*, diketahui bahwa penyebab utama rendahnya efektivitas Mesin 1 Liter bukan hanya berasal dari kerusakan komponen, tetapi juga dari belum optimalnya pelaksanaan *preventive maintenance* dan sistem monitoring kondisi mesin. Gangguan yang terjadi pada sistem penggerak, *Conveyor*, serta elektrik dan kontrol menyebabkan *Downtime* yang tinggi sehingga menurunkan nilai *Availability* dan *Performance* Rate.

Identifikasi Penyebab Rendahnya Efektivitas Mesin

Berdasarkan hasil analisis MTBF, MTTR, Diagram Pareto, dan 5 *Why*, diperoleh beberapa faktor utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas Mesin 1 Liter. Faktor-faktor tersebut tidak hanya berkaitan dengan kerusakan komponen mesin, tetapi juga dengan sistem pengelolaan *maintenance* dan monitoring yang belum berjalan secara optimal. Hasil identifikasi penyebab rendahnya efektivitas mesin disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Identifikasi Faktor Penyebab Rendahnya Efektivitas Mesin

No	Hasil Identifikasi	Dampak terhadap Efektivitas Mesin
1	Belum terdapat jadwal *preventive maintenance* yang terstruktur	Frekuensi kerusakan meningkat sehingga *Downtime* bertambah dan nilai MTBF menurun
2	Monitoring kondisi mesin masih dilakukan secara manual dan belum terintegrasi	Penurunan kondisi komponen terlambat terdeteksi sehingga kerusakan baru diketahui setelah terjadi *Downtime*
3	Data produksi, *Downtime*, dan aktivitas *maintenance* masih tersimpan pada dokumen yang terpisah	Evaluasi kinerja mesin menjadi kurang efektif dan pengambilan keputusan *maintenance* membutuhkan waktu lebih lama
4	Informasi OEE, MTBF, dan MTTR belum tersedia secara otomatis	Penjadwalan *preventive maintenance* belum berbasis data sehingga perawatan masih bersifat reaktif
5	Gangguan berulang pada sistem penggerak, *Conveyor*, serta elektrik dan kontrol	Menurunkan nilai *Availability* dan *Performance* sehingga OEE belum mencapai standar perusahaan

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

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa rendahnya efektivitas Mesin 1 Liter tidak hanya dipengaruhi oleh gangguan teknis pada komponen mesin, tetapi juga oleh belum optimalnya sistem monitoring dan pelaksanaan *preventive maintenance*. Oleh karena itu, pada tahap Improve diusulkan pengembangan sistem monitoring efektivitas mesin berbasis *Spreadsheet* yang mampu mengintegrasikan data produksi, *Downtime*, OEE, MTBF, dan MTTR sebagai dasar pengambilan keputusan *preventive maintenance*.

Improve

Tahap *Improve* dilakukan berdasarkan hasil analisis pada tahapan *Define, Measure,* dan *Analyze*. Hasil analisis menunjukkan beberapa permasalahan, yaitu belum tersedianya sistem yang mampu mengintegrasikan data produksi, *Downtime*, kualitas produk, dan aktivitas *maintenance*, proses perhitungan *Availability, Performance , Quality, Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Mean Time Between Failure* (MTBF), dan *Mean Time To Repair* (MTTR) yang masih dilakukan secara terpisah, serta histori kerusakan mesin yang belum terdokumentasi secara terintegrasi sehingga menyulitkan proses evaluasi dan penyusunan *preventive maintenance*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diusulkan pengembangan Sistem Monitoring Efektivitas Mesin berbasis Spreadsheet untuk mengintegrasikan data produksi dan *maintenance* dalam satu worksheet. Sistem ini mampu menghitung *Availability, Performance , Quality*, OEE, MTBF, dan MTTR secara otomatis, serta menyajikan rekapitulasi *Downtime* dan histori *maintenance* sebagai media monitoring dan evaluasi kondisi Mesin 1 Liter.

Usulan perbaikan disusun menggunakan pendekatan *Plan-Do-Check-Action* (PDCA) yang mengacu pada hasil analisis sebelumnya sehingga setiap perbaikan difokuskan pada akar penyebab permasalahan yang telah teridentifikasi. Selanjutnya, sistem diuji menggunakan data operasional Mesin 1 Liter periode April–Juni 2026 untuk memverifikasi bahwa sistem mampu mengolah data secara otomatis dan menghasilkan nilai indikator yang sesuai dengan hasil perhitungan penelitian. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat mendukung monitoring efektivitas mesin dan penyusunan *preventive maintenance* secara lebih terstruktur.

Pengembangan sistem monitoring sebagai bagian dari tahap Improve bertujuan menyediakan informasi operasional secara real-time sehingga aktivitas *preventive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan kondisi aktual mesin. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Khalili et al. (2023) yang menyatakan bahwa planned *preventive maintenance* berkontribusi terhadap peningkatan Overall Equipment Effectiveness melalui penurunan downtime dan peningkatan keandalan mesin.

Tabel 12. *Improve* Menggunakan Pendekatan PDCA

Tahap	Dasar Temuan Hasil *Analyze*	Perbaikan yang Diusulkan
Plan	Hasil analisis menunjukkan belum terdapat sistem monitoring yang mengintegrasikan data produksi, *Downtime*, kualitas produk, dan *maintenance*.	Merancang sistem monitoring efektivitas mesin berbasis *Spreadsheet* sesuai kebutuhan pengguna.
Do	Perhitungan OEE, MTBF, dan MTTR masih dilakukan secara manual sehingga proses monitoring kurang efisien.	Mengembangkan worksheet yang mampu menghitung *Availability*, *Performance* , *Quality*, OEE, MTBF, dan MTTR secara otomatis.
Check	Sistem yang telah dikembangkan perlu	Melakukan uji coba menggunakan data

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

	dipastikan mampu menghasilkan perhitungan yang benar.	produksi dan *maintenance* periode April–Juni 2026 serta membandingkan hasil perhitungan sistem dengan perhitungan manual.
Action	Hasil validasi menunjukkan sistem dapat digunakan sebagai media monitoring efektivitas mesin.	Merekomendasikan penerapan sistem monitoring sebagai media evaluasi berkala untuk mendukung kegiatan *preventive maintenance*.

Plan

Berdasarkan hasil tahap *Analyze* yang menunjukkan bahwa pencatatan data produksi dan *maintenance* masih dilakukan secara terpisah, perhitungan OEE masih dilakukan secara manual, serta histori *Downtime* belum terdokumentasi secara terintegrasi, maka dirancang sistem monitoring, sistem monitoring dirancang untuk mengintegrasikan seluruh data produksi dan *maintenance* ke dalam satu media berbasis *Spreadsheet*. Perancangan fitur aplikasi monitoring dilakukan berdasarkan kebutuhan fungsional yang diperoleh dari hasil analisis penelitian menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan pendekatan DMAIC. Kebutuhan tersebut disusun mengacu pada variabel penelitian, yaitu data produksi*, Downtime, Availability, Performance , Quality*, OEE, MTBF, dan MTTR, serta kebutuhan monitoring dan evaluasi pada tahap *Control*. Oleh karena itu, setiap fitur yang dirancang memiliki keterkaitan langsung dengan indikator yang digunakan dalam penelitian dan bertujuan mendukung pengambilan keputusan dalam pelaksanaan *preventive maintenance*. Sistem dikembangkan agar mampu melakukan perhitungan indikator efektivitas mesin secara otomatis serta menyajikan informasi yang dibutuhkan dalam pelaksanaan *preventive maintenance*. Perancangan sistem monitoring terdiri atas beberapa fitur utama sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Tabel Perancangan Sistem Monitoring

Fitur	Fungsi	Dasar Penentuan
Input Produksi	Memasukkan data produksi harian	Berdasarkan kebutuhan data produksi sebagai variabel perhitungan *Availability, Performance , Quality,* dan OEE pada tahap *Measure.*
Input *Downtime*	Mencatat *Downtime* mesin	Berdasarkan hasil analisis *Downtime* sebagai penyebab utama penurunan efektivitas mesin yang digunakan dalam perhitungan OEE, MTBF, dan MTTR pada tahap *Measure*.
Perhitungan OEE	Menghitung *Availability*, *Performance* , *Quality*, dan OEE secara otomatis	Berdasarkan hasil pengukuran efektivitas mesin menggunakan indikator *Availability*, *Performance* , *Quality*, dan OEE sebagai fokus utama penelitian.
Monitoring MTBF	Menghitung interval kerusakan mesin	Berdasarkan hasil analisis MTBF untuk mengetahui tingkat keandalan Mesin 1 Liter sebagai dasar penyusunan usulan *preventive maintenance*.
Monitoring MTTR	Menghitung rata-rata waktu perbaikan	Berdasarkan hasil analisis MTTR untuk mengevaluasi efektivitas proses perbaikan mesin dan mendukung peningkatan maintainability.
Dashboard	Menampilkan grafik	Berdasarkan kebutuhan monitoring hasil

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

	efektivitas mesin	pengukuran OEE, MTBF, dan MTTR agar perubahan kinerja mesin dapat dipantau secara berkala.
Laporan	Menjadi dasar evaluasi *preventive maintenance*	Berdasarkan tahap Control dalam DMAIC untuk mendukung evaluasi berkelanjutan terhadap efektivitas mesin dan pelaksanaan *preventive maintenance*.

Do

Tahap *Do* dilakukan dengan mengembangkan sistem monitoring efektivitas mesin berdasarkan rancangan yang telah disusun pada tahap Plan. Sistem dikembangkan menggunakan *Spreadsheet* dengan memanfaatkan formula otomatis sehingga proses perhitungan indikator efektivitas mesin dapat dilakukan secara real-time setelah data produksi dan *maintenance* dimasukkan ke dalam worksheet.

SISTEM INFORMASI MONITORING MAINTENANCE

Monitoring OEE (Preventive Maintenance)

Date	Shift	Machine	Planned Time	Downtime	Operating Time	Ideal Cycle Time	Target Output	Actual Output	Good Output	Reject

Gambar 2. *Worksheet* Monitoring OEE

Gambar 2 menunjukkan tampilan *worksheet* Monitoring OEE *(Preventive maintenance)* yang digunakan sebagai media input data produksi dan *maintenance* Mesin 1 Liter. Data yang telah diinput kemudian diproses secara otomatis untuk menghasilkan indikator efektivitas mesin yang terdiri dari *Availability, Performance , Quality*, dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

HASIL PERHITUNGAN OEE

Availability	Performance	Quality	OEE	OEE calculation	Downtime Calculation

Gambar 3. Hasil Perhitungan OEE Otomatis

Gambar 3 menunjukkan tampilan worksheet Monitoring OEE (*Preventive maintenance*) yang digunakan setelah data dimasukkan, sistem secara otomatis menghitung nilai *Availability*, *Performance* , *Quality*, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), MTBF, dan MTTR sehingga kondisi mesin dapat diketahui dengan lebih cepat dibandingkan pencatatan manual.

SISTEM INFORMASI MONITORING RELIABILITY MESIN

Date	MTBF Hours	MTTR Hours	Availability %	Breakdown Count	Operating Hours

Gambar 4. Monitoring *Reliability* Mesin

Gambar 4 menunjukkan hasil monitoring *Reliability* mesin yang terdiri dari nilai MTBF, MTTR, jumlah gangguan, dan jam operasi mesin sebagai dasar evaluasi kegiatan *maintenance*.

Chek

Tahap Tahap *Check* dilakukan untuk memverifikasi bahwa sistem monitoring efektivitas mesin yang telah dikembangkan pada tahap Do dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan menggunakan data produksi dan *maintenance* Mesin 1 Liter periode April–Juni 2026 yang diinput ke dalam spreadsheet monitoring.

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

Data tersebut diproses secara otomatis oleh sistem untuk menghasilkan nilai *Availability*, *Performance* , *Quality*, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Mean Time Between Failure* (MTBF), dan *Mean Time To Repair* (MTTR).

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem mampu menerima data masukan, melakukan perhitungan secara otomatis sesuai dengan rumus yang digunakan dalam penelitian, serta menampilkan hasil perhitungan dalam bentuk dashboard monitoring sebagai media evaluasi efektivitas mesin dan kegiatan *preventive maintenance*.

Pengujian Data Input Sistem Monitoring

Pengujian diawali dengan memasukkan data produksi dan *maintenance* Mesin 1 Liter ke dalam spreadsheet monitoring. Data yang digunakan terdiri atas waktu produksi, *downtime*, operating time, ideal cycle time, target output, actual output, good output, dan jumlah produk reject. Data tersebut merupakan variabel utama yang digunakan sistem dalam menghitung indikator *Availability*, *Performance* , *Quality*, dan OEE.

SISTEM INFORMASI MONITORING MAINTENANCE

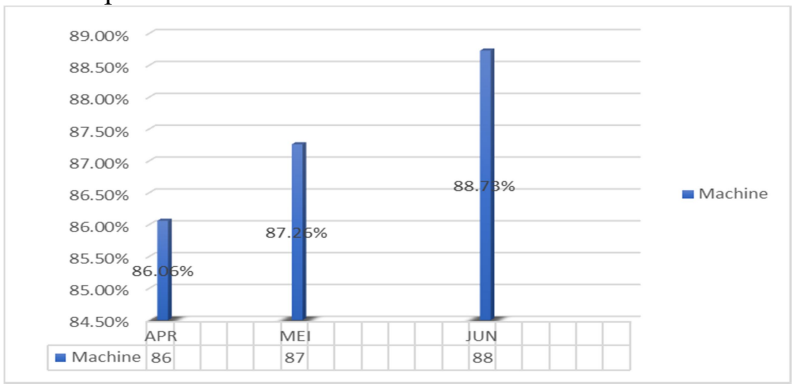
Monitoring OEE (Preventive Maintenance)

HASIL PERHITUNGAN OEE

Date		Shift	Machine	Planned Time	Downtime	Operating Time	Ideal Cycle Time	Target Output	Actual Output	Good Output	Reject	Availability	Performance	Quality	OEE	OEE calculation	Downtime Calculation
Friday, April 3, 2026	APR	1	Filling 1L	7200	487	6713	0.56	12200	10852	10773	79	93%	91%	99.27%	84%	85.16%	347.00
Wednesday, April 8, 2026		2	Filling 1L	7200	261	6939	0.56	12200	11133	11048	85	96%	90%	99.24%	86%		
Sunday, April 12, 2026		3	Filling 1L	7200	398	6802	0.56	12200	10970	10891	79	94%	90%	99.28%	85%		
Saturday, April 18, 2026		1	Filling 1L	7200	306	6894	0.56	12200	11094	11010	84	96%	90%	99.24%	86%		
Thursday, April 23, 2026		2	Filling 1L	7200	354	6846	0.56	12200	11021	10944	77	95%	90%	99.30%	85%		
Tuesday, April 28, 2026		3	Filling 1L	7200	276	6924	0.56	12200	11108	11030	78	96%	90%	99.30%	86%		
Monday, May 4, 2026	MAY	2	Filling 1L	7200	238	6962	0.57	12150	11184	11116	68	97%	92%	99.39%	88%	87.35%	293.40
Saturday, May 9, 2026		1	Filling 1L	7200	347	6853	0.57	12150	11026	10952	74	95%	92%	99.33%	87%		
Thursday, May 14, 2026		3	Filling 1L	7200	294	6906	0.57	12150	11102	11033	69	96%	92%	99.38%	87%		
Wednesday, May 20, 2026		2	Filling 1L	7200	321	6879	0.57	12150	11065	10995	70	96%	92%	99.37%	87%		
Monday, May 25, 2026		1	Filling 1L	7200	267	6933	0.57	12150	11139	11071	68	96%	92%	99.39%	88%		
Saturday, May 30, 2026		3	Filling 1L	7200	365	6835	0.57	12150	10988	10914	74	95%	92%	99.33%	86%		
Tuesday, June 2, 2026	JUN	1	Filling 1L	7200	189	7011	0.58	12050	11238	11181	57	97%	93%	99.49%	90%	88.84%	273.71
Sunday, June 7, 2026		2	Filling 1L	7200	301	6899	0.58	12050	11074	11012	62	96%	93%	99.44%	89%		
Saturday, June 13, 2026		3	Filling 1L	7200	216	6984	0.58	12050	11196	11138	58	97%	93%	99.48%	90%		
Thursday, June 18, 2026		1	Filling 1L	7200	284	6916	0.58	12050	11102	11041	61	96%	93%	99.45%	89%		
Wednesday, June 24, 2026		2	Filling 1L	7200	242	6958	0.58	12050	11157	11100	57	97%	93%	99.49%	89%		
Monday, June 29, 2026		3	Filling 1L	7200	319	6881	0.58	12050	11058	10997	61	96%	93%	99.45%	89%		

Gambar 5. Data Input Sistem Monitoring Mesin 1 Liter Periode April–Juni 2026

Berdasarkan Gambar 5, seluruh data produksi berhasil diinput ke dalam sistem tanpa mengalami kesalahan. Selanjutnya sistem secara otomatis mengolah data tersebut menggunakan rumus *Availability*, *Performance* , *Quality*, dan OEE yang telah dirancang pada tahap Do.



Gambar 6. Diagram Hasil Perhitungan OEE Periode April – Juni 2026

Pengujian Data Input *Reliability* Mesin

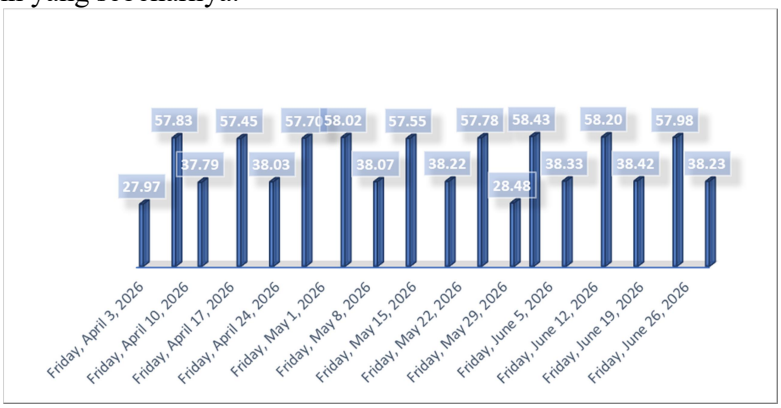
Selain data produksi, sistem juga menerima data *maintenance* berupa operating hours, *downtime*, dan jumlah breakdown. Data tersebut digunakan untuk menghitung indikator keandalan mesin yang terdiri atas MTBF, MTTR, dan *Availability Reliability* .

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

SISTEM INFORMASI MONITORING RELIABILITY MESIN					
Date	**MTBF Hours**	**MTTR Hours**	**Availability %**	**Breakdown Count**	**Operating Hours**
Friday, April 3, 2026	27.97	2.03	93.24	4	111.9
Wednesday, April 8, 2026	57.83	2.18	96.38	2	115.7
Sunday, April 12, 2026	37.79	2.21	94.47	3	113.4
Saturday, April 18, 2026	57.45	2.55	95.75	2	114.9
Thursday, April 23, 2026	38.03	1.97	95.08	3	114.1
Tuesday, April 28, 2026	57.70	2.30	96.17	2	115.4
Monday, May 4, 2026	58.02	1.98	96.69	2	116.0
Saturday, May 9, 2026	38.07	1.93	95.18	3	114.2
Thursday, May 14, 2026	57.55	2.45	95.92	2	115.1
Wednesday, May 20, 2026	38.22	1.78	95.54	3	114.7
Monday, May 25, 2026	57.78	2.23	96.29	2	115.6
Saturday, May 30, 2026	28.48	1.52	94.93	4	113.9
Tuesday, June 2, 2026	58.43	1.58	97.38	2	116.9
Sunday, June 7, 2026	38.33	1.67	95.82	3	115.0
Saturday, June 13, 2026	58.20	1.80	97.00	2	116.4
Thursday, June 18, 2026	38.42	1.58	96.06	3	115.3
Wednesday, June 24, 2026	57.98	2.02	96.64	2	116.0
Monday, June 29, 2026	38.23	1.77	95.57	3	114.7

Gambar 7. Data Input *Reliability* Mesin Periode April–Juni 2026

Berdasarkan Gambar 7, jumlah *breakdown* yang terjadi selama periode pengamatan bervariasi antara dua hingga empat kali dalam setiap periode pengamatan. Variasi tersebut menunjukkan bahwa gangguan mesin tidak selalu terjadi dengan frekuensi yang sama sehingga data yang digunakan lebih merepresentasikan kondisi operasi mesin yang sebenarnya.



Gambar 8. Diagram Hasil *Reliability* Mesin Periode April–Juni 2026

Action

Tahap *Action* dilakukan sebagai tindak lanjut dari hasil evaluasi pada tahap *Check*. Berdasarkan hasil implementasi, sistem monitoring mampu mendukung pemantauan indikator efektivitas mesin secara lebih cepat dan terintegrasi sehingga membantu proses evaluasi serta pengambilan keputusan dalam *pelaksanaan preventive maintenance.*

Melalui penerapan sistem monitoring ini, data produksi dan *maintenance* dapat terdokumentasi dalam satu sistem sehingga memudahkan proses evaluasi histori gangguan, penentuan prioritas perbaikan, serta penyusunan jadwal *preventive maintenance.* Dengan demikian, potensi terjadinya *Downtime* berulang dapat dikurangi, keandalan mesin dapat dipertahankan, dan efektivitas proses produksi diharapkan terus meningkat secara berkelanjutan.

Tabel 14. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Implementasi Sistem Monitoring

Indikator	**Sebelum Implementasi (Okt 2025–Mar 2026)**	**Sesudah Implementasi (Apr–Jun 2026)**	**Keterangan**
Availability	94,47%	95,78%	Meningkat

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

Performance	89,59%	91,23%	Meningkat
Quality	99,98%	99,98%	Tetap tinggi
OEE	84,62%	87,35%	Meningkat 2,73%

Control

Tahap Tahap *Control* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem monitoring efektivitas mesin yang telah dikembangkan pada tahap *Improve* dapat diterapkan secara konsisten sehingga peningkatan efektivitas Mesin 1 Liter dapat dipertahankan. Pengendalian dilakukan melalui pemanfaatan sistem monitoring berbasis *Spreadsheet* sebagai media pemantauan terhadap indikator *Availability, Performance , Quality, Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Mean Time Between Failure* (MTBF), dan *Mean Time To Repair* (MTTR) secara berkala. Informasi yang dihasilkan dari sistem digunakan sebagai dasar evaluasi kondisi mesin, identifikasi kecenderungan penurunan kinerja, serta penyusunan kegiatan *preventive maintenance* secara berkelanjutan.

Untuk menjaga keberlanjutan implementasi sistem monitoring, disusun mekanisme pengendalian yang mengatur proses penginputan data, verifikasi data, evaluasi indikator efektivitas mesin, serta tindak lanjut hasil monitoring. Mekanisme pengendalian tersebut disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Rencana Pengendalian Sistem Monitoring Efektivitas Mesin

Aktivitas	**Penanggung Jawab**	**Frekuensi**	***Output***
Input data produksi	Operator Produksi	Setiap shift	Data produksi harian
Input data *Downtime*	Operator Produksi	Saat terjadi *Downtime*	Histori *Downtime*
Input data *maintenance*	Teknisi *Maintenance*	Setelah kegiatan *maintenance*	Histori *maintenance*
Verifikasi data	Supervisor Produksi	Harian	Data tervalidasi
Monitoring OEE	Supervisor Produksi	Mingguan	Laporan efektivitas mesin
Evaluasi MTBF dan MTTR	Supervisor *Maintenance*	Bulanan	Evaluasi keandalan mesin
Evaluasi *preventive maintenance*	Kepala *Maintenance*	Bulanan	Jadwal *preventive maintenance*

Berdasarkan mekanisme pengendalian tersebut, seluruh data produksi dan *maintenance* terdokumentasi dalam satu sistem sehingga memudahkan proses evaluasi kondisi mesin secara berkala. Selain itu, hasil monitoring dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tindakan perbaikan apabila indikator efektivitas mesin belum mencapai target yang telah ditetapkan. Sebagai acuan dalam proses monitoring, ditetapkan standar pengendalian terhadap setiap indikator efektivitas mesin sebagaimana disajikan pada Tabel 16.

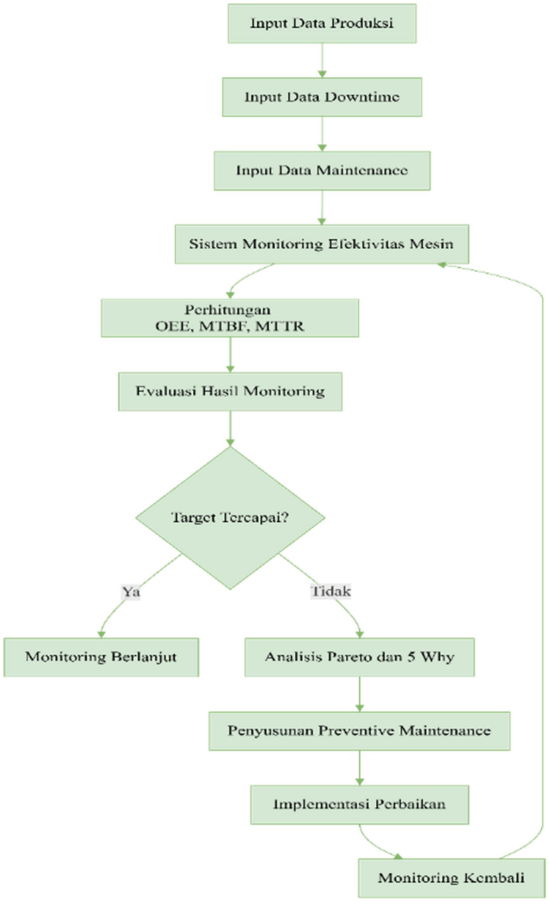
Tabel 16. Standar Pengendalian Efektivitas Mesin

Indikator	**Target**	**Dasar Penetapan**	**Tindakan Pengendalian**
Availability	≥90%	Standar *World Class* OEE	Evaluasi penyebab *downtime* dan meningkatkan kesiapan mesin sebelum

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

			produksi
Performance	≥95%	Standar *World Class* OEE	Evaluasi kecepatan operasi mesin, waktu setup, dan kondisi komponen
Quality	≥99%	Standar *World Class* OEE	Evaluasi penyebab produk cacat dan penyesuaian parameter proses
OEE	≥85%	Standar *World Class* OEE	Investigasi menggunakan Diagram Pareto dan 5 *Why* Analysis
MTBF	Meningkat	Prinsip *Reliability Engineering*	Menjadwalkan *preventive maintenance* berdasarkan histori kerusakan
MTTR	Menurun	Prinsip *Reliability Engineering*	Evaluasi prosedur perbaikan, kesiapan suku cadang, dan koordinasi tim *maintenance*

Berdasarkan standar pengendalian yang telah ditetapkan pada Tabel 16, proses pengendalian menggunakan sistem monitoring efektivitas mesin selanjutnya digambarkan dalam bentuk alur pengendalian sebagaimana disajikan pada Gambar 9.



Gambar 10. Alur pengendalian

Sebagai bentuk evaluasi terhadap penerapan sistem monitoring, dilakukan perbandingan nilai indikator efektivitas mesin sebelum dan sesudah implementasi sistem monitoring. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai

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

Availability, Performance , Quality, dan Overall Equipment Effectiveness (OEE) setelah sistem monitoring diterapkan. Hasil perbandingan disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Implementasi Sistem Monitoring

Indikator	Sebelum	Sesudah	Keterangan
Availability	94,47	95,78	Meningkat
Performance	89,59	91,23	Meningkat
Quality	99,98	99,98	Tetap
OEE	84,62	87,35	Meningkat

Berdasarkan Tabel 17 diketahui bahwa setelah implementasi sistem monitoring terjadi peningkatan pada indikator *Availability* dari 94,47% menjadi 95,78% dan *Performance* dari 89,59% menjadi 91,23%, sedangkan indikator *Quality* tetap berada pada tingkat yang tinggi sebesar 99,98%. Peningkatan tersebut menghasilkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 87,35%, lebih tinggi dibandingkan kondisi sebelum implementasi yaitu sebesar 84,62%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu menyediakan informasi efektivitas mesin secara lebih cepat dan terintegrasi sehingga mendukung proses evaluasi kondisi mesin serta pelaksanaan *preventive maintenance* secara berkelanjutan. Tahap Control merupakan bagian penting dalam DMAIC untuk menjaga keberlanjutan hasil perbaikan melalui monitoring berkala terhadap indikator efektivitas mesin. Menurut Ramadhan dan Fitriani (2024), monitoring yang dilakukan secara berkelanjutan mampu mendukung pelaksanaan usage-based *preventive maintenance* sehingga potensi downtime berulang dapat diminimalkan.

Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode OEE, diperoleh nilai OEE Mesin 1 Liter sebesar 84,62%. Nilai tersebut masih berada sedikit di bawah standar *World Class* OEE sebesar 85%, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas mesin belum optimal. Hasil ini mengindikasikan masih terdapat kehilangan waktu operasi (*losses*) yang memengaruhi kemampuan mesin dalam menghasilkan output secara maksimal.

Analisis terhadap ketiga komponen OEE menunjukkan bahwa *Availability* mencapai 94,47%, *Performance* sebesar 89,59%, dan *Quality* sebesar 99,98%. Nilai *Quality* yang sangat tinggi menunjukkan bahwa kualitas produk yang dihasilkan telah memenuhi standar perusahaan, karena jumlah produk final reject relatif kecil dibandingkan total produksi. Sebaliknya, komponen *Performance* menjadi nilai terendah sehingga menjadi faktor utama yang menyebabkan nilai OEE belum mencapai standar yang diharapkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa mesin belum mampu beroperasi pada kecepatan ideal akibat adanya gangguan selama proses produksi.

Hasil analisis *downtime* menggunakan Diagram Pareto menunjukkan bahwa gangguan pada Sistem Penggerak, Sistem *Conveyor*, serta Sistem Elektrik dan Kontrol merupakan penyumbang *downtime* terbesar dengan kontribusi kumulatif sebesar 76,35% dari total *downtime* mesin. Selanjutnya, analisis 5 *Why* menunjukkan bahwa penyebab utama gangguan tersebut bukan hanya kerusakan komponen mesin, tetapi juga belum optimalnya pelaksanaan *preventive maintenance*, kurangnya inspeksi berkala, serta belum tersedianya sistem monitoring yang mampu mengintegrasikan data produksi dan *maintenance* secara otomatis.

Hasil perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) sebesar 75,11 jam menunjukkan bahwa rata-rata mesin mengalami satu kali gangguan setiap sekitar 75 jam operasi. Sementara itu, nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) sebesar 4,39 jam menunjukkan bahwa setiap kerusakan memerlukan waktu perbaikan yang relatif lama

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

sehingga berdampak pada peningkatan *downtime* dan penurunan *availability*. Kedua indikator tersebut memperkuat hasil analisis bahwa sistem *maintenance* masih cenderung bersifat *corrective maintenance*, sehingga kerusakan baru ditangani setelah mesin mengalami gangguan.

Sebagai upaya perbaikan, penelitian ini mengusulkan pengembangan Sistem Monitoring Efektivitas Mesin berbasis Spreadsheet yang mampu mengintegrasikan data produksi, *downtime*, kualitas, dan *maintenance* dalam satu media. Sistem tersebut dapat menghitung indikator *Availability*, *Performance* , *Quality*, OEE, MTBF, dan MTTR secara otomatis sehingga proses monitoring menjadi lebih cepat, akurat, dan terdokumentasi dengan baik. Selain itu, sistem juga menyediakan histori gangguan yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan jadwal *preventive maintenance*.

Hasil implementasi menggunakan data periode April–Juni 2026 menunjukkan bahwa penerapan sistem monitoring memberikan peningkatan terhadap indikator efektivitas mesin. Nilai *Availability* meningkat dari 94,47% menjadi 95,78%, *Performance* meningkat dari 89,59% menjadi 91,23%, sedangkan *Quality* tetap berada pada tingkat 99,98%. Peningkatan tersebut menghasilkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 87,35%, sehingga telah melampaui standar *World Class* OEE sebesar 85%.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring yang diusulkan mampu mendukung peningkatan efektivitas Mesin 1 Liter melalui penyediaan informasi operasional yang lebih cepat, terintegrasi, dan mudah dievaluasi. Selain meningkatkan proses monitoring, sistem juga mendukung pengambilan keputusan dalam pelaksanaan *preventive maintenance*, sehingga berpotensi mengurangi *downtime*, meningkatkan keandalan mesin, serta mempertahankan efektivitas proses produksi secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya bahwa integrasi metode OEE, DMAIC, serta sistem monitoring *preventive maintenance* mampu meningkatkan efektivitas mesin melalui penurunan downtime, peningkatan availability, dan optimalisasi proses pemeliharaan (Rakes et al., 2024)

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengukur efektivitas Mesin 1 Liter di PT Adil Makmur Fajar Manufaktur menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) serta mengidentifikasi penyebab utama rendahnya kinerja mesin melalui pendekatan DMAIC. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingginya downtime, rendahnya keandalan komponen tertentu, dan proses monitoring yang masih manual menjadi faktor utama yang memengaruhi efektivitas mesin. Pengembangan sistem monitoring berbasis spreadsheet mampu mengintegrasikan data produksi, downtime, kualitas, serta indikator OEE, MTBF, dan MTTR secara otomatis sehingga proses pemantauan menjadi lebih cepat, akurat, dan terstruktur. Sistem yang dikembangkan juga mendukung pengambilan keputusan dalam pelaksanaan *preventive maintenance* serta memperkuat penerapan *continuous improvement*. Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi metode DMAIC dengan sistem monitoring digital sederhana dapat menjadi solusi praktis untuk meningkatkan efektivitas mesin dan mendukung keberlanjutan kinerja operasional perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

Alta, A., Prabowo, A., Firdaus, A. H., Murwani, A., Fauzi, A. N., Arifin, B., Pasaribu, D., Nurhayati, E., Amanta, F., & Budiman, I. (2023). Memodernisasi Pertanian Indonesia. PT. RajaGrafindo Persada-Murai Kencana.

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

Khalili, A., Ismail, M. Y., & Ruzman, M. A. (2023). Planned *preventive maintenance* effects on overall equipment effectiveness: a case study in Malaysian industry. International Journal of Productivity and Quality Management, 38(3), 332–360.

Kurnia, H., Jaqin, C., & Purba, H. H. (2022). The PDCA approach with OEE methods for increasing productivity in the garment industry. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 10(1), 57–68.

Kusumiyati, S. P. (2024). Sistem Hortikultura: Desain Pascapanen dan Pengendalian Kualitas Berkelanjutan. Gramedia Pustaka Utama.

Lestari, V. I., & Suryadi, J. A. (2021). Analisis Efektivitas Mesin Pada Stasiun Ketel Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pt. Xyz. Tekmapro J. Ind. Eng. Manag, 16(2), 36–47.

Naseem, K., Adil, S. Y., Hasan, S. M., Shah, S., & Khan, S. A. (2025). Enhancing garment manufacturing process efficiency: a DMAIC case study for process improvement. International Journal of Productivity and Quality Management, 45(4), 459–487.

Nisriina, S. Z., & Widiasih, W. (2025). Analisis Efektivitas Mesin Moulding 1 Menggunakan Metode OEE Dengan Pendekatan Cause Effect Diagram Di PT. Sarana Kreasi Lestari. Journal of Industrial View, 7(1), 35–49.

Prasetio, E. T., & Oktora, A. (2024). Evaluation of the effectiveness of die casting machines using overall equipment effectiveness (OEE). Jurnal Teknologi Dan Manajemen, 22(1), 99–106.

Purba, A. S., Leksonowati, N. F. P., Pamungkas, N., Yuniarsih, N., Batubara, N. H., & Prasetyo, D. (2024). Studi Pengaruh Nilai Availability Mesin Stamping Terhadap Jumlah Hasil Produksi. Jurnal Integrasi, 16(2), 98–103.

Rakes, D., Arif, M., Setiawan, A., Nasution, K. P., & Prastyo, Y. (2024). *Preventive maintenance* on CNC Machines Using the OEE Method to Reduce Downtime at PT. MTAT. Jurnal Impresi Indonesia, 3(7), 481–490.

Ramadhan, I., & Fitriani, R. (2024). Optimalisasi Efektivitas *Preventive maintenance* Berbasis Usage-Based Maintenance untuk Mengurangi Downtime di PT PQR. Journal of Integrated System, 7(2), 166–183.

Septiana, M. A., Hermana, F. F., Hidayattulloh, R., Permana, F., & Rochman, D. D. (2021). The calculation analysis of total productive maintenance (tpm) on the plumatex ffs894 machine using the overall equipment effectiveness (oee) method at PT. XYZ pharmaceutical company. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 12(7), 2768–2775.

Siagian, W., & Mardianti, N. (2024). Peningkatan Kinerja Mesin Manual melalui Penggunaan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Identifikasi Six Big Losses. Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri, 14(1), 72–80.