

Analisis downtime paper machine 7 menggunakan overall equipment effectiveness (OEE) dan failure mode and effects analysis (FMEA) di PT fajar surya wisesa TBK

Rofik Rachmat Hidayat^{1*}, Setiawan³, Hasyrani Windyatri³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pelita Bangsa, Bekasi, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: rofik_rachmat@gmail.com

Abstract

This study aims to analyse downtime on Paper Machine 7 at PT Fajar Surya Wisesa Tbk. using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Based on operational data for January?December 2025, total downtime was 137,033 minutes (2,283.88 hours), consisting of 63,569 minutes of planned downtime and 73,464 minutes of unplanned downtime. Loading Time of 462,031 minutes and Operating Time of 388,567 minutes resulted in Availability of 84.10%. Aggregate Performance was 98.36%, based on actual speed and ideal speed according to product basis weight, while aggregate Quality was 85.67%. Therefore, aggregate OEE for 2025 was 70.87%. Unplanned downtime was dominated by Wet End Cleaning (17,396 minutes; 23.68%), Mechanical Breakdown (14,767 minutes; 20.10%), and Dry End Cleaning (11,855 minutes; 16.14%), with a cumulative contribution of 59.92%. FMEA of five failure modes identified Mechanical Breakdown with the highest RPN of 378 (S=9, O=7, D=6), followed by Wet End Cleaning 360, Dry End Cleaning 280, Dryer Trouble 270, and Canvas Repair & Change 240. The integrated results indicate that reducing unplanned downtime, strengthening preventive maintenance and condition monitoring, and controlling cleaning activities are proposed improvements for Paper Machine 7.

Keywords: downtime; oee; fmea; rpn; paper machine; maintenance.

abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis downtime pada Paper Machine 7 di PT Fajar Surya Wisesa Tbk. dengan mengintegrasikan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Data yang digunakan merupakan data operasional periode Januari?Desember 2025 yang meliputi downtime, data produksi, dan data produk cacat. Berdasarkan pengolahan data, total downtime sebesar 137.033 menit atau 2.283,88 jam, terdiri atas planned downtime sebesar 63.569 menit dan unplanned downtime sebesar 73.464 menit. Loading Time sebesar 462.031 menit dan Operating Time sebesar 388.567 menit menghasilkan Availability agregat sebesar 84,10%. Performance agregat tahun 2025 sebesar 98,36% berdasarkan actual speed dan ideal speed sesuai gramatur produk. Dengan demikian, nilai OEE agregat tahun 2025 sebesar 70,87%. Quality agregat tahun 2025 sebesar 85,67%, berdasarkan total produksi 327.262,967 ton dan Good Product 280.368,557 ton. Unplanned downtime didominasi oleh Wet End Cleaning sebesar 17.396 menit (23,68%), Mechanical Breakdown sebesar 14.767 menit (20,10%), dan Dry End Cleaning sebesar 11.855 menit (16,14%), dengan kontribusi kumulatif 59,92%. Analisis FMEA terhadap lima failure mode menunjukkan Mechanical Breakdown memperoleh RPN tertinggi sebesar 378 dengan S=9, O=7, D=6. Wet End Cleaning memperoleh RPN 360 dengan S=8, O=9, D=5. Selanjutnya, Dry End Cleaning memperoleh RPN 280, Dryer Trouble 270, dan Canvas Repair & Change 240. Hasil integrasi menunjukkan bahwa pengurangan unplanned downtime, penguatan preventive maintenance dan condition monitoring, serta pengendalian aktivitas cleaning menjadi usulan utama untuk meningkatkan Availability dan efektivitas Paper Machine 7.

Kata kunci: waktu henti (downtime); OEE; FMEA; RPN; mesin kertas; pemeliharaan.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur pada era Revolusi Industri 4.0 ditandai oleh transformasi digital yang menekankan integrasi sistem produksi, otomasi, serta analitik data untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing global. Kondisi ini mendorong perusahaan manufaktur untuk tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga memastikan stabilitas operasional yang berkelanjutan dalam sistem produksi yang semakin kompleks [1] [2]

Dalam konteks industri modern, keandalan mesin produksi menjadi faktor fundamental dalam menentukan efektivitas sistem manufaktur. Mesin tidak hanya berfungsi sebagai alat produksi, tetapi juga sebagai aset strategis yang memengaruhi output, kualitas produk, serta efisiensi biaya operasional perusahaan. Gangguan pada mesin dapat menimbulkan konsekuensi signifikan berupa penurunan produktivitas, peningkatan biaya, serta terganggunya rantai pasok produksi [3] [4]

Copyright ©2026, Author (s)

Salah satu permasalahan utama dalam sistem manufaktur adalah *downtime* mesin, yaitu kondisi ketika mesin tidak dapat beroperasi akibat kerusakan, perawatan, atau gangguan teknis lainnya. Secara konseptual, *downtime* merupakan indikator kritis yang mencerminkan tingkat ketidakterersediaan sistem produksi dan berpengaruh langsung terhadap efisiensi operasional perusahaan[5] [6]

Pada industri proses berkelanjutan seperti pulp dan kertas, dampak *downtime* menjadi lebih signifikan karena sistem produksinya terintegrasi. Gangguan pada satu unit proses dapat menyebabkan efek domino yang menghentikan keseluruhan lini produksi, sehingga menimbulkan kehilangan waktu operasi (*loss time*) dan penurunan throughput secara sistemik[7] [8]

Efektivitas mesin dalam industri manufaktur umumnya diukur menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang terdiri dari *availability*, *performance*, dan *quality*. Di antara ketiga komponen tersebut, *availability* memiliki sensitivitas paling tinggi terhadap *downtime*, sehingga peningkatan *downtime* akan secara langsung menurunkan nilai OEE secara keseluruhan[9] [10]

Dalam praktik industri, rendahnya efektivitas pemeliharaan sering disebabkan oleh dominasi pendekatan *corrective maintenance* yang bersifat reaktif dan hanya dilakukan setelah terjadi kerusakan. Pendekatan ini cenderung tidak efisien karena meningkatkan risiko kerusakan berulang serta biaya perbaikan. Sebaliknya, pendekatan *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* terbukti lebih efektif dalam menurunkan *downtime* melalui strategi pemeliharaan yang terencana dan berbasis data[11] [12]

Untuk mengidentifikasi penyebab utama *downtime* secara sistematis, diperlukan pendekatan analitis yang mampu mengevaluasi risiko kegagalan mesin secara komprehensif. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), yaitu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menganalisis dampaknya, serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN)[11][13]

FMEA memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan analisis kualitatif dan kuantitatif melalui parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*, sehingga sangat relevan digunakan dalam sistem manufaktur kompleks untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan secara objektif[14] [15]

Penelitian ini berfokus pada PT Fajar Surya Wisesa Tbk., perusahaan manufaktur kertas kemasan yang menerapkan sistem produksi berkelanjutan. Dalam sistem seperti ini, stabilitas mesin menjadi faktor krusial karena gangguan kecil sekalipun dapat berdampak pada keseluruhan proses produksi[16]

Salah satu mesin utama dalam penelitian ini adalah Paper Machine 7 yang berperan dalam proses produksi kertas kemasan. Mesin ini memiliki kontribusi strategis terhadap output perusahaan, sehingga setiap gangguan operasional akan berdampak langsung terhadap produktivitas dan efisiensi produksi[17]

Berdasarkan data operasional tahun 2025, total downtime *Paper Machine 7* mencapai 137.033 menit atau 2.283,88 jam. Downtime tersebut berasal dari berbagai jenis gangguan operasional dengan kontribusi yang berbeda-beda terhadap total waktu henti mesin. Berikut ini tabel data downtime Paper Machine 7 tahun 2025:

Data operasional tahun 2025 menunjukkan total downtime Paper Machine 7 sebesar 137.033 menit atau sekitar 2.283,88 jam. Dari jumlah tersebut, *planned downtime* sebesar 63.569 menit dan *unplanned downtime* sebesar 73.464 menit.

Pada kelompok *unplanned downtime*, *Wet End Cleaning* merupakan penyumbang terbesar sebesar 17.396 menit atau 23,68%, diikuti *Mechanical Breakdown* sebesar 14.767 menit atau 20,10% dan *Dry End Cleaning* sebesar 11.855 menit atau 16,14%. Ketiga kategori tersebut memberikan kontribusi kumulatif sebesar 59,92% terhadap *unplanned downtime*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengurangan beberapa gangguan dominan berpotensi meningkatkan *availability*.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan penelitian berupa belum terintegrasinya pengukuran efektivitas mesin (OEE) dengan analisis prioritas risiko kegagalan yang bersifat kuantitatif dalam konteks *downtime* mesin pada industri pulp dan kertas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang tidak hanya mengukur efektivitas mesin, tetapi juga mampu memprioritaskan mode kegagalan secara sistematis berdasarkan tingkat risikonya. Selain itu, penelitian terkait downtime pada *Paper Machine*, khususnya di industri pulp dan kertas, masih terbatas pada analisis kuantitatif OEE dan belum banyak yang mengintegrasikan metode analisis risiko, seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN)[31]. Untuk menjawab kesenjangan tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Metode ini dipilih karena mampu melakukan evaluasi risiko kegagalan secara kuantitatif dan sistematis melalui tiga parameter utama, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* (S-O-D)[17] .

Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mengintegrasikan pengukuran efektivitas mesin menggunakan OEE dengan analisis risiko menggunakan FMEA. OEE digunakan untuk menggambarkan kinerja mesin, sedangkan FMEA digunakan untuk menentukan failure mode yang

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan (*applied research*) dengan pendekatan deskriptif–analitis berbasis studi kasus pada sistem produksi *Paper Machine 7*. Penelitian ini menggunakan data numerik operasional berupa *downtime* (menit), output produksi, dan kualitas produk yang diolah, serta metode teknik industri untuk mengukur kinerja sistem melalui *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Secara metodologis, penelitian ini termasuk evaluasi kinerja dan analisis keandalan sistem produksi (*performance and reliability study*) karena tidak hanya mendeskripsikan kondisi sistem, tetapi juga mengevaluasi efektivitas mesin serta mengidentifikasi penyebab penurunan kinerja. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi *downtime* dan efektivitas mesin melalui OEE, sedangkan pendekatan analitis digunakan untuk mengurai penyebab kegagalan menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) berdasarkan parameter severity, occurrence, dan detection. Dengan demikian, penelitian ini merupakan *system performance evaluation research* yang mengintegrasikan OEE sebagai pengukur kinerja dan FMEA sebagai analisis risiko, sehingga tidak hanya bersifat evaluatif tetapi juga diagnostik dalam menentukan prioritas perbaikan sistem produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data Downtime

Pengolahan downtime dilakukan dengan mengelompokkan waktu henti mesin menjadi planned downtime dan unplanned downtime. Planned downtime merupakan penghentian yang telah direncanakan, sedangkan unplanned downtime merupakan penghentian yang terjadi akibat gangguan, kerusakan, atau kejadian operasional yang tidak direncanakan.

Rekapitulasi Downtime

Downtime dikelompokkan menjadi planned downtime dan unplanned downtime. Planned downtime merupakan waktu berhenti yang telah direncanakan dalam pengelolaan operasi, sedangkan unplanned downtime merupakan waktu berhenti yang terjadi di luar waktu berhenti terencana akibat gangguan atau kondisi yang memerlukan penghentian mesin.

Tabel 4.2 Calendar Time, Planned Downtime, dan Unplanned Downtime

Bulan	Calendar Time (menit)	**Planned DT (menit)**	**Unplanned DT (menit)**	**Total DT (menit)**
Januari	44.640	3.122	6.739	9.861
Februari	40.320	2.618	4.980	7.598
Maret	44.640	3.118	4.345	7.463
April	43.200	3.620	4.237	7.857
Mei	44.640	3.041	4.813	7.854
Juni	43.200	4.497	3.784	8.281
Juli	44.640	4.481	9.499	13.980
Agustus	44.640	8.425	4.698	13.123
September	43.200	16.662	8.404	25.066
Oktober	44.640	4.809	11.202	16.011
November	43.200	3.166	5.219	8.385
Desember	44.640	6.010	5.544	11.554
Total	525.600	63.569	73.464	137.033

Sumber: Data Operasional PT Fajar Surya Wisesa Tahun 2025

Berdasarkan Tabel 4.2, total downtime tahun 2025 sebesar 137.033 menit atau sekitar 2.283,88 jam. Planned downtime sebesar 63.569 menit atau 46,39%, sedangkan unplanned downtime sebesar 73.464 menit atau 53,61%. Dengan demikian, unplanned downtime memiliki proporsi lebih besar terhadap total downtime.

Berdasarkan rekap bulanan, total downtime tertinggi terjadi pada September sebesar 25.066 menit. Kondisi tersebut terutama dipengaruhi oleh planned downtime sebesar 16.662 menit dan unplanned downtime sebesar 8.404 menit. Total downtime terendah terjadi pada Maret sebesar 7.463 menit. Sementara itu, unplanned downtime tertinggi terjadi pada Oktober sebesar 11.202 menit.

Tabel 4.3 Proporsi Planned dan Unplanned Downtime per Bulan

Bulan	Planned(%)	Unplanned (%)
Januari	31,66%	68,34%
Februari	34,46%	65,54%
Maret	41,78%	58,22%
April	46,07%	53,93%
Mei	38,72%	61,28%
Juni	54,31%	45,69%
Juli	32,05%	67,95%
Agustus	64,20%	35,80%
September	66,47%	33,53%
Oktober	30,04%	69,96%
November	37,76%	62,24%
Desember	52,02%	47,98%

Sumber: Data Operasional PT Fajar Surya Wisesa Tahun 2025

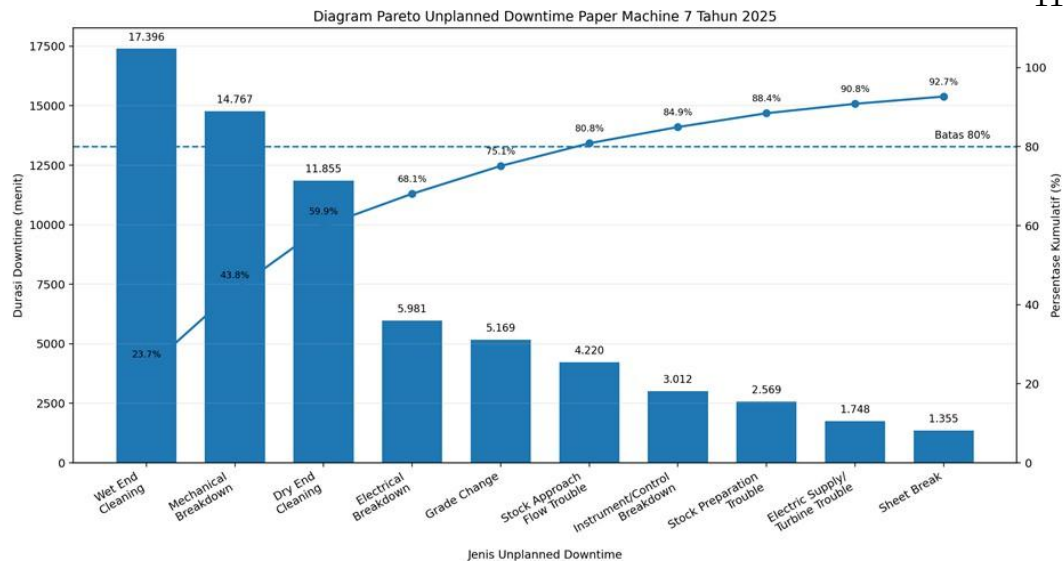
Analisis Jenis Downtime

Berdasarkan loss name yang tercatat, Maintenance Shutdown memiliki durasi 28.392 menit, Production Shutdown 20.960 menit, Wet End Cleaning 17.396 menit, Mechanical Breakdown 14.767 menit, dan Dry End Cleaning 11.855 menit. Pada kelompok gangguan yang tidak direncanakan, tiga jenis dengan durasi terbesar adalah Wet End Cleaning, Mechanical Breakdown, dan Dry End Cleaning. Wet End Cleaning berjumlah 17.396 menit, Mechanical Breakdown 14.767 menit, dan Dry End Cleaning 11.855 menit. Ketiganya berjumlah 43.018 menit. Jika dibandingkan dengan unplanned downtime sebesar 73.464 menit, ketiga jenis tersebut memberikan kontribusi 58,55% berdasarkan pembagian langsung 43.018/73.464. Namun, naskah seminar proposal mencantumkan kontribusi kumulatif 59,92%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa definisi total pada tabel loss name perlu direkonsiliasi sebelum naskah final. Untuk menjaga keterlacakan, angka 59,92% dipertahankan sebagai angka yang tercantum dalam proposal, sedangkan hasil hitung langsung dari total rekap bulanan adalah 58,55%.

Ketidaksesuaian tersebut tidak mengubah identifikasi tiga gangguan dominan, tetapi perlu diperbaiki secara administratif agar tabel, persentase, dan narasi mempunyai basis total yang sama.

Jenis Unplanned Downtime

Wet End Cleaning merupakan *unplanned downtime* terbesar sebesar 17.396 menit atau 23,68%, diikuti *Mechanical Breakdown* sebesar 14.767 menit atau 20,10% dan *Dry End Cleaning* sebesar 11.855 menit atau 16,14%. Ketiga jenis tersebut menyumbang 59,92% dari total *unplanned downtime*.



Gambar 4.1 Diagram Pareto Unplanned Downtime Paper Machine 7 Tahun 2025

Berdasarkan Diagram Pareto pada Gambar 4.1, unplanned downtime Paper Machine 7 tahun 2025 didominasi oleh Wet End Cleaning sebesar 17.396 menit atau 23,68%, Mechanical Breakdown sebesar 14.767 menit atau 20,10%, dan Dry End Cleaning sebesar 11.855 menit atau 16,14%. Ketiga jenis downtime tersebut memberikan kontribusi kumulatif sebesar 59,92% terhadap total unplanned downtime sebesar 73.464 menit.

Apabila prioritas perbaikan ditetapkan hingga mencapai batas kumulatif sekitar 80%, maka enam kategori pertama, yaitu Wet End Cleaning, Mechanical Breakdown, Dry End Cleaning, Electrical Breakdown, Grade Change, dan Stock Approach Flow Trouble, menjadi kelompok prioritas. Keenam kategori tersebut menyumbang 80,84% dari total unplanned downtime. Oleh karena itu, program perbaikan sebaiknya dimulai dari tiga kategori terbesar dan dilanjutkan pada tiga kategori berikutnya sesuai sumber daya perusahaan.

Data Produksi, Reject, Good Product, dan Kecepatan

1. Data Produksi dan Quality

Total produksi tahun 2025 sebesar 327.262,967 ton. Dari total tersebut, reject sebesar 46.894,410 ton dan Good Product sebesar 280.368,557 ton. Dengan demikian, persentase reject adalah 14,33% dan kualitas adalah 85,67%.

Produksi tertinggi terjadi pada Januari sebesar 29.164,750 ton, sedangkan produksi terendah terjadi pada Mei sebesar 22.954,065 ton. Reject tertinggi terjadi pada September sebesar 4.278,890 ton, sedangkan reject terendah terjadi pada Mei sebesar 3.139,320 ton. Quality tertinggi terjadi pada Februari sebesar 86,87%, sedangkan Quality terendah terjadi pada Maret sebesar 84,01%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa fluktuasi output produksi tidak hanya dipengaruhi oleh waktu operasi, tetapi juga oleh kondisi proses dan kecepatan operasi. Oleh karena itu, OEE digunakan untuk menggabungkan dimensi ketersediaan, kecepatan, dan kualitas dalam satu indikator.

2. Data Actual Speed, Gramatur, dan Ideal Speed

Data menunjukkan bahwa ideal speed tidak menggunakan satu nilai tetap untuk seluruh produk. Ideal speed adalah 845 m/min untuk 125 gsm, 820 m/min untuk 135 gsm, dan 795 m/min untuk 150 gsm. Oleh karena itu, perhitungan Performance menggunakan ideal speed sesuai gramatur setiap bulan.

3. Perhitungan Availability

Bulan	Calendar Time (menit)	Planned Downtime (menit)	Loading Time (menit)	Unplanned Downtime (menit)	Operating Time (menit)	Availability (%)
November	43.200	3.166	40.034	5.219	34.815	86,96
Desember	44.640	6.010	38.630	5.544	33.086	85,65
Agregat	525.600	63.569	462.031	73.464	388.567	84,10

Sumber: Data Operasional PT Fajar Surya Wisesa Tahun 2025

Availability terendah terjadi pada September sebesar sedangkan Availability tertinggi terjadi pada Juni sebesar 90,22%. Rendahnya Availability pada September disebabkan oleh

planned downtime sebesar 16.662 menit dan unplanned downtime sebesar 8.404 menit.

11

4. Perhitungan Loading Time dan Operating Time

Tahap pertama pengukuran OEE adalah menentukan waktu yang tersedia untuk produksi. Calendar Time diperoleh dari jumlah hari kalender dikalikan 24 jam atau 1.440 menit. Selanjutnya, Planned Downtime dikurangi dari Calendar Time untuk memperoleh Loading Time. Unplanned Downtime kemudian dikurangi dari Loading Time untuk memperoleh Operating Time.

Total Calendar Time selama tahun 2025 adalah 525.600 menit atau 8.760 jam. Setelah dikurangi planned downtime 63.569 menit, diperoleh Loading Time sebesar 462.031 menit atau sekitar 7.700,52 jam. Setelah dikurangi unplanned downtime 73.464 menit, Operating Time menjadi 388.567 menit atau sekitar 6.476,12 jam.

Secara matematis, total kehilangan waktu sebelum mesin beroperasi adalah 137.033 menit. Nilai tersebut terdiri atas planned downtime dan unplanned downtime. Dalam perspektif OEE, planned downtime mengurangi waktu yang direncanakan untuk produksi, sedangkan unplanned downtime mengurangi waktu operasi yang seharusnya dapat digunakan.

5. Perhitungan Availability

Availability tertinggi terjadi pada Juni sebesar 90,22%, sedangkan terendah terjadi pada September sebesar 68,33%. September memiliki planned downtime 16.662 menit sehingga Loading Time turun menjadi 26.538 menit. Unplanned downtime sebesar 8.404 menit kemudian menghasilkan Operating Time 18.134 menit.

Secara operasional, hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian unplanned downtime merupakan salah satu jalur utama untuk meningkatkan Availability. Namun, planned downtime tetap perlu dikelola melalui perencanaan maintenance window agar kegiatan terencana tidak menghasilkan kehilangan waktu yang tidak diperlukan.

6. Perhitungan Performance

Nilai tertinggi terjadi pada September sebesar 102,44%, sedangkan nilai terendah terjadi pada Oktober sebesar 94,67%. September menghasilkan performance di atas 100% karena actual speed 850 m/min lebih tinggi daripada ideal speed 845 m/min pada gramatur 125 gsm.

7. Perhitungan Quality

$Quality = (Good\ Product / Total\ Production) \times 100\%$

Tabel 4.12 Perhitungan Quality

Bulan	Total Production	Good Product	Reject	Quality
Januari	29.147,243	24.962,863	4.184,380	85,64%
Februari	25.714,494	22.337,234	3.377,260	86,87%
Maret	26.549,742	22.304,382	4.245,360	84,01%
April	28.338,938	24.129,388	4.209,550	85,15%
Mei	22.954,065	19.814,745	3.139,320	86,32%
Juni	27.486,520	23.502,970	3.983,550	85,51%
Juli	28.735,840	24.668,220	4.067,620	85,84%
Agustus	26.928,315	23.166,835	3.761,480	86,03%
September	29.164,750	24.885,860	4.278,890	85,33%
Oktober	27.853,430	24.011,220	3.842,210	86,21%
November	25.967,680	22.279,260	3.688,420	85,80%
Desember	28.421,950	24.305,580	4.116,370	85,52%
Agregat	327.262,967	280.368,557	46.894,410	85,67%

Quality tertinggi terjadi pada Februari sebesar 86,87%, sedangkan terendah pada Maret sebesar 84,01%. Dengan demikian, terdapat variasi kualitas antarbulan.

1. Perhitungan OEE

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

Tabel 4.13 Rekapitulasi OEE Paper Machine 7

Bulan	Availability	Performance	Quality	OEE
Januari	83,77%	97,04%	85,64%	69,62%
Februari	86,79%	100,63%	86,87%	75,87%
Maret	89,54%	102,44%	84,01%	77,05%
April	89,30%	97,63%	85,15%	74,23%
Mei	88,43%	94,67%	86,32%	72,27%
Juni	90,22%	96,34%	85,51%	74,32%
Juli	76,35%	100,00%	85,84%	65,54%
Agustus	87,03%	100,00%	86,03%	74,87%
September	68,33%	100,59%	85,33%	58,65%
Oktober	71,88%	95,12%	86,21%	58,94%
November	86,96%	96,34%	85,80%	71,88%
Desember	85,65%	100,63%	85,52%	73,70%

Berdasarkan hasil perhitungan, OEE tertinggi terjadi pada Maret sebesar 77,05%, sedangkan OEE terendah terjadi pada September sebesar 58,65%. September memiliki Availability paling rendah, yaitu 68,33%, sehingga meskipun Performance pada bulan tersebut relatif tinggi (100,59%), OEE tetap rendah. Hal ini memperlihatkan bahwa peningkatan kecepatan tidak otomatis mampu mengompensasi kehilangan waktu operasi yang besar.

Sebaliknya, Maret memiliki Availability 89,54%, Performance 102,44%, dan Quality 84,01%. Kombinasi ketiga komponen tersebut menghasilkan OEE 77,05%. Dengan demikian, evaluasi OEE perlu dilakukan dengan melihat ketiga komponen secara bersamaan.

2. Analisis Kontribusi Downtime terhadap Availability dan OEE

Hubungan downtime dengan OEE dapat ditelusuri melalui Availability. Planned downtime mengurangi Loading Time, sedangkan unplanned downtime mengurangi Operating Time. Ketika unplanned downtime meningkat dan Loading Time tetap, Operating Time turun sehingga Availability ikut turun. Karena OEE merupakan hasil perkalian Availability, Performance, dan Quality, penurunan Availability akan menurunkan OEE apabila Performance dan Quality tidak berubah.

Contoh paling jelas terdapat pada September. Planned downtime sebesar 16.662 menit menyebabkan Loading Time hanya 26.538 menit dari Calendar Time 43.200 menit. Unplanned downtime sebesar 8.404 menit kemudian menyisakan Operating Time 18.134 menit. Rasio Operating Time terhadap Loading Time menjadi 68,33%. Walaupun Performance September mencapai 100,59%, OEE bulan tersebut hanya 58,65% karena Availability sebesar 68,33% dan Quality sebesar 85,33%.

Pada Oktober, unplanned downtime mencapai 11.202 menit, yaitu nilai bulanan tertinggi. Loading Time sebesar 39.831 menit dan Operating Time 28.629 menit menghasilkan Availability sebesar 71,88%. Performance

Oktober juga merupakan yang terendah, yaitu 95,12%, sehingga OEE Oktober menjadi 58,94%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kehilangan waktu operasi dan penurunan kecepatan terjadi secara bersamaan.

3. Analisis Wawancara

Wawancara digunakan untuk memberikan penjelasan lapangan terhadap data downtime dan menjadi bahan pendukung dalam identifikasi failure mode. Tiga responden memberikan perspektif dari operasional produksi, supervisor produksi, dan maintenance.

Hasil wawancara menunjukkan pola yang konsisten. Wet End Cleaning dan Dry End Cleaning

disebut oleh responden sebagai gangguan yang menonjol. Responden juga menjelaskan bahwa beberapa gangguan memerlukan mesinberhenti total untuk cleaning, repair, atau penggantian komponen. Dari sisi deteksi, gangguan dapat dikenali melalui perubahan parameter, kondisi visual, suara atau getaran abnormal, perubahan performa komponen, alarm tertentu, serta inspeksi. Namun, tidak semua kegagalan dapat dideteksi secara otomatis.

Temuan wawancara mendukung penggunaan FMEA karena FMEA memerlukan informasi mengenai dampak kegagalan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi. Dengan demikian, data kuantitatif downtime dapat dilengkapi dengan pengalaman operasional dan maintenance.

Identifikasi Failure Mode

Identifikasi failure mode dilakukan berdasarkan hasil pengolahan downtime Paper Machine 7, khususnya jenis unplanned downtime yang memiliki kontribusi besar, serta hasil observasi terhadap kondisi operasional mesin. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan, penyebab, dampak, dan tingkat risiko berdasarkan parameter Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D).

1. Identifikasi Failure

Tabel 4.15 Identifikasi Failure Mode Paper Machine 7

No.	Failure Mode	Bentuk Failure
1	Mechanical Breakdown	Keausan atau kerusakan komponen mekanik
2	Wet End Cleaning	Penumpukan deposit atau kotoran pada area wet end
3	Dry End Cleaning	Penumpukan deposit atau kotoran pada area dry end
4	Dryer Trouble	Gangguan atau kerusakan komponen sistem dryer
5	Canvas Repair & Change	Keausan atau kerusakan canvas

Kelima failure mode tersebut dipilih karena memiliki dampak langsung terhadap kontinuitas proses dan kehilangan waktu operasi. Wet End Cleaning, Mechanical Breakdown, dan Dry End Cleaning juga merupakan kelompok gangguan dominan berdasarkan hasil pengolahan unplanned downtime.

2. Failure Effect

Tabel 4.16 Failure Effect Paper Machine 7

Failure Mode	Failure Efek terhadap Mesin	Dampak terhadap proses
Mechanical Breakdown	Mesin berhenti secara tidak terencana	Operating Time berkurang dan produksi terhenti
Wet End Cleaning	Mesin harus dihentikan untuk cleaning	Kehilangan waktu operasi dan penurunan output
Dry End Cleaning	Mesin berhenti untuk proses cleaning	Target produksi terganggu
Dryer Trouble	Sistem pengeringan mengalami gangguan	Kontinuitas produksi dan kualitas kertas dapat terpengaruh
Canvas Repair & Change	Mesin berhenti untuk repair/change canvas	Kehilangan waktu produksi

Dampak utama setiap failure adalah berkurangnya Operating Time. Mechanical Breakdown memiliki dampak paling langsung karena dapat menyebabkan mesin berhenti dan memerlukan corrective maintenance. Gangguan pada dryer juga berpotensi memengaruhi kualitas produk karena kestabilan proses pengeringan terganggu.

3. Failure Cause

Tabel 4.17 Failure Cause Paper Machine 7

Dry End Cleaning	Deposit pada dry end	Interval/met ode cleaning	Karakteristi k deposit	Pelaksanaan cleaning	Temperatur dan kondisi area
Dryer Trouble	Gangguan komponen dryer	Monitoring dan preventive maintenance	Kondisi utilitas proses	Respons terhadap abnormalitas	Temperatur dan kondisi operasi
Canvas Repair & Change	Keausan/kerusakan canvas	Penggantian Berdasarkan kondisi	Umur dan kondisi canvas	Pemeriksaan canvas	Kondisi operasi mesin

Penyebab failure bersifat multidimensional dan tidak hanya berasal dari kondisi mesin. Faktor pemeliharaan, metode kerja, material, manusia, dan lingkungan saling memengaruhi sehingga pengurangan downtime memerlukan pendekatan yang terintegrasi.

Pengumpulan Data FMEA

Pengumpulan data FMEA dilakukan untuk memperoleh penilaian Severity, Occurrence, dan Detection terhadap failure mode yang telah ditentukan. Penilaian didasarkan pada kondisi Paper Machine 7 dan pengalaman pihak yang terlibat langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan mesin.

1. Karakteristik Responden

Tabel 4.19 Rekapitulasi Penilaian Severity, Occurrence, dan Detection cause, failure effect, serta nilai Severity, Occurrence, dan Detection. Hasilnya digunakan untuk menentukan Risk Priority Number (RPN).

2. Penentuan Nilai Severity (S)

Mechanical Breakdown dan Dryer Trouble memperoleh Severity 9 karena berpotensi menyebabkan mesin berhenti dan memberikan dampak langsung terhadap kontinuitas produksi. Wet End Cleaning, Dry End Cleaning, dan Canvas Repair & Change memperoleh Severity 8 karena menyebabkan mesin berhenti untuk dilakukan cleaning, repair, atau penggantian.

3. Penentuan Nilai Occurrence (O)

Wet End Cleaning memperoleh Occurrence tertinggi sebesar 9. Hal ini konsisten dengan data downtime yang menempatkannya sebagai penyumbang unplanned downtime terbesar, yaitu 17.396 menit atau 23,68%. Mechanical Breakdown dan Dry End Cleaning masing-masing memperoleh nilai Occurrence sebesar 7.

4. Penentuan Nilai Detection (D)

Mechanical Breakdown, Dryer Trouble, dan Canvas Repair & Change memperoleh nilai Detection yang relatif tinggi karena kegagalan dapat berkembang menjadi penghentian sebelum diketahui secara dini. Wet End Cleaning dan Dry End Cleaning lebih mudah diidentifikasi melalui inspeksi kondisi deposit dan monitoring proses.

5. Penentuan Nilai RPN

Risk Priority Number dihitung dengan persamaan:
Mechanical Breakdown memperoleh RPN tertinggi sebesar 378, diikuti oleh Wet End Cleaning 360, Dry End Cleaning 280, Dryer Trouble 270, dan Canvas Repair & Change 240.

6. Ranking Failure Mode

Tabel 4.21 Ranking Failure Mode Berdasarkan RPN

Ranking	Failure Mode	RPN	Prioritas
1	Mechanical Breakdown	378	Prioritas pertama
2	Wet End Cleaning	360	Prioritas kedua
3	Dry End Cleaning	280	Prioritas ketiga
4	Dryer Trouble	270	Prioritas keempat

Mechanical Breakdown menjadi prioritas pertama berdasarkan RPN. Wet End Cleaning berada pada urutan kedua, tetapi merupakan failure dengan frekuensi dan durasi downtime terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa prioritas berdasarkan risiko tidak selalu identik dengan prioritas berdasarkan durasi downtime.

7. Penentuan Failure Mode Prioritas

Berdasarkan hasil FMEA, Mechanical Breakdown ditetapkan sebagai failure mode prioritas pertama karena memiliki RPN tertinggi sebesar 378. Tingginya nilai tersebut dipengaruhi oleh Severity 9, Occurrence 7, dan Detection 6.

Wet End Cleaning menjadi prioritas kedua dengan RPN sebesar 360. Meskipun RPN lebih rendah daripada Mechanical Breakdown, Wet End Cleaning memiliki kontribusi downtime terbesar. Oleh karena itu, perbaikan pada Wet End Cleaning tetap menjadi sasaran utama untuk mengurangi kehilangan Availability.

Hasil analisis tersebut menjadi dasar penyusunan usulan perbaikan untuk mengurangi unplanned downtime, meningkatkan Availability, dan meningkatkan efektivitas Paper Machine

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan mengenai downtime Paper Machine 7 di PT Fajar Surya Wisesa Tbk. periode Januari–Desember 2025, maka kesimpulan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Nilai efektivitas Paper Machine 7 yang diukur menggunakan OEE adalah 70,87%. Nilai tersebut terdiri atas Availability sebesar 84,10%, Performance sebesar 98,36%, dan Quality sebesar 85,67%. Hasil Performance menggunakan ideal speed berdasarkan gramatur produk 125 gsm, 135 gsm, dan 150 gsm.
2. Total downtime selama tahun 2025 sebesar 137.033 menit. Berdasarkan rekap bulanan, planned downtime sebesar 63.569 menit dan unplanned downtime sebesar 73.464 menit. Unplanned downtime mempunyai proporsi lebih besar terhadap total downtime.
3. Total downtime bulanan tertinggi terjadi pada September sebesar 25.066 menit. Planned downtime tertinggi juga terjadi pada September sebesar 16.662 menit, sedangkan unplanned downtime tertinggi terjadi pada Oktober sebesar 11.202 menit.
4. Berdasarkan loss name, Wet End Cleaning, Mechanical Breakdown, dan Dry End Cleaning merupakan tiga gangguan unplanned yang mempunyai durasi besar. Ketiganya masing-masing mempunyai durasi 17.396 menit, 14.767 menit, dan 11.855 menit.
5. Hasil wawancara tiga responden menunjukkan pola yang relatif konsisten bahwa Wet End Cleaning dan Dry End Cleaning merupakan gangguan yang menonjol. Responden juga menyebut deposit/kotoran, keausan atau kerusakan komponen, perubahan kondisi proses, serta kondisi peralatan sebagai penyebab yang berkaitan dengan gangguan. Beberapa gangguan membutuhkan mesin berhenti total sehingga menyebabkan kehilangan operating time dan output.
6. Hasil FMEA terhadap lima failure mode menunjukkan Mechanical Breakdown memperoleh RPN tertinggi sebesar 378 dengan S=9, O=7, D=6. Wet End Cleaning memperoleh RPN 360 dengan S=8, O=9, D=5. Selanjutnya, Dry End Cleaning memperoleh RPN 280, Dryer Trouble 270, dan Canvas Repair & Change 240.
7. Berdasarkan integrasi OEE dan FMEA, pengurangan unplanned downtime merupakan area penting untuk meningkatkan Availability dan OEE, sedangkan FMEA menunjukkan failure mode yang perlu mendapatkan perhatian berdasarkan kombinasi dampak, frekuensi, dan kemampuan deteksi. Mechanical Breakdown dan Wet End Cleaning menjadi dua area yang menonjol untuk ditindaklanjuti.
8. Usulan perbaikan yang disusun meliputi penguatan preventive maintenance, condition monitoring, standardisasi cleaning, evaluasi gangguan berulang, kesiapan spare part kritis, pengendalian maintenance window, serta standardisasi pencatatan downtime. Usulan tersebut merupakan rekomendasi penelitian dan belum merupakan hasil implementasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. T. Haddad, B. W. Shaheen, and I. Németh, "Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach", *Manufacturing Technology*, 2021, [doi: 10.21062/mft.2021.006](https://doi.org/10.21062/mft.2021.006).
2. P. H. Tsarouhas, "Overall equipment effectiveness (OEE) evaluation for an automated ice cream production line: A case study", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2020, [doi: 10.1108/IJPPM-03-2019-0126](https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2019-0126).

3. J. Prakash, K. S. Ong, and C. K. Cheah, "Overall equipment effectiveness (OEE): a review and development of an integrated improvement framework", *International Journal of Productivity and Quality Management*, 2019, [doi: 10.1504/ijpqm.2019.10020889](https://doi.org/10.1504/ijpqm.2019.10020889).
4. M. M. Schiraldi and M. Varisco, "Overall Equipment Effectiveness: consistency of ISO standard with literature", *Computers and Industrial Engineering*, 2020, [doi: 10.1016/j.cie.2020.106518](https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106518).
5. P. Morella, M. P. Lambán, J. Royo, J. C. Sánchez, and J. Latapia, "Development of a new kpi for the economic quantification of six big losses and its implementation in a cyber physical system", *Applied Sciences (Switzerland)*, 2020, [doi: 10.3390/app10249154](https://doi.org/10.3390/app10249154).
6. C. EL Mazgualdi, T. Masrour, I. El Hassani, and A. Khoudi, "Machine learning for KPIs prediction: a case study of the overall equipment effectiveness within the automotive industry", *Soft Computing*, 2021, [doi: 10.1007/s00500-020-05348-y](https://doi.org/10.1007/s00500-020-05348-y).
7. I. S. Muthalib, M. Rusman, and G. L. Griseldis, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) analysis and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) on Packer Machines for minimizing the Six Big Losses-A cement industry case", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, [doi: 10.1088/1757-899X/885/1/012061](https://doi.org/10.1088/1757-899X/885/1/012061).
8. Y. T. Prasetyo and F. C. Veroya, "An Application of Overall Equipment Effectiveness (OEE) for Minimizing the Bottleneck Process in Semiconductor Industry", 2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2020, 2020, [doi: 10.1109/ICIEA49774.2020.9101925](https://doi.org/10.1109/ICIEA49774.2020.9101925).
9. D. I. Sukma, H. A. Prabowo, I. Setiawan, H. Kurnia, and I. M. Fahturizal, "Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy", *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, 2022, [doi: 10.5829/ije.2022.35.07a.04](https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.07a.04).
10. F. Herawan and A. Mansur, "EVALUATION OF PRODUCTION MACHINE EFFECTIVENESS USING THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) METHOD", *Jurnal Disprotek*, 2025, [doi: 10.34001/jdpt.v16i2.8566](https://doi.org/10.34001/jdpt.v16i2.8566).
11. A. Saputra, Siti Rahayu, and Hasyrani Windyatri, "Analisis Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Surface Mount Technology (SMT) Melalui Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)", *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2025, [doi: 10.55826/jtmit.v4i3.788](https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.788).
12. S. N. Anggraeni, D. L. Dewanto, and S. Jaya, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada Mesin Packer", *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, dan Teknik Logistik*, 2025, [doi: 10.20895/trinistik.v4i1.1605](https://doi.org/10.20895/trinistik.v4i1.1605).
13. T. Zonta, C. A. da Costa, R. da Rosa Righi, M. J. de Lima, E. S. da Trindade, and G. P. Li, "Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review", *Computers and Industrial Engineering*, 2020, [doi: 10.1016/j.cie.2020.106889](https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889).
14. D. A. Maisano, F. Franceschini, and D. Antonelli, "dP-FMEA: An innovative Failure Mode and Effects Analysis for distributed manufacturing processes", *Quality Engineering*, 2020, [doi: 10.1080/08982112.2020.1729991](https://doi.org/10.1080/08982112.2020.1729991).
15. R. Rustono, F. Modesti Triasrini, and P. Paniya, "Failure Mode And Effect Analysis On Risk Management At An Oil And Gas Survey Company InIndonesia", *International Journal of Science, Technology & Management*, 2023, [doi: 10.46729/ijstm.v4i6.988](https://doi.org/10.46729/ijstm.v4i6.988).
16. H. Zheng and Y. Tang, "Deng entropy weighted risk priority number model for failure mode and effects analysis", *Entropy*, 2020, [doi: 10.3390/e22030280](https://doi.org/10.3390/e22030280).
17. D. H. Stamatis, "Failure Mode Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution (2nd Edition)", *American Society for Quality*, 2003.
18. N. Su, "Spherical Polyelectrolyte Brushes as Flocculants and Retention Aids in Wet-End Papermaking", *Molecules*, 2023, [doi: 10.3390/molecules28247984](https://doi.org/10.3390/molecules28247984).
19. E. Malachowska, "Impact of Retention Agents on Functional Properties of Recycled Paper in Sustainable Manufacturing", *Applied Sciences (Switzerland)*, 2025, [doi: 10.3390/app15020875](https://doi.org/10.3390/app15020875).
20. Tito Lukito, Rosi Herlianti, Malinda Mayanti, and Lien Herliani Kusumah, "Implementation of predictive maintenance in various Industry: A Review", *TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, 2025, [doi: 10.37373/tekno.v12i1.1338](https://doi.org/10.37373/tekno.v12i1.1338).
21. J. Lee, H. Davari, J. Singh, and V. Pandhare, "Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems", *Manufacturing Letters*, 2018, [doi: 10.1016/j.mfglet.2018.09.002](https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002).
22. T. P. Carvalho, F. A. Soares, R. Vita, R. D. P. Francisco, J. P. Basto, and S.
23. G. Alcalá, "A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance", *Computers and Industrial Engineering*, 2019, [doi: 10.1016/j.cie.2019.106024](https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024).
24. B. I. P. (M. Reyvaldo Putra S (1), "OEE Evaluation Shows 68 Percent Machine Productivity Level", *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 2025, [doi: 10.21070/ijins.v26i4.2130](https://doi.org/10.21070/ijins.v26i4.2130).
25. S. S. Putri Handayani, "ANALISIS PERHITUNGAN TOTAL PRODUKTIVE MAINTENANCE (TPM)

- MENGGUNAKAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DI PT ABC", JURNAL ILMIAH RESEARCH STUDENT, 2025, [doi: 10.61722/jirs.v3i1.8648](https://doi.org/10.61722/jirs.v3i1.8648).
- 26.A. Kusuma Wardhani, O. Novareza, and E. Bin Mohamad, "COMBINATION OF OEE AND FMEA METHODS TO ANALYZE THE EFFECTIVENESS OF PRODUCTION MACHINES", InternationalJournal Of Mechanical Engineering Technologies & Applications, 2025.