

Analisa Tingginya Fenomena Downtime Serta Lamanya Durasi Perbaikan pada Sistem Kontrol Kelistrikan dan Instrumentasi dengan Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis): Study Kasus Pabrik Kertas PT. Fajar Paper, TB

Antonius Simangunsong^{1*}, Rismen Sinambela², Leonard³

Universitas Kristen Indonesia, Indonesia^{1, 2, 3}

Email: 2305190009@ms.uki.ac.id*

Abstract

Background: Analysis of the high frequency of downtime and the length of duration of repairs in the electrical control system and instrumentation in the paper production processing system of PT. Fajar Paper is the main focus of this research.

Objective: To find out the root cause of system failures that cause the impact of production machine shutdown, and to be able to plan next actions in determining the optimal maintenance strategy

Methods: The use of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is a very simple and easy-to-implement approach because it is carried out qualitatively and quantitatively to calculate the Risk Priority Number (RPN) value in 13 groups of critical equipment.

Results: The database was obtained from real-time data for the January-December 2024 operational period, which shows that disruptions to the drive system have the highest contribution to the increase in downtime (RPN = 720 Hrs).

Conclusion: This indicates that the damage that causes operational failures occurs in many control modules, communication networks, and power components. This shows that the implementation of prioritized maintenance planning and predictive schedule monitoring can reduce downtime and improve system reliability.

Keywords:

Downtime;
Machine Reliability;
FMEA;
MTBF;
MTTR

Kata Kunci:

Downtime;
Keandalan Mesin;
FMEA;
MTBF;
MTTR

Abstrak

Latar belakang: Analisis terhadap tingginya frekuensi downtime dan lamanya durasi perbaikan pada sistem kontrol kelistrikan dan instrumentasi pada sistem pengolahan produksi kertas PT.Fajar Paper, menjadi fokus utama penelitian ini.

Tujuan: Untuk mengetahui akar penyebab terjadinya kegagalan sistem yang menimbulkan dampak berhentinya mesin produksi dan dapat merencanakan tindakan selanjutnya dalam menentukan strategi pemeliharaan yang optimal.

Metode: Penggunaan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menjadi metode pendekatan yang sangat sederhana dan mudah di implementasikan karena di lakukan secara kualitatif dan

kuantitatif untuk menghitung nilai Risk Priority Number (RPN) pada 13 kelompok peralatan kritis.

Hasil: Basis data di peroleh dari data realtime periode operasional Januari-Desember 2024 yang memperlihatkan bahwa gangguan pada sistem drive dan profibus memiliki kontribusi peningkatan downtime tertinggi (RPN = 720 Hrs).

Kesimpulan: Hal ini mengindikasikan bahwa kerusakan yang menyebabkan terjadinya kegagalan operasional banyak terjadi pada modul kontrol, jaringan komunikasi, dan komponen daya. Rekomendasi di berikan untuk meningkatkan program prediktive maintenance dan penerapan sistem monitoring berbasis IoT untuk mendukung kehandalan sistem.

PENDAHULUAN

Pentingnya ketersediaan peralatan mesin produksi dalam kondisi yang handal yang di harapkan dalam waktu 24 jam memberikan hasil yang sesuai dengan kapasitas mesin mesin tersebut (Mobley, 2020). Secara umum pada dunia industri, hal ini menjadi acuan dasar investasi yang di gelontorkan dengan pemanfaatan teknologi maju untuk mendapatkan hasil produksi yang berkualitas dan dapat memenuhi permintaan pasar (Kumar & Kumar, 2019). Kehandalan teknologi yang di lekatkan pada mesin mesin produksi khususnya yang menunjang alur proses produksi kertas semakin berkembang dengan di topang munculnya teknologi baru di bidang produksi kertas yang dapat dioperasikan dengan sistem pengontrolan manual dan otomatisasi berbasis komputerize (Zhang, Wang, & Liu, 2021). Namun harapan agar mesin mesin tersebut dapat beroperasi secara normal terus menerus berproduksi tidak seperti yang di perkirakan ataupun tidak sesuai dengan rencana target produksi produksi (Lee, Bagheri, & Kao, 2018). Saat ini produsen kertas menggunakan mesin mesin pengolahan kertas di kontrol sistem operasionalnya secara otomatisasi dengan menggunakan peralatan instrumentasi sebagai sensor dan di proses secara komputasi dengan basis komputerisasi (Monostori et al., 2019). Di industri kertas penggunaan peralatan berbasis sensor instrumentasi dan kontrol elektronik sangat banyak di gunakan sehingga hasil dari dari satu proses ke proses lainya dapat di ketahui output dan kualitas kertas secara realtime (Wang & Zhang, 2022). Penggunaan sistem monitoring berbasis sensor dan komputerisasi juga memungkinkan peningkatan efisiensi produksi serta pengendalian kualitas secara berkelanjutan pada industri manufaktur modern (Kamble, Gunasekaran, & Sharma, 2018).

PT.Fajar Paper, Tbk adalah salah satu perusahaan yang memproduksi kertas untuk packaging. Perusahaan ini berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan pasar domestik sebesar kurang lebih 28%. Bahan baku yang di gunakan dengan memanfaatkan kertas bekas yang akan di daur ulang menjadi kertas kemasan (Packaging paper). Lokasi pabrik kertas PT.Fajar Paper, Tbk ada di kabupaten Cikarang Barat, propinsi Jawa Barat.

Dengan 6 pabrik pengolahan kertas di dalam satu area dan dengan target produksi secara day to day sebesar 3000T/D atau secara YoY sebesar 1,3 juta Ton. Hal ini menjadi tolak ukur dalam menjaga peralatan mesin produksi kertas dapat beroperasi terus menerus dalam waktu 24 jam dalam sehari penuh. Peralatan kritis yang harus di jaga keandalannya (reability) memiliki fungsi penting dalam alur proses pengolahan kertas.

Berbasiskan peralatan proses produksi diatas serta penggunaan peralatan utama yang sangat kritis memerlukan perencanaan pemeliharaan yang terjadwal (Lubis, 2025; Purwanto et al., 2025; Sefthian et al., 2024), dengan tenaga kerja yang kompeten di bidangnya serta implementasi penggunaan management maintenance yang mengadopsi metode metode maintenance yang ada, di temukan fakta yang sangat memerlukan analisis yang sangat komprehensif, dimana dalam periode tahun 2024, sejak bulan januari sampai Desember, peralatan kritis mesin produksi di PT.Fajar Paper,Tbk mengalami kegagalan fungsi menghasilkan (Downtime) yang tinggi dengan frekuensi terjadinya mesin tidak beroperasi juga tinggi melebihi target alokasi waktu yang di berikan untuk masa perbaikan dan pemeliharaan(Erlangga, 2023; Maritha et al., 2025; MT & MT, 2022).

Hal inilah yang mendasari penulis melakukan kajian atas fenomena tinggnya downtime dan tingginya durasi lama perbaikan, pada sisi yang lain implementasi managemen maintenance yang diterapkan masih mengikuti prinsip prinsip perawatan mesin, hal inipun tidak mampu menjawab akan fenomena yang terjadi. Penulis menggunakan motode analisis kegagalan dengan memakai metode FMEA (Failure Mode Effect of Analysis) untuk mendapatkan pola maintenance yang sesuai dan optimal untuk mengurangi durasi downtime bahkan di harapkan dapat mengeleminasi gejala yang terdeteksi sejak dini (Azizah, 2025; Fatah, 2024; Samudera, 2025).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah dilakukan untuk menganalisis keandalan sistem produksi serta mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan mesin dengan menggunakan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Penelitian oleh Carpitella et al. (2018) menunjukkan bahwa metode FMEA mampu mengidentifikasi prioritas risiko kegagalan pada sistem manufaktur melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN) sehingga perusahaan dapat menentukan strategi pemeliharaan yang lebih efektif. Penelitian lain yang dilakukan oleh Al-Refaie dan Syedd (2021) juga menegaskan bahwa penerapan FMEA pada sistem produksi dapat meningkatkan efisiensi perencanaan maintenance serta membantu menentukan komponen kritis yang memerlukan perhatian khusus. Selain itu, penelitian Mahapatra dan Dash (2022) pada industri manufaktur menunjukkan bahwa penerapan FMEA mampu meningkatkan reliability sistem produksi dengan mengidentifikasi potensi kegagalan sejak tahap awal sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan secara lebih terencana.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah membahas penerapan metode FMEA dalam analisis keandalan sistem industri, sebagian besar penelitian masih berfokus pada

sistem manufaktur umum dan belum secara spesifik mengkaji kegagalan pada sistem kelistrikan dan instrumentasi dalam industri kertas yang memiliki karakteristik proses produksi yang kompleks dan beroperasi secara terus menerus. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya hanya menekankan pada identifikasi kegagalan komponen tanpa mengintegrasikan analisis downtime operasional secara komprehensif berdasarkan data operasional aktual dalam periode waktu yang panjang. Padahal dalam industri kertas, gangguan pada sistem kontrol otomatis, jaringan komunikasi industri, maupun perangkat penggerak memiliki kontribusi besar terhadap terjadinya penghentian proses produksi. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut melalui analisis yang lebih mendalam terhadap kegagalan sistem kontrol kelistrikan dan instrumentasi pada industri kertas.

Fenomena tingginya downtime mesin produksi juga menjadi perhatian penting dalam industri pengolahan kertas karena proses produksi yang bersifat kontinu menuntut tingkat keandalan sistem yang sangat tinggi. Pada PT Fajar Paper Tbk, sebagai salah satu perusahaan produsen kertas kemasan di Indonesia yang memiliki kapasitas produksi besar, gangguan pada peralatan kritis dalam sistem kontrol kelistrikan dan instrumentasi dapat menyebabkan berhentinya proses produksi dan mengganggu rantai produksi secara keseluruhan. Data operasional menunjukkan bahwa dalam periode Januari hingga Desember 2024 terjadi frekuensi downtime yang cukup tinggi akibat kegagalan pada berbagai komponen sistem kontrol, seperti drive system, motor, dan jaringan komunikasi industri. Kondisi tersebut menimbulkan kebutuhan mendesak untuk melakukan analisis yang komprehensif terhadap penyebab kegagalan sistem serta menentukan strategi pemeliharaan yang lebih efektif guna meningkatkan keandalan peralatan produksi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan dalam menganalisis fenomena downtime mesin produksi pada industri kertas dengan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang dikombinasikan dengan analisis data operasional aktual selama satu tahun penuh. Pendekatan ini tidak hanya mengidentifikasi komponen kritis yang menjadi penyebab utama kegagalan sistem, tetapi juga mengevaluasi tingkat risiko kegagalan melalui perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) berdasarkan parameter severity, occurrence, dan detection. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam mengembangkan model analisis kegagalan yang lebih komprehensif pada sistem kontrol kelistrikan dan instrumentasi di industri kertas serta memberikan dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan maintenance berbasis risiko.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyebab utama terjadinya downtime pada sistem kontrol kelistrikan dan instrumentasi pada mesin produksi kertas serta menentukan prioritas peralatan kritis yang memiliki tingkat risiko kegagalan paling tinggi menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keandalan peralatan produksi

melalui analisis parameter Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) sehingga dapat diperoleh gambaran mengenai performa sistem produksi serta efektivitas proses pemeliharaan yang telah diterapkan pada perusahaan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara akademis maupun praktis. Secara akademis, penelitian ini dapat memperkaya kajian ilmiah terkait penerapan metode FMEA dalam analisis keandalan sistem industri, khususnya pada sektor industri kertas yang masih relatif terbatas dalam literatur penelitian. Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi perusahaan dalam merancang strategi pemeliharaan mesin yang lebih efektif dan berbasis risiko sehingga dapat meminimalkan downtime produksi serta meningkatkan keandalan sistem operasional. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar pengembangan sistem monitoring berbasis teknologi digital seperti predictive maintenance dan integrasi Internet of Things (IoT) untuk mendukung peningkatan efisiensi dan keberlanjutan operasional industri manufaktur di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penulis menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, dengan memakai metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi level failure dan duration interval terjadinya kerusakan satu dengan kerusakan berikutnya terjadi serta pengolahan data yang di pakai menggunakan perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN). Penelitian ini di mulai dari pengumpulan data-data peralatan mesin- mesin kritis, Pemetaan komponen mesin mesin yang sangat kritis akan memberikan gambaran akan komponen dari proses produksi yang memberikan kontribusi signifikan yang dapat mempengaruhi mesin mesin produksi bahkan sampai terjadi waktu henti mesin pada saat mengalami gangguan yang dapat memutus rantai proses produksi. Penulis mengumpulkan data jumlah mesin yang berhenti secara tiba tiba (failure) yang di sebabkan komponen atau peralatan dari sistem kelistrikan atau instrumentasi yang mengalami kerusakan atau gagal fungsi. Pengambilan data kondisi gagal fungsi yang menimbulkan kondisi downtime di lakukan day to day selama 12 bulan. Terhitung data di kumpulkan sejak bulan january 2024 sampai akhir Desember 2024. Kemudian penulis melakukan perhitungan secara manual untuk mendapatkan durasi rentang waktu saat waktu henti mesin terjadi pertama kali dengan waktu henti mesin berikutnya dalam periode waktu tertentu.

Metode perhitungan waktu ini umumnya di kenal dengan MTBF biasanya direpresentasikan dalam satuan jam, dimana dengan semakin tinggi jumlah MTBF maka akan semakin tinggi keandalan dari suatu sistem. Nilai MTBF merupakan nilai yang sangat penting untuk melakukan pengambilan keputusan dikarenakan dari nilai MTBF maka dapat diketahui berapa lama jangka waktu handalnya sebuah sistem atau manajemen yang di jalankan. MTTR (Mean Time To Repair) atau Serviceability merupakan indicator

kemampuan dari skill operator serviceability (team teknisi) dalam mengatasi setiap masalah kerusakan. Penulis juga menghitung rata rata waktu yang di butuhkan secara manual untuk mendapatkan durasi dari upaya perbaikan saat mesin mengalami kegagalan sampai kondisi mesin kembali dapat di operasikan normal. Dari data data harian yang di ambil akan masuk dalam tabulasi nilai dari MTBF dan MTTR dan data data operasional mesin mesin produksi selama setahun di mulai dari bulan Januari sampai akhir Desember 2024. Hal ini di maksudkan agar analisa terhadap kondisi waktu henti mesin secara tidak terencana (Downtime mesin) secara statistik dapat di observasi dan dianalisa secara penuh dari trend data data yang di peroleh untuk mendapat referensi akan perangkat yang benar benar handal untuk dapat di aplikasikan di masa yang akan datang serta memahami hubungan seba b akibat antara Downtime dan berbagai faktor di dalam sistem kelistrikan dan instrumentasi kontrol. Dapat memberikan dan merekomendasikan suatu pedoman dalam perencanaan maintenance yang optimal kedepannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Dalam pembahasan ini, penyajian data data di kelompokkan dan di kategorikan secara agregat untuk setiap kelompok peralatan kritis yang mengalami kondisi gagal beroperasi dalam kondisi normal dan kategori kelompok peralatan tersebut menjadi basis yang akan menentukan prioritas perencanaan perbaikan, pergantian dan pemeliharaan mesin mesin kedepannya agar kehandalan semua peralatan dapat meningkat. Kategori peralatan tersebut Seperti urutan dalam tabel-1 di bawah ini.

Tabel 1. Peralatan Prioritas Pada Pabrik Kertas, Kelompok Kontrol Electrical dan Instrumentasi

Electrical Equipment			Instrument & Control Equipment	
1. Drive issue derived from:			1. Auto Guider issue derived from:	
a.PLC			a.Bellow	
b.NFB/MCCB/CB			b.Cylinder	
c.Communication			c.Tubing & Fitting	
d.All	unless	Electric	Motor	
			d.Guid	

	e Palm e.Mou nting
2. Electric Motor issue derived from:	2. Transmitter issue derived from all types
a,DC Motor	3. VALVE issue derived from:
b.Drive Motor Issue may come from:	a.On/Off
I)Issue from the terminal	b.Control valve
II)Encoder & Resolver	c.Solenoid Valve
III) Motor Bearing)	d.Positioner
	e.Actuator, Pneumatic
3. MCC	f.Switches
4. Inverter Single Type	4. Sensors, Switches, & Amplifiers
5. Crane includes Crane Motor	5. DCS & QCS issue derived from:
6. Transformer	1. Communication of any type
7. Cable	6.PLC
8. Roll Handling System issue derived from:	7. Emitter
a.	Strapping
System	8. COS
b. Lowrator	9.M Clean issue derived from:
9. Rewinder	a.PLC and I/O
10. M.Clean	b.HMI
11. Lubrication	c.SEN,SW,AMP
12. Traversing System issue derived from:	d.All unless Motor, Inverter & Contactor & NFB

a. HP Shower	
b. Doctor Oscillation	10. Roll Handling System
13. Tail Threading System	11. Traversing System
14. Air Compressor	12. Air Dryer
	13. Hydraulic System

Dari pengelompokan peralatan kritis inilah yang dapat menyebabkan berhentinya proses produksi kertas di PT.Fajar Paper,Tbk.

Dari kelompok komponen di atas, di lakukan pencatatan setiap hari yang masuk dalam laporan kinerja harian bidang produksi dimana saat terjadinya kondisi berhentinya mesin yang di sebabkan kelompok peralatan kritis di atas akan tercatat sebagai bagian dari keseluruhan kinerja produksi.

Kinerja produksi yang di pengaruhi kehandalan peralatan kritis diatas sepanjang tahun 2024, sejak bulan Januari sampai Desember di masing area produksi di petakan dalam tabel di bawah ini.

Pencatatan Data Peralatan Yang Mengalami Henti Kerja (*Downtime*) di Tahun 2024

Data yang di sajikan ini memuat lamanya waktu henti serta jenis peralatan kristis yang menimbulkan mesin produksi berhenti (*downtime*) serta frekwensi terjadinya peralatan mengalami gagal operasi dalam kondisi normal.

Table 2. *Case In Paper Mills-1 Area Period Jan to Dec 24*

Main Equipment	Sum of LT (Hours)	Count of Occurrences	Sum of LT (Minute)
Auto Guiders	13,85	7	831
Crane	8,95	2	537
Drive	39,60	21	2376
Emitter	3,08	2	185
MCC	0,42	1	25
Motor	11,28	10	677
Trafo	4,07	3	244
Transmitters	2,42	2	145
Valves	6,77	3	406
Grand Total	90,43	51	5426

Table 3. *Case In Paper Mills-2 Area Period Jan to Dec 24*

Antonius Simangunsong^{1*}, Rismen Sinambela², Leonard³
Analisa Tingginya Fenomena Downtime Serta Lamanya Durasi Perbaikan pada Sistem Kontrol Kelistrikan dan Instrumentasi dengan Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis): Study Kasus Pabrik Kertas PT. Fajar Paper, TB

Main Equipment	Sum of LT (Hours)	Count of Occurrences	Sum of LT (Minute)
Auto Guiders	9,42	15	565
Crane	14,10	3	846
DCS	3,53	2	212
Drive	100,10	15	6006
MCC	0,25	1	15
Motor	6,75	5	405
PLC	1,08	1	65
SEN,SW,AMP	2,15	5	129
Transmitters	1,12	2	67
Valves	7,28	10	437
Sensor, Switches, amplifier	1,50	1	90
Grand Total	147,28	60	8837

Table 4. *Case In Paper Mills-3 Area Period Jan to Dec 24*

Main Equipment	Sum of LT (Hours)	Count of Occurrences	Sum of LT (Minute)
Auto Guiders	0,27	1	16
COS	0,53	2	32
Crane	1,25	3	75
Drive	29,78	15	1787
Inverter	4,73	1	284
MCC	0,33	1	20
Motor	38,72	6	2323
SEN,SW,AMP	3,92	7	235
Trafo	9,87	2	592
Transmitters	1,85	1	111
Valves	1,08	1	65
Drive Motor	0,10	1	6
Actuator, pneumatic	0,57	1	34
Grand Total	93,00	42	5580

Table 5. *Case In Paper Mills-5 Area Period Jan to Dec 24*

Main Equipment	Sum of LT (Hours)	Count of Occurrences	Sum of LT (Minute)
COS	2,25	20	135
DCS	19,53	5	1172
Drive	30,13	11	1808
Inverter	21,02	7	1261
Motor	2,93	2	176
PLC	0,22	1	13
Profibus	71,60	9	4296
QCS	0,95	2	57
SEN,SW,AMP	5,18	4	311

Antonius Simangunsong^{1*}, Rismen Sinambela², Leonard³
Analisa Tingginya Fenomena Downtime Serta Lamanya Durasi Perbaikan pada Sistem Kontrol Kelistrikan dan Instrumentasi dengan Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis): Study Kasus Pabrik Kertas PT. Fajar Paper, TB

Transmitters	5,50	5	330
Traversing System	4,43	7	266
UPS	5,05	1	303
Valves	0,93	5	56
Motor Drive	5,67	1	340
Roll handling system	0,10	1	6
Grand Total	175,50	81	10530

Tabel 6. *Case In Paper Mills-7 Area Period Jan to Dec 24*

Main Equipment	Sum of LT (Hours)	Count of Occurrences	Sum of LT (Minute)
Auto Guiders	9,93	2	596
COS	7,33	16	440
Crane	5,60	1	336
DCS	0,78	1	47
Drive	1,08	2	65
M Clean	0,70	1	42
MCC	0,82	1	49
QCS	0,42	1	25
SEN,SW,AMP	4,32	5	259
Tail Threading System	0,25	1	15
Trafo	5,03	2	302
Transmitters	4,82	2	289
Traversing System	0,27	1	16
Valves	6,58	7	395
Inverter any type	5,02	2	301
All AC Motor	13,73	8	824
Motor Drive	2,67	3	160
Motor and Related Electrical Components	0,25	1	15
Electrical Components	38,60	3	2316
Cylinder	2,50	1	150
Grand Total	110,70	61	6642

Tabel 7. *Case In Paper Mills-8 Area Period Jan to Dec 24*

Main Equipment	Sum of LT (Hours)	Count of Occurrences	Sum of LT (Minute)
Auto Guiders	2,00	3	120
COS	4,33	38	260
DCS	8,05	10	483
Drive	7,72	10	463
Inverter	1,45	2	87
MCC	0,08	1	5
Motor	2,38	2	143
PLC	13,75	1	825
QCS	0,52	3	31

Rewinder	13,85	1	831
SEN,SW,AMP	8,32	14	499
Tail Threading System	2,22	11	133
Trafo	1,67	1	100
Transmitters	2,82	11	169
Traversing System	1,40	3	84
Valves	21,32	8	1279
All AC Motor	7,23	12	434
Actuator & Pneumatic	7,98	3	479
DCS & QCS	1,00	2	60
Motor and Related Electrical Components	1,47	3	88
Drive Motor	0,47	1	28
Hydraulic System	6,85	2	411
Grand Total	116,87	142	7012

Basis Target Normal Operasional (*Uptime Machine & Minimum Down Time*)

Dalam pengoperasian semua peralatan produksi, tentunya ada target jam operasional semua lini produksi, dimana mesin mesin tersebut di harapkan dapat memproduksi kertas secara normal sesuai target jam operasional normal maupun saat mengalami kendala kehilangan jam operasioanl karena kerusakan atau gangguan yang muncul selama operasional. Untuk itu, management perusahaan menetapkan batas batas normal operasi dalam hal ini performance peralatan produksi kondisi siap beroperasi, dan batas minimum alokasi durasi perbaikan tidak terencana (*un-planned*) di luar perencanaan maintenance normal.

Target durasi operasional mesin mesin produksi secara normal operasi di tetapkan dalam periode bulanan yang menjadi harapan dalam menunjang target produksi. Pada sisi lain, timbulnya kerusakan atau kegagalan beroperasinya sistem, memerlukan tindakan perbaikan yang cepat agar peralatan produksi kembali dapat beroperasi. Atas dasar kaidah kaidah management operasioanl dan maintenance dengan estimasi munculnya gangguan atau kerusakan saat mesin dalam kondisi beroperasi, oleh sebab itu management menetapkan target minimum durasi waktu stop peralatan saat dalam perbaikan atau pergantian peralatan yang mengalami kerusakan agar kembali normal beroperasi.

Capaian Kinerja Kehandalan Peralatan (*Availability & Reliability Achievement*) Tiap Mills

Dari data kinerja mesin selama operasional dan munculnya gangguan gangguan henti mesin karena kerusakan ataupun kegiatan maintenance pada masing masing area Paper Machine (*Mills*) sepanjang satu tahun sejak bulan Januari sampai Desember 2024, di peroleh data kinerja serta data durasi perbaikan atas gangguan

henti mesin karena kerusakan atau maintenance seperti tabel masing masing area Mills di bawah ini:

Analisa Data Tabel Kehandalan Mesin Mesin Tiap Area Mills

Dari tabel 08 sampai tabel 13 seperti di bawah ini, yang di hasilkan secara perhitungan manual, di hasilkan beberapa penjelasan yang menggambarkan nilai dari hasil pengolahan data data tiap kejadian berhentinya machine di luar dari adanya rencana pemeliharaan atau kondisi tertentu yang di perlukan (*Un- Planing condition*).

Tabel 8. Availability & Reability Achievement Area Paper Mills-1

AREA PAPER MACHINE-1	Loss Time (Hours)	Target (Hours)	Frequency (Times)	Availability Time	MTBF(Day)	MTTR (Hr)
January	11	8,49	5	735,5	6,04	2,20
February	15,07	7,94	7	688,06	4,01	2,15
March	0,78	8,49	2	735,51	15,31	0,39
April	2,87	8,21	1	711,79	29,54	2,87
May	8,08	8,49	9	735,51	3,37	0,90
June	5,4	8,21	4	711,79	7,36	1,35
July	2,43	8,49	4	735,51	7,64	0,61
August	19,58	8,49	6	732,51	4,95	3,26
September	13,05	8,21	8	711,79	3,64	1,63
October	3,52	8,49	1	735,31	30,49	3,52
November	7,43	8,21	3	711,79	9,78	2,48
December	1,22	8,49	1	735,51	30,60	1,22
Average Loss Time	7,54					
Average Target	8,35					
Average MTBF	12,73					
Average MTTR	1,88					

1. Waktu Operasional Yang Hilang (*Lost Time*)

Dari tabel terlihat, jumlah waktu rata rata yang hilang sebesar 7.54 Jam pada setiap kejadian mesin berhenti mendadak yang di sebabkan peralatan listrik, Instrumentasi serta peralatan kontrol, dimana kejadian yang menimbulkan durasi stop tertinggi ada di bulan Agustus sebesar 19.68 jam, dan durasi stop mesin yang terendah yang menimbulkan kehilangan waktu operasional sebesar 1.22 jam ada di bulan Desember 2025.

2. Rentang Waktu Mesin Mengalami Kerusakan (MTBF)

Dari data statistik di peroleh nilai MTBF rata rata selama bulan Januari sampai Desember 2025 menghasilkan durasi rentang hari selama 12.73 hari dengan nilai rentang waktu tertinggi terjadi dibulan Desember dengan rentang hari selama 30.60 yang menyatakan rentang waktu yang cukup lama operasional berjalan normal dan terjadinya waktu mesin mengalami kegagalan sangat rendah.

3. Durasi Lamanya tindakan Perbaikan Mesin (MTTR)

Dari data statistik di peroleh nilai rata rata sebesar 1.88 jam durasi waktu perbaikan yang di capai tiap terjadi kegagalan mesin beroperasi normal, dimana durasi waktu masa perbaikan tertinggi di peroleh di bulan Oktober

2024 dengan durasi waktu yang dicapai sebesar 3.52 jam dan capaian tercepat di 0.39 jam di bulan Maret.

Table 9. Availability & Reability Achievement Area Paper Mills-2

AREA PAPER MACHINE-2	Loss Time (Hours)	Target (Hours)	Frequency (Times)	Avaibility Time	MTBF(Day)	MTTR (Hr)
January	1,80	9,81	5	734,19	6,10	0,36
February	4,03	9,17	5	686,83	5,69	0,81
March	7,90	9,81	9	734,19	3,36	0,88
April	0,00	9,5	0	710,51	0,00	0,00
May	20,90	9,81	6	734,19	4,95	3,48
June	3,90	9,5	6	710,51	4,91	0,65
July	16,80	9,81	8	734,19	3,74	2,10
August	0,70	9,81	3	734,19	10,19	0,23
September	1,57	9,49	1	710,51	29,54	1,57
October	3,90	9,81	3	734,19	10,14	1,30
November	16,92	9,49	5	710,51	5,78	3,38
December	68,87	9,81	9	734,19	3,08	7,65
Average Loss Time	12,27					
Average Target	9,65					
Average MTBF	7,29					
Average MTTR	1,87					

1. Waktu Operasional Yang Hilang (*Lost Time*)

Dari tabel terlihat, jumlah waktu rata rata yang hilang sebesar 12.27 Jam dengan kejadian mesin berhenti berproduksi yang menimbulkan durasi stop tertinggi ada di bulan May sebesar 20.90 jam, dan durasi stop mesin yang terendah dengan kehilangan waktu operasional sebesar 0.70 jam ada di bulan Agustus 2024, serta ketersediaan (*availability*) mesin dalam kondisi normal beroperasi terjadi di bulan april dengan tidak adanya gangguan henti mesin (*Downtime*).

2. Rentang Waktu Mesin Mengalami Kerusakan (MTBF)

Dari data statistik di peroleh nilai MTBF rata rata selama bulan Januari sampai Desember 2025 menghasilkan durasi rentang hari rata rata selama 12.27 hari dengan nilai tertinggi terjadi dibulan September pada rentang hari dengan satu kasus terhadap kasus berikutnya selama 29.54 hari, dan terendah terjadi di bulan Desember dengan rentang waktu 3.08 hari.

3. Durasi Lamanya tindakan Perbaikan Mesin (MTTR)

Dari data statistik di peroleh nilai rata rata perbaikan sebesar 1.87 jam durasi waktu perbaikan yang di capai tiap kejadian kegagalan mesin beroperasi normal, dimana durasi waktu masa perbaikan terlama di peroleh di bulan Desember 2024 dengan durasi waktu sebesar 7.65 jam dan capaian waktu perbaikan yang cepat atau rendah terjadi pada bulan Januari dengan waktu yang di butuhkan hanya 0.36 jam.

Table 10. Availability & Reability Achievement Area Paper Mills-3

AREA PAPER MACHINE-3	Loss Time (Hours)	Target (Hours)	Frequency (Times)	Avaibility Time	MTBF(Day)	MTTR (Hr)
January	0,00	4,94	0	739,06	0	0

February	11,93	4,63	6	691,37	4,72	1,99
March	2,35	4,94	3	739,06	10,23	0,78
April	4,12	4,78	3	715,22	9,88	1,37
May	5,00	4,94	2	739,06	15,29	2,50
June	0,82	4,78	2	715,22	14,88	0,41
July	5,70	4,94	6	739,06	5,09	0,95
August	0,00	4,94	0	739,06	0	0
September	21,73	4,78	8	715,22	3,61	2,72
October	2,67	4,94	3	739,06	10,23	0,89
November	32,93	4,78	5	715,22	5,69	6,59
December	5,75	4,94	4	739,06	7,64	1,44
Average Loss Time	7,75					
Average Target	4,86					
Average MTBF	7,27					
Average MTTR	1,64					

1. Waktu Operasional Yang Hilang (*Lost Time*)

Dari tabel terlihat, jumlah waktu rata rata yang hilang sebesar 7.75 Jam dengan kejadian mesin berhenti berproduksi yang menimbulkan durasi stop tertinggi ada di bulan November sebesar 32.93 jam, dan durasi stop mesin yang terendah dengan kehilangan waktu operasional sebesar 2.35 jam ada di bulan Maret 2024, serta ketersediaan (*availability*) mesin dalam kondisi normal beroperasi terjadi di bulan Januari dan Agustus dengan tidak adanya gangguan henti mesin (*Downtime*).

2. Rentang Waktu Mesin Mengalami Kerusakan (MTBF)

Dari data statistik di peroleh nilai MTBF rata rata selama bulan Januari sampai Desember 2025 menghasilkan durasi rentang hari rata rata selama 7.27 hari dengan nilai tertinggi terjadi dibulan May pada rentang hari dengan satu kasus terhadap kasus berikutnya selama 15.29 hari, dan terendah terjadi di bulan September dengan rentang waktu 3.61 hari.

3. Durasi Lamanya tindakan Perbaikan Mesin (MTTR)

Dari data statistik di peroleh nilai rata rata perbaikan sebesar 1.64 jam durasi waktu perbaikan yang di capai tiap kejadian kegagalan mesin beroperasi normal, dimana durasi waktu masa perbaikan terlama di peroleh di bulan November 2024 dengan durasi waktu sebesar 6.59 jam dan capaian waktu perbaikan yang tercepat atau terendah terjadi pada bulan Juni dengan waktu yang di butuhkan hanya 0.41 jam.

Pengolahan Data Menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Dalam kelompok peralatan kritis yang telah diidentifikasi sebanyak 35

perangkat, dimana perangkat ini sebagai penyumbang dominan penyebab mesin berhenti (Down time) sepanjang tahun 2024 sehingga perangkat yang di kategorikan dari ke 35 perangkat ini sebagai peralatan kritis. Komponen ini menjadi basis di gunakan untuk melakukan perbaikan pada masing masing masing peralatan tersebut. Berikut di lakukan langkah langkah perhitungan dan analisa dengan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dengan data data aktual perangkat yang mengalami downtime selama periode tahun 2024 di seluruh area operasional pabrik (Paper Machine 1 sampai Paper Machine 8). Nilai MTTR di hitung berdasarkan formula = Downtime (Hrs) / jumlah kejadian dan dari **tabel 11** dapat di identifikasikan dimana peralatan kritikal no.1 sampai 13, menyumbang durasi downtime peralatan yang paling sering mengalami kegagalan operasional dengan persentasi total downtime di 92%.

Tabel 11. Identifikasi Perangkat Kritis Penyumbang Downtime Sepanjang tahun 2024

NO	CRITICAL DEVICES	Getting LT (Hours)	Sum of Case	MTTR (Hours)
1	Drive	208,4	74	2,8
2	Profibus	71,6	9	8,0
3	Motor	62,1	25	2,5
4	Valves	39,7	33	1,2
5	Electrical Components	38,6	3	12,9
6	Auto Guiders	34,8	27	1,3
7	DCS	31,9	18	1,8
8	Crane	29,9	9	3,3
9	Inverter	27,2	10	2,7
10	SEN,SW,AMP	23,9	35	0,7
11	All AC Motor	21,0	20	1,0
12	Trafo	20,6	8	2,6
13	Transmitters	18,5	23	0,8
14	PLC	15,1	3	5,0
15	COS	14,5	77	0,2
16	Rewinder	13,9	1	13,9
17	Motor Drive	8,3	4	2,1
18	Actuator & Pneumatic	8,0	3	2,7
19	Hydraulic System	6,9	2	3,4
20	Traversing System	6,1	11	0,6
21	UPS	5,1	1	5,1
22	Inverter any type	5,0	2	2,5
23	Emitter	3,1	2	1,5
24	Cylinder	2,5	1	2,5
25	Tail Threading System	2,5	12	0,2
26	MCC	1,9	5	0,4

27	QCS	1,9	6	0,3
28	Motor and Related Electrical Components	1,7	4	0,4
29	Sensor , Switches, amplifier	1,5	1	1,5
30	DCS & QCS	1,0	2	0,5
31	M Clean	0,7	1	0,7
32	No EI Problem	0,6	1	0,6
33	Drive Motor	0,6	2	0,3
34	Actuator, pneumatic	0,6	1	0,6
35	Roll handling system	0,1	1	0,1
Total In Period Year 2024		730	437	87

Dari keseluruhan peralatan kritis yang mengalami kondisi kegagalan operasional normal dengan 13 jenis peralatan yang dominan penyumbang downtime tertinggi, penulis melakukan analisa dengan menentukan terlebih dahulu tingkat atau skala resiko kerusakan atau *Risk Priority Number* (RPN) dari ke 13 peralatan kritis tersebut menggunakan skala 1 sampai 10 yang berarti semakin tinggi akan semakin berisiko besar untuk menghentikan operasional mesin saat mengalami kerusakan.

Dengan formula:

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

(1)

Dimana:

Parameter	Keterangan	Nilai Skala
S (Severity)	Dampak dari akibat terjadinya kegagalan terhadap sistem atau proses produksi kertas	
1= Sangat Kecil mempengaruhi stop mesin, 10= Menghentikan proses operasional		
O (Occurrence)	Frekuensi terjadinya stop mesin	Berdasarkan Jumlah kejadian dan nilai MTTR relati
D (Detection)	Kemampuan sistem mendeteksi dan	

Dari hasil analisa menggunakan metode FMEA, pada 13 peralatan kritis dominan penghasil downtime, di dapakan nilai level atau skala resiko pada masing masing peralatan tersebut kedalam kelompok tabel di bawah ini.

Tabel 12. Hasil Pengolahan data Perangkat Kritis Menggunakan Metode *FMEA*

NO	Peralatan	LT (Hrs)	Case	MTTR (Hrs)	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)
1	Drive	208.4	74	2.8	10	9	8
2	Profibus	71.6	9	8.0	9	6	7
3	Motor	62.1	25	2.5	8	8	6
4	Valves	39.7	33	1.2	7	7	5
5	Electric Components	38.6	3	12.9	8	4	9
6	Auto Guiders	34.8	27	1.3	6	7	4
7	DCS	31.9	18	1.8	9	6	7
8	Crane	29.9	9	3.3	7	5	5
9	Inverter	27.2	10	2.7	7	6	6
10	SEN,SW,AM P	23.9	35	0.7	5	8	4
11	All AC Motor	21.0	20	1.0	6	7	5
12	Trafo	20.6	8	2.6	9	5	8
13	Transmitter	18.5	23	0.8	6	8	4

Dari tabel 12, hasil pengolahan data, menghasilkan 6 kelompok peringkat skala resiko prioritas (**RPN**) sbb:

RANK	PERALATAN	NILAI RPN	KATEGORI RESIKO	REKOMENDASI PRIORITAS
1	Drive	720	 Sangat Tinggi	Lakukan evaluasi root Cause, Tambahkan perangkat IOT monitoring secara on line
2	Motor/DCS/Profibus	~380	 (Orange) Tinggi	Lakukan Maintenance yang menggunakan list titik titik yang prioritas di
3.	Trafo/Elecxtrical Components	~360-288	  Sedang - Tinggi	check regularly Buatkan rencana overhaul & Preventive test (IR test, tan delta atau assessment
4	Inverter/Valves/All		  Sedang	Implementasikan Program

	AC Motor	~250 - 210		management maintenance dengan condition monitoring
5	Sensor, Transmitter, Auto Guider	<200	 Rendah	Lakukan preventive maintenance regularly
6	Crane	175	 Sedang	Pelatihan operator dan Inspeksi Mekanis secara berkala

Basis Rentang Nilai RPN (*Risk Priority Number*)

Kategori nilai resiko dari peralatan yang mengalami kegagalan fungsi ditetapkan dengan kaidah penilaian dari hasil analisa effect dari metode FMEA, seperti urutan di bawah ini:

Warna	Rentang RPN	Keterangan
  Merah	≥ 400	Resiko Sangat Tinggi-Perlu tindakan sesegera mungkin
  Orange	250 - 399	Resiko Tinggi – Perlu extra kontrol
  Kuning	150 - 249	Resiko Sedang- Melakukan monitoring Berkala
  Hijau	< 150	Resiko Rendah- Tindakan Preventive rutin

KESIMPULAN

Dari data terjadinya kehilangan waktu normal operasi pada masing masing area mill yang disebabkan oleh kerusakan sebuah pengendali kelistrikan atau pengendali kontrol automasi pada sistem memberikan gambaran pada penulis, bahwa prioritas menjaga peralatan peralatan yang sangat kritis dan mempengaruhi sistem saat mengalami kegagalan operasi akan memberikan arah perencanaan maintenance yang terarah yang dapat meningkatkan kehandalan pada sistem. Dengan data data kejadian yang menimbulkan kehilangan waktu produksi pada masing masing area Mills yang memberikan dampak kerugian yang sangat besar bagi perusahaan, memerlukan analisa yang langsung ke akar masalahnya agar segera diambil tindakan mitigasi serta diharapkan dapat mengeliminasi semua gangguan yang timbul, dan hal ini menjadi tantangan yang harus diambil dan menjadi target dari perencanaan maintenance secara khusus. Penggunaan metode analisa

dengan Failure Mode Effect Analysis yang di ambil penulis, memberikan mode yang cukup efektif untuk dapat menetapkan skala prioritas dalam tindakan yang sangat perlu diambil untuk menjaga kehandalan mesin mesin dan dalam menyusun perencanaan prioritas maintenance yang memerlukan perhatian khusus pada peralatan yang di kategorikan memberikan dampak yang sangat besar dalam mempengaruhi proses produksi. Metode FMEA sangat berguna di pakai dalam melakukan analisa terhadap gangguan yang sering muncul dengan frekuensi kejadian yang tinggi terutama pada industri yang mengandalkan sistem automasi dan pengendali kelistrikan yang sangat banyak serta industri yang mengandalkan teknologi terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N. A. (2025). *Analisis Maintenance menggunakan Metode Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) dan Realibility Centered Maintenance (RCM)(Studi Kasus: PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk)*. Universitas Islam Indonesia.
- Al-Refaie, A., & Syedd, N. (2021). A hybrid FMEA approach for maintenance prioritization in a manufacturing system. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Azizah, N. A. (2025). *Analisis maintenance menggunakan metode failure mode and effects analysis (FMEA) dan reliability centered maintenance (RCM) (Studi kasus: PT Chandra Asri Petrochemical Tbk)*. Universitas Islam Indonesia.
- Carpitella, S., Certa, A., Izquierdo, J., & La Fata, C. M. (2018). A combined multi-criteria approach to support FMEA analysis: Application to manufacturing process. *Reliability Engineering & System Safety*.
- Erlangga, M. (2023). *Usulan perencanaan perawatan mesin dengan metode reliability centered maintenance (RCM) dan age replacement pada mesin raking intake (Studi kasus: PT XYZ)*. Universitas Islam Indonesia.
- Fatah, M. M. A. (2024). *Perancangan penjadwalan preventive maintenance untuk meminimalisir biaya downtime menggunakan interval waktu pada mesin bucket elevator (Studi kasus pada PT Wilmar Padi Indonesia Ngawi)*. Universitas Islam Indonesia.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt Industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
- Kumar, S., & Kumar, R. (2019). Reliability engineering and maintenance planning for industrial production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 51, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.02.005>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2018). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lubis, R. (2025). *Perencanaan perawatan mesin-mesin produksi menggunakan metode RCM (Reliability Centered Maintenance)*.
- Mahapatra, S. S., & Dash, S. (2022). FMEA-driven maintenance planning for reliability

improvement in paper manufacturing plants.

- Maritha, D. C., Arvianto, A., & Saptadi, S. (2025). Usulan sistem pemeliharaan mesin oven di PT Sandang Asia Maju Abadi dengan metode reliability centered maintenance dan age replacement. *Industrial Engineering Online Journal*, 14(1).
- Mobley, R. K. (2020). *Maintenance engineering handbook* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., & Ueda, K. (2019). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621–641. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>
- MT, I. J., & MT, A. A. (2022). *Metode perawatan dan pemeliharaan mesin*. Penerbit Qiara Media.
- Purwanto, A., Megasari, A. D., & Nuryadi, N. (2025). Evaluasi manajemen pemeliharaan berbasis RCM untuk peralatan produksi berkategori vital terhadap keselamatan (Criticality A) dan proses produksi (Criticality B) pada PT EMC di Kabupaten Bojonegoro. *AKADEMIK: Jurnal Mahasiswa Humanis*, 5(1), 563–573.
- Samudera, M. C. (2025). *Implementasi reliability centered maintenance (RCM) dan age replacement dalam penentuan preventive maintenance pada mesin Beacocks II (Studi kasus: PT ABC)*. Universitas Islam Indonesia.
- Sefthian, S., Asbari, M., & Mintari, N. (2024). Analisis perencanaan kebutuhan sparepart dalam mendukung sistem manajemen operasi mesin produksi: Systematic literature review. *Jurnal Ilmu Sosial, Manajemen, Akuntansi dan Bisnis*, 1(2), 66–73.
- Wang, S., & Zhang, Y. (2022). Real-time monitoring and intelligent control in modern manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(5), 1045–1061. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2021-0187>
- Zhang, H., Wang, L., & Liu, Y. (2021). Intelligent manufacturing technologies in the pulp and paper industry. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127748. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127748>