

Analisa Penyebab Kerusakan Mesin Tenun Dengan Menggunakan Integrasi FMEA, FTA, dan Age Replacement

Analysis of the Causes of Weaving Machine Failures Using Integrated FMEA, FTA, and Age Replacement Methods

Farhan Ramadhan¹⁾, Indah Apriliana Sari W. ^{*,2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. Weaving machines play a crucial role in ensuring the smooth running of the textile production process. Repeated machine failures can lead to decreased production output and increased downtime. This study aims to identify potential failures, analyze the root causes of weaving machine failures, and prioritize appropriate repairs. The methods used are Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) to identify failure modes and root causes of damage, as well as the Age Replacement method through the calculation of Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time To Failure (MTTF) to analyze the level of machine reliability. Data were obtained from observations, interviews, and historical data of machine failures. The findings indicate that the shuttle, oil pump, and connecting rod are the most critical components of the weaving machine, as they recorded the highest Risk Priority Number (RPN) values of 360, 280, and 245, respectively. These results suggest that the three components should be given priority in maintenance planning. The analysis further revealed that their failures are primarily associated with component wear, excessive friction, poor lubricant quality, blockage within the lubrication system, excessive operating loads, high vibration levels, and improper component installation. Based on the Age Replacement analysis, the recommended preventive maintenance interval is 243 operating hours for repairable components and 87.4 operating hours for non-repairable components. Implementing these maintenance intervals is expected to reduce the frequency of machine failures, minimize downtime, and improve the overall reliability and operational performance of the weaving machine.

Keywords - Weaving Machine, FMEA, FTA, Age Replacement

Abstrak. Mesin tenun memiliki peran penting dalam menunjang kelancaran proses produksi kain. Kerusakan mesin yang terjadi secara berulang dapat menyebabkan penurunan output produksi serta meningkatnya waktu henti mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, menganalisis penyebab utama kerusakan mesin tenun, serta menentukan prioritas perbaikan yang tepat. Metode yang digunakan adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan akar penyebab kerusakan, serta metode Age Replacement melalui perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Failure (MTTF) untuk menganalisis tingkat keandalan mesin. Data diperoleh dari observasi, wawancara, dan data historis kerusakan mesin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa potensi kegagalan mesin tenun tertinggi terletak pada komponen shuttle, oil pump, dan stang karena ketiga komponen tersebut memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 360, 280, dan 245 sehingga perlu diprioritaskan dalam perawatannya. Penyebab kerusakan pada ketiga komponen berasal dari faktor keausan, gesekan, kualitas pelumas, penyumbatan sistem pelumasan, beban kerja yang berlebihan, getaran, serta kondisi pemasangan komponen yang kurang baik. Adapun jadwal preventive maintenance yang direkomendasikan adalah setiap 243 jam untuk komponen yang masih dapat diperbaiki (repairable) dan setiap 87,4 jam untuk komponen yang tidak dapat diperbaiki (non-repairable). Penerapan jadwal perawatan tersebut diharapkan dapat mengurangi frekuensi kerusakan, menekan waktu downtime, serta meningkatkan keandalan mesin tenun.

Kata Kunci - Mesin Tenun, FMEA, FTA, Age Replacement

I. PENDAHULUAN

PT. Ngoro Hui Ding Plastik adalah perusahaan manufaktur Taiwan yang menghasilkan produk berupa jumbo bag. Perusahaan ini telah beroperasi di Indonesia sejak tahun 2008 dan berlokasi di Kawasan Industri Ngoro Industri Persada, Mojokerto, Jawa Timur. Dalam proses produksinya, PT. Ngoro Hui Ding Plastik mengolah bahan baku, seperti biji plastik, menjadi *jumbo bag* melalui beberapa tahap, meliputi produksi serat, produksi kain, dan penjahitan, yang pada akhirnya menghasilkan *jumbo bag* siap pakai yang memenuhi standar kualitas dan target perusahaan.

Proses produksi di PT. Ngoro Hui Ding Plastik dilakukan dengan menggunakan mesin sebagai sarana utama. Namun, pada beberapa tahapan produksi masih sering terjadi kerusakan mesin yang berdampak langsung terhadap penurunan kuantitas hasil produksi, seperti pada proses tenun. Penurunan kuantitas hasil produksi disebabkan oleh

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

mesin yang sering mengalami penghentian operasi akibat kerusakan pada mesin tenun. Selama ini, perbaikan mesin hanya dilakukan setelah terjadi kerusakan, Kondisi ini menyebabkan mesin rentan mengalami kerusakan berulang dan berdampak pada meningkatnya waktu henti produksi (*downtime*). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu mengidentifikasi potensi kegagalan mesin secara sistematis serta menentukan prioritas perbaikan yang tepat.

Permasalahan mesin yang tidak beroperasi secara optimal dianalisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Jakpar Sidik [1], mengenai identifikasi sistem perawatan mesin press hidrolik, hasil analisis menggunakan metode FMEA menunjukkan bahwa komponen mesin press dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah pompa dengan nilai RPN sebesar 192 dan katup kendali dengan nilai RPN sebesar 245. Selanjutnya, Hasil pencarian akar permasalahan menggunakan metode FTA menghasilkan empat akar masalah utama yang disebabkan oleh faktor yang sama, yaitu tidak dilakukannya penggantian oli secara berkala serta adanya kelalaian dari pihak operator. Metode FMEA dan FTA tersebut digunakan sebagai alat pengendalian untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya produk *off-grade*. Tahapan analisis selanjutnya meliputi perhitungan *Age Replacement* berupa MTTF dan MTBF untuk mengetahui rata-rata durasi operasi mesin sebelum mengalami kerusakan serta rata-rata selang waktu antar kerusakan, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam penentuan strategi perawatan dan penjadwalan penggantian komponen yang lebih efektif.

Karena efektivitas metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam mengidentifikasi jenis kegagalan (*failure mode*), penyebab kegagalan, serta dampak yang ditimbulkan terhadap proses produksi, serta metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam menganalisis penyebab utama kerusakan secara logis dan terstruktur, maka pada penelitian ini digunakan metode FMEA dan FTA. Selain itu, untuk mengetahui tingkat keandalan mesin secara kuantitatif, dilakukan analisis menggunakan metode *Age Replacement* yang berfungsi untuk mengukur rata-rata waktu operasi mesin sebelum dan sesudah terjadinya kegagalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi terjadinya kegagalan pada mesin tenun, menganalisis faktor-faktor yang menjadi penyebab kerusakan utama, serta menetapkan prioritas tindakan perbaikan yang paling sesuai. Penerapan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Age Replacement* diharapkan mampu memberikan informasi yang komprehensif mengenai potensi kegagalan, tingkat keandalan mesin, serta interval penggantian komponen yang optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam menyusun strategi perawatan yang lebih efektif sehingga frekuensi kerusakan mesin dapat ditekan dan kelancaran proses produksi dapat terjaga.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data untuk penelitian ini dilakukan di PT. Ngoro Hui Ding Plastik yang bertempat di Ngoro Industri Persada blok S2, Jarang Sari, Lolawang, Mojokerto, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur 61385. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama 5 bulan dari bulan Juli sampai bulan November.

B. Pengambilan Data

Pada pengumpulan data diketahui bahwa berdasarkan rekap data *downtime* pada bulan Juli hingga bulan November 2025 pada PT. Ngoro Hui Ding Plastik ada beberapa komponen yang mengalami kerusakan dan dengan lamanya waktu yang mengakibatkan terjadinya *Breakdown* dapat diketahui tabel dibawah :

Tabel. 1. Rekapian Downtime Periode Juli sampai November 2025

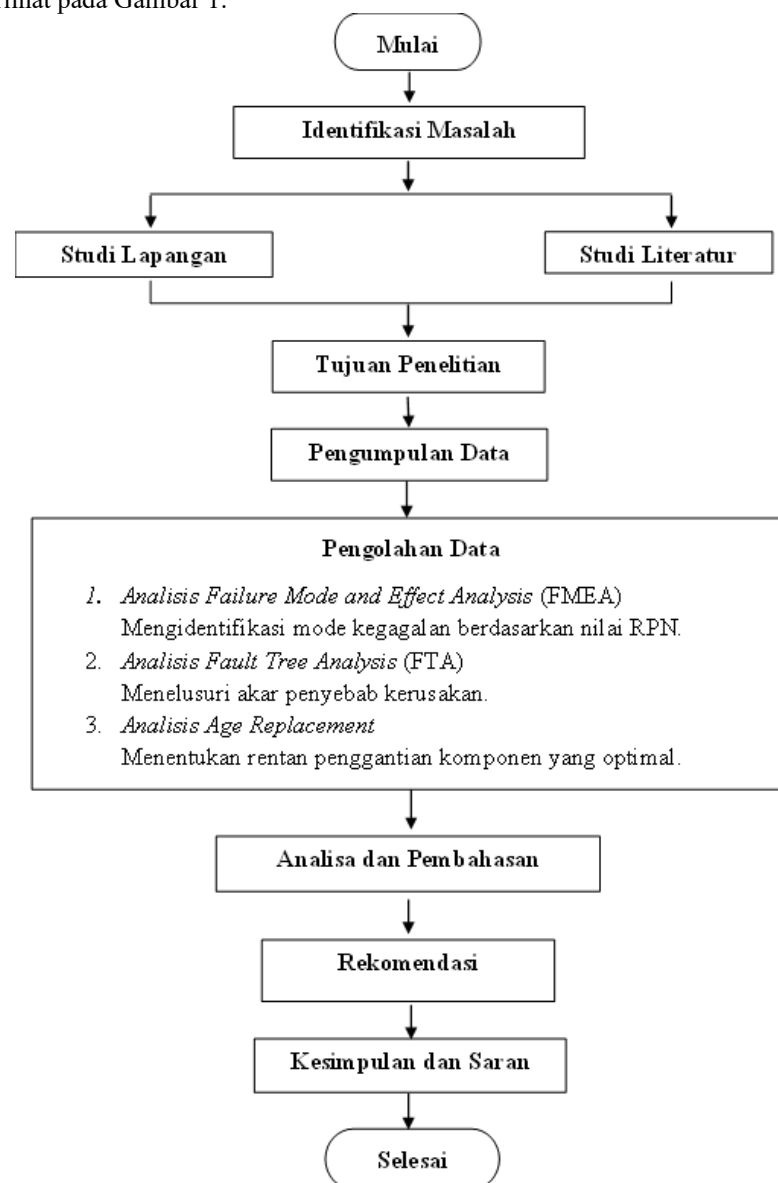
Komponen	Periode Downtime (Jam)				
	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER
shuttle	15	11,5	17	15,5	12
oil pump	2	10,5	8	7	3,5
sisir tenun	7	1	5	3	3
stang	8	3	4	11	6
roll depan	2	4,5	4	3	7
heater	2,5	0	1	4	1,5
rantai atas	1,5	3	0	7,5	3
roda pendorong	2,5	2	5	3,5	1
stoper	4	0	1	4	5
Total	44,5	35,5	45	58,5	42

Berdasarkan Tabel 1 Data kerusakan mesin di atas diketahui bahwa komponen *shuttle* merupakan komponen dengan tingkat *downtime* paling tinggi dibandingkan komponen lainnya. Selama periode pengamatan, total *downtime shuttle* mencapai 71 jam, diikuti oleh komponen stang sebesar 32 jam, *oil pump* sebesar 31jam, roll depan sebesar 20,5 jam. Tingginya *downtime* pada beberapa komponen tersebut menunjukkan bahwa komponen memiliki tingkat kegagalan yang relatif lebih tinggi sehingga perlu diprioritaskan dalam analisis perbaikannya. Dengan adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukan analisa menggunakan FMEA, FTA, dan *Age Replacement*.

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, serta dampak yang ditimbulkan, kemudian menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) [2]. Selanjutnya, *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menelusuri akar penyebab kerusakan secara sistematis sehingga faktor-faktor yang memicu kegagalan dapat diketahui [3]. Hasil dari kedua metode tersebut kemudian menjadi dasar dalam penerapan *Age Replacement* untuk menentukan interval penggantian komponen yang optimal berdasarkan umur pakainya, sehingga risiko kerusakan dapat dikurangi, *downtime* ditekan, dan efektivitas kegiatan perawatan dapat ditingkatkan [4].

C. Metodologi Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk dapat mengetahui penyebab kerusakan pada mesin tenun seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi masalah untuk menentukan permasalahan yang terjadi serta menetapkan batasan penelitian agar pembahasan tetap terarah. Selanjutnya dilakukan studi lapangan melalui observasi

dan wawancara dengan karyawan guna memperoleh gambaran mengenai kondisi perusahaan, yang kemudian didukung dengan studi literatur dari buku, jurnal, dan dokumen perusahaan sebagai landasan dalam pemilihan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Age Replacement*. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data melalui wawancara dan data perusahaan yang berkaitan dengan kerusakan mesin. Data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan metode FMEA untuk menentukan prioritas kegagalan, FTA untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan, serta *Age Replacement* untuk menentukan jadwal penggantian komponen yang optimal. Hasil pengolahan data selanjutnya dianalisis sebagai dasar penyusunan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan kesimpulan dan saran yang memuat hasil penelitian serta usulan perbaikan guna meningkatkan efektivitas kegiatan perawatan mesin.

D. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, serta menganalisis potensi risiko atau kegagalan yang dapat terjadi pada suatu sistem, desain, proses, maupun layanan. Melalui penerapan metode ini, perusahaan dapat mengenali kemungkinan terjadinya kegagalan yang memengaruhi fungsi suatu komponen, menelusuri penyebab utamanya, serta merancang langkah pencegahan yang tepat agar kegagalan serupa tidak terjadi di kemudian hari. Selain itu, FMEA juga berperan dalam menilai tingkat keparahan serta dampak yang ditimbulkan dari setiap kegagalan, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas sistem secara keseluruhan [5].

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode analisis yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai bentuk kegagalan yang dapat muncul dalam suatu sistem atau proses, serta menentukan langkah pengendalian agar dampak kegagalan tersebut dapat dikurangi sebelum produk digunakan oleh konsumen [6].

Tahapan-tahapan FMEA :

1. Melakukan pengamatan terhadap proses produksi atau kegiatan yang berlangsung.
2. Mengidentifikasi potensi mode kegagalan pada proses yang diamati.
3. Menentukan akibat (efek potensial) yang ditimbulkan oleh setiap potensi mode kegagalan.
4. Memberikan nilai *Severity* (S), yaitu penilaian terhadap tingkat keparahan atau seriusnya akibat yang ditimbulkan oleh suatu mode kegagalan.
5. Mengidentifikasi penyebab risiko (*Potential Risk Cause*) yang menjadi sumber terjadinya mode kegagalan dalam proses yang berlangsung.
6. Menetapkan nilai *Occurrence* (O), yaitu frekuensi atau kemungkinan terjadinya suatu kegagalan berdasarkan penyebab yang telah diidentifikasi.
7. Menentukan bentuk pengendalian yang telah diterapkan pada proses saat ini (*Current Process Control*) sebagai upaya untuk mencegah maupun mengendalikan potensi kegagalan.
8. Memberikan penilaian terhadap nilai *Detection* (D), yaitu tingkat kemampuan sistem pengendalian yang ada dalam mendeteksi atau mengantisipasi terjadinya kegagalan sebelum memberikan dampak pada proses.
9. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas risiko, dengan rumus:

$$RPN = S \times O \times D.$$
10. Menyusun rekomendasi tindakan perbaikan (Recommended Action) berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

Tahap ini bertujuan untuk meminimalkan peluang terjadinya kegagalan melalui pengendalian terhadap penyebab utama, meningkatkan efektivitas sistem pengawasan, serta mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh setiap mode kegagalan. Prioritas perbaikan diberikan pada mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi terlebih dahulu [7].

E. Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis risiko yang berkontribusi terhadap terjadinya suatu kegagalan. Metode ini menggunakan pendekatan *top-down*, yaitu dimulai dari asumsi adanya kegagalan utama (*top event*) kemudian ditelusuri hingga ditemukan penyebab-penyebab dasar (*root cause*).

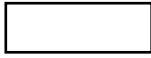
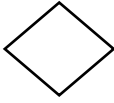
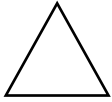
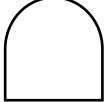
Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode analisis yang menggunakan diagram berbentuk cabang untuk menggambarkan hubungan antar peristiwa dalam suatu sistem guna mengidentifikasi potensi terjadinya kegagalan yang tidak diinginkan [8].

Melalui analisis ini, hubungan antara berbagai faktor penyebab dapat digambarkan dalam bentuk struktur pohon kesalahan (*fault tree*). Dengan demikian, *Fault Tree Analysis* dapat digunakan sebagai alat untuk menelusuri akar penyebab terjadinya kecelakaan kerja maupun kegagalan sistem secara sistematis dan terstruktur [9].

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan suatu teknik analisis pohon kesalahan yang bersifat sistematis dan digunakan sebagai alat analisis dalam mengidentifikasi potensi kegagalan. Metode ini memiliki keunggulan, antara lain mampu membantu dalam pengembangan desain, menelusuri arah terjadinya kesalahan, serta dapat dengan mudah disesuaikan untuk pengukuran atau perhitungan probabilitas kegagalan [10].

FTA mempunyai simbol-simbol khusus dalam pembuatannya, berikut merupakan penjelasan simbol-simbol FTA [11].

Tabel 2. Simbol *Fault Tree Analysis* (FTA)

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>	Peristiwa puncak yang akan ditentukan penyebab kegagalannya yang terletak dibagian teratas.
	<i>Basic Event</i>	Kejadian dasar yang tidak membutuhkan analisa lanjutan.
	<i>Conditioning Event</i>	Kejadian tertentu (bersyarat) yang digunakan pada gerbang logika bila memenuhi kondisi tertentu.
	<i>Undeveloped Event</i>	kejadian yang tidak dapat dijelaskan lebih lanjut, sehingga tidak perlu mencari penyebab kegagalan karena tidak terjadinya informasi.
	<i>Transferred Event</i>	Uraian lanjutan dari peristiwa berada di halaman selanjutnya.
	<i>Gate OR</i>	Simbol gerbang yang digunakan apabila muncul kesalahan akibat salah satu input yang terjadi.
	<i>Gate AND</i>	Simbol gerbang yang digunakan apabila kesalahan manual akibat seluruh input masalah yang terjadi.

F. Age Replacement

Metode *age replacement* digunakan untuk menentukan waktu yang tepat untuk melakukan perawatan dengan mempertimbangkan data kerusakan pada setiap komponen. Pada metode ini terdapat beberapa parameter yang digunakan sebagai dasar pengukuran, di antaranya adalah MTBF dan MTTF [12].

1. MTBF

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan parameter yang menunjukkan nilai rata-rata selang waktu terjadinya kegagalan pada mesin atau komponen, yang dihitung sejak mesin atau komponen selesai diperbaiki hingga mengalami kegagalan kembali. Pendekatan ini diterapkan pada sistem yang bersifat dapat diperbaiki. Nilai MTBF mencerminkan tingkat ketersediaan dan ketahanan mesin dalam mendukung proses operasional. Secara teknis, MTBF menggambarkan rata-rata durasi waktu mesin, komponen, subsistem, atau sistem dapat beroperasi secara normal tanpa mengalami gangguan atau kerusakan. Perhitungan MTBF dilakukan untuk mengetahui seberapa lama mesin mampu beroperasi kembali setelah perbaikan sebelum terjadinya kegagalan berikutnya. Informasi tersebut sangat penting sebagai dasar dalam penentuan strategi dan penjadwalan perawatan mesin, mengingat kurangnya perawatan dapat menyebabkan kerusakan berulang yang berpotensi menghambat kelancaran proses produksi dan menurunkan produktivitas Perusahaan [13].

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat keandalan suatu sistem atau mesin secara sederhana. Nilai MTBF diperoleh melalui perbandingan antara total waktu operasi mesin dengan jumlah kejadian kegagalan yang terjadi selama periode pengamatan [14]. MTBF dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{\text{Operation Time} - \text{Downtime}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \quad [15].$$

2. MTTF

Mean Time To Failure (MTTF) merupakan parameter keandalan yang menyatakan nilai rata-rata waktu operasi suatu aset atau sistem hingga mengalami kegagalan. MTTF digunakan pada perangkat atau komponen yang bersifat tidak dapat diperbaiki, sehingga indikator ini berfungsi untuk menggambarkan estimasi umur pakai aset sebelum terjadi kegagalan secara menyeluruh. Nilai MTTF mencerminkan lamanya periode operasional yang dapat dicapai oleh suatu aset tanpa adanya tindakan perbaikan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan penggantian aset serta evaluasi tingkat keandalan aset yang bersifat sekali pakai atau tidak dapat diperbaiki kembali setelah mengalami kerusakan [16]. MTTF dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTTF = \frac{\text{Total Opertaion Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} [17].$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi berbagai potensi kegagalan pada komponen mesin tenun, mengetahui dampak yang ditimbulkan terhadap proses produksi, serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Penilaian dilakukan menggunakan tiga parameter, yaitu *Severity* (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan, *Occurrence* (O) yang menunjukkan kemungkinan terjadinya kegagalan, dan *Detection* (D) yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

Berdasarkan hasil observasi terhadap data kerusakan mesin tenun selama periode Juli sampai November dari pendapat karyawan dibidangnya, yaitu supervisor serta mandor dari divisi tenun, diperoleh sembilan komponen utama yang sering mengalami kerusakan sehingga dilakukan analisis FMEA sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

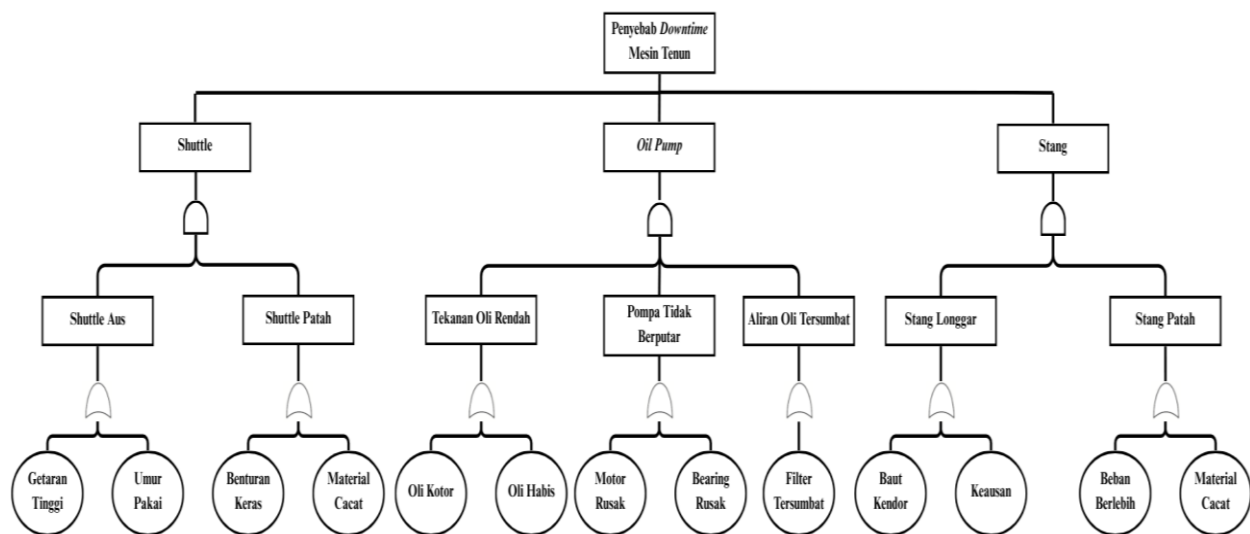
Tabel 3. Perhitungan Hasil FMEA

Komponen	Kerusakan	Efek Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN
<i>Shuttle</i>	<i>Shuttle</i> aus/pecah	Mesin berhenti total, benang putus	Gesekan terus-menerus dan umur pakai	9	8	5	360
<i>Oil Pump</i>	Pompa oli tidak bekerja	Pelumasan berkurang, komponen cepat aus	Oli kotor, pompa tersumbat	8	7	5	280
Sisir Tenun	Gigi sisir aus	Anyaman tidak rapi	Benturan benang	6	5	5	150
Stang	Stang patah	Mesin berhenti total	Beban kerja tinggi	7	7	5	245
Roll Depan	Roll aus	Benang tidak stabil	Gesekan berkepanjangan	7	6	5	210
<i>Heater</i>	<i>Heater</i> tidak panas	Kualitas produk menurun	Elemen pemanas rusak	6	4	5	120
Rantai Atas	Rantai kendur	Putaran mesin tidak stabil	Kurang pelumasan	5	5	4	100
Roda Pendorong	Roda aus	Pergerakan material tidak stabil	Gesekan tinggi	5	4	3	60
<i>Stoper</i>	<i>Stoper</i> macet	Mesin sulit berhenti otomatis	Debu dan keausan	5	4	4	80

Berdasarkan hasil analisis FMEA, komponen *shuttle*, *oil pump*, dan stang merupakan komponen kritis yang harus diprioritaskan dalam program perawatan karena memiliki nilai RPN tertinggi. komponen *shuttle* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 360, Komponen dengan prioritas kedua adalah *oil pump* yang memperoleh nilai RPN sebesar 280, Prioritas ketiga adalah komponen stang memperoleh nilai RPN sebesar 245.

2. Fault Tree Analysis (FTA)

Berdasarkan hasil FMEA sebelumnya, kemudian diperlukan analisis akar penyebab terjadinya suatu kegagalan. Sehingga digunakan metode FTA karena mampu mengidentifikasi serta menelusuri akar penyebab terjadinya suatu kegagalan secara terperinci. Analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan dengan fokus kajian pada tiga komponen yang memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu *Shuttle* sebesar 360, *Oil Pump* sebesar 280, dan Stang sebesar 245. Komponen ketiga dipilih karena memiliki tingkat risiko kegagalan yang paling tinggi sehingga perlu dilakukan penelusuran terhadap akar penyebab kerusakannya. Melalui penerapan metode FTA, faktor-faktor penyebab utama dari setiap kegagalan dapat diidentifikasi secara sistematis. Hasil analisis kerusakan pada mesin tenun disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Kerusakan pada Mesin Tenun

Berdasarkan penerapan metode yang diketahui *Fault Tree Analysis* (FTA), bahwa setiap komponen memiliki karakteristik penyebab kerusakan yang berbeda-beda. Pada komponen *Shuttle*, penyebab dominan berasal dari tingginya gesekan selama proses operasi dan penurunan kondisi akibat umur pakai. Pada komponen *Oil Pump*, kerusakan dipicu oleh kualitas oli yang menurun, penyumbatan pada *filter*, volume oli yang kurang, serta kegagalan fungsi motor pompa. Sementara itu, kerusakan pada komponen stang dipengaruhi oleh beban kerja yang melebihi kapasitas, getaran yang tinggi, baut yang tidak terpasang dengan baik, dan keausan yang terjadi akibat penggunaan secara terus-menerus.

3. Age Replacement

Setelah dilakukan identifikasi komponen kritis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan penentuan akar penyebab kerusakan melalui *Fault Tree Analysis* (FTA), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time Between Failure* (MTBF). Berikut merupakan tabel frekuensi jumlah kerusakan mesin tenun dan jam kerja efektif bulan Juli sampai bulan November 2025.

Tabel 4. Rincian Downtime Bulan Juli – November 2025

Jenis Kerusakan	Komponen	Lama Downtime	Tanggal	Jenis Kerusakan	Komponen	Lama Downtime	Tanggal
Shuttle Aus	Shuttle	3 Jam	03/07/2025	Stang Patah	Stang	1 Jam	23/09/2025
Stang Longgar	Stang	1.5 jam	04/07/2025	Shuttle Aus	Shuttle	2.5 Jam	24/09/2025
Stang Longgar	Stang	1.5 jam	13/07/2025	Aliran Oli Tersumbat	oil pump	2 Jam	25/09/2025
Shuttle Patah	Shuttle	3 Jam	14/07/2025	Tekanan Oli Rendah	oil pump	2 Jam	26/09/2025
Stang Patah	Stang	3 Jam	15/07/2025	Shuttle Patah	Shuttle	2.5 Jam	27/09/2025
Shuttle Aus	Shuttle	3 Jam	25/07/2025	Stang Patah	Stang	2.5 Jam	01/10/2025
Shuttle Patah	Shuttle	3 Jam	25/07/2025	Shuttle Patah	Shuttle	3 Jam	02/10/2025
Tekanan Oli Rendah	oil pump	2 Jam	27/07/2025	Shuttle Aus	Shuttle	3 Jam	09/10/2025
Shuttle Aus	Shuttle	3 Jam	28/07/2025	Aliran Oli Tersumbat	oil pump	2 Jam	10/10/2025
Shuttle Patah	Shuttle	3 Jam	07/08/2025	Shuttle Aus	Shuttle	3 Jam	11/10/2025
Shuttle Aus	Shuttle	2.5 Jam	10/08/2025	Tekanan Oli Rendah	oil pump	1.5 jam	11/10/2025
Aliran Oli Tersumbat	oil pump	1.5 jam	14/08/2025	Stang Longgar	Stang	2 Jam	12/10/2025
Pompa Tidak Berputar	oil pump	3 Jam	14/08/2025	Shuttle Patah	Shuttle	3,5 Jam	19/10/2025
Stang Longgar	Stang	1 Jam	14/08/2025	Stang Patah	Stang	2.5 Jam	21/10/2025

Tekanan Oli Rendah	<i>oil pump</i>	2 Jam	16/08/2025	Tekanan Oli Rendah	<i>oil pump</i>	1.5 jam	23/10/2025
<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	17/08/2025	Stang Patah	Stang	2 Jam	25/10/2025
Tekanan Oli Rendah	<i>oil pump</i>	2 Jam	22/08/2025	Pompa Tidak Berputar	<i>oil pump</i>	2 Jam	26/10/2025
Stang Patah	Stang	2 Jam	24/08/2025	<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	29/10/2025
Aliran Oli Tersumbat	<i>oil pump</i>	1.5 jam	25/08/2025	Stang Longgar	Stang	2 Jam	29/10/2025
<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	30/08/2025	<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	03/11/2025
Aliran Oli Tersumbat	<i>oil pump</i>	2 Jam	01/09/2025	Stang Patah	Stang	2.5 Jam	05/11/2025
Stang Longgar	Stang	1 Jam	04/09/2025	Stang Longgar	Stang	1 Jam	08/11/2025
<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	09/09/2025	<i>Shuttle</i> Aus	<i>Shuttle</i>	3 Jam	10/11/2025
<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	09/09/2025	Pompa Tidak Berputar	<i>oil pump</i>	1 Jam	12/11/2025
Tekanan Oli Rendah	<i>oil pump</i>	2 Jam	11/09/2025	<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	15/11/2025
Stang Longgar	Stang	1 Jam	15/09/2025	Stang Patah	Stang	2.5 Jam	19/11/2025
<i>Shuttle</i> Aus	<i>Shuttle</i>	3 Jam	19/09/2025	<i>Shuttle</i> Aus	<i>Shuttle</i>	3 Jam	25/11/2025
Stang Patah	Stang	1 Jam	20/09/2025	Tekanan Oli Rendah	<i>oil pump</i>	2 Jam	28/11/2025
<i>Shuttle</i> Patah	<i>Shuttle</i>	3 Jam	23/09/2025				

Tabel 5. Data Jam Kerja Efektif Mesin

Bulan	Jam Kerja Efektif
Juli	744
Agustus	744
September	720
Oktober	744
November	720
Total	3672

Berdasarkan data kerusakan mesin Tenun selama periode bulan Juli – November 2025 maka diperoleh perhitungan MTTF & MTBF sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{\text{Operation Time} - \text{Downtime}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$= \frac{3672 - 27}{15}$$

$$= 243 \text{ jam}$$

$$MTTF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$= \frac{3672}{42}$$

$$= 87,4 \text{ dibulatkan } 88 \text{ jam}$$

Dari perhitungan MTBF dan MTTF diperoleh perhitungan waktu terbaik untuk melakukan *Preventive maintenance* pada mesin tenun dengan kerusakan komponen yang dapat diperbaiki seperti pompa tidak berputar, aliran oli tersumbat, dan stang longgar yaitu di setiap 243 jam. Sedangkan untuk kerusakan komponen yang tidak dapat diperbaiki seperti *shuttle* aus, *shuttle* patah, Tekanan oli rendah, dan stang patah yaitu di setiap 87,4 jam.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa potensi kegagalan mesin tenun tertinggi terletak pada komponen *shuttle*, *oil pump*, dan stang karena ketiga komponen tersebut memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 360, 280, dan 245 sehingga perlu diprioritaskan dalam perawatannya. Penyebab kerusakan pada ketiga komponen berasal dari faktor keausan, gesekan, kualitas pelumas, penyumbatan sistem pelumasan, beban kerja yang berlebihan, getaran, serta kondisi pemasangan komponen yang kurang baik. Adapun jadwal *preventive maintenance* yang direkomendasikan adalah setiap 243 jam untuk komponen yang masih dapat diperbaiki (*repairable*) dan setiap 87,4 jam untuk komponen yang tidak dapat diperbaiki (*non-*

repairable). Penerapan jadwal perawatan tersebut diharapkan dapat mengurangi frekuensi kerusakan, menekan waktu downtime, serta meningkatkan keandalan mesin tenun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan bimbingan selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada pihak perusahaan yang telah memberikan izin dan menyediakan data penelitian, serta kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun sebagai bahan pertimbangan dalam upaya peningkatan sistem perawatan mesin di perusahaan.

REFERENSI

- [1] J. Sidik, W. Andalia, and T. Tamalika, "Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi)," vol. 2, no. 2, pp. 57–64, 2022, doi: 10.37905/jirev.2.2.57-64.
- [2] B. Priambodo, E. Nursanti, and I. Laksmana, "Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA," vol. 7, no. 2, pp. 7–12, 2021.
- [3] A. Wicaksono and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Meminimalkan Cacat Kaleng Di PT XYZ," vol. 1, no. 3, pp. 145–154, 2022.
- [4] M. F. Ardiansyah and E. P. Widjajati, "PENJADWALAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN MIXING DALAM PRODUKSI BRICK BATU TAHAN API DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT PADA PT . LOKA REFRACTORIES WIRA JATIM," vol. 02, no. 01, pp. 144–155, 2021.
- [5] M. B. Anthony, "Analisis Penyebab Kerusakan Unit Pompa Pendingin AC dan Kompresor Menggunakan Metode FMEA," vol. 11, no. 1, pp. 5–13, 2021.
- [6] S. Kurniawan, I. A. S. Wulandari, and T. Sukmono, "Optimalisasi Preventive Maintenance Ground Power Unit pada," vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- [7] A. Dahlan, E. B. Leksono, and M. Z. Fathoni, "IDENTIFIKASI DAN ANALISIS RISIKO OPERASIONAL PADA DIVISI PRODUKSI PERUSAHAAN VULKANISIR BAN MENGGUNAKAN METODE RISK MANAGEMENT DENGAN PENDEKATAN FMEA DAN FTA," *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.)*, vol. 02, no. 01, pp. 44–61, 2021.
- [8] A. T. Setiawan, I. A. S. Wulandari, R. B. Jakaria, and A. S. Cahyana, "Analysis of Causes of Machine Damage at Mill Stations Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) [Analisis Penyebab Kerusakan Mesin pada Stasiun Gilingan Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault," pp. 1–9, 2023.
- [9] N. M. D. Andran, A. Zaini, A. F. Azzam, and H. F. Satoo, "PENGENDALIAN KUALITAS ROLL KERTAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA)," vol. 1, no. 1, pp. 147–153, 2023.
- [10] S. Rezain, K. Sungkana, A. Ratnaningsih, and J. Widodo, "Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Menggunakan Metode Fault Tree Analysis," vol. 3, no. 1, pp. 25–30, 2023.
- [11] E. Krisnaningsih, P. Gautama, and M. F. K. Syams, "Usulan perbaikan kualitas dengan menggunakan metode fta dan fmea," vol. 4, no. 1, 2021.
- [12] S. N. Hidayah, "Penentuan Interval Perawatan Mesin Wood Pallet Secara Preventif Dengan Metode Modularity Design Dan Age Repalcement Pada PT Yale Woodpallet Indonesia," vol. 2, no. 2, 2023.

- [13] M. H. Habibi, Sutrisno, and A. Jibril, “Analisis Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR) Mesin Cold Storage,” vol. 4, no. 4, pp. 1410–1421, 2025.
- [14] I. Mujiarto, E. I. Asmoro, and Kundori, “PENGUKURAN LAJU KERUSAKAN DENGAN MENGINDIKASIKAN NILAI MTBF DALAM MANAJEMEN PERAWATAN MESIN PADA PT. AIC,” vol. 1, no. 3, pp. 14–23, 2022.
- [15] S. Sukmawati, A. S. Rini, and P. C. A. Saputra, “ANALISIS PERAWATAN SISTEM COAL PULVERIZER MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PLTU BANTEN 1 SURALAYA 8,” vol. 4, no. 2, pp. 415–428, 2024.
- [16] J. Apriyanto, “Perancangan dan Penerapan Sistem Informasi Maintenance di PT . XYZ untuk Mengukur Kinerja Mesin,” vol. 3, no. 4, pp. 399–411, 2024, doi: 10.55123/insologi.v3i4.4018.
- [17] H. Tamitakarza and I. W. Suweca, “ANALYSIS OF SPARE PARTS REQUIREMENTS BASED ON THE FAILURE RATE OF A COMPONENT USING THE POISSON PROCESS METHOD IN A CASE STUDY AT PT . XYZ,” vol. 16, no. 2, pp. 611–628, 2025, doi: 10.21776/jrm.v16i2.1849.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.