

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	8

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

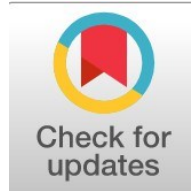
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

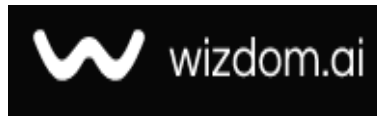
How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

***Risk-Based Maintenance Prioritization of Circular Loom Components
Using FMEA and RCM II***

**Penentuan Prioritas Pemeliharaan Berbasis Risiko untuk Komponen
Mesin Tenun Melingkar Menggunakan FMEA dan RCM II**

Maulida Durrotun Nafis, 22032010239@student.upnjatim.ac.id

Program Studi Teknik Industri, Universitas Veteran Jawa Timur, Indonesia

Joumil Aidil S. ZS., joumilaidil.ti@upnjatim.ac.id (*)

Program Studi Teknik Industri, Universitas Veteran Jawa Timur, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Equipment reliability and preventive maintenance are essential for maintaining production continuity and minimizing unplanned downtime in manufacturing systems. **Specific Background:** Circular Loom machines are central to woven bag production, recording 262 failures and 87,230 minutes of downtime between March 2025 and March 2026. **Knowledge Gap:** Component-specific failure risk prioritization and appropriate maintenance intervals are required to address recurring operational disruptions. **Aims:** This study identifies critical machine components, evaluates failure risks, and determines maintenance strategies and intervals using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Reliability-Centered Maintenance II (RCM II). **Results:** Pareto analysis identified six critical components accounting for approximately 78% of total downtime. All exhibited very high failure risks, with the Shuttle recording the highest Risk Priority Number (RPN) of 448, followed by the Arm and Lever (392), Motor Winder (336), and V-Belt and Roll Winder (294). Recommended maintenance intervals were four days for the V-Belt, five days for the Arm and Motor Winder, 50 days for the Lever, 59 days for the Roll Winder, and 63 days for the Shuttle. **Novelty:** The study integrates downtime-based component prioritization, failure risk assessment, and RCM II decision-based maintenance scheduling within a unified analytical framework. **Implications:** The proposed on-condition inspection, scheduled restoration, and scheduled discard strategies provide actionable recommendations for reducing equipment failures, controlling maintenance costs, and supporting production continuity.

Highlights:

- The Shuttle recorded the highest Risk Priority Number of 448.
- Preventive servicing intervals ranged from 4 to 63 days.
- Three scheduled maintenance strategies were recommended based on failure characteristics.

Keywords: Circular Loom, Downtime, Failure mode and Effects Analysis (FMEA), Maintenance, Reliability-Centered Maintenance II (RCM II).

Published date: 2026-10-14

Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan manusia menuntut perusahaan manufaktur untuk mampu menjalankan proses produksi secara kontinu dan efisien. Dalam sistem produksi, mesin merupakan elemen utama yang berperan dalam menjaga kelancaran operasional. Kerusakan mesin dapat menyebabkan proses produksi terhenti, produktivitas menurun, serta target produksi sulit tercapai [1]. Selain itu, kondisi mesin yang tidak optimal juga berpotensi menimbulkan risiko keselamatan kerja sehingga diperlukan sistem perawatan yang terencana untuk menjaga keberlangsungan proses produksi [2]. Keandalan (*reliability*) mesin merupakan kemampuan suatu mesin untuk beroperasi sesuai fungsinya dalam periode tertentu [3]. Namun, kegiatan perawatan yang belum optimal sering menyebabkan terjadinya *downtime*, yaitu kondisi ketika mesin tidak dapat beroperasi sehingga proses produksi terganggu dan *output* menurun [4]. PT XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi benang jahit, karung semen *AD Star*, *woven bag*, dan *jumbo bag*. Dalam proses produksinya, perusahaan masih menghadapi tingginya tingkat kecacatan produk *woven bag*, terutama cacat keperet, rajutan lubang, rajutan renggang, dan sambungan isolasi yang sebagian besar berasal dari proses penenunan pada mesin Circular Loom. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keandalan mesin Circular Loom belum optimal sehingga diperlukan sistem perawatan yang lebih efektif. Berdasarkan data perusahaan, mesin Circular Loom merupakan mesin dengan tingkat kerusakan dan *downtime* tertinggi dibandingkan mesin produksi lainnya. Selama periode Maret 2025–Maret 2026, mesin Circular Loom mengalami frekuensi kerusakan sebanyak 262 kali dengan total *downtime* mencapai 87.230 menit, sedangkan total *downtime* seluruh mesin produksi sebesar 90.100 menit. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh *downtime* produksi berasal dari mesin Circular Loom sehingga mesin tersebut menjadi prioritas dalam penelitian. Permasalahan tersebut dapat diatasi melalui penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dan *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA). Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sedangkan RCM II digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang paling sesuai beserta interval perawatan yang optimal. Penerapan RCM II dan FMEA mampu mengidentifikasi komponen kritis, menentukan jenis tindakan perawatan (*Scheduled On Condition Task*, *Scheduled Restoration Task*, dan *Scheduled Discard Task*), serta menurunkan *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan komponen kritis pada mesin Circular Loom, menganalisis tingkat risiko kegagalan menggunakan metode FMEA, menentukan strategi perawatan berdasarkan RCM II, serta menetapkan interval perawatan yang optimal. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi PT XYZ dalam meningkatkan efektivitas sistem perawatan, mengurangi *downtime*, dan mendukung kelancaran proses produksi *woven bag*.

Perawatan (*maintenance*) merupakan kegiatan untuk menjaga atau mengembalikan kondisi mesin agar tetap berfungsi sesuai standar operasional [5]. Tujuan perawatan adalah meningkatkan keandalan mesin, memperpanjang umur pakai, serta meminimalkan *downtime* [6]. Mesin Circular Loom merupakan mesin utama dalam proses produksi *woven bag* yang berfungsi menenun benang polipropilena (PP) menjadi kain tenun berbentuk tabung. Mesin ini bekerja secara kontinu melalui koordinasi berbagai komponen, seperti *Heal Belt*, *Shuttle*, *Arm*, *Lever*, *Motor Winder*, dan *Roll Winder*. Kerusakan pada salah satu komponen dapat mengganggu proses penenunan, menurunkan kualitas hasil tenun, serta menyebabkan *downtime* [7]. *Planned maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan jadwal yang telah direncanakan [8]. *Preventive maintenance* dilakukan secara berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan sebelum kegagalan terjadi [9]. *Corrective maintenance* dilakukan setelah terjadi kerusakan untuk mengembalikan fungsi mesin [10]. *Predictive maintenance* dilakukan berdasarkan kondisi aktual mesin melalui kegiatan pemantauan (*condition monitoring*) [11]. *Unplanned maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara tiba-tiba akibat terjadinya kerusakan yang tidak direncanakan [12]. *Downtime* merupakan kondisi ketika mesin berhenti beroperasi sehingga mengganggu proses produksi dan menurunkan produktivitas perusahaan [13]. Keandalan (*Reliability*) merupakan probabilitas suatu komponen atau sistem dapat beroperasi sesuai fungsinya dalam periode waktu tertentu. Tingkat keandalan dipengaruhi oleh karakteristik kegagalan komponen selama masa operasinya [14]. Laju kegagalan (*Failure Rate*) menunjukkan frekuensi terjadinya kegagalan suatu komponen dalam satuan waktu. Karakteristik laju kegagalan umumnya digambarkan menggunakan *Bathtub Curve* yang terdiri atas fase *infant mortality*, *useful life*, dan *wear out* [15]. Kuesioner digunakan sebagai metode pengumpulan data untuk memperoleh penilaian responden terhadap kondisi dan tingkat kegagalan komponen [16]. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) [17]. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang paling tepat berdasarkan fungsi, konsekuensi kegagalan, dan karakteristik komponen [18]. Distribusi probabilitas digunakan untuk menentukan model distribusi data kegagalan yang sesuai melalui uji *Goodness of Fit*. *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) digunakan sebagai dasar perhitungan parameter keandalan komponen. *Mean Time to Failure* (MTTF) digunakan untuk menentukan rata-rata waktu operasi komponen sebelum mengalami kegagalan [19]. *Mean Time to Repair* (MTTR) digunakan untuk menghitung rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan [20]. Diagram Pareto digunakan untuk menentukan komponen kritis berdasarkan kontribusi *downtime* terbesar sehingga dapat menjadi prioritas dalam penyusunan strategi perawatan [21].

Metode

Penelitian dilaksanakan di PT XYZ, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, pada Februari 2026 hingga seluruh data penelitian diperoleh. Objek penelitian adalah mesin Circular Loom yang digunakan pada proses produksi *woven bag*. Variabel penelitian terdiri atas variabel terikat, yaitu tingkat *downtime* mesin Circular Loom, dan variabel bebas yang meliputi kerusakan komponen, penyebab kerusakan (*failure mode*), serta frekuensi kerusakan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur digunakan untuk memperoleh dasar teori mengenai metode *Reliability Centered Maintenance* II (RCM II) dan *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA). Studi lapangan dilakukan melalui observasi terhadap kondisi mesin dan dokumen perusahaan serta wawancara dengan supervisor dan operator untuk memperoleh informasi mengenai *downtime* dan proses perawatan. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan dan pengumpulan data yang meliputi data *downtime*, komponen mesin, *Time to Failure* (TTF), *Time to Repair* (TTR), serta biaya perawatan. Selanjutnya disusun *Functional Block Diagram* (FBD) dan dilakukan analisis Pareto untuk menentukan komponen kritis. Komponen kritis kemudian dianalisis menggunakan FMEA dengan menghitung nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan *Risk Priority Number* (RPN). Data TTF dan TTR dianalisis menggunakan Minitab untuk menentukan distribusi terbaik, kemudian dihitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Nilai tersebut digunakan untuk menentukan biaya perawatan dan interval penjadwalan perawatan. Selanjutnya disusun RCM II *Decision Worksheet* untuk menentukan jenis tindakan perawatan (*Scheduled On Condition*, *Scheduled Restoration*, atau *Scheduled Discard*).

1. Data Downtime Komponen Mesin Circular Loom

Data *downtime* diperoleh dari laporan histori kerusakan mesin Circular Loom selama periode Maret 2025 sampai Maret 2026. Data ini digunakan untuk mengetahui besarnya waktu berhenti (*downtime*) dan frekuensi kerusakan setiap komponen sehingga dapat ditentukan komponen yang memberikan kontribusi terbesar terhadap *downtime* mesin. Hasil pengumpulan data menunjukkan bahwa total *downtime* mesin Circular Loom selama periode penelitian mencapai 87.230 menit dengan frekuensi kerusakan sebanyak 262 kali. Berdasarkan data tersebut, *V-Belt (Heal Belt)* merupakan komponen dengan *downtime* tertinggi, yaitu sebesar 23.440 menit dengan frekuensi kerusakan 59 kali, diikuti oleh *Arm* sebesar 15.630 menit dengan 38 kali kerusakan, dan Motor Winder sebesar 14.135 menit dengan 32 kali kerusakan. Komponen lainnya memiliki nilai *downtime* yang relatif lebih rendah, seperti *Shuttle* sebesar 5.610 menit, *Lever* sebesar 5.040 menit, *Roll Winder* sebesar 4.535 menit, Rantai Winder sebesar 4.175 menit, Motor Induksi sebesar 4.035 menit, *Gear Tension* sebesar 3.645 menit, Motor *Take Up* sebesar 3.630 menit, serta Main Motor sebesar 3.355 menit, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Total Downtime Komponen Mesin Circular Loom

No.	Komponen	Total Downtime	Frekuensi
1	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	23440	59
2	<i>Arm</i>	15630	38
3	Motor Winder	14135	32
4	<i>Shuttle</i>	5610	16
5	<i>Lever</i>	5040	30
6	<i>Roll Winder</i>	4535	20
7	Rantai Winder	4175	15
8	Motor Induksi	4035	12
9	<i>Gear Tension</i>	3645	16
10	Motor <i>Take Up</i>	3630	9
11	Main Motor	3355	15
	Total	87230	262

2. Data Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR)

Data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) diperoleh dari histori kerusakan masing-masing komponen mesin selama periode penelitian. TTF menunjukkan selang waktu antar terjadinya kerusakan pada suatu komponen, sedangkan TTR menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen hingga mesin kembali beroperasi. Data TTF dan TTR dikumpulkan untuk seluruh komponen mesin Circular Loom, yaitu *Gear Tension*, *Arm*, *Roll Winder*, Motor Winder, Motor Induksi, Motor *Take Up*, *V-Belt (Heal Belt)*, *Shuttle*, Rantai Winder, Main Motor, dan *Lever*. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk menentukan distribusi probabilitas menggunakan perangkat lunak Minitab, kemudian menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) sebagai dasar penentuan interval perawatan yang optimal. Dibawah ini merupakan data total TTF dan TTR komponen Circular Loom yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Total TTF Dan TTR Komponen Circular Loom

No	Komponen	Jumlah Data	Total TTR (Menit)	Total TTF (Menit)
1	<i>Gear Tension</i>	16	3.645	417.600
2	<i>Arm</i>	38	15.630	564.480
3	<i>Roll Winder</i>	20	4.535	540.000
4	Motor Winder	32	14.135	518.400
5	Motor Induksi	12	4.035	460.800
6	Motor <i>Take Up</i>	9	3.630	394.560
7	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	58	23.440	501.120
8	<i>Shuttle</i>	16	5.610	525.600
9	Rantai Winder	15	4.095	529.920
10	Main Motor	15	3.375	483.840
11	<i>Lever</i>	30	5.040	489.600

3. Data Penyebab dan Dampak Kegagalan

Data penyebab kegagalan (*failure cause*) dan dampak kegagalan (*failure effect*) diperoleh melalui observasi langsung serta wawancara dengan teknisi *maintenance* dan operator mesin Circular Loom. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa penyebab kerusakan pada setiap komponen umumnya dipengaruhi oleh keausan akibat gesekan terus-menerus, kurangnya pelumasan, beban kerja yang tinggi, pemasangan komponen yang kurang tepat, gangguan kelistrikan, *overheating*, serta usia pakai komponen. Dampak kegagalan yang ditimbulkan antara lain terganggunya proses penenunan, ketidakstabilan putaran mesin, terganggunya sistem penggulangan, menurunnya kualitas anyaman, meningkatnya produk cacat, hingga terjadinya *downtime* mesin yang menyebabkan proses produksi berhenti. Informasi mengenai fungsi komponen, penyebab kegagalan, dan dampak kegagalan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA). Dibawah ini merupakan data fungsi penyebab dan dampak kegagalan komponen kritis yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Fungsi Penyebab dan Dampak Kegagalan Komponen Kritis

No.	Komponen	Fungsi	Failure (Kegagalan)	Failure mode (Penyebab Kegagalan)	Failure Effect (Dampak Kegagalan)
1	Arm	Berfungsi sebagaiudukan dan penyangga komponen <i>Shuttle</i> serta perangkat penekan benang untuk menjaga kestabilan pergerakan benang pakan sehingga dapat terjalin dengan baik bersama benang lusi dan membentuk anyaman tubular secara kontinu.	Arm mengalami keausan, bengkok, longgar, atau patah.	Gesekan dan getaran yang terjadi terus-menerus, beban kerja berlebih, pemasangan yang kurang tepat, dan usia pakai komponen yang tinggi.	Posisi <i>Shuttle</i> menjadi tidak stabil, proses penjalinan benang terganggu, hasil anyaman menjadi tidak rapi, dan berpotensi menyebabkan <i>downtime</i> mesin.
2	Gear Tension	Berfungsi mengatur dan menjaga kestabilan keregangan (<i>tension</i>) benang lusi, mengontrol kerapatan anyaman, serta mengatur putaran sistem penggulung agar lebar, gramatur, dan bentuk kain tubular tetap seragam selama proses penenunan berlangsung.	Gear Tension mengalami keausan, kerusakan gigi, longgar, atau tidak dapat bekerja secara optimal.	Gesekan yang terjadi terus-menerus, kurangnya pelumasan, penyetelan yang tidak sesuai, beban kerja yang tinggi, dan usia pakai komponen yang sudah lama.	Tegangan benang menjadi tidak stabil, benang mudah putus, anyaman tidak rata, lebar kain berubah, gramatur tidak seragam, dan kualitas hasil produksi menurun.
3	Lever	Berfungsi mengarahkan, menopang, dan menjaga kestabilan jalannya anyaman atau lembaran kain hasil tenun menuju bagian atas mesin agar proses penggulangan berlangsung lancar dan rapi.	Lever mengalami keausan, bengkok, longgar, atau rusak.	Gesekan terus-menerus, beban kerja berlebih, pemasangan kurang tepat, dan usia pakai komponen.	Jalur anyaman menjadi tidak stabil, hasil anyaman bergeser, proses penggulangan terganggu, dan dapat menyebabkan <i>downtime</i> mesin.
4	Main Motor	Berfungsi sebagai sumber tenaga utama yang menggerakkan seluruh sistem kerja mesin circular loom selama proses penenunan berlangsung.	Main motor mengalami gangguan atau berhenti beroperasi.	<i>Overheating</i> , beban kerja berlebih, gangguan kelistrikan, kurangnya perawatan, dan usia pakai komponen.	Mesin berhenti beroperasi secara keseluruhan sehingga proses produksi terhenti.
5	Motor Induksi	Berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menggerakkan komponen tertentu pada mesin circular loom.	Motor induksi mengalami kerusakan atau tidak bekerja optimal.	Bearing aus, suhu berlebih, gangguan kelistrikan, dan kurangnya perawatan.	Putaran mesin tidak stabil sehingga mengganggu proses produksi.
6	Motor Take Up	Berfungsi menggerakkan sistem penarik dan penggulung kain tubular hasil anyaman agar proses penggulangan berlangsung stabil.	Motor Take Up mengalami kerusakan atau berhenti bekerja.	Beban kerja tinggi, gangguan kelistrikan, <i>overheating</i> , dan usia pakai komponen.	Proses penggulangan hasil produksi terganggu sehingga kualitas produk menurun.
7	Motor Winder	Berfungsi menggerakkan sistem penggulangan dan menjaga kelancaran suplai benang selama proses penenunan.	Motor winder mengalami kerusakan atau berhenti bekerja.	<i>Overload</i> , <i>overheating</i> , gangguan listrik, dan usia pakai komponen.	Suplai benang terganggu dan proses produksi menjadi terhambat.
8	Rantai Winder	Berfungsi meneruskan putaran tenaga ke sistem penggulangan agar proses penggulangan berjalan stabil.	Rantai winder mengalami keausan, kendor, atau putus.	Pelumasan kurang, ketegangan rantai tidak sesuai, dan usia pakai komponen.	Sistem penggulangan terganggu dan menyebabkan <i>downtime</i> mesin.
9	Roll Winder	Berfungsi menggulung kain tubular hasil anyaman agar tersusun rapi dan siap diproses pada tahapan berikutnya.	Roll winder mengalami keausan atau kerusakan.	Gesekan berkepanjangan, beban kerja berlebih, dan kurangnya perawatan.	Hasil produksi tidak tergulung dengan baik dan kualitas produk menurun.
10	Shuttle	Berfungsi membawa benang pakan dan menyisipkannya ke dalam benang lusi untuk membentuk anyaman tubular secara terus-menerus.	Shuttle mengalami keausan, macet, atau rusak.	Gesekan tinggi, penumpukan debu, benturan, dan usia pakai komponen.	Anyaman terganggu, benang mudah putus, dan mesin dapat berhenti beroperasi.
11	V-Belt (Heal Belt)	Berfungsi meneruskan tenaga putar antar komponen mesin agar seluruh sistem bekerja secara sinkron.	V-Belt mengalami keausan, kendur, retak, atau putus.	Gesekan terus-menerus, tegangan <i>belt</i> yang tidak sesuai, kurangnya pemeriksaan, dan usia pakai komponen.	Putaran komponen menjadi tidak stabil, kinerja mesin menurun, dan dapat menyebabkan <i>downtime</i> mesin.

4. Data Biaya Komponen

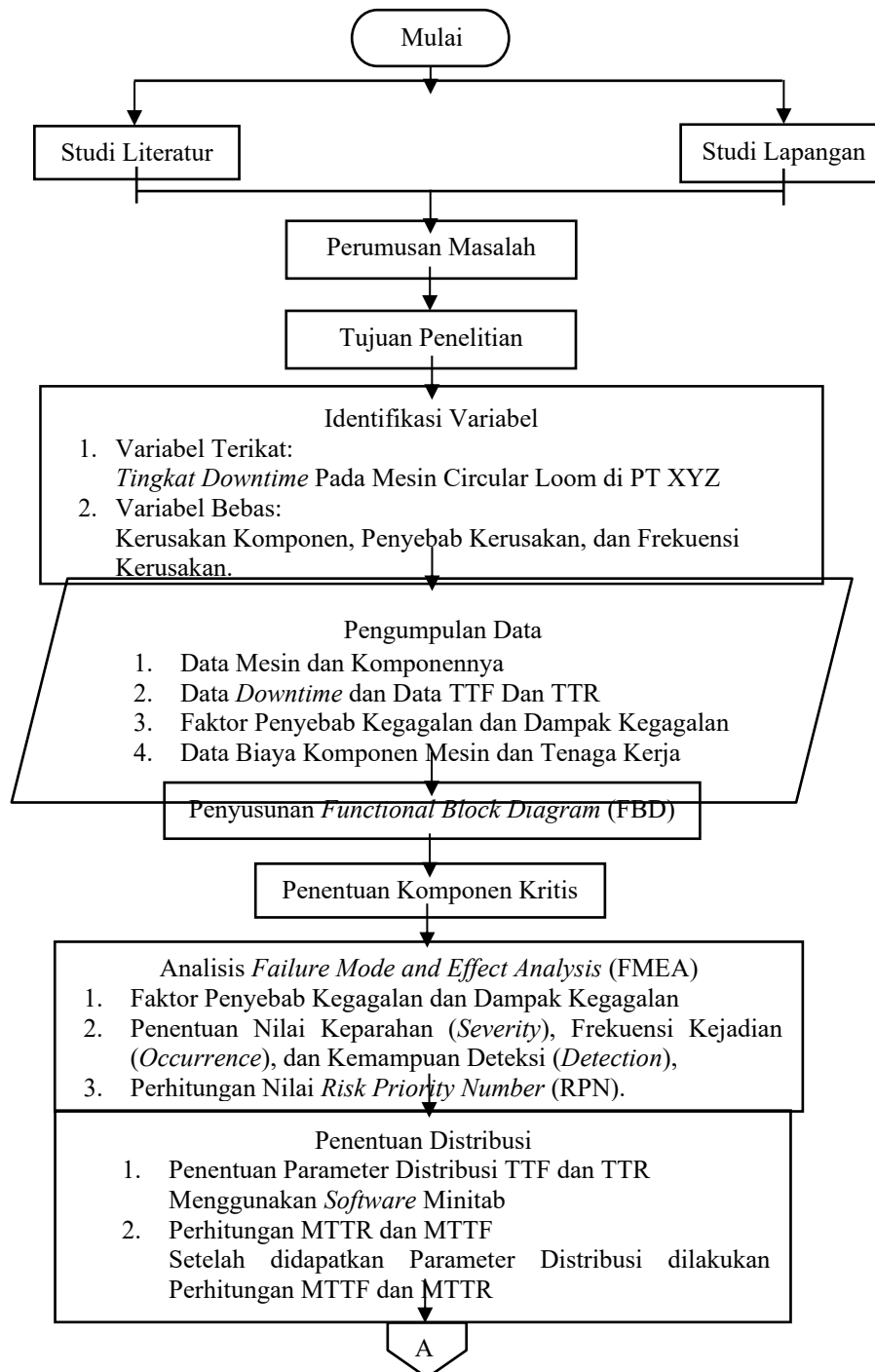
Data biaya komponen diperoleh dari bagian *maintenance* PT XYZ dan digunakan dalam perhitungan biaya perawatan. Harga komponen bervariasi sesuai dengan jenis komponen. Komponen dengan harga terendah adalah *V-Belt (Heal Belt)* sebesar Rp87.500, sedangkan komponen dengan harga tertinggi adalah Main Motor sebesar Rp5.000.000. Komponen lainnya memiliki harga antara Rp150.000 hingga Rp2.500.000. Data biaya tersebut digunakan sebagai dasar dalam menghitung biaya penggantian komponen baik secara preventif maupun korektif.

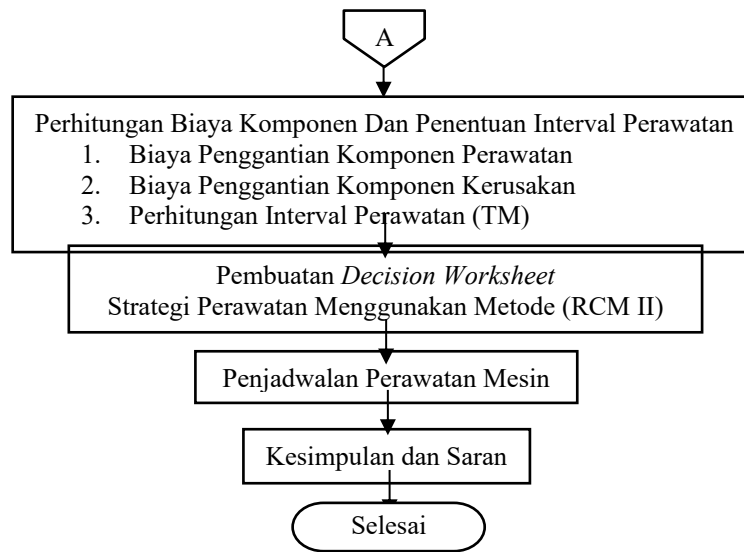
5. Data Biaya Tenaga Kerja

Selain biaya komponen, penelitian ini juga menggunakan data biaya tenaga kerja *maintenance* yang diperoleh dari perusahaan. Biaya tenaga kerja terdiri atas operator mesin Circular Loom sebesar Rp4.500.000 per bulan dan teknisi *maintenance* sebesar Rp5.000.000 per bulan. Data biaya tenaga kerja digunakan bersama biaya komponen dalam analisis biaya perawatan sehingga diperoleh interval perawatan yang mampu meminimalkan biaya serta mengurangi kemungkinan terjadinya *downtime*.

6. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Langkah-langkah pemecahan masalah atau *flowchart* tersebut menunjukkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah hingga penyusunan rekomendasi strategi dan interval perawatan mesin Circular Loom. Alur penelitian atau *flowchart* dalam menyelesaikan permasalahan disajikan pada Gambar 1.



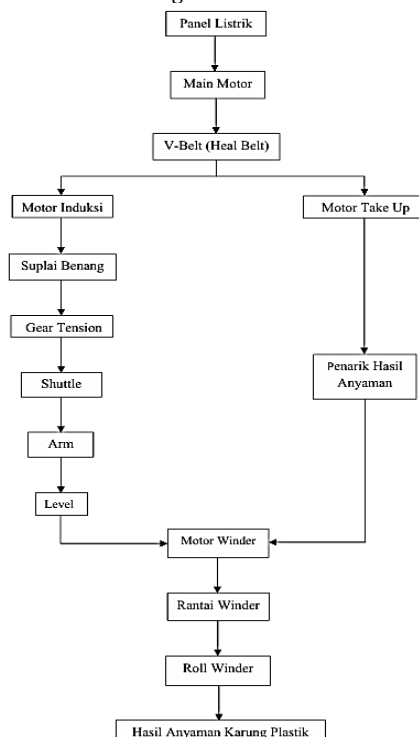


Gambar 1. Flowchart

Hasil dan Pembahasan

A. Functional Block Diagram (FBD)

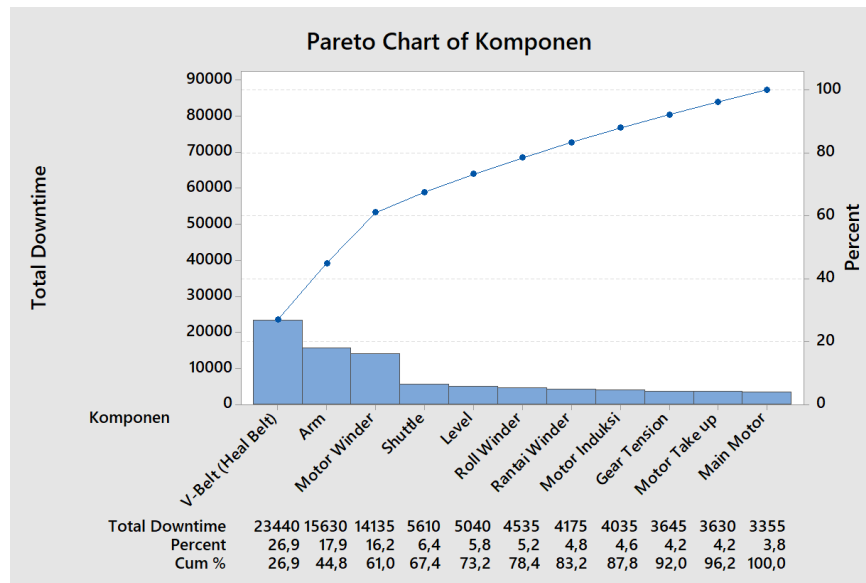
Functional Block Diagram (FBD) digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen serta aliran fungsi pada sistem mesin Circular Loom. Proses diawali dari panel listrik yang menyalurkan energi ke Main Motor sebagai penggerak utama. Putaran kemudian diteruskan melalui V-Belt (Heal Belt) menuju Motor Induksi, Gear Tension, Shuttle, Arm, dan Lever yang berfungsi dalam proses penenunan benang. Selanjutnya Motor Take Up, Motor Winder, Rantai Winder, dan Roll Winder berperan dalam proses penarikan serta penggulungan hasil anyaman hingga menjadi produk akhir berupa kain tenun plastik. FBD menunjukkan bahwa seluruh komponen saling berhubungan dalam satu sistem sehingga kerusakan pada salah satu komponen dapat mengganggu proses produksi dan menyebabkan *downtime* pada mesin Circular Loom. Diagram FBD mesin Circular Loom ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Functional Block Diagram (FBD)

B. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dilakukan menggunakan Diagram Pareto berdasarkan total *downtime* setiap komponen selama periode penelitian. Metode Pareto mengacu pada prinsip 80/20, yaitu sebagian besar permasalahan disebabkan oleh sebagian kecil komponen yang paling dominan. Hasil analisis menunjukkan bahwa *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, *Motor Winder*, *Shuttle*, *Lever*, dan *Roll Winder* merupakan komponen yang memberikan kontribusi terbesar terhadap *downtime* mesin. Keenam komponen tersebut menyumbang sekitar 78% dari total *downtime* sehingga ditetapkan sebagai komponen kritis yang menjadi prioritas dalam analisis RCM II dan FMEA. Rantai Winder, Motor Induksi, *Gear Tension*, *Motor Take Up*, dan Main Motor memiliki kontribusi *downtime* yang relatif lebih kecil sehingga menjadi prioritas berikutnya. Berdasarkan perhitungan persentase *downtime* pada komponen kritis, *V-Belt (Heal Belt)* memiliki *downtime* tertinggi sebesar 23.440 menit (34%), diikuti *Arm* sebesar 15.630 menit (23%), *Motor Winder* sebesar 14.135 menit (21%), *Shuttle* sebesar 5.610 menit (8%), *Lever* sebesar 5.040 menit (7%), dan *Roll Winder* sebesar 4.535 menit (7%). Secara kumulatif, tiga komponen utama yaitu *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, dan *Motor Winder* telah menyumbang sekitar 78% dari total *downtime*, sehingga ditetapkan sebagai prioritas utama dalam kegiatan perawatan untuk meminimalkan *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin Circular Loom. Hasil Diagram Pareto disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto

C. Failure mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah komponen kritis ditentukan melalui analisis Pareto, dilakukan analisis menggunakan metode *Failure mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, penyebab, dampak kegagalan yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penyebab dan Dampak Kegagalan Komponen Kritis

Komponen	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure mode (FM)	Failure Effect
V-Belt (Heal Belt)	1 Meneruskan tenaga putar dari motor ke komponen transmisi sehingga seluruh sistem bekerja secara sinkron.	A V-Belt tidak mampu meneruskan tenaga putar secara optimal.	1 Gesekan terus-menerus menyebabkan V-Belt mengalami keausan.	Putaran komponen menjadi tidak stabil sehingga proses penenunan terganggu. Tenaga putar tidak tersalur secara maksimal sehingga kinerja mesin menurun. Mesin berhenti beroperasi sehingga menyebabkan downtime produksi.
		B V-Belt tidak mempertahankan tegangan transmisi tenaga.	2 Tegangan belt tidak sesuai sehingga V-Belt menjadi kendur.	
		C V-Belt gagal meneruskan tenaga putar.	3 Usia pakai komponen melebihi batas sehingga V-Belt putus.	
Arm	1 Menopang Shuttle dan menjaga	A Arm tidak mampu menopang Shuttle secara stabil.	1 Gesekan terus-menerus menyebabkan	Posisi Shuttle menjadi tidak stabil sehingga

Komponen		Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure mode (FM)	Failure Effect		
Motor Winder	1	kestabilan pergerakan benang pakan selama proses penenunan.	B	Arm tidak mampu menjaga posisi Shuttle tetap stabil.	2	Arm mengalami keausan.	anyaman terganggu.
			C	Arm gagal menopang Shuttle.	3	3. Usia pakai komponen menyebabkan Arm patah.	Jalur Shuttle berubah sehingga kualitas anyaman menurun.
			A	Motor tidak mampu menghasilkan putaran yang dibutuhkan.	1	Beban kerja melebihi kapasitas motor (<i>overload</i>).	Shuttle tidak dapat bekerja sehingga mesin berhenti beroperasi.
	1	Menggerakkan sistem penggulangan dan menjaga kontinuitas suplai benang selama proses penenunan.	B	Motor tidak mampu beroperasi secara kontinu.	2	Pendinginan motor kurang optimal menyebabkan <i>overheating</i> .	Suplai benang terganggu sehingga proses produksi tidak stabil.
			C	Motor gagal menggerakkan sistem penggulangan.	3	Usia pakai komponen menyebabkan motor rusak.	Motor berhenti bekerja dan proses produksi terhenti sementara.
			A	Shuttle tidak mampu membawa benang pakan secara optimal.	1	Gesekan tinggi menyebabkan Shuttle mengalami keausan.	Sistem penggulangan berhenti sehingga mesin mengalami <i>downtime</i> .
	1	Membawa dan menyisipkan benang pakan ke dalam benang lusi untuk membentuk anyaman tubular secara kontinu.	B	Shuttle tidak mampu bergerak dengan lancar.	2	Penumpukan debu menyebabkan Shuttle macet.	Anyaman menjadi tidak sempurna dan kualitas produk menurun.
			C	Shuttle gagal menyisipkan benang pakan.	3	Benturan dan usia pakai menyebabkan Shuttle rusak.	Benang sering putus sehingga proses penenunan terhenti.
			A	Lever tidak mampu mengarahkan jalannya anyaman.	1	Gesekan terus-menerus menyebabkan Lever mengalami keausan.	Mesin berhenti beroperasi sehingga menyebabkan <i>downtime</i> produksi.
	1	Mengarahkan dan menjaga kestabilan jalannya anyaman menuju Roll Winder.	B	Lever tidak mampu menjaga posisi jalannya anyaman.	2	Beban kerja berlebih menyebabkan Lever bengkok.	Jalur anyaman menjadi tidak stabil.
C			Lever gagal menopang jalannya anyaman.	3	Usia pakai menyebabkan Lever rusak.	Anyaman bergeser sehingga kualitas produk menurun.	
Roll Winder				Penggulangan terganggu dan mesin berhenti beroperasi.			
1	Menggulung kain tubular hasil penenunan agar tersusun rapi dan siap diproses pada tahapan berikutnya.	A	Roll Winder tidak mampu menggulung kain dengan baik.	1	Gesekan berkepanjangan menyebabkan Roll Winder mengalami keausan.	Gulungan kain tidak rapi sehingga kualitas produk menurun.	
		B	Roll Winder tidak mampu melakukan proses penggulangan secara kontinu.	2	Beban kerja berlebih menyebabkan Roll Winder rusak.	Proses penggulangan berhenti sehingga produksi terganggu.	

Komponen	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure mode (FM)	Failure Effect
		C Roll Winder gagal menyelesaikan proses penggulangan.	3 Kurangnya perawatan berkala.	Hasil gulungan tidak maksimal dan berpotensi menyebabkan downtime.

Analisis dilakukan pada enam komponen kritis, yaitu *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, *Motor Winder*, *Shuttle*, *Lever*, dan *Roll Winder*. Sebelum analisis dilakukan, ditetapkan kriteria penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* sebagai acuan dalam menentukan tingkat keparahan dampak kegagalan, frekuensi terjadinya kegagalan, serta kemampuan sistem mendeteksi kegagalan. Nilai setiap parameter diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada operator dan teknisi *maintenance*, kemudian dihitung nilai rata-ratanya untuk memperoleh nilai RPN, rekapitulasi tersebut yaitu pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Rekap Kuisisioner FMEA Pada Mesin Mesin Circular Loom

No.	Komponen	S						O						D					
		R1	R2	R3	R4	R5	$\bar{x}$	R1	R2	R3	R4	R5	$\bar{x}$	R1	R2	R3	R4	R5	$\bar{x}$
1	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	6	7	5	7	6	6,2	7	8	7	7	8	7,4	7	9	4	8	5	6,6
2	<i>Arm</i>	6	7	7	8	6	6,8	9	8	7	7	7	7,6	7	7	7	7	7	7
3	<i>Motor Winder</i>	6	4	4	7	8	5,8	8	7	6	7	7	7	7	7	7	9	9	7,8
4	<i>Shuttle</i>	7	8	8	6	8	7,4	9	8	9	7	7	8	9	7	9	7	9	8,2
5	<i>Lever</i>	5	7	8	6	8	6,8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	9	7,4
6	<i>Roll Winder</i>	6	5	4	6	7	5,6	7	7	8	7	7	7,2	6	7	8	7	5	6,6

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa seluruh komponen kritis memiliki tingkat risiko *Very High* ($RPN \geq 200$). Komponen *Shuttle* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 448, sehingga menjadi prioritas utama dalam kegiatan perawatan. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa kegagalan pada *Shuttle* memiliki dampak besar terhadap proses penenunan, sering terjadi, serta relatif sulit dideteksi. *Failure mode* yang teridentifikasi meliputi keausan akibat gesekan, *Shuttle* macet karena penumpukan debu, serta kerusakan akibat benturan dan usia pakai. Komponen *Arm* dan *Lever* masing-masing memperoleh nilai RPN sebesar 392 dengan kategori *Very High*. Kegagalan pada kedua komponen disebabkan oleh keausan, beban kerja berlebih, dan usia pakai yang menyebabkan ketidakstabilan jalur *Shuttle* maupun anyaman sehingga kualitas produk menurun dan berpotensi menghentikan proses produksi. Komponen *Motor Winder* memperoleh nilai RPN sebesar 336. *Failure mode* yang teridentifikasi meliputi *overload*, *overheating*, dan kerusakan akibat usia pakai yang mengakibatkan sistem penggulangan tidak bekerja optimal sehingga suplai benang terganggu. Komponen *V-Belt (Heal Belt)* dan *Roll Winder* masing-masing memiliki nilai RPN sebesar 294. Kegagalan pada *V-Belt* disebabkan oleh keausan, *belt* kendur, dan putus akibat usia pakai sehingga tenaga putar tidak tersalurkan secara optimal. Pada *Roll Winder*, kegagalan disebabkan oleh keausan, beban kerja berlebih, dan kurangnya perawatan berkala yang mengganggu proses penggulangan. Berdasarkan hasil analisis FMEA, seluruh komponen kritis memiliki kategori risiko *Very High*, sehingga memerlukan prioritas tindakan perawatan untuk mengurangi potensi kegagalan dan meminimalkan *downtime* mesin Circular Loom. Data nilai RPN kuisisioner FMEA pada mesin mesin Circular Loom disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Nilai RPN Kuisisioner FMEA Pada Mesin Mesin Circular Loom

Komponen	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure mode (FM)	Failure Effect	S	O	D	RPN
<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	1	A Meneruskan tenaga putar dari motor ke komponen transmisi sehingga seluruh sistem bekerja secara sinkron.	1 <i>V-Belt</i> tidak mampu meneruskan tenaga putar secara optimal.	Putaran komponen menjadi tidak stabil sehingga proses penenunan terganggu. Tenaga putar tidak tersalurkan secara maksimal sehingga kinerja mesin menurun.	6	7	7	294
		B <i>V-Belt</i> tidak mampu mempertahankan tegangan transmisi tenaga.	2 Tegangan <i>belt</i> tidak sesuai sehingga <i>V-Belt</i> menjadi kendur.	Tenaga putar tidak tersalurkan secara maksimal sehingga kinerja mesin menurun.				
		C <i>V-Belt</i> gagal meneruskan tenaga putar.	3 Usia pakai komponen melebihi batas sehingga <i>V-Belt</i> putus.	Mesin berhenti beroperasi sehingga menyebabkan <i>downtime</i> produksi.				
<i>Arm</i>	1	A Menopang <i>Shuttle</i> dan menjaga kestabilan	1 <i>Arm</i> tidak mampu menopang	Posisi <i>Shuttle</i> menjadi tidak stabil sehingga	7	8	7	392

Komponen	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure mode (FM)	Failure Effect	S	O	D	RPN	
Motor Winder	1	pergerakan benang pakan selama proses penenunan.	<i>Shuttle</i> secara stabil.	<i>Arm</i> mengalami keausan.	6	7	8	336	<i>Very High</i>
		B	<i>Arm</i> tidak mampu menjaga posisi <i>Shuttle</i> tetap stabil.	2					
		C	<i>Arm</i> gagal menopang <i>Shuttle</i> .	3					
	A	Motor tidak mampu menghasilkan putaran yang dibutuhkan.	1						
	B	Motor tidak mampu beroperasi secara kontinu.	2						
	C	Motor gagal menggerakkan sistem penggulungan.	3						
Shuttle	1	Menggerakkan sistem penggulungan dan menjaga kontinuitas suplai benang selama proses penenunan.							
		A	Motor tidak mampu membawa benang pakan secara optimal.	1					
		B	<i>Shuttle</i> tidak mampu bergerak dengan lancar.	2					
		C	<i>Shuttle</i> gagal menyisipkan benang pakan.	3					
Lever	1	Membawa dan menyisipkan benang pakan ke dalam benang lusi untuk membentuk anyaman tubular secara kontinu.							
		A	<i>Lever</i> tidak mampu mengarahkan jalannya anyaman.	1					
		B	<i>Lever</i> tidak mampu menjaga posisi jalannya anyaman.	2					
		C	<i>Lever</i> gagal menopang jalannya anyaman.	3					

Komponen	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure mode (FM)	Failure Effect	S	O	D	RPN			
Roll Winder	1	A	Roll Winder tidak mampu menggulung kain dengan baik.	1	Gesekan berkepanjangan menyebabkan Roll Winder mengalami keausan.	Gulungan kain tidak rapi sehingga kualitas produk menurun.					
		B	Roll Winder tidak mampu melakukan proses penggulangan secara kontinu.	2	Beban kerja berlebih menyebabkan Roll Winder rusak.	Proses penggulangan berhenti sehingga produksi terganggu. Hasil gulungan tidak maksimal dan berpotensi menyebabkan downtime.	6	7	7	294	Very High
		C	Roll Winder gagal menyelesaikan proses penggulangan.	3	Kurangnya perawatan berkala.						

D. Penentuan Distribusi MTTF dan MTTR Komponen Circular Loom

Setelah dilakukan analisis FMEA, tahap selanjutnya adalah menentukan distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) pada setiap komponen kritis mesin Circular Loom menggunakan software Minitab. Distribusi dipilih berdasarkan nilai Anderson-Darling terkecil (*goodness of fit*) sehingga diperoleh jenis distribusi dan parameter yang digunakan dalam perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) dan *Mean Time to Failure* (MTTF). Berdasarkan hasil pengolahan, distribusi TTR menunjukkan bahwa komponen *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, dan Motor Winder mengikuti distribusi Normal, sedangkan *Shuttle*, *Lever*, dan *Roll Winder* mengikuti distribusi Lognormal. Nilai MTTR menggambarkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan hingga komponen kembali beroperasi. Hasil perhitungan MTTR menunjukkan nilai berturut-turut sebesar 397,29 menit, 411,32 menit, 441,72 menit, 6,58 menit, 5,45 menit, dan 6,06 menit, yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan MTTR Komponen Circular Loom

No.	Komponen	MTTR (Menit)
1	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	397,29
2	<i>Arm</i>	411,32
3	Motor Winder	441,72
4	<i>Shuttle</i>	6,58
5	<i>Lever</i>	5,45
6	<i>Roll Winder</i>	6,06

Distribusi TTF menunjukkan bahwa *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, Motor Winder, dan *Roll Winder* mengikuti distribusi Lognormal, *Shuttle* mengikuti distribusi Normal, sedangkan *Lever* mengikuti distribusi Weibull. Nilai MTTF menunjukkan rata-rata waktu operasi komponen sebelum mengalami kegagalan. Hasil perhitungan MTTF masing-masing komponen adalah 15,74 menit, 18,59 menit, 19,96 menit, 35,040 menit, 16,381,21 menit, dan 13,76 menit, yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan MTTF Komponen Circular Loom

No.	Komponen	MTTF (Menit)
1	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	15,74
2	<i>Arm</i>	18,59
3	Motor Winder	19,96
4	<i>Shuttle</i>	35040
5	<i>Lever</i>	16381,21
6	<i>Roll Winder</i>	13,76

E. Perhitungan Biaya Perawatan dan Penentuan Interval Perawatan

Setelah diperoleh nilai MTTF dan MTTR, dilakukan perhitungan *Cost of Maintenance* (CM) dan *Cost of Failure* (CF) sebagai dasar penentuan interval perawatan. CM dihitung berdasarkan biaya tenaga kerja dan harga komponen, sedangkan CF mencakup biaya tenaga kerja, biaya *downtime*, dan harga komponen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Motor Winder memiliki CM tertinggi sebesar Rp2.672.000, diikuti *Arm* sebesar Rp1.522.000, *Roll Winder* sebesar Rp1.520.000, *V-Belt (Heal Belt)* sebesar Rp1.411.500, *Shuttle* sebesar Rp522.000, dan *Lever* sebesar Rp168.000, yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Biaya Pergantian Komponen Circular Loom

No.	Komponen	Harga (Rp)	Biaya Mekanik (Rp/Jam)	MTTR (Jam)	CM (Rp)
1	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	Rp87.500	Rp200.000	6,62	Rp1.411.500
2	<i>Arm</i>	Rp150.000	Rp200.000	6,86	Rp1.522.000
3	Motor Winder	Rp1.200.000	Rp200.000	7,36	Rp2.672.000
4	<i>Shuttle</i>	Rp500.000	Rp200.000	0,11	Rp522.000
5	<i>Lever</i>	Rp150.000	Rp200.000	0,09	Rp168.000
6	<i>Roll Winder</i>	Rp1.500.000	Rp200.000	0,10	Rp1.520.000

Pada biaya kerusakan (CF), Motor Winder juga memiliki nilai tertinggi sebesar Rp3.996.800, diikuti *Arm* sebesar Rp2.756.800, *V-Belt (Heal Belt)* sebesar Rp2.603.100, *Roll Winder* sebesar Rp1.538.000, *Shuttle* sebesar Rp541.800, dan *Lever* sebesar Rp184.200 , yang disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Biaya Pergantian Komponen Circular Loom

No.	Komponen	Harga (Rp)	Biaya Mekanik (Rp/Jam)	Biaya Downtime (Rp/Jam)	MTTR (Jam)	CF (Rp)
1	<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	Rp87.500	Rp200.000	Rp180.000	6,62	Rp2.603.100
2	<i>Arm</i>	Rp150.000	Rp200.000	Rp180.000	6,86	Rp2.756.800
3	Motor Winder	Rp1.200.000	Rp200.000	Rp180.000	7,36	Rp3.996.800
4	<i>Shuttle</i>	Rp500.000	Rp200.000	Rp180.000	0,11	Rp541.800
5	<i>Lever</i>	Rp150.000	Rp200.000	Rp180.000	0,09	Rp184.200
6	<i>Roll Winder</i>	Rp1.500.000	Rp200.000	Rp180.000	0,10	Rp1.538.000

Hasil tersebut menunjukkan bahwa biaya kerusakan lebih besar dibandingkan biaya perawatan karena adanya tambahan biaya *downtime*. Berdasarkan hasil perhitungan interval perawatan, *V-Belt* memiliki interval 6.053,89 menit (± 4 hari), *Arm* 7.412,02 menit (± 5 hari), Motor Winder 7.801,35 menit (± 5 hari), *Lever* 72.000 menit (± 50 hari), *Roll Winder* 84.292,68 menit (± 59 hari), dan *Shuttle* 90.947,37 menit (± 63 hari), yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Interval Perawatan Komponen Circular Loom

Komponen	Jumlah Kegagalan	Interval (Menit)	Interval (Hari)	Interval (Bulan)
<i>V-Belt (Heal Belt)</i>	59	6.053,89	4,20	0,14
<i>Arm</i>	38	7.412,02	5,15	0,17
Motor Winder	32	7.801,35	5,42	0,18
<i>Shuttle</i>	16	90.947,37	63,16	2,11
<i>Lever</i>	30	72.000,00	50,00	1,67
<i>Roll Winder</i>	20	84.292,68	58,54	1,95

Hasil ini menunjukkan bahwa *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, dan Motor Winder menjadi prioritas utama perawatan preventif karena memiliki interval perawatan paling pendek, sedangkan *Lever*, *Roll Winder*, dan *Shuttle* dapat dijadwalkan dengan interval yang lebih panjang untuk menjaga keandalan mesin dan meminimalkan *downtime*.

F.RCM II Decision Worksheet

RCM II *Decision Worksheet* digunakan untuk menentukan jenis tindakan perawatan (*maintenance Task*) yang paling tepat berdasarkan konsekuensi kegagalan (*failure consequences*) dan karakteristik setiap *failure mode*. Pengisian *information reference* mengacu pada hasil analisis FMEA yang meliputi *Function (F)*, *Functional Failure (FF)*, dan *Failure mode (FM)*. Evaluasi konsekuensi menunjukkan seluruh *failure mode* memiliki nilai $H = N$, $S = N$, dan $E = N$, karena kegagalan bersifat terlihat (*evident failure*), tidak berdampak langsung terhadap keselamatan maupun lingkungan, tetapi memiliki nilai $O = Y$ karena memengaruhi kinerja mesin dan menyebabkan penurunan kualitas produk serta *downtime*. Berdasarkan RCM II Decision Diagram, *failure mode* berupa keausan pada *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, *Shuttle*, *Lever*, dan *Roll Winder* direkomendasikan RCM II menggunakan *Scheduled On Condition Task (N1)* karena gejala kerusakan dapat dideteksi melalui inspeksi berkala. *Failure mode* yang masih dapat dipulihkan, seperti *V-Belt* kendur, *Arm* bengkok, Motor Winder *overheating*, *Shuttle* macet, *Lever* bengkok, dan *Roll Winder* akibat beban kerja berlebih, ditetapkan sebagai *Scheduled Restoration Task (N2)*. Kerusakan permanen seperti *V-Belt* putus, *Arm* patah, Motor Winder rusak, *Shuttle* rusak, *Lever* patah, dan *Roll Winder* rusak berat direkomendasikan menggunakan *Scheduled Discard Task (N3)* melalui penggantian komponen. Berdasarkan hasil tersebut, interval perawatan yang diusulkan adalah 4 hari untuk *V-Belt (Heal Belt)*, 5 hari untuk *Arm* dan Motor Winder, 50 hari untuk *Lever*, 59 hari untuk *Roll Winder*, dan 63 hari untuk *Shuttle*. Kegiatan inspeksi (*on condition*) dilakukan oleh operator, sedangkan tindakan restorasi dan penggantian komponen dilakukan oleh teknisi, yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. RCM II Decision Worksheet

RCM II Decision Worksheet																
Komponen	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Interval	Can Be Done By
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
								N1	N2	N3						
V-Belt (Heal Belt)	1															
		A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Keausan pada V-Belt dapat dideteksi sebelum komponen mengalami kegagalan total. Indikasi awal seperti permukaan belt yang mulai menipis, muncul retakan halus, serta penurunan tegangan belt masih dapat diamati melalui inspeksi. Tindakan yang paling efektif adalah melakukan pemeriksaan kondisi secara berkala (Scheduled On Condition Task) sehingga kerusakan dapat diketahui lebih awal dan penggantian dapat dilakukan sebelum menyebabkan downtime produksi. Kondisi V-Belt yang kendur belum menunjukkan bahwa komponen telah rusak permanen. Fungsi komponen masih dapat dikembalikan melalui penyetelan ulang tegangan belt sesuai standar mesin. Tindakan yang paling tepat adalah Scheduled Restoration Task , yaitu mengembalikan kondisi komponen ke performa normal tanpa harus mengganti komponen. V-Belt yang telah putus akibat usia pakai, maka komponen tidak lagi dapat menjalankan fungsinya sebagai penerus tenaga putar. Kerusakan ini bersifat permanen	4 hari	Operator
		B	2	N	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-			

RCM II Decision Worksheet																
Komponen	Information Reference			Consequence Evaluation				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Default Action			Proposed Task	Interval	Can Be Done By
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
Arm	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	sehingga tindakan penyetelan maupun perbaikan tidak dapat mengembalikan fungsi komponen. Tindakan yang direkomendasikan adalah Scheduled Discard Task , yaitu melakukan penggantian komponen sebelum umur pakainya habis. Gesekan yang terjadi secara terus-menerus menyebabkan permukaan <i>Arm</i> mengalami keausan secara bertahap. Kondisi ini masih dapat diketahui melalui inspeksi visual maupun pengukuran tingkat keausan sehingga tindakan yang sesuai adalah Scheduled On Condition Task . <i>Arm</i> yang bengkok masih memungkinkan untuk diperbaiki melalui penyetelan posisi atau restorasi apabila deformasi belum terlalu besar. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Restoration Task . <i>Arm</i> yang telah patah akibat kelelahan material atau usia pakai, komponen tidak lagi dapat menopang <i>Shuttle</i> sehingga harus dilakukan penggantian. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . <i>Overload</i> merupakan kondisi yang dapat dipantau melalui pemeriksaan arus listrik, temperatur motor, maupun	5 hari	Operator
		B	2	N	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-	sehingga tindakan penyetelan maupun perbaikan tidak dapat mengembalikan fungsi komponen. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Restoration Task . <i>Arm</i> yang telah patah akibat kelelahan material atau usia pakai, komponen tidak lagi dapat menopang <i>Shuttle</i> sehingga harus dilakukan penggantian. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . <i>Overload</i> merupakan kondisi yang dapat dipantau melalui pemeriksaan arus listrik, temperatur motor, maupun	5 hari	Teknisi
		C	3	N	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	sehingga tindakan penyetelan maupun perbaikan tidak dapat mengembalikan fungsi komponen. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Restoration Task . <i>Arm</i> yang telah patah akibat kelelahan material atau usia pakai, komponen tidak lagi dapat menopang <i>Shuttle</i> sehingga harus dilakukan penggantian. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . <i>Overload</i> merupakan kondisi yang dapat dipantau melalui pemeriksaan arus listrik, temperatur motor, maupun	5 hari	Teknisi
Motor Winder	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	sehingga tindakan penyetelan maupun perbaikan tidak dapat mengembalikan fungsi komponen. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Restoration Task . <i>Arm</i> yang telah patah akibat kelelahan material atau usia pakai, komponen tidak lagi dapat menopang <i>Shuttle</i> sehingga harus dilakukan penggantian. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . <i>Overload</i> merupakan kondisi yang dapat dipantau melalui pemeriksaan arus listrik, temperatur motor, maupun	5 hari	Operator

RCM II Decision Worksheet																
Komponen	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Interval	Can Be Done By
	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3			
								N1	N2	N3	H4	H5	S4			
Shuttle	1															
		B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	beban kerja sehingga kegagalan dapat dicegah sebelum motor mengalami kerusakan. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled On Condition Task . <i>Overheating</i> dapat dipulihkan dengan memperbaiki sistem pendinginan, membersihkan ventilasi motor, atau melakukan pemeriksaan bearing. Karena fungsi motor masih dapat dikembalikan, maka dipilih Scheduled Restoration Task . Motor yang mengalami kerusakan akibat usia pakai umumnya memerlukan penggantian karena biaya perbaikan tidak ekonomis dibandingkan penggantian unit. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . Keausan pada <i>Shuttle</i> berkembang secara bertahap sehingga dapat diketahui melalui inspeksi kondisi sebelum mengganggu proses penunuan. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled On Condition Task . <i>Shuttle</i> yang macet akibat penumpukan debu masih dapat dipulihkan melalui pembersihan dan pelumasan sehingga dipilih Scheduled	5 hari	Teknisi
		C	3	N	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Motor yang mengalami kerusakan akibat usia pakai umumnya memerlukan penggantian karena biaya perbaikan tidak ekonomis dibandingkan penggantian unit. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . Keausan pada <i>Shuttle</i> berkembang secara bertahap sehingga dapat diketahui melalui inspeksi kondisi sebelum mengganggu proses penunuan. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled On Condition Task . <i>Shuttle</i> yang macet akibat penumpukan debu masih dapat dipulihkan melalui pembersihan dan pelumasan sehingga dipilih Scheduled	5 hari	Teknisi
		A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	Motor yang mengalami kerusakan akibat usia pakai umumnya memerlukan penggantian karena biaya perbaikan tidak ekonomis dibandingkan penggantian unit. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task . Keausan pada <i>Shuttle</i> berkembang secara bertahap sehingga dapat diketahui melalui inspeksi kondisi sebelum mengganggu proses penunuan. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled On Condition Task . <i>Shuttle</i> yang macet akibat penumpukan debu masih dapat dipulihkan melalui pembersihan dan pelumasan sehingga dipilih Scheduled	63 hari	Operator
		B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-	dipulihkan melalui pembersihan dan pelumasan sehingga dipilih Scheduled	63 hari	Operator

RCM II Decision Worksheet																
Komponen	Information Reference			Consequence Evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Action			Proposed Task	Interval	Can Be Done By
	F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
														Restoration Task.		
														Shuttle yang telah mengalami kerusakan akibat benturan atau usia pakai, maka komponen harus diganti karena tidak lagi mampu membawa benang pakan secara normal. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled Discard Task.		
		C	3	N	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	Keausan <i>Lever</i> dapat diketahui melalui inspeksi visual sehingga dapat dilakukan tindakan preventif sebelum terjadi kegagalan. Tindakan yang direkomendasikan yaitu Scheduled On Condition Task.	63 hari	Teknisi
		A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-		50 hari	Operator
<i>Lever</i>	1	B	2	N	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-		50 hari	Teknisi
		C	3	N	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-		50 hari	Teknisi
<i>Roll Winder</i>	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	-	-	-		59 hari	Operator

22/24

Komponen	Maintenance Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arm	PM (Inspeksi keausan & kekencangan baut)	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	R (Pelurusan & pengencangan ulang)		R		R		R		R		R		R
Motor Winder	D (Penggantian Arm)												D
	PM (Cek arus, suhu & suara motor)	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	R (Perbaikan pendinginan & bearing)		R		R		R		R		R		R
	D (Penggantian motor)												D
Shuttle	PM (Inspeksi & pembersihan jalur Shuttle)	PM		PM		PM		PM		PM		PM	
Lever	R (Pembersihan & pelumasan)		R		R		R		R		R		R
	D (Penggantian Shuttle)												D
	PM (Inspeksi posisi & keausan)	PM		PM		PM		PM		PM		PM	
Roll Winder	R (Penyetelan & pelumasan)		R		R		R		R		R		R
	D (Penggantian Lever)												D
	PM (Inspeksi Roller & bearing)	PM		PM		PM		PM		PM		PM	
	R (pelumasan)		R		R		R		R		R		R
	D (Penggantian Roll winder)												D

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis Pareto menunjukkan bahwa terdapat enam komponen kritis pada mesin Circular Loom yang menyumbang sekitar 78% dari total *downtime*, yaitu *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, *Motor Winder*, *Shuttle*, *Lever*, dan *Roll Winder*. Hasil analisis *Failure mode and Effect Analysis (FMEA)* menunjukkan seluruh komponen tersebut termasuk dalam kategori *Very High*, dengan nilai *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi pada *Shuttle* (448), diikuti *Arm* dan *Lever* (392), *Motor Winder* (336), serta *V-Belt (Heal Belt)* dan *Roll Winder* (294), sehingga menjadi prioritas utama dalam pelaksanaan perawatan. Strategi perawatan yang direkomendasikan berdasarkan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* II meliputi *Scheduled On Condition Task*, *Scheduled Restoration Task*, dan *Scheduled Discard Task*. *Scheduled On Condition Task* diterapkan melalui inspeksi kondisi komponen, *Scheduled Restoration Task* dilakukan melalui penyetelan, pelumasan, dan perbaikan ringan, sedangkan *Scheduled Discard Task* dilakukan dengan penggantian komponen yang telah mencapai batas umur pakai. Strategi ini merupakan bentuk *proactive maintenance* yang bertujuan mengurangi risiko kegagalan serta meningkatkan keandalan mesin. Penjadwalan *preventive maintenance* ditetapkan berdasarkan interval perawatan, yaitu *V-Belt (Heal Belt)* setiap 4 hari, *Arm* dan *Motor Winder* setiap 5 hari, serta *Shuttle*, *Lever*, dan *Roll Winder* setiap 2 bulan. Penerapan jadwal perawatan tersebut diharapkan dapat meminimalkan *downtime*, mengurangi kerusakan mendadak, memperpanjang umur pakai komponen, serta meningkatkan efektivitas sistem perawatan mesin Circular Loom. Perusahaan disarankan menerapkan jadwal perawatan usulan berdasarkan metode RCM II secara konsisten untuk mendeteksi potensi kerusakan komponen kritis lebih awal dan meminimalkan *downtime* mesin. Inspeksi rutin perlu diprioritaskan pada komponen *V-Belt (Heal Belt)*, *Arm*, dan *Motor Winder* karena memiliki frekuensi kegagalan dan tingkat risiko yang tinggi. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas objek penelitian pada seluruh mesin dalam proses produksi sehingga menghasilkan rekomendasi perawatan yang lebih optimal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT XYZ atas izin penelitian serta dukungan dalam penyediaan data dan informasi. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh operator, teknisi, dan pihak-pihak terkait yang telah membantu selama proses pengumpulan data dan pelaksanaan penelitian. Dukungan yang diberikan sangat membantu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] R. A. Faisal, S. N. Haristanti, Maretha, S. Hardi, and A. A. Muti, *Proses Manufaktur*, 1st ed., vol. 1. Bandung: Widina Media Utama, 2025.
- [2] Romiyadi, "Perawatan mesin untuk meningkatkan performa dan keandalan mesin dan peralatan," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 3, pp. 3619–3626, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i3.47078.
- [3] L. Aulia, K. Abdurahman, S. Saripah, Z. Gunawan, D. Lestari, and H. Yositamibar, "Tinjauan literatur mengenai maintenance dan reliability dalam manajemen operasional," *Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 4, pp. 12040–12047, 2026, doi: 10.31004/riggs.v4i4.5090.
- [4] M. Firmansyah and A. W. Rizqi, "Analisis perawatan mesin dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) terhadap mesin bag inserter (FLEXIM)," *G-Tech: J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 4, pp. 2514–2521, 2024, doi: 10.70609/gtech.v8i4.5235.
- [5] M. Shobur, E. Supriyadi, R. N. Dewanti, B. Apriana, and A. R. Wardyanto, *Proses Manufacture*, 1st ed. Tangerang Selatan: Unpam Press, 2021.
- [6] M. Arif and H. Windyatri, "Penurunan defect ratio housing panel menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada mesin injection molding di PT XYZ," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 104–110, 2024, doi: 10.52333/destek.v12i2.709.

- [7] M. R. Ramadhani, E. Y. Setyawan, and R. Febritasari, "Pengaruh variasi ukuran benang terhadap kekuatan tarik pada perajutan karung plastik," *J. Mesin Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 6, no. 1, pp. 210–214, 2026, doi: 10.47549/jmmme.v6i1.15963.
- [8] Darsini and B. Prabowo, "Perawatan mesin sucker muller di PT. DLH," *Indones. J. Mech. Eng. Vocat.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–28, 2021, doi: 10.58466/injection.viii.1348.
- [9] W. W. Pradana and W. Widiastih, "Penjadwalan preventive maintenance untuk meningkatkan kinerja mesin frais dan bubut di PT. ISUMI," *J. Ind. View*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.26905/jiv.v5i1.9317.
- [10] T. M. P. Benjamin, T. G. T. Nindhia, I. G. N. Priambadi, and I. W. B. Adnyana, "Perencanaan pemeliharaan dan peningkatan kualitas mesin pemurnian air laut menjadi air minum guna meminimasi downtime yang berbasis pada Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada industri menengah Manleu Metinaro Timor Leste," *J. Res. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 221–232, 2023, doi: 10.55732/jrt.v9i2.1079.
- [11] I. Sodikin, C. I. Parwati, F. Fayzi, and M. Indrayana, "Penjadwalan perawatan mesin dengan metode preventive maintenance dan predictive maintenance (studi kasus di PLTD Kota Masohi)," *J. Tekst.*, vol. 7, no. 1, pp. 37–46, 2024, doi: 10.59432/jute.v7i1.88.
- [12] R. Wahrini and Hasbi, "Pelatihan memperbaiki peralatan listrik rumah tangga pada masyarakat di Parepare, Sulawesi Selatan," *Jumas: J. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 77–83, 2023, doi: 10.54209/jumas.v2i02.48.
- [13] A. Setiawan, H. Windyatri, and Suhendra, "Penerapan preventive maintenance menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk meminimasi downtime mesin CNC di PT MTAT," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 89–94, 2024, doi: 10.52333/destek.v12i2.710.
- [14] U. Situmeang, A. Tanjung, and R. O. Rivandi, "Analisis keandalan sistem distribusi 20 kV penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan metode FMEA," *J. Tek.*, vol. 16, no. 1, pp. 80–87, 2022, doi: 10.31849/teknik.v16i1.6399.
- [15] I. Mujiarto, E. I. Asmoro, and K. Kundori, "Pengukuran laju kerusakan dengan mengindikasikan nilai MTBF dalam manajemen perawatan mesin pada PT. AIC," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 1, no. 3, pp. 14–23, 2022, doi: 10.55606/jtmei.v1i3.491.
- [16] A. G. Prawiyogi, T. L. Sadih, A. Purwanugraha, and P. N. Elisa, "Penggunaan media big book untuk menumbuhkan minat baca siswa di sekolah dasar," *J. Basicedu*, vol. 5, no. 1, pp. 446–452, 2021, doi: 10.31004/basicedu.v5i1.787.
- [17] A. V. E. Saputra, R. Septiari, and S. Haryanto, "Studi keandalan mesin filling cup semi otomatis 8 × 2 model melalui metode FMEA dan RCA pada CV. XYZ," *J. Valtech*, vol. 8, no. 2, pp. 262–270, 2025, doi: 10.36040/valtech.v8i2.15957.
- [18] I. F. Rudiana, L. Yulia, and E. Nursolih, "Analisis pemeliharaan mesin produksi dengan metode RCM (Reliability Centered Maintenance) pada PT. Surya Agrolika Reksa," *J. Ind. Galuh*, vol. 6, no. 2, pp. 65–74, 2024, doi: 10.25157/jig.v6i2.4079.
- [19] Suparno, "Analisis keandalan transformator diagram segaris penyulang Merpati menggunakan metode Mean Time to Failure (MTTF)," *El Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 1–12, 2021, doi: 10.30996/elsains.v3i2.5984.
- [20] M. H. Habibi, Sutrisno, and A. Jibril, "Analisis perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR) mesin cold storage," *J. Cendekia Ilm.*, vol. 4, no. 4, pp. 1410–1421, 2025, doi: 10.56799/jceki.v4i4.8857.
- [21] R. Irfanto, "The analysis cause of casting repair work with Pareto chart in project X," *J. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 106–117, 2022, doi: 10.28932/jts.v18i1.4485.