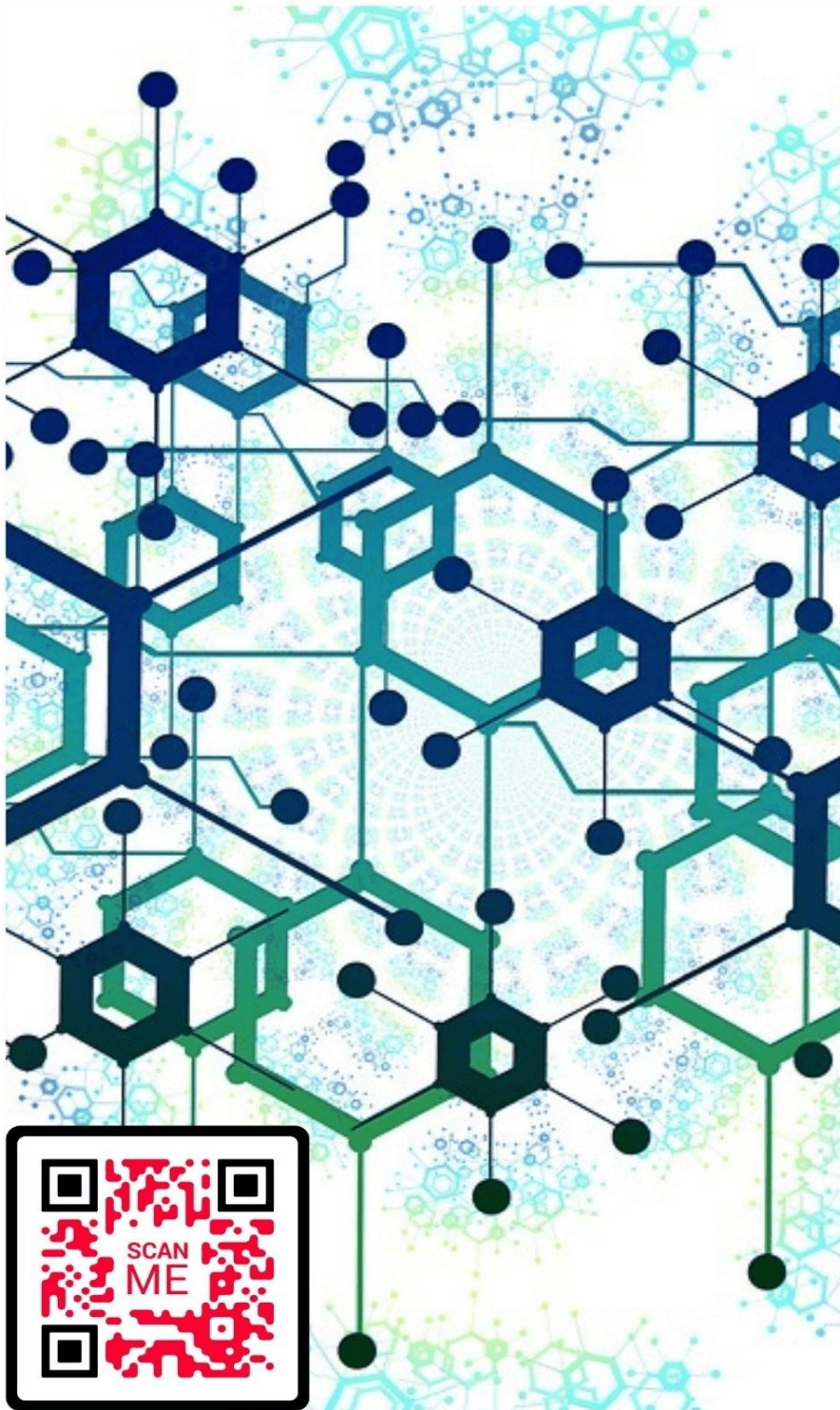


ISSN (ONLINE) 2598-9936



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	7

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>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 4 (2026): October

DOI: 10.21070/ijins.v27i4.2296

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

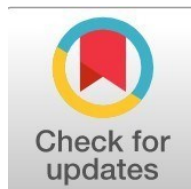
Complete list of editorial team ([link](#))

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

Integrated HOR RCA Framework Prioritizes Preventive Maintenance for Circular Knitting Machines: Kerangka Kerja HOR RCA Terintegrasi Memprioritaskan Pemeliharaan Preventif untuk Mesin Rajut Melingkar

Arga Bima Dwi Putra, 22032010221@student.upnjatim.ac.id

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

Rusindiyanto Rusindiyanto, rusindiyanto.ti@upnjatim.ac.id (*)

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Machine reliability is essential for maintaining continuous production in the textile industry, particularly where repeated equipment failures generate downtime and operational constraints. **Specific Background:** Circular knitting operations experience frequent machine disruptions, while maintenance activities have not been systematically scheduled. **Knowledge Gap:** Research integrating risk prioritization with root cause investigation and structured mitigation for circular knitting operations remains limited. **Aims:** This study identifies and addresses major disruption risks through House of Risk (HOR) Phase 1, Root Cause Analysis (RCA), and HOR Phase 2 using interview data, expert questionnaires, and historical machine failure records. **Results:** Eighteen risk agents were identified, of which 10 dominant agents accounted for 79.70% of total Aggregate Risk Potential. The absence of a systematic preventive maintenance and cleaning schedule was the dominant factor with an ARP of 1,113. Routine daily-to-monthly maintenance scheduling through a Standard Operating Procedure obtained the highest Effectiveness to Difficulty Ratio of 3,339. **Novelty:** The study combines HOR and RCA to establish a quantitative, root-cause-oriented risk management approach for circular knitting machinery. **Implications:** The integrated procedure provides an operational reference for prioritizing mitigation actions, controlling recurrent equipment failures, reducing downtime, and improving production efficiency.

Highlights:

- Eighteen risk agents were detected, with ten accounting for 79.70% of total risk potential.
- Lack of systematic servicing and cleaning recorded the highest ARP value of 1,113.
- Daily-to-monthly scheduling through an SOP achieved the highest ETDk value of 3,339.

Keywords: Risk Management, House of Risk, Root Cause Analysis, Circular Knitting, Risk Mitigation

Published date: 2026-09-28

Pendahuluan

Dalam kegiatan manufaktur, khususnya proses produksi yang memanfaatkan mesin *Circular Knitting*, kondisi dan keandalan mesin menjadi aspek penting dalam mempertahankan keberlangsungan proses produksi. Adanya kerusakan atau gangguan pada mesin dapat memengaruhi kinerja produksi, baik melalui penurunan kapasitas, bertambahnya biaya operasional, maupun terhambatnya aktivitas produksi yang dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan [1]. Holderied juga mengungkapkan bahwa permasalahan teknis, seperti kinerja mesin yang kurang optimal, gangguan pada komponen yang terjadi secara berulang, serta keausan komponen sebelum masa penggunaannya berakhir, merupakan beberapa kendala yang dapat terjadi selama proses produksi [2]. Oleh sebab itu, pencapaian proses produksi yang efektif dan efisien membutuhkan perencanaan yang terstruktur serta penerapan manajemen risiko secara sistematis [3]. Manajemen risiko dapat digunakan sebagai dasar bagi perusahaan dalam mengidentifikasi dan menilai tingkat risiko untuk mendukung proses pengambilan keputusan, sekaligus menentukan tindakan pengendalian yang sesuai guna mengurangi potensi dampak yang merugikan [4].

PT MNJ merupakan perusahaan manufaktur yang memanfaatkan mesin *Circular Knitting* sebagai salah satu fasilitas utama dalam menunjang kegiatan produksinya. Perusahaan berupaya mempertahankan pencapaian output secara optimal melalui penerapan proses produksi yang efisien dan terstandarisasi [5]. Dalam pelaksanaannya, mesin *Circular Knitting* dioperasikan secara kontinu untuk mendukung keberlangsungan proses produksi. Berdasarkan hasil observasi, masih ditemukan adanya gangguan pada beberapa komponen mesin yang menyebabkan terjadinya *downtime*. Mesin *Circular Knitting* juga menunjukkan tingkat gangguan operasional yang relatif tinggi, ditandai dengan adanya perbaikan berulang dan akumulasi *downtime* yang cukup besar selama periode pengamatan. Kerusakan pada komponen mekanis utama dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi mesin yang mengalami *overheating*, sistem pelumasan yang kurang optimal, serta masuknya partikel atau kotoran ke dalam komponen. Frekuensi gangguan yang terjadi juga berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan *maintenance* yang belum dilakukan secara teratur, sehingga meningkatkan kemungkinan terhentinya proses produksi. Kondisi tersebut menyebabkan waktu produksi yang tersedia berkurang, menurunkan efisiensi operasional, dan dapat menghambat pencapaian target produksi perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang sistematis untuk mengidentifikasi risiko kerusakan pada mesin *Circular Knitting* serta menentukan strategi mitigasi yang sesuai guna mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan serupa pada periode berikutnya.

Metode *House of Risk* (HOR) merupakan salah satu metode dalam manajemen risiko yang dapat diterapkan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko serta menentukan tindakan mitigasi yang sesuai terhadap risiko yang berpotensi mengganggu proses bisnis maupun kegiatan operasional [6]. Pendekatan ini dikembangkan untuk mengelola risiko pada sistem produksi dengan menggabungkan tahapan identifikasi risiko dan penyusunan tindakan pengendalian ke dalam suatu proses yang terstruktur [7]. Magdalena dan Vannie menyatakan bahwa metode *House of Risk* mampu membantu perusahaan dalam mengenali sumber risiko yang memiliki tingkat prioritas tinggi sekaligus menentukan langkah mitigasi yang perlu didahulukan [8]. Pelaksanaan metode HOR terbagi menjadi dua fase. HOR fase 1 berfokus pada identifikasi dan penentuan prioritas *risk agent* berdasarkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *correlation*, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) sebagai dasar dalam menentukan agen risiko yang perlu diprioritaskan [9]. Hasil pemeringkatan tersebut kemudian dapat divisualisasikan melalui diagram Pareto untuk menentukan agen risiko yang memberikan kontribusi paling dominan [10]. Setelah agen risiko prioritas diperoleh, HOR fase 2 digunakan untuk menyusun alternatif strategi mitigasi yang bertujuan mengurangi kemungkinan maupun dampak risiko yang ditimbulkan oleh agen tersebut [9].

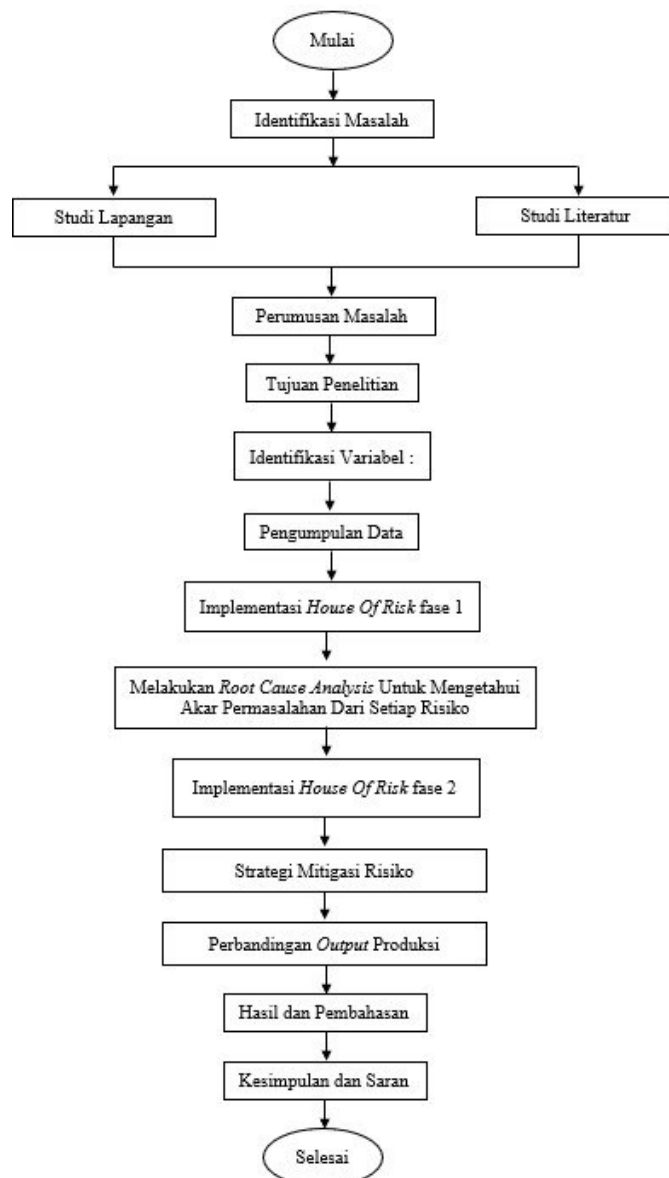
Analisis risiko perlu didukung dengan penelusuran terhadap penyebab mendasar dari setiap permasalahan yang berpotensi terjadi. Oleh karena itu, selain penerapan *contingency plan*, diperlukan metode yang sistematis seperti *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengkaji permasalahan secara lebih mendalam [11]. RCA merupakan pendekatan analisis yang digunakan untuk menemukan penyebab utama dari suatu kejadian atau permasalahan yang tidak diharapkan, sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan tindakan korektif dan preventif untuk mencegah terjadinya masalah yang sama [12]. Berbeda dengan analisis yang hanya melihat gejala permasalahan, RCA dilakukan dengan menelusuri rangkaian penyebab hingga ditemukan akar permasalahan yang mendasari terjadinya kegagalan [13]. Penerapan RCA pada industri manufaktur dapat membantu mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan yang berulang, terutama permasalahan yang berkaitan dengan kerusakan mesin dan terhentinya proses produksi [14]. Selain itu, metode ini memungkinkan identifikasi penyebab yang berasal dari aspek teknis, manusia, maupun kondisi lingkungan kerja secara terstruktur, sehingga tindakan perbaikan dapat disusun secara lebih tepat dan berkelanjutan. Penerapan tersebut diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional melalui pengurangan waktu henti mesin (*idle time*) [15]. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menentukan strategi mitigasi risiko yang tepat dalam mengurangi potensi kerusakan mesin serta menekan *idle time* yang disebabkan oleh gangguan operasional.

Metode

Penelitian ini dilakukan di PT MNJ yang merupakan perusahaan manufaktur pada bidang industri tekstil, dengan kegiatan produksi yang memanfaatkan mesin *circular knitting*. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama satu tahun, yaitu mulai Januari sampai dengan Desember 2025. Tahap awal penelitian mencakup penentuan variabel yang digunakan sebagai dasar dalam menganalisis permasalahan yang ditemukan di perusahaan. Variabel penelitian

dibedakan menjadi dua, yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini berupa strategi mitigasi risiko yang ditujukan untuk menangani potensi kerusakan pada mesin *circular knitting* di PT MNJ. Adapun variabel bebas mencakup faktor-faktor yang berkaitan dengan munculnya risiko kerusakan, meliputi frekuensi kerusakan mesin produksi, jenis kerusakan yang terjadi, faktor penyebab kerusakan, serta usia atau tahun pembuatan mesin yang digunakan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan dua sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur serta penyebaran kuesioner dengan skala *Likert* kepada *expert* dan pihak yang terlibat langsung dalam kegiatan operasional maupun pemeliharaan mesin *Circular Knitting* unit 2 di PT MNJ. Data tersebut digunakan untuk memperoleh informasi kuantitatif, mengetahui penilaian responden, serta menjadi dasar dalam proses analisis risiko menggunakan metode *House of Risk*. Selanjutnya, data sekunder diperoleh dari catatan historis kerusakan yang tercantum dalam dokumen pemeliharaan dan laporan kejadian selama periode Januari–Desember 2025. Data sekunder tersebut digunakan sebagai data pendukung untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik dan pola kerusakan mesin secara lebih menyeluruh. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan ditampilkan dalam diagram alur penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan

A. House Of Risk Fase 1

Langkah permulaan dalam penerapan *House of Risk* (HOR) fase 1 diawali melalui identifikasi risiko, yang melibatkan pengumpulan data mengenai berbagai potensi kejadian kegagalan (*risk event*) beserta faktor pemicunya (*risk agent*). Seluruh kejadian yang terdeteksi kemudian dianalisis secara mendalam guna menelusuri sumber masalah yang mungkin timbul. Berdasarkan catatan histori gangguan pada mesin *circular knitting*, berhasil diidentifikasi sejumlah bentuk kerusakan operasional. Tahap berikutnya dilanjutkan melalui wawancara serta penyebaran kuesioner kepada para tenaga ahli (*expert*) guna menggali berbagai agen risiko yang memicu masalah tersebut, yang kemudian terangkum dalam jumlah *risk agent* tertentu. Lebih lanjut, setiap kejadian risiko dievaluasi tingkat dampaknya (*severity*) terhadap kelancaran produksi, sementara faktor pemicunya turut dinilai berdasarkan tingkat probabilitas kemunculannya (*occurrence*), sebagaimana tertera pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Identifikasi *Risk Event*

Kejadian Risiko	Ei Tingkat Keparahan (<i>Severity</i>)	
<i>Needle</i> patah atau bengkok	E1	5
<i>Sinker</i> patah atau bengkok	E2	5
Posisi <i>Cam System</i> bergeser	E3	6
<i>Belt drive</i> rentan aus	E4	4
<i>Yarn Feeder</i> rentan aus dan kotor	E5	5
<i>Power Supply</i> mati	E6	10
Kecepatan tidak stabil pada <i>Motor Drive</i>	E7	8
Kebocoran pada <i>Oil Pump</i>	E8	9
<i>Sensor yarn break</i> tidak bekerja dengan optimal	E9	7

Tabel 2. Identifikasi *Risk Agent*

Agent Risiko	Ai Peluang Kemunculan (<i>Occurance</i>)	
Umur pakai <i>needle</i> telah melampaui batas penggunaan.	A1	7
Pemasangan dan penyetelan <i>needle</i> kurang presisi.	A2	4
Umur pakai <i>sinker</i> telah melampaui batas penggunaan.	A3	6
Pelumasan pada area <i>knitting head</i> belum optimal.	A4	6
Baut pengunci <i>cam system</i> longgar atau alignment tidak presisi.	A5	4
Getaran mesin berlebih menyebabkan perubahan <i>alignment</i> komponen.	A6	5
Tegangan <i>belt</i> tidak sesuai standar operasional.	A7	6
Penggantian <i>belt</i> belum dilakukan sesuai interval pemakaian.	A8	4
Penumpukan serat, debu, dan sisa benang pada area <i>yarn feeder</i> .	A9	9
Program <i>preventive maintenance</i> dan <i>cleaning</i> belum terjadwal sistematis.	A10	7
Ketidakstabilan tegangan listrik pada sistem mesin.	A11	5

<i>Agent Risiko</i>	<i>Ai Peluang Kemunculan (Occurance)</i>	
Komponen panel listrik <i>atau power supply</i> mengalami overheating.	A12	4
Beban operasi motor tidak seimbang dan pengaturan putaran belum stabil.	A13	4
Ketidakstabilan tegangan listrik pada sistem mesin.	A14	4
<i>Seal</i> , selang, atau sambungan sistem pelumasan mengalami keausan.	A15	5
Pengencangan <i>fitting</i> dan inspeksi jalur pelumasan belum sesuai standar.	A16	3
Pembersihan dan kalibrasi sensor belum dilakukan berkala.	A17	6
Kabel, konektor, atauudukan sensor mengalami kelonggaran.	A18	3

Proses penetapan besaran *severity* dan *occurrence* diletakkan sebagai tahapan permulaan, yang kemudian disusul dengan pengukuran eratnya hubungan korelasional di antara setiap agen risiko dengan kejadian kegagalan yang timbul. Seluruh data dari evaluasi tersebut dijadikan landasan masukan guna menyusun matriks *House of Risk* (HOR) fase 1 dalam rangka mengalkulasi skor *Aggregate Risk Potential* (ARP). Besaran nilai ARP ini dimanfaatkan untuk menentukan hierarki prioritas penanggulangan masalah dimulai dari peringkat teratas yang mencerminkan tingkat ancaman paling mendesak, dengan hasil kalkulasi matriks *House of Risk* fase 1 dapat ditinjau langsung pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks *House Of Risk* Fase 1

<i>Risk Event</i>	<i>Risk Agent</i>																		Si
E1	9	3		1		3				3									5
E2			9	3		3				3									5
E3					9	9													7
E4							9	9		3						1			4
E5									9	9									5
E6											9	9							10
E7											3	3	9	9					7
E8				1											9	3			9
E9										9			1				9	3	8
Oi	7	4	6	6	4	5	6	4	9	7	5	4	4	4	5	3	6	3	
ARP	315	60	270	120	288	465	216	144	405	1113	595	444	284	252	525	81	432	72	
Pj	8	18	11	15	9	3	3	14	7	1	2	4	10	12	6	16	5	17	

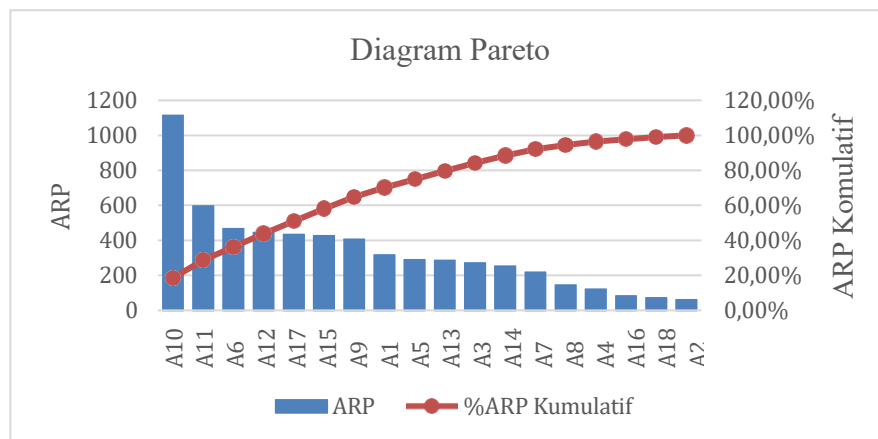
Hasil kalkulasi matriks *House of Risk* (HOR) fase 1 menghasilkan besaran skor *Aggregate Risk Potential* (ARP) beserta hierarki peringkat dari masing-masing agen risiko. Skor ARP tersebut selanjutnya dievaluasi memakai diagram Pareto guna memetakan agen risiko paling dominan yang berdampak besar terhadap timbulnya *risk event* pada kerusakan mesin *circular knitting*. Agen-agen risiko yang masuk dalam kelompok dominan inilah yang kemudian dijadikan prioritas utama untuk ditangani pada tahapan mitigasi selanjutnya, sebagaimana dapat disimak melalui Tabel 4.

Tabel 4. Pengolahan Diagram Pareto

<i>Ai</i>	<i>Agent Risiko</i>	<i>Rank</i>	<i>ARP</i>	<i>%ARP</i>	<i>ARP Kumulatif</i>
A10	Program <i>preventive maintenance</i> dan <i>cleaning</i> belum terjadwal sistematis.	1	1113	18.61%	18.61%
A11	Ketidakstabilan tegangan listrik pada sistem mesin.	2	595	9.95%	28.56%
A6	Getaran mesin berlebih menyebabkan perubahan <i>alignment</i> komponen.	3	465	7.78%	36.34%
A12	Komponen panel listrik <i>atau power supply</i> mengalami overheating.	4	444	7.42%	43.76%

A17	Pembersihan dan kalibrasi sensor belum dilakukan berkala.	5	432	7.22%	50.99%
A15	<i>Seal</i> , selang, atau sambungan sistem pelumasan mengalami keausan.	6	425	7.11%	58.09%
A9	Penumpukan serat, debu, dan sisa benang pada area <i>yarn feeder</i> .	7	405	6.77%	64.87%
A1	Umur pakai <i>needle</i> telah melampaui batas penggunaan.	8	315	5.27%	70.13%
A5	Baut pengunci <i>cam system</i> longgar atau alignment tidak presisi.	9	288	4.82%	74.95%
A13	Beban operasi motor tidak seimbang dan pengaturan putaran belum stabil.	10	284	4.75%	79.70%
A3	Umur pakai <i>sinker</i> telah melampaui batas penggunaan.	11	270	4.52%	84.21%
A14	Ketidakstabilan tegangan listrik pada sistem mesin.	12	252	4.21%	88.43%
A7	Tegangan <i>belt</i> tidak sesuai standar operasional.	13	216	3.61%	92.04%
A8	Penggantian <i>belt</i> belum dilakukan sesuai interval pemakaian.	14	144	2.41%	94.45%
A4	Pelumasan pada area <i>knitting head</i> belum optimal.	15	120	2.01%	96.45%
A16	Pengencangan <i>fitting</i> dan inspeksi jalur pelumasan belum sesuai standar.	16	81	1.35%	97.81%
A18	Kabel, konektor, atauudukan sensor mengalami kelonggaran.	17	71	1.19%	99%
A2	Pemasangan dan penyetelan <i>needle</i> kurang presisi.	18	60	1.00%	100%

Penerapan Diagram Pareto berlandaskan pada prinsip 80:20, yang mengindikasikan bahwa sekitar 20% pemicu risiko utama memberikan kontribusi sebesar 80% terhadap total dampak keseluruhan. Melalui konsep ini, pemusatan upaya perbaikan pada segelintir agen risiko yang paling berpengaruh diyakini mampu menekan sebagian besar potensi gangguan secara optimal. Visualisasi Diagram Pareto yang memetakan agen-agen risiko dengan andil terbesar terhadap timbulnya permasalahan tersebut dapat diamati melalui Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto

Sejumlah faktor risiko yang paling signifikan berkontribusi terhadap terjadinya risiko dan memerlukan perhatian prioritas dapat diidentifikasi berdasarkan hasil analisis diagram Pareto. Disarankan agar faktor-faktor risiko tersebut ditangani dengan menyusun rencana mitigasi yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing. A1, A3, A2, A10, A9, A4, A5, A6, A7, dan A8 adalah sepuluh faktor risiko yang termasuk dalam kelompok utama ini.

B. Root Cause Analysis

Setelah nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) dan kelompok agen risiko dominan teridentifikasi, tahapan berikutnya adalah melaksanakan analisis akar permasalahan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Melalui wawancara mendalam bersama para personel yang terjun langsung dalam penanganan gangguan operasional mesin, berhasil dihimpun informasi mendetail mengenai faktor utama yang melandasi masing-masing agen risiko tersebut, sebagaimana dapat disimak melalui Tabel 5.

Tabel 5. *Root Cause Analysis*

Ai	Issue	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
A10	Program <i>preventive maintenance</i> dan <i>cleaning</i> belum terjadwal sistematis	Kegiatan pemeliharaan mesin hanya dilakukan saat terjadi kerusakan (<i>breakdown</i>)	Tidak ada agenda atau kalender perawatan rutin yang mengikat tim teknisi	Manajemen perawatan masih bersifat reaktif bukan preventif	Belum adanya SOP <i>preventive maintenance</i> khusus yang disahkan oleh manajemen
A11	Ketidakstabilan tegangan listrik pada sistem mesin	Aliran daya listrik yang masuk ke komponen elektronik mesin sering naik-turun	Sistem kelistrikan pabrik tidak mampu meredam fluktuasi beban listrik dari luar	Mesin belum dilengkapi dengan alat penstabil daya yang memadai	Belum adanya pengadaan <i>Stabilizer</i> atau <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) berkapasitas besar untuk area produksi
A6	Getaran mesin berlebih menyebabkan perubahan <i>alignment</i>	Komponen mekanis penggerak utama mesin mengalami kelonggaran saat beroperasi	Baut-baut penyangga danudukan mesin mengendur akibat gaya mekanis konstan	Inspeksi pengencangan baut berkala jarang dilakukan oleh operator	Beban kerja mesin yang terlalu tinggi demi mengejar target produksi harian
A12	Komponen panel listrik atau <i>power supply overheating</i>	Suhu di dalam boks panel komponen elektronik melebihi ambang batas normal	Sistem sirkulasi udara atau pendinginan di dalam panel tidak berfungsi maksimal	Kipas pendingin (<i>cooling fan</i>) panel kotor terhambat debu/serat benang dan jarang dibersihkan	Tidak adanya jadwal pembersihan area sensitif kelistrikan dari paparan debu pabrik
A17	Pembersihan dan kalibrasi sensor belum dilakukan berkala	Sensor sering salah membaca sinyal jalannya benang (<i>error / macet</i>)	Permukaan lensa sensor tertutup oleh penumpukan <i>lint</i> (serat halus benang)	Alat peniup debu otomatis (<i>dust blower</i>) pada area sensor tidak bekerja optimal	Tekanan angin kompresor untuk pembersih otomatis sering drop dan kurang diawasi
A15	<i>Seal</i> , selang, atau sambungan pelumasan mengalami keausan	Terjadi rembesan atau kebocoran oli di area pompa dan jalur pemeliharaan	<i>Seal</i> karet mengeras dan retak akibat terpapar suhu operasi mesin secara terus-menerus	Penggantian komponen pelumasan hanya dilakukan menunggu sampai terjadi kebocoran	Tidak ada pencatatan umur pakai (<i>lifetime</i>) <i>seal/selang</i> untuk diganti secara periodik
A9	Penumpukan serat, debu, dan sisa benang pada <i>yarn feeder</i>	Aliran benang masuk ke jarum menjadi tersendat dan rentan tersangkut	Lubang pengarah benang (<i>yarn guide</i>) tersumbat tumpukan debu halus katun	Mekanisme pembersih otomatis pada mesin tidak mampu menjangkau sudut sempit	Alokasi waktu untuk <i>cleaning</i> menyeluruh oleh operator sangat terbatas saat kejar target
A1	Umur pakai <i>needle</i> telah melampaui batas penggunaan	Jarum rajut sering patah atau bengkok secara mendadak saat proses perajutan	Struktur logam jarum sudah mengalami kelelahan bahan (<i>metal fatigue</i>)	Penggantian jarum tidak berdasarkan jam kerja mesin, melainkan menunggu jarum patah	Ketiadaan sistem kartu kontrol (<i>logbook</i>) pelacakan riwayat masa pakai jarum
A5	Baut pengunci <i>cam system</i> longgar atau tidak presisi	Posisi blok <i>cam</i> berubah sehingga jalurnya tidak sinkron dengan kaki jarum	Mur pengencang <i>cam</i> kendur akibat menerima hentakan berulang dari jarum	Teknisi menyatel kedudukan <i>cam</i> secara manual tanpa alat ukur presisi	Keterbatasan alat bantu ukur (<i>dial gauge</i>) khusus untuk kalibrasi kelurusan <i>cam</i>
A13	Beban operasi motor tidak	Putaran motor penggerak utama	Terjadi fluktuasi nilai arus	Pengaturan parameter	Belum pernah dilakukan kalibrasi

Ai	Issue	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
	seimbang dan putaran tidak stabil	tersendat-sendat atau cepat panas	(<i>current</i>) yang ditarik oleh motor saat menarik beban kain	frekuensi pada alat kontrol <i>inverter drive</i> belum pas	atau penyetelan ulang parameter motor oleh tenaga ahli

Dengan teridentifikasinya akar permasalahan dari masing-masing agen risiko dominan, tindakan pencegahan dapat dirancang secara lebih presisi dan tepat sasaran, sehingga diharapkan mampu menekan potensi kerusakan mesin serta memangkas total waktu henti (*idle time*) secara signifikan. Sebagai kelanjutannya, tahapan *House of Risk* (HOR) fase 2 dieksekusi guna merumuskan berbagai strategi mitigasi yang efektif serta selaras dengan karakteristik spesifik dari setiap agen risiko dominan tersebut.

C. House Of Risk Fase 2

Temuan dari *Root Cause Analysis* menunjukkan bahwa akar permasalahan dari setiap risiko dominan telah sukses teridentifikasi. Berlandaskan hasil tersebut, rangkaian proses dilanjutkan ke tahap kedua metode *House of Risk* yang memusatkan perhatian pada penetapan langkah pencegahan (*preventive action*) atau tindakan mitigasi prioritas. Sasaran utama dari tahapan ini adalah meredam dampak risiko secara optimal. Perancangan strategi mitigasi tersebut dapat disimak melalui Tabel 6.

Tabel 6. Rancangan Strategi Mitigasi

Ai	Agan Risiko	Akar Penyebab	PAi	Strategi Mitigasi
A10	Program <i>preventive maintenance</i> dan <i>cleaning</i> belum terjadwal sistematis	Belum adanya SOP <i>preventive maintenance</i> khusus yang disahkan oleh manajemen	PA1	Pembuatan dan penerapan SOP jadwal perawatan rutin harian hingga bulanan.
A11	Ketidakstabilan tegangan listrik pada sistem mesin	Belum adanya pengadaan <i>Stabilizer</i> atau <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) berkapasitas besar untuk area produksi	PA2	Pengadaan dan instalasi unit <i>stabilizer</i> /AVR pada jaringan listrik mesin.
A6	Getaran mesin berlebih menyebabkan perubahan <i>alignment</i>	Beban kerja mesin yang terlalu tinggi demi mengejar target produksi harian	PA3	Penyeimbangan jadwal produksi dan pengecekan kekencangan baut dudukan secara berkala.
A12	Komponen panel listrik atau <i>power supply</i> <i>overheating</i>	Tidak adanya jadwal pembersihan area sensitif kelistrikan dari paparan debu pabrik	PA4	Penjadwalan pembersihan boks panel kontrol dan filter kipas pendingin secara berkala.
A17	Pembersihan dan kalibrasi sensor belum dilakukan berkala	Tekanan angin kompresor untuk pembersih otomatis sering drop dan kurang diawasi	PA5	Pemasangan <i>pressure gauge</i> pada kompresor dan kalibrasi lensa optik sensor secara berkala.
A15	<i>Seal</i> , selang, atau sambungan pelumasan mengalami keausan	Tidak ada pencatatan umur pakai (<i>lifetime</i>) <i>seal</i> /selang untuk diganti secara periodik	PA6	Pencatatan riwayat umur pakai (<i>lifetime</i>) komponen pelumasan untuk penggantian sebelum bocor.
A9	Penumpukan serat, debu, dan sisa benang pada <i>yarn feeder</i>	Alokasi waktu untuk <i>cleaning</i> menyeluruh oleh operator sangat terbatas saat kejar target	PA7	Penerapan budaya resik (5S) selama 10-15 menit bagi operator di setiap akhir <i>shift</i> .
A1	Umur pakai <i>needle</i> telah melampaui batas penggunaan	Ketiadaan sistem kartu kontrol (<i>logbook</i>) pelacakan riwayat masa pakai jarum	PA8	Penerapan buku kontrol (<i>logbook</i>) jam kerja jarum untuk mendeteksi keausan sebelum patah.
A5	Baut pengunci <i>cam system</i> longgar atau tidak presisi	Keterbatasan alat bantu ukur (<i>dial gauge</i>) khusus untuk kalibrasi kelurusan <i>cam</i>	PA9	Pengadaan alat ukur <i>dial indicator</i> dan pelatihan singkat penyetelan <i>cam</i> bagi teknisi.
A13	Beban operasi motor tidak seimbang dan putaran tidak stabil	Belum pernah dilakukan kalibrasi atau penyetelan ulang parameter motor oleh tenaga ahli	PA10	Penyetelan ulang (<i>setting</i>) parameter frekuensi pada modul <i>inverter drive</i> motor utama.

Tahap berikutnya setelah merumuskan strategi mitigasi prioritas adalah menentukan tingkat hubungan antara aksi mitigasi dan agen risiko untuk menghasilkan keputusan yang presisi. Skala yang sama yang digunakan untuk mengukur hubungan antara kejadian risiko dan faktor risiko juga diterapkan dalam evaluasi korelasi ini. Setelah itu, tingkat kesulitannya (Dk), efektivitas total tindakan (TEk), serta rasio efektivitas banding kesulitan (ETDk). Seluruh hasil analisis ini dirangkum ke dalam matriks *House of Risk* (HOR) Fase 2 untuk menetapkan urutan prioritas mitigasi terbaik pada mesin *Circular Knitting* ke-2, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks *House Of Risk* Fase 2

<i>Risk Agent</i>	<i>Preventive Action (PAi)</i>										<i>ARPj</i>
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	PA10	
A10	9										1113
A11		9									595
A6			3								465
A12				9							444
A17					3						432
A15						9					425
A9							3				405
A1								3			315
A5									3		288
A13										9	284
Total Effectiveness of Action (TEk)	10017	5355	1395	3996	1296	3825	1215	945	864	2556	
Degree of Difficulty Performing Action (Dk)	3	5	4	4	3	4	5	3	4	4	
Effectiveness to Difficulty of Ratio (ETDk)	3339	1071	348.75	999	432	956.25	243	315	216	639	
Rank of Priority	1	2	7	3	6	4	9	8	10	5	

Hasil analisis pada Tabel 7. menunjukkan bahwa strategi mitigasi dengan rasio ETDk tertinggi diduduki oleh PA1, yakni penerapan penjadwalan pemeliharaan preventif yang disesuaikan menurut jenis dan intensitas penggunaan mesin. Di sisi lain, strategi PA9 yang berfokus pada pemeliharaan berbasis pemantauan data getaran memperoleh nilai ETDk paling rendah. Adapun susunan prioritas strategi mitigasi berdasarkan kalkulasi *House of Risk* (HOR) Fase 2 dirangkum dalam Tabel 8.

Tabel 8. Rangking Prioritas Mitigasi Risiko

Rangking	Strategi Mitigasi	PAi	ETDk
1	Pembuatan dan penerapan SOP jadwal perawatan rutin harian hingga bulanan.	PA1	3339
2	Pengadaan dan instalasi unit <i>stabilizer</i> /AVR pada jaringan listrik mesin.	PA2	1071
3	Penjadwalan pembersihan boks panel kontrol dan filter kipas pendingin secara berkala.	PA4	999
4	Pencatatan riwayat umur pakai (<i>lifetime</i>) komponen pelumasan untuk penggantian sebelum bocor.	PA6	956.25
5	Penyetelan ulang (<i>setting</i>) parameter frekuensi pada modul <i>inverter drive</i> motor utama.	PA10	639
6	Pemasangan <i>pressure gauge</i> pada kompresor dan kalibrasi lensa optik sensor secara berkala.	PA5	432
7	Penyeimbangan jadwal produksi dan pengecekan kekencangan baut dudukan secara berkala.	PA3	348.75

8	Penerapan buku kontrol (<i>logbook</i>) jam kerja jarum untuk mendeteksi keausan sebelum patah.	PA8	315
9	Penerapan budaya resik (5S) selama 10-15 menit bagi operator di setiap akhir <i>shift</i> .	PA7	243
10	Pengadaan alat ukur <i>dial indicator</i> dan pelatihan singkat penyetelan <i>cam</i> bagi teknisi.	PA9	216

D. Perbandingan Output Produksi

Komparasi *output* produksi bertujuan untuk membandingkan capaian hasil produksi dalam dua kondisi berbeda, yakni sebelum dan sesudah pelaksanaan mitigasi risiko. Analisis ini dilakukan guna mengukur sejauh mana efektivitas strategi mitigasi yang diterapkan mampu mengoptimalkan kinerja mesin *circular knitting*. Data historis mengenai hasil produksi kain serta waktu henti (*downtime*) mesin *circular knitting* kurun waktu Januari sampai Desember 2025 sebelum mitigasi disajikan pada tabel 9. di bawah ini.

Tabel 9. Total Hasil Produksi yang Dihasilkan Akibat Kerusakan Mesin

Bulan	Gulungan (kg)	Downtime (jam)
Januari 2025	825	13
Februari 2025	831	9
Maret 2025	829	12
April 2025	827	10
Mei 2025	826	11
Juni 2025	836	8
Juli 2025	827	10
Agustus 2025	826	11
September 2025	832	9
Oktober 2025	827	10
November 2025	823	14
Desember 2025	837	8
Total	9946	145

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *House of Risk* (HOR) dan *Root Cause Analysis* (RCA), dirumuskan usulan strategi mitigasi guna menanggulangi masalah kerusakan mesin *circular knitting*. Implementasi strategi pencegahan ini diproyeksikan mampu meningkatkan output produksi kain, dengan estimasi total hasil rajutan selama 12 bulan mendatang. Adapun estimasi waktu henti (*downtime*) mesin berdasarkan kalkulasi tim pemeliharaan disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Total Estimasi Downtime Ketika Melakukan Mitigasi Risiko

Strategi Mitigasi	Estimasi Downtime (Jam)
Pembuatan dan penerapan SOP jadwal perawatan rutin harian hingga bulanan.	22 jam 38 menit
Pengadaan dan instalasi unit <i>stabilizer</i> /AVR pada jaringan listrik mesin.	7 jam 15 menit
Penjadwalan pembersihan boks panel kontrol dan filter kipas pendingin secara berkala.	6 jam 46 menit
Pencatatan riwayat umur pakai (<i>lifetime</i>) komponen pelumasan untuk penggantian sebelum bocor.	6 jam 29 menit
Penyetelan ulang (<i>setting</i>) parameter frekuensi pada modul <i>inverter drive</i> motor utama.	4 jam 20 menit
Pemasangan <i>pressure gauge</i> pada kompresor dan kalibrasi lensa optik sensor secara berkala.	2 jam 56 menit

Penyeimbangan jadwal produksi dan pengecekan kekencangan baut dudukan secara berkala.	2 jam 22 menit
Penerapan buku kontrol (<i>logbook</i>) jam kerja jarum untuk mendeteksi keausan sebelum patah.	2 jam 8 menit
Penerapan budaya resik (5S) selama 10-15 menit bagi operator di setiap akhir <i>shift</i> .	1 jam 39 menit
Pengadaan alat ukur <i>dial indicator</i> dan pelatihan singkat penyetulan <i>cam</i> bagi teknisi.	1 jam 28 menit
Total	58

Hari kerja per tahun: 312 hari (26 hari/bulan × 12 bulan)

Jam kerja per tahun: 2496 jam (312hari × 8 jam)

Pengurangan waktu setelah mitigasi: 72 jam (145 jam – 58 jam)

Gulungan kain per hari: 36 kg (4,5 kg/jam)

Jam kerja normal per tahun: 2496 jam – 72 jam = 2409 jam

Output gulungan per tahun: 2424 jam × 4,5 kg/jam = 10840,5 kg/tahun

Estimasi gulungan kain per bulan: $\frac{10908}{12} = 903,38$ kg/bulan

Tabel 11. Total Estimasi Output Produksi Ketika Melakukan Mitigasi Risiko

Bulan	Gulungan (KG)
Januari	903,38
Februari	903,38
Maret	903,38
April	903,38
Mei	903,38
Juni	903,38
Juli	903,38
Agustus	903,38
September	903,38
Oktober	903,38
November	903,38
Desember	903,38
Total	10.840,5

Melalui estimasi output produksi setelah penerapan mitigasi risiko, komparasi antara capaian produksi pra dan pasca mitigasi dapat ditunjukkan sebagai berikut.

$$\text{Peningkatan Produksi} = \left(\frac{\text{Gulungan Setelah Mitigasi} - \text{Gulungan Sebelum Mitigasi}}{\text{Gulungan Sebelum Mitigasi}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Produksi} = \left(\frac{10840,5}{9946} \right) \times 100\% = 8,99\%$$

Tabel 12. Perbandingan Output Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Mitigasi Risiko

Kondisi	Gulungan (KG)	Persentase Gulungan
Sebelum mitigasi	9946	-
Sesudah Mitigasi	10840,5	8,99%

Merujuk pada Tabel 12, penerapan mitigasi risiko pada mesin *circular knitting* mampu meningkatkan capaian produksi sebesar 8,99%, yaitu dari 9.946 kg sebelum mitigasi menjadi 10.840,5 kg setelah tindakan mitigasi dilaksanakan.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, analisis risiko kerusakan mesin *Circular Knitting* menggunakan metode *House of Risk* (HOR) Fase 1 mengidentifikasi 18 *risk agent*, di mana 10 *risk agent* dominan berkontribusi sebesar 79,70% dari total potensi risiko secara keseluruhan dengan faktor utama berupa belum terintegrasinya program *preventive maintenance* dan *cleaning* secara sistematis (skor ARP 1.113). Penelusuran akar masalah menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) menunjukkan bahwa kegagalan operasional sebagian besar dipicu oleh ketiadaan SOP pemeliharaan rutin, fluktuasi arus listrik, serta kurangnya kontrol terhadap masa pakai komponen. Evaluasi tindakan preventif pada HOR Fase 2 menghasilkan 10 strategi mitigasi risiko, dengan pembuatan dan penerapan SOP jadwal perawatan rutin harian hingga bulanan (*Preventive Action* 1) sebagai strategi paling efektif berdasarkan nilai *Effectiveness to Difficulty Ratio* (ETDk) tertinggi sebesar 3.339. Implementasi seluruh strategi mitigasi tersebut diperkirakan mampu memangkas waktu henti mesin (*downtime*) sebesar 58 jam per tahun (dari 145 jam menjadi 58 jam), sehingga diproyeksikan dapat meningkatkan output produksi kain sebesar 8,99% atau naik dari 9.946 kg menjadi 10.840,5 kg per tahun. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penerapan manajemen risiko terintegrasi HOR dan RCA secara signifikan dapat meningkatkan keandalan mesin serta efisiensi operasional produksi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT MNJ atas dukungan dan kerja sama yang terus menerus selama penelitian ini berlangsung, termasuk penyediaan data operasional dan informasi yang sangat membantu proses penelitian. Selain itu, penulis juga menekankan pentingnya peran UPN “Veteran” Jawa Timur atas bimbingan dan dukungan akademik yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan sukses.

References

1. Septiani and Daspar, “Tekstil Indonesia vs Tiongkok,” J. Ilm. Ekon., vol. 1, no. 3, pp. 852–860, 2025, doi: 10.63822/52zrq63.
2. P. Holderied, T. Mutschler, S. Tresp, J. Klausmann, M. Bueno, and M. O. Weber, “Development of a new yarn supply for weft knitting machines to produce innovative knitwear,” Commun. Dev. Assem. Text. Prod. Dev., vol. 4, no. 1, pp. 51–60, 2023, doi: 10.25367/cdatp.2023.4.p51-60.
3. R. A. Yuniawati, K. Mere, K. Sukardi, and A. Anwar, “Peran manajemen risiko dalam meningkatkan kinerja perusahaan: Studi manajemen sumber daya manusia,” Entrep. Bisnis Manaj. Akunt., vol. 4, no. 1, pp. 32–42, 2023, doi: 10.37631/ebisma.v4i1.844.
4. M. A. Tabun, Maria, Sushardi, D. S. Hariyani, and M. Sulistyowati, Manajemen Risiko Bisnis Era Digital. Lombok, Indonesia: SEVAL, 2023, doi: 10.31237/osf.io/bhmk3.
5. C. Faradilla, Rahmaddiansyah, and L. Hakim, “Aspek pertumbuhan industri tekstil Indonesia dalam upaya mewujudkan pertumbuhan ekonomi: Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan industri tekstil,” J. Ekon. dan Pembang., vol. 13, no. 2, 2022, doi: 10.22373/jep.v13i2.773.
6. M. Rozudin and N. A. Mahbubah, “Implementasi metode House of Risk pada pengelolaan risiko rantai pasokan hijau produk Bogle S2HD9C (studi kasus: PT Barata Indonesia),” J. Integr. Sist. Ind., vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.24853/jisi.8.1.1-11.
7. B. N. Alfa, P. D. Widayat, and B. Santoso, “Supply chain risk management of aftermarket products in automotive spare parts manufacturing companies using the House of Risk (HoR) method,” J. Ilm. Tek. Ind., vol. 23, no. 2, 2022, doi: 10.23917/jiti.v23i2.6226.
8. J. Shidqiyah Liddin and F. Pulanasari, “Analisis dan mitigasi risiko pada supply chain di PT XYZ dengan pendekatan House of Risk (HOR),” AL-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol., vol. 9, no. 2, pp. 164–174, 2024, doi: 10.36722/sst.v9i2.2717.
9. B. Prasetyo, W. Eka, Y. Retnani, N. Laily, and M. Ifadah, “Analisis strategi mitigasi risiko supply chain management menggunakan House of Risk (HOR),” TEKNO KOMPAK, vol. 16, no. 2, pp. 72–84, 2022, doi: 10.33365/jtk.v16i2.1878.
10. M. Ulfah, P. F. Ferdinand, D. L. Trenggonowati, and M. Salsabila, “Supply-chain risk mitigation with integration of House of Risk and fuzzy logic: A case study in bakery industry,” J. Ind. Serv., vol. 8, no. 2, pp. 151–157, 2022, doi: 10.36055/jiss.v8i2.17393.
11. K. P. Nasution, A. Fitra, and A. E. Insani, “Penerapan Root Cause Analysis (RCA) dalam mengurangi tingkat cacat produk stick lollipop di PT. XYZ,” J. Tek. Ind. Terintegrasi, vol. 8, no. 1, pp. 868–874, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.41003.
12. T. Sahoo, Root Cause Failure Analysis. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2021, doi: 10.1002/9781119615606.
13. D. Riyadi and R. Rusindiyanto, “Risk mitigation strategy using House of Risk and Root Cause Analysis for hammer mill failure: Strategi mitigasi risiko menggunakan model rumah risiko dan analisis penyebab utama untuk gagal mesin penggiling palu,” Indones. J. Innov. Stud., vol. 26, no. 4, pp. 1–10, 2025, doi: 10.21070/ijins.v26i4.1595.

14. H. Muhammad and J. Sumarjo, "Analisis mesin Door Poly Urethane B kulkas satu pintu Total Productive Maintenance metode Root Cause Analysis (RCA) di PT. XYZ," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 13, no. 1, pp. 58–67, 2025, doi: 10.23887/jptm.v13i1.90552.
15. Nagata and D. Ernawati, "Integrated approach of FMEA and RCA in hazard risk management at PT XYZ calibration laboratory," *Jati Emas*, vol. 9, no. 1, pp. 63–70, 2025, doi: 10.32502/integrasi.v10i2.1142.