
Academia Open



By Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14399

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/licenses/by/4.0/legalcode>

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14399

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

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

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

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](#))

Academia Open

Vol. 11 No. 1 (2026): June
DOI: 10.21070/acopen.11.2026.14399

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

Cleaning, Water Quality, and Component Lifetime Dominate Combi Oven Risks: Pembersihan, Kualitas Air, dan Umur Pakai Komponen Menjadi Faktor Utama Risiko pada Oven Kombinasi

Taaj Tuhfah Aulia, 22032010052@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: Production machinery reliability is essential in time-sensitive food service operations because machine failure can create downtime, productivity loss, and financial loss. **Specific Background:** A combi oven used in final food maturation experienced repeated failures involving burner deposits, steam heater malfunction, blower circulation failure, and boiler solenoid valve blockage during the January 2024 to December 2025 observation period. **Knowledge Gap:** The manuscript identifies the need for structured risk prioritization that connects failure events, risk agents, root causes, mitigation strategies, and downtime cost evaluation. **Aims:** This study aimed to identify combi oven failure risks and determine priority mitigation strategies using House of Risk and Root Cause Analysis. **Results:** Historical data recorded 23 failure events with cumulative downtime of 155 hours, consisting of 65 hours in 2024 and 90 hours in 2025. House of Risk phase 1 identified seven risk agents and three dominant priorities: lack of scheduled cleaning and maintenance with an ARP of 378, mineral-heavy water causing scale buildup with an ARP of 273, and components exceeding lifetime limits with an ARP of 234. These three agents accounted for 68% cumulative ARP. RCA through fishbone diagrams and 5 Whys traced the root causes to inconsistent maintenance, limited monitoring, inadequate water treatment, and weak preventive scheduling. **Novelty:** This study integrates HOR, RCA, Pareto prioritization, and downtime cost comparison for combi oven failure management. **Implications:** The findings support scheduled maintenance, water treatment control, component lifetime monitoring, and preventive mitigation planning.

Highlights:

- Three priority agents contributed 68% of cumulative ARP.
- Historical records showed 23 failures and 155 downtime hours.
- Preventive scheduling and monitoring became the main corrective direction.

Keywords: Downtime, House of Risk, Risk Mitigation Strategy, Root Cause Analysis.

Published date: 2026-06-24

Pendahuluan

In-flight catering merupakan salah satu sektor penting dalam mendukung kelancaran operasional maskapai penerbangan dalam penyediaan makanan dan minuman bagi penumpang selama [1]. Aktivitas operasional pada industri ini bergantung pada jadwal penerbangan, sehingga menuntut ketepatan waktu serta konsistensi kualitas. Proses produksi makanan harus didukung oleh mesin yang beroperasi secara optimal untuk kelancaran produksi [2]. Kerusakan mesin memberikan dampak besar terhadap operasional perusahaan, berupa penurunan kapasitas produksi, biaya operasional meningkat, hingga keterlambatan distribusi yang dapat merugikan perusahaan. Dalam merancang sistem yang efektif dan efisien memerlukan perencanaan yang matang serta pendekatan yang diintegrasikan dengan aspek manajemen risiko. PT XYZ pada proses produksi mengoperasikan berbagai mesin, diantaranya mesin combi oven yang berfungsi sebagai tahap pematangan akhir makanan sebelum memasuki proses set up serta sangat mempengaruhi kualitas, kuantitas, serta ketepatan waktu produksi [3]. Apabila terjadi kegagalan mesin dapat berdampak pada kelancaran, efisiensi proses produksi serta berpotensi menurunkan mutu dari produk [2]. Oleh karena itu, mesin combi oven memiliki peran yang krusial dalam menjaga kelancaran dan keberhasilan proses produksi secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil observasi, terdapat beberapa jenis risiko kegagalan yang terjadi pada mesin combi oven, dimana kerusakan yang dominan seperti terdapat endapan kotoran pada komponen burner, kegagalan elemen heater steam pada steamer, kegagalan sirkulasi pada blower, serta blocking pada selenoid valve boiler. Selama periode Januari 2024 hingga Desember 2025, mesin combi oven yang telah beroperasi lebih dari 8 tahun tercatat mengalami 23 kejadian kerusakan dengan total downtime kumulatif mencapai 155 jam, terdiri dari 65 jam pada tahun 2024 dan 90 jam pada tahun 2025. Frekuensi kerusakan tertinggi terjadi pada komponen boiler dan burner. Dimana permasalahan ini terjadi dari belum optimalnya pelaksanaan kegiatan maintenance dan cleaning mesin secara terjadwal. Hal ini mengakibatkan risiko terjadinya kegagalan mesin pada proses produksi. Dalam hal ini, manajemen risiko berperan penting untuk mengidentifikasi, merencanakan, dan mempersiapkan berbagai skenario dalam menghadapi suatu kondisi serta mampu melindungi perusahaan dalam jangka panjang [4]. Oleh karena itu, diperlukannya suatu analisis yang terstruktur dalam mengidentifikasi risiko kegagalan mesin produksi yang memiliki prioritas tertinggi agar proses mitigasi dapat meminimalisir gangguan pada mesin dan peralatan produksi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan metode house of risk (HOR) dan root cause analysis (RCA). Dimana metode HOR berguna untuk menekankan pencegahan masalah sebelum terjadi dengan menghilangkan atau mengurangi potensi sumber bahaya [5]. Pada tahap HOR fase 1, dilakukan identifikasi berbagai kejadian risiko beserta agen penyebabnya, dimana setiap risiko dianalisis berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), kemudian terjadinya (*occurrence*), serta tingkat keterkaitan (*correlation*) untuk menghitung nilai aggregate risk potential (ARP) [6]. Peningkatan nilai ARP dianalisis menggunakan diagram pareto dengan prinsip 80:20 untuk mengidentifikasi agen risiko dominan yang menjadi fokus utama perencanaan mitigasi [7][8]. Setelah agen risiko prioritas ditetapkan, dilakukannya root cause analysis (RCA) dengan pendekatan fishbone diagram dan 5whys untuk menelusuri akar penyebab dari setiap risiko dominan [9][10]. Hasil dari RCA menjadi dasar dalam penerapan HOR fase 2 untuk merumuskan dan memprioritaskan strategi mitigasi yang paling efektif dan efisien berdasarkan nilai effectiveness to difficulty ratio (ETD), sehingga diharapkan mampu mengurangi frekuensi kerusakan mesin dan menekan kerugian akibat downtime mesin. Untuk mengatasi kondisi tersebut, kegiatan perbaikan mesin dilakukan untuk memastikan mesin tetap beroperasi dengan baik, mengurangi downtime, serta menjaga kelancaran proses produksi. Dilakukan perhitungan cost downtime dan biaya perbaikan untuk setiap komponen yang mengalami kerusakan selama periode pengamatan. [11]. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menentukan nilai risiko pada mesin combi oven dan menentukan prioritas strategi mitigasi risiko kegagalan mesin combi oven.

Metode

Pengolahan data dilakukan untuk menganalisis risiko kegagalan mesin combi oven berdasarkan data historis kerusakan, jenis kerusakan, frekuensi kejadian, dan faktor penyebab kerusakan. Metode yang digunakan adalah *house of risk* (HOR) untuk menetapkan faktor risiko dan penyusunan prioritas mitigasi, kemudian diintegrasikan dengan *root cause analysis* (RCA) untuk menelusuri akar penyebab dari setiap risiko dominan, serta melakukan perhitungan *cost downtime* dan biaya perbaikan. Langkah-langkah yang perlu ditempuh untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini dapat dilihat pada penjelasan berikut:

1. Pengumpulan Data

Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dalam proses pemecahan masalah. Data primer diperoleh melalui wawancara dan kuesioner yang dilakukan terhadap empat responden yang terlibat langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan mesin combi oven. Data sekunder diperoleh dari data historis kerusakan mesin yang terdokumentasi selama periode Januari 2024 hingga Desember 2025, mencakup jenis kerusakan, frekuensi, dan durasi *downtime* setiap komponen.

2. Implementasi House of Risk (HOR) Fase 1

HOR Fase 1 dimulai dengan membuat matriks untuk mengetahui hubungan antara *risk event* (kejadian risiko) dan *risk agent* (agen risiko). Setiap kejadian risiko dinilai berdasarkan tingkat keparahan dampaknya (*severity*), setiap agen risiko dinilai berdasarkan tingkat kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan tingkat keterkaitan antara keduanya (*correlation*) diidentifikasi menggunakan skala penilaian terstruktur. Selanjutnya dihitung nilai *aggregate risk potential* (ARP)

menggunakan rumus [12]:

$$AARP_j = O_j \sum (S_i \cdot R_{ij}) \quad (1)$$

Keterangan:

O_j = nilai *occurrence*

S_i = nilai *severity*

R_{ij} = nilai korelasi

3. Perangkingan Agen Risiko dan Analisis Pareto

Risk agent yang telah dihitung nilai ARP kemudian disusun berdasarkan urutan dari yang paling tinggi ke paling rendah. Kemudian digunakan analisis diagram Pareto dengan prinsip 80:20 untuk mengidentifikasi agen risiko yang paling dominan dan berkontribusi terbesar terhadap timbulnya risiko kegagalan mesin. Dimana perbaikan terhadap 20% sumber risiko yang paling dominan diharapkan mampu mengurangi hingga 80% dari keseluruhan potensi risiko [13].

4. Root Cause Analysis (RCA)

Root cause analysis digunakan untuk menemukan akar penyebab dari setiap agen risiko dominan yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya. Analisis dilakukan menggunakan dua metode pendekatan yaitu dengan *fishbone* diagram dan *5whys* [10]:

a. **Fishbone diagram**: mengkategorikan dan memetakan semua kemungkinan penyebab berdasarkan faktor *man* (manusia), *material* (material), *machine* (mesin), *method* (metode), dan *environment* (lingkungan) [9].

b. **5 Whys**: untuk menganalisis dan menemukan akar permasalahan. Dilakukan dengan menayakan pertanyaan “mengapa” sebanyak lima kali, dimana membantu menemukan akar penyebab masalah, dikarenakan hasil jawaban dari pertanyaan pertama dapat memunculkan pertanyaan berikutnya sampai tidak dapat dilanjutkan kembali [14].

5. Implementasi House of Risk (HOR) Fase 2

HOR Fase 2 dilakukan dengan merancang aksi mitigasi terhadap agen risiko dominan berdasarkan temuan RCA. Selanjutnya ditentukan nilai korelasi antara setiap aksi mitigasi dengan agen risiko yang ditanganinya, kemudian dihitung nilai *total effectiveness of action* (TE) dan derajat kesulitan implementasi (D_k). Prioritas aksi mitigasi ditentukan berdasarkan nilai *effectiveness to difficulty ratio* (ETD) dengan rumus [15][7]:

a. Total effectiveness of action (TE)

$$TE_k = \sum (ARP_j \cdot E_{jk}) \quad (2)$$

Keterangan:

TE_k = *total effectiveness of action*

ARP_j = nilai *aggregate risk potential* dari masing-masing *risk agent* prioritas

E_{jk} = nilai korelasi antara tindakan mitigasi dengan *risk agent*

b. Effectiveness to difficulty ratio (ETD)

$$ETD_k = \frac{TE_k}{D_k} \quad (3)$$

Keterangan:

ETD_k = *total effectiveness to difficulty ratio*

TE_k = *total effectiveness of action*

D_k = *degree of difficulty*

6. Perhitungan Cost Downtime dan Biaya Perbaikan

Tahap ini berisi perhitungan *cost downtime* dan biaya perbaikan untuk setiap komponen yang mengalami kerusakan selama periode pengamatan. *Cost downtime* dihitung berdasarkan perkalian antara total durasi downtime (jam) dengan biaya produksi per jam, sedangkan biaya perbaikan diperoleh dari perkalian frekuensi kerusakan dengan total biaya *sparepart* dan

jasa teknisi [11].

a. **Cost downtime**

$$\text{Cost Downtime} = \text{Total downtime (Jam)} \times \text{Biaya Produksi/Jam} \quad (4)$$

b. **Biaya Perbaikan**

$$\text{Biaya Perbaikan} = \text{Frekuensi kerusakan} \times (\text{Biaya sparepart} + \text{Biaya jasa}) \quad (5)$$

Hasil dan Pembahasan

A. House of Risk Fase 1

Tahap pada *house of risk* fase 1 dimulai dengan proses identifikasi risiko, yaitu proses pengumpulan informasi mengenai kejadian-kejadian risiko (*risk event*) yang terjadi beserta faktor penyebabnya (*risk agent*). Pada tahap ini, setiap kejadian risiko diidentifikasi untuk mengetahui berbagai kemungkinan sumber atau penyebab terjadinya risiko. Mengacu pada historis kerusakan mesin combi oven pada PT XYZ selama periode Januari 2024 hingga Desember 2025, dimana diperoleh 4 jenis kejadian risiko kerusakan. Tahap berikutnya adalah mencari *risk agent* melalui wawancara dan pengisian kuesioner yang melibatkan 4 orang responden yang memiliki keterlibatan langsung dalam operasional dan *maintenance* mesin. Dari proses tersebut didapatkan 7 *risk agent* yang berpotensi memicu terjadinya kejadian risiko pada mesin. Setiap kejadian risiko selanjutnya diberikan penilaian tingkat keparahan (*severity*) dampaknya terhadap keberlangsungan produksi, sedangkan setiap *risk agent* dinilai berdasarkan tingkat frekuensi kemunculannya (*occurrence*), sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Identifikasi *Risk Event* dan *Risk Agent*

Kejadian Risiko (<i>Risk Event</i>)	Ei	Tingkat Keparahan (<i>Severity</i>)	Agan Risiko (<i>Risk Agent</i>)	Ai	Peluang Kemunculan (<i>Occurrence</i>)
Endapan Kotoran pada <i>burner</i>	E1	6	Kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan	A1	6
			Kualitas bahan bakar yang buruk sehingga menghasilkan residu	A2	6
Kegagalan fungsi elemen <i>heater steam</i>	E2	6	<i>Lifetime</i> dari komponen sudah melebihi batas	A3	6
			Kualitas air mengandung kerak (mineral tinggi)	A4	7
Kegagalan sistem sirkulasi <i>blower</i>	E3	6	Pemasangan tidak tepat	A5	5
			Kualitas material <i>seal fan</i> tidak sesuai spesifikasi	A6	4
<i>Blocking</i> pada <i>selenoid valve boiler</i>	E4	7	Penumpukan kotoran	A7	5

Setelah nilai *severity* dan *occurrence* diperoleh, proses dilanjutkan dengan melakukan penilaian terhadap tingkat keterkaitan (*correlation*) antara *risk event* dan *risk agent* yang telah diidentifikasi. Seluruh hasil dari penilaian tersebut kebudian di masukkan dalam bentuk matriks *house of risk* fase 1, yang kemudian dimanfaatkan untuk perhitungan nilai *aggregate risk potential* (ARP). Nilai ARP yang dihasilkan berfungsi sebagai acuan dalam menyusun urutan prioritas penanganan risiko, dimana *risk agent* dengan nilai ARP tertinggi mencerminkan potensi risiko yang paling dominan dan mendesak untuk ditangani. Hasil perhitungan matriks *house of risk* fase 1 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks *House of Risk* Fase 1

<i>Risk Event</i>	<i>Risk Agent</i>							Si
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
E1	3	3					3	6
E2	3		3	3				6
E3	1				3	1		6
E4	3		3	3			3	7
Oi	6	6	6	7	5	4	5	
ARP	378	108	234	273	90	24	195	
Ranking	1	5	3	2	6	7	4	

Melalui matriks *house of risk* fase 1, didapatkan nilai *aggregate risk potential* (ARP) beserta urutan peringkat dari setiap *risk agent* yang telah diidentifikasi. Nilai ARP yang didapat selanjutnya akan dianalisis menggunakan diagram pareto untuk mengetahui *risk agent* yang memberikan pengaruh paling besar terhadap munculnya *risk event* pada mesin combi oven. *Risk agent* yang masuk dalam kategori dominan inilah yang kemudian akan menjadi fokus dan diprioritaskan untuk tahap perancangan strategi mitigasi, dimana dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengolahan Diagram Pareto

Rank	Risk Agent	Ai	ARP	%ARP	%ARP Kumulatif
1	Kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan	A1	378	29%	29%
2	Kualitas air mengandung kerak (mineral tinggi)	A4	273	21%	50%
3	<i>Lifetime</i> dari komponen sudah melebihi batas	A3	234	18%	68%
4	Penumpukan kotoran	A7	195	15%	83%
5	Kualitas bahan bakar yang buruk sehingga menghasilkan residu	A2	108	8%	91%
6	Pemasangan tidak tepat	A5	90	7%	98%
7	Kualitas material seal fan tidak sesuai spesifikasi	A6	24	2%	100%

Diagram pareto mengacu pada prinsip 80:20 yang menyatakan bahwa sebesar 20% dari seluruh sumber risiko yang ada mampu berkontribusi terhadap 80% dari total dampak risiko yang ditimbulkan. Dimana diagram pareto ini digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan yang perlu diprioritaskan dalam penanganannya. Dengan ini, upaya mitigasi dapat memberikan dampak meminimalkan terhadap keseluruhan potensi risiko yang terjadi pada mesin combi oven. Diagram pareto yang menggambarkan *risk agent* dengan kontribusi paling besar terhadap *risk event* dapat dilihat pada Gambar 1.

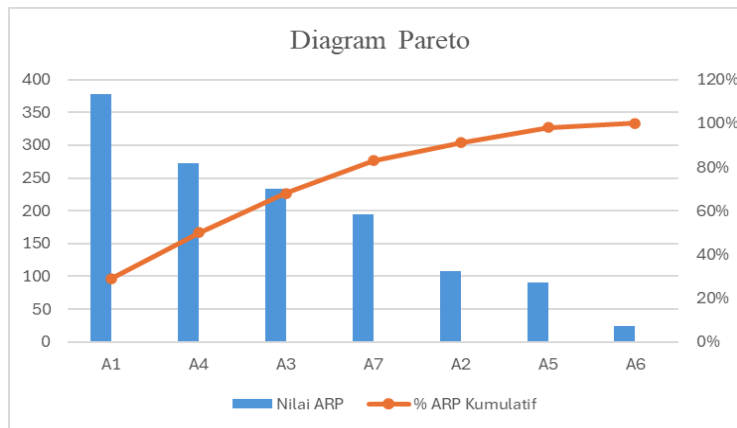


Figure 1. Diagram Pareto HOR Fase 1

Berdasarkan diagram pareto yang diidentifikasi, didapatkan sejumlah *risk agent* yang paling dominan dan memerlukan penanganan prioritas. Dari keseluruhan *risk agent* yang diidentifikasi, didapatkan 3 *risk agent* utama yang direkomendasikan untuk perancangan strategi mitigasi yang disesuaikan dengan *risk agent* tersebut. Berdasarkan konsep diagram pareto, 3 *risk agent* tersebut mewakili sekitar 17% dari total *risk agent* yang ada, namun diharapkan mampu mereduksi hingga 83% potensi risiko kerusakan mesin secara keseluruhan. Adapun 3 *risk agent* tersebut adalah (A1) kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan, (A4) kualitas air mengandung kerak (mineral tinggi), serta (A3) *lifetime* dari komponen sudah melebihi batas.

B. Root Cause Analysis

Setelah nilai *aggregate risk potential* (ARP) diperoleh dan *risk agent* dominan teridentifikasi, tahap selanjutnya melakukan *root cause analysis* (RCA) yang diawali dengan penyusunan *fishbone* diagram untuk mengelompokkan berbagai kemungkinan penyebab risiko dari berbagai aspek, seperti aspek *man*, *material*, *machine*, *method*, dan *environment*. Selanjutnya dilakukan pendalaman menggunakan pendekatan dengan metode *5whys* berdasarkan hasil wawancara, untuk menelusuri penyebab secara bertahap hingga ditemukan akar penyebab masalah dari setiap *risk agent* dominan.

1. Fishbone Diagram

Fishbone diagram digunakan untuk mengidentifikasi penyebab suatu permasalahan secara sistematis. Dalam analisis ini, penyebab utama meliputi kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan (A1), kualitas air yang mengandung kerak (mineral tinggi) (A4), serta *lifetime* komponen yang telah melebihi batas (A3). Dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, serta Gambar 4:

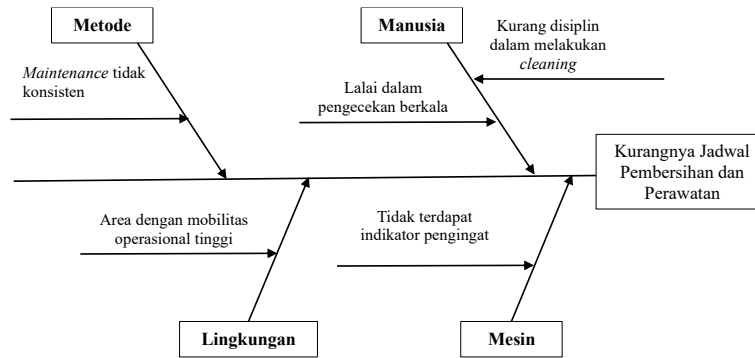


Figure 2. Fishbone Diagram A1

Pada agen risiko A1 (kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan), penyebabnya dipengaruhi oleh faktor manusia, metode, mesin, dan lingkungan. Dari aspek manusia, operator kurang disiplin dalam melakukan *cleaning*, serta lalai dalam pengecekan berkala. Dari aspek metode, kegiatan *maintenance* tidak dilakukan secara konsisten. Dari aspek mesin, tidak terdapat indikator pengingat jadwal perawatan. Sementara dari aspek lingkungan, area operasional memiliki mobilitas yang tinggi sehingga kegiatan pembersihan sering terabaikan.

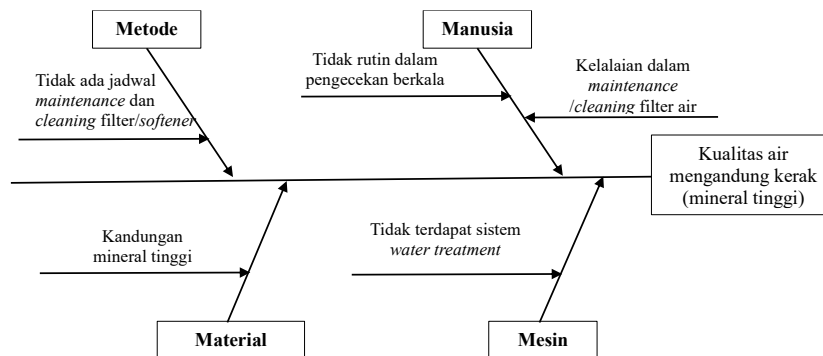


Figure 3. Fishbone Diagram A4

Pada agen risiko A4 (kualitas air mengandung kerak atau mineral tinggi), penyebabnya melibatkan faktor manusia, metode, mesin, dan material. Dari aspek manusia, terjadi kelalaian dalam melakukan *maintenance* atau *cleaning* filter air, serta tidak rutinnya pengecekan berkala. Dari aspek metode, tidak terdapat jadwal *maintenance dan cleaning* filter atau *softener* secara teratur. Dari aspek mesin, belum tersedianya sistem *water treatment* di perusahaan. Sedangkan dari aspek material, air yang digunakan memiliki kandungan mineral yang tinggi sehingga memicu terbentuknya kerak pada komponen mesin.

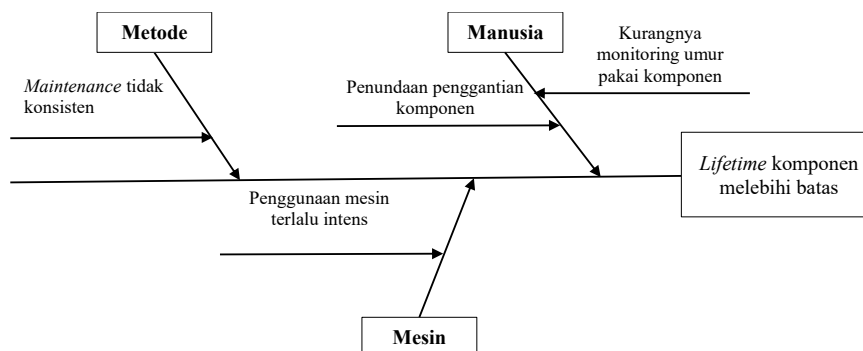


Figure 4. Fishbone Diagram A3

Pada agen risiko A3 (*lifetime* komponen melebihi batas), penyebabnya dipengaruhi oleh faktor manusia, metode, dan mesin. Dari aspek manusia, terdapat kurangnya *monitoring* terhadap umur pakai komponen, serta adanya penundaan dalam proses penggantian komponen yang sudah melampaui batas operasionalnya. Dari aspek metode, kegiatan *maintenance* tidak dilakukan secara konsisten. Sementara dari aspek mesin, penggunaan mesin yang terlalu intens mempercepat penurunan kondisi komponen sehingga masa pakainya lebih cepat habis dari yang seharusnya.

2. 5 Whys

Selanjutnya, dilakukan pendalaman menggunakan metode 5 *why* analisis untuk menelusuri penyebab secara bertahap hingga ditemukan akar masalah yang paling mendasar, sehingga dapat menggambarkan alur terjadinya risiko secara lebih jelas dan terstruktur, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. RCA Kerusakan Mesin Combi Oven

Ai	Risk Agent	Factor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
A1	Kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan	<i>Man</i>	Kurang disiplin dalam melakukan <i>cleaning</i>	Tidak ada pengawasan rutin	Tidak ada PIC (penanggung jawab) yang jelas	Kurangnya SDM untuk <i>maintenance</i>	Beban kerja tinggi, sehingga <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> terabaikan
			Lalai dalam pengecekan berkala	Tidak ada checklist atau panduan pengecekan	Tidak ada standar cara pengecekan (SOP)	Pengecekan dilakukan hanya jika ada problem	Rendahnya kesadaran dan disiplin dalam <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> terjadwal
		<i>Method</i>	<i>Maintenance</i> tidak konsisten	Jadwal <i>maintenance</i> belum tetap	SOP <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> tidak jelas	Cara kerja tidak pernah dievaluasi atau distandarkan	Tidak ada sistem manajemen <i>maintenance</i> untuk evaluasi dan standarisasi berkala
		<i>Machine</i>	Tidak terdapat indikator pengingat	Mesin tidak dilengkapi remainder <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i>	Tidak terdapat sistem monitoring	Mesin tidak dilengkapi fitur perangkat monitoring	Tidak ada penambahan atau integrasi perangkat monitoring mesin
		<i>Environment</i>	Area dengan mobilitas operasional tinggi	Area digunakan secara terus-menerus untuk aktivitas operasional	Operasional berlangsung tanpa jeda minimal	Aktivitas operasional tidak memberi untuk <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i>	Lingkungan operasional tidak terdapat <i>downtime</i> untuk <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i>
A4	Kualitas air mengandung kerak (mineral tinggi)	<i>Man</i>	Kelalaian dalam <i>maintenance</i> / <i>cleaning</i> filter air	Tidak ada pengawasan rutin	Tidak ada PIC (penanggung jawab) yang jelas	Kurangnya SDM untuk <i>maintenance</i>	Kurang perencanaan alokasi tenaga kerja <i>maintenance</i>
			Tidak rutin dalam pengecekan berkala	Tidak ada checklist atau panduan pengecekan	Tidak ada standar cara pengecekan (SOP)	Pengecekan dilakukan hanya jika ada <i>problem</i>	Kurangnya pemahaman operator tentang dampak kualitas air pada kinerja mesin
		<i>Method</i>	Tidak ada jadwal <i>maintenance</i> dan <i>cleaning</i> filter / <i>softener</i>	<i>Maintenance</i> dilakukan hanya jika ada masalah	Tidak ada perencanaan <i>maintenance</i> rutin	<i>Preventive maintenance</i> tidak terlaksana	Tidak ada jadwal <i>preventive maintenance</i> terstruktur
		<i>Machine</i>	Tidak terdapat sistem <i>water treatment</i>	Air tidak melalui proses penyaringan khusus	Tidak ada <i>softener</i> /filter khusus	Tidak ada <i>water treatment</i>	Belum ada instalasi <i>water treatment</i> terintegrasi sebagai pendukung mesin
		<i>Material</i>	Kandungan mineral tinggi	Sumber air memiliki <i>hardness</i> tinggi	Sumber air tidak memenuhi standar kualitas kebutuhan	Tidak ada standar kualitas air untuk proses produksi	Tidak ada pengendalian kualitas air untuk operasional

A3	Lifetime dari komponen sudah melebihi batas	Man	Kurangnya monitoring umur pakai komponen	Tidak ada pencatatan umur pakai komponen	mesin Tidak ada alat atau sistem <i>tracking</i>	Tidak ada yang bertanggung jawab khusus memantau	Tidak adanya pembagian tugas yang terkait <i>monitoring</i> umur komponen
			Penundaan penggantian komponen	Menunggu komponen benar-benar rusak	Fokus ke operasional agar mesin tetap jalan	Tidak ada perencanaan penggantian komponen secara berkala	Rendahnya kesadaran akan pentingnya perencanaan penggantian komponen
		Method	Maintenance tidak konsisten	Tidak ada jadwal maintenance yang jelas	Maintenance tidak direncanakan dengan baik	Preventive maintenance tidak berjalan	Tidak adanya SOP <i>preventive maintenance</i>
		Machine	Penggunaan mesin terlalu intens	Jam operasional tinggi	Tidak ada perkiraan waktu <i>downtime</i> untuk <i>maintenance</i>	Mesin terus digunakan tanpa jeda untuk perawatan	Tidak ada indikator pada mesin yang menunjukkan batas waktu operasi komponen

Hasil *root cause analysis* pada tabel di atas menjadi dasar dalam perumusan strategi mitigasi risiko yang lebih tepat dan berkelanjutan. Tahap selanjutnya adalah menentukan tindakan perbaikan yang efektif untuk mencegah terjadinya kembali kerusakan yang serupa pada mesin combi oven.

C. House of Risk Fase 2

Setelah dilakukan *root cause analysis* dan diperoleh akar penyebab dari setiap risiko dominan, kemudian tahap *house of risk* fase 2 yang berfokus menentukan prioritas aksi mitigasi atau *prventive action* dalam mengelola risiko serta mengurangi dampaknya. Berikut merupakan rancangan strategi mitigasi yang akan diterapkan guna meminimalkan terjadinya agen risiko. Tujuan dari tahap ini untuk meminimalkan risiko secara efektif. Rancangan strategi mitigasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rancangan Strategi Mitigasi

Ai	Risk Agent	Factor	Akar Penyebab Risiko	PAi	Strategi Mitigasi
A1	Kurangnya jadwal pembersihan dan perawatan	Man	Beban kerja tinggi, sehingga <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> terabaikan	PA1	Meningkatkan SDM dalam menjalankan <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> melalui pengarahan dan pengawasan kerja
			Rendahnya kesadaran dan disiplin dalam <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> terjadwal	PA2	Meningkatkan <i>awareness</i> SDM dalam menjalankan <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> melalui pengarahan dan pengawasan kerja
		Method	Tidak ada sistem manajemen <i>maintenance</i> untuk evaluasi dan standarisasi berkala	PA3	Menerapkan sistem manajemen <i>maintenance</i> yang terstruktur untuk mendukung penjadwalan, evaluasi, dan standarisasi kegiatan perawatan secara berkala
		Machine	Tidak ada penambahan atau integrasi perangkat monitoring mesin	PA4	Mengintegrasikan mesin dengan perangkat monitoring
		Environment	Lingkungan operasional tidak terdapat <i>downtime</i> untuk <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i>	PA5	Mengatur jadwal <i>downtime</i> untuk pelaksanaan <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> secara rutin
A4	Kualitas air mengandung kerak (mineral tinggi)	Man	Kurang perencanaan alokasi tenaga kerja <i>maintenance</i>	PA6	Meningkatkan perencanaan alokasi tenaga kerja <i>maintenance</i> melalui penjadwalan kerja yang terstruktur
			Kurangnya pemahaman operator tentang dampak kualitas air pada kinerja mesin	PA7	Meningkatkan pemahaman operator terkait pengaruh kualitas air terhadap kinerja mesin melalui pelatihan
		Method	Tidak ada jadwal <i>preventive maintenance</i> terstruktur	PA8	Menyusun dan menerapkan jadwal <i>preventive maintenance</i> yang terstruktur untuk perawatan secara konsisten
		Machine	Belum ada instalasi <i>water treatment</i> terintegrasi sebagai pendukung mesin	PA9	Menyediakan dan instalasi sistem <i>water treatment</i> untuk menjaga kualitas air sesuai standar operasional mesin
		Material	Tidak ada pengendalian kualitas air untuk	PA10	Menerapkan pengendalian kualitas air secara berkala melalui pengujian dan

A3	Lifetime komponen melebihi batas	Man	operasional	PA11	pemantauan
			Tidak adanya pembagian tugas yang terkait monitoring umur komponen		Menetapkan pembagian tugas yang jelas terkait monitoring umur komponen melalui penunjukan tanggung jawab
		Method	Rendahnya kesadaran akan pentingnya perencanaan penggantian komponen	PA12	Meningkatkan kesadaran SDM terhadap pentingnya perencanaan penggantian komponen melalui <i>training maintenance</i>
			Tidak adanya SOP <i>preventive maintenance</i>	PA13	Menyusun dan menerapkan SOP <i>preventive maintenance</i> sebagai acuan standar dalam pelaksanaan <i>preventive</i>
Machine	Tidak ada indikator pada mesin yang menunjukkan batas waktu operasi komponen	PA14	Menyediakan indikator atau sistem penanda pada mesin untuk memantau batas waktu operasi komponen secara akurat		

Strategi mitigasi yang telah dirancang berdasarkan hasil prioritas risiko selanjutnya diproses melalui penentuan nilai korelasi antara setiap strategi mitigasi dengan agen risiko yang bersesuaian, guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan terukur. Tahap berikutnya adalah evaluasi terhadap tingkat kesulitan implementasi dari setiap strategi mitigasi (Dk), perhitungan nilai *total effectiveness of action* (TE), serta nilai *effectiveness to difficulty ratio* (ETD). Keseluruhan data tersebut kemudian diolah ke dalam matriks *House of Risk* Fase 2 untuk menghasilkan urutan prioritas strategi mitigasi yang paling efektif dan efisien untuk diterapkan dalam menangani risiko kegagalan mesin combi oven, sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Matriks *House of Risk* Fase 2

Risk Event	Risk Agent														ARP
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	PA10	PA11	PA12	PA13	PA14	
A1	9	9	9	3	9										378
A4						9	9	9	3	9					273
A3											3	9	9	3	234
TE	3402	3402	3402	1134	3402	2457	2457	2457	819	2457	702	2106	2106	702	
DK	3	4	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	4	5	
ETD	1134	851	851	227	1134	819	614	614	205	491	176	527	527	140	
Ranking	1	3	4	11	2	5	6	7	12	10	13	8	9	14	

Berdasarkan hasil analisis matriks *house of risk* Fase 2, strategi mitigasi dengan nilai *effectiveness to difficulty ratio* (ETD) tertinggi adalah PA1 dan PA5 yang memiliki nilai ETD sebesar 1134, yaitu meningkatkan SDM dalam menjalankan *cleaning* dan *maintenance* melalui pengarahan dan pengawasan kerja, serta pengaturan jadwal *downtime* mesin secara berkala. Kedua strategi ini diprioritaskan karena memberikan efektivitas tertinggi dengan tingkat kesulitan implementasi yang relatif rendah. Sementara itu, strategi mitigasi dengan nilai ETD terendah adalah PA14, yaitu menyediakan indikator atau sistem penanda pada mesin untuk memantau batas waktu operasi komponen secara akurat. Berikut ini disajikan tabel prioritas strategi mitigasi berdasarkan hasil perhitungan pada *house of risk* Fase 2 sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Ranking Prioritas Mitigasi Risiko

Rank	Strategi Mitigasi	PAi	ETD
1	Meningkatkan SDM dalam menjalankan <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> melalui pengarahan dan pengawasan kerja	PA1	1134
2	Mengatur jadwal <i>downtime</i> untuk pelaksanaan <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> secara rutin	PA5	1134
3	Meningkatkan <i>awareness</i> SDM dalam menjalankan <i>cleaning</i> dan <i>maintenance</i> melalui pengarahan dan pengawasan kerja	PA2	851
4	Menerapkan sistem manajemen <i>maintenance</i> yang terstruktur untuk mendukung penjadwalan, evaluasi, dan standarisasi kegiatan perawatan secara berkala	PA3	851
5	Meningkatkan perencanaan alokasi tenaga kerja <i>maintenance</i> melalui penjadwalan kerja yang terstruktur	PA6	819
6	Meningkatkan pemahaman operator terkait pengaruh kualitas air terhadap kinerja mesin melalui pelatihan	PA7	614
7	Menyusun dan menerapkan jadwal <i>preventive maintenance</i> yang terstruktur untuk perawatan secara konsisten	PA8	614
8	Meningkatkan kesadaran SDM terhadap pentingnya perencanaan penggantian komponen melalui <i>training maintenance</i>	PA12	527
9	Menyusun dan menerapkan SOP <i>preventive maintenance</i> sebagai acuan standar dalam pelaksanaan <i>preventive</i>	PA13	527
10	Menerapkan pengendalian kualitas air secara berkala melalui pengujian dan pemantauan	PA10	491
11	Mengintegrasikan mesin dengan perangkat monitoring	PA4	227
12	Menyediakan dan instalasi sistem <i>water treatment</i> untuk menjaga kualitas air sesuai standar operasional mesin	PA9	205
13	Menetapkan pembagian tugas yang jelas terkait monitoring umur komponen melalui penunjukan tanggung jawab	PA11	176

14	Menyediakan indikator atau sistem penanda pada mesin untuk memantau batas waktu operasi komponen secara akurat	PA14	140
----	--	------	-----

D. Cost Downtime dan Biaya Perbaikan

Downtime merupakan periode dimana proses produksi terganggu karena kerusakan mesin, dan menyebabkan waktu terbuang ketika produksi tidak berjalan dengan normal. Permasalahan yang muncul diakibatkan oleh *downtime* akan menumbulkan *delay* dalam produksi serta kerugian finansial. Biaya *downtime* merupakan kerugian yang timbul akibat kerusakan atau berhentinya mesin produksi. Adapun biaya *downtime*. Untuk mengatasi kondisi tersebut, kegiatan perbaikan mesin dilakukan untuk memastikan mesin tetap beroperasi dengan baik, mengurangi *downtime*, serta menjaga kelancaran proses produksi. Dimana hal ini menimbulkan biaya dari perbaikan tersebut. Dimana dapat dilihat komponen kerusakan beserta biayanya pada Tabel 8.

Tabel 8. Komponen Kerusakan dengan Biaya

Komponen Rusak	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)	Biaya Produksi (Rp)	Harga Sparepart (Rp)	Biaya Teknisi (Rp) (Hari)
<i>Burner</i>	8	45.08	18,000,000	7,750,000	900,000
<i>Steamer</i>	3	20.92	18,000,000	50,000,000	900,000
<i>Blower</i>	3	23.67	18,000,000	70,000,000	900,000
<i>Boiler</i>	9	65.33	18,000,000	61,000,000	900,000

Setelah dilakukan penelitian menggunakan metode *house of risk* (HOR) dan *root cause analysis* (RCA), diperoleh hasil berupa analisis kerugian akibat kerusakan mesin yang ditinjau dari *cost downtime* dan biaya perbaikan. Oleh karena itu, diperlukan usulan strategi mitigasi yang tepat untuk menekan *downtime* sehingga total kerugian yang terjadi selama periode Januari 2024 hingga Desember 2025. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa kerugian terbesar disebabkan oleh tingginya *cost downtime* dibandingkan dengan biaya perbaikan selama periode 2 tahun dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Cost Downtime dengan Biaya Perbaikan

Komponen Rusak	Cost Downtime	Biaya Perbaikan
<i>Burner</i>	Rp 811,440,000.00	Rp 69,200,000.00
<i>Steamer</i>	Rp 376,560,000.00	Rp 152,700,000.00
<i>Blower</i>	Rp 426,060,000.00	Rp 212,700,000.00
<i>Boiler</i>	Rp 1,175,940,000.00	Rp 557,100,000.00

Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian mengenai risiko kerusakan mesin *combi oven*, diperoleh nilai risiko pada mesin *combi oven* yang dinyatakan dalam nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) dari 7 *risk agent* yang teridentifikasi, dengan nilai pada kurangnya jadwal pembersihan dan perawaaan (A1) sebesar 378, kualitas bahan bakar yang buruk sehingga menghasilkan residu (A2) sebesar 108, lifetime dari komponen sudah melebihi batas (A3) sebesar 234, kualitas air mengandung kerak (mineral tinggi) (A4) sebesar 273, pemasangan tidak tepat (A5) sebesar 90, kualitas material seal fan tidak sesuai spesifikasi (A6) sebesar 24, dan penumpukan kotoran (A7) sebesar 195. Selanjutnya, berdasarkan hasil analisis yang didasarkan pada akar penyebab dari ketiga agen risiko dominan, diperoleh 14 strategi mitigasi yang diprioritaskan menggunakan nilai ETD. Berikut merupakan strategi mitigasi risiko berdasarkan prioritas pada mesin *combi oven* yaitu sebagai berikut:

1. Meningkatkan SDM dalam menjalankan *cleaning* dan *maintenance* melalui pengarahan dan pengawasan kerja.
2. Mengatur jadwal *downtime* untuk pelaksanaan *cleaning* dan *maintenance* secara rutin.
3. Meningkatkan *awareness* SDM dalam menjalankan *cleaning* dan *maintenance* melalui pengarahan dan pengawasan kerja
4. Menerapkan sistem manajemen *maintenance* yang terstruktur untuk mendukung penjadwalan, evaluasi, dan standarisasi kegiatan perawatan secara berkala.
5. Meningkatkan perencanaan alokasi tenaga kerja *maintenance* melalui penjadwalan kerja yang terstruktur.
6. Meningkatkan pemahaman operator terkait pengaruh kualitas air terhadap kinerja mesin melalui pelatihan.
7. Menyusun dan menerapkan jadwal *preventive maintenance* yang terstruktur untuk perawatan secara konsisten.
8. Meningkatkan kesadaran SDM terhadap pentingnya perencanaan penggantian komponen melalui *training maintenance*.
9. Menyusun dan menerapkan SOP *preventive maintenance* sebagai acuan standar dalam pelaksanaan *preventive*.
10. Menerapkan pengendalian kualitas air secara berkala melalui pengujian dan pemantauan.
11. Mengintegrasikan mesin dengan perangkat *monitoring*.

12. Menyediakan dan instalasi sistem *water treatment* untuk menjaga kualitas air sesuai standar operasional mesin.
13. Menetapkan pembagian tugas yang jelas terkait *monitoring* umur komponen melalui penunjukan tanggung jawab.
14. Menyediakan indikator atau sistem penanda pada mesin untuk memantau batas waktu operasi komponen secara akurat.

References

1. Nuryulianti and S. Soekotjo, "Kompetensi yang tepat, lingkungan yang kondusif: resep kinerja optimal di industri penerbangan," *Citizen: J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 5, no. 1, pp. 298–316, 2025, doi: 10.53866/jimi.v5i1.746.
2. T. Aprianto, I. Setiawan, and H. H. Purba, "Implementasi metode Failure Mode and Effect Analysis pada industri di Asia – kajian literatur," *MATRIK (J. Manaj. dan Tek. Ind.)*, vol. 21, no. 2, pp. 165–174, 2021, doi: 10.30587/matrik.v21i2.2084.
3. RATIONAL, "Definition of a Combi Oven." [Online]. Available: https://www.rational-online.com/en_xx/icombi-pro/what-is-a-combi-oven/
4. S. Sarjana et al., *Manajemen Risiko*. Bandung, Indonesia: CV. Media Sains Indonesia, 2022.
5. N. Ardiansyah and S. Nugroho, "Implementasi metode House of Risk (HOR) pada pengelolaan risiko rantai pasok produk Seat Track Adjuster 4L45W (studi kasus: PT XYZ)," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 156–166, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i1.4935.
6. A. Nagata, I. Iriani, and H. Syaifullah, "Applying the House of Risk method for operational risk management in the frozen food industry," *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 26, no. 4, pp. 1–12, 2025, doi: 10.21070/ijins.v26i4.1654.
7. Zulfiadi, Arhami, and E. Fradinata, "Risk mitigation analysis with the House of Risk (HOR) method approach in the service procurement process," *Enrichment: J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 3, no. 3, pp. 513–529, 2025, doi: 10.55324/enrichment.v3i3.395.
8. I. L. Nestiti, A. Lestari, G. S. Manda, and U. S. Karawang, "Peranan strategi mitigasi dalam menghadapi risiko operasional pada perusahaan dan UMKM," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 5334–5345, 2025, doi: 10.31004/innovative.v5i3.19324.
9. M. A. Hidayatullah and E. P. Widjajati, "Analisis manufaktur lean menggunakan model penilaian limbah (WAM) dan metode analisis penyebab utama (RCA)," *Rekayasa: J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 240–249, 2024, doi: 10.21107/rekayasa.v17i2.25657.
10. M. Rizki and A. Saputra, "Analisa risiko supply chain management dengan metode Grey Failure Mode and Effect Analysis dan Root Cause Analysis di PT Pertamina Fuel Terminal Meulaboh," *Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2783–2790, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i1.3888.
11. A. Z. Ghozali, A. K. Garside, and R. W. Wardana, "Usulan perawatan mesin dengan menggunakan metode modularity design pada PT. Varia Usaha Beton," *J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.25105/jti.v13i1.17515.
12. M. I. Tama et al., "Analisis dan mitigasi risiko menggunakan HOR (House of Risk) pada sub-departemen perusahaan transportasi XYZ," *TALIJAGAD*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.55732/UNU.TJJ.2024.02.01.6.
13. D. Arviana, W. Prastika, and Suseno, "Optimalisasi produktivitas dan manajemen risiko pada sistem produksi Aleta Leather menggunakan metode House of Risk," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 160–170, 2024, doi: 10.55826/jtmit.v3i2.354.
14. V. Ferdiansyah and D. N. Izzhati, "Strategi untuk meningkatkan capaian target produksi departemen finishing dengan metode 8 Waste di PT XYZ," *JUTIN: J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 2, pp. 2005–2010, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i2.44540.
15. B. Prasetyo, W. E. Retnani, N. Laily, and M. Ifadah, "Analisis strategi mitigasi risiko supply chain management menggunakan House of Risk (HOR)," *J. Tekno Kompak*, vol. 16, no. 2, pp. 72–84, 2023, doi: 10.33365/jtk.v16i2.1878.