

Failure Mode And Effect Analysis and Technometrics for Risk Analysis in Batching Plant

[Failure Mode And Effect Analysis dan Teknometrik Untuk Analisis Risiko Pada Batching Plant]

Ana Yulia Sinta¹⁾, Hana Catur Wahyuni²⁾

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

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

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

Abstract. *The precast concrete industry has high operational risks due to the use of large-capacity machines and the demand for strict quality standards, so operational disruptions can reduce production performance. This research was conducted at the Batching Plant of PT. XYZ, which still faces problems with the machine maintenance system and the suboptimal utilization of technological components. This study aims to identify the weakest technological components, determine the level of technological sophistication, identify the highest operational risks, and develop improvement recommendations. The method used is Failure Mode and Effect Analysis to identify and prioritize operational risks and technometric methods to assess the contribution and level of sophistication of technological components. The results show that gearbox sprocket failure has the highest Risk Priority Number value of 240 and is the most critical risk, while the technoware component has the lowest level of sophistication at 0.76. The Technology Contribution Coefficient value of 0.80 indicates that the technology is in the modern category, but the contribution between components is not yet balanced. Improvement recommendations are focused on improving technoware performance through continuous integrated preventive maintenance.*

Keywords – Technometrics; Failure Mode and Effect Analysis; Concrete Industry; Risk Management

Abstrak. *Industri beton pracetak memiliki risiko operasional tinggi akibat penggunaan mesin berkapasitas besar dan tuntutan standar mutu ketat sehingga gangguan operasional dapat menurunkan kinerja produksi. Penelitian ini dilakukan pada Batching Plant PT. XYZ yang masih menghadapi permasalahan pada sistem perawatan mesin serta pemanfaatan komponen teknologi yang belum optimal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi komponen teknologi terlemah, menentukan tingkat kecanggihan teknologi, mengidentifikasi risiko operasional tertinggi, serta menyusun rekomendasi perbaikan. Metode yang digunakan adalah Failure Mode and Effect Analysis untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko operasional serta metode teknometrik untuk menilai kontribusi dan tingkat kecanggihan komponen teknologi. Hasil penelitian menunjukkan kegagalan sproket gearbox memiliki nilai Risk Priority Number tertinggi sebesar 240 dan menjadi risiko paling kritis, sedangkan komponen technoware memiliki tingkat kecanggihan terendah sebesar 0,76. Nilai Technology Contribution Coefficient sebesar 0,80 menunjukkan teknologi berada pada kategori modern, namun kontribusi antar komponen belum seimbang. Rekomendasi perbaikan difokuskan pada peningkatan kinerja technoware melalui perawatan preventif terintegrasi berkelanjutan.*

Kata Kunci - Teknometrik; Failure Mode and Effect Analysis; Industri Beton; Manajemen Risiko

I. PENDAHULUAN

Industri beton pracetak memiliki tingkat risiko operasional yang tinggi karena melibatkan mesin berkapasitas besar, teknologi presisi, serta standar mutu yang ketat. Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang ini adalah PT. XYZ [1], yang merupakan produsen beton pracetak terbesar di Indonesia dengan 14 pabrik, 1 *mobile plant*, dan 7 cabang penjualan yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia [2]. Produk utama perusahaan meliputi tiang beton, saluran beton, bantalan rel, dan gelagar jembatan [3], termasuk tiang pancang, tiang listrik, serta balok jembatan tipe I dan U yang diproduksi menggunakan mesin modern dan tenaga kerja berpengalaman [4]. Meskipun didukung fasilitas produksi yang luas dan teknologi modern, *Batching Plant* PT. XYZ masih menghadapi permasalahan pada sistem perawatan mesin. Data perawatan tahun 2025 mencatat sebanyak 58 kejadian kerusakan yang menyebabkan tingginya *downtime*, khususnya pada komponen *mixer*, *gearbox*, dan sproket, dengan jenis kerusakan dominan berupa *mixer* macet, keausan *gear coupling*, serta putusnya *gearbox* sproket. Frekuensi kerusakan ini melebihi batas toleransi perusahaan yang berada pada kisaran 15–20 kejadian per tahun sehingga berdampak pada penurunan efisiensi produksi, keterlambatan proses pencampuran beton, serta peningkatan biaya perawatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem perawatan mesin belum berjalan optimal serta pemanfaatan unsur teknologi dalam kerangka THIO (*Technoware*, *Humanware*, *Infoware*, dan *Orgaware*) belum sepenuhnya mendukung keandalan operasional. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu mengidentifikasi sumber kegagalan serta area teknologi yang paling rentan.

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

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

Kondisi tersebut menunjukkan perlunya analisis yang mampu mengidentifikasi sumber kegagalan serta area teknologi yang paling rentan. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk memetakan dan memprioritaskan potensi kegagalan operasional secara sistematis [5]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa FMEA mampu menghasilkan prioritas risiko untuk rekomendasi perbaikan berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection* [6], [7]. Selanjutnya, metode teknometrik digunakan untuk menilai kontribusi komponen teknologi THIO dalam proses produksi [8], yang terbukti efektif dalam mengidentifikasi kelemahan teknologi serta mengukur kontribusi masing-masing komponen secara akurat [9]. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan teknometrik mampu mengidentifikasi komponen teknologi terlemah pada berbagai sektor industri, seperti perawatan transportasi [10], sektor pertanian [11], industri pengolahan [12], industri tekstil [13], [14], serta evaluasi standar teknologi [15]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketidakseimbangan komponen THIO berpengaruh terhadap kinerja operasional sehingga diperlukan perbaikan terfokus pada komponen dengan kontribusi terendah. Penelitian ini selaras dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) tujuan 9 yang menekankan penguatan industri, inovasi, dan infrastruktur, sehingga integrasi metode FMEA dan teknometrik diharapkan mampu meningkatkan keandalan operasional, efisiensi produksi, serta keberlanjutan sistem pada Batching Plant PT. XYZ.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengetahui komponen terlemah pada Batching Plant PT. XYZ, (2) Menentukan tingkat kecanggihan teknologi pada Batching Plant PT. XYZ, (3) Menentukan risiko tertinggi yang mempengaruhi kecanggihan teknologi, (4) Menyusun rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil integrasi metode FMEA dan Teknometrik.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang bergerak di bidang bahan baku dan material konstruksi dengan fokus pada industri beton. Adapun waktu penelitian berlangsung selama 6 bulan mulai September 2025 hingga Februari 2026. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan konsep pendekatan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan Teknometrik

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung pada proses produksi di Batching Plant dengan mencatat *downtime* serta elemen terkait lainnya untuk mengidentifikasi hambatan yang mempengaruhi target produksi, efisiensi, dan perawatan peralatan, wawancara dengan pihak yang terlibat langsung dalam operasional seperti koordinator ketua jalur, ketua jalur, operator, dan teknisi untuk menggali informasi terkait kondisi peralatan, penerapan teknologi, serta faktor yang mempengaruhi efektivitas operasional dan kegiatan perawatan, serta penyebaran kuesioner kepada asisten kepala seksi produksi, asisten kepala seksi peralatan, koordinator ketua jalur, ketua jalur, dan teknisi mesin peralatan guna memperoleh data kuantitatif mengenai tingkat penerapan teknologi dan risiko operasional yang mempengaruhi efisiensi produksi, *downtime*, dan perawatan peralatan. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari dokumen internal perusahaan dan studi pustaka yang meliputi data historis kerusakan mesin, durasi *downtime*, serta jenis-jenis kerusakan selama periode Januari hingga Desember 2025, serta literatur yang relevan yang digunakan sebagai dasar dalam pengolahan data FMEA sebelum dilakukan analisis menggunakan metode teknometrik.

C. Alur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan sistematis dan terencana. Urutan kegiatan penelitian dari awal hingga akhir, digambarkan secara visual melalui bagan alur (*flowchart*) yang disajikan pada gambar 1 untuk memastikan proses berjalan efektif dan terarah. Langkah-langkah pada penelitian ini:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung pada proses produksi di Batching Plant dengan mencatat *downtime* serta elemen terkait lainnya untuk mengidentifikasi hambatan yang mempengaruhi target produksi, efisiensi, dan perawatan peralatan, wawancara dengan pihak yang terlibat langsung dalam operasional seperti koordinator ketua jalur, ketua jalur, operator, dan teknisi untuk menggali informasi terkait kondisi peralatan, penerapan teknologi, serta faktor yang mempengaruhi efektivitas operasional dan kegiatan perawatan, serta penyebaran kuesioner kepada asisten kepala seksi produksi, asisten kepala seksi peralatan, koordinator ketua jalur, ketua jalur, dan teknisi mesin peralatan guna memperoleh data kuantitatif mengenai tingkat penerapan teknologi dan risiko operasional yang mempengaruhi efisiensi produksi, *downtime*, dan perawatan peralatan. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari dokumen internal perusahaan dan studi pustaka yang meliputi data historis kerusakan mesin, durasi *downtime*, serta jenis-jenis kerusakan selama periode Januari hingga Desember 2025, serta literatur yang relevan yang digunakan sebagai dasar dalam pengolahan data FMEA sebelum dilakukan analisis menggunakan metode teknometrik.

2. Pengolahan Data

a. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan dampaknya guna mempermudah penentuan tindakan perbaikan [16]. Metode ini menghasilkan nilai prioritas risiko sebagai dasar penyusunan rekomendasi perbaikan. Adapun langkah-langkah dalam FMEA adalah sebagai berikut [17]:

1. Identifikasi mode kegagalan pada proses Batching Plant berdasarkan observasi dan data historis.
2. Identifikasi dampak dari setiap kegagalan pada proses Batching Plant.
3. Identifikasi penyebab kegagalan pada proses Batching Plant.
4. Menentukan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* (SOD) sebagai dasar perhitungan RPN untuk menentukan prioritas risiko.

Tabel 1. Nilai *Severity*, *Occurrence*, *Detection*

<i>Severity</i> (Tingkat Keparahan)	<i>Occurrence</i> (Frekuensi Kejadian)	<i>Detection</i> (Tingkat Kemampuan Deteksi)	<i>Rating</i>
Tidak ada	Hampir mustahil	Hampir pasti	1
Sangat kecil	Tidak relevan	Deteksi sangat tinggi	2
Minor	Rendah	Deteksi yang tinggi	3
Rendah	Relatif rendah	Ketersediaan cukup tinggi	4
Sedang	Sedang	Deteksi sedang	5
Penting	Cukup tinggi	Deteksi rendah	6
Besar	Tinggi	Deteksi yang sangat rendah	7
Ekstrem	Kegagalan berulang	Deteksi jarak jauh	8
Serius	Sangat tinggi	Deteksi yang sangat jauh	9
Berbahaya	Sangat tinggi	Ketidakpastian mutlak	10

Sumber: [18]

5. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk mencari nilai risiko dalam suatu kegagalan, dengan rumus sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots (1)$$

Sumber: [19], [20], [21]

Keterangan:

S = *Severity*

O = *Occurrence*

D = *Detection*

b. Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP digunakan untuk menentukan bobot alternatif strategi sebagai variabel pembobot dalam upaya meminimalkan risiko dan umum diterapkan dalam proses pengambilan keputusan [22]. Adapun nilai intensitas kepentingan dalam penilaian perbandingan berpasangan AHP dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penilaian Perbandingan Berpasangan AHP

Intensitas Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua variabel sama pentingnya
3	Sedikit lebih penting	Variabel yang satu sedikit lebih penting dibandingkan variabel yang lain
5	Lebih penting	Variabel yang satu lebih penting dibandingkan variabel yang lain
7	Sangat penting	Satu variabel jelas lebih mutlak penting dibandingkan variabel yang lain
9	Mutlak sangat penting	Satu variabel mutlak penting dibandingkan variabel yang lain
2,4,6,8	Nilai tengah	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berkaitan
Kebalikan	Jika kegiatan A mendapat 1 angka dibandingkan dengan kegiatan B, maka B mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan nilai A	

Sumber: [8], [22], [23]

Untuk mengetahui nilai indeks konsistensi dapat diketahui melalui persamaan sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (2)$$

Sumber: [8], [22], [23]

Keterangan:

CI = *Consistency Index* (Indeks Konsistensi)

λ_{max} = Nilai eigen terbesar dari matriks berordo n

n = Jumlah elemen yang dibandingkan

Untuk menilai kecukupan nilai CI digunakan skala konsistensi dengan kriteria $CR \leq 0,1$. Penilaian tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (3)$$

Sumber: [8], [22], [23]

Keterangan:

CR = Consistency Ratio (Rasio Konsistensi)

RI = Random Index (Indeks Acak)

Tabel 3. Acuan Nilai RI

Ukuran Matriks	1	2	3	4	5
Nilai RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12

Sumber: [9]

c. Teknometrik

Teknometrik digunakan untuk menganalisis dan mengukur aspek teknologi yang mencakup komponen THIO yang berperan dalam proses transformasi input menjadi output dengan tingkat kompleksitas yang berbeda [8]. Adapun tahapan dalam metode Teknometrik adalah sebagai berikut [22]:

1. Analisis tingkat kecanggihan dilakukan melalui kuesioner dengan skala 1 hingga 9, di mana skor 1 menunjukkan kompleksitas rendah. Penilaian tiap komponen teknologi didasarkan pada fasilitas fisik, dengan skor lebih tinggi mencerminkan peralatan dan jaringan yang lebih kompleks.

Tabel 4. Skor Penilaian Derajat Kecanggihan Komponen Teknologi

Derajat Kecanggihan Komponen Teknologi				Skor
Technoware	Humanware	Infoware	Orgaware	
Fasilitas manual	Kemampuan mengoperasikan	Fakta pengenalan	Kerangka kerja usaha	123
Fasilitas tenaga penggerak	Kemampuan memasang	Fakta penguraian	Kerangka kerja ikatan	234
Fasilitas serbaguna	Kemampuan mereparasi	Fakta pengkhususan	Kerangka kerja bertindak	345
Fasilitas pemakaian khusus	Kemampuan reproduksi	Fakta pemakaian	Kerangka kerja proteksi	456
Fasilitas otomatis	Kemampuan mengadaptasi	Fakta pemahaman	Kerangka kerja stabilisasi	567
Fasilitas terkomputerisasi	Kemampuan mengembangkan	Fakta pembiasaan	Kerangka kerja perluasan	678
Fasilitas terintegrasi	Kemampuan inovasi	Fakta pengkajian	Kerangka kerja memimpin	789

Sumber: [22], [23]

2. Penilaian *State of the Art* (SOTA), nilai diberikan dari 1 untuk tingkat kerumitan rendah dan 9 untuk kerumitan tinggi, dengan tujuan untuk menilai setiap komponen melalui proses yang ada.
3. Pengolahan nilai kontribusi komponen dilakukan dengan menghitung data pada setiap komponen teknologi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ti = \frac{1}{9} [LT + ST (UT - LT)] \dots\dots\dots (4)$$

$$Hj = \frac{1}{9} [LH + SH (UH - LH)] \dots\dots\dots (5)$$

$$I = \frac{1}{9} [LI + SI (UI - LI)] \dots\dots\dots (6)$$

$$O = \frac{1}{9} [LO + SO (UO - LO)] \dots\dots\dots (7)$$

Sumber: [22], [23], [24]

Keterangan:

LT, LH, LI, LO = Lower limit komponen *technoware*, *humanware*, *infoware*, *orgaware*

UT, UH, UI, UO = Upper limit komponen *technoware*, *humanware*, *infoware*, *orgaware*

ST, SH, SI, SO = State of the art komponen *technoware*, *humanware*, *infoware*, *orgaware*

4. Perhitungan *Technology Contribution Coefficient* (TCC), berdasarkan nilai THIO dan β yang telah ditentukan, nilai TCC dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$TCC = T^{Bt} \times H^{\beta h} \times I^{\beta i} \times O^{\beta o} \dots\dots\dots (8)$$

Sumber: [22], [23], [24]

Keterangan:

TCC = Koefisien kontribusi teknologi

T, H, I, O = Komponen teknologi

β = Intensitas kontribusi komponen teknologi

Tabel 5. Penilaian Kualitatif TCC

Harga TCC	Tingkat Klasifikasi	
$0,0 < TCC \leq 0,1$	Sangat Rendah	Tradisional
$0,1 < TCC \leq 0,3$	Rendah	
$0,3 < TCC \leq 0,5$	Cukup	Semi Modern

$0,5 < TCC \leq 0,7$	Baik	
$0,7 < TCC \leq 0,9$	Sangat Baik	
$0,9 < TCC \leq 1,0$	Kecanggihan Mutakhir	Modern

Sumber: [22], [23], [24]

- Menentukan prioritas strategi perbaikan, berdasarkan nilai TCC terendah yang menunjukkan komponen teknologi paling lemah, sehingga strategi perbaikan difokuskan untuk mengurangi risiko pada komponen dengan kontribusi paling rendah terhadap kinerja sistem.

3. Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan dilakukan terhadap data yang telah diolah menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan teknometrik. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kegagalan yang terjadi pada proses operasional Batching Plant serta menentukan tingkat prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Selain itu, dilakukan pembahasan mengenai tingkat kecanggihan serta kontribusi komponen teknologi yang meliputi *technoware*, *humanware*, *infoware*, dan *orgaware* terhadap kinerja sistem produksi.

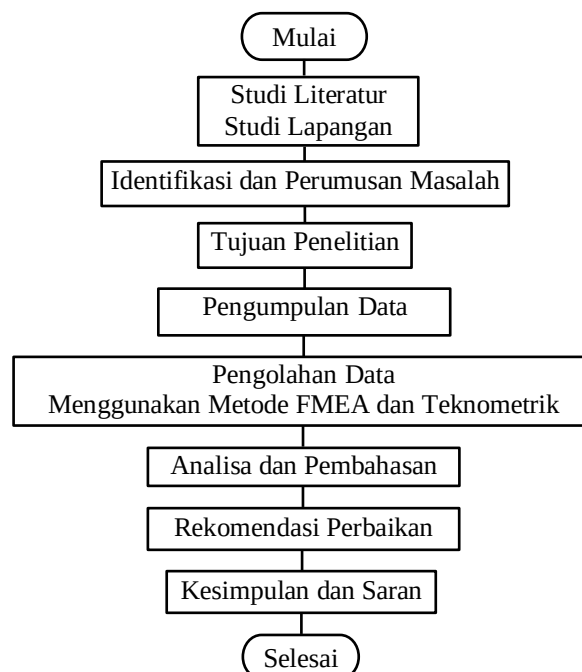
4. Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan hasil analisis risiko menggunakan metode FMEA serta hasil evaluasi kontribusi komponen teknologi melalui metode teknometrik. Rekomendasi ini difokuskan pada komponen teknologi yang memiliki tingkat risiko tertinggi dan kontribusi terendah terhadap sistem produksi, sehingga diharapkan mampu menurunkan potensi kegagalan operasional serta meningkatkan keandalan sistem Batching Plant.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini. Kesimpulan memuat ringkasan hasil penelitian yang berkaitan dengan identifikasi risiko operasional serta tingkat kecanggihan komponen teknologi pada Batching Plant. Selain itu, disampaikan pula saran yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam meningkatkan kinerja operasional maupun sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

Berdasarkan langkah-langkah tersebut dapat digambarkan diagram alir penelitian. Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan teknometrik untuk mengidentifikasi risiko kegagalan, menentukan bobot komponen teknologi, serta mengukur kontribusi masing-masing komponen teknologi pada sistem Batching Plant.

1. Metode FMEA

Berdasarkan data historis perawatan mesin tahun 2025, dilakukan pengelompokan data kerusakan Batching Plant berdasarkan durasi *downtime* tertinggi. Data tersebut digunakan untuk mengetahui komponen dan jenis kerusakan yang paling dominan mempengaruhi gangguan operasional yang disajikan dalam tabel 6.

Tabel 6. Data Kerusakan Batching Plant Berdasarkan *Downtime* Tertinggi

No	Jenis Kerusakan	Frekuensi	Total <i>Downtime</i>
1	Mixer macet	15	1140
2	Sproket <i>gear box</i> putus	1	480
3	Gearbox utara kocak	1	420
4	Spei plandes geser	3	240
5	Baut <i>spocket</i> putus	1	210

Setelah diketahui data kerusakan dengan *downtime* tertinggi, dilakukan identifikasi *failure mode*, efek, dan penyebab kegagalan pada proses operasional Batching Plant. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jenis kegagalan, dampak yang ditimbulkan, serta faktor penyebab terjadinya kerusakan, yang disajikan dalam tabel 7.

Tabel 7. Identifikasi *Failure Mode*, Efek, dan Penyebab Kegagalan

No	Kode	Jenis Kerusakan	Kode	Failure Mode	Efek Kegagalan	Penyebab Kegagalan
1	X1	Mixer macet	Y1.1	Gear kopling kendor	Putaran <i>mixer</i> tidak stabil dan berpotensi berhenti	Getaran mesin tinggi dan pengencangan baut tidak sesuai standar torsi
			Y1.2	Motor terbakar	<i>Mixer</i> tidak dapat dioperasikan	Beban kerja berlebih, pendinginan motor tidak optimal, arus listrik tidak stabil
			Y1.3	<i>Grid coupling</i> macet	Putaran <i>mixer</i> terhenti	Pelumasn tidak memadai dan keausan elemen <i>coupling</i>
			Y1.4	Kabel <i>switch bucket material</i> putus	Aliran material ke <i>mixer</i> terganggu	Umur kabel tua dan gesekan mekanis berulang
			Y1.5	Piston pintu pasir macet	Material pasir tidak masuk ke <i>mixer</i>	Penumpukan material dan kurangnya pembersihan rutin
			Y2.1	AS gigi nanas bengkok dan patah	Daya tidak tersalurkan	Beban kejut tinggi dan kelelahan material poros
2	X2	Sproket <i>gearbox</i> putus	Y2.2	Spei sproket aus	Putaran sproket slip	Gesekan berulang dan material spie tidak sesuai spesifikasi
			Y2.3	<i>Plandes coupling</i> geser	Ketidakejajaran sproket	Baut pengikat kendor akibat getaran
			Y2.4	Sproket <i>gearbox</i> patah	Mesin berhenti total	Beban berlebih dan keausan sproket jangka panjang
			Y2.5	Rantai sproket lepas	Transmisi tenaga tidak stabil	Tegangan rantai tidak sesuai dan keausan sproket
			Y3.1	Gear utara kasar	Timbul bunyi keras	Kearausan gigi akibat pelumasan tidak optimal
3	X3	Gearbox utara kocak	Y3.2	<i>Bearing gearbox</i> aus	Getaran berlebih	Umur bearing sudah melewati batas pakai
			Y3.3	Baut dudukan <i>gearbox</i> kendor	<i>Gearbox</i> tidak stabil	Getaran terus-menerus dan inspeksi baut tidak rutin
			Y3.4	<i>Pulley</i> geser	Putaran tidak sejajar	Misalignment poros saat pemasangan
			Y3.5	<i>Gear mixer</i> selatan rusak	Kerusakan merambat	Distribusi beban tidak merata pada sistem transmisi
			Y4.1	Spei dan plandes aus	Putaran tidak sinkron	Gesekan terus-menerus dan material aus
4	X4	Spei plandes geser	Y4.2	Spei as gigi nanas geser	Putaran sproket selip	Penguncian spie tidak presisi
			Y4.3	Plandes geser	Posisi sproket berubah	Baut pengikat tidak sesuai torsi

5	X5	Baut sprocket putus	Y4.4	Spie as gigi nanas aus	Transmisi daya menurun	Beban torsi tinggi dan keausan
			Y4.5	<i>Gear coupling</i> geser	Getaran dan bunyi	Kesalahan penyetulan <i>coupling</i>
			Y5.1	Baut plandes <i>gear coupling</i> patah	Sproket terlepas	Kelelahan material akibat getaran berulang
			Y5.2	Baut sproket patah	Putaran sproket berhenti	Beban kejut mendadak saat operasi
			Y5.3	Mur pengunci sproket patah	Risiko sproket lepas	Material mur aus dan pengencangan berlebih
			Y5.4	Baut penahan <i>gearbox</i> patah	<i>Gearbox</i> tidak terkunci	Tegangan baut melebihi kapasitas
			Y5.5	Baut sproket aus	Ikatan tidak kuat	Tegangan rantai tidak sesuai dan keausan sproket

Berdasarkan hasil identifikasi *failure mode*, efek, dan penyebab kegagalan, selanjutnya dilakukan penilaian nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* (SOD) serta perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap mode kegagalan. Penilaian SOD dilakukan berdasarkan data historis oleh peneliti dan divalidasi oleh Asisten Kepala Seksi Peralatan. Hasil penilaian SOD, nilai RPN, dan peringkat risiko digunakan sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan pada Batching Plant dan disajikan dalam tabel 8.

Tabel 8. Penilaian SOD dan Perhitungan RPN

No	Performance Indicator	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN	Rank	
1	X1	Y1.1	7	5	4	140	11
		Y1.2	9	3	7	189	3
		Y1.3	8	3	5	120	12
		Y1.4	6	3	3	54	24
		Y1.5	7	3	4	84	20
2	X2	Y2.1	9	3	7	189	3
		Y2.2	7	3	5	105	15
		Y2.3	6	3	6	108	14
		Y2.4	10	3	8	240	1
		Y2.5	8	3	4	96	19
3	X3	Y3.1	6	3	3	54	24
		Y3.2	8	3	5	120	12
		Y3.3	7	3	4	84	20
		Y3.4	7	3	5	105	15
		Y3.5	9	3	7	189	3
4	X4	Y4.1	7	3	5	105	15
		Y4.2	8	3	6	144	7
		Y4.3	7	3	4	84	20
		Y4.4	7	3	5	105	15
		Y4.5	8	3	6	144	7
5	X5	Y5.1	8	3	6	144	7
		Y5.2	9	3	7	189	3
		Y5.3	8	3	6	144	7
		Y5.4	9	3	8	216	2
		Y5.5	7	3	4	84	20

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel penilaian SOD dan RPN, dapat diketahui bahwa mode kegagalan Y2.4 (sproket *gearbox* patah) memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 240 dan menempati peringkat risiko pertama (*Rank* 1). Nilai RPN yang tinggi tersebut disebabkan oleh tingkat keparahan dampak yang sangat besar, frekuensi kejadian yang relatif sering, serta tingkat pendeteksian kegagalan yang rendah. Oleh karena itu, mode kegagalan ini ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dilakukan analisis lanjutan dan perbaikan.

2. AHP

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode FMEA pada tahap sebelumnya, diketahui bahwa mode kegagalan Y2.4 (sproket *gearbox* patah) memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 240 sehingga menjadi prioritas utama perbaikan. Oleh karena itu, analisis selanjutnya menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dilakukan

untuk menentukan kriteria penilaian pada komponen teknologi yang paling berpengaruh terhadap risiko tersebut, yaitu *technoware*, *humanware*, *infoware*, dan *orgaware*, yang disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Kriteria Penelitian

Komponen Teknologi	Kriteria	Sub Kriteria
<i>Technoware</i>	Keandalan Sistem Transmisi Mesin (KSM)	Kinerja Sproket, Gearbox, Dan Rantai Stabil
	Ketahanan Komponen Mekanis (KKM)	Kekuatan Material Dan Umur Pakai Komponen
	Kontinuitas Operasi Mesin (KOM)	Downtime Rendah Dan Operasi Mesin Stabil
	Keamanan Operasional Mesin (KLM)	Sistem Pelindung Mesin Dan Risiko Kecelakaan Rendah
<i>Humanware</i>	Kompetensi Operator (KTO)	Kemampuan Mengoperasikan Mesin
	Kedisiplinan Kerja (KPK)	Kepatuhan Sop Dan Ketepatan Waktu
	Pemeliharaan Preventif (PPF)	Perawatan Rutin Dan Pengecekan Harian
	Keterampilan Troubleshooting (KTS)	Kemampuan Menangani Gangguan Teknis
<i>Infoware</i>	Aksesibilitas Data (ASD)	Kemudahan Akses Data Operasional
	Penyimpanan Informasi (PII)	Arsip Data Produksi Dan Downtime
	Kemampuan Informasi (KII)	Kelancaran Alur Informasi Produksi
	Standar Produk (SPK)	Acuan Mutu Produk
<i>Orgaware</i>	Manajemen Perawatan (MPN)	Jadwal, Sop, Dan Sistem Perawatan
	Hubungan Dengan Pelanggan (HDP)	Kualitas Dan Kepuasan Pelanggan
	Kebijakan K3 dan Lingkungan (KKL)	Penerapan Aturan Keselamatan
	Kepatuhan Regulasi (KRI)	Standar Mutu Dan Regulasi Lingkungan

Berdasarkan kriteria penelitian yang telah ditetapkan, selanjutnya dilakukan penilaian *State of the Art* pada setiap kriteria komponen teknologi. Penilaian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemutakhiran dan kondisi aktual masing-masing kriteria berdasarkan persepsi responden ahli. Hasil rekapitulasi penilaian SOTA kriteria komponen teknologi disajikan dalam tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Data Hasil Perbandingan *State Of The Art* (SOTA) Kriteria Komponen Teknologi

Komponen Teknologi	Kriteria	Sub Kriteria	Skor	SOTA
<i>Technoware</i>	Keandalan Sistem Transmisi Mesin	Kinerja Sproket, <i>Gearbox</i> , Dan Rantai Stabil	5,60	7,00
	Ketahanan Komponen Mekanis	Kekuatan Material Dan Umur Pakai Komponen	5,20	6,80
	Kontinuitas Operasi Mesin	Downtime Rendah Dan Operasi Mesin Stabil	4,40	6,20
	Keamanan Operasional Mesin	Sistem Pelindung Mesin Dan Risiko Kecelakaan Rendah	5,20	6,60
<i>Humanware</i>	Kompetensi Operator	Kemampuan Mengoperasikan Mesin	6,60	8,00
	Kedisiplinan Kerja	Kepatuhan SOP Dan Ketepatan Waktu	5,00	6,60
	Pemeliharaan Preventif	Perawatan Rutin Dan Pengecekan Harian	6,00	7,40
	Keterampilan <i>Troubleshooting</i>	Kemampuan Menangani Gangguan Teknis	6,00	7,00
<i>Infoware</i>	Aksesibilitas Data	Kemudahan Akses Data Operasional	5,80	7,00
	Penyimpanan Informasi	Arsip Data Produksi Dan <i>Downtime</i>	6,00	7,40
	Kemampuan Informasi	Kelancaran Alur Informasi Produksi	6,20	7,40
	Standar Produk	Acuan Mutu Produk	7,80	8,80
<i>Orgaware</i>	Manajemen Perawatan	Jadwal, Sop, Dan Sistem Perawatan	6,80	7,80
	Hubungan dengan Pelanggan	Kualitas Dan Kepuasan Pelanggan	6,60	8,00
	Kebijakan K3 dan Lingkungan	Penerapan Aturan Keselamatan	6,80	8,20
	Kepatuhan Regulasi	Standar Mutu Dan Regulasi Lingkungan	6,40	7,80

Setelah diperoleh nilai SOTA pada masing-masing kriteria, selanjutnya dilakukan rekapitulasi nilai SOTA untuk setiap komponen teknologi secara keseluruhan. Rekapitulasi ini digunakan untuk menggambarkan tingkat kemutakhiran relatif dari komponen *technoware*, *humanware*, *infoware*, dan *orgaware*, yang disajikan dalam tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Data Hasil Perbandingan *State Of The Art* Komponen Teknologi

Komponen Teknologi	Skor	SOTA
<i>Technoware</i>	5,20	7,00
<i>Humanware</i>	5,80	7,20
<i>Infoware</i>	6,40	7,60
<i>Orgaware</i>	6,20	7,80

Data hasil penilaian diolah menggunakan metode AHP melalui perbandingan berpasangan antar kriteria dan komponen teknologi. Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan nilai eigen untuk memperoleh bobot prioritas masing-masing kriteria dan komponen teknologi, yang hasilnya disajikan dalam tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pembobotan Kriteria Komponen Teknologi

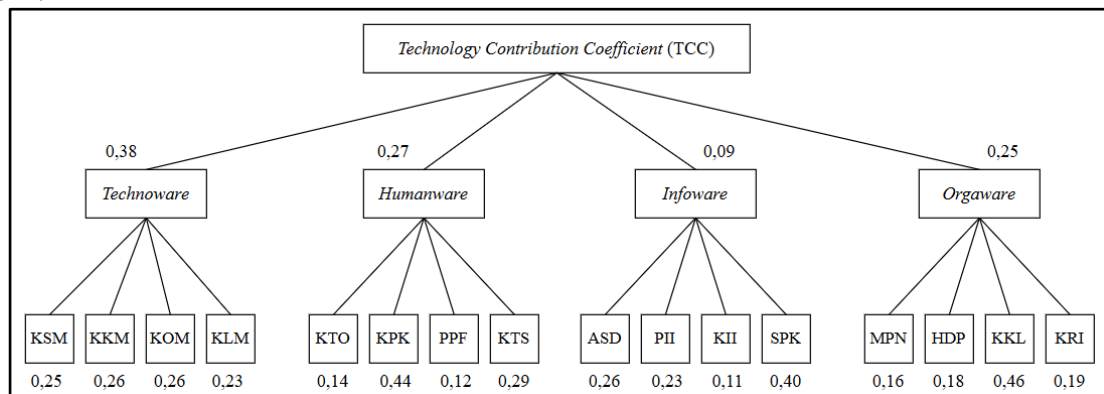
Komponen Teknologi	Kriteria	Bobot
<i>Technoware</i>	Keandalan Sistem Transmisi Mesin	0,25
	Ketahanan Komponen Mekanis	0,26
	Kontinuitas Operasi Mesin	0,26
	Keamanan Operasional Mesin	0,23
<i>Humanware</i>	Kompetensi Operator	0,14
	Kedisiplinan Kerja	0,44
	Pemeliharaan Preventif	0,12
	Keterampilan <i>Troubleshooting</i>	0,29
<i>Infoware</i>	Aksesibilitas Data	0,26
	Penyimpanan Informasi	0,23
	Kemampuan Informasi	0,11
	Standar Produk	0,40
<i>Orgaware</i>	Manajemen Perawatan	0,16
	Hubungan dengan Pelanggan	0,18
	Kebijakan K3 dan Lingkungan	0,46
	Kepatuhan Regulasi	0,19

Setelah diperoleh bobot setiap kriteria, dilakukan perhitungan bobot agregat untuk masing-masing komponen teknologi guna menunjukkan tingkat kepentingan relatifnya, yang disajikan dalam tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Pembobotan Kriteria Komponen Teknologi

Kriteria	Bobot
<i>Technoware</i>	0,38
<i>Humanware</i>	0,27
<i>Infoware</i>	0,09
<i>Orgaware</i>	0,25

Setelah diperoleh hasil pembobotan, untuk mempermudah pemahaman terhadap struktur dan hubungan bobot pada masing-masing komponen teknologi, hasil pembobotan tersebut disajikan dalam bentuk hierarki rekapitulasi pada gambar 2.



Gambar 2. Hierarki Rekapitulasi Hasil Pembobotan

3. Teknometrik

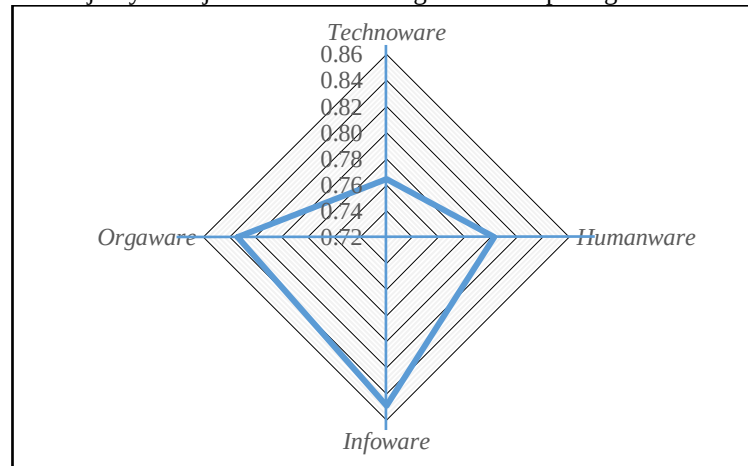
Berdasarkan bobot komponen teknologi dan nilai tingkat kecanggihan yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan *Technology Contribution Coefficient* (TCC) untuk mengetahui kontribusi masing-masing komponen teknologi terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, yang disajikan dalam tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan *Technology Contribution Coefficient* (TCC)

	Tingkat Kecanggihan	Bobot	Aggregate Rating	TCC
<i>Technoware</i>	0,76	0,38	0,29	0,80
<i>Humanware</i>	0,80	0,27	0,22	

Infoware	0,85	0,09	0,08
Orgaware	0,83	0,25	0,21

Berdasarkan hasil perhitungan TCC pada Tabel 14, diperoleh nilai TCC sebesar 0,80. Mengacu pada klasifikasi derajat TCC, nilai tersebut berada pada rentang $0,7 < TCC \leq 0,9$ yang termasuk dalam kategori sangat baik, sehingga menunjukkan bahwa tingkat kecanggihan teknologi pada Batching Plant telah berada pada kategori modern. Untuk mempermudah analisis perbandingan kontribusi dan tingkat kecanggihan masing-masing komponen teknologi, hasil perhitungan teknometrik selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik radar pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Radar Teknometrik

Berdasarkan gambar 3, terlihat perbandingan tingkat kecanggihan komponen teknologi THIO pada Batching Plant. Secara umum, tingkat kecanggihan teknologi berada pada kategori baik, namun masih terdapat ketidakseimbangan antar komponen, di mana *Technoware* memiliki nilai tingkat kecanggihan paling rendah sebesar 0,76 dibandingkan komponen lainnya.

D. Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode FMEA, diketahui bahwa mode kegagalan sproket *gearbox* patah (Y2.4) memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 240, sehingga menjadi prioritas utama dalam penanganan risiko. Nilai RPN yang tinggi menunjukkan bahwa kegagalan tersebut memiliki dampak besar terhadap operasional karena dapat menyebabkan mesin berhenti total dan mengganggu proses produksi. Selanjutnya, hasil pembobotan menggunakan metode AHP menunjukkan bahwa komponen teknologi dengan bobot tertinggi adalah *technoware* sebesar 0,38, diikuti *humanware* 0,27, *orgaware* 0,25, dan *infoware* 0,09, yang menunjukkan bahwa aspek mesin dan peralatan memiliki pengaruh paling besar terhadap kinerja operasional Batching Plant.

Hasil analisis teknometrik menunjukkan nilai TCC sebesar 0,80, yang menunjukkan bahwa tingkat kecanggihan teknologi berada pada kategori *modern*. Namun demikian, komponen *technoware* memiliki nilai tingkat kecanggihan terendah yaitu 0,76, sehingga masih menjadi titik lemah dalam sistem operasional Batching Plant. Oleh karena itu, peningkatan kinerja pada komponen *technoware*, khususnya pada sistem transmisi mesin, diperlukan untuk mengurangi risiko kegagalan dan meningkatkan keandalan proses produksi.

E. Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan analisis dan pembahasan, rekomendasi perbaikan difokuskan pada peningkatan kinerja komponen *technoware* guna menurunkan risiko kegagalan operasional dan meningkatkan keandalan sistem Batching Plant. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan antara lain:

1. Melakukan penggantian sproket dan rantai secara preventif berdasarkan umur pakai dan tingkat keausan komponen
Penggantian preventif bertujuan untuk mencegah kerusakan mendadak yang dapat menyebabkan mesin berhenti total. Pemeriksaan kondisi fisik seperti keausan gigi sproket, kelonggaran rantai, dan suara abnormal perlu dilakukan secara berkala sehingga komponen dapat diganti sebelum mencapai kondisi kritis [25].
2. Melakukan evaluasi berkala terhadap kapasitas kerja sproket dan *gearbox* terhadap beban dinamis dan beban kejut selama operasional
Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan komponen tetap bekerja dalam batas kapasitas, mengingat proses pencampuran beton dapat menimbulkan beban dinamis dan beban kejut meskipun kapasitas operasional relatif konstan. Pemeriksaan dapat dilakukan melalui pemantauan getaran, kondisi keausan sproket, serta stabilitas putaran *gearbox* guna mendeteksi potensi kelelahan material sejak dini.
3. Mengoptimalkan efektivitas pelumasan harian pada komponen sproket dan rantai untuk mengurangi gesekan dan keausan komponen

Pelumasan harian yang telah diterapkan perlu didukung dengan pemantauan pemerataan pelumasan pada komponen sproket dan rantai serta kondisi pelumas selama operasional. Optimalisasi ini bertujuan menjaga stabilitas suhu kerja dan memperpanjang umur pakai komponen transmisi [26].

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa komponen *technoware* merupakan komponen teknologi terlemah pada Batching Plant PT. XYZ dengan tingkat kecanggihan sebesar 0,76, sehingga paling berpengaruh terhadap keandalan operasional sistem. Tingkat kecanggihan teknologi secara keseluruhan berada pada kategori modern dengan nilai *Technology Contribution Coefficient* sebesar 0,80, namun kontribusi antar komponen teknologi dalam kerangka THIO belum seimbang. Hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* menunjukkan bahwa kegagalan sproket *gearbox* merupakan risiko operasional tertinggi dengan nilai *Risk Priority Number* sebesar 240 yang berdampak pada terhentinya proses produksi. Berdasarkan hasil integrasi metode FMEA dan teknometrik, rekomendasi perbaikan difokuskan pada peningkatan kinerja komponen *technoware* melalui perawatan preventif, penyesuaian spesifikasi komponen mekanis, serta optimalisasi sistem pelumasan guna menurunkan risiko kegagalan dan meningkatkan efisiensi produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) atas dukungan akademik yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada PT. XYZ yang telah memberikan izin, akses lapangan, serta data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh responden yang telah berpartisipasi dalam pengisian kuesioner, wawancara, dan observasi sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

REFERENSI

- [1] R. Hasyim, Abdurrahman; Nana, R. Ade, Astuti, Widi, S. Ade, and P. Mohammad, Fadli, "Analisis Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Dengan Metode Hirarc Pada Bidang Konstruksi," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 3, pp. 908–919, 2025.
- [2] D. Fardan, Andhika, Aradhana; Baziedy, Aditya, "Implementasi Manajemen Kualitas Produk Tiang Pancang : Sebuah Studi Kasus di PT. Wijaya Karya Beton Tbk.," *J. Mhs. Bisnis Manaj.*, vol. 02, no. 05, pp. 19–29, 2023.
- [3] K. N, Hasanah; F, T, Utami; M, H, N, Fauzan; H, "Implementasi Material Handling dalam Mencari Jarak dan Ongkos Material serta Usulan Tata Letak Produksi di PT. Wijaya Karya Beton," *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 3, no. 1, pp. 29–33, 2022.
- [4] A. Ahadi, Antoni, "Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Theory Of Constraint Pada Lini Produksi Tiang Pancang Bulat Di PT Wijaya Karya Beton Tbk .," *Sci. J. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 5–8, 2022.
- [5] R. Y. N. Winarno, C. Andrian, "Analisa Resiko Kecelakaan pada Pembangunan, Reparasi, dan Pengoperasian Kapal," *J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 144–152, 2022.
- [6] W. Muhammad, Nauval, Abil Ikhsan; Hana, Catur, "Halal Risk Mitigation And Food Safety In Herbal Medicine Producers Using FMEA And SWOT Methods," pp. 1–10, 2023.
- [7] H. Hidayat, R. Muhendra, and O. W. Nugroho, "Analisis paket damage dan perbaikan kualitas produk pada jasa logistik menggunakan metode PDCA Dan FMEA (Studi Kasus : PT Ninja Xpress)," *J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 4, no. November, pp. 284–294, 2023, doi: 10.37373/jenius.v4i2.669.
- [8] R. A. Yushmanendra and H. C. Wahyuni, "Risk Mitigation Strategy Based On Information Technology in Aircraft Maintenance Process (Case Study : PT MMF)," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.21070/pels.v2i2.1289.
- [9] M. N. Maulana and H. C. Wahyuni, "Analysis of the Contribution of Technological Components in Knife Making Using the Integration of Technometric and SWOT Methods (Case Study : Krian Custom Tools) [Analisis Kontibusi Komponen Teknologi Pada Pembuatan Pisau Dengan Integrasi Metode Teknometrik Dan SWOT (Studi Kasus : Krian Custom Tools)], " pp. 1–14.
- [10] F. Hendra and E. T. Handayani, "Technological capabilities assessment by using Technometrics models in routine maintenance of commuter trains to increase service performance," *SINERGI*, vol. 27, no. 1, pp. 57–64, 2023.
- [11] S. Antonius, Souw; Dika, "Pengukuran Kontribusi Komponen Teknologi pada Kelompok Tani Girisenang," *J. Pemikir. Masy. Ilm. Berwawasan Agribisnis*, vol. 11, no. 2023, pp. 3578–3590, 2025.
- [12] I. Aulia, Agung, Dermawan; Rosie, Oktavia, Puspita Rini; Tirta, Mulyadi; Wahyudi and P. Dimas, Akmarul,

- “PENILAIAN SOFISTIKASI TEKNOLOGI PADA PT . XYZ DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN TECHNOWARE, HUMANWARE, INFOWARE, DAN ORGANWARE (THIO),” *Sigma Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 13–24, 2023.
- [13] N. Putu, A. Laksmi, L. Andrawina, and A. A. Rumanti, “Technology Assessment with Technometric Model in Small and Medium Industries : A Case Study at Traditional Textile ‘ Kain Tenun Endek & Gringsing ’ Bali,” *Int. J. Innov. Manag. Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 75–79, 2023, doi: 10.18178/ijimt.2023.14.3.941.
- [14] C. Casban, U. Marfuah, and L. S. Rosyadi, “Penerapan Metode Teknometrik untuk Mengukur Kontribusi Komponen Teknologi dalam Proses Produksi Industri Kecil dan Menengah,” *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 1, 2022, doi: 10.24853/jisi.8.2.1-12.
- [15] E. F. Aqidawati, W. Sutopo, E. Pujiyanto, M. Hisjam, and F. Fahma, “Technology Readiness and Economic Benefits of Swappable Battery Standard : Its Implication for Open Innovation,” *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 8, no. 2, p. 88, 2022, doi: 10.3390/joitmc8020088.
- [16] M. Anisa, B. Burhan, and C. Indarto, “Food Safety Risk Analysis of Songkem Duck Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method Analisis Risiko Keamanan Pangan pada Bebek Songkem Menggunakan Metoda Failure Mode and Effect Analysis (FMEA),” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 46–59, 2024.
- [17] H. D, R. Hendarti; H. Rahmad; M. W, A. Sektiono; A, D, “Perancangan Sistem Pulverizer Model MVM31F Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di PT.XYZ,” *J. PERANCANGAN, MANUFAKTUR, Mater. DAN ENERGI (JURNAL PERMADI)*, vol. 6, no. 3, pp. 246–256, 2025.
- [18] W. Nur Azmil, Qur’ani; Hana, Catur, “Risk Analysis in Sandwich Panel Production with The Integration of FMEA And FTA Methods [Analisis Resiko pada Produksi Sandwich Panel dengan Integrasi Metode FMEA dan FTA],” pp. 1–8.
- [19] Y. Nesimi, Kök; Mehmet, Selami, “New generation FMEA method in automotive industry : an implementation,” *J. Turkish Oper. Manag.*, pp. 1630–1643, 2023.
- [20] A. Samimi, “Assessment of Risks Arising from Neuropsychological Crises in Cardiac Patients Using FMEA,” *J. Adv. Med. , Pharm. Biomed. Res.*, vol. 1, no. 7, pp. 196–203, 2025.
- [21] E. Ullah, M. Mansoor, H. Gholamhosseini, and J. Lu, “Heliyon Failure mode and effect analysis (FMEA) to identify and mitigate failures in a hospital rapid response system (RRS),” *Heliyon*, vol. 8, no. December 2021, p. e08944, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e08944.
- [22] R. Dania, Ifki and W. Putri; Hana, Catur, “Analysis of Sophisticated Technology in Mixer Truck Maintenance Using Technometric Methods and SWOT Analysis,” pp. 1–11, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21070/ups.1601>
- [23] R. Z. Aziz and H. C. Wahyuni, “Strategy To Increase Technological Sophistication To Increase Helmet Productivity With Technometric Methods And 5W1H [Strategi Peningkatan Kecanggihan Teknologi Untuk Meningkatkan Produktivitas Helm Dengan Menggunakan Metode Teknometrik dan,” pp. 1–12, 2022.
- [24] D. Nurriszki, A. Shafira, A. F. Aurellia, and I. I. Wiratmadja, “Penilaian Teknologi Menggunakan Metode Teknometrik pada Industri Pengolahan Pangan,” *J. Res. Ind. Eng. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–29, 2024, doi: 10.61221/jriem.v2i1.19.
- [25] Z. Andra, “Penerapan Preventif Maintenance pada Gearbox Milling Mesin Spiral 4 PT . Steel Pipe Industry of Indonesia (SPINDO) Unit 4 Tbk,” *TURBINE (Journal Technol. Urgency Breakthr. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 191–198, 2024.
- [26] I. Marjuki and M. Sasti, “Perawatan Dan Perbaikan Fruit Elevator Pabrik Kelapa Sawit,” *J. Appl. Mech. Eng. Renew. ENERGY*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2026.

Conflict of Interest Statement:

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