

Risk Based Productivity Improvement Strategy in Sugar Factories

[Strategi Peningkatan Produktivitas Berbasis Risiko Pada Pabrik Gula]

Mochamad Iqbal Latif¹⁾, Hana Catur Wahyuni^{*2)}

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 production process carried out by PT. XYZ is inseparable from several risks that result in the disruption of the production process such as the suspension of the milling process, production downtime and high repair costs, and sugarcane milling that is not optimal. This research aims to develop a risk mitigation strategy to increase company productivity. The method used to identify potential failures in the production process is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), which serves to detect potential machine failures. In addition, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method is used to assist in hierarchical decision-making based on expert assessment. The results showed that the highest risk in the sugar production process occurred at the milling station, namely damage to the sugarcane grinding gear box, with a Risk Priority Number (RPN) value of 270. Therefore, the main strategic recommendations for PT. XYZ which was formulated using the AHP method with the help of Expert Choice software produced an improvement proposal with the highest value, namely the regular addition of grease (lubricant), which had a score of 0.298.*

Keywords – Risk Mitigation; FMEA; AHP; Expert Choice

Abstrak. *Proses produksi yang dilakukan PT. XYZ tidak terlepas dari beberapa risiko yang mengakibatkan terganggunya proses produksi seperti terhentinya proses penggilingan, downtime produksi serta biaya perbaikan tinggi, dan penggilingan tebu yang tidak maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun strategi mitigasi risiko guna meningkatkan produktivitas perusahaan. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses produksi adalah Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), yang berfungsi untuk mendeteksi potensi kegagalan mesin. Selain itu, metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan secara hierarki berdasarkan penilaian expert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko tertinggi dalam proses produksi gula terjadi pada stasiun gilingan yaitu kerusakan pada gear box penggiling tebu, dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 270. Oleh karena itu, rekomendasi strategi utama bagi PT. XYZ yang dirumuskan menggunakan metode AHP dengan bantuan software Expert Choice menghasilkan usulan perbaikan dengan nilai tertinggi, yaitu penambahan grease (pelumas) secara rutin, yang memiliki skor 0,298.*

Kata Kunci – Mitigasi Risiko; FMEA; AHP; Expert Choice

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Produktivitas adalah salah satu indikator utama keberhasilan perusahaan dalam memanfaatkan sumber daya yang dimilikinya untuk mencapai target produksi. Produktivitas berkaitan dengan efisiensi dalam proses produksi, yang diukur sebagai rasio antara jumlah produk yang dihasilkan dan jumlah sumber daya yang digunakan [1]. Produktivitas mencerminkan hubungan antara *output* dan *input*, sehingga tidak hanya berfokus pada salah satu, tetapi keduanya [2]. Karena itu, konsep produktivitas memiliki cakupan yang lebih luas dibandingkan konsep-konsep yang hanya menekankan pada satu aspek, seperti efisiensi, produksi, atau efektivitas.

Setiap proses produksi memiliki risiko kegagalan, risiko kegagalan produksi menyebabkan kerugian signifikan bagi perusahaan. Mitigasi risiko perlu dilakukan guna mengatasi potensi risiko yang mungkin muncul, sehingga tindakan pencegahan yang diterapkan dapat mengurangi kerugian yang mungkin dialami oleh industri [3]. Identifikasi risiko bertujuan untuk memahami peristiwa yang berpotensi menimbulkan kerugian serta mengidentifikasi agen atau faktor penyebabnya [4].

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur pengolahan gula tebu dan berlokasi di Desa Krembung, Sidoarjo. PG. XYZ pertama kali didirikan pada tahun 1847. Selama masa pendudukan Jepang, pabrik ini digunakan sebagai fasilitas pembuatan senjata. Pada tahun 1957, pabrik ini direkonstruksi dan pengelolaannya diserahkan kepada Kementerian Pertanian dan Agraria. Setelah itu, perusahaan ini berubah menjadi "Perusahaan Perkebunan Negara Baru (PPN Baru)" dan kemudian menjadi "Perusahaan Negara Perkebunan (PNP). PT. XYZ

merupakan salah satu pabrik pengolahan tebu terbesar di kawasan tersebut. Dengan sejarah panjang dan reputasi yang kuat, pabrik ini telah menjadi salah satu produsen gula terkemuka di Indonesia.

Proses produksi yang dilakukan PT. XYZ tidak terlepas dari beberapa risiko yang mengakibatkan terganggunya pada saat proses produksi. Berdasarkan data historis, tingkat produktivitas proses produksi gula masih berada di bawah target optimal, yakni 16.125 ton dari 17.315 ton dari target produksi yang direncanakan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat celah efisiensi yang perlu diatasi untuk meningkatkan produktivitas proses produksi gula. Untuk mendukung proses produksi, diperlukan fasilitas pabrik berupa mesin yang bekerja secara optimal [5]. Proses produksi gula di PT. XYZ menghadapi risiko yang menghambat operasional, seperti selip pada rantai *conveyor* sebanyak 3 kali dalam satu minggu, kerusakan motor *conveyor* akibat kelebihan muatan bahan baku sebanyak 2 kali dalam satu minggu dan kebocoran pipa *boiler* 1 kali kejadian terdeteksi. Risiko ini menyebabkan terganggunya proses produksi sehingga diperlukan upaya perbaikan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

Untuk meningkatkan produktivitas proses produksi dalam penelitian ini, digunakan dua metode utama untuk menganalisis masalah dan mengambil keputusan yang paling optimal, yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan bantuan *software Expert Choice*. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses produksi karena selain menilai berdasarkan tingkat keparahan (*severity*) dan frekuensi kejadian (*occurrence*), metode ini juga memungkinkan penilaian tingkat deteksi (*detection*) berdasarkan kontrol desain (*design control*) dalam suatu permasalahan [6]. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan bantuan *software Expert Choice* digunakan untuk membantu menentukan alternatif solusi yang paling optimal, metode ini mampu menyederhanakan masalah multikriteria yang kompleks menjadi suatu hierarki. Masalah kompleks ini dapat berupa banyaknya kriteria yang harus dipertimbangkan, struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian dalam pendapat pengambil keputusan [7]. Kombinasi kedua metode ini memberikan pendekatan yang sistematis dalam menentukan langkah perbaikan terbaik untuk meminimalkan risiko dan meningkatkan kinerja proses produksi.

Penelitian terdahulu mengenai strategi dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses produksi yaitu [8] mengkaji tentang strategi dalam meningkatkan kualitas produk dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses produksi serta menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menghasilkan usulan perbaikan yang paling optimal dalam meningkatkan kualitas. Penelitian [3] berfokus terhadap identifikasi serta penilaian risiko pada proses produksi dengan menggunakan Fuzzy FMEA, kemudian digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan strategi mitigasi dari risiko yang menjadi prioritas perbaikan. Penelitian [9] meneliti mengenai bagaimana upaya identifikasi risiko dalam proses penyaluran jaringan gas dan memberikan penilaian terhadap risiko yang terjadi, kemudian dilakukan mitigasi terhadap risiko menggunakan metode FMEA dan AHP. Peneliti [10] menjelaskan mengenai identifikasi risiko-risiko dalam proses dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang kemudian memberi bobot dari setiap risiko yang teridentifikasi, langkah selanjutnya digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan aplikasi *Expert Choice* dalam upaya mengetahui alternatif mitigasi untuk mengurangi risiko.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk: (1) Mengidentifikasi potensi risiko yang terjadi pada saat proses produksi serta menilai dampaknya berdasarkan *severity*, *occurrence*, dan *detection*, (2) Menganalisis dan memprioritaskan risiko-risiko yang mengakibatkan terhambatnya proses produksi di PT. XYZ, (3) Menyusun strategi guna meningkatkan produktivitas pada proses produksi di PT. XYZ.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang bertempat di Krembung Timur, Kec. Krembung, Kab. Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 6 bulan pada bulan September 2024 sampai dengan Februari 2025.

B. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder yang digunakan dalam pengolahan data.

1. Data primer diperoleh melalui observasi, wawancara, dan kuesioner kepada karyawan perusahaan meliputi kepala bagian stasiun gilingan, kepala bagian stasiun *boiler* dan kepala bagian stasiun kelistrikan. Data yang diperoleh berupa potensi risiko, strategi mitigasi, dan penilaian kriteria *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) serta pemilihan strategi optimal menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).
2. Data sekunder diperoleh dari studi literatur yang mencakup teori metode, indikator penilaian, profil perusahaan, dan penelitian sebelumnya terkait peningkatan produktivitas produksi.

C. *Failure Mode and Effect Analysis*

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah metode analisis risiko yang dilakukan secara berulang dan terstruktur untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada peralatan, fasilitas, atau sistem serta dampak yang ditimbulkannya [10]. Tahapan dalam menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yaitu [11]:

1. Menentukan kriteria *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D).
2. Membuat tabel lembar kerja FMEA sesuai panduan *Failure Mode Effect Analysis*.
3. Mengidentifikasi *potential failure mode* atau potensi mode kegagalan yang mungkin terjadi.
4. Mengidentifikasi dampak atau akibat dari kegagalan tersebut.
5. Memberikan peringkat berdasarkan mode dan efek kegagalan yang ditemukan.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi penyebab masalah yang memiliki tingkat kritis tertinggi berdasarkan nilai *Risk Potential Number* (RPN). Nilai RPN ini diperoleh dari hasil perkalian beberapa variabel, yaitu dampak yang ditimbulkan (*Severity*), kemungkinan terjadinya (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detectability*) [12]. Indikator penilaian *Severity* (S) dapat dilihat pada Tabel 1, indikator penilaian *Occurrence* (O) pada Tabel 2, dan indikator penilaian *Detection* (D) pada Tabel 3.

Tabel 1. Pedoman Nilai Rating Severity

Dampak	Uraian Dampak	Nilai Ranking
Gagal memenuhi persyaratan keselamatan atau peraturan pemerintah	Dapat membahayakan operator (mesin dan perakitan) tanpa peringatan (secara tiba tiba)	10
	Dapat membahayakan operator (mesin atau perakitan) dengan peringatan (sudah ada tanda tanda sebelumnya)	9
Gangguan sangat besar	100% hasil produk atau aktivitas dinyatakan gagal (<i>bad</i>)	8
Gangguan besar	Sebagian hasil produksi atau aktivitas dinyatakan gagal	7
Gangguan signifikan	100% hasil produk atau aktivitas harus dikerjakan ulang	6
Gangguan sedang	Sebagian hasil produksi atau aktivitas harus dikerjakan ulang (kategori terdeteksi setelah di konsumen berikutnya)	5
Gangguan rendah	Spesifikasi <i>product</i> atau aktivitas tidak sesuai tapi masih bisa diterima	4
Gangguan sangat rendah	Sebagian hasil <i>product</i> atau aktivitas mungkin harus dikerjakan ulang saat itu juga (<i>in-station</i>)	3
Gangguan sangat kecil	Sedikit ketidaknyamanan terhadap proses, pekerjaan, atau operator	2
Tanpa akibat (tidak ada dampak)	Tidak ada akibat yang disarankan (tidak memiliki dampak)	1

Sumber: [13]

Tabel 2. Pedoman Nilai Rating Occurrence

Frekuensi Kegagalan	Ukuran Kegagalan	Nilai Ranking
Sangat Tinggi	1 In 10	10
	1 In 20	9
Tinggi	1 In 50	8
	1 In 100	7
Sedang	1 In 500	6
	1 In 2000	5
	1 In 10.000	4
Rendah	1 In 100.000	3
	1 In 1.000.000	2
Sangat Rendah	1 In 1.500.000	1

Sumber: [13]

Tabel 3. Pedoman Nilai Rating Detection

Kemampuan Mendeteksi	Uraian	Nilai Ranking
Hampir tidak mungkin	Pasti tidak dapat terdeteksi	10
Sangat kecil	Pengecekan mungkin tidak bisa mendeteksi	9
Kecil	Pengecekan mempunyai kesulitan untuk mendeteksi	8

Sangat Rendah	Pengecekan mempunyai peluang yang rendah untuk mendeteksi	7
Rendah	Pengecekan kemungkinan bisa mendeteksi	6
Sedang	Pengecekan kemungkinan hamper bisa mendeteksi	5
Cukup tinggi	Pengecekan mempunyai peluang besar untuk mendeteksi	4
Tinggi	Pengecekan mempunyai peluang sangat besar untuk mendeteksi	3
Sangat tinggi	Pengecekan hamper pasti dapat mendeteksi	2
Pasti	Pengecekan pasti dapat mendeteksi	1

Sumber: [13]

Setelah melakukan perhitungan untuk menentukan nilai *Severity* (S), *Occurence* (O) dan *Detection* (D). Langkah berikutnya adalah menentukan tingkat risiko berdasarkan nilai Risk Potential Number (RPN). Nilai RPN dapat ditunjukkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RPN = S \cdot O \cdot D \quad (1)$$

Sumber: [13]

Skala ini akan digunakan untuk mengidentifikasi risiko dengan nilai tertinggi. Berikut ini merupakan skala nilai *Risk Potential Number* (RPN) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pedoman Nilai *Risk Potential Number* RPN)

NO	RPN	Level Risiko
1	≤200	Very High
2	120-199	High
3	80-119	Medium
4	20-79	Low
5	0-19	Very Low

Sumber: [13]

Pengkategorian nilai *Risk Potential Number* (RPN) membantu perusahaan menentukan risiko yang harus diprioritaskan untuk diperbaiki. Untuk risiko dengan nilai diatas 200, akan diberikan alternatif perbaikan dan memilih alternatif mana yang akan didahulukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan bantuan *software Ecpert Choice*.

D. Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode yang digunakan untuk menangani masalah dalam pengambilan keputusan yang kompleks. Metode ini juga membantu dalam menetapkan prioritas dan menghasilkan keputusan yang optimal [14]. Berikut ini merupakan tahapan dalam menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), antara lain [15]:

1. Mengidentifikasi permasalahan, serta menggambarkan hierarki dari kriteria alternatif yang digunakan.
2. Menetapkan perbandingan prioritas untuk kriteria yang telah ditentukan. Kemudian, perbandingan kriteria tersebut disusun dalam bentuk matriks dan dikonversi ke bentuk desimal.

Berikut ini merupakan skala prioritas yang digunakan dalam penyusunan skala kepentingan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Penilaian *Severity*

Skala Prioritas	Definisi	Keterangan
1	Elemen yang satu sama pentingnya dibanding dengan elemen yang lain (<i>equal importance</i>)	Nilai ini diberikan ketika kedua elemen menyumbang sama besar pada sifat tersebut
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lain (<i>moderate more importance</i>)	Nilai ini diberikan ketika pengalaman menyatakan sedikit memihak pada satu elemen
5	Elemen yang satu jelas lebih penting dari pada elemen yang lain (<i>demonstrated importance</i>)	Nilai ini diberikan ketika pengalaman menunjukkan secara kuat memihak pada satu elemen

7	Elemen yang satu sangat jelas lebih penting dari pada elemen yang lain (<i>demonstrated importance</i>)	Nilai ini diberikan ketika pengalaman menunjukkan secara kuat disukai dan didominasi oleh sebuah elemen tampak dalam
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dari pada elemen yang lain (<i>absolutely more importance</i>)	Nilai ini diberikan ketika pengalaman menunjukkan satu elemen sangat jelas lebih penting
2,4,6,8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan (<i>grey area</i>)	Nilai ini diberikan bila diperlukan kompromi terkait skala prioritas
1/(2-9)	Kebalikan	Jika parameter 1 mendapatkan salah satu angka di atas ketika dibandingkan dengan parameter 2, maka parameter 2 memiliki nilai kebalikan ketika dibandingkan dengan parameter 1

Sumber: [16]

- Selanjutnya, penentuan bobot kriteria dilakukan dengan cara mengalikan matriks dengan matriks dirinya sendiri sehingga dari perkalian tersebut jumlah setiap baris dalam matriks dibagi dengan total baris yang menghasilkan *eigenvector*.
- Setelah perhitungan selesai, diperoleh nilai *eigenvector* untuk setiap kriteria.
- Selanjutnya, dilakukan pengujian metode AHP dengan langkah mengalikan setiap kolom kriteria dengan *eigenvector*. Hasil perkalian tersebut kemudian dibagi dengan bobot *eigenvector*, yang hasil akhirnya disebut *lambda max*.
- Perhitungan konsistensi dilakukan sebagai pengujian terhadap metode AHP dengan menghitung nilai *Consistency Indeks* (CI). Rasio konsistensi pada perbandingan antara elemen di setiap tingkat hierarki dievaluasi melalui penilaian per matriks perbandingan dan keseluruhan struktur hierarki. Konsistensi ini diukur berdasarkan nilai maksimum dari *eigen value* [17]. Nilai indeks konsistensi dihitung dengan rumus:

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

Sumber: [16]

Keterangan:

CI : *Consistency Index* atau Indeks Konsistensi

$\lambda_{\max}$: Nilai *Eigen Vector*

N : Jumlah Parameter

- Setelah memperoleh nilai indeks konsistensi (CI), langkah selanjutnya adalah menghitung rasio konsistensi (CR) dengan menggunakan rumus berikut:

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (3)$$

Sumber: [16]

Keterangan:

CR : *Consistency Ratio* atau Rasio Konsistensi

CI : *Consistency Index* atau Indeks Konsistensi

IR : *Indeks Random Consistency*

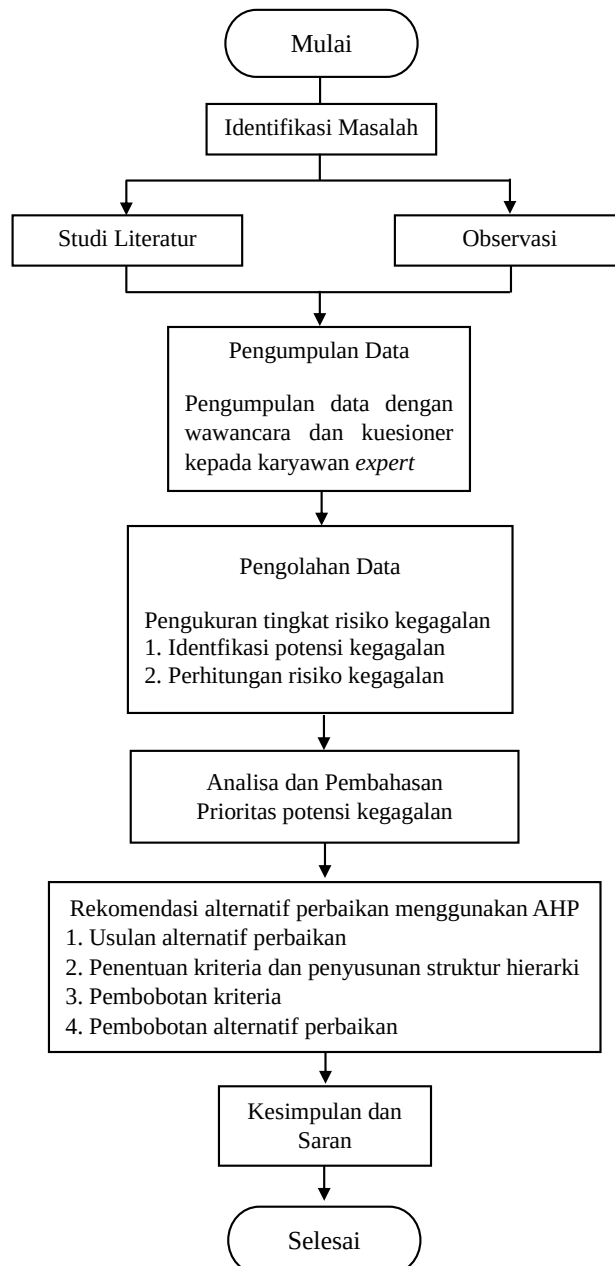
Jika nilai *Consistency Ratio* (CR) < 10% atau 0,1, maka kuesioner perlu diulang. Namun, jika *Consistency Ratio* (CR) ≥ 0,1, maka hasil perhitungan dianggap valid dan dapat diterima [15].

E. Expert Choice

Expert Choice merupakan *software* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), yaitu dengan membandingkan berbagai alternatif dan kriteria tertentu [18]. *Expert Choice* membantu untuk pengambilan keputusan dengan berbagai kriteria menggunakan metode AHP. Aplikasi ini dipilih karena pertimbangan kemudahan dalam penggunaannya [19]. Selanjutnya dapat ditarik kesimpulan mengenai penelitian yang telah dilakukan.

F. Alur Penelitian

Berikut ini akan disajikan tahapan atau alur penelitian dalam pelaksanaan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari Gambar 1 di atas, penelitian ini diawali dengan studi literatur yaitu tinjauan pustaka dan observasi langsung terhadap masalah yang terjadi pada proses produksi gula. Pengumpulan data dilakukan dengan proses wawancara dan kuesioner berupa data yang akan diolah dengan metode FMEA berupa identifikasi potensi kegagalan mesin kemudian melakukan penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* untuk mengetahui nilai RPN risiko tertinggi yang dilakukan strategi mitigasi risiko menggunakan metode AHP. Selanjutnya melakukan analisa hasil strategi mitigasi dan menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

1. Identifikasi Potensi Kegagalan

Identifikasi risiko pada divisi instalasi dari hasil observasi dan wawancara kepada karyawan perusahaan yang meliputi kepala bagian stasiun gilingan, kepala bagian stasiun *boiler* dan kepala bagian stasiun kelistrikan, sehingga didapatkan 16 risiko yang terjadi selama proses produksi gula dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Identifikasi Risiko

Stasiun	Penyebab	Trouble	Dampak
Gilingan	Beban berlebihan dan komponen <i>gear box</i> yang aus	Kerusakan pada <i>Gear Box</i> penggilingan tebu	Proses penggilingan berhenti
	Gesekan antara roll dan tebu	Aus terhadap roll gilingan	Penggilingan tebu tidak maksimal
	Kotoran masuk ke dalam <i>bearing</i> dan pelumasan yang kurang	<i>overheating</i> pada <i>bearing</i> gilingan	Kerusakan permanen pada <i>bearing</i> serta penurunan kapasitas produksi
	Aus pada <i>bearing</i> atau komponen lainnya	Kerusakan pada struktur mesin gilingan	Penurunan performa mesin
	Tegangan rantai yang tidak sesuai	Slip pada Rantai <i>Conveyor</i>	Proses penggilingan berhenti
	Sambungan pipa yang longgar dan korosi pada saluran pipa	Kebocoran nira pada saluran gilingan	Kehilangan nira hasil ekstasi dan penurunan efisiensi proses
	Kebocoran pada silinder atau selang hidrolik	Kerusakan pada <i>Hydraulic System</i>	Ketidakmampuan gilingan guna menekan tebu secara optimal
Boiler	Korosi, material pipa sudah tua	Kebocoran Pipa Boiler	<i>Downtime</i> produksi serta biaya perbaikan tinggi
	Penumpukan kerak pada permukaan pemanas	<i>Overheating</i> pada Permukaan Pemanas	Kerusakan permanen pada Komponen Pemanas
	Aus pada komponen seperti <i>impeller</i>	Kerusakan Pompa <i>feedwater</i>	Gangguan pada pasokan air ke boiler
	Kurangnya Kalibrasi Sistem Kontrol	Kerusakan Sistem Kontrol Otomatis	Ketidakesesuaian pengaturan tekanan, suhu dan level air
	<i>bagasse</i> tersangkut pada saat <i>loading</i>	<i>Conveyor bagasse</i> sobek	Pemindahan manual <i>bagasse</i>
Listrik dan Instrumen	penumpukan residu pada ruang bakar	Kerusakan sistem Pembakaran (<i>Burner</i>)	Proses pembakaran kurang sempurna dan emisi gas buang meningkat
	Sumbatan pada jalur kontrol	<i>Controler valve rooter</i> penggerak sudu sudu mati	Ketidakstabilan tekanan atau suhu
	Aus terhadap kontak akibat penggunaan jangka panjang	Listrik kontaktor atau saklar otomatis	Gangguan pada sistem pengoperasian otomatis
	Kelembapan lingkungan yang disebabkan uap atau cairan	Kabel atau sekun berjamur	Penurunan efisiensi konduktivitas listrik

2. Perhitungan Risiko Kegagalan

Analisis risiko pada proses produksi gula divisi instalasi di PT. XYZ dilakukan dengan menggunakan metode FMEA. Metode FMEA ini dirancang untuk memberikan bobot berdasarkan tiga faktor utama, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* dalam mengidentifikasi risiko pada setiap kegagalan yang mungkin terjadi. Bobot yang ditentukan akan menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Selanjutnya, nilai RPN diurutkan dari yang tertinggi hingga terendah. Pengurutan ini bertujuan untuk menentukan prioritas risiko yang perlu segera diperbaiki oleh perusahaan. Hasil pengurutan nilai RPN didasarkan pada tingkatan dari yang tertinggi ke yang terendah. Berikut adalah hasil perhitungan FMEA yang disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Penilaian Risiko

Trouble	S	O	D	RPN	Ranking	Level
Kerusakan pada <i>Gear Box</i> penggilingan tebu	9	7	4	270	1	Very High
Aus terhadap roll gilingan	8	6	5	220	4	Very High
<i>overheating</i> pada <i>bearing</i> gilingan	5	5	6	141	12	High
Kerusakan pada struktur mesin gilingan	7	6	6	214	6	Very High
Slip pada Rantai <i>Conveyor</i>	9	6	5	246	3	Very High
Kebocoran nira pada saluran gilingan	8	4	5	178	9	High
Kerusakan pada <i>Hydraulic System</i>	7	5	4	169	11	High
Kebocoran Pipa Boiler	10	6	5	256	2	Very High
<i>Overheating</i> pada Permukaan Pemanas	7	4	4	138	13	High

Kerusakan Pompa <i>feedwater</i>	8	5	6	212	7	<i>Very High</i>
Kerusakan Sistem Kontrol Otomatis	5	4	4	78	14	<i>Low</i>
<i>Conveyor bagasse</i> sobek	5	3	4	71	15	<i>Low</i>
Kerusakan sistem Pembakaran (<i>Burner</i>)	6	2	3	35	16	<i>Low</i>
<i>Controler valve rooter</i> penggerak sudu sudu mati	8	5	5	218	5	<i>Very High</i>
Listrik kontaktor atau saklar otomatis	7	5	6	211	8	<i>Very High</i>
Kabel atau sekun berjamur	7	4	6	172	10	<i>High</i>

Berdasarkan 16 risiko yang teridentifikasi, terdapat 8 risiko berada pada level *very high*, 5 risiko berada pada level *high*, dan 3 risiko berada pada level *low*. Risiko dengan level *very high* merupakan prioritas risiko yang akan dilakukan tindakan mitigasi. Kategorisasi nilai RPN pada Tabel 7 membantu perusahaan menentukan risiko mana yang perlu diperbaiki terlebih dahulu berdasarkan tingkat risiko tertinggi.

B. Analisa dan Pembahasan

Dari 16 risiko kegagalan yang diidentifikasi, terdapat 8 risiko dengan nilai yang sangat tinggi. Berikut ini akan disajikan urutan prioritas risiko kegagalan pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Prioritas Risiko Berdasarkan Nilai RPN

<i>Rank</i>	<i>RPN</i>	<i>Trouble</i>
1	270	Kerusakan pada <i>Gear Box</i> penggiling tebu
2	256	Kebocoran Pipa Boiler
3	246	Selip pada Rantai <i>Conveyor</i>
4	220	Aus terhadap roll gilingan
5	218	<i>Controler valve rooter</i> penggerak sudu sudu mati
6	214	Kerusakan pada struktur mesin gilingan
7	212	Kerusakan Pompa <i>feedwater</i>
8	211	Listrik kontaktor atau saklar otomatis

Setelah didapatkan urutan prioritas risiko yang akan dilakukan mitigasi perbaikan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran prioritas mitigasi yang akan dilakukan perusahaan dengan mempertimbangkan kriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

C. Rekomendasi Perbaikan

1. Usulan Alternatif Perbaikan

Berdasarkan hasil penentuan prioritas risiko kegagalan yang telah dilakukan, terdapat 8 risiko kegagalan yang diprioritaskan untuk diberikan alternatif solusi perbaikan. Hal ini bertujuan untuk memberikan pilihan kepada perusahaan dalam menemukan solusi yang dapat menjaga atau bahkan meningkatkan kualitas produksi. Hasil usulan alternatif perbaikan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Usulan Alternatif Perbaikan

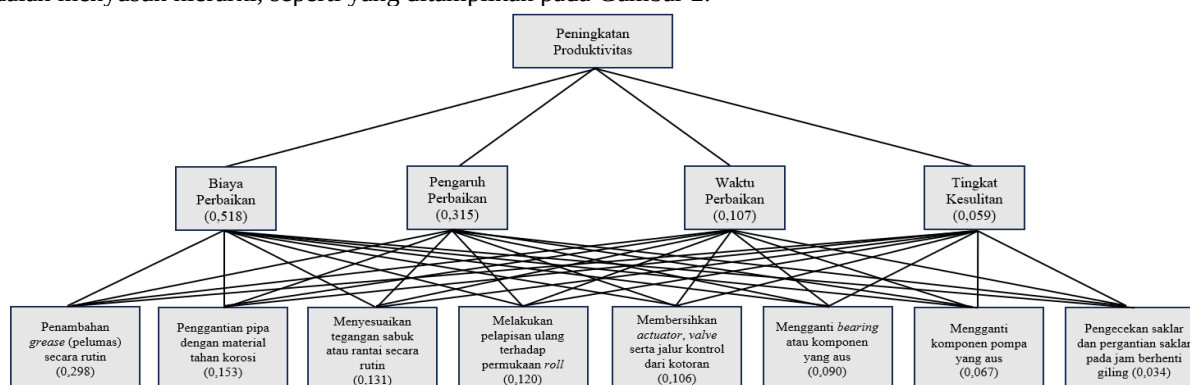
<i>No.</i>	<i>Trouble</i>	<i>Alternatif Perbaikan</i>
1	Kerusakan pada <i>Gear Box</i> penggiling tebu	Penambahan <i>grease</i> (pelumas) secara rutin
2	Kebocoran Pipa Boiler	Penggantian pipa dengan material tahan korosi
3	Selip pada Rantai <i>Conveyor</i>	Menyesuaikan tegangan sabuk atau rantai secara rutin
4	Aus terhadap roll gilingan	Melakukan pelapisan ulang terhadap permukaan <i>roll</i>
5	<i>Controler valve rooter</i> penggerak sudu sudu mati	Membersihkan <i>actuator</i> , <i>valve</i> serta jalur kontrol dari kotoran
6	Kerusakan pada struktur mesin gilingan	Mengganti <i>bearing</i> atau komponen yang aus
7	Kerusakan Pompa <i>feedwater</i>	Mengganti komponen pompa yang aus
8	Listrik kontaktor atau saklar otomatis	Pengecekan saklar dan pergantian saklar pada jam berhenti giling

2. Penentuan Kriteria

Penentuan kriteria untuk upaya tindakan perbaikan dilakukan berdasarkan hasil penyebaran kuesioner kepada pemilik usaha, dengan kriteria sebagai berikut:

1. Biaya Perbaikan (BP): Kriteria ini mempertimbangkan besarnya biaya yang harus dikeluarkan jika alternatif perbaikan tertentu dilakukan.
2. Pengaruh Perbaikan (PP): Kriteria ini mengevaluasi sejauh mana alternatif perbaikan dapat mengurangi tingkat kegagalan atau memberikan dampak positif.
3. Waktu Perbaikan (WP): Kriteria ini mempertimbangkan durasi waktu yang diperlukan untuk melaksanakan alternatif perbaikan yang diusulkan.
4. Tingkat Kesulitan (TK): Kriteria ini menilai tingkat kesulitan yang mungkin dihadapi saat menjalankan alternatif tindakan perbaikan.

Setelah kriteria dan alternatif tindakan perbaikan ditentukan menggunakan metode FMEA, langkah berikutnya adalah menyusun hierarki, seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Strategi Analytical Hierarchy Process

Pendekatan AHP yang ditampilkan pada Gambar 2 memiliki sejumlah kriteria, yaitu biaya perbaikan, pengaruh perbaikan, waktu perbaikan, dan tingkat kesulitan dengan nilai masing-masing dengan bobot yang berbeda. Strategi ini mencakup beberapa alternatif yang diperoleh dari usulan perbaikan, yang merupakan solusi untuk delapan risiko dengan nilai RPN tertinggi. Alternatif yang terpilih nantinya akan menjadi rekomendasi utama dalam perbaikan guna meningkatkan produktivitas dalam produksi gula.

3. Pembobotan Kriteria

Dalam penelitian ini, pengolahan data AHP dilakukan menggunakan *software Expert Choice*, yang secara khusus dirancang untuk analisis AHP. Setelah memperoleh hasil kuesioner AHP dari karyawan PT. XYZ, langkah pertama adalah menyusun strategi pada halaman utama *software*. Selanjutnya, data dari kuesioner AHP dimasukkan ke dalam sistem. Data yang telah di *input* akan digunakan untuk menentukan bobot pada setiap kriteria dan alternatif yang digunakan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pembobotan Kriteria

Software Expert Choice mensyaratkan bahwa nilai *inconsistency* harus kurang dari 0,1. Jika nilai tersebut melebihi batas ini, maka data kuesioner yang dimasukkan dianggap tidak valid dan tidak dapat digunakan. Pengujian pertama dilakukan pada nilai pembobotan dan *inconsistency* dari kriteria yang meliputi biaya perbaikan, pengaruh perbaikan, waktu perbaikan, serta tingkat kesulitan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *inconsistency* yang diperoleh adalah 0,06 yang berada di bawah batas yang ditetapkan. Dengan demikian, hasil pembobotan kriteria akan disusun berdasarkan bobot tertinggi hingga terendah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pembobotan Kriteria

No	Kriteria	Bobot
1	Pengaruh Perbaikan	0,518
2	Waktu Perbaikan	0,315
3	Biaya Perbaikan	0,107
4	Tingkat Kesulitan	0,059
Total		1.00

4. Pembobotan Alternatif Perbaikan

Hasil analisis AHP diperoleh setelah memasukkan alternatif yang tersedia ke dalam kuesioner. Alternatif yang dihasilkan merupakan akumulasi dari pembobotan setiap kriteria serta data yang diperoleh dari kuesioner. Dalam penelitian ini, alternatif merujuk pada usulan perbaikan terhadap kegiatan risiko dengan nilai RPN tinggi. Hasil akhir kemudian disusun dari yang memiliki nilai tertinggi hingga terendah untuk menentukan strategi terbaik dalam meningkatkan produktivitas, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Strategi Alternatif

No	Kriteria	Bobot
1	Penambahan <i>grease</i> (pelumas) secara rutin	0,298
2	Penggantian pipa dengan material tahan korosi	0,153
3	Menyesuaikan tegangan sabuk atau rantai secara rutin	0,131
4	Melakukan pelapisan ulang terhadap permukaan <i>roll</i>	0,120
5	Membersihkan <i>actuator</i> , <i>valve</i> serta jalur kontrol dari kotoran	0,106
6	Mengganti <i>bearing</i> atau komponen yang aus	0,090
7	Mengganti komponen pompa yang aus	0,067
8	Pengecekan saklar dan pergantian saklar pada jam berhenti giling	0,034
Total		1.00

Hasil analisis data pada penelitian terhadap proses produksi gula bertujuan untuk merumuskan strategi peningkatan produktivitas berbasis identifikasi risiko. Berdasarkan metode FMEA, ditemukan bahwa delapan risiko memiliki nilai RPN dengan level *very high* dengan nilai di atas 200, sehingga dijadikan dasar dalam penyusunan strategi AHP. Nilai RPN tertinggi, yaitu 270 terdapat pada risiko kerusakan pada *gear box* penggiling tebu yang menunjukkan bahwa permasalahan ini serius, sering terjadi, dan banyak ditemukan dalam proses produksi gula di divisi instalasi. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan yang efektif dengan mempertimbangkan kriteria seperti biaya perbaikan, pengaruh perbaikan, waktu perbaikan, dan tingkat kesulitan.

Strategi peningkatan produktivitas menggunakan metode AHP didasarkan pada nilai RPN tertinggi dari metode FMEA. AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria serta alternatif solusi. Dari hasil analisis, kriteria dengan bobot tertinggi adalah “Pengaruh Perbaikan,” sehingga aspek dampak perbaikan mesin menjadi faktor utama dalam pengambilan keputusan di PT. XYZ. Sementara itu, usulan alternatif strategi mitigasi risiko dengan nilai AHP tertinggi adalah “Penambahan *grease* (pelumas) secara rutin” yang direkomendasikan kepada perusahaan untuk satu tahun mendatang sebagai langkah utama dalam meningkatkan produktivitas perusahaan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi risiko kegagalan pada saat produksi di PT. XYZ ditemukan 16 risiko terdeteksi dalam proses produksi. Potensi risiko dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dengan nilai >200 berasal dari 8 risiko utama, di antaranya: Kerusakan pada *Gear Box* penggiling tebu dengan nilai RPN sebesar 270, Kebocoran pipa *boiler* sebesar 256, Selip pada Rantai *Conveyor* sebesar 246, Aus terhadap *roll* gilingan sebesar 220, *Controler valve rooter* penggerak sudu sudu mati sebesar 218, Kerusakan pada struktur mesin gilingan sebesar 214, Kerusakan Pompa *feedwater* sebesar 212, Listrik kontaktor atau saklar otomatis sebesar 211.

Untuk mengatasi risiko prioritas, strategi mitigasi yang diterapkan berdasarkan hasil pengukuran metode AHP dengan bantuan *software Expert Choice* yang dirancang dalam penelitian ini mencakup beberapa kriteria utama, yaitu biaya perbaikan, pengaruh perbaikan, waktu perbaikan, dan tingkat kesulitan. Kriteria tersebut menjadi dasar bagi PT. XYZ dalam menentukan strategi perbaikan. Dari hasil analisis, kriteria dengan bobot tertinggi adalah pengaruh perbaikan, karena memiliki dampak paling besar terhadap produktivitas produksi gula. Sementara itu, usulan alternatif strategi mitigasi risiko dengan nilai AHP tertinggi sebesar 0,298 yaitu “Penambahan *grease* (pelumas) secara rutin” yang direkomendasikan untuk satu tahun mendatang sebagai langkah utama dalam meningkatkan produktivitas perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) dan PT. XYZ yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] G. Ramayanti, G. Sastraguntara, and S. Supriyadi, “Analisis Produktivitas dengan Metode Objective Matrix

- (OMAX) di Lantai Produksi Perusahaan Botol Minuman,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 6, no. 1, pp. 31–38, 2020.
- [2] H. Hartono and F. Fatkhurozi, “Penerapan Kaizen Untuk Mengurangi Loss Time Dalam Peningkatan Produktivitas Mesin Infrared Welding (Studi Kasus Pt. Mitsuba Indonesia),” *J. Ind. Manuf.*, vol. 6, no. 1, p. 01, 2021.
- [3] K. Jundi Rabbani, S. Kameswara, F. Alexander Fermi Sitohang, N. Farah Maghdalena, A. Profita, and D. Kartika Rahayu Kuncoro, “Analisis Risiko dan Mitigasi Risiko pada Mebel Abi Rodim dengan Menggunakan Metode FMEA dan TOPSIS,” *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 20, no. 2, p. 109, 2021.
- [4] B. Prasetyo, W. E. Y. Retnani, and N. L. M. Ifadah, “Analisis Strategi Mitigasi Risiko Supply Chain Management Menggunakan House of Risk (HOR),” *J. Tekno Kompak*, vol. 16, no. 2, p. 72, 2022.
- [5] M. B. Yahman, D. Widada, and A. Profita, “Analisis Risiko dan Penentuan Strategi Mitigasi Pada Proses Produksi Beras,” *Matrik*, vol. 20, no. 2, p. 67, 2020.
- [6] A. F. Ihsan and C. B. Nurcahyo, “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh Struktur Elevated,” *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [7] D. A. P. Putra, H. A. Mumtahana, and S. Riyanto, “Implementasi Sistem Penilaian Karyawan Dengan Menggunakan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) Berbasis Website Pada Kantor POS Madiun,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun.*, pp. 265–274, 2020.
- [8] M. B. Adrio and H. C. Wahyuni, “Improving Productivity Strategies With Failure Mode And Effect Analysis And Analytic Hierarchy Process Methods,” *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 24, pp. 1–9, 2023.
- [9] K. S. Utami, F. D. Sitania, and A. Profita, “JIME Penerapan FMEA Dan AHP Dalam Perumusan Strategi Application Of FMEA And AHP In The Formulation Of Risk,” *JIME (Journal Ind. ...)*, vol. 6, no. 1, pp. 23–35, 2022.
- [10] M. R. Subhan *et al.*, “Analisis Risiko dan Penentuan Strategi Mitigasi Berdasarkan Metode FMEA dan AHP (Studi Kasus: CV. Kurir Kuriran Samarinda),” *J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 3, pp. 216–225, 2021.
- [11] M. Fmea and D. I. Pt, “ISSN 2548-6646 Online ANALISA RISK PRIORITY NUMBER (RPN) TERHADAP KEANDALAN KOMPONEN MESIN THRESHER DENGAN MENGGUNAKAN,” *Jitekh*, vol. 9, no. 2, pp. 74–81, 2021.
- [12] M. R. Rabbani and A. Mansur, “Design of Production System Improvement to Increase Productivity with Quality Control Circle Approach,” ... (*Productivity, Optim. ...*), vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2024.
- [13] Taufik, *PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK PERLENGKAPAN KAMAR MANDI (SANITARY ASESORIES) MENGGUNAKAN METODE DMAIC*. 2022.
- [14] I. Dwi febryanto, R. Berlianto, and P. Prihono, “Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) Method in Selecting Warehouse Locations for Onlineshop Goods Storage (Case Study: Expedited Shipment of Finished Goods),” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.)*, vol. 6, no. 2, pp. 120–129, 2023.
- [15] M. Fachrizal, A. Diana, and D. R. Utari, “Sistem Pendukung Keputusan Untuk Pemilihan Supplier Terbaik Dengan Metode Analytical Hierarchy Process Dan Simple Additive Weighting,” *Ikraith-Informatika*, vol. 6, no. 3, pp. 169–179, 2022.
- [16] Hamzan Wadi, *Sistem Pendukung Keputusan Metode Analytic Hierarchy Process dengan PHPatauMySQL : Studi Kasus Penentuan Prioritas Usulan Kegiatan Musrenbang*. 2020.
- [17] A. Assyahidiyah *et al.*, “SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN SUPPLIER,” vol. 03, no. 03, pp. 3–8, 2023.
- [18] A. Suryatri *et al.*, “PENERAPAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK MENENTUKAN PEMILIHAN E-MARKETPLACE Program Studi Sistem Informasi , STMIK Nusa Mandiri Program Studi Sistem Informasi , STMIK Nusa Mandiri Fakultas Teknologi Informasi , Universitas Bina Sarana Informati,” vol. 11, no. 2, pp. 1835–1844, 2019.
- [19] A. S. F. Utami, “Analisa Pemakaian Alat Kesehatan Sekali Pakai Dengan Metode Ahp,” *Indones. J. Multidiscip. Soc. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–31, 2023.

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.