

Analysis of Glucose Production Delays Using Fishbone Diagram, FMEA, and AHP Methods at PT. XYZ

[Analisis Keterlambatan Produksi Glukosa Menggunakan Metode Diagram Fishbone, FMEA, dan AHP Di PT. XYZ]

Mokhamamd Anggi Syarafi^{*,1)}, 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. *PT. XYZ faces significant challenges in liquid glucose production, especially related to production delays caused by several factors including reduced machine performance and frequent breakdown maintenance, raw material factors, employee factors and consumer factors. Glucose production capacity decreases to 20% of the daily target, which affects production effectiveness. This research aims to identify the causes of production delays, evaluate the risk of failure, and design effective actions to reduce delays and increase the efficiency of the company's production process. The approach used in this research includes Fishbone Diagrams, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Analytical Hierarchy Process (AHP) to assess risks and analyze the factors that cause delays. The Fishbone Diagram method is used to find the root of the problem based on cause categories, while FMEA helps identify and assess potential failures in the production process. AHP is applied for multi-criteria evaluation which facilitates the identification and prioritization of solutions. The research results reveal that the main factors causing production delays are lack of machine maintenance and external factors such as raw material constraints, employees and consumers. Recommendations for improvements through AHP and FMEA enable companies to plan machine maintenance more optimally and improve overall production management.*

Keywords - Production Delays, Glucose, Maintenance, Fishbone Diagram, FMEA, AHP, Risk of Failure

Abstrak. *PT. XYZ menghadapi tantangan signifikan dalam produksi glukosa cair, terutama terkait keterlambatan produksi yang diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya berkurangnya performa mesin serta seringnya breakdown maintenance, faktor bahan baku, faktor karyawan, dan faktor konsumen. Kapasitas produksi glukosa menurun hingga 20% dari target harian, yang memengaruhi efektivitas produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan produksi, mengevaluasi risiko kegagalan, dan merancang tindakan yang efektif guna mengurangi keterlambatan proses produksi perusahaan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Diagram Fishbone, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menilai risiko serta menganalisis faktor-faktor penyebab keterlambatan. Metode Diagram Fishbone digunakan untuk menemukan akar permasalahan berdasarkan kategori penyebab, sementara FMEA membantu mengidentifikasi serta menilai potensi kegagalan dalam proses produksi. AHP diterapkan untuk evaluasi multi-kriteria yang memfasilitasi identifikasi dan prioritas solusi. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa faktor utama penyebab keterlambatan produksi adalah kurangnya perawatan mesin dan faktor eksternal seperti kendala bahan baku, karyawan, dan konsumen. Rekomendasi perbaikan melalui AHP dan FMEA memungkinkan perusahaan untuk merencanakan pemeliharaan mesin dengan lebih optimal serta meningkatkan manajemen produksi secara menyeluruh.*

Kata Kunci - Keterlambatan Produksi, Glukosa, Maintenance, Diagram Fishbone, FMEA, AHP, Resiko Kegagalan

I. PENDAHULUAN

Glukosa, monosakarida penting dalam industri energi, pangan, dan farmasi, umumnya dihasilkan melalui hidrolisis pati dari tepung nabati seperti jagung, singkong, atau beras. Produksi glukosa cair dilakukan dengan menghidrolisis pati kulit singkong menggunakan katalis karbon tersulfonasi, memecah amilum menjadi dekstrin, isomaltosa, maltosa, dan glukosa [1].

Proses produksi di perusahaan manufaktur hanya dapat berlangsung dengan dukungan sumber daya manusia, mesin, bahan baku, dan dana. Tanpa elemen-elemen tersebut, perusahaan manufaktur tidak dapat beroperasi secara mandiri. Untuk memahami hal ini, dilakukan praktik kerja lapangan atau pembelajaran langsung yang relevan dengan bidang studi di salah satu perusahaan manufaktur, yaitu PT. XYZ. [2]. PT. XYZ adalah perusahaan multinasional yang beroperasi di sektor pertanian, makanan, dan produk industri, khususnya dalam pengolahan pemanis dan tepung. Mereka memproduksi berbagai produk cair serta produk padatan. PT. XYZ aktif dalam pengembangan industri kimia dengan menyediakan bahan baku pemanis dan memastikan keamanan kerja,

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.

kepuasan pelanggan, dan kualitas produk yang terjamin. Proses produksi mereka meliputi tahapan *liquefaction*, *saccharification*, *filtrasi*, *ion exchange*, evaporasi, hidrogenasi, kristalisasi, sentrifugasi, dan pengeringan, dengan fokus pengendalian kualitas pada bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk.

Seiring meningkatnya kapasitas produksi, performa mesin pun kian lama semakin menurun akibatnya sering terjadi *breakdown maintenance* yang menyebabkan proses produksi terhenti dan banyak menimbulkan kerugian, yang seharusnya sehari bisa memproduksi 80 mt glukosa maltose namun mengalami penurunan sekitar 20% sehingga produksi hanya mencapai disekitar <70 mt, maka produksi tidak maksimal. Beberapa faktor didalamnya adalah kurangnya perawatan di mesin produksi, bahan baku tepung, konsumen, dan karyawan bisa menghambat waktu produksi, oleh karena itu kita memerlukan pemeliharaan pada mesin produksi. Pemeliharaan mesin merupakan langkah tepat untuk memelihara kapan mesin butuh untuk dilakukan perawatan. Dengan demikian, proses kerja mesin dalam pabrik tetap berjalan lancar sehingga proses produksi tidak akan terhambat. Kita tahu bahwa industri dalam suatu organisasi yang tujuan utamanya memperoleh keuntungan. Dalam upaya memperoleh keuntungan, industri melakukan transformasi produk (barang maupun jasa), untuk kemudian produk tersebut dijual kepada masyarakat atau perusahaan dengan harga wajar.

Meskipun mengalami penurunan performa mesin dan seringnya *breakdown maintenance*, PT. XYZ tetap berupaya untuk memaksimalkan produksi dengan memperbaiki perawatan mesin dan manajemen waktu produksi. Tantangan utama perusahaan saat ini adalah mempertahankan kualitas produk untuk memenuhi harapan konsumen yang tinggi, yang dapat mempengaruhi loyalitas, reputasi, dan pangsa pasar [3].

Proses produksi mencakup penyiapan bahan, pengolahan, pengemasan, dan penyimpanan, yang merupakan fokus utama untuk menjaga kualitas dan keunggulan produk [4]. Peningkatan proses kinerja di industri dapat mengurangi biaya produksi, meningkatkan kapasitas, dan mempertahankan keunggulan kompetitif melalui optimalisasi proses dan pengembangan keterampilan karyawan [5]. Tantangan keterlambatan produksi dapat disebabkan oleh faktor eksternal seperti cuaca buruk, masalah logistik, atau perubahan spesifikasi proyek, yang berdampak pada biaya tambahan dan reputasi perusahaan [6]. Fokus dan disiplin kerja yang kurang dari karyawan serta faktor eksternal seperti keterlambatan pembayaran atau birokrasi kompleks dapat mengakibatkan inefisiensi dan meningkatkan biaya operasional perusahaan [7]. Industri ini menghadapi tantangan dalam menerapkan inovasi dan teknologi, yang dapat menyebabkan penundaan produksi dalam proyek konstruksi karena standar kerja yang tidak konsisten dan kurangnya integrasi teknologi [8].

Manajemen yang efektif dalam manufaktur dengan variasi produk yang banyak dapat meningkatkan responsivitas dan inovasi perusahaan [9]. Kualitas produk memengaruhi kepuasan pelanggan dan hubungan bisnis, dengan kegagalan dalam kualitas atau pengiriman dapat berakibat pada sanksi dan kehilangan kepercayaan [10]. Kualitas manajemen mencakup kepatuhan terhadap standar dan kepuasan pelanggan, memerlukan pendekatan holistik untuk memahaminya [11]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor keterlambatan produksi di PT. XYZ. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), penelitian ini mengidentifikasi risiko kegagalan produksi, sementara *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menentukan solusi terbaik. Kombinasi kedua metode ini diharapkan dapat merumuskan strategi pemeliharaan mesin yang optimal guna meningkatkan produktivitas, kualitas produk, serta daya saing perusahaan.

Evaluasi risiko dalam keterlambatan produksi sangat penting untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menilai risiko, dengan menggunakan metode seperti *Fishbone* diagram, FMEA dan AHP untuk pencegahan atau mitigasi [12]. Diagram *Fishbone* berfungsi untuk mengidentifikasi potensi atau penyebab nyata dari masalah kerja. Dalam diagram ini, dampak atau akibat dari suatu masalah digambarkan sebagai kepala ikan, sementara tulang-tulangnya diisi dengan berbagai penyebab sesuai pendekatan permasalahan yang diambil [13].

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) membantu meningkatkan kualitas dan keandalan produk dengan mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan serta mengoptimalkan waktu dan biaya pengembangan [14]. Metode *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) secara sistematis mengevaluasi risiko untuk meningkatkan produktivitas perusahaan berdasarkan tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi [15]. Serta dapat diterapkan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko yang muncul dalam proyek serta membantu penanggung jawab proyek dalam mengambil keputusan untuk menangani risiko pada proses produksi [16]. Dalam Penelitian terdahulu telah merujuk penggunaan diagram *fishbone* untuk menentukan akar penyebab kegagalan, diikuti oleh metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan penelitian dari pontoting [13]. Penelitian dari nelfiyanti membahas FMEA juga berhasil mengidentifikasi faktor dominan seperti kekurangan sumber daya manusia, perbaikan pasca produksi, dan kurangnya kontrol operator sebagai penyebab utama keterlambatan produksi [17]. Selanjutnya penelitian dari Permatasari menyatakan bahwa *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan metode yang digunakan untuk memeringkatkan alternatif keputusan dan menentukan pilihan terbaik berdasarkan beberapa kriteria. Metode ini menghasilkan nilai numerik untuk setiap alternatif keputusan, yang mencerminkan tingkat pemenuhan kriteria oleh masing-masing alternatif [18]. Pendekatan ini secara teoretis mampu menghasilkan jawaban berbeda dalam proses pengambilan keputusan khususnya dalam kemampuannya

menyelesaikan masalah dengan banyak tujuan dan kriteria yang memberikan alternatif solusi untuk permasalahan yang dihadapi[19]. Dibandingkan penelitian sebelumnya yang menyoroti faktor eksternal dan kualitas produk dalam kepuasan pelanggan, penelitian ini fokus pada pemeliharaan mesin sebagai strategi utama untuk meningkatkan efektifitas produksi di PT. XYZ dengan mengombinasikan FMEA dan AHP guna menjaga produktivitas dan kualitas produk.

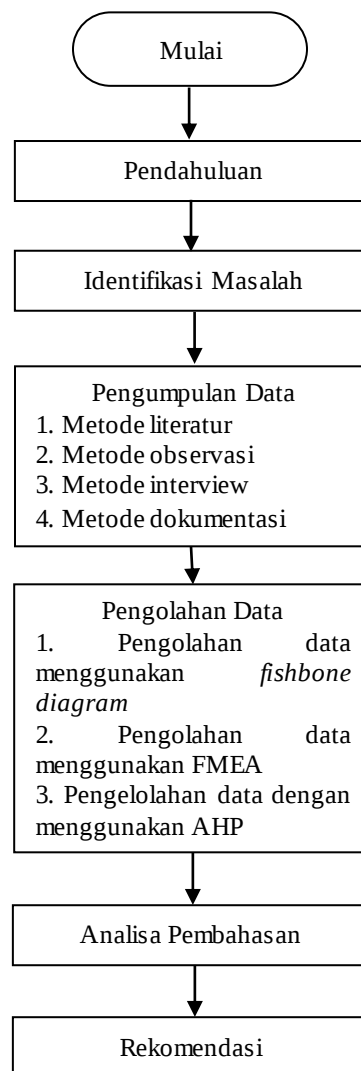
II. METODE

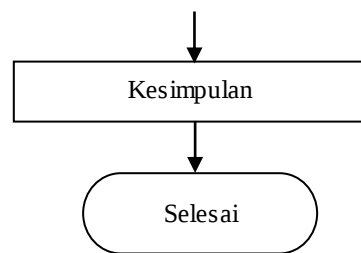
A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT.XYZ yang berlokasi di Jawa Timur. Waktu penelitian selama 6 bulan, yaitu dimulai pada bulan September 2023 – Februari 2024.

B. Alur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat satu alur yang digunakan sebagai acuan proses berjalannya penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

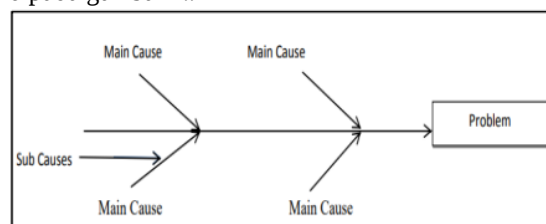




Gambar 1 Alur Penelitian.

Metode penelitian didapatkan dari hasil observasi dengan cara dilakukannya analisis proses aliran produksi, adapun hasil wawancara antara lain *section head*, *foreman* produksi, operator produksi, dan *staff* kantor untuk mengidentifikasi penyebab dari keterlambatan produksi setiap proses tahapan mulai dari starch slurry, *liquefaction*, *saccharification*, filtrasi & ion exchange, dan evaporasi dengan menggunakan metode *fishbone* diagram, FMEA dan AHP. FMEA didefinisikan untuk mengetahui potensi suatu masalah yang ada yaitu potensial kegagalan, potensial efek dari *failure mode*, potensial penyebab dari *failure mode* dan evaluasi kontrol yang ada, sehingga kita dapat merencanakan tindakan yang tepat untuk mengurangi keterlambatan tersebut. Dengan menggunakan metode AHP menyederhanakan proses pengambilan keputusan dengan memecah masalah yang kompleks menjadi hierarki dari tujuan, kriteria, dan alternatif.

Diagram tulang ikan adalah analisis sebab akibat yang menjelaskan masalah dan penyebabnya menggunakan kerangka tulang ikan [20]. Diagram tulang ikan dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab potensial atau aktual dari masalah pekerjaan. Permasalahan atau akibat akan digambarkan sebagai kepala ikan, sedangkan sebab-sebab digambarkan sebagai tulang ikan sesuai dengan pendekatan permasalahannya [13]. Dapat dilihat contoh *Diagram Fishbone* pada gambar 2..



Gambar 2 Diagram Fishbone.

Sumber : [13]

Setelah menganalisis penyebab kegagalan menggunakan metode *fishbone* diagram untuk identifikasi awal penyebab potensial, kemudian dilanjutkan dengan FMEA untuk analisis lebih mendalam terhadap penyebab yang teridentifikasi, agar proses analisis penyebab dan mitigasi risiko dapat dilakukan secara terstruktur dan efektif. Metode *failure mode effects analysis* (FMEA) dapat digunakan untuk menyusun strategi peningkatan produktivitas pada perusahaan. Metodologi FMEA merupakan metode penilaian risiko yang sistematis dan disajikan berdasarkan rasionalitas tingkat klasifikasi risiko serta diukur dengan mempertimbangkan faktor keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*) [15]. Peringkat S, O, dan D mengacu pada skala tabel dibawah ini.

Tabel 1 Nilai *Severity, Occurance, Detection*.

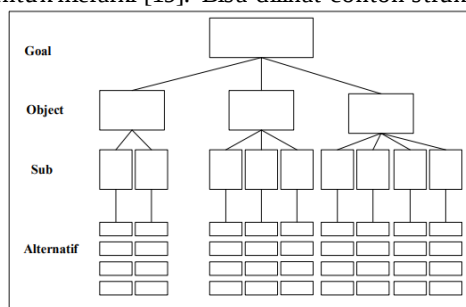
Severity	Occurance	Detection	Rating Scale
None	Near impossible	Almost certain	1
Very Minor	Remote	Very high detectability	2
Minor	Low	High detectability	3
Low	Relatively low	Moderate high detectability	4
Moderate	Moderate	Moderate detectability	5
Significant	Moderate high	Low detectability	6
Major	High	Very low detectability	7
Extreme	Repeated failure	Remote detectability	8
Serious	Very high	Very remote detectability	9
Hazardous	Extremely high	Absolute uncertainty	10

Sumber : [15]

Langkah selanjutnya adalah menghitung skor RPN dengan mengalikan tingkat keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*). beberapa langkah FMEA adalah:

1. Identifikasi alur proses produksi..
2. Identifikasi potensi kegagalan proses produksi.
3. Identifikasi penyebab kegagalan produksi.
4. Identifikasi deteksi proses produksi.
5. Penilaian rating *severity*, *occurrence* dan *detection* pada proses produksi.
6. Memberikan skor tingkat keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*).
7. Memberikan usulan perbaikan kegagalan yang terjadi [21].

Untuk yang terakhir setelah metode FMEA, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan metode AHP untuk membuat keputusan terstruktur terkait dengan prioritas tindakan perbaikan yang dihasilkan dari analisis FMEA. AHP menggambarkan masalah yang melibatkan berbagai faktor atau multikriteria yang kompleks dalam bentuk struktur hierarki. AHP yaitu sebuah hierarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. Keberadaan hierarki memungkinkan dipecahnya masalah kompleks atau tidak terstruktur dalam sub bab masalah, lalu menyusunnya menjadi suatu bentuk hierarki [19]. Bisa dilihat contoh struktur hirarki AHP pada gambar 3.



Gambar 3 Struktur *Hierarchy* AHP.

Sumber : [19]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

1. Metode Observasi

Observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung di PT. XYZ. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan data yang menyebabkan keterlambatan produksi, serta memahami alur produksi secara rinci. Dalam proses ini, pendekatan fishbone diagram digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap permasalahan, seperti aspek karyawan (*employee*), mesin & peralatan (*machine & equipment*), bahan baku (*materials*), dan konsumen (*consumer*). Hasil observasi diharapkan memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai akar masalah keterlambatan produksi, termasuk hambatan atau kendala yang terjadi di lapangan. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan langkah perbaikan yang sesuai guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi.

Defect atau cacat dalam produksi glukosa dapat terjadi pada berbagai tahapan produksi. Berdasarkan observasi dan data historis, beberapa defect utama yang diidentifikasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 *Defect* atau cacat dalam produksi glukosa

Tahapan Produksi	Jenis Defect	Deskripsi
Liquefaction	pH tidak stabil (drop/over)	pH berada di luar rentang standar, menyebabkan enzim tidak bekerja optimal.
	Steam kurang optimal	Pemanasan tidak merata, menyebabkan hidrolisis pati tidak sempurna.
Saccharification	Produk tidak sesuai spesifikasi konsumen	Parameter kualitas seperti Brix dan Dextrose Equivalent (DE) tidak memenuhi standar.
Filtrasi & Ion Exchanger	Sirkulasi pemanasan terhambat	Jalur pemanas mengalami blocking atau kebocoran, menghambat aliran pemanasan.
	pH drop atau ion tidak stabil	Penyebab color defect (produk menjadi keruh atau berubah warna).
Evaporasi	Kadar gula tidak sesuai (BX/kekentalan)	Terjadi penyimpangan kadar gula akibat pemanasan yang tidak merata.
	Warna produk tidak sesuai	Produk tampak lebih gelap atau buram akibat parameter

	(color defect)	proses yang tidak terkontrol.
--	----------------	-------------------------------

2. Metode Interview

Melakukan Metode ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh data secara langsung melalui wawancara dengan pihak-pihak terkait, seperti HRD, Kepala Bagian, Staf, dan Karyawan di PT. XYZ. Melalui interview ini, data terkait keterlambatan produksi dapat diidentifikasi secara objektif dengan menggali informasi mengenai hambatan atau kendala yang terjadi dalam proses produksi sehari-hari. Selain itu, interview membantu dalam memahami alur produksi secara mendalam, termasuk peran dan tanggung jawab masing-masing bagian serta bagaimana koordinasi antar departemen berlangsung. Hasil dari wawancara ini digunakan sebagai langkah awal untuk menganalisis potensi kegagalan menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Informasi yang diperoleh akan membantu dalam mengidentifikasi mode kegagalan, efek kegagalan, dan penyebab utama kegagalan, sehingga analisis risiko dapat dilakukan secara lebih terarah.

Berikut ini merupakan kuisioner yang telah disebar kepada responden yang bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Kuesioner data terkait penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* dalam FMEA.

Proses	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Control	S	O	D	RPN
Starch Slurry	1. penyediaan bahan tepung	1. tidak adanya bahan yang dikonsumsi	1. komunikasi kurang jelas	1. menghubungi team penyediaan barang yang akan di proses				
	2. pomp mech seal bocor	2. tidak bisa transfer	2. mech pecah, rusak dan harus di ganti	2. panggil team maintenance untuk ganti seal				
	3. team personil pengisian	3. buffer, tempat pengisian kosong	3. team pengisian kosong, tidak ada personil	3. disiapkan team personil, pengisian				
Liquefaction	1. bahan tepung kosong	1. tidak dapat diproses	1. buffer tempat tampungan kosong	1. hubungi team starch slurry				
	2. steam kurang maksimal dari kebutuhan	2. iodine tidak sempurna, bewarna biru	2. batu bara tidak bekerja dengan baik dan sempurna	2. hubungi team boiler				
	3. pH meter drop atau over	3. proses tidak sempurna, temperatur tinggi, dan enzim tidak bisa bekerja sesuai kebutuhan	3. pH drop atau over	3. menaikkan atau menurunkan pH dengan menambahkan chemical disesuaikan dengan kebutuhan				
Saccharification	1. pH drop atau over	1. tidak dapat diproses	1. pH asam terlalu lama disimpan	1. memakai dengan yang standar waktu yang ditentukan				
	2. spek tidak sesuai dengan customer	2. tidak dapat diproses	2. parameter tidak sesuai dengan kebutuhan	2. disesuaikan dengan kebutuhan sesuai customer				
Filtrasi & Ion Exchanger	1. sirkulasi pemanasan	1. tidak bisa dilakukan	1. jalur pemanasan	1. bongkar jalur pemanasan				

		pemanasan	blocking,bocor	(blocking) blocking dan welding jalur pemanasan (bocor)				
	2. Ion : pH drop, sedimen jelek	2. color keruh,bahan kurang sempurna terjadi redish	2. pH drop dan parameter yang tidak sesuai kebutuhan	2. menaikkan pH dengan menambah chemical dan direpos				
Cek Sedimen	Kertas sedimen	Tidak bisa ngecek sedimen	Tidak adanya stock kertas sedimen atau kosong	Dilakukan dan disiapkan persediaan kertas sedimen, stock harus ada				
Evaporator	1. color	1. keruh dan buram	1. pH drop dan sedimen jelek	1. reposes				
	2. spek tidak sesuai dengan customer	2. tidak bisa pengiriman	2. bahan yang diproses tidak sesuai spek acak-acak	2. dilakukan pengadjustan sesuai dengan spek customer				
	3. BX atau kekentalan kadar gula	3. tidak bisa sesuai kebutuhan	3. pomp sealing ada yang bocor	3. hubungi team yang bersangkutan steam,boiler,pump dan mekanik				

3. Metode Dokumentasi

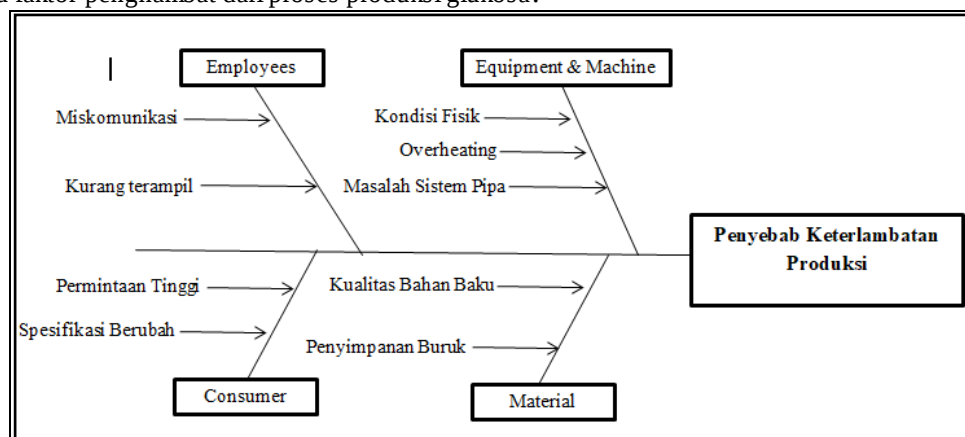
Dokumentasi merupakan metode pengumpulan data dengan cara melihat catatan atau dokumen yang ada di PT. XYZ. Metode ini bertujuan melengkapi analisis dengan membandingkan data aktual dari dokumentasi dengan hasil observasi dan wawancara.

4. Metode Literatur

Metode ini adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengambil data yang diperlukan dari literatur-literatur yang berkaitan. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan landasan teori dan data sekunder yang mendukung analisis terkait keterlambatan produksi di PT. XYZ.

B. Pengolahan Data *Fishbone Diagram* dan *Failure Mode Effects Analysis*

Berdasarkan proses aliran produksi glukosa mereka meliputi tahapan starch slurry, liquefaction, saccharification, filtrasi, ion exchange, dan evaporasi, untuk mengetahui akar dari permasalahan yang terjadi pada proses produksi, maka dilakukan analisa menggunakan *fishbone diagram*. Gambar ini merupakan gambar *fishbone diagram* jenis kecacatan atau faktor penghambat dari proses produksi glukosa.



Gambar 4 *Fishbone Diagram*

Berdasarkan gambar setiap proses *fishbone diagram* terlihat bahwa faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan produksi adalah faktor material yang menyebabkan keterlambatan adalah penyimpanan bahan baku yang buruk dan kualitas bahan baku. Faktor mesin dan peralatan yang menyebabkan keterlambatan adalah kondisi

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.

fisik, *overheating* dan masalah sistem pipa. Faktor manusia atau *employees* yang menyebabkan keterlambatan adalah missskomunikasi dan kurang terampil. Dan faktor *consumer* yang menyebabkan keterlambatan adalah permintaan yang tinggi dan spesifikasi berubah.

Setelah mengetahui identifikasi awal penyebab potensial, selanjutnya nya dapat di analisis apa saja penyebab keterlambatan atau kegagalan produksi tersebut dengan menggunakan metode FMEA. Tabel 4 proses produksi, *failure mode*, *failure effect*, *failure cause*, *control* dan nilai RPN.

Tabel 4 Analysis FMEA

Proses	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Control	S	O	D	RPN
Starch Slurry	1. penyediaan bahan tepung	1. tidak adanya bahan yang dikonsumsi	1. komunikasi kurang jelas	1. menghubungi team penyediaan barang yang akan di proses	7	5	3	105
	2. pomp mech seal bocor	2. tidak bisa transfer	2. mech pecah, rusak dan harus di ganti	2. panggil team maintenance untuk ganti seal	8	4	2	64
	3. team personil pengisian	3. buffer, tempat pengisian kosong	3. team pengisian kosong, tidak ada personil	3. disiapkan team personil, pengisian	6	3	4	72
Liquefaction	1. bahan tepung kosong	1. tidak dapat diproses	1. buffer tempat tampungan kosong	1. hubungi team starch slurry	8	5	3	120
	2. steam kurang maksimal dari kebutuhan	2. iodine tidak sempurna, bewarna biru	2. batu bara tidak bekerja dengan baik dan sempurna	2. hubungi team boiler	7	4	4	112
	3. pH meter drop atau over	3. proses tidak sempurna, temperatur tinggi, dan enzim tidak bisa bekerja sesuai kebutuhan	3. pH drop atau over	3. menaikkan atau menurunkan pH dengan menambahkan chemical disesuaikan dengan kebutuhan	8	4	5	180
Saccharifaction	1. pH drop atau over	1. tidak dapat diproses	1. pH asam terlalu lama disimpan	1. memakai dengan yang standar waktu yang ditentukan	8	5	3	120
	2. spek tidak sesuai dengan customer	2. tidak dapat diproses	2. parameter tidak sesuai dengan kebutuhan	2. disesuaikan dengan kebutuhan sesuai customer	7	4	4	112
Filtrasi & Ion Exchanger	1. sirkulasi pemanasan	1. tidak bisa dilakukan pemanasan	1. jalur pemanasan blocking, bocor	1. bongkar jalur pemanasan (blocking) blocking dan welding jalur pemanasan (bocor)	8	6	4	192
	2. Ion : pH drop, sedimen jelek	2. color keruh, bahan kurang sempurna terjadi redish	2. pH drop dan parameter yang tidak sesuai	2. menaikkan pH dengan menambah chemical dan	7	5	4	140

Cek Sedimen	Kertas sedimen	Tidak bisa ngecek sedimen	kebutuhan	direposes	6	4	3	72
			Tidak adanya stock kertas sedimen atau kosong	Dilakukan dan disiapkan persediaan kertas sedimen, stock harus ada				
Evaporator	1. color	1. keruh dan buram	1. pH drop dan sedimen jelek	1. repotes	8	5	4	160
	2. spek tidak sesuai dengan customer	2. tidak bisa pengiriman	2. bahan yang diproses tidak sesuai spek acak-acak	2. dilakukan pengadjustan sesuai dengan spek customer	9	4	5	180
	3. BX atau kekentalan kadar gula	3. tidak bisa sesuai kebutuhan	3. pomp sealing ada yang bocor	3. hubungi team yang bersangkutan steam,boiler,pump dan mekanik	8	4	3	96

Tabel 5 Risk Priority Number

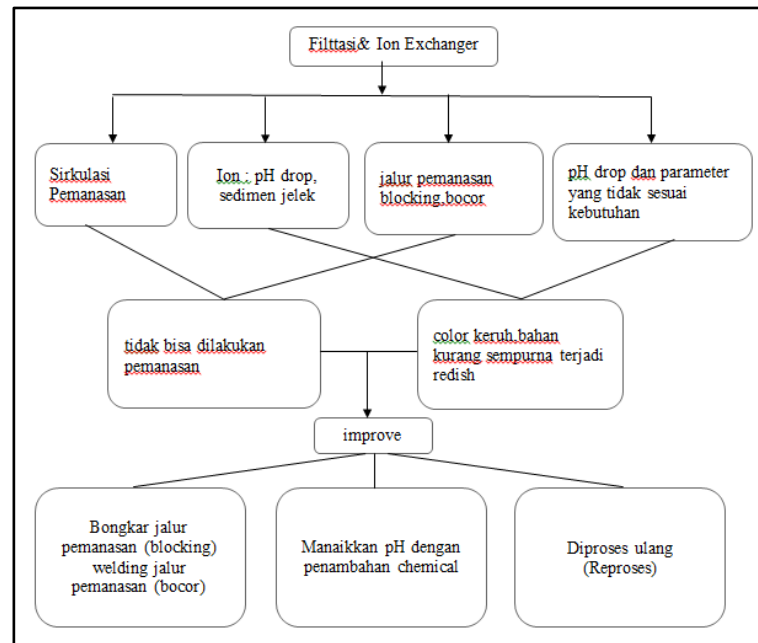
No	Proses	Failure Mode	S	O	D	RPN	Rank
1	Filtasi & Ion Exchanger	Sirkulasi pemanasan	8	6	4	192	1
2	Evaporator	Spek tidak sesuai dengan customer	9	4	5	180	2
3	Liquefaction	Ph meter drop atau over	8	4	5	180	3
4	Evaporator	Color	8	5	4	160	4
5	Filtasi & Ion Exchanger	Ion : ph drop, sedimen jelek	7	5	4	140	5
6	Saccharification	Ph drop atau over	8	5	3	120	6
7	Liquefaction	Bahan tepung kosong	8	5	3	120	7
8	Saccharification	Spek tidak sesuai dengan customer	7	4	4	112	8
9	Liquefaction	Steam kurang maksimal dari kebutuhan	7	4	4	112	9
10	Starch Slurry	Penyediaan bahan tepung	7	5	3	105	10
11	Evaporator	BX atau kekentalan kadar gula	8	4	3	96	11
12	Cek Sedimen	Kertas sedimen	6	4	3	72	12
13	Starch Slurry	Team personil pengisian	6	3	4	72	13
14	Starch Slurry	Pomp mech seal bocor	8	4	2	64	14

Dari hasil tabel di atas nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* di dapatkan melalui wawancara atau interview kepada pihak foreman perusahaan dan rangking nilai RPN diperoleh dari lokasi produksi penyebab kegagalan terbesar hingga terendah. Pada *failure mode* Sirkulasi pemanasan memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 192 yang disebabkan oleh proses Filtrasi & Ion Exchanger. Perangkingan ke 2 dengan nilai RPN 180 yang di sebabkan oleh spek tidak sesuai dengan customer yang disebabkan oleh proses Evaporator. Perangkingan ke 3 dengan nilai RPN sebesar 180 yang disebabkan oleh Ph meter drop atau over pada proses Liquefaction. Rank RPN yang ke 4 sebesar 160 di sebabkan color pada proses Evaporator . Rank ke 5 disebabkan oleh Ion : ph drop, sedimen jelek pada proses Filtrasi & Ion Exchanger dengan nilai RPN sebesar 140 . Pada proses Saccharification yang disebabkan pH drop atau over menghasilkan nilai 120 dengan rank ke 6. Pada proses Liquefaction yang disebabkan oleh bahan tepung kosong memiliki nilai RPN sebesar 120 dengan rank urutan ke 7. Pada proses Saccharification yang disebabkan oleh spek tidak sesuai dengan *customer* memiliki nilai RPN sebesar 112 sehingga berada di rank ke 8. Pada rank ke 9 disebabkan oleh steam kurang maksimal dari kebutuhan dengan nilai RPN sebesar 112 pada proses Liquefaction. Pada proses Starch Slurry yang disebabkan penyediaan bahan tepung menghasilkan nilai 105 dengan rank ke 10. Pada proses Evaporator yang disebabkan oleh BX atau kadar kekentalan gula memiliki nilai RPN sebesar 96 sehingga berada di rank ke 11. Pada proses Cek sedimen yang disebabkan kertas sedimen menghasilkan nilai 72 dengan rank ke 12. Pada proses Starch Slurry yang disebabkan oleh team personil pengisian memiliki nilai RPN

sebesar 72 dengan rank urutan ke 13. Untuk yang paling rendah yaitu rank 14 disebabkan oleh pomp merch bocor pada proses Starch Slurry.

C. Analytical Hierarchy Process

Setelah menemukan rank *priority* tertinggi, selanjutnya membuat diagram hierarchy sebagai alat untuk membuat keputusan terstruktur terkait dengan prioritas tindakan perbaikan yang dihasilkan dari analisis FMEA. AHP membantu dalam menimbang faktor dan preferensi yang mungkin mempengaruhi keputusan akhir, sehingga memungkinkan untuk memilih solusi atau strategi yang paling optimal. Dapat dilihat gambar diagram hierarchy dibawah ini.



Gambar 5 Diagram Hierarchy.

Tabel 6 Kriteria Penyelesaian.

No	Kriteria
1	Sirkulasi Pemanasan
2	Ion, pH drop, sedimen jelek
3	Jalur pemanasan blocking, bocor
4	pH drop dan parameter tidak sesuai kebutuhan

Terdapat empat kriteria yang digunakan sebagai perbandingan untuk menentukan penyebab keterlambatan produksi di RPN tertinggi di proses filtrasi & ion exchanger yaitu sirkulasi pemanasan, ion, ph drop, sedimen jelek, jalur pemanasan blocking, bocor, jalur pemanasan blocking, bocor, dan ph drop dan parameter tidak sesuai kebutuhan.

Tabel 7 Kriteria Alternatif Penyelesaian

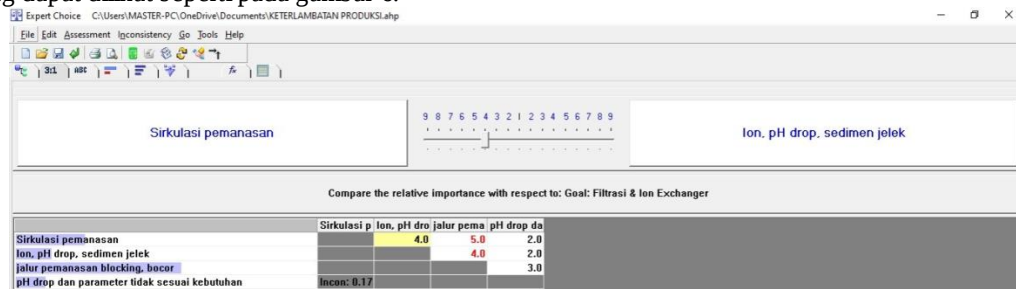
No	Kriteria
1	Bongkar jalur pemanasan (blocking) welding jalur pemanasan (bocor)
2	Menaikkan pH dengan penambahan chemical
3	Di reproses ulang

Terdapat tiga alternatif yang digunakan sebagai perbandingan untuk menentukan penyebab keterlambatan produksi di rpn tertinggi di proses filtrasi & ion exchanger yaitu bongkar jalur pemanasan (blocking) welding jalur, menaikkan ph dengan penambahan chemical, dan di reproses ulang.

D. Perbandingan Data

Pada langkah ini, akan dilakukan perbandingan antara setiap kriteria dan alternatif dengan menggunakan *software expert choice* 11. Tahap awal dalam menggunakan *software* ini melibatkan langkah pembobotan berpasangan. Proses pembobotan ini mencakup perbandingan antar setiap faktor, baik itu perbandingan berpasangan untuk kriteria maupun perbandingan alternatif terhadap suatu kriteria.

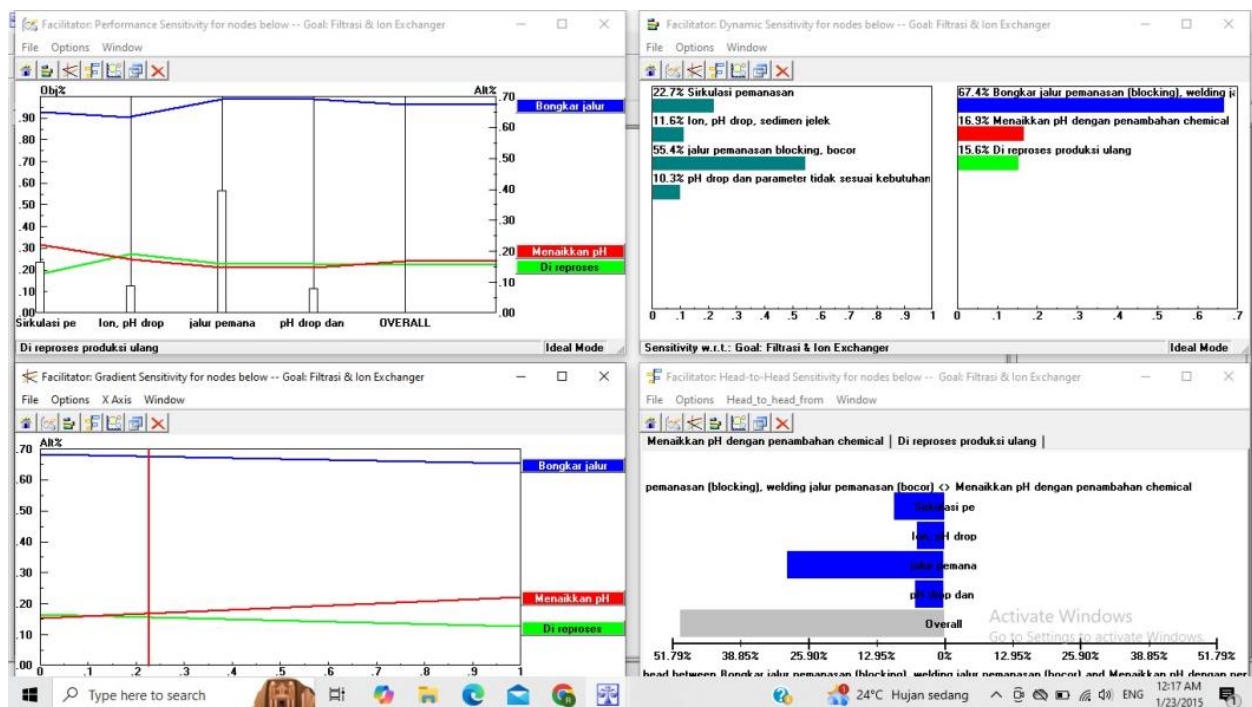
Tahap ini merupakan penentuan bobot prioritas yang dikombinasikan untuk semua kriteria dalam menentukan penyebab keterlambatan produksi di RPN tertinggi di proses filtrasi & ion exchanger dari hasil wawancara pada 3 narasumber yang dapat dilihat seperti pada gambar 6.



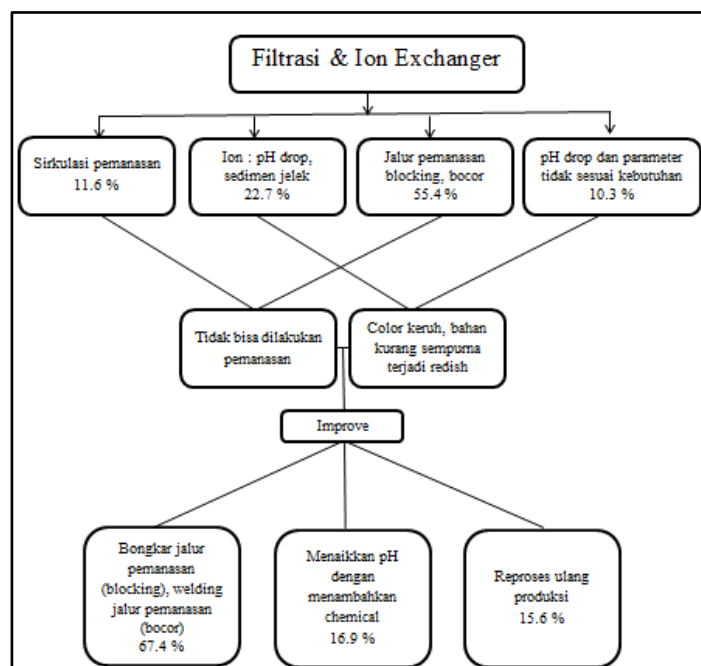
Gambar 6 Perbandingan Antar Kriteria.

Langkah awal dalam proses ini adalah melakukan perbandingan berpasangan antar kriteria dan alternatif guna memperoleh bobot prioritas yang mencerminkan tingkat kepentingan masing-masing faktor. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa faktor dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada proses *filtrasi* dan *ion exchanger*. Hal ini didasarkan pada wawancara dengan tiga narasumber yang memberikan penilaian terhadap faktor-faktor penyebab utama keterlambatan produksi. Bobot prioritas yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengidentifikasi aspek yang memerlukan perhatian lebih dalam upaya perbaikan dan optimalisasi produksi. Dari hasil analisis software, dapat dilihat bahwa faktor "sirkulasi pemanasan" memiliki bobot yang lebih rendah dibandingkan faktor ion, pH, dan sodium jenuh, yang berarti bahwa permasalahan utama dalam keterlambatan produksi lebih dipengaruhi oleh faktor pada proses filtrasi dan ion exchanger.

E. Analisa Hasil AHP



Gambar 7 Hasil Analisis Dari Software Expert Choice.

Gambar 8 Hasil Penyusunan *Hierarchy*.

Analisis ini bertujuan untuk menentukan solusi terbaik dalam menangani masalah pada proses filtrasi dan ion exchanger, seperti sirkulasi pemanasan, pH drop, serta jalur pemanas yang bocor atau terblokir. Berdasarkan analisis AHP menggunakan software *Expert Choice*, kriteria dengan prioritas tertinggi adalah jalur pemanas yang mengalami blocking atau kebocoran dengan bobot 55.4%, diikuti oleh ion/pH drop (22.7%), sirkulasi pemanasan (11.6%), serta pH dan parameter yang tidak sesuai kebutuhan (10.3%). Blocking pada jalur pemanas terjadi karena resin dalam sistem filtrasi terlalu penuh, sehingga menutupi sistem pipa dan menghambat aliran cairan. Akumulasi resin ini menyebabkan penyumbatan yang mengurangi efisiensi perpindahan panas dan memperlambat proses produksi. Sementara itu, kebocoran pada jalur pemanas disebabkan oleh kondisi fisik pipa yang mengalami degradasi akibat tekanan dan suhu tinggi secara terus-menerus, yang pada akhirnya menyebabkan retakan atau lubang kecil pada jalur pemanas. Alternatif solusi yang dianalisis mencakup menaikkan pH dengan penambahan bahan kimia, melakukan repotes ulang produksi, serta membongkar jalur pemanas untuk inspeksi dan perbaikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa membongkar jalur pemanas memiliki bobot tertinggi (67.4%), diikuti oleh menaikkan pH (16.9%) dan repotes ulang produksi (15.6%). Dengan demikian, membongkar jalur pemanas merupakan solusi terbaik karena efektif dalam menangani masalah utama, terutama penyumbatan akibat resin yang berlebihan serta kebocoran akibat degradasi material. Rekomendasi yang dapat diterapkan adalah melakukan inspeksi menyeluruh pada jalur pemanas secara berkala, membongkar dan membersihkan sistem pemanas jika ditemukan indikasi penyumbatan, serta melakukan perbaikan *welding* atau penggantian pipa jika terjadi kebocoran. Selain itu, pemantauan rutin terhadap parameter pH dan ion perlu dilakukan untuk memastikan kualitas proses tetap terjaga dan mencegah terjadinya keterlambatan produksi atau cacat produk.

IV. SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini mencakup analisis tiga metode utama, yaitu *Fishbone Diagram*, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode *Fishbone Diagram* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama keterlambatan produksi yang dikategorikan ke dalam empat faktor: bahan baku (penyimpanan buruk dan kualitas rendah), mesin (kondisi fisik buruk, overheating, dan masalah sistem pipa), karyawan (miskomunikasi dan kurangnya keterampilan), serta konsumen (permintaan tinggi dan perubahan spesifikasi). Selanjutnya, FMEA digunakan untuk menganalisis risiko dan menentukan prioritas berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasilnya menunjukkan bahwa masalah sirkulasi pemanasan pada proses filtrasi dan ion exchanger memiliki nilai RPN tertinggi 192, diikuti oleh spesifikasi produk yang tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen serta pH meter yang tidak stabil. Kemudian, AHP diterapkan untuk membuat keputusan terstruktur terkait prioritas tindakan perbaikan berdasarkan hasil FMEA. Analisis AHP mengungkapkan bahwa solusi terbaik adalah membongkar dan memperbaiki jalur pemanas yang tersumbat atau bocor, dengan bobot prioritas sebesar 67.4%, diikuti oleh alternatif lain seperti menaikkan pH dengan bahan kimia dan melakukan repotes ulang. Berdasarkan hasil ini, rekomendasi yang diberikan mencakup pentingnya pemeliharaan rutin dan preventif untuk mencegah

kerusakan mesin, pengawasan ketat oleh departemen terkait selama proses produksi, serta melakukan inspeksi menyeluruh pada jalur pemanas, melakukan pembongkaran dan perbaikan welding sesuai kebutuhan, serta memantau parameter pH dan ion secara rutin untuk menjaga delay atau *deffect* proses.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan kepada pihak-pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Y. Shentiya Dewi, N. Laila, I. Fatyasari Nata, J. A. Yani Km, and K. Selatan, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Produksi Glukosa Cair Fungsional dengan Ekstrak Jahe dari Hidrolisis Pati Kulit Singkong," *Jur. Tek. Kim.*, no. April, pp. 1–1, 2019.
- [2] D. Lorenza and T. Rahman, "Analisis Penyebab Keterlambatan Proses Produksi Proyek Cradle Dengan Metode Fault Tree Analysis (Fta)," *J. Logist.*, vol. 1, no. 2, pp. 36–42, 2023, [Online]. Available: <https://journal.iteba.ac.id/index.php/logistica/article/view/108>
- [3] R. S. Wulandari, L. Hakim, and R. F. Haris, "Analysis of Product Defects in the Packing Production Process at PT.XYZ Using FTA and FMEA Methods," *J. Knowl. Ind. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 52–60, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/jkie>
- [4] T. Hidayat, Z. Najah, N. A. Putri, and Z. Zulmaneri, "the Evaluation of Good Manufacturing Practices (Gmp) in Fish Processing Sme Center Case Study of Balikpapan City," *Food Sci. J.*, vol. 1, no. 1, p. 45, 2019, doi: 10.33512/fsj.v1i1.6245.
- [5] A. Agrawal and S. Halder, "Identifying factors affecting construction labour productivity in India and measures to improve productivity," *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 569–579, 2020, doi: 10.1007/s42107-019-00212-3.
- [6] U. Baig Benazir Bhutto Shaheed University Lyari Karachi *et al.*, "CRUCIAL CAUSES OF DELAY IN COMPLETION AND PERFORMANCE MANAGEMENT OF THE CONSTRUCTION WORK: STUDY ON THE BASE OF RELATIVE IMPORTANCE INDEX Technical SCIENCE □ View project Conventional and Islamic Banking View project CRUCIAL CAUSES OF DELAY IN COMPLETION ," no. 04, 2022, doi: 10.17605/OSF.IO/SRCK4.
- [7] P. Bialowolski, E. McNeely, T. J. VanderWeele, and D. Weziak-Bialowolska, "Ill health and distraction at work: Costs and drivers for productivity loss," *PLoS One*, vol. 15, no. 3, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0230562.
- [8] M. O. Sanni-Anibire, R. Mohamad Zin, and S. O. Olatunji, "Causes of delay in the global construction industry: a meta analytical review," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 22, no. 8, pp. 1395–1407, 2022, doi: 10.1080/15623599.2020.1716132.
- [9] C.-D. Baltag and C. O. Morariu, "Quality and Risk Management in Industrial Production Systems: A Literature Review," *Bull. Polytech. Inst. Iași. Mach. Constr. Sect.*, vol. 68, no. 3, pp. 75–112, 2022, doi: 10.2478/bipcm-2022-0026.
- [10] H. H. Azwir, "Improving the Finishing Process of Food Packaging Products Using DMAIC Method," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 129–144, 2022, doi: 10.26593/jrsi.v11i2.5318.129-144.
- [11] D. Thakkar, J. Vyas, and U. Upadhyay, "Review on total quality management," *Natl. J. Pharm. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 70–83, 2022, [Online]. Available: www.pharmajournal.net
- [12] B. Iles, "Supply Chain Risk Management in a Finnish Manufacturing Organisation 's Maritime Delivery Network," no. January, 2023.
- [13] P. P. Pontororing and A. Andika, "Analisis Risiko Aktivitas Pekerjaan Karyawan Perusahaan Ritel Dengan Metode FMEA dan Diagram Fishbone," *J. Kaji. Ilm.*, vol. 19, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.31599/jki.v19i1.317.
- [14] Z. Wu, W. Liu, and W. Nie, "Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 112, no. 5–6, pp. 1409–1436, 2021, doi: 10.1007/s00170-020-06425-0.
- [15] H. C. Wahyuni and P. Handayani, "The Development of Strategies to Increase the Productivity of Fisheries Agro-industry Based on Halal Product Assurance System Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA)," *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 12, no. 1, pp. 60–72, 2023, doi: 10.21776/ub.industria.2023.012.01.6.
- [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),” vol. 8, no. 1, pp. 46–59, 2024.
- [17] Nelfiyanti, B. Setiawan, and A. Setiawan, “Analisis Faktor Keterlambatan Pengiriman Produk Ke Konsumen Dengan Menggunakan Metode Fmea Pt.Mrp,” no. April, pp. 1–9, 2024.
- [18] 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, doi: 10.21070/prozima.v6i2.1578.
- [19] A. Irawan, R. Rohaniah, H. Sulistiani, and A. T. Priandika, “Sistem Pendukung Keputusan Untuk Pemilihan Tempat Servis Komputer di Kota Bandar Lampung Menggunakan Metode AHP,” *J. Tekno Kompak*, vol. 13, no. 1, p. 30, 2019, doi: 10.33365/jtk.v13i1.267.
- [20] N. Badariah, D. Sugiarto, and C. Anugerah, “Penerapan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Expert System (Sistem Pakar),” *Semin. Nas. Saints dan Teknol.*, vol. 1, no. 8, pp. 1–10, 2016.
- [21] A. Lestari and N. A. Mahbubah, “Analisis Defect Proses Produksi Songkok Berbasis Metode FMEA Dan FTA di Home - Industri Songkok GSA Lamongan,” *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 3, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i3.3254.

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.