Crystal Ice Machine Performance Analysis Using FMEA and Ishikawa Diagram

Analisis Kinerja Mesin Es Kristal Menggunakan FMEA dan Diagram Ishikawa

Satriya Surya Nugraha, Indah Apriliana Sari
[1, 2] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. *General Background Crystal ice machines in industrial production frequently encounter performance issues characterized by component failures and reduced cooling effectiveness. Specific Background PT. X faces operational challenges including production efficiency losses, high machinery breakdown frequencies, and inconsistent crystal ice quality. Knowledge Gap Existing maintenance and operation systems exhibit imperfections that heighten machinery damage risks and disrupt overall production continuity. Aims This study analyzes and identifies potential failures in crystal ice machines while determining appropriate repair priorities using systematic evaluation methods. Results Failure Mode and Effect Analysis identified compressors as having the highest Risk Priority Number at 270, while Ishikawa diagram analysis traced root causes across human, machine, material, environmental, and method factors. Novelty This work combines quantitative Risk Priority Number scoring with comprehensive Ishikawa root-cause categorization tailored specifically for industrial crystal ice manufacturing equipment. Implications Implementing operator competency training, preventive maintenance protocols, and strict standard operating procedures effectively mitigates failure risks and ensures sustainable machine performance.*

Keywords *Quality Control, Crystal Ice Machine, Fmea, Ishikawa Diagram, Risk Priority Number*

Abstrak Latar Belakang Umum Mesin es kristal dalam produksi industri sering menghadapi masalah kinerja yang ditandai dengan kegagalan komponen dan penurunan efektivitas pendinginan. Latar Belakang Khusus PT. X menghadapi tantangan operasional, termasuk penurunan efisiensi produksi, tingginya frekuensi kerusakan mesin, dan kualitas es kristal yang tidak konsisten. Kesenjangan Pengetahuan Sistem pemeliharaan dan pengoperasian yang ada menunjukkan ketidaksempurnaan yang meningkatkan risiko kerusakan mesin dan mengganggu kelancaran produksi secara keseluruhan. Tujuan Penelitian ini menganalisis dan mengidentifikasi potensi kegagalan pada mesin es kristal sekaligus menentukan prioritas perbaikan yang tepat menggunakan metode evaluasi sistematis. Hasil Analisis Mode dan Efek Kegagalan (FMEA) mengidentifikasi kompresor sebagai komponen dengan Angka Prioritas Risiko (RPN) tertinggi sebesar 270, sementara analisis diagram Ishikawa menelusuri akar penyebab yang mencakup faktor manusia, mesin, bahan, lingkungan, dan metode. Kebaruan Karya ini menggabungkan penilaian kuantitatif Angka Prioritas Risiko dengan kategorisasi akar penyebab komprehensif menggunakan diagram Ishikawa yang dirancang khusus untuk peralatan industri pembuatan es kristal. Implikasi Penerapan pelatihan kompetensi operator, protokol pemeliharaan preventif, dan prosedur operasional standar yang ketat secara efektif mengurangi risiko kegagalan dan memastikan kinerja mesin yang berkelanjutan.

Kata Kunci Pengendalian Mutu, Mesin Es Kristal, FMEA, Diagram Ishikawa, Angka Prioritas Risiko

I. PENDAHULUAN

Tingginya kebutuhan akan perangkat pendingin di Indonesia disebabkan oleh iklim tropis yang menyebabkan suhu tinggi sepanjang tahun. Kondisi ini mendorong masyarakat mencari solusi untuk meredakan panas serta memerlukan sesuatu yang menyegarkan[1]. Kondisi iklim tropis tersebut memberikan peluang untuk salah satu jenis usaha yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akibat cuaca yang terjadi salah satunya adalah mesin es kristal[2]. Mesin pembuat es kristal adalah salah satu jenis mesin pendingin atau disebut juga refrigator. Mesin pendingin adalah alat yang berfungsi untuk menurunkan suhu produk seperti makanan dan minuman, sekaligus bekerja dengan cara memindahkan panas dari area bersuhu lebih tinggi. Untuk mempertahankan suhu rendah, diperlukan proses pembuangan kalor dari produk bersuhu rendah menuju lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi[3].

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan mesin es kristal dengan kapasitas mesin es 500 kg sampai dengan 20 ton. Dalam pelaksanaannya perusahaan masih menghadapi kendala yang berkaitan dengan kinerja mesin es

kristal, seperti penurunan efisiensi produksi, frekuensi kerusakan mesin yang cukup tinggi, serta kualitas output es kristal yang belum konsisten. Permasalahan tersebut dapat berdampak pada terganggunya proses produksi, meningkatnya biaya perawatan, serta berpotensi menurunkan kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis yang sistematis untuk mengidentifikasi sumber penyebab kegagalan serta menentukan prioritas perbaikan guna meningkatkan kinerja mesin secara optimal.

Pelaku bisnis memerlukan suatu metode yang dapat menghasilkan kualitas yang baik terhadap produk yang dihasilkannya dan menjaga konsistensi agar sesuai dengan permintaan pasar, termasuk menerapkan sistem pengendalian kualitas terhadap aktivitas proses yang dilakukannya[4]. Pengendalian kualitas merupakan aktivitas keteknikan dan manajemen, dengan cara membandingkan object dengan spesifikasi atau persyaratan, lalu dilakukan pengambilan tindakan yang sesuai apabila ada perbedaan antara kualitas produk yang sebenarnya dengan kualitas yang seharusnya (sesuai dengan standard), dan perusahaan dapat berhasil apabila pengendalian kualitasnya baik[5]. Tujuan dari pengendalian kualitas yaitu agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan[6].

Pada penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan metode Diagram Ishikawa. Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) hadir sebagai solusi untuk mengidentifikasi model kegagalan potensial dan dampak yang ditimbulkannya[7]. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, menganalisis dampaknya, dan menentukan prioritas perbaikan sebelum risiko terjadi[8]. Analisis risiko yang dilakukan pada metode FMEA yaitu dengan menghitung *Severity* (S), *occurrences* (O), dan *detection* (D). Setelah itu, akan dihitung RPN dengan cara mengkalikan S O D untuk mendapatkan nilai yang akan menjadi skala prioritas penanganan[9].

Salah satu metode untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah adalah dengan menggunakan Diagram *Fishbone*, juga dikenal sebagai *Cause-and-Effect* Diagram atau Diagram Ishikawa. Diagram ini membantu memetakan penyebab masalah dalam berbagai kategori, sehingga memudahkan tim untuk mengidentifikasi penyebab utama dan merancang solusi[10]. diagram sebab akibat atau *Fishbone* diagram merupakan gabungan sebuah garis dan simbol yang menunjukan hubungan sebab dan akibat[11].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis serta meningkatkan efektivitas kinerja mesin es kristal pada PT. X dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan Diagram Ishikawa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang terjadi pada komponen pada mesin es kristal serta menilai tingkat resiko kegagalan tersebut melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Menggunakan metode FMEA, sehingga diketahui prioritas perbaikan yang harus dilakukan.

Penelitian ini juga bertujuan untuk mencari akar penyebab terjadinya kegagalan setiap komponen pada mesin es kristal dengan menggunakan metode diagram Ishikawa yang mencakup faktor manusia, material, lingkungan, dan metode. Melalui identifikasi tersebut, diharapkan dapat dirumuskan usulan perbaikan yang tepat dan terarah guna meminimalkan resiko kegagalan serta mengoptimalkan kinerja mesin es kristal secara berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PT. X pada tanggal 30 maret sampai dengan 30 april 2026 yang berfokus pada cara kerja mesin es kristal. Tujuan penelitian adalah untuk memahami kinerja mesin es kristal serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan komponen mesin.penelitian ini menggunakan data primer, data primer didapat melalui observasi langsung terhadap alur proses kerja mesin guna mengidentifikasi tahapan kritis serta sumber potensi kerusakan dan wawancara langsung dengan staf *quality control*.

Untuk mendukung pencapaian tujuan penelitian, digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebagai alat *analysis* untuk mengidentifikasi potensi kerusakan pada mesin es kristal serta menilai tingkat resiko dari setiap kerusakan yang mungkin terjadi pada komponen mesin. Melalui metode ini, dapat diketahui prioritas permasalahan yang perlu segera ditangani berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi terhadap kerusakan komponen mesin. Selain itu, metode diagram ishikawa atau *Fishbone* diagram juga ditetapkan untuk menelusuri berbagai faktor yang menjadi akar penyebab terjadinya kerusakan pada komponen mesin.

A. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA merupakan metode dalam menemukan titik masalah yang mempengaruhi potensial untuk dilakukan prioritas perbaikan dengan melihat konsekuensinya, seberapa sering terjadi, dan seberapa mudah di deteksi[9]. FMEA adalah teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan tersebut, yang kemudian dikalkulasikan melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN)[7]. *Risk Priority Number* (RPN) adalah suatu sistem matematis yang menjelaskan sekumpulan dari efek dengan tingkat keparahan (*Severity*) yang serius, sehingga dapat menciptakan suatu kegagalan yang berkaitan dengan efek-efek tersebut (*occurence*), dan mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kegagalan- kegagalan (*detection*) tersebut sebelum sampai ke konsumen[5]. Analisis risiko yang dilakukan pada metode FMEA yaitu dengan menghitung *Severity* (S), *occurences* (O), dan *detection* (D). Setelah itu, akan dihitung RPN dengan cara mengkalikan S O D untuk mendapatkan nilai yang akan menjadi skala prioritas penanganan[9]. Tahapan dalam menggunakan metode Failure Mode and Effect Ana lysis (FMEA) yaitu([12]:

1. Menentukan kriteria *Severity* (S), *Occurence* (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.

Metode FMEA menggunakan skala kuantitatif dengan beberapa kriteria untuk menilai setiap peristiwa pada masing-masing komponen[13]. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN)[14]:

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

Keterangan :
S = *Severity* (Tingkat Keparahan)
O = *Occurence* (Seberapa Sering)
D = *Detection* (Tingkat Deteksi)

Tabel 1. Skala Nilai *Risk Priority Number* (RPN)[15]

Tingkat Resiko	Skala Nilai RPN
Sangat rendah	X < 20
Rendah	20 ≤ X 80
Sedang	80 ≤ X < 120
Tinggi	120 ≤ X< 200
Sangat tinggi	X > 200

. Pada setiap proses yang teridentifikasi untuk mengetahui risiko, terdapat standar estimasi berdasarkan variabel yang terdapat pada metode FMEA dengan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN). Tahapan dalam penilaian *priority risk* dengan menggunakan pendekatan FMEA, diantaranya ada pada tabel 2 berikut[16]:

Tabel 2. Skala Penilaian S, O, D[17].

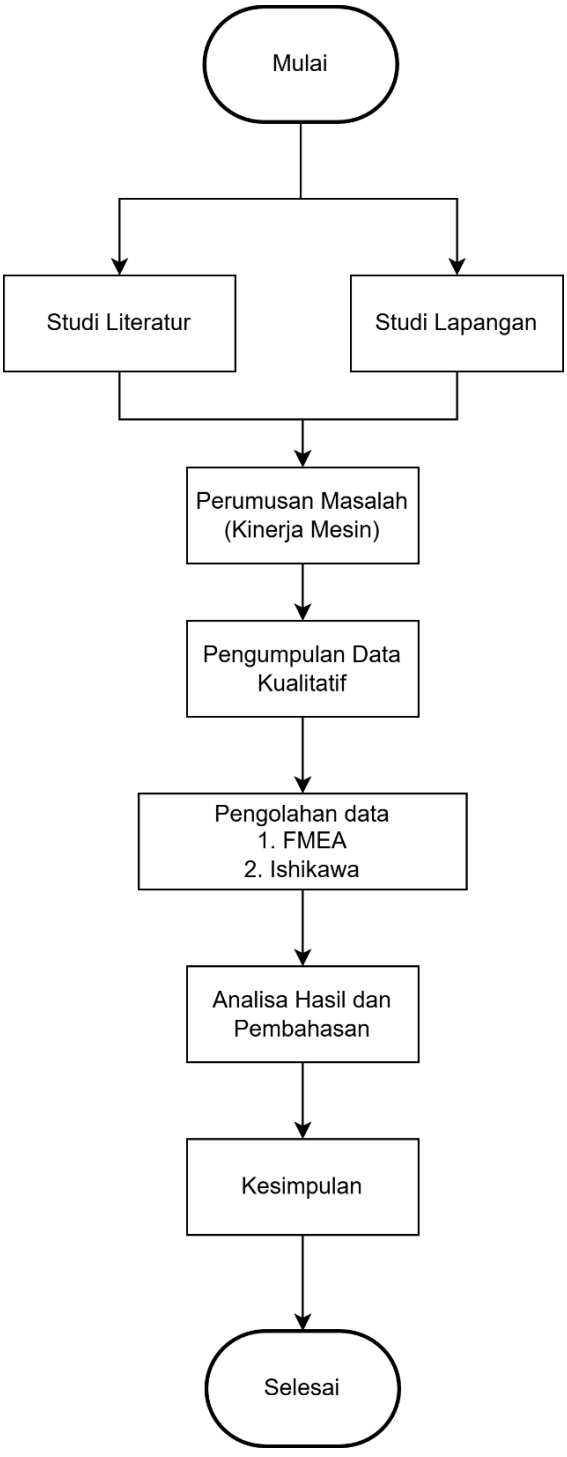
Severity	*Occurance*	*Detection*	*Rating Scale*
Tidak ada	Hampir mustahil	Hampir pasti	1
Sangat kecil	Tidak relevan	Deteksi yang tinggi	2
Ringan	Rendah	Deteksi sangat tinggi	3
Rendah	Relatif rendah	Ketersediaan cukup tinggi	4
Sedang	Sedang	Deteksi sedang	5
Signifikan	Cukup tinggi	Deteksi rendah	6
Besar	Tinggi	Deteksi yang sangat rendah	7
Ekstrim	Kegagalan berulang	Deteksi jarak jauh	8
Serius	Sangat tinggi	Deteksi yang sangat jauh	9
Berbahaya	Sangat tinggi	Ketidakpastian mutlak	10

B. Diagram Ishikawa (*Fishbone* Diagram)

Diagram *Fishbone* pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang pakar manajemen kualitas asal Jepang, pada 1960-an. Ishikawa menciptakan diagram ini sebagai alat bantu untuk analisis masalah dalam proses produksi di industri manufaktur Jepang[10]. Diagram Ishikawa dipandang sebagai media yang digunakan untuk menyusun ide sebelum menulis teks dan mengatur ide dalam menulis teks sebab akibat[18]. *Fishbone* diagram adalah metode analisis yang digunakan untuk mwngidentifikasi masalah kualitas dan check point yang meliputi berbagai jenis bahan atau peralatan, tenaga kerja, dan metode[19]. Bagian ujung kanan dari diagram ini menunjukan akibat atau permasalahan yang terjadi, sedangkan garis atau cabang tulang ikannya menggambarkan penyebabnya yang dikategorikan ke dalam kelompok-kelompok seperti factor manusia, material, mesin, metode dan lingkungan. Berikut adalah rangkuman empat langkah penggunaan diagram ishikawa[11]:

1. Identifikasi masalah
2. Mencari faktor faktor utama yang terlibat
3. Mengidentifikasi kemungkinan penyebab
4. Menganalisis diagram

Penggabungan dari kedua metode tersebut diharapkan dapat memberikan hasil analisis yang menyeluruh dengan mempertimbangkan berbagai aspek, baik dari sisi proses kerja maupun manusia. Melalui pendekatan ini diharapkan dapat dirumuskan rekomendasi perbaikan yang bersifat praktis untuk diterapkan serta mampu mendukung peningkatan kualitas secara berkelanjutan. Adapun keseluruhan tahapan penelitian digambarkan secara sistematis dalam bentuk diagram alir yang ditampilakn pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh, metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan serta menentukan tingkat prioritas risiko berdasarkan nilai RPN, kemudian dilanjutkan dengan penggunaan diagram Ishikawa untuk mengidentifikasi akar penyebab dari kegagalan yang terjadi pada mesin dalam proses produksi.

A. *Failure Mode and Effect Analysis*

Tahap pertama dalam pengolahan data menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) meliputi identifikasi komponen mesin serta potensi kegagalan (*failure mode*) yang terjadi, kemudian dilanjutkan dengan penilaian terhadap *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Berdasarkan hasil penilaian tersebut, dihitung nilai *Risk Priority*

Number (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas kegagalan pada mesin. Hasil analisis FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan yang memiliki risiko tertinggi dalam proses produksi. Berikut disajikan Tabel 3 yang berisi komponen mesin, potensi kegagalan, penyebab, dampak kegagalan, serta nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Tabel 3. Analisis FMEA

No	Komponen Mesin	Aktivitas	Potensi Kegagalan	Dampak Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Kompresor	Sirkulasi refrigeran	Tekanan tidak stabil	Proses pendinginan terganggu	6	9	5	270
			Overheat	Mesin berhenti	5	9	6	270
2	Evaporator	Pembekuan air	Pembekuan tidak merata	Es tidak terbentuk sempurna	5	8	5	200
			Permukaan kotor	Kualitas es menurun	4	7	5	140
3	Tangki Receiver	Penyimpanan refrigeran	Kebocoran	Sistem pendingin gagal	4	8	6	192
4	Kondensor	Pelepasan panas	Kotor/tersumbat	Pendinginan tidak optimal	5	8	5	200
5	*Accumulator*	Menyaring cairan	Tidak berfungsi	Cairan masuk kompresor	4	9	6	216
6	*Oil separator*	Pemisahan oli	Oli terbawa sistem	Kerusakan kompresor	4	8	6	192
7	Pompa Sentrifugal	Sirkulasi air	Pompa tidak bekerja	Air tidak mengalir	5	9	5	225
8	*Motor & Gearbox*	Penggerak sistem	Motor lemah	Produksi terganggu	4	7	5	140
9	*Filter Dryer*	Penyaring kotoran	Tersumbat	Aliran terganggu	5	7	4	140
10	*Solenoid Valve*	Kontrol aliran	Valve macet	Aliran refrigeran terganggu	4	8	5	160
11	Tangki Bahan Baku	Penyimpanan air	Air kotor	Es keruh	6	7	4	168
12	*Stop Valve*	Pengatur aliran	Tidak menutup rapat	Kebocoran sistem	4	7	5	140
13	*Sight Glass*	Monitoring aliran	Tidak terbaca	Sulit deteksi masalah	3	6	6	108
14	*Expansion Valve*	Pengatur tekanan	Tidak stabil	Pendinginan tidak optimal	5	8	5	200

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Failure Mode and Effects *Analysis* (FMEA) pada komponen mesin, diperoleh nilai Occurrence (O), *Severity* (S), dan *Detection* (D) untuk setiap aktivitas pada masing-masing komponen. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) sebagai hasil perkalian dari ketiga parameter tersebut. Data tersebut diperoleh melalui proses wawancara dengan bagian quality control, yang dilakukan sebanyak 10 kali dalam kurun

waktu satu minggu guna memastikan keakuratan dan konsistensi informasi yang dikumpulkan.

Berdasarkan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap aktivitas komponen mesin dengan rentang nilai antara 108 hingga 270. Nilai RPN ini digunakan untuk mengidentifikasi tingkat risiko kegagalan serta menentukan prioritas perbaikan pada setiap komponen mesin. Secara umum, aktivitas dengan nilai RPN yang lebih tinggi menunjukkan tingkat risiko kegagalan yang lebih besar dan memerlukan prioritas penanganan yang lebih segera. Usulan perbaikan pada metode FMEA didasarkan pada nilai RPN tertinggi. Hasil perhitungan RPN didapatkan pemeringkatan seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Analisis *Risk Priority Number* (RPN)

No	Komponen Mesin	Aktivitas	S	O	D	RPN	*Rank*	Level Resiko
1	Kompresor	2	6	9	5	270	1	*Very High*
2	Pompa sentrifugal	1	5	9	5	225	2	*Very High*
3	*Accumulator*	1	4	9	6	216	3	*Very High*
4	Evaporator	2	5	8	5	200	4	*Very High*
5	Kondensor	1	5	8	5	200	5	*Very High*
6	*Expansion Valve*	1	5	8	5	200	6	*Very High*
7	Tangki receiver	1	4	8	6	192	7	*High*
8	*Oil separator*	1	4	8	6	192	8	*High*
9	Tangki bahan baku	1	6	7	4	168	9	*High*
10	*Solenoid Valve*	1	4	8	5	160	10	*High*
11	*Motor & Gearbox*	1	4	7	5	140	11	*High*
12	*Filter Dryer*	1	5	7	4	140	12	*High*
13	*Stop Valve*	1	4	7	5	140	13	*High*
14	*Sight Glass*	1	3	6	6	108	14	*Medium*

Berdasarkan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa komponen mesin yang memiliki tingkat risiko kegagalan yang tinggi hingga sangat tinggi. Komponen dengan nilai RPN tertinggi adalah kompresor dengan nilai sebesar 270 yang berada pada peringkat pertama dan termasuk dalam kategori *very high*. Hal ini menunjukkan bahwa kompresor merupakan komponen paling kritis yang berpotensi menyebabkan gangguan pada sistem mesin es kristal.

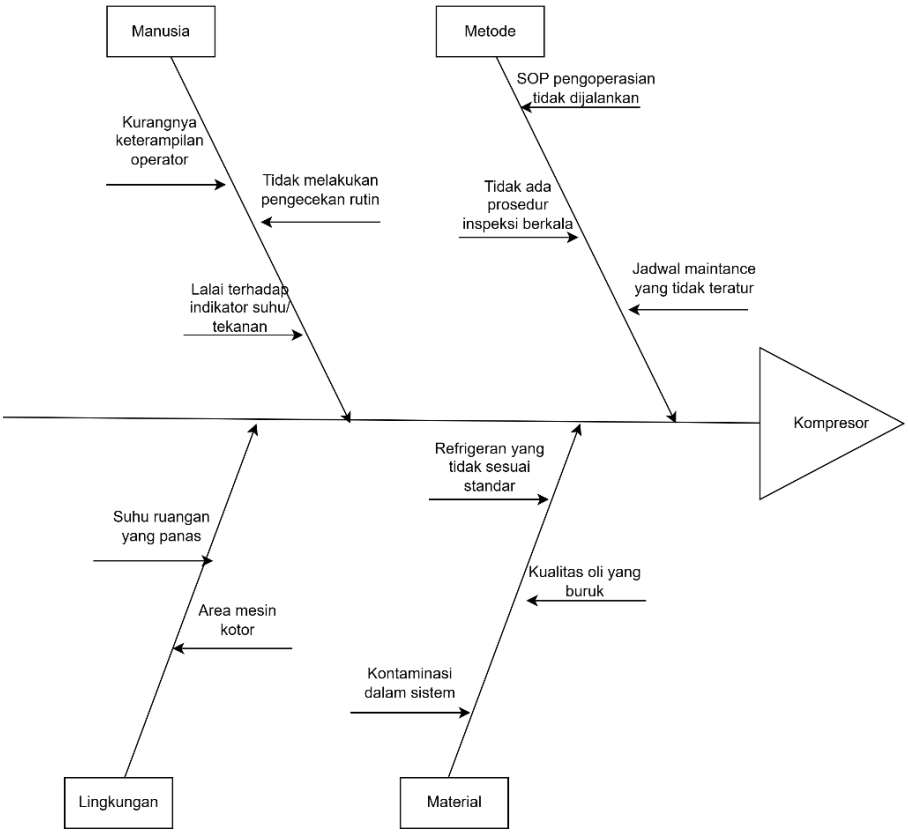
Selain itu, beberapa komponen seperti tangki receiver dan *Oil separator* memiliki nilai RPN sebesar 192 yang termasuk dalam kategori *high*. Komponen tangki bahan baku dan *Solenoid Valve* juga menunjukkan tingkat risiko yang cukup tinggi dengan nilai RPN masing-masing sebesar 168 dan 160.

Sementara itu, komponen *Motor & Gearbox, Filter Dryer*, dan *Stop Valve* memiliki nilai RPN sebesar 140 yang masih termasuk dalam kategori high. Adapun komponen dengan nilai RPN terendah adalah *Sight Glass* dengan nilai sebesar 108 yang berada pada kategori medium, sehingga memiliki tingkat risiko yang relatif lebih rendah dibandingkan komponen lainnya.

Hasil analisis menunjukkan bahwa, kinerja komponen mesin pada sistem produksi es kristal dapat dinilai lebih terkendali. Secara keseluruhan, risiko kegagalan dominan berasal dari komponen mesin yang memiliki peran kritis dalam sistem pendinginan serta dari ketidaksesuaian pengoperasian oleh operator. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kegiatan perawatan mesin secara berkala, penerapan standar operasional prosedur (SOP) yang konsisten, serta peningkatan keterampilan operator melalui pelatihan dan pengawasan yang lebih intensif guna meminimalkan potensi kegagalan dan meningkatkan kinerja mesin secara optimal.

B. Diagram Ishikawa

Berdasarkan hasil analisis FMEA, komponen kompresor memiliki nilai RPN tertinggi sehingga menjadi prioritas utama untuk dianalisis lebih lanjut. Diagram ishikawa digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan kompresor dengan mengelompokkan faktor penyebab dalam aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan kompresor dipengaruhi oleh faktor operasional, kondisi mesin, metode perawatan, kualitas material, dan lingkungan kerja.



Gambar 2. Diagram Ishikawa

Berdasarkan diagram ishikawa pada gambar 2 diatas dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Manusia (*Man*)

Faktor manusia menjadi salah satu penyebab terjadinya gangguan pada kompresor. Hal ini disebabkan oleh kurangnya keterampilan operator dalam mengoperasikan mesin serta memahami parameter kerja seperti suhu dan tekanan. Selain itu, operator sering tidak melakukan pengecekan rutin dan lalai terhadap indikator suhu/tekanan, sehingga kondisi mesin tidak terpantau dengan baik. Kurangnya pelatihan teknis juga menyebabkan operator tidak mampu menangani gangguan secara tepat, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan kinerja kompresor.

2. Material

Faktor material berhubungan dengan kualitas bahan yang digunakan dalam sistem mesin, seperti refrigeran dan oli. Refrigeran yang tidak sesuai standar serta tidak diganti secara berkala dapat menurunkan efektivitas sistem pendinginan. Selain itu, kualitas oli yang buruk dan adanya kontaminasi dalam sistem juga dapat mempercepat kerusakan komponen kompresor dan menghambat kinerja mesin.

3. Lingkungan (*Environment*)

Faktor lingkungan kerja turut mempengaruhi kinerja kompresor. Suhu ruangan yang terlalu panas dapat menyebabkan beban kerja kompresor meningkat sehingga menurunkan efisiensi mesin. Selain itu, tidak adanya ventilasi yang baik, sirkulasi udara yang tidak lancar, serta kondisi area mesin yang kotor dapat mempercepat penurunan performa mesin dan meningkatkan risiko terjadinya gangguan.

4. Metode (*Method*)

Faktor metode berkaitan dengan sistem pengoperasian dan perawatan mesin. SOP pengoperasian yang tidak dijalankan, tidak adanya prosedur inspeksi berkala, serta jadwal maintenance yang tidak teratur menjadi penyebab utama gangguan pada kompresor. Metode kerja yang tidak terstandarisasi ini menyebabkan mesin bekerja di luar kondisi optimal dan meningkatkan risiko kegagalan.

Berdasarkan hasil analisis diagram Ishikawa, sejumlah tindakan perbaikan perlu dilakukan untuk meningkatkan kinerja kompresor pada mesin es kristal serta menurunkan risiko terjadinya kegagalan pada sistem.

1. Manusia (*Man*)

Perbaikan pada aspek manusia difokuskan pada peningkatan kompetensi dan keterampilan operator dalam mengoperasikan kompresor. Hal ini dapat dilakukan melalui pelatihan rutin terkait pengoperasian mesin serta pemahaman parameter kerja seperti suhu dan tekanan. Operator juga harus dibiasakan untuk melakukan pengecekan rutin dan lebih teliti dalam membaca indikator mesin. Penyediaan instruksi kerja yang jelas serta pengawasan dari supervisor sangat diperlukan untuk

memastikan prosedur dijalankan dengan benar. Selain itu, pengaturan waktu kerja dan istirahat yang seimbang perlu diterapkan guna mengurangi kelelahan serta meningkatkan konsentrasi operator.

2. Material

Perbaikan pada aspek material difokuskan pada penggunaan bahan yang sesuai standar, seperti refrigeran dan oli kompresor. Refrigeran harus dipastikan sesuai spesifikasi dan diganti secara berkala agar sistem pendinginan tetap efektif. Selain itu, penggunaan oli dengan kualitas baik serta pencegahan kontaminasi dalam sistem sangat penting untuk menjaga kinerja kompresor. Pengendalian material ini akan membantu memperpanjang umur komponen dan meningkatkan efisiensi mesin.

3. Lingkungan (*Environment*)

Perbaikan pada aspek lingkungan dilakukan dengan menciptakan kondisi ruang kerja yang mendukung kinerja kompresor. Suhu ruangan perlu dikendalikan agar tidak terlalu panas sehingga tidak membebani kerja kompresor. Selain itu, perlu disediakan ventilasi yang baik untuk menjaga sirkulasi udara tetap lancar. Kebersihan area mesin juga harus dijaga agar tidak terjadi penumpukan kotoran yang dapat mempengaruhi kinerja sistem. Lingkungan kerja yang baik akan membantu menjaga kestabilan operasional mesin.

4. Metode (*Method*)

Perbaikan pada aspek lingkungan dilakukan dengan menciptakan kondisi ruang kerja yang mendukung kinerja kompresor. Suhu ruangan perlu dikendalikan agar tidak terlalu panas sehingga tidak membebani kerja kompresor. Selain itu, perlu disediakan ventilasi yang baik untuk menjaga sirkulasi udara tetap lancar. Kebersihan area mesin juga harus dijaga agar tidak terjadi penumpukan kotoran yang dapat mempengaruhi kinerja sistem. Lingkungan kerja yang baik akan membantu menjaga kestabilan operasional mesin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan diagram Ishikawa mampu menganalisis serta meningkatkan efektivitas kinerja mesin es kristal pada PT. X. Melalui metode FMEA, penelitian ini berhasil mengidentifikasi potensi kegagalan yang terjadi pada setiap komponen mesin serta menilai tingkat risiko kegagalan menggunakan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil perhitungan tersebut menunjukkan prioritas perbaikan yang harus dilakukan sehingga perusahaan dapat menentukan tindakan yang lebih tepat dalam menangani komponen dengan tingkat risiko tertinggi.

Selanjutnya, analisis menggunakan diagram Ishikawa menunjukkan bahwa penyebab kegagalan pada mesin es kristal berasal dari beberapa faktor utama, yaitu manusia, material, lingkungan, dan metode. Faktor-faktor tersebut saling berkaitan dalam mempengaruhi kinerja mesin, seperti kurangnya keterampilan operator, kualitas material yang tidak sesuai, kondisi lingkungan kerja yang kurang mendukung, serta belum optimalnya penerapan metode kerja dan sistem perawatan. Dengan demikian, akar penyebab kegagalan dapat diidentifikasi secara lebih sistematis dan menyeluruh.

Dengan mengintegrasikan metode FMEA dan diagram Ishikawa, penelitian ini mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai sumber permasalahan sekaligus menentukan prioritas perbaikan yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan secara berkelanjutan melalui peningkatan kompetensi operator, penerapan *preventive maintenance*, pengendalian kualitas material, perbaikan lingkungan kerja, serta penerapan SOP secara konsisten. Implementasi perbaikan ini diharapkan dapat meminimalkan risiko kegagalan serta mengoptimalkan kinerja mesin es kristal secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puja dan puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat dan rahmat yang telah saya dapatkan untuk menyelesaikan penelitian ini. Penelitian saya tidak bisa berjalan dengan baik tanpa dibantu oleh pihak yang bersangkutan. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT. XYZ sebagai tempat penelitian berlangsung yang telah menjembatani penelitian ini, serta dosen yang telah memberikan bimbingan kepada saya. Penulis berharap artikel ini bisa bermanfaat bagi yang membaca.

REFERENSI

[1] T. Wicaksono and Jamaluddin, "Ice Tube Maker Maintenance Services Reliable Solutions for Your Equipment," Procedia of Engineering and Life Science, vol. 7, no. 5, p. 91, 2024.

[2] Suwartono and S. D. Purwoko, "Feasibility Study of Ice Crystal Business for Rural and Marketing Innovation in Boyolali Regency," Economic: Journal Economic and Business, vol. 1, no. 1, pp. 53–60, 2022, doi: https://doi.org/10.56495/ejeb.v1i1.254.

[3] S. Afianti, M. Jannah, and E. R. Kusumawati, "Analisis Konsep Termodinamika pada Sistem Mesin Pendingin Pembuat Es Kristal: Studi Kasus di Desa Trumun," Jurnal Pendidikan Mipa, vol. 15, no. 4, pp. 1510–1516, Oct. 2025, doi: 10.37630/jpm.v15i4.3444.

[4] M. A. Irawan and F. Pulansari, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Kaleng PT XYZ dengan Menggunakan Metode RCA (Root Cause Analysis)," Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika, vol. 3, no. 1, pp. 260–271, Jan. 2024, doi: 10.55606/jtmei.v3i1.3311.

[5] M. Fathan and Y. Haryono, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Paving Block Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) Dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Di PT. Duta Beton Mandiri, Pasuruan," Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT), vol. 2, no. 3, pp. 45–65, Aug. 2023, doi: https://doi.org/10.55606/juprit.v2i2.1992.

[6] S. Nazia, M. Fuad, and Safrizal, "Peranan Statistical Quality Control (SQC) Dalam Pengendalian Kualitas: Studi Literatur," Jurnal

Mahasiswa Akuntansi Samudra (JMAS), vol. 4, no. 3, pp. 125–138, 2023.
[7] G. Mandiri et al., "Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Industri Otomotif Dengan Metode Failure Mode And Effects Analysis (FMEA)," Sinergi: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, no. 1, Jan. 2026. [Online]. Available: https://publikasi.ahlalkamal.com/index.php/sinergi
[8] M. R. Rizky and R. J. H. Raharjo, "Analisis Manajemen Risiko pada Proses Distribusi Semen dengan Metode FMEA: Studi Kasus PT XYZ," Jurnal Nirta: Studi Inovasi, vol. 5, no. 2, pp. 331–345, Mar. 2026. [Online]. Available: https://ejournal.nlc-education.or.id/
[9] Risiko et al., "Analisis Risiko Dan Identifikasi Potensi Bahaya Pada Area Penerimaan Barang Di Warehouse," Journal of Collaborative Industrial Management, vol. 1, no. 2, Aug. 2025. [Online]. Available: https://publikatif.com/index.php/jcim
[10] F. Sulianta, "Diagram Fishbone untuk Berbagai Kebutuhan," Fakultas Teknik, Universitas Widyatama, vol. 11, no. 1, Nov. 2024.
[11] N. Eviyanti, "Analisis Fishbone Diagram Untuk Mengevaluasi Pembuatan Peralatan Aluminium Studi Kasus Pada SP Aluminium Yogyakarta," JAAKFE UNTAN, vol. 10, no. 1, p. 10, Jun. 2021, doi: 10.26418/jaakfe.v10i1.45233.
[12] M. I. Latif and H. C. Wahyuni, "Risk Based Productivity Improvement Strategy in Sugar Factories," UMSIDA Preprints Server, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, Feb. 2025, doi: https://doi.org/10.21070/ups.7359.
[13] M. I. Khusainiah and I. A. S. Wulandari, "Evaluation of Factors Causing Downtime with OEE and FMEA Approaches in the MGTR-RF15 Machine Production Process," UMSIDA Preprints Server, vol. 4, no. 2, pp. 1–13, Apr. 2025, doi: https://doi.org/10.21070/ups.7125.
[14] J. Sidik, W. Andalia, and T. Tamalika, "Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi)," Jambura Industrial Review, vol. 2, no. 2,
a. p. 2022, doi: 10.37905/jirev.2.2.57-64.
[15] N. Jannah and S. Dewi, "Analisis Manajemen Risiko Prioritas dan Strategi Pengelolaan Sewa Aset menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): Studi Kasus Perusahaan Galangan Kapal," INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research, vol. 4, no. 6, pp. 4264–4280, 2024.
[16] Sofianingtias and M. E. Prasetya, "Analisis Penilaian Risiko Pengembangan Aplikasi GA Service Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) – Studi Kasus Perusahaan Jasa PT XYZ," Owner: Riset & Jurnal Akuntansi, vol. 8, no. 3, pp. 2116–2126, Jun. 2024, doi: 10.33395/owner.v8i3.2155.
[17] 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)," Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, vol. 12, no. 1, pp. 60–72, Jun. 2023, doi: 10.21776/ub.industria.2023.012.01.6.
[18] S. Rishayatin, D. Indihadi, and E. R. Saputra, "Pengaruh penggunaan media Fishbone diagram terhadap keterampilan menulis teks eksposisi hortatori peserta didik kelas IV SDN 1 Cigembor," Journal of Elementary Education, vol. 7, no. 2, Mar. 2024.
[19] N. Franciska, "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Selisih Jumlah Stock Barang Di Gudang PT. Solo Murni Boyolali Menggunakan Metode 5W+1H dan Fishbone Diagram," Jurnal Ilmiah Ekonomi Manajemen Bisnis dan Akuntansi, vol. 2, no. 2, pp. 74–87, Mar. 2025, doi: 10.61722/jemba.v2i2.785.