

Risk Analysis in Cup Production Process Using FMEA and TOPSIS Methods

[Analisis Risiko Pada Proses Produksi Cup Menggunakan Metode FMEA dan TOPSIS]

Rizke Amelia Nathasya¹⁾, Inggit Marodiyah^{*,2)}

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

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

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

Abstract. *Production risks happening the cup production process at PT.XYZ are human factors 20%, raw material quality does not meet standards 15%, production procedure errors 40%, and packaging errors 12.5%. The purpose this study determine the priority potential risks and determine proposed improvements reduce risks in the cup production process at PT. XYZ. Research combines FMEA and TOPSIS methods. FMEA is used find highest risk. While TOPSIS is used determine the order of the most priority improvement recommendations. Based on the identification results, there are 22 risks. The highest RPN value is the temperature setting that exceeds the standard range. 5 whys are used to find the root cause. Based problems, sequence improvement recommendations is arranged based on priority using the TOPSIS method. The best alternative solution for production process risks is to provide training to operators to ensure that operators understand the standard temperature settings with an RPI of 0.680.*

Keywords – cup; production process risk; FMEA ; TOPSIS

Abstrak Risiko produksi yang terjadi pada proses produksi cup di PT.XYZ adalah pada faktor manusia 20%, kualitas bahan baku tidak memenuhi standard sebesar 15%, kesalahan prosedur produksi 40%, serta kesalahan dalam pengemasan 12,5%. Tujuan dari penelitian ini mengetahui prioritas potensi risiko dan menentukan usulan perbaikan untuk mengurangi terjadinya risiko pada proses produksi cup PT. XYZ. Penelitian ini menggabungkan metode FMEA dan TOPSIS. FMEA digunakan untuk menemukan risiko yang paling tinggi. Sedangkan TOPSIS digunakan untuk menentukan urutan rekomendasi perbaikan yang paling prioritas. Berdasarkan hasil identifikasi terdapat 22 risiko. Nilai RPN tertinggi yaitu setting temperature melebihi range standard. Selanjutnya, 5 whys digunakan unuk mencari akar penyebab. Berdasarkan masalah tersebut, urutan rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan prioritas menggunakan metode TOPSIS. Pada alternatif solusi terbaik untuk risiko proses produksi adalah memberikan pelatihan kepada operator untuk memastikan bahwa operator paham tentang standard setting temperature dengan RPI sebesar 0,680.

Kata Kunci – cup; risiko proses produksi; FMEA ; TOPSIS

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur plastik yang memproduksi kemasan plastik berkualitas tinggi. PT. XYZ memproduksi berbagai jenis produk kemasan, yang terbagi dalam 2 kategori utama yaitu *rigid* dan *flexible*. Produk kategori *rigid* memproduksi cup plastik. Sementara itu pada kategori *flexible* mencakup kemasan fleksibel seperti plastik pembungkus yang digunakan untuk berbagai kebutuhan di industri makanan.

Proses produksi pada cup terdiri atas *Extruder (Roll Sheet)*, *Thermoforming*, *Printing*, *Packaging* dan *Out Going Inspection*. *Extruder (Roll Sheet)* merupakan proses membentuk lembaran plastik (*roll sheet*) digunakan sebagai bahan utama dalam pembentukan cup. *Thermoforming* proses mencetak *roll sheet* kedalam cetakan (*mold*) setelah di bentuk kemudian di potong sesuai dengan keinginan. *Printing* merupakan proses mencetak gambar, teks ataupun desain pada bagian tubuh cup. *Packaging* merupakan proses pengemasan cup ke dalam *box* karton yang berisi 3000 pcs per karton. *Out Going Inspection* merupakan pemeriksaan kualitas akhir sebelum produk dikirim ke pelanggan.

Risiko menjadi masalah penting karena kerugian yang ditimbulkan tidak diketahui secara pasti[1]. Risiko yang terjadi biasanya pada saat proses berlangsung atau pada masa yang akan datang[2]. Dalam hal ini, yang menyebabkan sering terjadi pada perusahaan adalah pada faktor manusia dengan pekerja 5 terjadinya risiko sebanyak 1 kali sehingga diketahui sebanyak 20% , kualitas bahan baku tidak memenuhi *standard* dengan bahan baku sebanyak 100 karung yang tidak memenuhi standard adalah 15 karung sehingga dapat diketahui 15%, kesalahan prosedur produksi dengan 5 pekerja terjadinya risiko sebanyak 2 kali sehingga diketahui 40%,serta kesalahan dalam pengemasan dengan total produk yang dikemas 80 kardus dengan kesalahan 10 kardus sehingga didapatkan 12,5%. Jumlah persentase sangat besar melebihi *standard* yang telah di tetapkan perusahaan yaitu sebesar 1%. Metode yang diterapkan perusahaan

untuk pengendalian menggunakan lembar ceklis manual, mencatat jumlah produk yang *reject*, hambatan atau risiko yang mungkin muncul juga tindakan yang diambil untuk mencegah terjadinya risiko tersebut. Kelemahan dari metode yang digunakan perusahaan adalah tidak adanya penentuan tingkat prioritas untuk setiap kejadian. Selain itu, tidak ada prosedur yang jelas dalam menjelaskan apa yang harus dilakukan jika kejadian yang serupa terjadi lagi. Oleh karena itu, analisis risiko sangat diperlukan untuk meminimalkan risiko yang terjadi sehingga pengendalian dapat dioptimalkan dan menentukan usulan perbaikan guna mencegah terjadinya risiko pada proses produksi cup.

Metode FMEA merupakan teknik rekayasa yang biasanya digunakan untuk mengidentifikasi, mendefinisikan dan mencegah kegagalan sistem. FMEA juga menetapkan prioritas risiko untuk kegagalan sistem tertentu[3]. Metode FMEA adalah teknik yang sangat efektif dan banyak digunakan untuk menganalisis risiko. Metode FMEA dapat memastikan potensi kegagalan dan dampak yang dihasilkan[4]. FMEA memiliki tujuan utama yaitu mengidentifikasi, menilai dan menghilangkan mode kegagalan (*failure mode*)[5]. 5 *Whys* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan secara mendetail[6]. Sedangkan, metode TOPSIS merupakan salah satu strategi yang digunakan untuk menangani permasalahan dalam pengambilan keputusan yang optimal. Dengan mengambil pendekatan relatif dari solusi ideal positif, TOPSIS mempertimbangkan solusi ideal negatif dan positif[7].

Peneliti terdahulu Endra[8], menggunakan metode FMEA untuk menganalisis risiko kegagalan pada proses produksi *geomembrane* pabrik plastik. Cahyani[9], mengidentifikasi mode kegagalan berpotensi pada proses produksi pompa air baku dan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi menggunakan metode FMEA selanjutnya mengidentifikasi lebih dalam penyebab dari permasalahan dengan metode 5 *Whys*. Andi [10], menganalisis dan mengidentifikasi risiko menggunakan metode FMEA dan TOPSIS yang bertujuan untuk mengidentifikasi sumber risiko, mengetahui dampak dan memberikan usulan perbaikan risiko selama proses pembuatan kayu lapis.

Pada PT. XYZ, tidak ada penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang manajemen risiko di proses produksi cup menggunakan integrasi metode FMEA, 5 *whys* dan TOPSIS. Maka dari itu, diharapkan bahwa penelitian ini dapat mengetahui dampak dan memberikan usulan perbaikan selama proses produksi cup yang menyebabkan penurunan kualitas produk.

Tujuan dari penelitian : (1) Mengetahui prioritas potensi risiko pada proses produksi cup PT. XYZ, (2) Menentukan usulan perbaikan untuk mengurangi terjadinya risiko pada proses produksi cup PT. XYZ.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

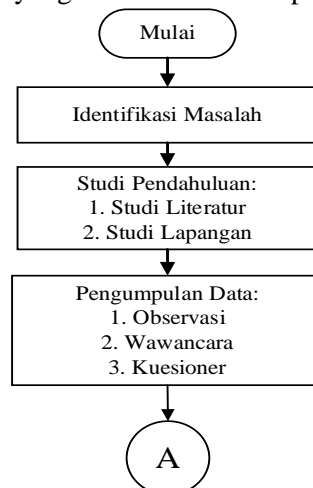
Penelitian ini berlangsung di PT. XYZ yang berada di Jawa Timur. Dalam penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan. Pada bulan Agustus 2024 sampai Januari 2025.

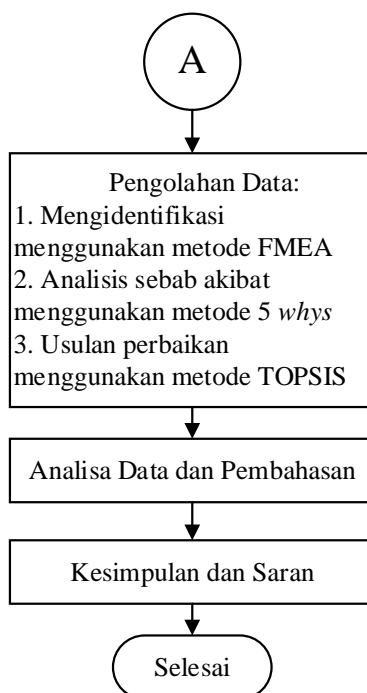
B. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil observasi, kuesioner dan wawancara. Kuesioner dan wawancara ini dilakukan dengan operator produksi, operator mesin dan *shift leader* karena memiliki perspektif peran yang penting dalam memahami proses produksi dan risiko yang mungkin muncul. Sedangkan data sekunder data yang didapat dari studi pustaka yang meliputi prosedur dan indikator penilaian serta gambaran umum tentang perusahaan pada PT. XYZ. Data sekunder juga didapatkan dari berbagai sumber seperti buku, laporan dan jurnal[11].

C. Alur Penelitian

Berikut ini merupakan alur penelitian yang dilakukan selama penelitian dapat dilihat pada gambar 1:





Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada pada perusahaan secara umum. Selanjutnya studi literatur dan studi lapangan yang merupakan bagian dari studi pendahuluan. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber seperti buku dan jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang ingin di selesaikan. Pada studi lapangan dilakukan untuk mengetahui secara langsung permasalahan yang terjadi pada proses produksi cup.

Pada tahap pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara dan kuesioner. Observasi dilakukan untuk mengamati jalannya proses produksi serta mengidentifikasi potensi risiko yang muncul. Wawancara dilakukan melalui pertanyaan secara lisan dengan para ahli yang memiliki pemahaman mendalam di bagian proses produksi. Narasumber dalam penelitian ini terdiri dari operator produksi, operator mesin, dan *shift leader*.

Selanjutnya data kejadian risiko pada proses produksi dihitung menggunakan pendekatan FMEA dengan menentukan nilai S, O, dan D. RPN merupakan angka yang menunjukkan prioritas risiko pada metode FMEA. RPN dihitung dengan perkalian S, O, D [11].

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

[12], [13], [14]

Tingkat keparahan, atau tingkat kerusakan adalah cara untuk menentukan tingkat kerusakan yang disebabkan oleh kegagalan proses dalam operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik. Indikator penilaian *Severity* (S) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Skala Nilai *Severity* (S) [10].

| Effect | Deskripsi | Rating |
|-----------------------------|---|--------|
| Tidak ada efek | Tidak ada efek | 1 |
| Sangat kecil | Kegagalan yang terabaikan pada kinerja sistem | 2 |
| Kecil | Kegagalan kecil tidak mempengaruhi <i>output</i> | 3 |
| Sangat rendah | Kegagalan kecil pada kinerja sistem | 4 |
| Rendah | Performa menurun secara bertahap | 5 |
| Sedang | Performa menurun sehingga mempengaruhi <i>output</i> | 6 |
| Tinggi | Sistem berfungsi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh | 7 |
| Sangat Tinggi | Sistem tidak berfungsi | 8 |
| Berbahaya dengan peringatan | Kegagalan sistem yang menyebabkan dampak bahaya | 9 |
| Berbahaya tanpa peringatan | Sistem yang gagal menyebabkan dampak sangat berbahaya | 10 |

Selanjutnya *occurrence* ditentukan berdasarkan jumlah gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan pada proses operasional pabrik[11]. Indikator penilaian *Occurrence* (O) dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Skala Nilai *Occurance* (O) [15].

| Kemungkinan Kegagalan | Tingkat Kegagalan | Tingkatan |
|--------------------------|-------------------|-----------|
| Kemungkinan sangat besar | 1 sampai 2 | 10 |
| | 1 sampai 3 | 9 |
| | 1 sampai 8 | 8 |
| Tinggi | 1 sampai 20 | 7 |
| | 1 sampai 80 | 6 |
| | 1 sampai 400 | 5 |
| Sedang | 1 sampai 2000 | 4 |
| | 1 sampai 1500 | 3 |
| | 1 sampai 150000 | 2 |
| Kecil | 1 sampai 1500000 | 1 |
| | | |

Selanjutnya dengan memilih tingkat deteksi, kegagalan dapat diidentifikasi sebelum terjadi. Tingkat deteksi dapat dipengaruhi oleh berbagai kontrol yang bagaimana proses berjalan[11]. *Detection* ditentukan dengan skala 1-10 seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 3** berikut ini:

Tabel 3. Skala Nilai *Detection* (D) [16].

| <i>Detection</i> | <i>Criteria of Detection by Process</i> | <i>Rating</i> |
|----------------------|---|---------------|
| Hampir tidak mungkin | Tidak ada alat kontrol untuk mendeteksi kegagalan | 10 |
| Sangat jarang | Kemungkinan sangat jarang alat kontrol mendeteksi kegagalan | 9 |
| Jarang | Alat pengontrol kemungkinan sangat sulit mendeteksi kegagalan | 8 |
| Sangat rendah | Alat <i>control</i> sangat rendah dalam mendeteksi kegagalan | 7 |
| Rendah | Alat <i>control</i> rendah dalam mendeteksi kegagalan | 6 |
| Sedang | Alat <i>control</i> memiliki kemampuan sedang dalam mendeteksi kegagalan | 5 |
| Agak tinggi | Alat <i>control</i> agak tinggi dalam mendeteksi kegagalan | 4 |
| Tinggi | Alat <i>control</i> tinggi dalam mendeteksi kegagalan | 3 |
| Sangat tinggi | Alat <i>control</i> memiliki kemampuan sangat tinggi dalam mendeteksi kegagalan | 2 |
| Hampir pasti | Alat <i>control</i> memiliki kemampuan hampir pasti dalam mendeteksi kegagalan | 1 |

Setelah mendapatkan nilai RPN langkah selanjutnya melakukan analisis menggunakan 5 *whys* guna mendapatkan dan mengidentifikasi sumber dari suatu permasalahan. 5 *Whys* adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan secara mendetail[6]. 5 *Whys* dilakukan dengan bertanya “ Mengapa” sebanyak 5 kali mengenai mengapa sebuah masalah teknik tersebut terjadi ketika saat menentukan akar penyebab dari suatu masalah[11]. Hasil dari analisis 5 *whys* memberikan solusi alternatif perbaikan atau langkah-langkah untuk mengurangi risiko terkait risiko produksi.

Setelah mengidentifikasi akar masalah yang menimbulkan risiko, untuk menentukan opsi mitigasi risiko terbaik atau solusi alternatif terbaik menggunakan metode TOPSIS. Metode TOPSIS digunakan untuk menentukan prioritas rekomendasi perbaikan berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan. *Benefit*, *Cost*, *Opportunity*, dan *Risk* (BCOR) digunakan untuk menentukan alternatif pertama. Dasar dari metode TOPSIS adalah alternatif yang terbaik tidak hanya memiliki jarak paling dekat ke solusi ideal positif (A+), tetapi juga memiliki jarak paling jauh dari solusi ideal negatif (A-).

Berikut merupakan tahapan-tahapan dalam metode TOPSIS:

- Menentukan matriks pengambilan keputusan yang ternormalisasi, hasil akar kuadrat dari nilai matrik keputusan masing-masing.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

Sumber: [11][17]

- Perhitungan matrik dikalikan dengan berat masing-masing kriteria untuk mengetahui seberapa berat matrik keputusan yang ternormalisasi.

$$W = W_1, W_2, W_3, \dots, W_n \quad (3)$$

$$Y_{ij} = W_j \times r_{ij} \quad (4)$$

Sumber: [11][17]

- c. Menentukan matrik solusi ideal positif dan negatif.

$$A^+ = \max (Y_1^+, Y_2^+, \dots, Y_n^+) \quad (5)$$

$$A^- = \min (Y_1^-, Y_2^-, \dots, Y_n^-) \quad (6)$$

Sumber: [11][17]

- d. Menghitung seberapa jauh nilai di setiap alternatif menggunakan matrik solusi ideal yang memiliki nilai positif dan negatif.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_i^+ - Y_{ij})^2} \quad (7)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_i^-)^2} \quad (8)$$

Sumber: [11][17]

- e. Menghitung nilai *reference* masing-masing alternatif (V_i).

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (9)$$

Sumber: [11]

- f. Alternatif A_i yang lebih populer ditandai dengan nilai V_i yang lebih tinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Risiko

Hasil identifikasi risiko untuk proses produksi cup dengan menggunakan metode FMEA berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan *expert* yaitu operator produksi, operator mesin, dan *shift leader*. Sehingga didapatkan 22 risiko yang terjadi selama proses produksi cup berlangsung. Seperti yang terlihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Identifikasi Risiko.

| Proses | Kode | Mode kegagalan (<i>Failure Mode</i>) | Potensi akibat dari kegagalan (<i>Potential failure effect</i>) |
|------------------------------|------|---|---|
| <i>Extruder (Roll sheet)</i> | E1 | Area <i>hopper</i> dan <i>extruder</i> kotor | Kerusakan pada mesin akibat akumulasi kotoran |
| | E2 | Salah memasukkan material | Kerugian material |
| | E3 | Hasil ketebalan <i>sheet</i> tidak rata | <i>Reject</i> akibat tidak memenuhi <i>standard</i> |
| | T1 | <i>Mold</i> (cetakan) miring | <i>Reject cup</i> |
| | T2 | <i>Mold cutting</i> belum di gerinding | <i>Reject cup</i> |
| <i>Thermoforming</i> | T3 | Design <i>plug assist</i> mengalami kausan | <i>Reject cup</i> |
| | T4 | Terdapat sisa produk sebelumnya di area produksi | Penumpukan sisa material |
| | T5 | <i>Static bar</i> tidak berfungsi | <i>Reject cup</i> |
| | T6 | Salah <i>upload resipe</i> parameter | <i>Reject cup</i> |
| | T7 | Cup jatuh didalam mesin <i>thermoforming</i> | <i>Reject cup</i> |
| | T8 | Cup jatuh dibawah <i>conveyor</i> | <i>Reject cup</i> |
| | T9 | <i>Setting temperature</i> melebihi <i>range standard</i> | <i>Reject cup</i> |
| <i>Printing</i> | PR1 | <i>Static bar</i> tidak berfungsi | <i>Reject cup</i> |
| | PR2 | <i>Bearing roll</i> mengalami aus | <i>Reject cup</i> |
| | PR3 | <i>Life time</i> lampu UV atau lampu UV tidak berfungsi | <i>Reject cup</i> |
| | PR4 | Terdapat bercak tinta didalam cup | <i>Reject cup</i> |
| <i>Packaging</i> | PA1 | Jumlah cup per karton kurang | Pengembalian produk |
| | PA2 | Tidak ada inner plastik didalam <i>box</i> kardus | Produk menjadi tidak higienis dan tidak sesuai dengan standar pengemasan. |
| | PA3 | Inner plastik dalam keadaan kotor | Kontaminasi produk yang dapat menyebabkan produk tidak layak digunakan. |

| | | | |
|-----------------------------|-----|---|---|
| | PA4 | Kontaminasi benda asing di area packing | Kontaminasi produk yang dapat menyebabkan produk tidak layak digunakan. |
| <i>Out going inspection</i> | O1 | Lipatan inner plastik tidak tertutup sempurna | Kontaminasi produk akibat paparan langsung terhadap lingkungan luar. |
| | O2 | Label terkelupas atau kurang melekat sempurna | Informasi produk tidak jelas atau hilang |

B. Hasil Perhitungan RPN

Penilaian RPN dilakukan dari hasil kuesioner pada *expert* dengan memberi nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* pada setiap mode kegagalan yang terjadi pada proses produksi cup. Nilai RPN didapatkan dari hasil perkalian S, O, dan D. Berikut adalah hasil perhitungan RPN dapat dilihat pada **Tabel 5**.

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= S \times O \times D \\ &= 10 \times 6 \times 4 \\ &= 240 \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan RPN

| Proses | Kode | Mode kegagalan (<i>Failure Mode</i>) | S | O | D | RPN |
|------------------------------|-----------|---|-----------|----------|----------|------------|
| <i>Extruder (Roll sheet)</i> | E1 | Area <i>hopper</i> dan <i>extruder</i> kotor | 5 | 4 | 4 | 94 |
| | E2 | Salah memasukkan material | 5 | 3 | 4 | 61 |
| | E3 | Hasil ketebalan <i>sheet</i> tidak rata | 5 | 3 | 8 | 114 |
| <i>Thermoforming</i> | T1 | <i>Mold</i> (cetakan) miring | 7 | 3 | 9 | 212 |
| | T2 | <i>Mold cutting</i> belum di gerinding | 6 | 1 | 5 | 45 |
| | T3 | <i>Design plug assist</i> mengalami kausan | 9 | 5 | 4 | 154 |
| | T4 | Terdapat sisa produk sebelumnya di area produksi | 2 | 2 | 8 | 32 |
| | T5 | <i>Static bar</i> tidak berfungsi | 7 | 4 | 7 | 202 |
| | T6 | Salah <i>upload resipe</i> parameter | 9 | 2 | 5 | 102 |
| | T7 | Cup jatuh didalam mesin <i>thermoforming</i> | 3 | 2 | 5 | 25 |
| | T8 | Cup jatuh dibawah <i>conveyor</i> | 3 | 2 | 5 | 21 |
| | T9 | <i>Setting temperature melebihi range standard</i> | 10 | 6 | 4 | 240 |
| <i>Printing</i> | PR1 | <i>Static bar</i> tidak berfungsi | 8 | 6 | 4 | 196 |
| | PR2 | <i>Bearing roll</i> mengalami aus | 6 | 5 | 6 | 179 |
| | PR3 | <i>Life time</i> lampu UV atau lampu UV tidak berfungsi | 6 | 4 | 4 | 110 |
| | PR4 | Terdapat bercak tinta didalam cup | 4 | 3 | 7 | 87 |
| <i>Packaging</i> | PA1 | Jumlah cup per karton kurang | 2 | 1 | 7 | 22 |
| | PA2 | Tidak ada inner plastik didalam <i>box</i> kardus | 3 | 2 | 8 | 50 |
| | PA3 | Inner plastik dalam keadaan kotor | 4 | 2 | 7 | 49 |
| | PA4 | Kontaminasi benda asing di area packing | 5 | 2 | 8 | 91 |
| <i>Out going inspection</i> | O1 | Lipatan inner plastik tidak tertutup sempurna | 2 | 1 | 7 | 12 |
| | O2 | Label terkelupas atau kurang melekat sempurna | 3 | 2 | 9 | 60 |

Berdasarkan **Tabel 5** nilai RPN tertinggi ada pada angka 240 yaitu *setting temperature melebihi range standard* yang mengakibatkan produk *overheat* dan *reject* pada cup. Sehingga dapat memfokuskan pengendalian risiko terhadap risiko tersebut.

C. Analisis 5 Whys

Analisis 5 *Whys* dilakukan untuk menemukan sumber masalah. Metode ini menggunakan pertanyaan langsung yang berfokus pada kinerja untuk dengan cepat menemukan masalah utama. Metode 5 *whys* dilakukan wawancara dengan *expert*. Metode ini mudah diterapkan dan dipelajari. Berikut penerapan metode 5 *Whys* untuk mencari akar dari permasalahan. Hasil *whys analysis* dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Analisis Akar Permasalahan Metode 5 *Whys*

| <i>Failure</i> | <i>Why 1</i> | <i>Why 2</i> | <i>Why 3</i> | <i>Why 4</i> | <i>Why 5</i> |
|--|---|--|---|--|--------------|
| <i>Setting temperature melebihi range standard</i> | Operator menaikkan suhu untuk mempercepat proses. | Operator tidak memiliki pemahaman yang cukup tentang efek suhu berlebih terhadap kualitas produk atau mesin. | Kurangnya pelatihan mengenai standar suhu dan dampaknya tidak diberikan secara rutin atau kurang efektif. | Perusahaan belum menetapkan SOP yang ketat | |

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| Sensor suhu tidak berfungsi dengan baik (eror atau kalibrasi tidak akurat) | Sensor sudah aus atau tidak dikalibrasi secara berkala. | Tidak ada jadwal pemeliharaan rutin atau pengecekan sensor secara berkala. | | |
| Operator tidak memahami batas suhu yang benar untuk peralatan tersebut | Operator tidak memahami pentingnya parameter suhu yang sesuai <i>standard</i> . | Kurangnya pelatihan atau pengarahan terkait pentingnya menjaga suhu dalam <i>range standard</i> . | Belum memiliki jadwal pelatihan rutin untuk memastikan pemahaman operator. | Kurangnya pemahaman tentang pentingnya jadwal pelatihan rutin. |
| Kelalaian operator | Operator terburu-buru | Operator tidak fokus dan tidak teliti | | |

Hasil dari analisis 5 *Whys* merupakan solusi alternatif perbaikan untuk mitigasi risiko proses produksi yang potensial. Dalam metode TOPSIS solusi alternatif diberi kode (A)[18]. Berikut ini solusi alternatif perbaikan atau tindakan mitigasi risiko yang dapat diberikan.

| Kode | Akar Permasalahan | Solusi Alternatif |
|------|---|---|
| A1 | Perusahaan belum menetapkan SOP yang ketat | Melakukan pengawasan terhadap SOP yang ada secara ketat dan memberikan informasi pertunjuk kerja[19] |
| A2 | Tidak ada jadwal <i>maintenance</i> sensor secara berkala | Melakukan <i>maintenance</i> mesin secara berkala dan menjaga kebersihan mesin[20],[21] |
| A3 | Kurangnya pemahaman tentang pentingnya jadwal pelatihan rutin | Memberikan pelatihan kepada operator untuk memastikan bahwa operator paham tentang <i>standard setting temperature</i> [22] |
| A4 | Operator tidak fokus dan tidak teliti | Pemantauan kinerja operator agar tetap focus dan teliti agar <i>setting temperature</i> tetap dibatas <i>standard</i> [20] |

Setelah mendapatkan opsi tindakan mitigasi risiko selanjutnya menentukan mitigasi risiko menggunakan metode TOPSIS.

D. Metode TOPSIS

Metode TOPSIS digunakan untuk menentukan solusi alternatif yang terbaik untuk mitigasi risiko. Terlebih dahulu menggunakan BCOR (*Benefit, Cost, Opportunity, dan Risk*) untuk menentukan kriteria alternatif yang akan dipilih[23]. Berikut merupakan penilaian yang digunakan untuk kriteria BCOR untuk setiap alternatif terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria BCOR [23],[18]

| Kriteria BCOR | Tingkatan | Rating | Kriteria BCOR | Tingkatan | Rating |
|---------------------|--------------|--------|-------------------------|-------------------|--------|
| <i>Benefit</i> (C1) | Sangat baik | 5 | <i>Opportunity</i> (C3) | Sangat siap | 5 |
| | Baik | 4 | | Siap | 4 |
| | Cukup | 3 | | Cukup Siap | 3 |
| | Buruk | 2 | | Tidak Siap | 2 |
| <i>Cost</i> (C2) | Sangat Buruk | 1 | <i>Risk</i> (C4) | Sangat tidak siap | 1 |
| | Sangat murah | 5 | | Sangat kecil | 5 |
| | Murah | 4 | | Kecil | 4 |
| | Sedang | 3 | | Sedang | 3 |
| | Mahal | 2 | | Besar | 2 |
| | Sangat Mahal | 1 | | Sangat besar | 1 |

Setelah itu, penilaian kriteria BCOR digunakan untuk menilai opsi tindakan mitigasi risiko. Sehingga didapatkan nilai BCOR untuk setiap mitigasi risiko atau solusi alternatif seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Penilaian untuk Kriteria BCOR

| Kode | Mitigasi (Solusi alternatif) | C1 | C2 | C3 | C4 |
|------|---|----|----|----|----|
| A1 | Melakukan pengawasan terhadap SOP yang ada secara ketat dan memberikan informasi petunjuk kerja[19] | 3 | 4 | 3 | 3 |
| A2 | Melakukan <i>maintenance</i> mesin secara berkala dan menjaga kebersihan mesin[20],[21] | 4 | 3 | 3 | 4 |
| A3 | Memberikan pelatihan kepada operator untuk memastikan bahwa operator paham tentang <i>standard setting temperature</i> [22] | 5 | 3 | 4 | 3 |
| A4 | Pemantauan kinerja operator agar tetap focus dan teliti agar <i>setting temperatute</i> tetap dibatas standard[20] | 5 | 4 | 2 | 4 |

Langkah selanjutnya adalah menggunakan metode TOPSIS untuk melakukan perhitungan. Matriks perbandingan alternatif yang memenuhi kriteria yang ditunjukkan pada **Tabel 8** akan dinormalisasikan menggunakan persamaan (2), sehingga didapatkan hasil matriks yang ternormalisasi pada **Tabel 9**. Berikut perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$\begin{aligned}
 r_{11} &= \frac{x_{11}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \\
 &= \frac{3}{\sqrt{(3^2+4^2+5^2+5^2)}} \\
 &= \frac{3}{8,66} \\
 &= 0,346
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Matrik Ternormalisasi

| Kode | C1 | C2 | C3 | C4 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| A1 | 0,346 | 0,566 | 0,487 | 0,424 |
| A2 | 0,462 | 0,424 | 0,487 | 0,566 |
| A3 | 0,577 | 0,424 | 0,649 | 0,424 |
| A4 | 0,577 | 0,566 | 0,324 | 0,566 |

Langkah selanjutnya adalah menentukan bobot dari setiap kriteria, bobot ini didapat dari hasil diskusi bersama dengan *supervisor* operator pada PT. XYZ yang dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Bobot Setiap Kriteria

| Nama Kriteria | Kode | Level Variabel | Bobot |
|--------------------|------|----------------|-------|
| <i>Benefit</i> | C1 | Sangat penting | 1 |
| <i>Cost</i> | C2 | Cukup penting | 0,5 |
| <i>Opportunity</i> | C3 | Penting | 0,75 |
| <i>Risk</i> | C4 | Sangat penting | 1 |

Setelah matriks ternormalisasi diperoleh, selanjutnya nilai matriks normalisasi dikalikan dengan bobot pada setiap kriteria agar mendapatkan solusi yang ideal. Berikut ini perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan persamaan (4).

$$\begin{aligned}
 y_{11} &= W_j \times r_{ij} \\
 &= 1 \times 0,346 \\
 &= 0,346
 \end{aligned}$$

Tabel 11. Solusi Ideal

| Ci | Solusi ideal | Max | Min |
|----|------------------------------|-------|-------|
| C1 | 0,346; 0,462 ; 0,577 ; 0,577 | 0,577 | 0,346 |
| C2 | 0,283; 0,212 ; 0,212 ; 0,283 | 0,283 | 0,212 |
| C3 | 0,365; 0,365 ; 0,487 ; 0,243 | 0,487 | 0,243 |
| C4 | 0,424; 0,566 ; 0,424 ; 0,566 | 0,566 | 0,424 |

Selanjutnya, Persamaan (5) dan Persamaan (6) digunakan untuk menentukan solusi ideal positif (v+) dan negatif (v-) untuk masing-masing kriteria, sehingga **Tabel 12** dihasilkan.

Tabel 12. Solusi Ideal Positif (v+) dan Negatif (v-)

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|-------|-------|-------|-------|
| V+ | 0,577 | 0,283 | 0,487 | 0,566 |
| V- | 0,346 | 0,212 | 0,243 | 0,424 |

Langkah selanjutnya, menghitung jarak antara solusi ideal positif (v+) dan negatif (v-) sehingga didapatkan seperti pada **Tabel 13**. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (7) dan persamaan (8) seperti dibawah ini:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_i^+ - Y_{ij})^2}$$

$$= \sqrt{(0,577-0,346)^2 + (0,283-0,283)^2 + (0,487-0,365)^2 + (0,566 - 0,424)^2}$$

$$= 0,297$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_i^-)^2}$$

$$= \sqrt{(0,346-0,346)^2 + (0,283-0,212)^2 + (0,365-0,243)^2 + (0,424 - 0,424)^2}$$

$$= 0,336$$

Tabel 13. Jarak Solusi Ideal Positif (V+) dan Solusi Ideal Negatif (V-)

| | | Alternatif | Jarak | Alternatif | Jarak |
|----|--|------------|-------|------------|-------|
| v+ | | A1 | 0,297 | A1 | 0,141 |
| | | A2 | 0,182 | A2 | 0,219 |
| | | A3 | 0,158 | A3 | 0,335 |
| | | A4 | 0,243 | A4 | 0,280 |

Langkah terakhir adalah menemukan nilai relatif dari *Risk Priority Index* (RPI) didasarkan pada jarak solusi terbaik. Alternatif dengan nilai RPI tertinggi menunjukkan bahwa itu adalah opsi terbaik yang ditentukan melalui metode TOPSIS. Hasil perhitungan nilai referensi untuk setiap alternatif ditunjukkan pada **Tabel 14**. Berikut adalah contoh bagaimana nilai referensi untuk setiap alternatif dihitung berdasarkan Persamaan (9).

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

$$= \frac{0,141}{0,141 + 0,297}$$

$$= 0,322$$

Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama seperti yang disebutkan di atas dan dilakukan hingga diperoleh seluruh nilai nilai referensi.

Tabel 14. Hasil Perhitungan *Reference*

| Alternatif | Nilai | Ranking |
|------------|-------|---------|
| A1 | 0,322 | 4 |
| A2 | 0,547 | 2 |
| A3 | 0,680 | 1 |
| A4 | 0,535 | 3 |

Berdasarkan nilai RPI pada **Tabel 14** menunjukkan bahwa peringkat untuk setiap pilihan solusi disusun berdasarkan nilai RPI tertinggi hingga terendah. Peringkat 1 menunjukkan bahwa A3 merupakan prioritas pertama untuk memberikan pelatihan kepada operator untuk memastikan bahwa operator paham tentang *standard setting temperature* [22]. Dengan memberikan pelatihan kepada setiap operator secara rutin dapat meningkatkan pemahaman operator terkait pentingnya pengaturan suhu dalam proses produksi. Dengan adanya pelatihan ini, operator dapat lebih terampil dalam mengoperasikan mesin, membaca indikator suhu dan menangani situasi jika terjadi penyimpangan suhu.

Solusi alternatif prioritas kedua berada pada alternatif A2 yaitu melakukan *maintenance* mesin secara berkala dan menjaga kebersihan mesin [20],[21]. Melakukan *maintenance* mesin secara berkala pada *setting temperature* yang telah ditentukan merupakan langkah penting dalam memastikan kinerja optimal dan mencegah terjadinya *overheating*, di mana proses ini mencakup pemeriksaan komponen utama seperti sensor suhu, sistem pendingin, dan pelumas yang berfungsi menjaga stabilitas termal, serta membersihkan bagian mesin dari debu, kotoran, atau residu yang dapat menghambat perpindahan panas, sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik

Solusi alternatif prioritas ketiga adalah A4 yaitu pemantauan kinerja operator agar tetap fokus dan teliti agar *setting temperature* tetap dibatas *standard* [20]. Melakukan pemantauan kinerja operator secara intensif sangat penting untuk memastikan operator tetap fokus dan teliti dalam menjalankan tugasnya, terutama dalam menjaga *setting temperature* agar tetap berada dalam batas *standard* yang telah ditetapkan.

Solusi alternatif prioritas keempat adalah A1 yaitu melakukan pengawasan terhadap SOP yang ada secara ketat dan memberikan informasi petunjuk kerja [19]. Untuk membantu operator mengingat dan mematuhi parameter yang benar, perusahaan dapat menyediakan panduan kerja visual seperti poster, stiker, atau diagram yang ditempatkan di area strategis seperti dekat mesin atau papan informasi yang secara jelas menampilkan rentang suhu standar, langkah-langkah pengaturan, dan konsekuensi dari kesalahan pengaturan, sehingga operator dapat dengan mudah merujuk pada informasi tersebut saat menjalankan proses produksi.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan analisis risiko yang dilakukan melalui metode FMEA terdapat 22 risiko selama proses produksi cup berlangsung. Risiko yang menjadi prioritas untuk diperbaiki yaitu *setting temperature* melebihi *range standard*. Berdasarkan hasil pencarian akar masalah menggunakan metode *5 whys* adalah perusahaan belum menetapkan SOP, tidak ada jadwal *maintanance* pada mesin, kurangnya pemahaman tentang pentingnya jadwal pelatihan dan operator tidak fokus dan tidak teliti. Hasil dari analisis prioritas perbaikan yang dilakukan menggunakan metode TOPSIS menghasilkan peringkat untuk tiap alternatif solusi. Dimana solusi A3 memiliki nilai RPI tertinggi dengan nilai 0,680, sehingga berada pada peringkat 1 dan menunjukkan bahwa solusi prioritas pertama yaitu memberikan pelatihan kepada operator untuk memastikan bahwa operator paham tentang *standard setting temperature*. Solusi prioritas kedua yaitu *maintenance* mesin secara berkala dan menjaga kebersihan mesin, kemudian solusi prioritas ketiga yaitu pemantauan kinerja operator agar tetap fokus dan teliti agar *setting temperatute* tetap dibatas *standard*, dan solusi prioritas keempat adalah melakukan pengawasan terhadap SOP yang ada secara ketat dan memberikan informasi pertunjuk kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT. XYZ sebagai tempat penelitian.

REFERENSI

- [1] H. Aulawi and W. Andriyas Kurniawan, "Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Dodol Menggunakan Metode FTA, FMEA dan AHP," *Jurnal Kalibrasi*, vol. 20, pp. 102–112, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.itg.ac.id/>
- [2] I. Marodiyah, A. Sidhi Cahyana, I. R. Nurmalasari, F. Sains, and D. Teknologi, "Risk Analysist of Sugarcane Cultivation Process in Sidoarjo Analisis Risiko Pada Proses Tanam Tebu Di Kabupaten Sidoarjo," *Procedia of Social Science and Humanities*, vol. 3, 2022, [Online]. Available: <https://pssh.umsida.ac.id>.
- [3] B. Salah, M. Alnahhal, and M. Ali, "Risk prioritization using a modified FMEA analysis in industry 4.0," *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, vol. 11, no. 4, pp. 460–468, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jer.2023.07.001.
- [4] M. Anisa, B. Burhan, and C. Indarto, "Food Safety Risk Analysis of Songkem Duck Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method," *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, vol. 8, no. 1, pp. 46–59, Jun. 2024, doi: 10.21070/prozima.v8i1.1682.
- [5] A. Li, "Risk assessment of crane operation hazards using modified FMEA approach with Z-number and set pair analysis," *Heliyon*, vol. 10, no. 9, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28603.
- [6] D. Rusdiana and O. Adria Fitra, "Artikel Penelitian Analisa Manajemen Resiko Laboratorium Farmasetika Untuk Persyaratan ISO 9001:2015 Menggunakan Metode 5 Why Analysis Pharmaceutical Laboratory Risk Management Analysis Using the 5 Why Analysis Method," *Jurnal Farmasi Indonesia*, vol. 4, pp. 41–47, 2023, [Online]. Available: <https://www.journal-afamedis.com/index.php/afamedis>
- [7] N. N. Sabila, A. Profita, and Y. Sukmono, "The application of fuzzy FMEA and TOPSIS methods in agricultural supply chain risk management (Case Study: Kabupaten Paser)," *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 18, no. 1, p. 23, Jun. 2022.
- [8] E. Y. Arifianto and R. Nurlita Briliana, "Identifikasi Penyebab dan Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Geomembrane Pabrik Plastik Menggunakan Pendekatan FMEA," *Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri dan Call for Paper*, vol. 1, no. 1, pp. 66–72, 2021.
- [9] Z. F. Cahyani and D. P. Sari, "ANALISIS PENGGUNAAN FMEA DALAM MENGIDENTIFIKASI RISIKO KEGAGALAN PROSES PRODUKSI PADA PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 13, no. 4, 2024.
- [10] A. Deny, A. Profita, and S. Gunawan, "Analisis Dan Pengembangan Strategi Mitigasi Risiko Pada Proses Produksi Kayu Lapis (Plywood) (Studi Kasus: PT. SLJ Global Tbk)," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 9, no. 1, p. 2023, 2023.
- [11] L. Dianati Fathimahhayati and F. Dwi Witriyan, "Integrasi FMEA dan TOPSIS dalam strategi mitigasi risiko K3 pada aktivitas pemesinan bubut: studi kasus di PT. SPPA (Integration of FMEA and TOPSIS for ohs risk mitigation strategy in lathe machining activities : case study in PT. SPPA)," *Journal of Applied Industrial Engineering*, vol. 2023, no. 1, pp. 77–88, 2023.
- [12] L. Hakim and Y. Japri, "Implementasi FMEA Pada Kegagalan Komponen Pneumatic Brake System Kendaraan Berat," *Jurnal Surya Teknika*, vol. 9, no. 2, pp. 423–434, 2022.

- [13] U. Alif and D. teguh Santoso, "Implementasi FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Pada Mesin Bubut Konvensional Di PT. Raja Ampat Indotim," *Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran*, vol. 5, no. 1, pp. 17–24, 2022.
- [14] E. Aristriyana and R. A Fauzi, "ANALISIS PENYEBAB KECACATAN PRODUK DENGAN METODE FISHBONE DIAGRAM DAN FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA PERUSAHAAN ELANG MAS SINDANG KASIH CIAMIS," *Jurnal Industrial Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2022.
- [15] W. A. S. Putra, E. M. Saputra, M. Miftakhurrohmah, and W. D. Lestari, "Analisa Kecacatan pada Produk Hasil Pengelasan dengan Metode FMEA dan Diagram Pareto Studi Kasus di Perusahaan PT. Aneka Jasa Teknik Gresik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 21–28, Apr. 2024.
- [16] B. Khrisdamara and D. Andesta, "Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus : PT. Bima, Site Pelabuhan Berlian)," *Serambi Engineering*, vol. VII, no. 3, 2022.
- [17] D. Wira Trise Putra, S. NoviaSanti, G. Yoga Swara, and E. Yulianti, "METODE TOPSIS DALAM SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN OBJEK WISATA," vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [18] L. Dianati Fathimahhayati and F. Dwi Witriyan, "Integrasi FMEA dan TOPSIS dalam strategi mitigasi risiko K3 pada aktivitas pemesinan bubut: studi kasus di PT. SPPA (Integration of FMEA and TOPSIS for ohs risk mitigation strategy in lathe machining activities : case study in PT. SPPA)," *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, vol. 2023, no. 1, pp. 77–88, 2023.
- [19] J. Jufrijal and F. Fitriadi, "Identifikasi Waste Crude Palm Oil dengan Menggunakan Waste Assessment Model," *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 8, no. 1, pp. 43–53, Jun. 2022.
- [20] N. Kartika and I. Y. Latifah, "ANALISIS LEAN MANUFACTURING DENGAN VALUE STREAM MAPPING UNTUK MENGIDENTIFIKASI WASTE PADA UD EXECUTIVE MAKMUR ABADI," *Accounting and Management Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 83–94, 2020.
- [21] T. Anis Safitri, S. Afni Laily, K. Muhammad, U. Jenderal Soedirman, and J. Tengah, "Pengendalian Kualitas di Line Painting Menggunakan Metode Six Sigma: Studi Kasus di PT ABC," *Jurnal Ilmiah*, vol. 22, no. 1, pp. 63–74, 2024.
- [22] M. H. Aiman and M. Nuruddin, "Analisis Kecacatan Produk Pada Mesin Pemotongan Dengan Menggunakan Metode FMEA di UD. Abdi Rakyat," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 9, no. 2, pp. 577–587, 2023.
- [23] 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 Ilmiah Teknik Industri*, vol. 20, no. 2, p. 109, Nov. 2021.

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.