

## Pengendalian Kualitas Produksi Bulu Mata Palsu Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA)

**Devanda Diar Ananditya<sup>1</sup>, Katon Muhammad<sup>2\*</sup>, Sachrul Iswahyudi<sup>3</sup>, Indra Permanajati<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>3,4</sup>Program Studi Magister Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Raya Mayjen Sungkono, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah, Indonesia

\*E-mail: katon.muhammad@gmail.com

### Abstrak

Industri bulu mata palsu di Indonesia, khususnya PT HSI di Purbalingga, menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas produksi akibat tingginya tingkat produk cacat. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko dalam proses produksi menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sedangkan FTA digunakan untuk menemukan akar penyebab kegagalan secara sistematis. Hasil analisis FMEA menunjukkan tiga risiko utama dengan RPN tertinggi, yaitu *knotting* bergeser saat dibuka (RPN 150), cairan perekat yang diberikan terlalu sedikit (RPN 140), dan *knotting* keriting saat dibuka (RPN 140). Analisis FTA mengungkap bahwa penyebab utama dari ketiga kegagalan ini meliputi faktor alat, metode kerja operator, serta ketidaktepatan dalam proses oven. Berdasarkan temuan tersebut, disusun berbagai usulan perbaikan, seperti penggantian rak dan kuas, penambahan *timer* otomatis, standarisasi prosedur kerja, dan pelatihan operator. Penerapan langkah-langkah ini diharapkan dapat menekan risiko kegagalan dan menjaga kualitas produk.

**Kata kunci:** bulu mata palsu, FMEA, FTA, pengendalian kualitas, RPN

### 1. Pendahuluan

Industri kecantikan di Indonesia mengalami pertumbuhan pesat dalam beberapa tahun terakhir, dengan lebih dari 1.200 pelaku usaha hingga awal 2024 [1]. Salah satu subsektor yang berkembang signifikan adalah industri bulu mata palsu. PT HSI adalah produsen bulu mata palsu untuk pasar ekspor yang berlokasi di Purbalingga dan menerapkan sistem *make to order*. Masalah utama pada kualitas produk adalah tingginya tingkat produk cacat yang melebihi toleransi *buyer*, sehingga menimbulkan *rework*, penolakan produk, dan biaya tambahan. Penyebabnya antara lain kesalahan operator, bahan baku yang tidak sesuai, keausan alat, serta pengendalian kualitas yang belum optimal. Menurut Qur'ani & Wahyuni (2024), dalam proses produksi, identifikasi mode kegagalan melalui FMEA menunjukkan bahwa beberapa tahapan produksi memiliki risiko kegagalan yang tinggi, sehingga menjadi titik kritis yang perlu diperhatikan untuk pengendalian kualitas [2]. Gani et al. (2023) menekankan pentingnya melakukan analisis akar penyebab secara sistematis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memicu kegagalan [3].

Untuk mengatasi permasalahan kualitas tersebut, digunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). FMEA berperan dalam mengidentifikasi mode kegagalan serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* [4], sedangkan FTA digunakan untuk menelusuri akar penyebab kegagalan melalui pendekatan *top-down* [5]. Namun, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang mengintegrasikan kedua metode tersebut pada proses produksi bulu mata palsu di industri kosmetik berorientasi ekspor. Selain itu, karakteristik proses produksi bulu mata palsu yang bersifat manual dan sangat bergantung pada ketelitian operator menyebabkan pola kegagalan yang berbeda dibandingkan dengan industri manufaktur lainnya.

Dengan menggabungkan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA), penelitian ini merumuskan permasalahan mengenai mode kegagalan yang terjadi, faktor penyebab utama kegagalan, serta upaya perbaikan yang diperlukan dalam proses produksi bulu mata palsu di PT HSI. Berdasarkan rumusan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menganalisis akar penyebab kegagalan

menggunakan FTA, serta menyusun rekomendasi perbaikan melalui FMEA dan FTA guna menekan efek kegagalan dan meningkatkan kualitas produksi.

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Departemen Produksi, PT HSI Kabupaten Purbalingga dengan menggunakan 2 metode yang digunakan untuk membantu mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan kualitas yang terjadi, yaitu sebagai berikut:

### a) *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*

*Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan memahami potensi kegagalan dalam produk atau proses, termasuk penyebab dan dampaknya terhadap sistem maupun pengguna. FMEA membantu menilai tingkat risiko tiap mode kegagalan agar tim dapat memprioritaskan tindakan perbaikan [4]. Dalam penelitian ini, penerapan skala penilaian FMEA disesuaikan dengan karakteristik proses produksi bulu mata palsu yang bersifat manual, penilaian risiko dilakukan melalui tiga parameter utama, yaitu:

#### 1) *Severity* (keparahan)

*Severity* menunjukkan dampak kegagalan terhadap produksi, dimana semakin besar dampaknya maka semakin tinggi nilainya, serta hanya bisa dikurangi dengan perubahan proses [4]. Berikut Tabel 1. yang menunjukkan kriteria *severity* yang digunakan dalam penelitian ini:

**Tabel 1.** Kriteria Penilaian *Severity*

| Efek   | Peringkat | Kriteria: Efek terhadap Proses (Manufaktur/Perakitan)               |
|--|-----------|---|
| Kegagalan Memenuhi<br>Keselamatan dan/atau<br>Regulasi | 10        | Membahayakan operator tanpa peringatan.                             |
| Kegagalan Memenuhi<br>Keselamatan dan/atau<br>Regulasi | 9         | Membahayakan operator dengan peringatan.                            |
| Kehilangan Fungsi Utama                                | 8         | 100% produk harus dibuang. Garis produksi berhenti.                 |
| Penurunan Fungsi Utama                                 | 7         | Sebagian produk harus dibuang. Penyimpangan dari proses utama.      |
| Kehilangan Fungsi<br>Sekunder                          | 6         | 100% produksi harus dikerjakan ulang di luar lini.                  |
| Penurunan Fungsi Sekunder                              | 5         | Sebagian produksi harus dikerjakan ulang di luar lini.              |
| Gangguan >75% pengguna                                 | 4         | 100% produk harus dikerjakan ulang di stasiun sebelum diproses.     |
| Gangguan sekitar 50%<br>pengguna                       | 3         | Sebagian produk harus dikerjakan ulang di stasiun sebelum diproses. |
| Gangguan <25% pengguna                                 | 2         | Gangguan kecil terhadap proses, operator, atau operasi.             |
| Tidak Ada Efek   | 1         | Tidak ada efek yang terlihat.                                       |

(Sumber: Carlson, 2012)

#### 2) *Occurrence* (kemungkinan kejadian)

*Occurrence* menggambarkan frekuensi potensi kegagalan, dimana semakin sering muncul maka semakin tinggi nilainya [4]. Berikut Tabel 2. yang menunjukkan kriteria tingkat kejadian yang digunakan dalam penelitian ini:

**Tabel 2.** Kriteria Penilaian *Occurrence*

| Kemungkinan Kegagalan | Kriteria: Kejadian Penyebab – PFMEA (Insiden per Item) | Peringkat |
|-----------------------|--|-----------|
| <i>Very High</i>      | $\geq 100$ per 1.000 ( $\geq 1$ dalam 10)              | 10        |
| <i>Very High</i>      | 50 per 1.000 (1 dalam 20)                              | 9         |
| <i>High</i>           | 20 per 1.000 (1 dalam 50)                              | 8         |
| <i>High</i>           | 10 per 1.000 (1 dalam 100)                             | 7         |
| <i>Moderate</i>       | 2 per 1.000 (1 dalam 500)                              | 6         |
| <i>Moderate</i>       | 0.5 per 1.000 (1 dalam 2.000)                          | 5         |
| <i>Low</i>            | 0.1 per 1.000 (1 dalam 10.000)                         | 4         |
| <i>Low</i>            | 0.01 per 1.000 (1 dalam 100.000)                       | 3         |
| <i>Very Low</i>       | $\leq 0.001$ per 1.000 (1 dalam 1.000.000)             | 2         |
| <i>Very Low</i>       | Kegagalan dihilangkan melalui kontrol pencegahan       | 1         |

(Sumber: Carlson, 2012)

3) *Detection* (kemampuan deteksi)

*Detection* menilai kemungkinan kegagalan tidak terdeteksi oleh kontrol, dimana semakin besar kemungkinan tidak terdeteksi maka semakin tinggi nilainya [4]. Berikut Tabel 3. yang menunjukkan kriteria *detection* yang digunakan dalam penelitian ini:

**Tabel 3.** Kriteria Penilaian *Detection*

| Kesempatan Deteksi             | Kriteria: Kemungkinan Deteksi oleh Kontrol Proses   | Peringkat | Kemungkinan Terdeteksi   |
|--------------------------------|---|-----------|--------------------------|
| Tidak Ada                      | Tidak ada kontrol proses; tidak bisa  | 10        | <i>Almost Impossible</i> |
| Kesempatan Deteksi             | dideteksi atau tidak dianalisis.  |           |                          |
| Tidak Mungkin                  |   |           |                          |
| Terdeteksi di Tahap Mana pun   | Mode kegagalan dan/atau penyebab sulit dideteksi (misalnya audit acak).   | 9         | <i>Very Remote</i>       |
| Deteksi Masalah                | Deteksi setelah proses oleh operator  | 8         | <i>Remote</i>            |
| Setelah Proses                 | menggunakan visual/taktile/auditori.  |           |                          |
| Deteksi Masalah di Sumber      | Deteksi di stasiun oleh operator menggunakan alat ukur atribut ( <i>go/no-go</i> , torsi manual, dll) atau setelah proses.  | 7         | <i>Very Low</i>          |
| Deteksi Masalah Setelah Proses | Deteksi setelah proses oleh operator menggunakan alat ukur variabel atau di stasiun ( <i>go/no-go</i> , torsi manual, dll).   | 6         | <i>Low</i>               |
| Deteksi Masalah di Sumber      | Deteksi di stasiun oleh operator atau kontrol otomatis yang memberi tahu operator ( <i>lampu, buzzer</i> ) – termasuk pengukuran <i>setup &amp; first piece check</i> . | 5         | <i>Moderate</i>          |

| Kesempatan Deteksi                  | Kriteria: Kemungkinan Deteksi oleh Kontrol Proses   | Peringkat | Kemungkinan Terdeteksi |
|-------------------------------------|---|-----------|------------------------|
| Deteksi Masalah                     | Deteksi setelah proses oleh kontrol otomatis yang mendeteksi dan mengunci   | 4         | <i>Moderately High</i> |
| Setelah Proses                      | bagian yang tidak sesuai untuk mencegah pemrosesan lebih lanjut.  |           |                        |
| Deteksi Masalah di Sumber           | Deteksi di stasiun oleh kontrol otomatis dan bagian dikunci langsung untuk mencegah proses selanjutnya.                       | 3         | <i>High</i>            |
| Deteksi/Pencegahan Kesalahan        | Deteksi dan pencegahan otomatis pada stasiun agar bagian tidak dapat dibuat cacat.  | 2         | <i>Very High</i>       |
| Tidak Berlaku; Pencegahan Kesalahan | Pencegahan kesalahan oleh desain alat, mesin, atau produk; cacat tidak bisa terjadi karena sudah dicegah di awal oleh desain. | 1         | <i>Almost Certain</i>  |

(Sumber: Carlson, 2012).

b) *Fault Tree Analysis (FTA)*

*Fault Tree Analysis (FTA)* adalah metode analisis untuk menggambarkan keterkaitan antara berbagai penyebab dalam sistem. Analisis ini ditampilkan dalam bentuk model diagram *top-down* yang menunjukkan jalur dan hubungan dalam sistem yang dapat menyebabkan terjadinya peristiwa puncak (*top event*), seperti kegagalan atau peristiwa yang tidak diinginkan. Jalur-penghubung antara kondisi dan kejadian penyumbang digambarkan menggunakan simbol logika standar [4].

Menurut Hauptmanns dan Werner (1991), tahapan pembuatan *Fault Tree Analysis (FTA)* secara umum yaitu [6]:

- Identifikasi *Top Level Event*, yaitu menentukan peristiwa puncak, seperti kehilangan pendingin atau pelepasan zat berbahaya. Proses ini memerlukan pemahaman mendalam terhadap fungsi, struktur, dan ruang lingkup sistem.
- Penyusunan *Fault Tree Analysis (FTA)*, dimulai dari *top event* ke kejadian penyebab mendasar. Hubungan antar peristiwa digambarkan dengan simbol logika seperti AND, OR, dan NOT.
- Analisis *Fault Tree Analysis (FTA)*, yaitu mengidentifikasi kombinasi minimal penyebab kegagalan (*minimal cut sets*) dan, jika diperlukan, menghitung probabilitas top event. Analisis bisa bersifat kualitatif atau kuantitatif untuk merumuskan mitigasi dan meningkatkan keandalan sistem.

Dalam *Fault Tree Analysis (FTA)*, hubungan antara penyebab utama dan penyebab dasar terjadinya cacat dianalisis secara logis melalui struktur pohon kesalahan yang digambarkan menggunakan simbol-simbol standar. Berikut adalah ilustrasi simbol utama yang umum digunakan dalam FTA [4]:

**Tabel 4.** Simbol Kejadian dan Gerbang pada FTA

| Fault Tree Event Symbols     |                    |   | Fault Tree Gate Symbols |                    |  |
|------------------------------|--------------------|---|-------------------------|--------------------|--|
| Primary Event Block          | Classic FTA Symbol | Description   | Name of Gate            | Classic FTA Symbol | Description  |
| Basic Event                  |                    | A basic initiating fault (or failure event).  | AND                     |                    | The output event occurs if all input events occur.   |
| Intermediate Event           |                    | A fault event that occurs because of one or more antecedent causes.                                 | OR                      |                    | The output event occurs if at least one of the input events occurs.                          |
| External Event (House Event) |                    | External events can be set to occur or not occur, that is, they have a fixed probability of 0 or 1. | Voting OR (k-out-of-n)  |                    | The output event occurs if k or more of the input events occur.                              |
| Undeveloped Event            |                    | An event which is not further developed. It is a basic event that does not need further resolution. | Inhibit                 |                    | The input event occurs if all input events occur and an additional conditional event occurs. |
| Conditioning Event           |                    | A specific condition or restriction that can apply to any gate.                                     | Priority AND            |                    | The output event occurs if all input events occur in a specific sequence.                    |
| Transfer                     |                    | Indicates a transfer continuation to a subtree.   | Exclusive OR            |                    | The output event occurs if exactly one input event occurs.                                   |

(Sumber: Carlson, 2012)

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko bertujuan mengetahui jenis kegagalan pada tiap tahapan proses produksi atau *workstation*. Data diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan karyawan yang terlibat langsung. Data risiko kegagalan yang telah diidentifikasi dapat dilihat pada Tabel 5. berikut:

**Tabel 5.** Identifikasi Risiko

| No | Workstation               | Failure Mode  |
|----|---------------------------|---|
| 1  | Knotting                  | Jarak antar knotting tidak sama<br>Motif silang kurang lebar<br>Ikatan kurang kencang   |
| 2  | Pengolesan Cairan Perekat | Cairan perekat ( <i>ethyl acetate</i> ) yang diberikan terlalu banyak<br>Cairan perekat ( <i>ethyl acetate</i> ) yang diberikan terlalu sedikit |
| 3  | Gosok                     | Senar pada knotting terputus<br>Senar kendor kurang tertarik kencang<br>Kain alas menghitam<br>Kerusakan pada alat setrika                      |
| 4  | Gulung                    | Motif silang hilang<br><i>Knotting</i> pecah saat akan digulung<br><i>Knotting</i> miring saat akan digulung                                    |
| 5  | Ikat                      | Gulungan lepas saat akan diikat   |

| No | Workstation                    | Failure Mode                                      |
|----|--------------------------------|---|
| 6  | Oven                           | Senar pada knotting tertarik                      |
|    |                                | Ikatan terlalu kencang                            |
|    |                                | <i>Knotting</i> gosong                            |
|    |                                | Korsleting dan masalah kelistrikan                |
|    |                                | Dinamo rusak                                      |
|    |                                | Alarm dan sensor kurang berfungsi                 |
| 7  | Buka Ikat                      | Kertas sobek saat dibuka                          |
|    |                                | <i>Knotting</i> keriting saat dibuka              |
|    |                                | <i>Knotting</i> bergeser                          |
| 8  | Potong Bentuk                  | Potongan tidak rata                               |
|    |                                | Potongan terlalu pendek                           |
|    |                                | Gunting kurang tajam                              |
|    |                                | Mal penanda dimensi rusak                         |
| 9  | Gunting                        | Potongan terlalu pendek                           |
|    |                                | Hasil ukuran tidak sesuai model                   |
|    |                                | Gunting kurang tajam                              |
| 10 | Tanam                          | Hasil kurang rapih sesuai titik                   |
|    |                                | <i>Knotting</i> terkena lem saat ditanam          |
|    |                                | Salah memotong bagian senar antar <i>knotting</i> |
| 11 | Pasang                         | <i>Knotting</i> rontok atau pecah                 |
|    |                                | Menaruh lem terlalu banyak                        |
|    |                                | Kualitas lem berkurang                            |
| 12 | <i>Packing &amp; Finishing</i> | Barcode tidak sesuai periode                      |
|    |                                | Karton <i>box</i> rusak atau sobek                |
|    |                                | <i>Inner box</i> rusak atau sobek                 |
|    |                                | Cover plastik kotor                               |

### 3.2. Penilaian Risiko

Kuesioner disebarluaskan kepada 3 responden berbeda untuk tiap tahapan produksi, kemudian dilakukan pengelompokan setiap nilai hasil kuesioner untuk mencari *Severity Index*, *Occurrence Index*, dan *Detection Index*. Setelahnya, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

Tabel 5. berikut menyajikan hasil perhitungan RPN untuk setiap mode kegagalan:

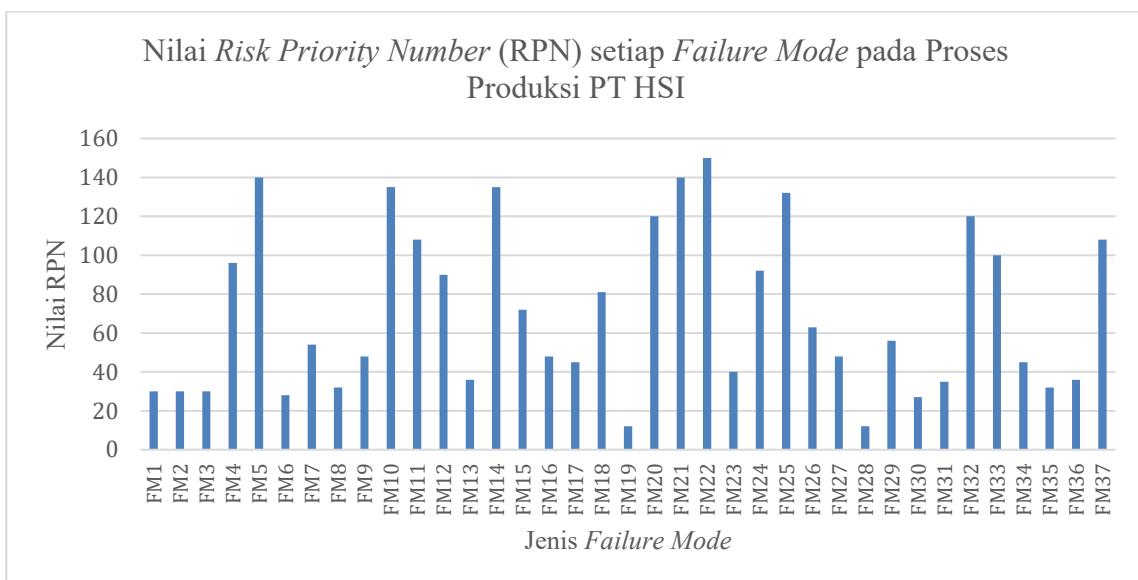
**Tabel 6.** Hasil Perhitungan *Risk Priority Number*

| No | Failure Mode    | INDEX |     |     | RPN |   |   | RPN |
|----|-----------------|-------|-----|-----|-----|---|---|-----|
|    |                 | S     | O   | D   | S   | O | D |     |
| 1  | <i>Knotting</i> | 23%   | 43% | 20% | 3   | 5 | 2 | 30  |

| No |                                 | Failure Mode   | INDEX |     |     | RPN |   |   | RPN |
|----|---------------------------------|--|-------|-----|-----|-----|---|---|-----|
|    |                                 |  | S     | O   | D   | S   | O | D |     |
| 2  |                                 | Motif silang kurang lebar  | 23%   | 47% | 20% | 3   | 5 | 2 | 30  |
| 3  |                                 | Ikatan kurang kencang  | 30%   | 43% | 20% | 3   | 5 | 2 | 30  |
| 4  | Pengolesan<br>Cairan<br>Perekat | Cairan perekat ( <i>ethyl acetate</i> ) yang diberikan terlalu banyak  | 33%   | 30% | 80% | 4   | 3 | 8 | 96  |
| 5  |                                 | Cairan perekat ( <i>ethyl acetate</i> ) yang diberikan terlalu sedikit | 40%   | 47% | 70% | 4   | 5 | 7 | 140 |
| 6  | Gosok                           | Senar pada knotting terputus   | 20%   | 67% | 20% | 2   | 7 | 2 | 28  |
| 7  |                                 | Senar kendor kurang tertarik kencang                                   | 23%   | 60% | 23% | 3   | 6 | 3 | 54  |
| 8  |                                 | Kain alas menghitam  | 40%   | 37% | 20% | 4   | 4 | 2 | 32  |
| 9  |                                 | Kerusakan pada alat setrika  | 77%   | 27% | 20% | 8   | 3 | 2 | 48  |
| 10 |                                 | Motif silang hilang  | 87%   | 50% | 30% | 9   | 5 | 3 | 135 |
| 11 | Gulung                          | <i>Knotting</i> pecah saat akan digulung                               | 57%   | 53% | 23% | 6   | 6 | 3 | 108 |
| 12 |                                 | <i>Knotting</i> miring saat akan digulung                              | 57%   | 50% | 23% | 6   | 5 | 3 | 90  |
| 13 | Ikat                            | Gulungan lepas saat akan diikat  | 83%   | 20% | 17% | 9   | 2 | 2 | 36  |
| 14 |                                 | Senar pada <i>knotting</i> tertarik                                    | 87%   | 50% | 30% | 9   | 5 | 3 | 135 |
| 15 |                                 | Ikatan terlalu kencang   | 37%   | 30% | 53% | 4   | 3 | 6 | 72  |
| 16 | Oven                            | <i>Knotting</i> gosong   | 60%   | 33% | 17% | 6   | 4 | 2 | 48  |
| 17 |                                 | Korsleting atau masalah kelistrikan                                    | 30%   | 47% | 23% | 3   | 5 | 3 | 45  |
| 18 |                                 | Dinamo rusak   | 90%   | 23% | 23% | 9   | 3 | 3 | 81  |
| 19 |                                 | Alarm dan sensor kurang berfungsi                                      | 13%   | 20% | 23% | 2   | 2 | 3 | 12  |
| 20 |                                 | Kertas sobek saat dibuka   | 93%   | 57% | 13% | 10  | 6 | 2 | 120 |
| 21 | Buka Ikat                       | <i>Knotting</i> keriting saat dibuka                                   | 100%  | 70% | 13% | 10  | 7 | 2 | 140 |
| 22 |                                 | <i>Knotting</i> bergeser   | 93%   | 43% | 23% | 10  | 5 | 3 | 150 |
| 23 | Potong                          | Potongan tidak rata  | 50%   | 33% | 17% | 5   | 4 | 2 | 40  |
| 24 |                                 | Potongan terlalu pendek  | 90%   | 20% | 17% | 9   | 2 | 2 | 36  |
| 25 |                                 | Gunting kurang tajam   | 53%   | 33% | 20% | 6   | 4 | 2 | 48  |
| 26 | Bentuk                          | Mal penanda dimensi rusak  | 63%   | 27% | 27% | 7   | 3 | 3 | 63  |
| 27 |                                 | Potongan terlalu pendek  | 67%   | 37% | 20% | 7   | 4 | 2 | 56  |
| 28 |                                 | Hasil ukuran tidak sesuai model  | 57%   | 40% | 20% | 6   | 4 | 2 | 48  |
| 29 | Gunting                         | Gunting kurang tajam   | 63%   | 57% | 20% | 7   | 6 | 2 | 84  |
| 30 |                                 | Hasil kurang rapih sesuai titik  | 20%   | 57% | 10% | 2   | 6 | 1 | 12  |
| 31 | Tanam                           | <i>Knotting</i> terkena lem saat ditanam                               | 67%   | 33% | 13% | 7   | 4 | 2 | 56  |
| 32 |                                 | Salah memotong bagian senar antar <i>knotting</i>                      | 90%   | 27% | 10% | 9   | 3 | 1 | 27  |
| 33 | Pasang                          | <i>Knotting</i> rontok atau pecah                                      | 67%   | 47% | 10% | 7   | 5 | 1 | 35  |
| 34 |                                 | Menaruh lem terlalu banyak   | 80%   | 23% | 47% | 8   | 3 | 5 | 120 |
| 35 |                                 | Kualitas lem berkurang   | 47%   | 40% | 47% | 5   | 4 | 5 | 100 |
| 36 | Packing &                       | Barcode tidak sesuai periode   | 43%   | 27% | 30% | 5   | 3 | 3 | 45  |
| 37 | Finishing                       | Karton box rusak atau sobek  | 80%   | 20% | 20% | 8   | 2 | 2 | 32  |

| No | Failure Mode               | INDEX |     |     | RPN |   |   | RPN |
|----|----------------------------|-------|-----|-----|-----|---|---|-----|
|    |                            | S     | O   | D   | S   | O | D |     |
| 38 | Inner box rusak atau sobek | 53%   | 20% | 23% | 6   | 2 | 3 | 36  |
| 39 | Cover plastik kotor        | 53%   | 56% | 26% | 6   | 6 | 3 | 108 |

**Gambar 1.** menunjukkan distribusi nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap *failure mode* pada proses produksi bulu mata palsu di PT HSI. Nilai RPN yang bervariasi menunjukkan perbedaan tingkat risiko antar mode kegagalan. *Failure mode* dengan nilai RPN tertinggi menunjukkan potensi risiko paling signifikan terhadap kualitas produksi dan diprioritaskan untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan metode FTA, sedangkan nilai RPN rendah menunjukkan risiko yang relatif terkendali.



**Gambar 1.** Nilai RPN setiap *Failure Mode* pada Proses Produksi PT HSI

### 3.3. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan berdasarkan identifikasi mode kegagalan yang muncul dalam proses produksi bulu mata palsu. Berikut Tabel 7. yang menyajikan daftar *failure mode*, efek, penyebab, pengendalian saat ini, sebagai dasar dalam pembuatan *Fault Tree Analysis* (FTA).

**Tabel 7.** Hasil FMEA Proses Produksi Bulu Mata Palsu

| No | Failure Mode    | Potential Effects of Failure    | Potential Causes of Failure          | Current Controls                               |
|----|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1  | <i>Knotting</i> | Jarak antar knotting tidak sama | Harus diperbaiki ulang oleh operator | Kurangnya konsentrasi atau pengalaman operator |
|    |                 | Motif silang kurang lebar       | Harus diperbaiki ulang oleh operator | Kesalahan teknik menyimpul oleh operator       |

| No | Failure Mode  | Potential Effects of Failure   | Potential Causes of Failure                             | Current Controls  |   |
|----|---|--|---|---|---|
|    |   |  |   |   |   |
| 2  | Ikatan kurang kencang   | Jarak kurang presisi, harus dikencangkan                               | Tegangan benang tidak cukup kuat saat pengikatan        | Ikatan senar dikencangkan sebelum memulai proses <i>knitting</i>  |   |
|    | Cairan perekat ( <i>ethyl acetate</i> ) yang diberikan terlalu banyak | Mengakibatkan hasil menjadi terlalu keras                              | Kurang ketelitian operator dan kurangnya kualitas kuas  | Pengolesan cairan perekat masih menggunakan perkiraan dan kebiasaan operator.                                   |   |
| 3  | Cairan Perekat  | Cairan perekat ( <i>ethyl acetate</i> ) yang diberikan terlalu sedikit | Kurang merekat sehingga struktur tidak kuat             | Kurang ketelitian operator dan kurangnya kualitas kuas  | Pengolesan cairan perekat masih menggunakan perkiraan dan kebiasaan operator. |
|    | Senar pada <i>knitting</i> terputus                                   | Produk gagal atau harus disambung ulang                                | Tarikan senar terlalu kencang dan kualitas senar kurang | Produk dengan senar terputus dipisahkan atau dicoba disambung jika memungkinkan                                 |   |
| 4  | Gosok   | Senar kendor kurang tertarik kencang                                   | Bulu mata keriting                                      | Operator kurang menarik senar sebelum proses gosok  | Operator mencoba menarik senar dengan hati-hati agar lurus sebelum digosok    |
|    | Kain alas menghitam   | Mengganggu penglihatan operator  | Suhu setrika terlalu tinggi atau alat kotor             | Operator mengurangi suhu setrika jika terlihat menghitam dan melakukan pembersihan alat setrika jika diperlukan |   |
| 5  | Gulung  | Kerusakan pada alat setrika  | Proses terhambat menunggu perbaikan atau penggantian    | Kerusakan alat akibat pemakaian terus-menerus dan usia pakai alat elektronik                                    | Perbaikan atau penggantian alat setrika jika benar-benar rusak                |
|    | Motif silang hilang   | Produk rusak dan tidak bisa diperbaiki                                 | Proses gosok kurang rapi                                | QC melakukan pengecekan visual dan <i>knitting</i> dengan motif hilang dipisahkan                               |   |
| 6  | Ikat  | <i>Knitting</i> pecah saat akan digulung                               | Produk rusak dan tidak bisa diperbaiki                  | Kualitas rambut kurang  | QC melakukan pengecekan visual dan <i>knitting</i> pecah dipisahkan           |
|    | <i>Knitting</i> miring saat akan digulung                             | Diperbaiki ulang jika belum fatal                                      | Pemosision rambut tidak tepat saat digulung             | Produk miring diperbaiki ulang jika belum fatal   |   |
| 5  | Ikat  | Gulungan lepas saat akan diikat  | Bentuk berubah dan belum bisa diikat                    | Gulungan kurang rapih atau kualitas kertas kurang   | Produk dikembalikan untuk diperbaiki pada proses gulung                       |
|    | Senar pada <i>knitting</i> tertarik                                   | Struktur rusak dan tidak stabil  | Senar tidak sengaja tertarik saat proses ikat           | Operator berhati-hati dalam pemindahan dan penanganan gulungan sebelum proses ikat                              |   |
| 6  | Oven  | Ikatan terlalu kencang   | Menyebabkan bentuk tidak sesuai                         | Tekanan ikat berlebihan oleh operator   | Kuat pengikatan masih menggunakan perkiraan dan kebiasaan operator            |
|    | <i>Knitting</i> gosong  | Produk rusak tidak bisa dipakai  | Suhu oven terlalu tinggi                                | Pengaturan suhu oven berdasarkan pengalaman operator  |   |
|    | Korsleting dan masalah kelistrikan                                    | Proses terhenti dan berbahaya  | Instalasi listrik tidak aman                            | Memanggil teknisi jika ada masalah kelistrikan  |   |

| No | Failure Mode                             | Potential Effects of Failure                    | Potential Causes of Failure   | Current Controls  |
|----|--|---|---|---|
| 7  | Dinamo rusak                             | Proses terhenti menunggu perbaikan              | Komponen mesin aus atau tidak dirawat                                   | Perbaikan komponen dinamo jika memungkinkan atau penggantian komponen baru  |
|    | Alarm dan sensor kurang berfungsi        | Risiko overheat dan kerusakan produk            | Sensor tidak dikalibrasi atau rusak                                     | Mengandalkan perkiraan waktu pemanasan oleh operator  |
| 7  | Kertas sobek saat dibuka                 | Kertas tidak bisa digunakan ulang, produk rusak | Kualitas kertas jelek atau sudah tua                                    | Mengganti kertas yang sudah tidak layak digunakan ulang dengan kertas baru  |
|    | <i>Knotting</i> keriting saat dibuka     | Produk rusak dan tidak bisa diperbaiki          | Pemanasan berlebih di proses oven dan permasalahan pada kualitas rambut | QC melakukan pengecekan visual dan <i>knotting</i> keriting dipisahkan  |
| 8  | <i>Knotting</i> bergeser                 | Bentuk tidak sesuai dan motif hilang            | Penanganan sebelum, saat, dan setelah proses oven kurang baik           | QC melakukan pengecekan visual dan <i>knotting</i> bergeser dikembalikan untuk diperbaiki jika memungkinkan.        |
|    | Potongan tidak rata                      | Hasil tidak rapi                                | Kesalahan saat pemotongan oleh operator                                 | QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan bulu mata palsu potongan tidak rata dikembalikan untuk diperbaiki |
| 8  | Potongan terlalu pendek                  | Produk rusak tidak bisa digunakan               | Kesalahan saat pemotongan oleh operator                                 | Bulu mata palsu yang terlalu pendek dipisahkan  |
|    | Gunting kurang tajam                     | Potongan tidak halus                            | Gunting sudah tumpul karena pemakaian lama                              | Disediakan alat pengasah untuk gunting dan diganti baru jika sudah tidak memungkinkan                               |
| 9  | Mal penanda dimensi rusak                | Potongan tidak rata                             | Mal rusak akibat terkena gunting atau tekanan                           | Penggantian mal jika sudah sangat rusak   |
|    | Potongan terlalu pendek                  | Produk rusak tidak bisa digunakan               | Kesalahan pemotongan oleh operator                                      | Bulu mata palsu yang terlalu pendek dipisahkan  |
| 9  | Hasil ukuran tidak sesuai model          | Produk ditolak karena tidak sesuai              | Operator kurang teliti saat memotong menyesuaikan detail model          | QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan bulu mata palsu tidak sesuai model dipisahkan                     |
|    | Gunting kurang tajam                     | Potongan tidak halus                            | Gunting sudah aus dan tumpul  | Penggantian gunting jika benar-benar tidak layak pakai  |
| 10 | Hasil kurang rapi sesuai titik           | Dikembalikan ke operator untuk diperbaiki       | Kurangnya ketelitian saat menanam dengan pinset                         | QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan produk kurang rapi dikembalikan untuk diperbaiki                  |
|    | <i>Knotting</i> terkena lem saat ditanam | <i>Knotting</i> rusak dan harus diganti         | Operator menaruh lem terlalu dekat dengan helai bulu mata palsu         | QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan produk terkena lem dipisahkan                                     |

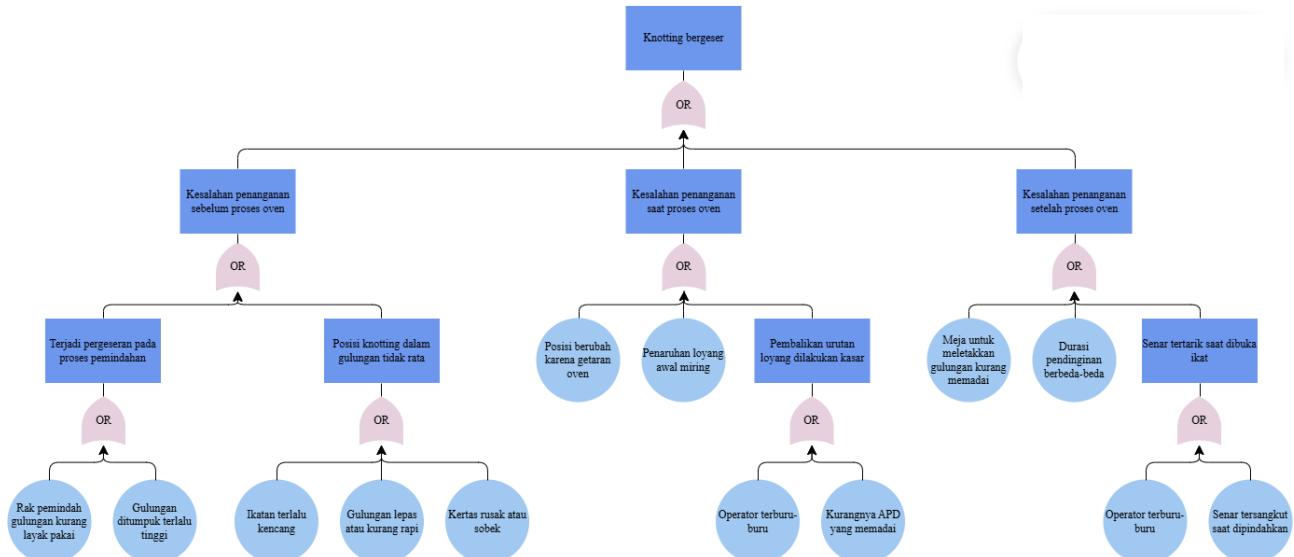
| No | Failure Mode                               | Potential Effects of Failure                   | Potential Causes of Failure                       | Current Controls   |   |
|----|--|--|---|--|---|
|    |  |  |   |  |   |
|    | Salah memotong bagian senar antar knotting | Jumlah knotting tidak sesuai                   | Operator salah memotong senar                     | Produk tidak sesuai jumlah diperbaiki jika memungkinkan                              |   |
|    | Knotting rontok atau pecah                 | Knotting rusak tidak bisa diperbaiki           | Kelebihan lem atau simpul tidak kuat              | QC melakukan pengecekan kekuatan pasang secara acak dan produk rontok dipisahkan     |   |
| 11 | Pasang                                     | Menaruh lem terlalu banyak                     | Knotting rusak tidak bisa diperbaiki              | Lem diaplikasikan secara berlebihan  | Produk dengan lem berlebihan dipisahkan   |
|    | Kualitas lem berkurang                     | Pengeleman tidak rata dan produk rusak         | Lem disimpan terlalu lama dalam gudang            | Penggantian lem jika dianggap sudah tidak baik                                       |   |
|    | Barcode tidak sesuai periode               | Tidak bisa digunakan karena salah identifikasi | Kesalahan pencatatan atau pencetakan              | Pengecekan visual barcode sebelum dikemas dan penggantian dengan barcode yang sesuai |   |
| 12 | Packing & Finishing                        | Karton box rusak atau sobek                    | Tidak bisa digunakan untuk pengemasan             | Kesalahan penanganan, pelipatan, atau kesalahan pencetakan                           | Menggunakan karton box yang masih bisa dipakai  |
|    |  | Inner box rusak atau sobek                     | Tidak bisa digunakan untuk pengemasan             | Kesalahan saat melipat inner box atau pencetakan                                     | Menggunakan inner box yang masih bisa dipakai   |
|    |  | Cover plastik kotor                            | Jika lecet dan terlalu kotor tidak bisa digunakan | Plastik kotor karena tidak disimpan dengan baik                                      | Membersihkan plastik jika tidak terlalu kotor dan mengganti yang baru jika tidak memungkinkan |

Berdasarkan hasil analisis FMEA terhadap proses produksi bulu mata palsu, ditemukan tiga mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Posisi pertama ditempati oleh kegagalan knotting bergeser pada proses buka ikat dengan RPN sebesar 150. Dua kegagalan lainnya dengan RPN tinggi yaitu 140, terjadi pada proses pengolesan cairan perekat dan kembali pada buka ikat (*knotting* keriting saat dibuka). Tingginya RPN pada ketiga mode kegagalan ini menunjukkan bahwa tahapan pengolesan cairan perekat dan buka ikat merupakan titik kritis yang sangat menentukan keberhasilan hasil produksi secara keseluruhan.

### 3.4. Fault Tree Analysis (FTA)

Hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk tiga masalah utama dalam proses produksi bulu mata palsu yang diidentifikasi berdasarkan RPN tertinggi, akan menguraikan akar penyebab tiap kegagalan secara lebih rinci. Analisis ini memberikan dasar yang jelas untuk merancang langkah-langkah perbaikan yang tepat pada tahapan kritis produksi. Temuan ini sejalan dengan studi Qur'ani & Wahyuni (2024), yang menunjukkan bahwa integrasi FMEA dan FTA efektif dalam mengidentifikasi titik kritis pada proses manufaktur, sehingga memungkinkan perusahaan memperbaiki prosedur dan mengalokasikan sumber daya secara tepat untuk mengurangi risiko kegagalan [2].

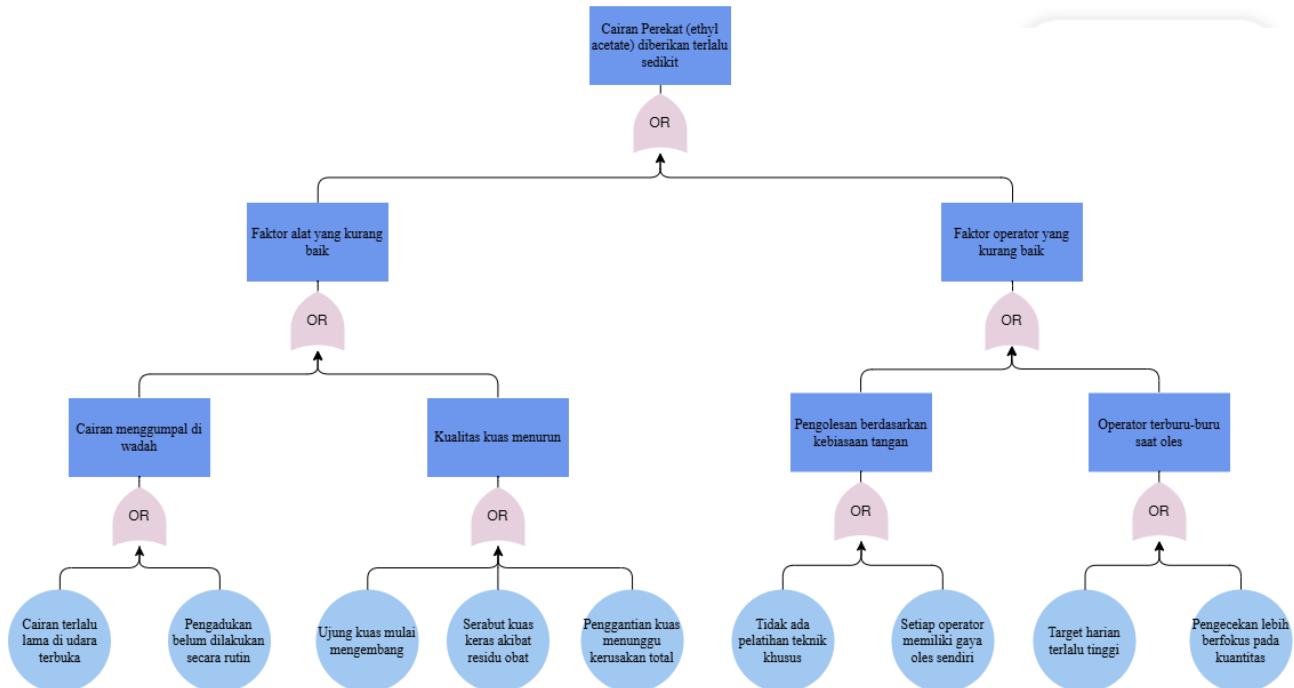
#### a. Fault Tree Analysis Knotting Bergeser



**Gambar 2.** Diagram FTA Knotting Bergeser

*Knotting* bergeser merupakan kerusakan berubahnya posisi helai rambut yang telah diikat selama proses produksi, khususnya pada tahap pemindahan, oven, dan pasca-oven. Pada FTA ini, kesalahan bisa berasal dari tiga titik utama, yaitu sebelum oven, saat oven, dan setelah oven.

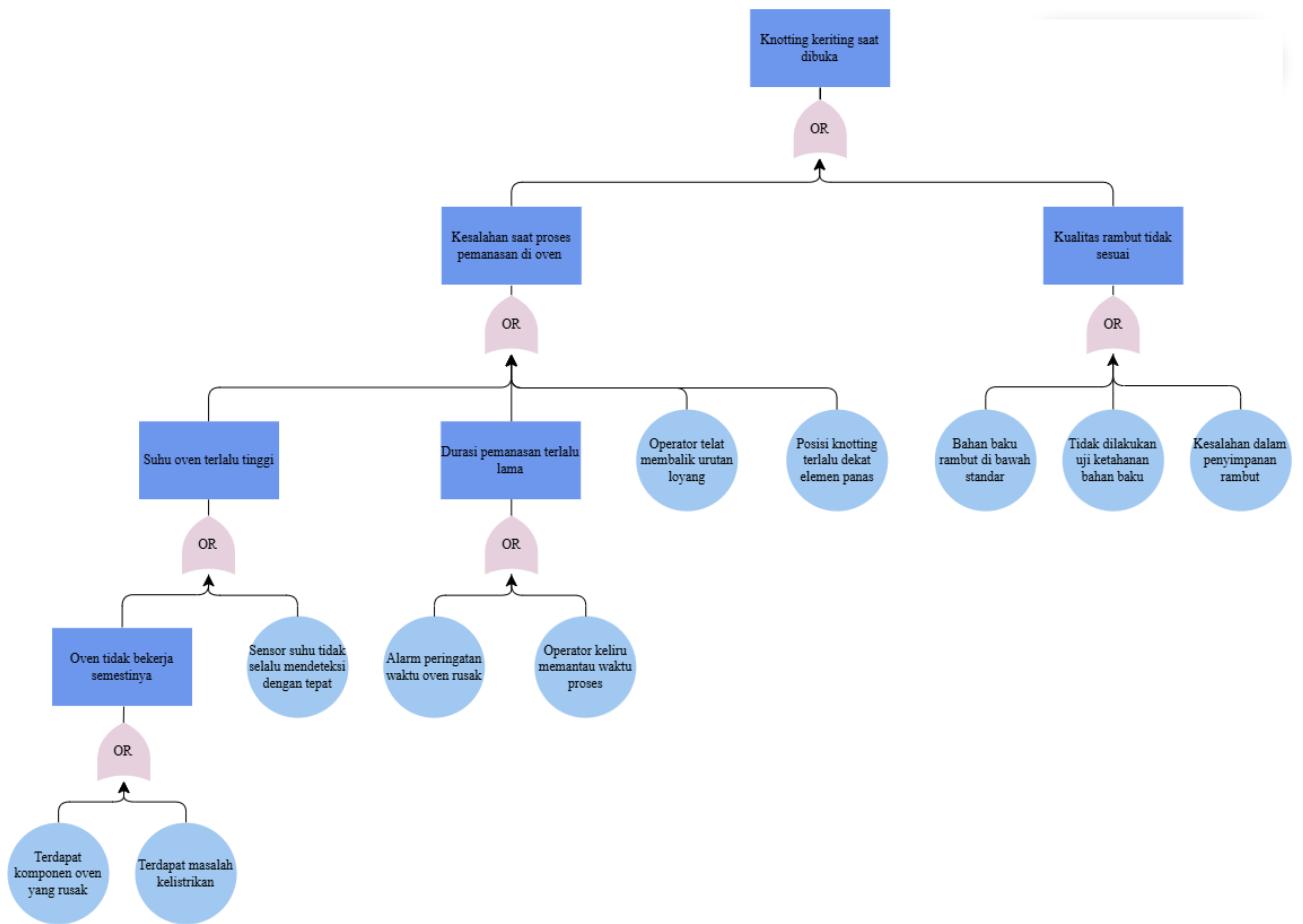
**b. Fault Tree Analysis Cairan Perekat (ethyl acetate) Diberikan Terlalu Sedikit**



**Gambar 3.** Diagram FTA Cairan Perekat Diberikan Terlalu Sedikit

Proses pengolesan cairan perekat bertujuan merekatkan simpul rambut dan menjaga bentuk bulu mata saat dipanaskan. Jika cairan perekat diberikan terlalu sedikit, daya rekat menurun sehingga struktur simpul bisa lepas atau tidak kuat menahan pemanasan.

**c. Fault Tree Analysis Knotting Keriting saat Dibuka**



**Gambar 4.** Diagram FTA Knotting Kering saat Dibuka

Masalah *knotting* keriting saat dibuka memiliki dua faktor penyebab utama, yaitu kesalahan saat proses pemanasan di oven dan kualitas rambut tidak sesuai..

### 3.5. Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan dianalisis berdasarkan *basic event* pada diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) yang telah disusun. Berikut Tabel 8. yang menyajikan usulan perbaikan yang ditujukan untuk mengatasi penyebab kegagalan pada tiap tahapan proses.

**Tabel 8.** Usulan Perbaikan

| No. | Akar Masalah                             | Usulan Perbaikan  |
|-----|--|---|
| 1   | Rak pemindah gulungan kurang layak pakai | Ganti atau perbaiki rak dengan material kokoh dan roda yang mudah digerakkan  |
| 2   | Gulungan ditumpuk terlalu tinggi         | Tambahkan rak bertingkat agar penyimpanan lebih aman dan teratur  |
| 3   | Ikatan terlalu kencang                   | Standardisasi ketegangan ikat dengan alat bantu atau pelatihan ulang  |
| 4   | Gulungan lepas atau kurang rapi          | Cek ulang kerapian sebelum proses oven dan perbaiki yang masih kurang   |
| 5   | Kertas rusak atau sobek                  | Gunakan kertas dengan gramasi lebih tinggi, cek kualitas sebelum dipakai  |
| 6   | Operator terburu-buru                    | Atur ulang target kerja harian agar lebih realistik, beri waktu <i>buffer</i> antar proses                                |
| 7   | Kurangnya APD yang memadai               | Sediakan APD seperti sarung tangan panas, masker, dan celemek secara lengkap, lakukan inspeksi pemakaian APD secara rutin |

| No. | Akar Masalah                                    | Usulan Perbaikan   |
|-----|---|--|
| 8   | Senar tersangkut saat dipindahkan               | Gunakan <i>tray</i> atau wadah saat memindahkan gulungan, lebih berhati-hati dalam penanganan              |
| 9   | Cairan terlalu lama di udara terbuka            | Tutup wadah cairan setelah pemakaian, gunakan wadah tertutup saat tidak digunakan                          |
| 10  | Pengadukan belum dilakukan secara rutin         | Buat prosedur pengadukan per <i>batch</i> , jadwalkan pengadukan dengan timer                              |
| 11  | Ujung kuas mulai mengembang                     | Ganti kuas secara berkala, gunakan kuas dengan bahan lebih awet  |
| 12  | Serabut kuas keras akibat residu cairan perekat | Bersihkan kuas setiap akhir <i>shift</i> , rendam dalam cairan pembersih khusus                            |
| 13  | Penggantian kuas menunggu kerusakan total       | Buat jadwal preventif penggantian kuas tiap waktu tertentu   |
| 14  | Tidak ada pelatihan teknik khusus               | Standardisasi teknik pengolesan dengan kuas atau pelatihan ulang   |
| 15  | Setiap operator punya gaya oles sendiri         | Standardisasi teknik pengolesan dengan kuas atau pelatihan ulang   |
| 16  | Target harian terlalu tinggi                    | Tinjau ulang kapasitas maksimal per jam dan evaluasi ulang target  |
| 17  | Pengecekan lebih berfokus pada kuantitas        | Evaluasi kinerja berdasarkan kualitas, bukan hanya kuantitas jumlah produksi                               |
| 18  | Terdapat komponen mesin oven yang rusak         | Lakukan perawatan mesin rutin dan inspeksi harian oven, lakukan pergantian komponen yang sudah tidak layak |
| 19  | Terdapat masalah kelistrikan pada oven          | Periksa instalasi listrik secara berkala, panggil teknisi listrik berpengalaman jika terjadi masalah       |
| 20  | Bahan baku rambut di bawah standar              | Terapkan inspeksi material masuk dengan spesifikasi kualitas minimum                                       |
| 21  | Tidak dilakukan uji ketahanan bahan baku        | Tambahkan tahapan uji ketahanan sebelum produksi massal  |
| 22  | Kesalahan dalam penyimpanan rambut              | Buat sistem penyimpanan sesuai standar suhu & kelembapan dalam gudang tertutup                             |

Tabel usulan perbaikan di atas disusun berdasarkan identifikasi akar masalah yang berasal dari *basic event* dalam diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) pada proses produksi bulu mata palsu. Setiap poin perbaikan bertujuan untuk menurunkan potensi terjadinya kesalahan yang terdapat pada *basic event* pada diagram FTA sebelumnya, dengan mempertimbangkan tingkat urgensi perbaikan serta kelayakan penerapannya pada kondisi operasional perusahaan, sehingga rekomendasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan perbaikan proses produksi bulu mata palsu di PT HSI.

Usulan ini sekaligus menjadi dasar bagi pengambilan keputusan, mulai dari alokasi sumber daya, penentuan prioritas pengendalian kualitas, hingga penyusunan strategi untuk menimbulkan produk *defect*. Dengan menerapkan perbaikan yang tepat, PT HSI dapat meningkatkan efisiensi produksi, menjaga konsistensi kualitas, dan menekan biaya akibat kerugian produksi.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini mengenai pengendalian kualitas proses produksi bulu mata palsu di PT HSI dengan menggunakan metode FMEA dan FTA adalah sebagai berikut:

- a. Temuan utama penelitian menunjukkan bahwa dari total 34 mode kegagalan yang teridentifikasi melalui FMEA, terdapat tiga mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yang perlu diprioritaskan, yaitu *knotting* bergeser saat dibuka (RPN 150), pemberian cairan perekat terlalu sedikit (RPN 140), dan *knotting* keriting saat dibuka (RPN 140). Ketiga kegagalan tersebut berada pada tahapan kritis proses pengolesan cairan perekat dan buka ikat yang sangat memengaruhi kualitas akhir produk.
- b. Hasil analisis FTA menunjukkan bahwa ketiga mode kegagalan prioritas tersebut dipicu oleh kombinasi *basic event* yang saling berkaitan, meliputi faktor manusia, metode kerja, peralatan, dan material. Integrasi FMEA dan FTA terbukti efektif dalam mengidentifikasi akar penyebab utama cacat pada proses produksi bulu mata palsu, khususnya pada *failure mode* dengan prioritas risiko tertinggi sebesar RPN 150 dan 140, sehingga analisis tidak hanya berhenti pada gejala kegagalan tetapi mampu menelusuri sumber permasalahan secara mendasar.
- c. Usulan perbaikan difokuskan pada mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi, khususnya pada proses pengolesan cairan perekat dan buka ikat, yang memiliki dampak paling besar terhadap kualitas produk. Perbaikan yang diusulkan dipilih berdasarkan tingkat urgensi yang mendesak serta kelayakan implementasinya di proses produksi, seperti standarisasi teknik operasional, peningkatan fasilitas kerja, serta peningkatan pengawasan dan pelatihan operator. Langkah-langkah ini dirancang untuk meminimalkan kesalahan dalam proses produksi dan memastikan konsistensi kualitas produk bulu mata palsu.

## 5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengendalian kualitas proses produksi bulu mata palsu di PT HSI menggunakan metode FMEA dan FTA, saran yang dapat diberikan yaitu:

- a. Penelitian lanjutan disarankan mengintegrasikan metode FMEA dan FTA dengan pendekatan kuantitatif, seperti *Reliability Centered Maintenance* (RCM) atau *Statistical Process Control* (SPC), guna memperkuat penentuan prioritas perbaikan serta memantau kestabilan proses setelah tindakan perbaikan diterapkan.

## Daftar Pustaka

- [1] Niaga Asia. (2024). Pendapatan Industri Kosmetik Tahun 2024 Diproyeksi USD 9,17 Miliar. Niaga Asia.
- [2] Qur'ani, N. A., & Wahyuni, H. (2024). Risk Analysis in Sandwich Panel Production with the Integration of FMEA and FTA Methods. *Journal for Technology and Science*.
- [3] Gani, A., Sari, R. M., & Widodo, A. D. (2023). Identifikasi risiko produksi dan pemasaran produk LTI (Light Trap Insect) menggunakan metode FMEA. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 11(2), 123–135
- [4] Carlson, C. S. (2012). *Effective FMEAs: Achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [5] Rochmoeljati, R., & Nugraha, I. (2023). Defect analysis using fault tree analysis and failure mode effect analysis in rubber roll production. In *4th International Conference Eco-Innovation in Science, Engineering, and Technology*. NST Proceedings, 189–194.
- [6] Hauptmanns, U., & Werner, W. (1991). *Engineering risks: Evaluation and valuation*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.