

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

Devanda Diar Ananditya¹, Katon Muhammad^{2*}, Sachrul Iswahyudi³, Indra Permanajati⁴

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

^{3,4}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 Keselamatan dan/atau Regulasi	10	Membahayakan operator tanpa peringatan.
Kegagalan Memenuhi Keselamatan dan/atau 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 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% 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>	≥ 100 per 1.000 (≥ 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>	≤ 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 Kesempatan Deteksi	Tidak ada kontrol proses; tidak bisa dideteksi atau tidak dianalisis.	10	<i>Almost Impossible</i>
Tidak Mungkin Terdeteksi di Tahap Mana pun	Mode kegagalan dan/atau penyebab sulit dideteksi (misalnya audit acak).	9	<i>Very Remote</i>
Deteksi Masalah Setelah Proses	Deteksi setelah proses oleh operator menggunakan visual/taktil/auditori.	8	<i>Remote</i>
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 (lampu, <i>buzzer</i>) – termasuk pengukuran <i>setup & first piece check</i> .	5	<i>Moderate</i>

Kesempatan Deteksi	Kriteria: Kemungkinan Deteksi oleh Kontrol Proses	Peringkat	Kemungkinan Terdeteksi
Deteksi Masalah Setelah Proses	Deteksi setelah proses oleh kontrol otomatis yang mendeteksi dan mengunci bagian yang tidak sesuai untuk mencegah pemrosesan lebih lanjut.	4	<i>Moderately High</i>
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 <i>knotting</i> tidak sama
		Motif silang kurang lebar
		Ikatan kurang kencang
2	Pengolesan Cairan Perekat	Cairan perekat (<i>ethyl acetate</i>) yang diberikan terlalu banyak
		Cairan perekat (<i>ethyl acetate</i>) yang diberikan terlalu sedikit
3	Gosok	Senar pada <i>knotting</i> terputus
		Senar kendur kurang tertarik kencang
		Kain alas menghitam
		Kerusakan pada alat setrika
4	Gulung	Motif silang hilang
		<i>Knotting</i> pecah saat akan digulung
		<i>Knotting</i> miring saat akan digulung
5	Ikut	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
7	Buka Ikat	Alarm dan sensor kurang berfungsi
		Kertas sobek saat dibuka
		<i>Knotting</i> keriting saat dibuka
8	Potong Bentuk	<i>Knotting</i> bergeser
		Potongan tidak rata
		Potongan terlalu pendek
		Gunting kurang tajam
9	Gunting	Mal penanda dimensi rusak
		Potongan terlalu pendek
		Hasil ukuran tidak sesuai model
10	Tanam	Gunting kurang tajam
		Hasil kurang rapih sesuai titik
		<i>Knotting</i> terkena lem saat ditanam
11	Pasang	Salah memotong bagian senar antar <i>knotting</i>
		<i>Knotting</i> rontok atau pecah
		Menaruh lem terlalu banyak
12	<i>Packing & Finishing</i>	Kualitas lem berkurang
		<i>Barcode</i> 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 disebarikan kepada 3 responden berbeda untuk tiap tahapan produksi, kemudian dilakukan pengelompokkan 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:

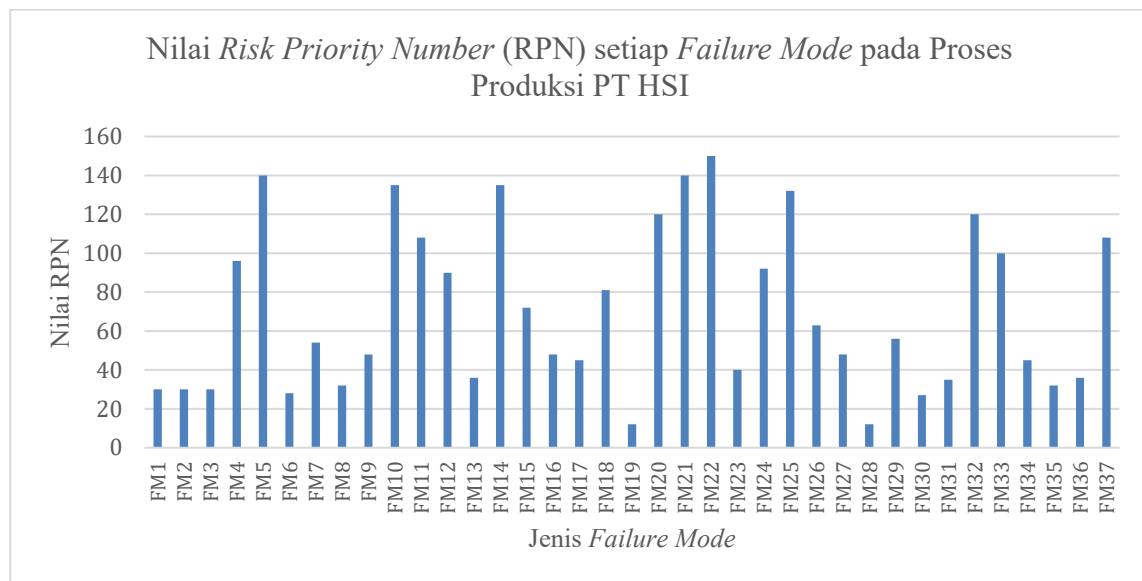
Tabel 6. Hasil Perhitungan *Risk Priority Number*

No	Failure Mode		INDEX			RPN			RPN
			S	O	D	S	O	D	
1	Knotting	Jarak antar <i>knotting</i> tidak sama	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 Cairan	Cairan perekat (<i>ethyl acetate</i>) yang diberikan terlalu banyak	33%	30%	80%	4	3	8	96
5	Perekat	Cairan perekat (<i>ethyl acetate</i>) yang diberikan terlalu sedikit	40%	47%	70%	4	5	7	140
6		Senar pada knotting terputus	20%	67%	20%	2	7	2	28
7	Gosok	Senar kendur 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		Gulungan lepas saat akan diikat	83%	20%	17%	9	2	2	36
14	Ikat	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		<i>Knotting</i> gosong	60%	33%	17%	6	4	2	48
17		Korsleting atau masalah kelistrikan	30%	47%	23%	3	5	3	45
18	Oven	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		Potongan tidak rata	50%	33%	17%	5	4	2	40
24	Potong	Potongan terlalu pendek	90%	20%	17%	9	2	2	36
25	Bentuk	Gunting kurang tajam	53%	33%	20%	6	4	2	48
26		Mal penanda dimensi rusak	63%	27%	27%	7	3	3	63
27		Potongan terlalu pendek	67%	37%	20%	7	4	2	56
28	Gunting	Hasil ukuran tidak sesuai model	57%	40%	20%	6	4	2	48
29		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		<i>Knotting</i> rontok atau pecah	67%	47%	10%	7	5	1	35
34	Pasang	Menaruh lem terlalu banyak	80%	23%	47%	8	3	5	120
35		Kualitas lem berkurang	47%	40%	47%	5	4	5	100
36	Packing &	<i>Barcode</i> tidak sesuai periode	43%	27%	30%	5	3	3	45
37	Finishing	Karton <i>box</i> 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	Knotting	Jarak antar <i>knotting</i> 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

QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan *knotting* dengan jarak tidak sama dikembalikan untuk diperbaiki jika terlihat signifikan.

QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan *knotting* dengan motif kurang lebar dikembalikan untuk diperbaiki jika terlihat jelas

No	Failure Mode	Potential Effects of Failure	Potential Causes of Failure	Current Controls	
	Ikatan kurang kencang	Jarak kurang presisi, harus dikencangkan	Tegangan benang tidak cukup kuat saat pengikatan	Ikatan senar dikencangkan sebelum memulai proses <i>knotting</i>	
2	Pengolesan Cairan Perekat	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.
		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.
3	Gosok	Senar pada <i>knotting</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
		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
		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
4	Gulung	Motif silang hilang	Produk rusak dan tidak bisa diperbaiki	Proses gosok kurang rapi	QC melakukan pengecekan visual dan <i>knotting</i> dengan motif hilang dipisahkan
		<i>Knotting</i> pecah saat akan digulung	Produk rusak dan tidak bisa diperbaiki	Kualitas rambut kurang	QC melakukan pengecekan visual dan <i>knotting</i> pecah dipisahkan
		<i>Knotting</i> miring saat akan digulung	Diperbaiki ulang jika belum fatal	Pemosisian 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>knotting</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
		Ikatan terlalu kencang	Menyebabkan bentuk tidak sesuai	Tekanan ikat berlebihan oleh operator	Kuat pengikatan masih menggunakan perkiraan dan kebiasaan operator
6	Oven	<i>Knotting</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
	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
	Buka Ikat		Pemanasan berlebih di proses oven dan permasalahan pada kualitas rambut	QC melakukan pengecekan visual dan knotting keriting dipisahkan
8	Knotting bergeser	Bentuk tidak sesuai dan motif hilang	Penanganan sebelum, saat, dan setelah proses oven kurang baik	QC melakukan pengecekan visual dan knotting 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
	Potong pendek	Produk rusak tidak bisa digunakan	Kesalahan saat pemotongan oleh operator	Bulu mata palsu yang terlalu pendek dipisahkan
	Bentuk		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
	Gunting	Hasil ukuran tidak sesuai model	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	Tanam	Hasil kurang rapi sesuai titik	Dikembalikan ke operator untuk diperbaiki	QC melakukan pengecekan visual secara berkala dan produk kurang rapi dikembalikan untuk diperbaiki
	Knotting terkena lem saat ditanam	Knotting 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

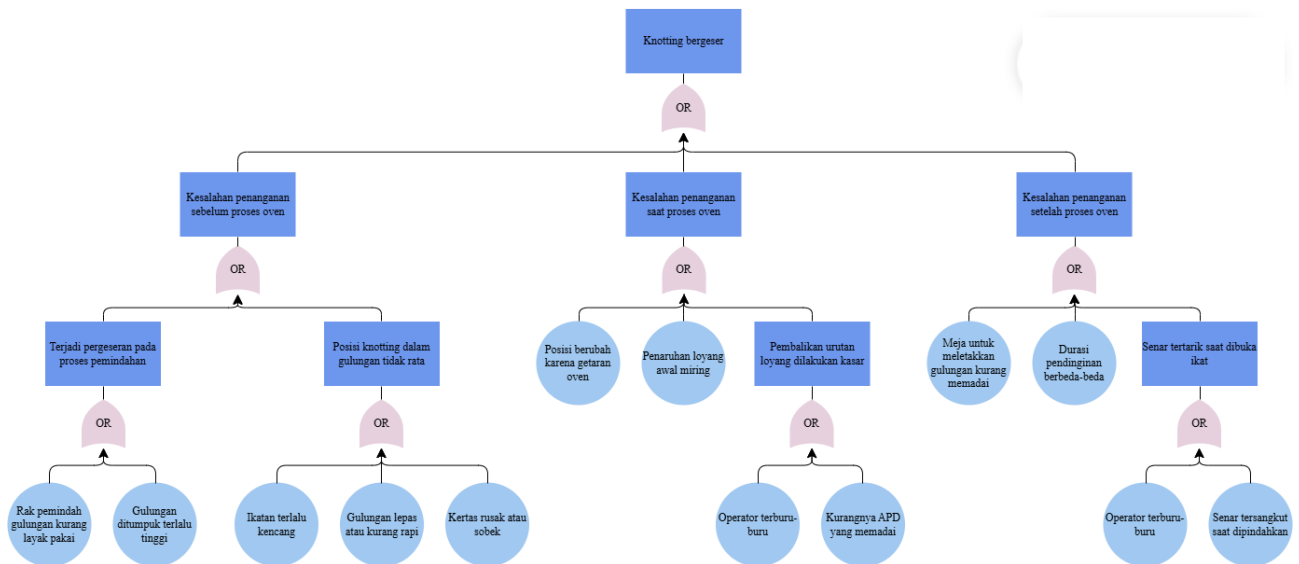
No	Failure Mode	Potential Effects of Failure	Potential Causes of Failure	Current Controls	
	Salah memotong bagian senar antar <i>knotting</i>	Jumlah <i>knotting</i> tidak sesuai	Operator salah memotong senar	Produk tidak sesuai jumlah diperbaiki jika memungkinkan	
11	Pasang	<i>Knotting</i> rontok atau pecah	<i>Knotting</i> rusak tidak bisa diperbaiki	Kelebihan lem atau simpul tidak kuat	QC melakukan pengecekan kekuatan pasang secara acak dan produk rontok dipisahkan
		Menaruh lem terlalu banyak	<i>Knotting</i> 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
12	Packing & Finishing	<i>Barcode</i> tidak sesuai periode	Tidak bisa digunakan karena salah identifikasi	Kesalahan pencatatan atau pencetakan	Pengecekan visual barcode sebelum dikemas dan penggantian dengan <i>barcode</i> yang sesuai
		Karton <i>box</i> rusak atau sobek	Tidak bisa digunakan untuk pengemasan	Kesalahan penanganan, pelipatan, atau kesalahan pencetakan	Menggunakan karton box yang masih bisa dipakai
		<i>Inner box</i> rusak atau sobek	Tidak bisa digunakan untuk pengemasan	Kesalahan saat melipat <i>inner box</i> atau pencetakan	Menggunakan <i>inner box</i> 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].

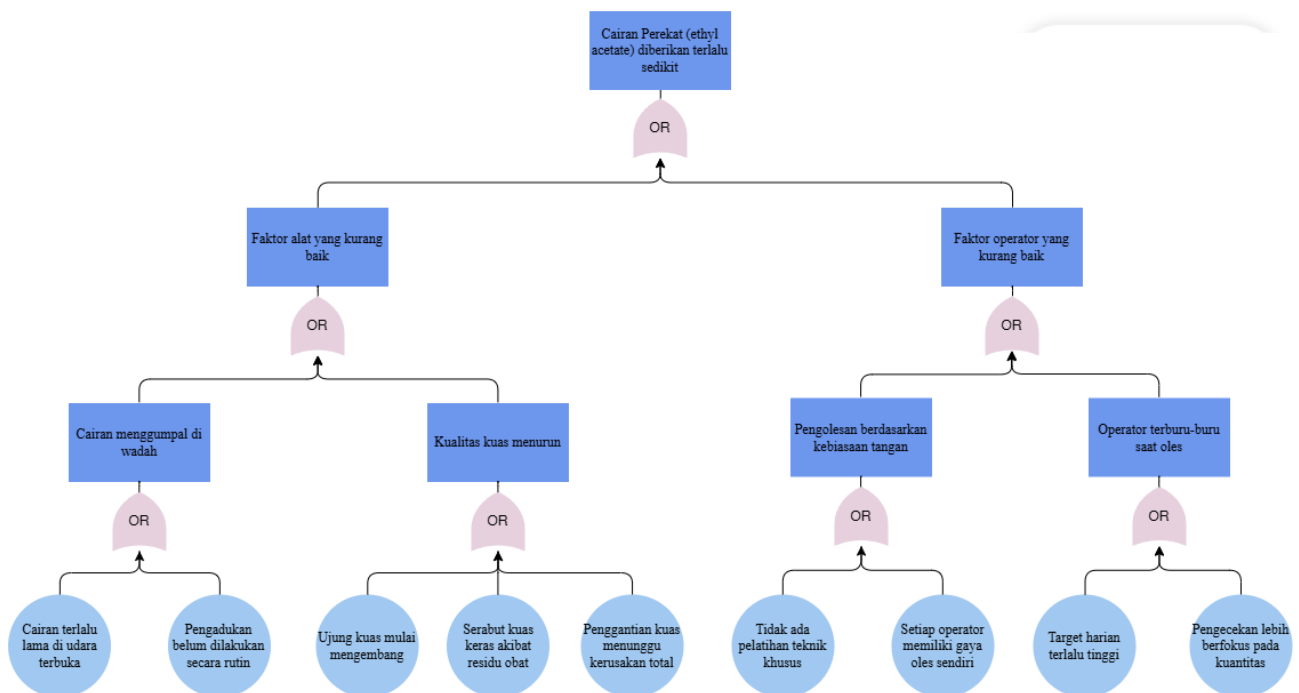
a. Fault Tree Analysis *Knotting* Bergeser



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.

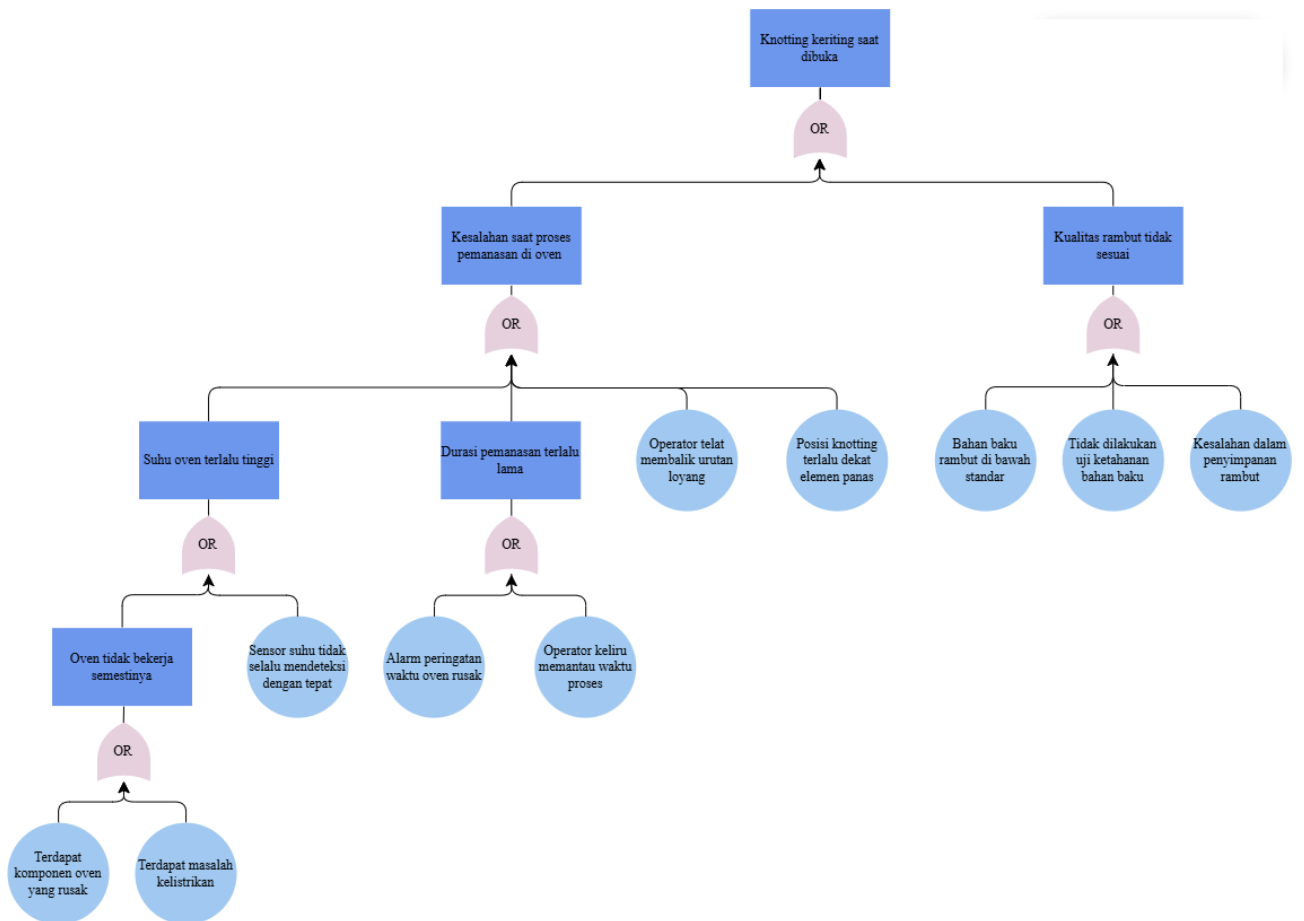
b. Fault Tree Analysis Cairan Perekat (*ethyl acetate*) Diberikan Terlalu Sedikit



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 realistis, 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 meminimalisir 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.