

**FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI :  
STUDI KASUS PADA PRODUK CUSHION, BAHAN BAKU BAN**  
*FAULT TREE ANALYSIS (FTA) AND FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) FOR  
PRODUCTION QUALITY IMPROVEMENT :  
CASE STUDY OF CUSHION, TIRE'S RAW MATERIAL*

**Aster Aryati Rakhmasari<sup>1</sup>, Winanda Kartika<sup>2</sup>, Amrin Rapi<sup>3</sup>, Sarah Hanifah<sup>4</sup>**

E-mail: [aster.aryati@poltekapp.ac.id](mailto:aster.aryati@poltekapp.ac.id)

Politeknik APP Jakarta. Jl. Timbul No.34, Cipadak, Jagakarsa, Jakarta Selatan. 12630. Indonesia.

**ABSTRAK**

Menghadapi kondisi lingkungan bisnis yang tidak menentu akibat masa pandemi dan kebijakan politik secara global, perusahaan perlu melakukan evaluasi khususnya di lingkungan internal perusahaan seperti penurunan biaya produksi dan peningkatan keuntungan untuk dapat mempertahankan eksistensi dan daya saing perusahaan. Beberapa metode seperti FTA dan FMEA untuk mengidentifikasi dan mencegah terjadinya masalah dalam sistem, produk, dan proses dalam penggunaannya memiliki kelemahan masing-masing. Melalui penerapan kombinasi metode FTA dan FMEA secara recursive diharapkan faktor-faktor risiko yang mungkin terjadi dapat diidentifikasi dan usulan perbaikan dapat diterapkan sesuai dengan tingkatan prioritasnya, sehingga implementasi perbaikan berjalan dengan lebih efektif dan efisien untuk peningkatan kinerja proses sesuai dengan yang diharapkan. Dengan mengambil studi kasus pada proses produksi produk cushion di perusahaan komponen otomotif, dimana telah terjadi cacat produk terbesar pada produk cushion yaitu sebesar 36%, implementasi kombinasi antara FTA dan FMEA mampu menunjukkan potensi risiko kegagalan produksi secara hirarki dan terukur. Implementasi perbaikan yang dihasilkan dari penggunaan kombinasi FTA dan FMEA, meliputi perbaikan kompresor (prioritas utama), pelatihan keterampilan bagi karyawan (prioritas kedua), dan penerapan 5S (prioritas ketiga), menunjukkan penurunan tingkat risiko kegagalan produksi secara signifikan dari 89 (nilai rata-rata RPN sebelum dilakukan perbaikan) menjadi 64 (rata-rata nilai RPN setelah perbaikan). Terjadi penurunan sebesar 30% yang secara langsung berdampak pula pada peningkatan kualitas produksi.

Kata kunci: FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), FTA (Fault Tree Analysis), Manajemen Risiko

**ABSTRACT**

Facing uncertain business environment, companies need to evaluate especially in the company's internal environment to be able maintain the company's existence and competitiveness through increased efficiency. Combination of the two methods, FTA and FMEA, risk factors can be identified and proposed improvements that can be implemented according to their priority level, so the implementation of improvements runs more effectively and efficiently to improve process performance. By taking a case study of the cushion production process in an automotive component company, which is the biggest product defect has occurred in cushion products (36%), the implementation of a combination of FTA and FMEA is able to show the improvements, including compressor repair (top priority), skills training for employees (second priority), and 5S implementation (third priority), showed a significant reduction in the level of risk of production failure from 89 to 64 (downby 30%) which directly impacted on improving production quality.

Keywords: FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), FTA (Fault Tree Analysis), Risk Management

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pandemi COVID-19 penyebab disrupsi dengan skala yang belum pernah terjadi sebelumnya, menguji ketahanan rantai pasokan global. Setiap pelaku usaha dituntut untuk melakukan perencanaan secara efektif untuk dapat mempertahankan eksistensi rantai pasokan (Maureen, Laura, Igor, 2020). Berbagai metode efisiensi yang belum efektif diterapkan mulai ditinjau dan diaktifkan kembali. Penggunaan teknologi secara intensif, mekanisme manajemen krisis, revisi strategi, pendekatan efektif manajemen lainnya adalah beberapa metode yang diprediksikan dapat diaplikasikan secara permanen dalam masa maupun pasca pandemi untuk mempertahankan daya saing perusahaan (Dogon, 2021).

Saat ini ada banyak sekali teknik analisis risiko sebagai pendekatan efektif manajemen atau alat yang digunakan untuk melakukan penentuan ulang / revisi strategi maupun mekanisme manajemen krisis diantaranya adalah *FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)* dan ekstensinya, *FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)*, *DRBFM (Design Review by Failure Mode)*, *FTA (Fault Tree Analysis)* dan ekstensinya, *ETA (Event Tree Analysis)*, *HAZOP (Hazard & Operability Studies)*, *HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)*, dan lain sebagainya (Cristea dan Constantinescu, 2017). FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah terjadinya masalah dalam sistem, produk, dan proses. mengidentifikasi kegagalan yang dapat terjadi, dan kemudian mengkarakterisasi masing-masing dalam hal kemungkinan terjadinya, tingkat keparahan efek dan deteksi, untuk memberikan nomor prioritas risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan yang paling membutuhkan perhatian (Franklin, Shebl, Barber, 2012). Namun demikian FMEA tidak dapat mengidentifikasi dan menjelaskan keterkaitan peluang risiko secara terinci dan hirarki. Berbeda dengan metode FMEA, FTA mampu memberikan identifikasi dan menjelaskan keterkaitan peluang risiko secara terinci dan hirarki. Namun demikian FTA memiliki kelemahan dalam hal implementasi yaitu pada saat melakukan perbaikan, FTA tidak dapat memberikan tingkatan prioritas perbaikan yang perlu dilakukan, sedangkan keterbatasan waktu dan biaya tidak memungkinkan untuk dilakukan perbaikan secara menyeluruh. Penggunaan kombinasi metode FMEA dan FTA secara *recursive* yaitu penggunaan FTA untuk identifikasi peluang risiko diikuti dengan penggunaan FMEA untuk identifikasi prioritas, dapat saling menutupi kelemahan yang ada dari masing-masing metode sehingga dapat menghasilkan usulan perbaikan sistem

dengan lebih efisien dan efektif (Peeters, Basten, Tinga, 2018).

Penerapan metode FTA dan FMEA telah dikembangkan secara luas dalam bidang manajemen risiko. Namun, pada umumnya hanya menggunakan salah satu dari dua metode tersebut. Di sisi lain, menggabungkan kedua metode yaitu FTA dan FMEA akan saling menutupi kekurangan masing-masing metode ketika diimplementasikan secara terpisah (Wessiani dan Yoshio, 2017). Dengan mengimplementasikan FTA dan FMEA secara sistematis dan terintegrasi, dapat diperoleh evaluasi menyeluruh tentang masalah keamanan sistem (Whiteley, Dunnett, Jackson, 2016). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan penggabungan metodologi FMEA dan FTA dalam mengelola risiko guna mengurangi kekurangan dari kedua metode tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah yang telah dibahas di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

- 1) Faktor-faktor risiko apa sajakah yang dapat berpotensi terhadap penurunan kualitas proses produksi dan kualitas produk ?
- 2) Perbaikan-perbaikan apa saja yang perlu diprioritaskan untuk dapat meningkatkan kualitas produksi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

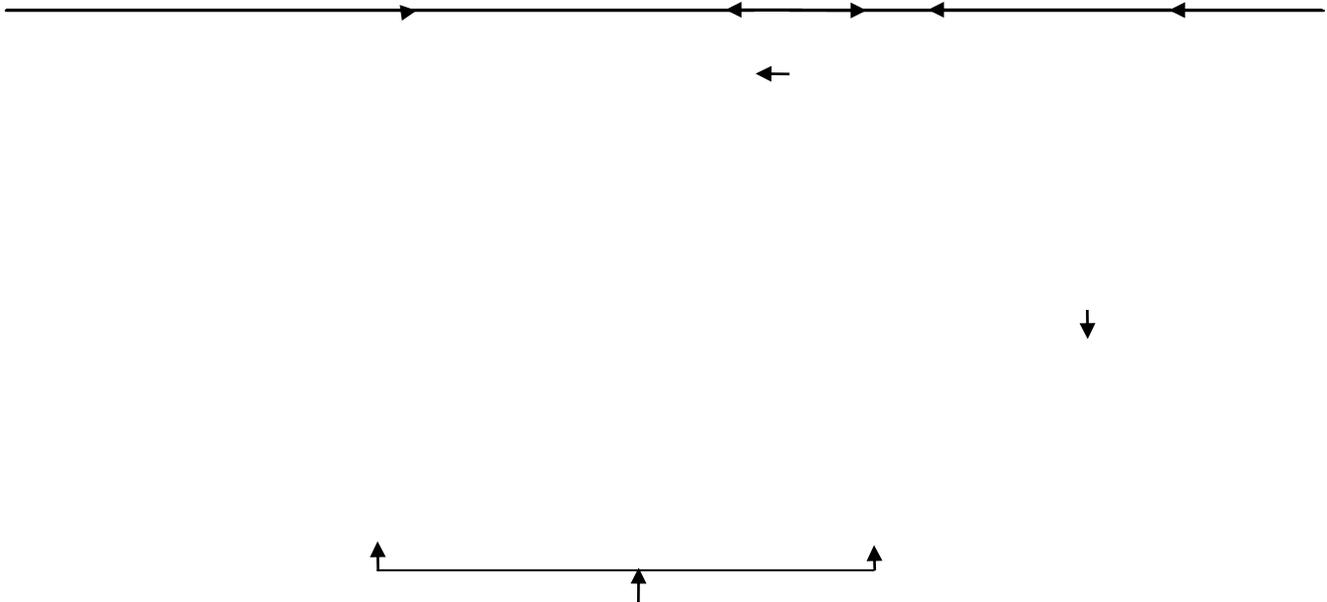
Tujuan penelitian antara lain :

- 1) Untuk mengetahui faktor-faktor risiko yang dapat berpotensi terhadap penurunan kualitas produksi.
- 2) Untuk mengetahui perbaikan-perbaikan apa saja yang perlu diprioritaskan untuk dapat meningkatkan kualitas produksi.

# 2. METODE PENELITIAN

Dengan mengambil studi kasus pada perusahaan otomotif dengan jenis produk *Cushion*, penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan sebagaimana yang digambarkan pula pada Gambar 1. Kerangka Penelitian, yaitu sebagai berikut :

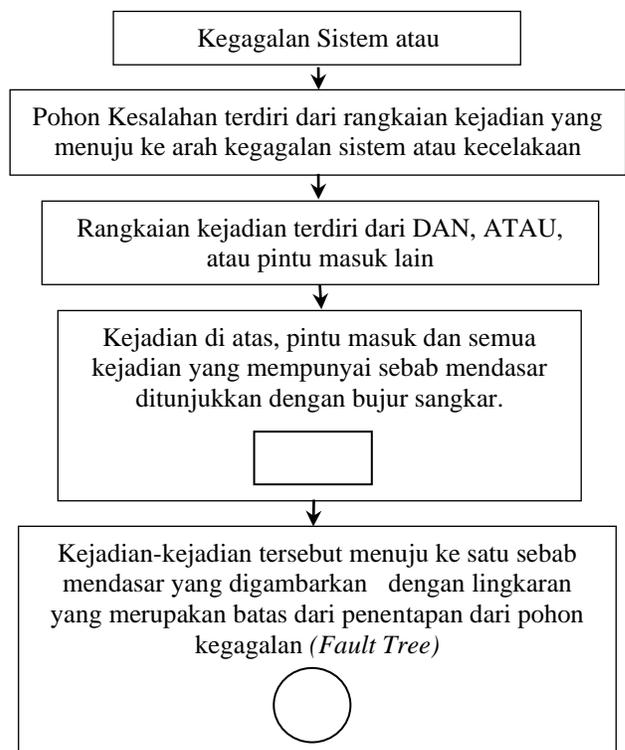
- 1) *Melakukan survey awal*. Survey awal dilakukan untuk menentukan substansi penelitian, meliputi rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup dan judul penelitian.
- 2) *Pengumpulan data*. Pengumpulan data dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang dapat berpotensi terhadap penurunan produktivitas pada setiap proses yang ada.



Gambar 1. Kerangka penelitian

3) Selanjutnya mengolah dan menganalisis data dengan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*). Data primer yang dikumpulkan meliputi identifikasi faktor risiko yang muncul di setiap proses produksi produk *cushion*. Sedangkan data sekunder diperoleh selama periode Maret-Mei 2022, meliputi data proses produksi beserta cacat produk *cushion* beserta penyebabnya. Kuesioner didesain sebagai alat/instrumen penelitian yang digunakan untuk memperoleh gambaran nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Penyebaran dan pengisian kuesioner dilakukan dalam dua tahap yaitu pada saat sebelum dilakukan perbaikan dan tahap kedua pada saat setelah dilakukan perbaikan. Kuesioner ditujukan kepada responden penelitian yang terdiri dari operator, bagian pengendalian kualitas, dan supervisor masing-masing berjumlah 1 orang. Hasil kuesioner dievaluasi dengan melakukan *brainstorming* oleh ketiga pihak tersebut untuk kemudian ditentukan nilai RPN final beserta perbaikannya. Adapun tahapan implementasi metode FTA dapat dilihat pada Gambar 2. Struktur Substansi FTA, yaitu dengan mengawali identifikasi kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan, dilanjutkan dengan menyusun dalam suatu bagan pohon kesalahan dengan menyusunnya secara

beringkat/hirarki.



Gambar 2. Struktur substansi FTA

- 4) *Menentukan perbaikan.* Perbaikan-perbaikan yang perlu diprioritaskan untuk dapat meningkatkan produktivitas produksi ditentukan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). Gambar 3. Skema Parameter FMEA dan Gambar 4. Tahapan FMEA memperlihatkan struktur dan tahapan dalam menentukan tingkatan potensi risiko yang mungkin terjadi untuk kemudian dijadikan dasar prioritas dalam melakukan perbaikan. Terdapat tiga proses variabel utama dalam FMEA yaitu *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*. Ketiga proses ini berfungsi untuk menentukan nilai rating keseriusan pada *Potential Failure Mode*. Rating dapat ditentukan dari skala 1 sampai dengan 10, dimana skala 1 menyatakan dampak yang paling rendah dan skala 10 dampak yang paling tinggi. Penentuan skala harus disesuaikan antara *potential failure mode* dan studi literatur. Tabel 1. Kriteria *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* memperlihatkan skala yang digunakan untuk menilai setiap kriteria risiko, sedangkan Tabel 2. Langkah Implementasi FTA dan FMEA memperlihatkan tahapan kombinasi dari implementasi metode FTA dan FMEA.
- 5) *Interpretasi hasil dan luaran.* Pada tahapan ini dilakukan interpretasi hasil dan rencana implementasi meliputi faktor-faktor penyebab penurunan kinerja proses dan prioritas perbaikan untuk meningkatkan produktivitas kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai risiko setelah dilakukan/implementasi perbaikan. Metode FTA digunakan untuk identifikasi penyebab terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan kegagalan dari kejadian (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*). FTA mengilustrasikan keadaan komponen-komponen sistem (*basic event*) dan hubungan antara *basic event* dan *top event* menyatakan keterhubungan dalam gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal

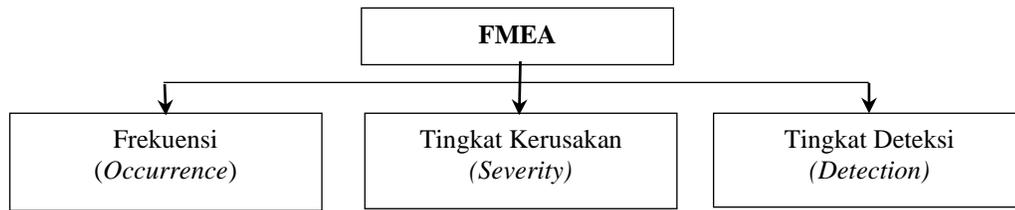
maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan mengambil studi kasus pada perusahaan komponen otomotif yang memproduksi produk *cushion* sebagai bahan baku produk ban, dapat diperoleh gambaran potensi risiko yang dihadapi beserta tingkatannya untuk kemudian diperoleh prioritas perbaikan yang harus dilakukan. Gambar 5. Alur Proses Produksi Produk *Cushion*, memperlihatkan alur proses produksi produk *cushion* secara global. Gambar 6 s.d. Gambar 11 memperlihatkan rincian tahapan proses produksi *cushion*. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari bagian *Quality Control* terdapat cacat produk pada *cushion* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Data Kecacatan Produk *Cushion*.

Berdasarkan hasil observasi terhadap proses produksi, kejadian yang berpotensi menghasilkan cacat akan disusun dalam struktur pohon kesalahan dengan mengimplementasikan metode FTA. Jumlah cacat yang terjadi pada produk *cushion* sebesar 8.542 pcs selama tiga bulan dengan total produksi sebesar 24.020 pcs. Jumlah cacat tersebut diperoleh dari hasil penjumlahan total masing-masing jenis cacat dari tanggal 23 Maret 2022 s.d. 28 Mei 2022 sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 3. Data kecacatan Produk *Cushion*. Gambar 12. *Fault Tree Analysis* Proses *Finishing Trimming* dan Gambar 13. *Fault Tree Analysis* Proses *Molding* menggambarkan hasil implementasi FTA pada proses produksi produk *cushion* sehingga dapat diketahui potensi risiko yang dihadapi yang berdampak pada kecacatan produk beserta hirarkinya.

Setelah dilakukan FTA selanjutnya adalah mengukur tingkat potensi risiko / *Risk Priority Number* (RPN) yang ada dengan menggunakan skala pengukuran kriteria tingkat risiko. Tingkat risiko / *Risk Priority Number* (RPN) adalah hasil perkalian nilai setiap kriteria risiko (*severity*, *occurrence*, dan *detection*). Tabel 5. RPN Kondisi Aktual memperlihatkan nilai RPN (tingkat risiko) kondisi aktual pada proses produksi produk *cushion*. Setelah diketahui tingkat risiko / nilai RPN yang dihasilkan, selanjutnya adalah melakukan perbaikan proses produksi. *Brainstorming* dilakukan antara pihak operator, *supervisor*, dan *Quality Control*, dalam menentukan nilai RPN dan perbaikan yang harus dilakukan.



Sumber : Zagidullin, Mitroshkina, Dmitriev (2021)

Gambar 3. Skema Parameter FMEA

Gambar 4. Tahapan FMEA

Tabel 1. Kriteria *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*

Rating		Kriteria		
		<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>
1-2	Minor	Tidak beralasan untuk menduga bahwa pembawaan/sifat sepele dari kesalahan ini dapat menyebabkan efek yang signifikan pada produk dan servis. Para pelanggan mungkin tidak akan sampai menyadari kesalahan tersebut.	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang sangat rendah/jarang. Kapabilitas menunjukkan sekurang-kurangnya masuk dalam spesifikasi ( 1: 10.000).	<b>Sangat Tinggi :</b> ✓ Pengawasan hampir sudah pasti dapat mendeteksi kecacatan/ kesalahan/kerusakan. ✓ Kemungkinan produk yang cacat/rusak/salah sangat kecil (1: 10.000). ✓ Kemampuan deteksi paling rendah pada tingkat 99.99%.
3-4	Rendah	Kerusakan pada tingkat yang rendah dikarenakan pembawaan/ sifat dari kesalahan ini hanya akan menyebabkan sangat sedikit gangguan terhadap pelanggan. Pelanggan	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang rendah/jarang. Proses dalam pengawasan statistik. Kapabilitas menunjukkan sekurang-kurangnya	<b>Tinggi :</b> ✓ Pengawasan punya kemungkinan yang besar dalam mendeteksi kecacatan/kesalahan. ✓ Kemungkinan produk atau servis yang cacat/rusak/salah

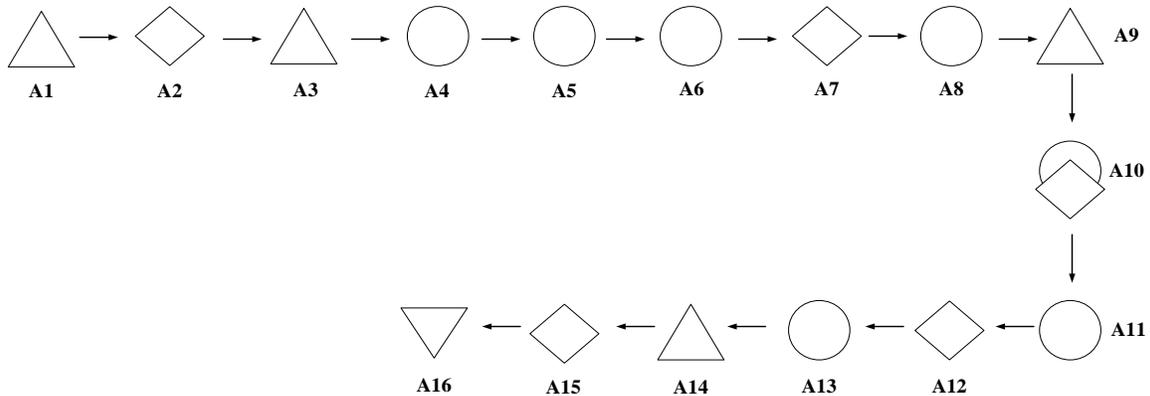
Rating		Kriteria		
		Severity	Occurence	Detection
		mungkin akan menyadari sedikit penurunan kualitas dari produk dan atau servis, sedikit ketidaknyamanan pada proses selanjutnya atau perlunya sedikit pengerjaan ulang.	masuk dalam spesifikasi (1: 1000).	ada pada tingkat yang rendah (1:5000, sampai 1:500). ✓ Keandalan/kemampuan deteksi paling rendah pada tingkat 99,8%
5-6	Sedang	Urutan yang sedang/lumayan karena kesalahan ini menyebabkan beberapa ketidakpuasan. Pelanggan akan merasa tidak nyaman atau bahkan terganggu oleh kesalahan tersebut. Kesalahan ini dapat menyebabkan dibutuhkannya perbaikan yang tidak dijadwalkan dan atau kerusakan pada peralatan.	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang sedang/lumayan. Proses dalam pengawasan statistik. dengan kesalahan yang terjadi sesekali, tapi tidak dengan proporsi yang besar. Kapabilitas menunjukkan sekurang-kurangnya masuk dalam spesifikasi (1: 200)	Sedang : ✓ Pengawasan mungkin mendeteksi kecacatan/kesalahan/kerusakan. ✓ Kemungkinan produk yang cacat/rusak/salah pada tingkat yang sedang/lumayan (1:200 sampai 1: 50). ✓ Keandalan/kemampuan deteksi paling rendah pada tingkat 98%
7-8	Tinggi	Ketidakpuasan pelanggan pada tingkat yang tinggi dikarenakan pembawaan/sifat dari kesalahan ini seperti sebuah produk yang tidak dapat digunakan atau servis yang tidak memuaskan sama sekali. Tidak mengindahkan isu keamanan dan atau peraturan-peraturan pemerintah. Dapat menimbulkan gangguan pada proses yang berkelanjutan dan atau servis.	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang tinggi. Proses dalam pengawasan statistik. dengan kesalahan yang sering terjadi. Kapabilitas menunjukkan (1: 100 sampai dengan 1: 20)	<b>Rendah :</b> ✓ Pengawasan lebih mungkin tidak mendeteksi kecacatan/kesalahan. ✓ Kemungkinan produk atau servis yang cacat/rusak/salah pada tingkat yang tinggi (1:20). ✓ Keandalan/kemampuan deteksi paling rendah pada tingkat 90%
9-10	Sangat Tinggi	Tingkat kerusakan yang sangat tinggi saat kesalahan tersebut mempengaruhi keselamatan dan melibatkan pelanggaran peraturan-peraturan pemerintah.	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang sangat tinggi. Kesalahan hampir pasti terjadi (1:10)	<b>Sangat Rendah :</b> ✓ Pengawasan sangat mungkin tidak mendeteksi kecacatan/kesalahan/kerusakan. ✓ Kemungkinan produk atau servis yang cacat/rusak/salah pada tingkat yang sangat tinggi (1:10). Biasanya barang tidak dicek atau tidak dapat dicek. ✓ Kecacatan/kerusakan/kesalahan sering tersembunyi dan tidak terlihat saat proses atau servis. ✓ Keandalan/kemampuan deteksi pada tingkat 90% atau lebih rendah

Tabel 2. Langkah Implementasi FTA dan FMEA

Langkah	Deskripsi
Langkah 1	Meninjau proses/produk
Langkah 2	Menetapkan kejadian yang tidak diharapkan
Langkah 3	Membangun pohon kegagalan/kesalahan
Langkah 4	Mengumpulkan data kuantitatif
Langkah 5	Menilai tingkat keparahan setiap kegagalan/kesalahan
Langkah 6	Menilai tingkat frekuensi kejadian setiap kegagalan/kesalahan
Langkah 7	Menilai tingkat deteksi setiap kegagalan/kesalahan
Langkah 8	Mengukur angka prioritas risiko setiap kegagalan/kesalahan
Langkah 9	Menentukan kegagalan/kesalahan untuk prioritas tindakan
Langkah 10	Mengambil tindakan mengganti atau mengurangi kegagalan/kesalahan dengan tingkat risiko tinggi
Langkah 11	Menhitung nilai RPN setelah dilakukan tindakan pengurangan kegagalan/kesalahan.

Sumber : (Wessiani dan Yoshio, 2017)

### FLOW PROCESS CUSHION



No	Process	No	Process	Simbol
A	Manufacturing Process	A9	Gomu Storage	
A1	Receiving of Raw Material	A10	Molding	
A2	Incoming Insprction	A11	Finishing Trimming	
A3	Raw Material Storage	A12	Final Inspection	
A4	Weighing	A13	Packing	
A5	Mixing I (Master Batch)	A14	Finish Good Storage	
A6	Mixing II (Secondary Mixing	A15	Out Going Inspection	
A7	Laboratory Test	A16	Delivery	
A8	Preforming	A10	Molding	

Gambar 5 Alur Proses Produksi Produk Cushion

Tabel 3. Data kecacatan Produk Cushion

No	Masalah Cacat	Jumlah (Pcs)	Jumlah Kumulatif (Pcs)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	Kurang Karet	4.700	4.700	55,02%	55,02%
2	Cetakan mold kurang sempurna	1.148	5.848	13,44%	68,46%
3	Pecah	882	6.730	10,33%	78,79%
4	<i>Stuck Foreign Material</i>	610	7.340	7,14%	85,93%
5	<i>Scorch</i>	435	7.775	5,09%	91,02%
6	Gelembung Udara	308	8.083	3,61%	94,63%
7	Cacat Lain-Lain	297	8.380	3,48%	98,10%
8	<i>Mold Kotor</i>	162	8.542	1,90%	100%
<b>Total</b>		<b>8.542</b>		<b>100%</b>	

---

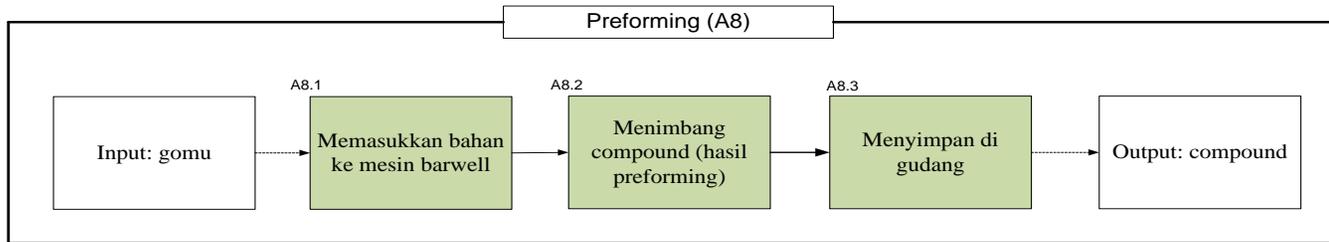
Gambar 6. Diagram Proses *Weighing*

---

Gambar 7. Diagram Proses *Mixing I*

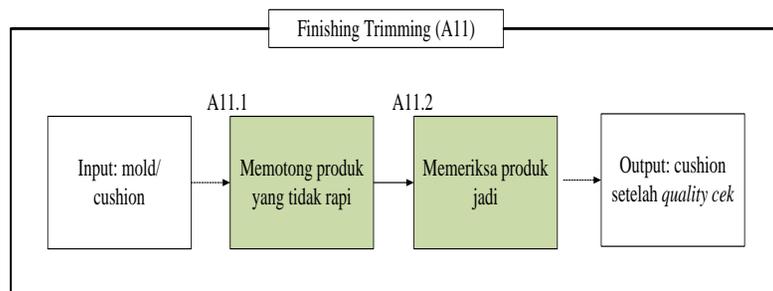
---

Gambar 8 Diagram Proses *Mixing II*

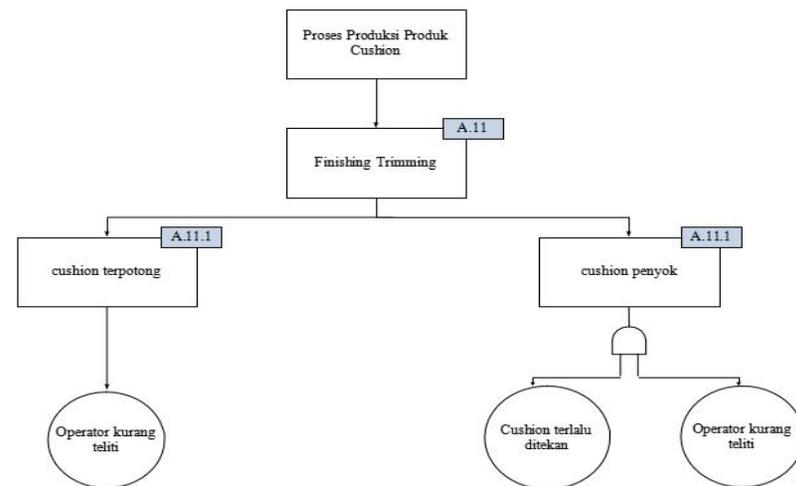


Gambar 9. Diagram Proses *Preforming*

Gambar 10. Diagram Proses *Molding*



Gambar 11. Diagram Proses *Finishing rimming*



Gambar 12. *Fault Tree Analysis* Proses *Finishing Trimming*

Gambar 13. *Fault Tree Analysis* Proses *Molding*

Tabel 4. Prioritas Perbaikan

Kode Risiko	Penyebab Potensial	RPN	Perbaikan
R1	Kompresor rusak	210	Memperbaiki kompresor
R4,5,9	Operator kurang teliti, posisi mold kurang tepat	120	Memberikan pelatihan keterampilan bagi karyawan
R6	Operator kurang teliti	96	
R2,3	Permukaan mold kurang rata, Proses vacuum dan kompresi tidak sesuai standar	80	
R11,13	Operator kurang teliti, cushion terlalu ditekan	36	
R10,12,14	Operator kurang teliti, meja fabrikasi kotor	27	Menerapkan sistem 5S

Tabel 5. Tabel RPN Kondisi Aktual

Kode Risiko	Potensial Failure Mode	Potensial Cause	Severity	Occurrence	Detection	RPN
<i>Molding</i>						
R1	Kurang karet	Kompresor rusak	7	6	5	210
R2		Permukaan mold kurang rata	5	4	4	80
R3	<i>Stuck Foreign Material</i>	Operator kurang terampil	4	4	5	80
R4		Operator kurang teliti	5	6	4	120
R5	Cetakan mold kurang sempurna	Posisi mold kurang tepat	6	5	4	120
R6		Operator kurang teliti	4	6	4	96
R7	Terdapat gelembung udara	Proses vacuum dan kompresi tidak sesuai standar	4	4	5	80
R8		Operator kurang terampil	5	4	4	80
R9	<i>Scorch</i>	Operator kurang teliti	5	6	4	120
R10	Mold kotor	Meja fabrikasi kotor	3	3	3	27
R11		Operator kurang teliti	3	4	3	36
<i>Finishing Trimming</i>						
R12	<i>Cushion</i> terpotong	Operator kurang teliti	3	3	3	27
R13	<i>Cushion</i> penyok	<i>Cushion</i> terlalu ditekan	4	6	4	36
R14		Operator kurang teliti	5	4	4	27

Tabel 6. Tabel RPN Kondisi Setelah Perbaikan

Kode Risiko	Potensial Failure Mode	Potensial Cause	Severity	Occurrence	Detection	RPN
<i>Molding</i>						
R1	Kurang karet	Kompresor rusak	5	4	5	100
R2		Permukaan mold kurang rata	3	2	6	36
R3	<i>Stuck Foreign Material</i>	Operator kurang terampil	2	2	7	28
R4		Operator kurang teliti	3	4	6	72
R5	Cetakan mold kurang sempurna	Posisi mold kurang tepat	4	3	6	72
R6		Operator kurang teliti	2	4	6	48
R7	Terdapat gelembung udara	Proses vacuum dan kompresi tidak sesuai standar	2	2	7	28
R8		Operator kurang terampil	3	2	6	36
R9	<i>Scorch</i>	Operator kurang teliti	3	3	6	54
R10	Mold kotor	Meja fabrikasi kotor	2	3	6	36
R11		Operator kurang teliti	1	2	5	10
R12	<i>Cushion</i> terpotong	Operator kurang teliti	1	1	5	5
R13	<i>Cushion</i> penyok	<i>Cushion</i> terlalu ditekan	2	4	4	16
R14		Operator kurang teliti	3	2	6	36

Perbaikan dilakukan dengan memprioritaskan pada proses dengan nilai RPN tertinggi. Tabel 4 Prioritas Perbaikan memperlihatkan prioritas perbaikan yang harus dilakukan. Pengukuran RPN kembali dilakukan setelah mengimplementasikan perbaikan. Tabel 6. Tabel RPN Kondisi Setelah Perbaikan memperlihatkan nilai RPN setelah mengimplementasikan perbaikan. Dari Tabel 6. Tabel RPN Kondisi Setelah Perbaikan dapat diketahui bahwa penerapan/implementasi kombinasi FTA dan FMEA telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam penurunan terjadinya risiko pada proses produksi produk cushion.

Melalui penggunaan FTA dan FMEA secara *recursive* dapat dihasilkan usulan perbaikan yang lebih terinci dan hirarki, dimana pada penelitian sebelumnya belum ada usulan perbaikan pada perusahaan komponen otomotif yang menghirarki secara prioritas perbaikan yang harus dilakukan. Dengan adanya prioritas atau hirarki usulan perbaikan menyebabkan implikasi manajerial yang dihasilkan bernilai sangat efektif dan efisien. Perusahaan dapat melakukan perbaikan yang dapat berdampak signifikan terhadap penurunan *cost* dan peningkatan keuntungan sebagai dampak dari pemilihan usulan perbaikan yang efektif dengan keterbatasan anggaran yang ada.

## KESIMPULAN

Melalui penggabungan metode analisis pohon kesalahan (FTA) dan analisis efek mode kegagalan (FMEA) untuk mengelola risiko yang mungkin terjadi di dalam perusahaan. Perusahaan dapat menentukan akar penyebab kegagalan (risiko) dan tingkat besar kecilnya risiko melalui pengukuran *risk priority number (RPN)*. Dalam keterbatasan anggaran yang dimiliki, perusahaan dapat memprioritaskan perbaikan proses produksi yang berdampak signifikan terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Melalui penerapan FTA dan FMEA perusahaan dapat menekan risiko kegagalan proses dari nilai rata-rata tingkat risiko (RPN) sebesar 89 menjadi 64 (turun sebesar 30%). Penurunan risiko kegagalan proses produksi secara langsung berdampak pula pada peningkatan kualitas produksi perusahaan.

Penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan penerapan FTA dan FMEA secara *recursive*, dengan mengkombinasikan data yang diperoleh baik secara primer, sekunder, baik yang terdapat pada proses produksi maupun kecacatan yang dimiliki pada produk yang dihasilkan. Dimana hal tersebut tidak terdapat pada

penelitian sebelumnya yang hanya memfokuskan pada proses produksi namun tidak memperhatikan kecacatan yang ditimbulkan pada produk.

Adapun keterbatasan penelitian ini yang dapat dijadikan penelitian selanjutnya adalah dimana penelitian ini hanya difokuskan pada 1 produk saja yang memiliki cacat produk tertinggi, sehingga penelitian dapat dilanjutkan dengan kasus penggabungan produk yang lebih banyak lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N., & Mustajib, M. I. (2013). Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Cristea, G. dan Constantinescu, D.M. (2017). A comparative critical study between FMEA and FTA risk analysis methods. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 252.
- Dogan, A. (2021). The effects of COVID-19 pandemic on business areas and post COVID-19 management trends. *Turkish Studies - Social*, 16(1), 131-156.
- Franklin, B.D., Shebl, N.A., Barber, N. (2012). Failure mode and effects analysis: too little for too much? *BMJ Qual Saf*, 21:607e611.
- Maureen S.G., Laura H.J., Igor L. 2020. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic. *Springer Nature Switzerland AG. Part of Springer Nature*.
- Peeters, J.F.W., Basten, R.J.L., Tinga, T. (2018). Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. *Reliability Engineering and System Safety*, 172: 36–44.
- Wessiani, N.A., Yoshio, F. (2016). Failure mode effect analysis and fault tree analysis as a combined methodology in risk management. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 337:012033.
- Whiteley, M., Dunnett, S., Jackson, L. Failure Mode and Effect Analysis, and Fault Tree Analysis of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells. *Int. J. Hydrog. Energy*, 41, 1187–1202.
- Zagidullin, R., Mitroshkina, T., Dmitriev, A. (2021). Quality Function Deployment and Design Risk Analysis for the Selection and Improvement of FDM 3D Printer. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 666.