

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE FTA (FAULT TREE ANALYSIS) DAN FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS) PADA PROSES PRODUKSI PITA CUKAI BERPEREKAT DI PERUSAHAAN PERCETAKAN DOKUMEN SEKURITI KARAWANG**

Saeful Anwar<sup>1</sup>, Rikzan Bachrul Ulum<sup>2</sup>, Agung Widarman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik/ Jurusan Teknik Industri, STT Wastukencana Purwakarta

**Article History**

Received : 7-Juli-2023  
Revised : 7-Juli-2023  
Accepted : 14-Juli-2023  
Published : 14-Juli-2023

**Corresponding author\*:**

Saeful Anwar

**Contact:**

[saeful.anwar.1973@gmail.com](mailto:saeful.anwar.1973@gmail.com)

**Cite This Article:**

Anwar, S. ., Ulum, R. B., & Widarman, A. . (2023). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE FTA (FAULT TREE ANALYSIS) DAN FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS) PADA PROSES PRODUKSI PITA CUKAI BERPEREKAT DI PERUSAHAAN PERCETAKAN DOKUMEN SEKURITI KARAWANG. Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 2(04), 114–128.

**DOI:**

<https://doi.org/10.56127/jukim.v2i04.813>

**Abstract:** *This study is conducted with the purpose to know the types of defect and the total amount of defect in the production process of adhesive banderol, determine the types of defect that most occur in the production process of banderol and the factors that cause the defect, make improvement proposals to reduce the defect that occurs most adhesive banderol products, and determine the results of improvements applied to the production process of adhesive banderol. The amount of defect to the adhesive banderol from June 2022 to February 2023 exceeds the standards determined by the company, namely the maximum defect is 5% per month. The approach to the problem used is using Pareto diagrams, then using the Fault Tree Analysis (FTA) method and Failure Mode and Analysis (FMEA) method. From the results of data processing using Pareto diagrams obtained dominant defect types are blobor, die cut defect, die cut is not cut, torn, thick mold, and miss register, then analyzed using the Fault Tree Analysis method to analyze the cause of the failure of the defect. Then proceed with the analysis using the Failure Mode and Effect Analysis method to identify potential failure modes in the production process, identify the effects of failure in the production process, identify the causes of failure in the production process, identify the detection modes of the production process, and determine the rating of Severity, occurrence, Detection, and RPN (Risk Priority Number). Then determined corrective action and re-calculation of the RPN after the improvement is applied to the production process of self-adhesive banderol. Based on the results of the study, the value of RPN after repair is reduced. The Total RPN decrease was 63%. And the failure mode that has the greatest decrease in RPN is "paper that sticks to each other during the die cut process", whose failure effects are "die cut defect is not cut, the decrease is 96%.*

**Keywords:** *Adhesive Banderol, Parero Chart, Fault Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis, RPN.*

**Abstrak:** Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan dan jumlah total kerusakan pada proses produksi pita cukai berperekat, mengetahui jenis kerusakan yang paling banyak terjadi pada proses produksi pita cukai beserta faktor-faktor penyebab kerusakan tersebut, membuat usulan perbaikan untuk mengurangi kerusakan yang paling banyak terjadi produk pita cukai berperekat, sertamengetahui hasil perbaikan yang diterapkan pada proses produksi pita cukai berperekat. Jumlah kerusakan Pita Cukai Berperekat dari bulan Juni 2022 sampai dengan Februari 2023 melebihi standar yang telah ditentukan perusahaan, yaitu maksimal kerusakan adalah sebesar 5% per bulan. Pendekatan masalah yang digunakan yaitu menggunakan diagram pareto, lalu menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan metode Failure Mode and Analysis (FMEA). Dari hasil pengolahan data menggunakan diagram pareto didapatkan jenis cacat dominan yaitu blobor, rusak die cut, die cut tidak terpotong, sobek, cetakan tebal, dan miss register, kemudian analisa menggunakan metode Fault Tree Analysis untuk menganalisa penyebab kegagalan kerusakan tersebut. Lalu dilanjutkan dengan analisis menggunakan metode Failure Mode And Effect Analysis dilakukan identifikasi potensi failure mode pada proses produksi, mengidentifikasi efek kegagalan pada proses produksi, mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan pada proses produksi, mengidentifikasi mode-mode deteksi proses produksi, serta menentukan rating terhadap Severity, Occurance, Detection, dan RPN (Risk Priority Number). Lalu ditentukan tindakan perbaikan dan dilakukan kembali perhitungan RPN setelah perbaikan tersebut diterapkan pada proses produksi pita cukai berperekat. Berdasarkan hasil penelitian, nilai RPN setelah perbaikan berkurang. Total penurunan RPN adalah 63%. Dan failure mode yang memiliki penurunan RPN paling besar adalah "kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses die cut berlangsung", yang failure effects-nya adalah "kerusakan die cut tidak terpotong, penurunannya sebesar 96%.

**Kata Kunci:** implementasi strategi; literasi vlog; Inklusi sosial

## PENDAHULUAN

Pada era globalisasi seperti sekarang ini, perkembangan bisnis meningkat semakin pesat meskipun berada didalam perekonomian yang cenderung tidak stabil. Hal ini berdampak pada persaingan bisnis baik dipasar domestik maupun internasional, setiap perusahaan dituntut harus bisa bersaing agar bisa mempertahankan usaha yang dikelolanya. Pada kenyataannya setiap perusahaan yang mampu bersaing dan mempertahankan usahanya pasti memiliki program mengenai kualitas, karena melalui program kualitas yang baik akan secara efektif perusahaan mampu mengurangi jumlah produk cacat yang dihasilkan.

Perusahaan Percetakan Dokumen Sekuriti Karawang sebagai salah satu perusahaan percetakan dokumen sekuriti, mempunyai cita-cita untuk menjadi perusahaan percetakan sekuriti terintegrasi terbesar di dunia. Untuk mewujudkan cita-cita tersebut, Perusahaan Percetakan Dokumen Sekuriti Karawang berusaha untuk menjaga loyalitas pelanggan dengan cara menjaga kualitas produk yang dibuat. Pita cukai adalah salah satu produk yang dibuat oleh Perusahaan Percetakan Dokumen Sekuriti Karawang. Terdapat 2 jenis produk pita cukai, yaitu Pita Cukai tanpa Perekat dan Pita Cukai dengan Perekat. Produk yang memiliki persentase kerusakan lebih tinggi adalah produk Pita Cukai dengan Perekat. Perusahaan Percetakan Dokumen Sekuriti Karawang menetapkan target jumlah kerusakan pita cukai berperekat per bulan sebesar 5%. Tetapi, pada kenyataannya jumlah kerusakan dari bulan Juni 2022 sampai dengan bulan Februari 2023 masih diatas target yang ditetapkan perusahaan, yaitu 6,01% kerusakan.

Berdasarkan penelitian dari [1], yang berjudul “*Defect Analysis of Printing Process in Offset Printing Industry by Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA)*”, salah satu metode yang cukup efektif dalam menurunkan resiko terjadinya cacat produk dan meningkatkan kualitas sesuai dengan karakteristik masing-masing produk adalah metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). 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 [2]. Oleh karena itu, peneliti menggunakan metode FTA dan FMEA untuk mengurangi jumlah produk cacat pada proses produksi pita cukai berperekat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Data kuantitatif dalam penelitian ini adalah data hasil produksi dan data total cacat. Dan data kualitatif dalam penelitian ini adalah faktor penyebab kerusakan yang merupakan hasil dari wawancara yang kemudian dianalisa. Penelitian ini dimulai dengan identifikasi permasalahan yang ada di tempat penelitian. Setelah ditemukan masalah, kemudian ditentukan tujuan dari penelitian, yaitu untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan dan jumlah total kerusakan pada proses produksi pita cukai berperekat, mengetahui jenis kerusakan yang paling banyak terjadi pada proses produksi pita cukai beserta faktor-faktor penyebab kerusakan tersebut, membuat usulan perbaikan untuk mengurangi kerusakan yang paling banyak terjadi produk pita cukai berperekat, sertamengetahui hasil perbaikan yang diterapkan pada proses produksi pita cukai berperekat. Kemudian dilakukan studi lapangan dan studi pustaka. Lalu peneliti mengumpulkan data-data yang diperlukan dengan cara observasi wawancara. Kemudian, data tersebut diolah dengan menggunakan diagram pareto untuk menentukan jenis kerusakan tertinggi. Dengan prinsip 80:20, 80% kerusakan tertinggi pada produk pita cukai akan dianalisis lebih lanjut dengan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Metode FTA digunakan untuk menganalisa penyebab kegagalan kerusakan tersebut. Lalu dilakukan identifikasi potensi *failure mode* pada proses produksi, mengidentifikasi efek kegagalan pada proses produksi, mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan pada proses produksi, mengidentifikasi mode-mode deteksi proses produksi, serta menentukan rating terhadap *Severity*, *Occurance*, *Detection*, dan *RPN (Risk Priority Number)* proses produksi berdasarkan rating dari tabel *severity* pada tabel 3, tabel *occurance* pada tabel 4, dan tabel *detection* pada table 5. Lalu ditentukan tindakan perbaikan dan dilakukan kembali perhitungan RPN setelah perbaikan tersebut diterapkan pada proses produksi pita cukai berperekat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Jumlah Produksi, Jenis Cacat dan Jumlah Cacat**

Berdasarkan hasil penelitian, produk yang diteliti hanya produk pita cukai berperekat saja. Hal ini dikarenakan produk pita cukai berperekat memiliki tingkat kecacatan yang paling tinggi. Berikut ini data produksi Pita Cukai Berperekat dari bulan Juni 2022 sampai dengan Februari 2023:

Tabel 1. Data Produksi Pita Cukai Berperekat dari bulan Juni 2022 sampai dengan Februari 2023

Bulan	Produksi (lembar)	Rusak (lembar)	Persentase Kerusakan
Juni 2022	374210	26008	6,95%
Juli 22	360980	24900	6,90%
Agustus 2022	489140	40181	8,21%
September 20 22	373026	11546	3,10%
Oktober 2022	348546	16399	4,70%
November 2022	352560	20180	5,72%
Desember 2022	526292	35424	6,73%
Januari 2023	365904	20356	5,56%
Februari 2023	333488	16828	5,05%
Total	3524146	211822	6,01%

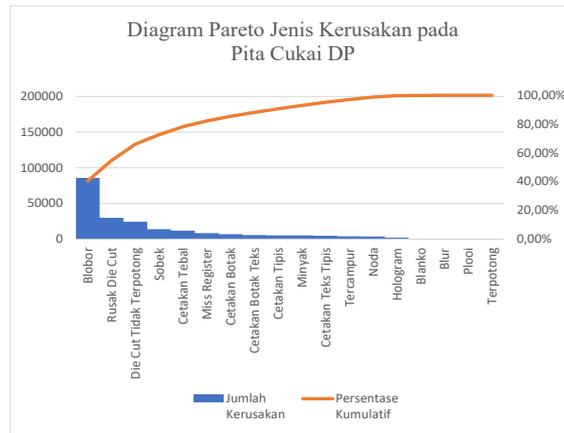
Apabila dikelompokkan berdasarkan jenis kerusakan, berikut ini adalah data kerusakan pada proses produksi pita cukai berperekat berdasarkan jenisnya:

Tabel 2. Data Kerusakan pada Proses Produksi Pita Cukai Berperekat Berdasarkan Jenisnya dari bulan Juni 2022 sampai dengan Februari 2023

Jenis Kerusakan	Jumlah Kerusakan (lembar)
Blobor	85728
Rusak <i>Die Cut</i>	29894
<i>Die Cut</i> Tidak Terpotong	24294
Sobek	13836
Cetakan Tebal	11809
<i>Miss Register</i>	8393
Cetakan Botak	6810
Cetakan Botak Teks	5704
Cetakan Tipis	5242
Minyak	5171
Cetakan Teks Tipis	4573
Tercampur	3973
Noda	3625
Hologram	2235
Blanko	280
Blur	233
Plooi	21
Terpotong	3
Total	211822

**Analisis Kerusakan yang Paling Banyak Terjadi pada Pita Cukai Berperekat**

Berdasarkan tabel 7, dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *pareto chart* untuk mengetahui kerusakan yang paling banyak terjadi pada proses produksi pita cukai berperekat.



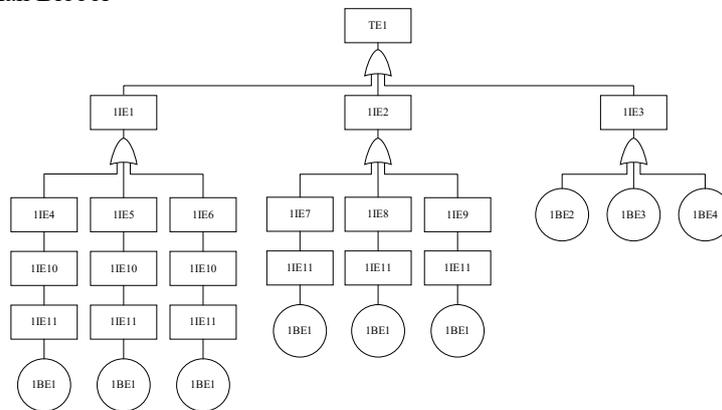
Gambar 1. Diagram Pareto Kerusakan Pita Cukai Berperekat dari Bulan Juni 2022 sampai dengan Februari 2023

Secara teori prinsip pareto chart digunakan dalam analisis ini adalah 80/20 yaitu dengan menyelesaikan 20% penyebab masalah diharapkan menyelesaikan 80% kerusakan. Didapat 6 jenis kerusakan yang harus diprioritaskan, yaitu blobor, rusak die cut, die cut tidak terpotong, sobek, cetakan tebal, dan miss register, dimana keenam jenis kerusakan tersebut merupakan 80% kerusakan yang paling sering terjadi. Setelah dilakukan analisa melalui diagram pareto diatas, kemudian dilakukan penyelesaian lebih lanjut terhadap keenam kerusakan tadi dengan *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

**Hasil Analisis Penyebab Kerusakan dengan *Fault Tree Analysis (FTA)***

Berikut ini adalah analisa jenis kerusakan yaitu blobor, rusak *die cut*, *die cut* tidak terpotong, sobek, cetakan tebal, dan *miss register* pada produk Pita Cukai Berperekat menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dengan tujuan untuk mengetahui apa saja yang menyebabkan terjadinya jenis kerusakan tersebut.

1) FTA Kerusakan Blobor



Gambar 2. FTA (*Fault Tree Analysis*) Kerusakan Blobor

Keterangan:

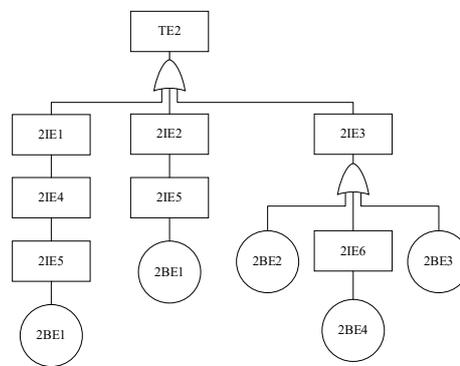
- TE1 (*Top Event 1*) = Blobor
- IIE1 (*Intermediate Event 1*) = Komponen mesin kotor
- IIE2 (*Intermediate Event 2*) = Salah setting mesin
- IIE3 (*Intermediate Event 3*) = Kualitas bahan baku kertas yang tidak memenuhi standar
- IIE4 (*Intermediate Event 4*) = Roll kotor
- IIE5 (*Intermediate Event 5*) = Plat kotor
- IIE6 (*Intermediate Event 6*) = Blanket kotor
- IIE7 (*Intermediate Event 7*) = Salah setting roll (terlalu menekan)
- IIE8 (*Intermediate Event 8*) = Salah setting plat (kendor)
- IIE9 (*Intermediate Event 9*) = Salah setting blanket (terlalu menekan)
- IIE10 (*Intermediate Event 10*) = Pencucian yang kurang bersih pada saat *changeover*
- IIE11 (*Intermediate Event 11*) = Metode yang digunakan tidak sesuai SOP

- 1BE1 (*Basic Event 1*) = Operator bekerja tidak sesuai SOP
- 1BE2 (*Basic Event 2*) = *Deffect* dari pemasok kertas
- 1BE3 (*Basic Event 3*) = Kurangnya pengecekan dari QC
- 1BE4 (*Basic Event 4*) = Kondisi *warehouse* yang tidak memenuhi standar

Tabel 3. Cut Set Minimum untuk Diagram Fault Tree Kerusakan Blobor

Literasi	Persamaan Boolean
1	$TE1 = 1IE1 + 1IE2 + 1IE3$
2	$TE1 = (1IE4 + 1IE5 + 1IE6) + (1IE7 + 1IE8 + 1IE9) + (1BE2 + 1BE3 + 1BE4)$
3	$TE1 = (\cancel{1IE10 + 1IE10} + 1IE10) + (\cancel{1IE11 + 1IE11} + 1IE11) + (1BE2 + 1BE3 + 1BE4)$
4	$TE1 = 1IE10 + 1IE11 + (1BE2 + 1BE3 + 1BE4)$
5	$TE1 = 1IE11 + 1BE1 + (1BE2 + 1BE3 + 1BE4)$
6	$TE1 = \cancel{1BE1} + 1BE1 + (1BE2 + 1BE3 + 1BE4)$
7	$TE1 = 1BE1 + 1BE2 + 1BE3 + 1BE4$

2) FTA Kerusakan Rusak *Die Cut*



Gambar 3. FTA (*Fault Tree Analysis*) Kerusakan Rusak *Die Cut*

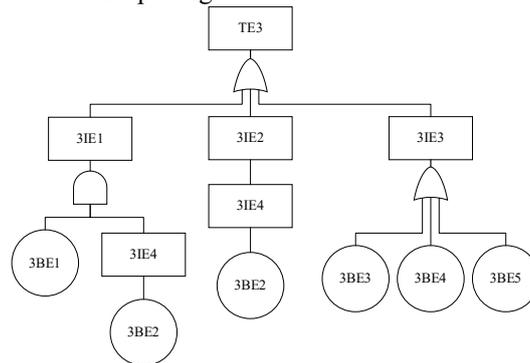
Keterangan:

- TE2 (*Top Event 2*) = Rusak *die cut*
- 2IE1 (*Intermediate Event 1*) = *Gripper* kotor
- 2IE2 (*Intermediate Event 2*) = Salah setting tekanan pisau *die cut*
- 2IE3 (*Intermediate Event 3*) = Kualitas bahan baku kertas yang tidak memenuhi standar
- 2IE4 (*Intermediate Event 4*) = Pencucian *gripper* yang kurang bersih pada saat *changeover*.
- 2IE5 (*Intermediate Event 5*) = Metode yang digunakan salah
- 2IE6 (*Intermediate Event 6*) = *Deffect* dari proses cetak
- 2BE1 (*Basic Event 1*) = Operator bekerja tidak sesuai SOP
- 2BE2 (*Basic Event 2*) = *Deffect* dari pemasok kertas
- 2BE3 (*Basic Event 3*) = Kurangnya pengecekan dari QC
- 2BE4 (*Basic Event 4*) = Cara menumpuk kertas yang salah

Tabel 4. Cut Set Minimum untuk Diagram Fault Tree Kerusakan Rusak *Die Cut*

Literasi	Persamaan Boolean
1	$TE2 = 2IE1 + 2IE2 + 2IE3$
2	$TE2 = 2IE4 + 2IE5 + (2BE2 + 2IE6 + 2BE3)$
3	$TE2 = 2IE5 + 2BE1 + (2BE2 + 2BE4 + 2BE3)$
4	$TE2 = \cancel{2BE1} + 2BE1 + (2BE2 + 2BE3 + 2BE4)$
5	$TE2 = 2BE1 + 2BE2 + 2BE3 + 2BE4$

3) FTA Kerusakan *Die Cut* Tidak Terpotong



Gambar 4. FTA (*Fault Tree Analysis*) Kerusakan *Die Cut* Tidak Terpotong

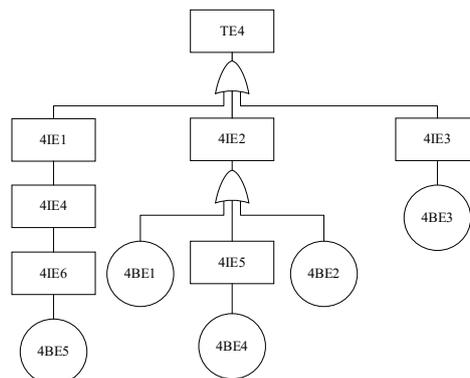
Keterangan:

- TE3 (*Top Event 3*) = *Die cut* tidak terpotong
- 3IE1 (*Intermediate Event 1*) = Pisau *die cut* kotor/ tumpul
- 3IE2 (*Intermediate Event 2*) = Salah setting tekanan pisau *die cut*
- 3IE3 (*Intermediate Event 3*) = Kualitas bahan baku kertas yang tidak memenuhi standar
- 3IE4 (*Intermediate Event 4*) = Operator kurang teliti
- 3BE1 (*Basic Event 1*) = Kurangnya perawatan pada pisau *die cut*
- 3BE2 (*Basic Event 2*) = Kurangnya pemahaman terhadap kondisi pisau *die cut* yang baik
- 3BE3 (*Basic Event 3*) = *Deffect* dari pemasok kertas
- 3BE4 (*Basic Event 4*) = Kurangnya pengecekan dari QC
- 3BE5 (*Basic Event 5*) = Kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses *die cut* berlangsung

Tabel 5. Cut Set Minimum untuk Diagram Fault Tree Kerusakan *Die Cut* Tidak Terpotong

Literasi	Persamaan Boolean
1	$TE3 = 3IE1 + 3IE2 + 3IE3$
2	$TE3 = (3BE1 \times 3IE4) + 3IE4 + (3BE3 + 3IE4 + 3BE5)$
3	$TE3 = (3BE1 \times 3BE2) + 3BE2 + (3BE3 + 3IE4 + 3BE5)$
4	$TE3 = 3BE2 + \cancel{3BE2 \times 3BE1} + (3BE3 + 3IE4 + 3BE5)$
5	$TE3 = 3BE2 + 3BE3 + 3BE4 + 3BE5$

4) FTA Kerusakan Sobek



Gambar 5. FTA (*Fault Tree Analysis*) Kerusakan Sobek

Keterangan:

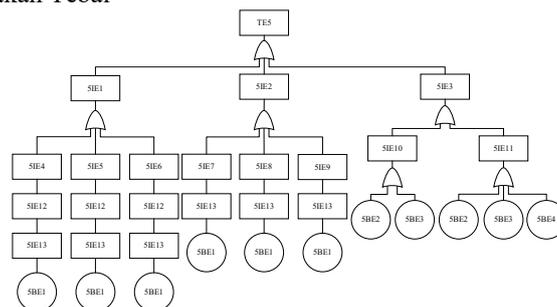
- TE4 (*Top Event 4*) = Sobek
- 4IE1 (*Intermediate Event 1*) = *Gripper* kotor
- 4IE2 (*Intermediate Event 2*) = Kualitas bahan baku kertas yang tidak memenuhi standar
- 4IE3 (*Intermediate Event 3*) = *Disk counter* mesin hitung sudah tajam
- 4IE4 (*Intermediate Event 4*) = Pencucian *gripper* yang kurang bersih pada saat *changeover*
- 4IE5 (*Intermediate Event 5*) = *Deffect* dari proses cetak
- 4IE6 (*Intermediate Event 6*) = Operator kurang teliti
- 4BE1 (*Basic Event 1*) = *Deffect* dari pemasok
- 4BE2 (*Basic Event 2*) = Kurangnya pengecekan dari operator

- 4BE3 (Basic Event 3) = Disk counter mesin hitung sudah melewati masa pemakaian
- 4BE4 (Basic Event 4) = Cara menumpuk kertas yang salah
- 4BE5 (Basic Event 5) = Kurangnya pemahaman operator terhadap kondisi gripper yang baik

Tabel 6. Cut Set Minimum untuk Diagram Fault Tree Kerusakan Sobek

Literasi	Persamaan Boolean
1	$TE4 = 4IE1 + 4IE2 + 4IE3$
2	$TE4 = 4IE4 + (4BE1 + 4IE5 + 4BE2) + 4BE3$
3	$TE4 = 4IE6 + (4BE1 + 4BE4 + 4BE2) + 4BE3$
4	$TE4 = 4BE5 + (4BE1 + 4BE4 + 4BE2) + 4BE3$
5	$TE4 = 4BE1 + 4BE2 + 4BE3 + 4BE4 + 4BE5$

5) FTA Kerusakan Cetakan Tebal



Gambar 6. FTA (Fault Tree Analysis) Kerusakan Cetakan Tebal

Keterangan:

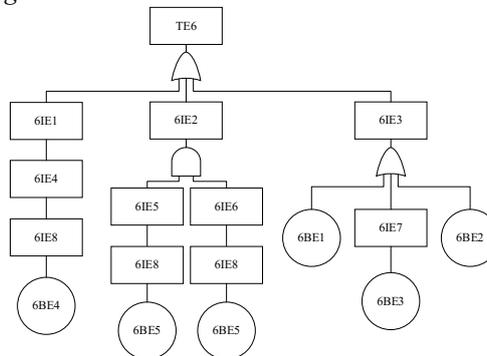
- TE5 (Top Event 5) = Cetakan tebal
- 5IE1 (Intermediate Event 1) = Komponen mesin kotor
- 5IE2 (Intermediate Event 2) = Salah setting mesin
- 5IE3 (Intermediate Event 3) = Kualitas bahan baku yang tidak memenuhi standar
- 5IE4 (Intermediate Event 4) = Roll kotor
- 5IE5 (Intermediate Event 5) = Plat kotor
- 5IE6 (Intermediate Event 6) = Blanket kotor
- 5IE7 (Intermediate Event 7) = Salah setting roll (terlalu menekan)
- 5IE8 (Intermediate Event 8) = Salah setting plat (kendor)
- 5IE9 (Intermediate Event 9) = Salah setting blanket (terlalu menekan)
- 5IE10 (Intermediate Event 10) = Kualitas tinta yang tidak memenuhi standar
- 5IE11 (Intermediate Event 11) = Kualitas kertas yang tidak memenuhi standar
- 5IE12 (Intermediate Event 12) = Pencucian yang kurang bersih pada saat *changeover*
- 5IE13 (Intermediate Event 13) = Metode yang digunakan tidak sesuai SOP
- 5BE1 (Basic Event 1) = Operator bekerja tidak sesuai SOP
- 5BE2 (Basic Event 2) = Defect dari pemasok
- 5BE3 (Basic Event 3) = Kurangnya pengecekan dari QC
- 5BE4 (Basic Event 4) = Kondisi warehouse yang tidak memenuhi standar

Tabel 7. Cut Set Minimum untuk Diagram Fault Tree Kerusakan Cetakan Tebal

Literasi	Persamaan Boolean
1	$TE5 = 5IE1 + 5IE2 + 5IE3$
2	$TE5 = (5IE4 + 5IE5 + 5IE6) + (5IE7 + 5IE8 + 5IE9) + (5IE10 + 5IE11)$
3	$TE5 = (5IE12 + 5IE12 + 5IE12) + (5IE13 + 5IE13 + 5IE13) + ((5BE2 + 5BE3) + (5BE2 + 5BE3 + 5BE4))$
4	$TE5 = (5IE12 + 5IE12 + 5IE12) + (5IE13 + 5IE13 + 5IE13) + ((5BE2 + 5BE2 + 5BE3 + 5BE3 + 5BE4))$
5	$TE5 = 5IE12 + 5IE13 + (5BE2 + 5BE3 + 5BE4)$
6	$TE5 = 5IE13 + 5BE1 + (5BE2 + 5BE3 + 5BE4)$

Literasi	Persamaan Boolean
7	$TE5 = \cancel{5BE1} + 5BE1 + (5BE2 + 5BE3 + 5BE4)$
8	$TE5 = 5BE1 + 5BE2 + 5BE3 + 5BE4$

6) FTA Kerusakan *Miss Register*



Gambar 7. FTA (*Fault Tree Analysis*) Kerusakan *Miss Register*

Keterangan:

- TE6 (*Top Event 5*) = *Miss register*
- 6IE1 (*Intermediate Event 1*) = *Gripper kotor*
- 6IE2 (*Intermediate Event 2*) = *Kesalahan pada saat setting plat*
- 6IE3 (*Intermediate Event 3*) = *Kualitas bahan baku kertas yang tidak memenuhi standar*
- 6IE4 (*Intermediate Event 4*) = *Pencucian gripper yang kurang bersih pada saat changeover*
- 6IE5 (*Intermediate Event 5*) = *Plat cetak kendur*
- 6IE6 (*Intermediate Event 6*) = *Pemasangan plat cetak kurang presisi*
- 6IE7 (*Intermediate Event 7*) = *Deffect dari proses unpacking*
- 6IE8 (*Intermediate Event 8*) = *Operator kurang teliti*
- 6BE1 (*Basic Event 1*) = *Deffect dari pemasok kertas*
- 6BE2 (*Basic Event 2*) = *Kurangnya pengecekan dari operator*
- 6BE3 (*Basic Event 3*) = *Cara menumpuk kertas yang salah*
- 6BE4 (*Basic Event 4*) = *Kurangnya pemahaman operator terhadap gripper yang baik*
- 6BE5 (*Basic Event 5*) = *Kurangnya pemahaman operator terhadap pemasangan plat*

Tabel 8. Cut Set Minimum untuk Diagram Fault Tree Kerusakan *Miss Register*

Literasi	Persamaan Boolean
1	$TE6 = 6IE1 + 6IE2 + 6IE3$
2	$TE6 = 6IE4 + (6IE5 \times 6IE6) + (6BE1 + 6IE7 + 6BE2)$
3	$TE6 = 6IE8 + (6IE8 \times 6IE8) + (6BE1 + 6BE3 + 6BE2)$
4	$TE6 = \cancel{6BE4} + (\cancel{6BE5} \times 6BE5) + (6BE1 + 6BE2 + 6BE3)$
5	$TE6 = 6BE5 + (6BE1 + 6BE2 + 6BE3)$
6	$TE6 = 6BE1 + 6BE2 + 6BE3 + 6BE5$

Apabila disimpulkan, penyebab dari keenam jenis kerusakan tersebut adalah operator bekerja tidak sesuai SOP, *deffect* dari pemasok kertas, kurangnya pengecekan dari QC, kondisi gudang yang tidak memenuhi standar, cara menumpuk kertas yang salah, kurangnya perawatan pada pisau *die cut*, kurangnya pemahaman terhadap kondisi pisau *die cut* yang baik, kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses *die cut* berlangsung, kurangnya pengecekan dari operator, *disk counter* mesin hitung sudah melewati masa pemakaian, kurangnya pemahaman operator terhadap kondisi *gripper* yang baik, kurangnya pemahaman operator terhadap pemasangan plat.

**Hasil Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)**

Berikut ini hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada proses produksi pita cukai berperekat:

Tabel 9. Form Penerapan FMEA pada Proses Produksi Pita Cukai Berperekat

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effects</i>	<i>SEVERITY</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>OCCURANCE</i>	<i>Current Controls</i>	<i>DETECTION</i>	<i>RPN</i>	<i>Action Recommended</i>	<i>Resp.</i>
<i>In what ways does the key input go wrong</i>	<i>What is the impact on the key output variables (Production and Customer Requirements)?</i>		<i>What cause the key input to go wrong?</i>		<i>What are the existing controls and procedure (inpection test) that prevent with the cause or the failure mode</i>			<i>What are the action for reducing the occurrence of the cause, or improving detection</i>	
Operator bekerja tidak sesuai SOP	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	8	Operator tidak membersihkan roll, blanket, dan plat setiap selesai mencetak 1500 lembar karena merasa hal itu mempersulit pekerjaan mereka	8	Operator akan ditegur oleh Kepala Unit	1	64	Memberikan peringatan atau hukuman kepada operator yang tidak bekerja sesuai SOP	Kepala Unit
	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan	8	Operator mengatur hasil potongan pada saat proses die cut berlangsung, karena dirasa lebih simple	7		1	56		
	Warna hasil cetakan terlalu tebal	7	Operator tidak mengatur roll, blanket, dan plat sesuai SOP, karena merasa hal itu mempersulit pekerjaan mereka	5		1	35		
<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effects</i>	<i>SEVERITY</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>OCCURANCE</i>	<i>Current Controls</i>	<i>DETECTION</i>	<i>RPN</i>	<i>Action Recommended</i>	<i>Resp.</i>
<i>In what ways does the key input go wrong</i>	<i>What is the impact on the key output variables (Production and Customer Requirements)?</i>		<i>What cause the key input to go wrong?</i>		<i>What are the existing controls and procedure (inpection test) that prevent with the cause or the failure mode</i>			<i>What are the action for reducing the occurrence of the cause, or improving detection</i>	
Defect dari pemasok kertas	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	8	Terdapat kertas yang terlalu tipis, karena tidak di cek oleh QC dan Operator	8	Produk yang defect dipisahkan/ diambil oleh operator. Jika banyak, operator melakukan stop, call, and wait	2	128	Melakukan pemeriksaan bahan baku yang datang secara teliti dengan menggunakan metode sampling yang benar, kemudian mengkoordinasikannya dengan pemasok	Operator dan QC
	Warna hasil cetakan terlalu tebal	7		5		2	70		
	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan	8	Kertas melipat, karena tidak di cek oleh QC dan Operator	7		2	112		
	Kertas hasil cetakan sobek	6		6		2	72		
	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.	6		5		2	60		
	Kertas tidak terpotong pola die cut nya	6		6		2	72		

Kurangnya pengecekan dari QC	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	8	Operator QC <i>in line</i> hanya satu	8	Pengambilan sampel dilakukan pada saat <i>shift</i> 1 setiap hari	2	128	Menambah operator QC <i>in line</i> dan melakukan pengambilan sampel pada setiap <i>shift</i> ( <i>shift</i> 1,2,3)	QC
	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan	8		7		2	112		
	Kertas tidak terpotong pola <i>die cut</i> nya	6		6		2	72		
	Warna hasil cetakan terlalu tebal	7		5		2	70		
Kondisi gudang yang tidak memenuhi standar	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	8	Operator hanya membersihkan gudang seminggu sekali	8	Produk yang <i>deffect</i> dipisahkan/ diambil oleh operator. Jika banyak, operator melakukan <i>stop, call, and wait</i>	1	64	Operator/ pengawas gudang setiap hari selalu mengecek kondisi gudang baik suhu ruangan maupun menjaga kebersihan gudang agar kualitas bahan baku selalu terjaga.	Operator Gudang
	Warna hasil cetakan terlalu tebal	7		5		1	35		
Cara menumpuk kertas yang salah	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan	8	Operator tidak hati-hati pada saat menumpuk kertas dan tidak mengecek hasil tumpukkan	7	Produk yang <i>deffect</i> dipisahkan/ diambil oleh operator. Jika banyak, operator melakukan <i>stop, call, and wait</i>	2	112	Mengecek kembali hasil tumpukan, agar tidak meneruskan <i>deffect</i> ke proses selanjutnya	Operator
	Kertas hasil cetakan sobek	6		6		2	72		
	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.	6		5		1	30		
Kurangnya perawatan pada pisau <i>die cut</i>	Kertas tidak terpotong pola <i>die cut</i> nya	6	Kurangnya kesadaran operator untuk merawat pisau <i>die cut</i>	6	Pisau <i>die cut</i> dibersihkan pada saat hasil potongan sudah tidak terlihat	2	72	Membersihkan pisau <i>die cut</i> pada saat akhir proses produksi	Operator
Kurangnya pemahaman terhadap kondisi pisau <i>die cut</i> yang baik			Kurangnya pelatihan mengenai kondisi pisau <i>die cut</i> yang baik dan perawatan pisau <i>die cut</i>			1	36	Mengadakan pelatihan mengenai kondisi pisau <i>die cut</i> yang baik dan perawatan pisau <i>die cut</i>	Kepala Unit
Kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses <i>die cut</i> berlangsung			Operator tidak mengecek kertas yang akan di- <i>die cut</i>			3	108	Men- <i>jugle</i> dan mengecek tumpukkan kertas terlebih dahulu sebelum kertas masuk ke mesin <i>die cut</i>	Operator

Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEVERITY	Potential Causes	OCCURRENCE	Current Controls	DETECTION	RPN	Action Recommended	Resp.
In what ways does the key input go wrong	What is the impact on the key output variables (Production and Customer Requirements)?		What cause the key input to go wrong?		What are the existing controls and procedure (inpection test) that prevent with the cause or the failure mode			What are the action for reducing the occurrence of the cause, or improving detection	
Kurangnya pengecekan dari operator	Kertas hasil cetakan sobek	6	Operator merasa yang bertugas mengecek hanya QC saja	6	Produk yang deffect dipisahkan/ diambil oleh operator. Jika banyak, operator melakukan <i>stop, call, and wait</i>	2	72	Mengecek dahulu kertas yang akan dicetak	Operator
	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.	6		5		1	30		
Disk counter mesin hitung sudah melewati masa pemakaian	Kertas hasil cetakan sobek	6	Tidak adanya jadwal penggantian disk counter	6	Disk counter diganti jika sudah merobek kertas pada saat proses menghitung	2	72	Membuat jadwal penggantian disk counter dan mengantainya sesuai jadwal sebelum disk counter dapat merobek kertas pada saat proses menghitung	Kepala Unit
Kurangnya pemahaman operator terhadap kondisi gripper yang baik			Operator merasa gripper tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil cetakan atau hasil potongan		1	36	Mengadakan pelatihan mengenai kondisi gripper yang baik dan pelatihan mengenai pentingnya kondisi gripper pada hasil cetakan	Kepala Unit	
Kurangnya pemahaman operator terhadap pemasangan plat	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.	6	Operator merasa pemasangan plat cukup sederhana	5	Produk yang deffect dipisahkan/ diambil oleh operator. Jika banyak, operator melakukan <i>stop, call, and wait</i>	1	30	Mengadakan pelatihan mengenai pemasangan plat dan membuat instruksi kerja mengenai pemasangan plat yang mudah dimengerti oleh operator	Kepala Unit

**Hasil Penerapan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

Setelah usulan perbaikan diterapkan pada proses produksi yaitu dari bulan Maret 2023 sampai dengan Mei 2023, peneliti mengumpulkan kembali data kerusakan produk pita cukai berperekat, untuk mengetahui berhasil atau tidaknya usulan perbaikan yang diberikan. Berikut ini data kerusakan produk pita cukai berperekat dari bulan Maret 2023 sampai dengan Mei 2023.

Tabel 10. Data Kerusakan Produk Pita Cukai Berperekat dari Bulan Maret 2023 sampai dengan Mei 2023

Bulan	Produksi (lembar)	Rusak (lembar)	Persentase Kerusakan
Mar-23	382388	19298	5,05%
Apr-23	415724	20828	5,01%
May-23	385600	18895	4,90%
Total	1183712	59021	4,99%

Jumlah kerusakan pita cukai berperekat pada bulan Maret 2023 – Mei 2023 sebanyak 59.021 lembar dari 1.163.712 lembar yang diproduksi atau 4,99% dari total produksi. Ini sudah sesuai dengan target kerusakan dari perusahaan, yaitu 5% dari total produksi.

Setelah itu dilakukan juga penghitungan RPN setelah perbaikan (*after*), untuk dibandingkan dengan RPN sebelum perbaikan (*before*). Berikut ini adalah tabel perbandingan antara RPN sebelum perbaikan dan RPN sesudah perbaikan:

Tabel 11. Perbandingan Antara RPN Sebelum Perbaikan (*Before*) dan RPN Sesudah Perbaikan (*After*)

Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	Action Taken	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION	RPN After	RPN Before	Persentase Penurunan
			(After)					
Operator bekerja tidak sesuai SOP	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	Pemberian peringatan atau hukuman kepada operator yang tidak bekerja sesuai SOP	7	7	1	49	64	23%
	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan		7	7	1	49	56	13%
	Warna hasil cetakan terlalu tebal		5	2	1	10	35	71%
Defect dari pemasok kertas	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	Dilakukan pemeriksaan bahan baku yang datang secara teliti dengan menggunakan metode sampling yang benar, kemudian dikoordinasikan dengan pemasok	7	7	1	49	128	62%
	Warna hasil cetakan terlalu tebal		5	2	1	10	84	88%
	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan		7	7	1	49	112	56%
	Kertas hasil cetakan sobek		5	5	1	25	60	58%
	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.		5	5	1	25	60	58%
	Kertas tidak terpotong pola <i>die cut</i> nya		4	1	1	4	72	94%
Kurangnya pengecekan dari QC	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	Operator QC <i>in line</i> ditambah dan pengambilan sampel dilakukan setiap shift ( <i>shift</i> 1,2,3)	7	7	1	49	128	62%
	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan		7	7	1	49	112	56%
	Kertas tidak terpotong pola <i>die cut</i> nya		4	1	1	4	72	94%
	Warna hasil cetakan terlalu tebal		5	2	1	10	70	86%
Kondisi gudang yang tidak memenuhi standar	Terdapat tinta yang menutupi hasil cetakan	Operator/ pengawas gudang setiap hari selalu mengecek kondisi gudang baik suhu	7	7	1	49	64	23%
	Warna hasil cetakan terlalu tebal		5	2	1	10	35	71%
Cara menumpuk kertas yang salah	Hasil potongan geser/ tidak sesuai dengan pola hasil cetakan	Dilakukan pengecekan kembali hasil tumpukan, agar tidak meneruskan <i>defect</i> ke proses selanjutnya	7	7	1	49	112	56%
	Kertas hasil cetakan sobek		5	5	1	25	72	65%
	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.		5	5	1	25	30	17%
Kurangnya perawatan pada pisau <i>die cut</i>	Kertas tidak terpotong pola <i>die cut</i> nya	Pisau <i>die cut</i> dibersihkan pada saat akhir proses produksi	4	1	1	4	72	94%
Kurangnya pemahaman terhadap kondisi pisau <i>die cut</i> yang baik		Diadakan pelatihan mengenai kondisi pisau <i>die cut</i> yang baik dan pelatihan mengenai perawatan pisau <i>die cut</i>			1	4	36	89%
Kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses <i>die cut</i> berlangsung		Men- <i>jugle</i> dan mengecek tumpukan kertas terlebih dahulu sebelum kertas masuk ke mesin <i>die cut</i>			1	4	108	96%

Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	Action Taken	SEVERITY	OCCURANCE	DETECTION	RPN After	RPN Before	Persentase Penurunan
			(After)					
Kurangnya pengecekan dari operator	Kertas hasil cetakan sobek	Kertas yang akan dicetak dicek terlebih dahulu	5	5	1	25	72	65%
	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.		5	5	1	25	30	17%
Disk counter mesin hitung sudah melewati masa pemakaian	Kertas hasil cetakan sobek	Dibuatkan jadwal penggantian disk counter dan menggantinya sesuai jadwal sebelum disk counter dapat merobek kertas pada saat proses menghitung	5	5	1	25	72	65%
Kurangnya pemahaman operator terhadap kondisi gripper yang baik		Diadakan pelatihan mengenai kondisi gripper yang baik dan pelatihan mengenai pentingnya kondisi gripper pada hasil cetakan			1	25	36	31%
Kurangnya pemahaman operator terhadap pemasangan plat	Hasil cetak menjadi geser/ tidak sesuai dengan pola cetakan.	Diadakan pelatihan mengenai pemasangan plat dan dibuatkan instruksi kerja mengenai pemasangan plat yang mudah dimengerti oleh operator	5	5	1	25	30	17%
Total						677	1822	63%

Berdasarkan tabel 11, dapat dilihat bahwa semua *failure mode* dan *failure effects* mengalami penurunan RPN. Apabila ditotalkan, persentase penurunan RPN pada penelitian ini adalah 63%. Angka 63% ini didapat dari pembagian antara pengurangan RPN *before* dikurangi RPN *after*, kemudian dibagi dengan RPN *before*.

*Failure mode* yang memiliki penurunan RPN paling besar adalah “kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses die cut berlangsung”, yang *failure effects*-nya adalah “kerusakan die cut tidak terpotong. *Failure mode* “kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses die cut berlangsung” dan *failure effects* “kerusakan die cut tidak terpotong mengalami penurunan RPN sebesar 96%.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- 1) Terdapat 18 jenis kerusakan pada proses produksi pita cukai berperekat, yaitu blobor, rusak *die cut*, *die cut* tidak terpotong, sobek, cetakan tebal, *miss register*, cetakan botak, cetakan botak teks, cetakan tipis, minyak, cetakan teks tipis, tercampur, noda, hologram, blanko, blur, plooi, terpotong. Total kerusakan dari bulan Juni 2022 sampai dengan Februari 2023 adalah 211.822 lembar.
- 2) Jenis kerusakan yang paling sering terjadi pada proses produksi pita cukai berperekat adalah blobor, rusak *die cut*, *die cut* tidak terpotong, sobek, cetakan tebal, dan *miss register*. Penyebab dari keenam jenis kerusakan tersebut adalah operator bekerja tidak sesuai SOP, *deffect* dari pemasok kertas, kurangnya pengecekan dari QC, kondisi gudang yang tidak memenuhi standar, cara menumpuk kertas yang salah, kurangnya perawatan pada pisau *die cut*, kurangnya pemahaman terhadap kondisi pisau *die cut* yang baik, kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses *die cut* berlangsung, kurangnya pengecekan dari operator, *disk counter* mesin hitung sudah melewati masa pemakaian, kurangnya pemahaman operator terhadap kondisi *gripper* yang baik, kurangnya pemahaman operator terhadap pemasangan plat.
- 3) Untuk mengurangi kerusakan produk pita cukai berperekat, diusulkan perbaikan sebagai berikut:
  - a) Memberikan peringatan atau hukuman kepada operator yang tidak bekerja sesuai SOP.
  - b) Melakukan pemeriksaan bahan baku yang datang secara teliti dengan menggunakan metode sampling yang benar, kemudian mengkoordinasikannya dengan pemasok.
  - c) Menambah operator QC dan melakukan pengambilan sampel pada setiap shift (shift 1,2,3).
  - d) Operator/ pengawas gudang setiap hari selalu mengecek kondisi gudang baik suhu ruangan maupun menjaga kebersihan gudang agar kualitas bahan baku selalu terjaga.
  - e) Mengecek kembali hasil tumpukan, agar tidak meneruskan *deffect* ke proses selanjutnya.

- f) Membersihkan pisau die cut pada saat akhir proses produksi.
  - g) Mengadakan pelatihan mengenai kondisi pisau die cut yang baik dan perawatan pisau die cut.
  - h) Men-jugle tumpukkan kertas terlebih dahulu sebelum kertas masuk ke mesin die cut.
  - i) Mengecek dahulu kertas yang akan dicetak.
  - j) Membuat jadwal penggantian disk counter dan menggantinya sesuai jadwal sebelum disk counter dapat merobek kertas pada saat proses menghitung.
  - k) Mengadakan pelatihan mengenai kondisi gripper yang baik dan pelatihan mengenai pentingnya kondisi gripper pada hasil cetakan.
  - l) Mengadakan pelatihan mengenai pemasangan plat dan membuat instruksi kerja mengenai pemasangan plat yang mudah dimengerti oleh operator.
- 4) Setelah semua usulan perbaikan diterapkan dalam proses produksi, jumlah kerusakan pita cukai berperekat dari bulan Maret 2023 – Mei 2023 menjadi 59.021 lembar dari 1.163.712 lembar yang diproduksi atau 4,99% dari total produksi. Ini sudah sesuai dengan target kerusakan dari perusahaan, yaitu 5% dari total produksi. Selain itu nilai RPN setelah perbaikan juga berkurang. Total penurunan RPN adalah 63%. Dan *failure mode* yang memiliki penurunan RPN paling besar adalah “kertas yang menempel satu sama lain pada saat proses die cut berlangsung”, yang *failure effects*-nya adalah “kerusakan die cut tidak terpotong, penurunannya sebesar 96%.

### Saran

Berdasarkan pembahasan analisis data dan kesimpulan penelitian yang telah dikemukakan di atas maka penulis memberi saran yang diharapkan dapat memberikan masukan kepada pihak perusahaan untuk menentukan langkah lebih lanjut mengenai pengendalian kualitas. Dengan masih adanya kerusakan produk pita cukai berperekat yang berada di luar batas toleransi, maka penulis memberikan saran kepada pihak perusahaan adalah sebagai berikut :

- 1) Usulan perbaikan dilaksanakan secara konsisten, agar jumlah kerusakan tetap dibawah target yang ditetapkan perusahaan.
- 2) Perusahaan diharapkan lebih meningkatkan pengawasan dalam proses produksi. Perusahaan diharapkan lebih memberikan perhatian pada karyawan agar pekerjaan yang dilakukan dapat berjalan sesuai dengan prosedur kerja dari perusahaan.
- 3) Perusahaan harus selalu memperhatikan peralatan dan mesin-mesin dalam proses produksi. Karena perawatan pada mesin serta peralatan pendukung dalam kegiatan produksi bisa menunjang pengendalian kualitas. Perusahaan tidak hanya memberikan perawatan pada mesin dan peralatan tetapi juga diharapkan untuk membeli mesin dan peralatan yang baru ketika mesin dan peralatan sudah tidak layak digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. J. Mulyana, S. S. Hartoyo, and M. E. Sianto, “Defect Analysis of Printing Process in Offset Printing Industry by Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA),” *J. Integr. Syst.*, vol. 5, no. 2, pp. 143–155, 2022, doi: 10.28932/jis.v5i2.5241.
- [2] J. F. W. Peeters, R. J. I. Basten, and T. Tinga, “Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 172, no. October 2017, pp. 36–44, 2018, doi: 10.1016/j.ress.2017.11.024.
- [3] D. Irwan, dan Haryono, *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*. Bandung: Alfabeta Bandung., 2015.
- [4] R. Prihantoro, *Konsep Pengendalian Mutu*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2012.
- [5] D’Ettore, ““A Revised FMEA application to the quality control management” D’ Ettore Claudia Paciarotti Giovanni Mazzuto Davide SUSANTY,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* , vol. 31, no. 7, pp. 788–810, 2014.
- [6] A. S. Addawiyah and R. Windraswara, “Pengembangan Risk Assessment Dalam Evaluasi Manajemen Penanggulangan Kebakaran Melalui Fault Tree Analysis,” *Unnes J. Public Heal.*, vol. 5, no. 1, p. 36, 2016, doi: 10.15294/ujph.v5i1.9702.

- [7] W. Y. Kartika, A. Harsono, and G. Permata, “Usulan Perbaikan Produk Cacat Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis Pada PT. Sygma Examedia Arkanleema,” *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 4, no. 1, pp. 345–356, 2016.
- [8] M. Mikulak, R. J., McDermott, R., & Beauregard, *The Basics of FMEA*. CRC press, 2017.
- [9] H. Tannady, *Pengendalian Kualitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.
- [10] D. Novrizal, Kurniawan, and P. Patodi, “Analisa Penentuan Faktor Dominan Kegagalan Desain Komponen Seat Ass ’ Y Oil Filter Dengan Metode FMEA ( Failure Mode and Effects Analysis ),” *Sinergi*, pp. 281–290, 2013.