

Identification and Analysis Of Defect Factors in Recycled Paper Production

Identifikasi dan Analisa Faktor Kecacatan pada Produksi Kertas Daur Ulang

Sofyan Alim Rais¹⁾, Atikha Sidhi Cahyana ^{*,2)}

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

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

*Email Penulis Korespondensi: atikhasidhi@umsida.ac.id (wajib email institusi)

Abstract. *PT. XYZ is a company engaged in recycled paper production, known for experiencing a higher defect rate in Quality 1 products that exceeds the company's tolerance limit. This study aims to identify the factors causing defects in recycled paper production and identify the root causes. Proposed improvements to reduce defects are suggested. The research employs FMEA and FTA methodologies. The most significant paper defect is in GSM, with root causes including insufficient GSM measurement training, inadequate supervision during material weighing, variations in raw material quality, inconsistent recycled paper materials, inadequate supplier evaluations, discrepancies in material specifications from suppliers, lack of humidity control oversight, absence of humidity control equipment, and inadequate workspace cleanliness. Proposed improvements include regular training, periodic weighing process checks, raw material quality inspections, optimization of recycled material processing, supplier selection refinement, and enhanced humidity and workspace cleanliness monitoring.*

Keywords - *Failure Mode and Effect Analysis; Fault Tree Analysis; Quality Control; Paper Production*

Abstrak. PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi kertas daur ulang diketahui produk *Quality 1* mengalami peningkatan kecacatan yang melebihi batas toleransi perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab cacat pada produk kertas daur ulang dan mengidentifikasi akar penyebab cacat kemudian dibuat usulan perbaikan untuk mengurangi cacat produksi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah FMEA dan FTA. Hasil cacat kertas terbesar pada GSM dan akar penyebab cacat yaitu kurangnya pelatihan pengukuran GSM, pengawasan kurang saat penimbangan bahan, variasi kualitas bahan baku, *raw material* kertas daur ulang, kurangnya evaluasi pemasok bahan baku, ketidaksesuaian spesifikasi bahan baku dari pemasok, kurangnya pengawasan terhadap tingkat kelembaban, tidak adanya alat pengatur kelembaban, dan kurangnya kebersihan ruang produksi. Untuk perbaikan, diusulkan adanya pelatihan dan pembaruan pengetahuan rutin, pemeriksaan berkala proses penimbangan, pemeriksaan kualitas bahan baku, optimalisasi pengolahan dan penggunaan bahan baku daur ulang, melakukan seleksi pemasok bahan baku, dan meningkatkan pengawasan kelembaban, kebersihan pada ruang produksi.

Kata Kunci - *Failure Mode and Effect Analysis, Fault Tree Analysis, Pengendalian Kualitas, Produksi Kertas*

I. PENDAHULUAN

Dunia industri yang maju dan semakin berkembang, mengakibatkan variasi hasil produk yang dihasilkan untuk meningkatkan kualitas suatu produk yang dihasilkan, diperlukan pengendalian kualitas yang baik dalam suatu produksi. Kualitas memiliki dampak signifikan pada apakah suatu produk memenuhi standar atau preferensi konsumen. Kertas merupakan bahan tipis dibuat dengan mengendapkan dan mengeringkan serat nabati pendek. Sebagian besar waktu, serat yang digunakan alami dan memiliki selulosa dan hemiselulosa di dalamnya. Kertas dieja *paper* dalam bahasa Inggris dan *papier* dalam bahasa Belanda. Kertas adalah lembaran yang terbuat dari bubur rumput, jerami, kayu dan bahan lainnya. Itu bisa robek, digulung, dilipat, direkatkan, atau dipotong melintang, dan sifatnya berbeda dari bahan mentahnya [1]

Kertas daur ulang dapat diartikan dalam berbagai pengertian pertama setiap kertas daur ulang sebelum dapat digunakan oleh pelanggan sebagai produk akhir dianggap sebagai kertas daur ulang pra-konsumen (limbah pra-konsumen), terlepas dari apakah diproduksi melalui proses konversi kertas atau tidak, kedua serat sekunder adalah serat yang telah diproses untuk pembuatan dan sekarang digunakan sebagai bahan pokok dalam proses lainnya, ketiga *broke paper* adalah hasil proses pembuatan yang tidak dapat dijual karena tidak lulus uji mutu atau dianggap tidak

memenuhi syarat, ke-empat kertas yang telah digunakan sebagai barang konsumen setelah didaur ulang [2] Pengertian kualitas selalu terhubung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Ini mengindikasikan bahwa kualitas adalah penilaian yang dilakukan oleh konsumen terhadap suatu produk guna memenuhi kebutuhan dan mencapai tingkat kepuasan yang diinginkan [3].

PT. XYZ adalah perusahaan yang memproses kertas daur ulang sebagai bahan baku pembuatan kertas. Seiring dengan pertumbuhan bisnis, perusahaan tersebut membangun unit PM 2 & PM 3 dan *Deinking Plant* tambahan sebagai bagian dari beberapa ekspansi untuk meningkatkan kapasitas produksi. Perusahaan tersebut mampu memproduksi kertas, mulai dari kertas coklat, kertas putih hingga kertas warna sesuai dengan permintaan pelanggan. Pada bulan Agustus, September, November dan Desember tahun 2022 total kecacatan atau produk Q1 (*Quality 1*) mengalami kenaikan yang signifikan sebesar 17% untuk bulan Agustus, 12% di bulan September, 16% di bulan November, dan 17% di bulan Desember yang mana jumlah tersebut melebihi batas toleransi dari perusahaan yaitu lebih dari 10%, hal ini mengakibatkan kerugian pada perusahaan.

Sesuai dengan pedoman sasaran mutu pada Perusahaan tersebut produk dianggap berkualitas tinggi jika hasil produksi memenuhi rencana target standar mutu sesuai dengan spesifikasi perusahaan untuk setiap produksi. Untuk mengurangi produk cacat, langkah-langkah perbaikan dimulai dengan menyesuaikan batas yang ingin dicapai dengan kemampuan proses yang ada, serta memastikan bahwa hasil produksi yang diinginkan dapat tercapai sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Hal ini dapat dinilai baik dari perspektif kemampuan proses maupun kebutuhan konsumen yang ingin dicapai dari hasil produksi [4]. Permasalahan yang ditemukan pada bagian produksi kertas yaitu peningkatan produk cacat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mengakibatkan cacat pada produk kertas daur ulang dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi faktor dan akar dari cacat produk kertas daur ulang sehingga rekomendasi untuk perbaikan dapat dibuat untuk mengurangi cacat produksi. Pada penelitian ini mengolah data memanfaatkan metode *Failure Mode* dan *Effect Analysis* digunakan karena dianggap sebagai salah satu metode paling ampuh di bidang keandalan analisis kegagalan atau cacat [5]. Kemudian langkah selanjutnya data diolah dengan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk melakukan analisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi risiko atau menyelidiki akar dari masalah yang mengakibatkan kegagalan [6].

II. METODE

Proses pengambilan data untuk penelitian ini dilakukan selama 6 bln yaitu pada bulan Juli sampai Desember. Metode Pengambilan data menggunakan cara observasi serta peninjauan secara aktual di lokasi produksi kertas serta juga melakukan survey secara langsung di wilayah area produksi, kemudian wawancara dilakukan dengan 3 responden yang *expert* dibidangnya yaitu manager produksi, kepala produksi, dan admin produksi. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data historis dan data langsung pada pihak yang berkaitan pada produksi produk yang mengalami kecacatan.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) salah satu metode penilaian risiko proaktif yang paling terkenal dan banyak digunakan di industri adalah pendekatan FMEA. *Failure Mode* adalah kegagalan suatu produk atau proses sesuai dengan fungsinya atau penyebab kegagalan, sedangkan *Effect Analysis* menelaah potensi hasil dari setiap kegagalan. Maka bisa diartikan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan metode untuk menganalisis konsekuensi dari setiap kegagalan yang mungkin terjadi selama proses desain dan produksi hingga produk diproduksi [7]. Metode FMEA memiliki tujuan untuk mengenali dan mengevaluasi risiko-risiko yang terkait dengan potensi kegagalan, di mana potensi kegagalan adalah faktor-faktor yang dikenali yang dapat mengakibatkan cacat pada produk [8]. Pada tabel FMEA, penilaian nilai RPN untuk *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dapat menggunakan skala dari 1 hingga 10. Skala ini mencerminkan tingkat dampak, di mana skala 1 mewakili dampak terendah dan skala 10 mewakili dampak tertinggi [9]. Prosedur *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terdiri dari delapan langkah [10]: (a) Mencari akan kemana arah proses produksi. (b) Menentukan mode kegagalan proses produksi yang paling mungkin terjadi. (c) Menentukan efek potensial dari kegagalan manufaktur. (d) Mencari dari apa yang salah selama proses produksi. Mengidentifikasi mode deteksi pada proses produksi. (e) Menentukan peringkat mulai dari nilai keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*). (f) Mengalikan nilai keparahan, kejadian, dan deteksi untuk menghitung nilai RPN. (g) Memberikan saran untuk meningkatkan setiap kegagalan yang mungkin terjadi. Pada tabel 1 menjelaskan mengenai tingkat keparahan (*severity*).

Tabel 1 Nilai Severity

<i>Effect</i>	<i>Severity Effect for FMEA</i>	<i>Ranking</i>
Tidak ada	Bentuk Kegagalan tanpa efek samping	1
Sangat minor	Tidak langsung berakibat	2
Minor	Efek yang terbatas	3

Sangat rendah	Memerlukan sedikit <i>rework</i>	4
Rendah	Diperlukan <i>rework</i> yang cukup banyak	5
Sedang	Produk rusak (<i>reject</i>)	6
Tinggi	Mengakibatkan gangguan pada peralatan	7
Sangat Tinggi	Mengakibatkan gangguan pada mesin	8
Berbahaya peringatan	Gangguan pada mesin sehingga mesin berhenti	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Mengakibatkan gangguan mesin sampai mengancam keselamatan pekerja	10

Sumber : [11]

Pada tabel 2 akan menjelaskan mengenai tingkat kejadian (*occurance*) cacat pada produk.

Tabel 2 Nilai *Occurance*

<i>Probabilty of Failure</i>	<i>Failure Rates</i>	<i>Rating</i>
Sangat sering terjadi hingga kerusakan tidak bisa dihindari	Hampir selalu terjadi dalam interval kurang dari 1-2 kali operasi	10
Sangat sering terjadi	Sangat sering, terjadi dalam interval kurang dari 3-4 kali operasi	9
Sering terjadi (1)	Frekuensi tinggi, terjadi dalam interval kurang dari 5-8 kali operasi	8
Sering terjadi (2)	Cukup sering, terjadi dalam interval kurang dari 9-20 kali operasi	7
Jarang terjadi (1)	Umum, terjadi dalam interval kurang dari 21-80 kali operasi	6
Jarang terjadi (2)	Jarang, terjadi dalam interval kurang dari 81-400 kali operasi	5
Jarang terjadi (3)	Jarang sekali, terjadi dalam interval kurang dari 401-2000 kali operasi	4
Sangat jarang terjadi (1)	Sangat jarang, terjadi dalam interval kurang dari 2001-15000 kali operasi	3
Sangat jarang terjadi (2)	Sangat jarang sekali, terjadi dalam interval lebih dari 15001 kali operasi	2
Tidak pernah terjadi	Tidak pernah terjadi	1

Sumber : [11], [12]

Bisa dilihat pada tabel 3 akan menjelaskan tingkat deteksi (*detection*) produk cacat.

Tabel 3 Nilai *Detection*

<i>Detection</i>	<i>Criteria of Detection by Process</i>	<i>Ranking</i>
Hampir tidak mungkin	Tidak adanya alat control	10
Sangat jarang	Alat pengontrol yang mana sulit dipahami	9
Jarang	Alat pengontrol sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	8
Sangat rendah	Kemampuan kontrol kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan kontrol kegagalan rendah	6
Sedang	Kemampuan kontrol kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kemampuan kontrol kegagalan sangat tinggi	4
Tinggi	Kemampuan kontrol kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemampuan kontrol kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kemampuan kontrol kegagalan hampir pasti	1

Sumber : [11]

Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu sistem [13]. Metode Analisis Pohon Kesalahan (*Fault Tree Analysis*) adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko atau menemukan akar penyebab masalah yang berkontribusi terhadap kegagalan melalui analisis struktur pohon

kesalahan. [14]. Analisis pohon kesalahan merupakan analisis deduktif, di mana sebuah peristiwa disebabkan oleh peristiwa sebelumnya. Peristiwa sebelumnya disebabkan oleh peristiwa lainnya, kegagalan komponen, atau kegagalan operator (manusia) [15]. Metode analisis sistem digunakan untuk mencari kesalahan pada suatu sistem. Analisis sistem dapat dilakukan dengan cara langsung atau lebih terlibat namun, dalam kebanyakan kasus, akan ada dua kategori pertanyaan [16]: (a) Pertanyaan berkaitan dengan sebab. Suatu kondisi yang akan memicu peristiwa sistem selanjutnya yaitu penyebabnya. karena ini adalah peristiwa pertama yang perlu dianalisis dengan baik untuk menghentikan peristiwa yang tidak diinginkan lainnya terjadi di masa mendatang. (b) Pertanyaan hasil dari akibat. Suatu kondisi yang akan terjadi dalam sistem sebagai akibat dari sebab adalah akibat. Setelah itu dilakukan analisis untuk menentukan hasil yang akan mengakibatkan terjadinya suatu kondisi awal (penyebab).

Tahap-tahap implementasi *Fault Tree Analysis* [17]: (a) Menetapkan batas FTA setelah menentukan acara puncak atau utama. (b) Memeriksa sistem untuk menentukan bagaimana berbagai elemen berhubungan satu sama lain dan dengan peristiwa teratas. Kemudian membangun pohon kesalahan yang dimulai dengan peristiwa teratas dan turun ke bawah. (c) Menyiapkan rencana tindakan korektif untuk mencegah kegagalan setelah menganalisis pohon kesalahan untuk menemukan cara menghilangkan kejadian yang menyebabkan kegagalan.

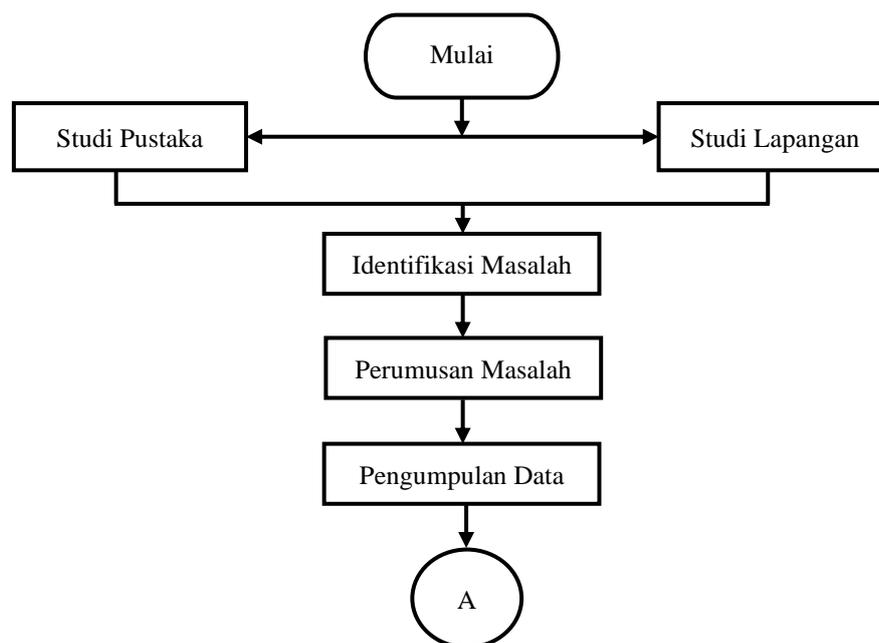
Sebagai aturan dan simbol sederhana yang dapat membantu menganalisis sistem dan hubungan rumit antara perangkat keras, perangkat lunak, dan manusia. Simbol-simbol FTA dapat dilihat pada tabel 4.

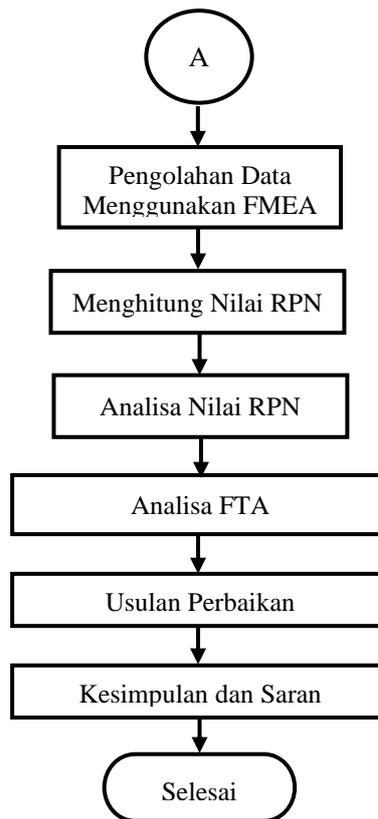
Tabel 4 simbol – simbol dalam *Fault Tree Analysis* (FTA).

<i>Symbol Name</i>	<i>Symbol</i>	<i>Description</i>
<i>OR – Gate</i>		Kejadian Output akan terjadi hanya jika salah satu Input terjadi.
<i>And – Gate</i>		Kejadian Output akan terjadi hanya jika beberapa Input terjadi.
<i>Basic Event</i>		Kegagalan sebuah Basic Equipment yang tidak memerlukan penelitian lebih lanjut dari penyebab kegagalan.
<i>Undeveloped Event</i>		Event yang tidak dianalisa lebih jauh karena keterbatasan informasi dan alasan lain
<i>Comment Retangale</i>		Digunakan untuk informasi tambahan.

Sumber : [18]

Alur penelitian akan menjelaskan mulai awal sampai akhir dari penelitian. Alur dari penelitian bisa dilihat pada gambar 2.





Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Jumlah Kecacatan Produk

Sesuai dengan pedoman sasaran mutu perusahaan, produk dianggap berkualitas tinggi jika hasil produksi memenuhi rencana target standar mutu sesuai dengan spesifikasi perusahaan untuk setiap produksi. Diketahui berdasarkan data produksi kertas daur ulang pada PM 1 yang telah disajikan, terdapat beberapa bulan di mana jumlah produk cacat melebihi 10% hal ini telah melewati batas standar dari Perusahaan. Tabel 5 adalah data kecacatan produksi kertas selama 6 bulan pada tahun 2022 :

Tabel 5. Data Kecacatan Produk Kertas Daur Ulang

Bulan	Jumlah Produksi (Kg)	Jumlah produk cacat	Presentase produk cacat
Juli	3.721.764	371.030	10%
Agustus	3.729.041	622.665	17%
September	2.908.832	473.304	16%
Oktober	3.318.398	348.222	10%
November	3.385.962	402.496	12%
Desember	3.225.200	548.322	17%

Analisis data pada tabel 5 menunjukkan bahwa bulan Agustus, September, November dan Desember memiliki tingkat kecacatan yang signifikan, dengan persentase produk cacat melebihi 10%. Hal ini menunjukkan adanya masalah dalam proses produksi kertas daur ulang pada Perusahaan yang perlu ditindaklanjuti untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

B. Pengolahan Data Menggunakan Metode *Fault Mode and Effect Analysis*

Dalam melakukan analisis data produksi kertas daur ulang di Perusahaan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dilakukan tahapan-tahapan antara lain. Pertama, dilakukan penentuan risk event atau kejadian kegagalan yang dapat terjadi dalam proses produksi kertas daur ulang. Kemudian, dilakukan wawancara pada

pihak expert perusahaan dan pengumpulan data untuk menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dari setiap risk event yang diidentifikasi.

Tabel 6. Tabel FMEA produk kertas daur ulang

No.	Alur Proses	Failure Mode	Potensi Penyebab	Dampak
1	<i>Fiber Fractionation</i>	GSM +/- GSM -	Ketidakstabilan suhu dan waktu pemisahan serat	Variasi GSM kertas yang tidak diinginkan
			Ketidakeimbangan proporsi serat	Penurunan kualitas cetakan
			Ketidakeimbangan penggunaan bahan kimia	Penurunan daya tahan kertas
2	<i>Deinking</i>	COBB	Kurangnya waktu penghilangan tinta	Penurunan kekuatan kertas
			Ketidacocokan bahan kimia deinking dengan tipe tinta	Kandungan air yang berlebihan pada kertas
3	<i>Fiber Refining</i>	Belang	Keausan piringan refining yang tidak terkontrol	Variasi kekuatan kertas
			Piringan refining yang tidak optimal	Lipatan atau garis yang tidak diinginkan pada kertas
4	<i>Mixing Chest</i>	Warna tidak sama	Kontaminasi bahan kimia dalam mixing chest	Tidak adanya keseragaman warna pada cetakan
			Ketidakeimbangan dalam komposisi bahan kimia dan serat	Variasi warna kertas yang tidak diinginkan
5	<i>Paper Making Machine</i>	Lubang	Ketidaktepatan dalam proses pembentukan kertas	Lubang pada kertas yang tidak diinginkan
6	<i>Bursting Strength Test (BST)</i>	Variasi Bursting Strength	Kerusakan pada alat uji <i>Bursting Strength</i>	Penurunan kualitas kertas dalam hal kekuatan
			Tidak stabilnya pengaturan uji Bursting Strength	Variasi kekuatan burst pada kertas yang tidak diinginkan
7	<i>Slitting and Rewinding</i>	Bercak	Gangguan pada mesin slitting dan rewinding	Variasi ketebalan dan kekakuan kertas
			Ketidaktepatan dalam proses pemotongan dan penggulangan	Bercak pada kertas yang tidak diinginkan

Setelah melakukan penentuan risk event atau kejadian kegagalan serta menentukan potensi penyebab dan dampak yang dapat terjadi dalam proses produksi kertas daur ulang, kemudian menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dari setiap risk event yang diidentifikasi, dan dibuat perankingan dari semua jenis kecacatan hal tersebut dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dan hasil RPN

No.	Mode Kegagalan	S	O	D	RPN	Rank
1	GSM +/- GSM -	6	7	6	252	1
2	COBB	5	5	4	100	5
3	Belang	6	6	5	180	3

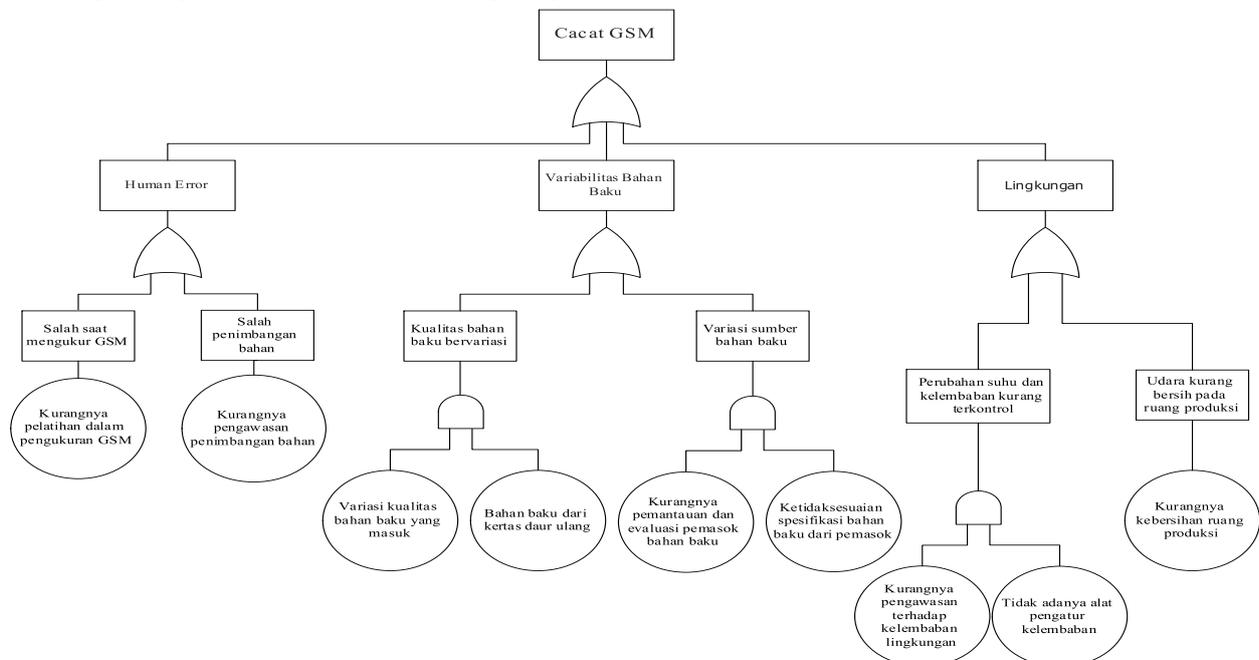
4	Warna tidak sama	4	5	4	80	6
5	Lubang	4	4	4	64	7
6	BST	6	6	6	216	2
7	Bercak	5	5	5	125	4

Berikut analisa tabel 7 yang menggambarkan mode kegagalan dalam proses produksi kertas daur ulang di PT. XYZ, berdasarkan nilai RPN (Risk Priority Number) dari yang terbesar hingga terkecil: (a) Mode Kegagalan "GSM +/- GSM -" memiliki nilai RPN sebesar 252 dan menduduki peringkat pertama. (b) Mode Kegagalan "BST" menduduki peringkat kedua dengan nilai RPN sebesar 216. (c) Mode Kegagalan "Belang" menempati peringkat ketiga dengan nilai RPN sebesar 180. (d) Mode Kegagalan "Bercak" berada di peringkat keempat dengan nilai RPN sebesar 125. (e) Mode Kegagalan "COBB" menduduki peringkat kelima dengan nilai RPN sebesar 100. (f) Mode Kegagalan "Warna tidak sama" menempati peringkat keenam dengan nilai RPN sebesar 80. (g) Mode Kegagalan "Lubang" berada di peringkat ketujuh dan terakhir dengan nilai RPN sebesar 64.

Setelah melakukan analisis menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi mode kegagalan dalam proses produksi kertas daur ulang, langkah selanjutnya adalah melanjutkan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat dari mode kegagalan yang telah diidentifikasi.

C. Analisa Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis*

Setelah melakukan analisa data dan mendapatkan nilai *Risk Priority Number* dari metode FMEA maka dilanjutkan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Dalam metode *Fault Tree Analysis*, dilakukan pembuatan *Fault Tree* yang menggambarkan secara sistematis berbagai faktor yang dapat menyebabkan terjadinya mode kegagalan. Faktor-faktor tersebut berupa kegagalan komponen, kondisi lingkungan, atau kejadian lain yang berpotensi memicu terjadinya kegagalan. Faktor atau metode kegagalan yang pertama difokuskan yaitu GSM maka dibuatlah pohon kesalahan dengan cara analisa dan melakukan wawancara untuk mendapatkan faktor kesalahan apa saja yang biasanya menyebabkan jenis kecacatan GSM kepada pihak expert yang dimulai dengan peristiwa teratas sampai turun ke bawah, gambar pohon kesalahan bisa dilihat pada gambar 2 :



Gambar 2. *Fault Tree Analysis* cacat GSM

Pada gambar 2 dapat diketahui *top event* atau puncak permasalahannya cacat GSM produk kertas daur ulang yang mana terdapat 3 faktor permasalahan antara lain terdapat pada *human error*, masalah material, dan lingkungan. Faktor pertama *human error* dapat terjadi dikarenakan salah saat mengukur GSM atau juga bisa salah saat penimbangan

bahan akar dari faktor terjadinya yaitu kurangnya pelatihan dalam pengukuran GSM, dan pengawasan yang kurang dalam penimbangan bahan. Faktor kedua yaitu variabilitas bahan baku hal ini terjadi dikarenakan kualitas bahan baku bervariasi, dan variasi sumber pada bahan baku akar dari faktor terjadinya dikarenakan variasi kualitas bahan baku yang masuk, *raw material* dari kertas daur ulang, kurangnya pemantauan dan evaluasi pemasok bahan baku serta ketidaksesuaian spesifikasi bahan baku dari pemasok. Faktor ketiga dalam hal lingkungan seperti perubahan suhu dan kelembaban yang kurang terkontrol, kemudian udara yang kurang bersih pada ruang produksi hal tersebut terjadi dikarenakan kurangnya pengawasan terhadap tingkat kelembaban, tidak adanya alat pengatur kelembaban, dan kurangnya kebersihan ruang produksi.

D. Usulan Perbaikan

Setelah ditemukan akar dari faktor penyebab kecacatan produk kertas daur ulang maka dibuatlah usulan perbaikan agar meminimasi terjadinya cacat pada produk. Berikut pada tabel 8 menjelaskan akar penyebab terjadinya kecacatan produk dan usulan perbaikan.

Tabel 8. Faktor Penyebab Cacat dan Usulan Perbaikan

Faktor penyebab cacat	Usulan perbaikan
Kurangnya pelatihan dalam pengukuran GSM	Melakukan pelatihan dan pembaruan pengetahuan rutin untuk mengikuti perkembangan terbaru dalam pengukuran GSM [19], [20]
Pengawasan yang kurang dalam penimbangan bahan	Melakukan pemeriksaan berkala terhadap proses penimbangan untuk mengidentifikasi dan menangani masalah yang mungkin terjadi [19], [20]
Variasi kualitas bahan baku	Menerapkan pemeriksaan kualitas pada bahan baku masuk untuk mendeteksi variasi [19], [20]
<i>Raw Material</i> dari kertas daur ulang	Mengoptimalkan proses pengolahan dan penggunaan bahan baku dari kertas daur ulang [19], [20]
Kurangnya pemantauan dan evaluasi pemasok bahan baku, ketidaksesuaian spesifikasi bahan baku dari pemasok	Melakukan seleksi pemasok bahan baku yang bisa memenuhi standar kualitas perusahaan [19], [20]
Kelembaban tidak terjaga dalam ruang produksi Kurangnya kebersihan ruang produksi	Meningkatkan pengawasan kelembaban, kebersihan pada ruang produksi (Menggunakan alat untuk menjaga kelembaban dan suhu, serta membuat jadwal kebersihan secara rutin) [19], [20]

IV. SIMPULAN

Hasil penelitian ini menemukan 7 jenis *defect* yaitu GSM +/- GSM -, COBB, Belang, Warna tidak sama, Lubang BST, dan . Penyebab kecacatan tertinggi yang ditentukan dengan metode FMEA didapat dari hasil *risk priority number* dengan RPN terbesar pada cacat GSM dengan nilai RPN sebesar 264, kemudian akar dari faktor penyebab cacat GSM ditemukan yaitu kurangnya pelatihan dalam pengukuran GSM, pengawasan kurang saat penimbangan bahan, variasi kualitas bahan baku, *raw material* dari kertas daur ulang, kurangnya evaluasi pemasok bahan baku, ketidaksesuaian spesifikasi bahan baku dari pemasok kurangnya pengawasan terhadap tingkat kelembaban, tidak adanya alat pengatur kelembaban, dan kurangnya kebersihan ruang produksi. Kelemahan penelitian ini membutuhkan data yang akurat dan lengkap tentang penyebab kegagalan, dampaknya, dan interaksi antara faktor-faktor penyebab cacat, penelitian ini bisa dilanjutkan dengan metode RCA atau metode *Six Sigma*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan perusahaan kertas di Sidoarjo khususnya pihak HRD dan pihak manajemen produksi yang sudah mengizinkan melakukan penelitian.

REFERENSI

- [1] A. D. Anggoro and F. Rhozman, "Analisa Komposisi Bahan Penyusun Kertas Medium Fluting, Brown Kraft, dan Test Liner," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 4, no. 2, pp. 100–107, 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i2.17291.
- [2] M. I. A. Nuruddin and K. Nadliroh, "Analisa Pemilihan Bahan Baku Kertas Daur Ulang Jenis Test Liner Di PT X," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 5, no. 1, pp. 53–64, 2022, [Online]. Available:

- <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/JMN/article/view/17523%0Ahttps://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/JMN/article/download/17523/2743>
- [3] M. Dr. Hana Catur Wahyuni ST. and M. Wiwik Sulistiyowati ST., *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri*. 2020.
 - [4] B. B. Nanda and W. Sulistiyowati, "Minimize Defects in 5 Liters Jerry Cans by Using Statistical Quality Control and Root Cause Analysis," *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, vol. 4, no. 2, pp. 51–63, Mar. 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i2.1302.
 - [5] I. Marodiyah, A. S. Cahyana, and I. R. Nurmalasari, "INTEGRASI METODE QRM DAN FMEA DALAM MANAJEMEN RISIKO PETANI TEBU," *Jurnal Produktiva*, vol. 2, no. 3, 2022, doi: 10.36815/jurva.v2i3.2452.
 - [6] B. Khrisdamara and D. Andesta, "Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus : PT. Bima, Site Pelabuhan Berlian)," *Serambi Engineering*, vol. VII, no. 3, 2022.
 - [7] Y. Hisprastin and I. Musfiroh, "Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri," *Majalah Farmasetika*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106.
 - [8] M. Damaindra and A. S. Cahyana, "PENINGKATAN KUALITAS PRODUK PADA MESIN PRODUKSI NONWOVEN SPUNBOND DENGAN MENGGUNAKAN METODE SEVEN TOOLS DAN FMEA," *Spektrum Industri*, pp. 245–255, 2017.
 - [9] D. Suryaningrat, "Identifikasi Risiko Pada Okra Menggunakan Failure Mode and ... Jurnal Agroteknologi Vol. 13 No. 01 (2019)," vol. 13, no. 01, 2019.
 - [10] N. R. Nurwulan and W. A. Veronica, "Implementation of Failure Mode and Effect Analysis and Fault Tree Analysis in Paper Mill: A Case Study," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 3, pp. 171–176, Oct. 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i3.4059.171-176.
 - [11] A. Lestari and N. A. Mahbubah, "Analisis Defect Proses Produksi Songkok Berbasis Metode FMEA Dan FTA di Home - Industri Songkok GSA Lamongan," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 6, no. 3, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i3.3254.
 - [12] R. I. Yaqin, Z. Z. Zamri, J. P. Siahaan, Y. E. Priharanto, M. S. Alirejo, and M. L. Umar, "Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 3, pp. 189–200, Oct. 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200.
 - [13] D. Analysa, S. Suhudi, and P. D. Rahma, "Evaluasi Keterlambatan Proyek Pembangunan Graha Mojokerto Service City (GMSC) dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA)," *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, vol. 4, no. 2, p. 36, 2019, doi: 10.33366/rekabuana.v4i2.1407.
 - [14] N. Ardiansyah and H. C. Wahyuni, "Analisis Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode FMEA dan Fault Tree Analisis (FTA) Di Exotic UKM Intako," *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, vol. 2, no. 2, pp. 58–63, 2018, doi: 10.21070/prozima.v2i2.2200.
 - [15] R. S. Masykur and A. Oktora, "Quality Improvement on Optical Fiber Coloring Process using Fault Tree Analysis and Failure Mode and Effect Analysis," *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*, vol. 07, no. 02, pp. 06–12, 2021, doi: 10.31695/ijerat.2021.3690.
 - [16] R. A. Duyo, P. Studi, F. Teknik, and U. Muhammadiyah, "ANALISIS PENYEBAB GANGGUAN JARINGAN PADA DISTRIBUSI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS DI PT . PLN (PERSERO) RAYON DAYA MAKASSAR PENDAHULUAN Latar Belakang Listrik merupakan salah satu komoditi strategis dalam perekonomian Indonesia , karena," vol. 12, no. 02, 2020.
 - [17] S. Manggenre, "IMPLEMENTASI METODE FAULT TREE ANALISYS UNTUK ANALISIS KECACATAN PRODUK," *Industrial Engineering Management*, vol. 4, no. 1, pp. 40–48, 2019.
 - [18] C. A. Ericson, *Fault Tree Analysis*. 1999.
 - [19] A. Komari, A. Kesy Garside, L. D. Indrasari, and V. K. Salsabillah, "USULAN PERBAIKAN KUALITAS PRODUK KERTAS DENGAN METODE 5W+1H PADA PT. 'X,'" *Seminar Keinsinyuran*, no. 1, p. 64115, 2021.
 - [20] L. Parinduri and B. Harahap, "PENERAPAN METODE STATISTICAL PROCESS CONTROL DALAM MENGENDALIKAN KUALITAS KERTAS BOBBIN (Studi Kasus : PT. Pusaka Prima Mandiri)," Online, 2018.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.