

Quality Control Analysis of PT.JOS Electronic Passport Cover Products Using the Six Sigma Method and Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

[Analisa Pengendalian Kualitas Produk Sampul Paspor Elektronik PT.JOS Dengan Menggunakan Metode Six Sigma dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)]

Moch. Rizwan Riandi Harahap¹⁾, Wiwik Sulistiyowati ^{*,2)}

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

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

*Email Penulis Korespondensi: wiwik@umsida.ac.id

Abstract. *PT JOS is a company engaged in security printing. One of the products produced is electronic passport covers. The problem faced by this company is the high number of defective products such as dirty covers on electronic passport cover products that occurred from July to December 2024. The purpose of this study is to determine the average value of DPMO and the largest type of reject based on the highest RPN value, then provide recommendations for improvement and improvement of product quality. The methods used in this research are qualitative and quantitative methods with six sigma and FMEA approaches. The results of this study show an average DPMO value of 1155.47, an average sigma value of 4.55 with the highest defect percentage value of 66.92% in the dirty cover type. To improve product quality, improvements can be made through machine maintenance according to SOP, periodic checks, and thorough supervision of every aspect that has the potential to cause failure. This action is carried out so that the production process is better controlled so that it is expected to minimize the failures contained in the production process.*

Keywords – *Quality Control; Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); Six Sigma*

Abstrak. *PT JOS adalah perusahaan yang bergerak di bidang percetakan sekuriti. Salah satu produk yang dihasilkan adalah sampul paspor elektronik. Permasalahan yang dihadapi perusahaan ini adalah tingginya jumlah produk cacat seperti sampul kotor pada produk sampul paspor elektronik yang terjadi pada bulan Juli sampai dengan Desember 2024. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai rata-rata DPMO dan jenis reject terbesar berdasarkan nilai RPN tertinggi, kemudian memberikan rekomendasi perbaikan dan peningkatan kualitas produk. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dan kuantitatif dengan pendekatan six sigma dan FMEA. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata DPMO sebesar 1155.47, nilai rata-rata sigma sebesar 4.55 dengan nilai persentase cacat tertinggi sebesar 66.92% pada jenis cover kotor. Untuk meningkatkan kualitas produk, Perbaikan dapat dilakukan melalui perawatan mesin sesuai SOP, pengecekan secara berkala, serta pengawasan menyeluruh pada setiap aspek yang berpotensi menyebabkan kegagalan. Tindakan ini dilakukan agar proses produksi lebih terkontrol dengan baik sehingga diharapkan dapat meminimalisir kegagalan yang terdapat pada proses produksi.*

Kata Kunci – *Pengendalian Kualitas; Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); Six Sigma*

I. PENDAHULUAN

Di era digitalisasi dan globalisasi saat ini, paspor elektronik menjadi semakin penting karena menawarkan keamanan dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan paspor non-elektronik. Namun, untuk memenuhi kebutuhan pasar yang semakin tinggi dan memastikan kualitas produk yang konsisten[1]. Kualitas merupakan salah satu jaminan yang diberikan dan harus dipenuhi oleh perusahaan kepada pelanggan, karena kualitas suatu produk merupakan salah satu kriteria penting yang menjadi pertimbangan pelanggan dalam memilih produk[2].

PT. JOS adalah sebuah perusahaan manufaktur yang terkemuka dalam produksi berbagai produk plastik dan kertas, termasuk sampul paspor elektronik. Paspor merupakan dokumen resmi yang dikeluarkan instansi Imigrasi dalam rangka menjadi surat perjalanan untuk berangkat dan kembali dari luar negeri. Produksi di PT. JOS telah menghasilkan 1.050.000 lembar dalam enam bulan terakhir, dan 6.348 lembar produk mengalami masalah kualitas, termasuk sampul kotor (67%), sampul baret(19%), sampul terkelupas (11%), sampul tertekuk (2%), dan ketidaksesuaian dimensi (1%). Sampul kotor yang tidak sesuai dengan spesifikasi maka akan menjadi *reject* yang tidak dapat dikirim ke pelanggan, sehingga biaya produksi menjadi lebih tinggi juga akan dialami jika sampul kotor ditemukan oleh pelanggan dan kemudian pelanggan akan meminta ganti dengan produk yang sesuai spesifikasi. Otomatis perusahaan akan

melakukan produksi ulang dengan biaya tambahan namun produk pengganti tidak akan dibayar oleh pelanggan atau gratis. Jumlah kerugian perusahaan akan dikalkulasi dengan banyaknya jumlah reject sampel kotor yang ditemukan.

Jika sampel kotor sampai terkirim ke konsumen, maka hal ini akan menjadi komplain yang akan diterima oleh perusahaan dan mengurangi kredibilitas perusahaan. Tentunya perusahaan akan melakukan penggantian produk sampel kotor ke konsumen secara gratis, masalah-masalah ini dapat merusak reputasi perusahaan di mata pelanggan dan mitra bisnis[3]. Pengendalian kualitas sangat penting untuk perusahaan dan perlu direalisasikan agar perusahaan dapat mengetahui terjadinya penyimpangan dalam proses produksi sehingga perusahaan dapat meminimalisir terjadinya kerusakan sekecil mungkin[4].

Tindakan pencegahan yang saat ini dilakukan yaitu melakukan *refreshment* terkait kualitas secara periodik oleh tim QC dan pembersihan secara berkala pada area mesin, akan tetapi tindakan pencegahan tersebut masih kurang efektif dan pergantian bagian karyawan/ti yang tidak menentu, maka pada penelitian ini akan diusulkan penggunaan metode *Six Sigma*, metode *Six Sigma* adalah alat pengendalian yang sangat efektif dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi proses industri jasa atau manufaktur[2]. Perbaikan dengan metode *Six Sigma* difokuskan untuk memperkecil variansi proses secara statistik atau dengan mengetahui peluang (kemungkinan) terjadinya kecacatan sebesar 0,00034% atau 3,4 unit produk cacat pada satu juta unit produk yang dihasilkan oleh perusahaan[5].

Penerapan *Six Sigma* di PT. JOS diharapkan dapat membantu dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah kualitas dan mengimplementasikan solusi yang efektif. Namun, untuk melengkapi pendekatan ini, penting juga untuk menggunakan metode analisis risiko seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).[6] FMEA merupakan suatu metode yang mengidentifikasi mode-mode dari penyebab kegagalan yang ditimbulkan oleh setiap komponen terhadap suatu sistem, akibat dan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari kegagalan[7]. Dengan FMEA, PT. JOS diharapkan dapat memetakan potensi risiko dalam proses produksi sampel paspor elektronik dan menetapkan langkah-langkah pencegahan yang tepat.

Integrasi *Six Sigma* dan FMEA memberikan pendekatan yang lebih komprehensif untuk mengidentifikasi dan mengurangi cacat produk. *Six Sigma* menyediakan kerangka kerja untuk pengendalian kualitas yang terstruktur, sementara FMEA membantu dalam identifikasi awal dan pencegahan kegagalan[2][8]. Integrasi ini memungkinkan organisasi untuk fokus pada perbaikan berkelanjutan dengan menggunakan data dan analisis risiko untuk memandu keputusan. Misalnya, dalam tahap *Analyze* dari DMAIC, FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan menentukan tindakan perbaikan yang diperlukan untuk mengurangi risiko tersebut[9]. Analisis akan meliputi evaluasi proses produksi saat ini, identifikasi masalah kualitas utama, penerapan langkah-langkah perbaikan berdasarkan metodologi *Six Sigma* dan penilaian efektivitas FMEA dalam mencegah potensi kegagalan[10].

II. METODE

Penelitian akan difokuskan pada upaya pengendalian proses pada produksi sampel paspor elektronik guna mengurangi jumlah cacat yang terdeteksi. Untuk mencapai tujuan tersebut, digunakan metode *Six Sigma* yang melibatkan analisis kecacatan produk melalui tahap-tahap DMAIC (*define, measure, analyze, improve, dan control*). Selain itu, penurunan angka cacat dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)[11].

Peningkatan Nilai *Six Sigma* melalui Tahapan DMAIC

1. *Define* (Mengidentifikasi)

Define adalah tahap di mana masalah diidentifikasi secara spesifik dan mendetail berdasarkan peristiwa yang terjadi selama proses berlangsung. Cacat yang kerap muncul dalam proses pembuatan sampel paspor elektronik kemudian digunakan untuk menentukan masalah yang akan menjadi fokus perbaikan dengan cara mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ)[12].

2. *Measure* (Mengukur)

Measure akan berfokus pada proses yang bisa mempengaruhi faktor-faktor yang sangat penting untuk kualitas *Critical to Quality* (CTQ). Ini dilakukan dengan menilai kemampuan suatu proses produksi melalui beberapa metode, antara lain menghitung persentase kecacatan, nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*), garis tengah (CL), batas kendali atas (UCL), lalu batas kendali bawah (LCL), serta menentukan nilai level *sigma*[13]. Berikut merupakan perhitungan pada tahap *measure*:

a. Presentase Kecacatan

$$P = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produksi}}$$

Sumber. [4]; [2]; [14]

Keterangan:

P : Proporsi kesalahan pada masing-masing sampel per bulan

b. Perhitungan Garis Tengah (CL)

$$CL = \bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

Sumber. [4]; [2]; [14]

Keterangan:

$\bar{P}$: Rata-rata kerusakan produk

$\sum np$: Total jumlah produk cacat

$\sum n$: Total jumlah produksi

c. Perhitungan Batas Kendali Atas (UCL)

$$UCL = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Sumber. [4]; [2]; [14]

Keterangan:

$\bar{P}$: Rata-rata kerusakan produk

n : Jumlah produksi

d. Perhitungan Batas Kendali Bawah (LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Sumber. [4]; [2]; [14]

Keterangan:

$\bar{P}$: Rata-rata kerusakan produk

n : Jumlah produksi

e. Perhitungan DPMO

$$DPMO = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{banyaknya produk yang diproduksi} \times CTQ} \times 1000000$$

Sumber. [4]; [2]; [14]

f. Perhitungan Nilai *Sigma*

$$\sigma(\sigma) = \text{normsinv} \left(\frac{1000000 - DPMO}{1000000} \right) + 1.5$$

Sumber. [4]; [2]; [14]

Tabel 1. Klasifikasi berdasarkan *level sigma*

Level Sigma	Defect Per Million Opportunity (DPMO)	Kategori
6	3,4	World Class
5	233	
4	6.210	Rata-rata Industri
3	66.807	
2	308.538	Tidak Kompetitif
1	691.642	

Sumber. [4]; [2]; [14]

g. Perhitungan RPN

Risk Priority Number (RPN) merupakan prioritas resiko kejadian dari hasil dari perkalian antara *severity*, *occurrence*, dan *Detectability* FMEA dengan rumus *severity x occurrence x detection*. Perhitungan RPN diperoleh

dari pengumpulan data langsung oleh pihak yang mengerti yaitu supervisor produksi dan kepala bagian *quality control* [4]; [2]; [14]. Faktor kegagalan FMEA yaitu:

Keparahan (*severity*) merupakan proses memperkirakan sejauh mana seorang pengguna atau konsumen akhir merasakan dampak dari hal yang disebabkan oleh suatu kegagalan produk [4]; [2]; [14].

Tabel 2. *Rating Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity Effect FMEA</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak memiliki pengaruh	1
Sangat minor	Pelanggan menyadari kecacatan (<25%)	2
Minor	Minor pelanggan menyadari kecacatan (50%)	3
Sangat rendah	Pelanggan menyadari kecacatan (>75%)	4
Rendah	Produk mampu dioperasikan tetapi tingkat kinerja sedikit berkurang	5
Sedang	Produk mampu dioperasikan tetapi beberapa <i>item</i> tambahan tidak berfungsi	6
Tinggi	Produk mampu dioperasikan tetapi tingkat kinerja banyak berkurang	7
Sangat tinggi	Pengoperasian produk tidak dimungkinkan	8
Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan di dahului dengan peringatan	9
Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan tidak di dahului dengan peringatan	10

Sumber. [4]; [2]; [14]

Occurance adalah peluang suatu aspek tertentu memicu terjadinya suatu kegagalan produk. Tingkat kejadian adalah dari 1 sampai 10 [4]; [2]; [14].

Tabel 3. *Rating Occurance*

kegagalan	Tingkat kegagalan	<i>Rating</i>
Sangat tinggi	≥ 100 per 1.000	10
	50 per 1.000	9
	20 per 1.000	8
Tinggi	10 per 1.000	7
	2 per 1.000	6
	0,5 per 1.000	5
Sedang	0,1 per 1.000	4
	0,1 per 1.000	3
Rendah	0,001 per 1.000	2
	$\leq 0,001$ per 1.000	1

Sumber. [4]; [2]; [14]

Detectability ialah nilai ukur relatif setiap kemampuan kontrol untuk mengenali suatu penyebab potensial selama proses operasi sistem. Skala *level test* 1 sampai 10, nilai 10 merupakan metode pencegahan yang saat ini digunakan tidak efektif, dan 1 berarti sebaliknya [4]; [2]; [14].

Tabel 4. *Rating Detectability*

<i>Detection</i>	<i>Severity of Detection</i>	<i>Rating</i>
Hampir tidak mungkin	Kegagalan tidak mungkin terdeteksi saat pengecekan	10
Sangat jarang	Pengecekan tidak berhasil jadi tidak mampu mendeteksi kegagalan	9
Jarang	Kegagalan hampir tidak terdeteksi saat pengecekan	8
Sangat rendah	Kegagalan kemungkinan sangat kecil terdeteksi saat pengecekan	7
Rendah	Kegagalan kemungkinan kecil terdeteksi saat pengecekan	6
Sedang	Kegagalan kemungkinan terdeteksi saat pengecekan	5
Agak tinggi	Kegagalan kemungkinan besar terdeteksi saat pengecekan	4
Tinggi	Kegagalan kemungkinan sangat besar terdeteksi saat pengecekan	3
Sangat tinggi	Kegagalan hampir selalu terdeteksi saat pengecekan	2
Pasti	Kegagalan selalu terdeteksi saat pengecekan	1

Sumber. [4]; [2]; [14]

3. *Analyze* (Menganalisa)

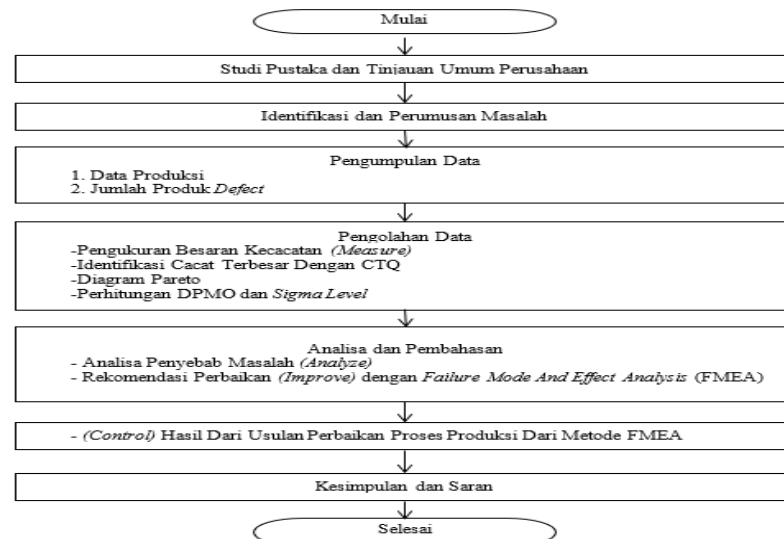
Analyze merupakan proses untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab yang dapat menurunkan nilai sigma, serta mengevaluasi semua kriteria kecacatan produk dan faktor-faktor penyebabnya selama proses produksi, guna meningkatkan kualitas sampul paspor elektronik[10]. Kemudian memilah faktor-faktor yang dianggap paling beresiko terhadap kualitas sampul paspor elektronik tersebut. Dengan diketahuinya akar permasalahan tersebut maka akan dilakukan perbaikan dengan menggunakan *fishbone* diagram[15].

4. *Improve* (Meningkatkan)

Improve adalah suatu strategi atau ukuran yang bertujuan untuk meningkatkan nilai *sigma*. Dalam proses perbaikan ini, akan dijelaskan faktor-faktor yang menyebabkan kecacatan serta penetapan rencana untuk peningkatan produk yang dapat dilakukan secara berkelanjutan[14]. Identifikasi terhadap faktor-faktor tersebut dilakukan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kecacatan serta menyusun tindakan ataupun rencana yang tepat. FMEA merupakan pendekatan sistematis yang memanfaatkan tabel untuk membantu dalam mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, dan dampak dari kegagalan tersebut[13]. Oleh karena itu, FMEA berperan sebagai teknik evaluasi yang ditujukan untuk menemukan setiap kemungkinan alasan terjadinya kegagalan dalam prosedur pembuatan dan menilainya berdasarkan norma yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

5. *Control* (Mengendalikan)

Tahap *control* ini berfokus pada suatu tahapan pengawasan dalam rangka mempertahankan segala perbaikan yang akan dilakukan[16]. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 1 memperlihatkan diagram alir penelitian yang menggambarkan langkah-langkah yang diambil dalam studi ini. Proses dimulai dengan pengidentifikasian masalah melalui observasi. Setelah itu, data dikumpulkan dan diproses. Pengolahan data pertama meliputi perhitungan batas kendali atas dan bawah, nilai *sigma*, DPMO, serta persentase kecacatan. Dari tahap *six sigma* ini, kita dapat menganalisis tingkat risiko kecacatan dengan menentukan nilai severity, occurrence, dan detection menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil dari analisis ini akan menghasilkan usulan perbaikan yang dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan mutu produk dan efisiensi perusahaan secara berkelanjutan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan penelitian ini adalah data 6 bulan produksi berupa data total produksi dan total *defect* yang diperoleh berdasarkan hasil observasi dan wawancara kepada Supervisor produksi dan Kepala bagian QC. Penelitian ini dilakukan di PT. JOS, berikut data yang diperoleh :

Tabel 5. Data Produksi dan *Defect*

	Total Produksi	Jenis <i>Defect</i>					Total <i>Defect</i>	Presentase <i>Defect</i>
		Sampul Kotor	Sampul Baret	Sampul Terkelupas	Sampul Tertekuk	Dimensi NOK		
Juli	530000	2441	557	374	46	14	3432	0.65%
Agustus	46000	196	37	26	8	6	273	0.59%
September	150000	562	192	79	17	10	860	0.57%
Oktober	13500	33	18	13	6	4	74	0.55%
November	200500	602	258	200	26	10	1096	0.55%
Desember	110000	414	152	32	11	4	613	0.56%
Total	1050000	4248	1214	724	114	48	6348	

Tabel 5.1. Resiko *defect*

<i>Defect</i>	Dampak
Sampul Kotor (terkontaminasi lem atau bercak tangan)	Proses <i>hotstamping</i> foil sulit menempel Hasil cetak menjadi buram
Sampul Baret (tergores akibat gesekan)	<i>Hotstamping</i> foil tidak rata/petal
Sampul Terkelupas (bagian ujung)	Tidak dapat diproses dimesin booklet
Sampul Tertekuk (bagian ujung)	Tidak dapat diproses dimesin booklet
Dimensi NOK (keluar toleransi)	Posisi saat proses booklet tidak stabil

Hasil yang didapatkan dari Tabel 5 adalah jumlah defect terbesar selama periode 6 bulan terakhir terjadi pada jenis *defect* Sampul kotor sebanyak 4.248 lembar dan yang paling sedikit terjadi adalah jenis *defect* Dimensi NOK sebesar 48 lembar. Data produksi selama 6 bulan terakhir didapati produk *defect* sebanyak 6348 lembar.

B. Pengolahan Data

1. Define

Peneliti mengidentifikasi elemen-elemen yang dapat menyebabkan sebuah produk tidak sesuai dengan standar yang diharapkan oleh konsumen. Kriteria-kriteria ini berkaitan dengan atribut yang menyangkut kualitas atau yang dikenal dengan istilah *Critical to Quality* (CTQ)[3]. Mengacu pada tabel 1 di atas, CTQ dapat dikenali seperti yang tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 6. Identifikasi *Critical To Quality* (CTQ)

Jenis cacat	Identifikasi	Proses
Sampul Kotor	Terdapat noda, spot, bercak lem pada sisi sampul, disebabkan oleh faktor manusia atau mesin yang kurang bersih.	Pengeleman
Sampul Baret	Terdapat goresan yang ada pada sisi sampul, disebabkan material sampul dari suplier sudah ditemukan baret saat pengecekan barang kedatangan.	
Sampul Terkelupas	Antara sampul dan Inlay dibagian ujung tidak menempel dengan baik, dikarenakan saat proses pengeleman di mesin tidak rata.	
Sampul Tertekuk	Dibagian ujung sampul tertekuk, disebabkan oleh penumpukan sampul tidak rapi.	Potong

Dimensi NOK	Ukuran sampul tidak sesuai spesifikasi, disebabkan faktor manusia maupun mesin karena mesin potong yang kurang tajam.
-------------	---

2. Measure

Pada tahap *Measure*, yang merupakan elemen dari definisi masalah, perhatian utama adalah mengevaluasi tingkat efektivitas proses. Di tahap ini, kami akan membuat peta kontrol proses dengan memanfaatkan peta kontrol jenis P. Peta kontrol ini memiliki peranan krusial dalam menilai pengawasan kualitas di PT. JOS, untuk menentukan apakah proses tersebut sudah terkontrol dengan baik. Selain itu, tahap ini juga mencakup perhitungan *DPMO* (*Defects Per Million Opportunities*) dan nilai *sigma* dari produksi sampul paspor elektronik. Berikut ini adalah hasil perhitungan peta kendali yang berkaitan dengan cacat produk dalam proses produksi tersebut.

Tabel 7. Peta kendali P

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	Proporsi Defect	CL	UCL	LCL
Juli	530000	3432	0.0065	0.0060	0.0066	0.0054
Agustus	46000	273	0.0059	0.0060	0.0066	0.0054
September	150000	860	0.0057	0.0060	0.0066	0.0054
Oktober	13500	74	0.0055	0.0060	0.0066	0.0054
November	200500	1096	0.0055	0.0060	0.0066	0.0054
Desember	110000	613	0.0056	0.0060	0.0066	0.0054
Total	1050000	6348	0.0347			

2.1 Pengukuran Batas Kendali

a. Perhitungan persentase kecacatan bulan Juli

$$P = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produksi}}$$

$$P = \frac{860}{150000} = 0,00573$$

b. Perhitungan Garis Tengah

$$CL = \bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$CL = \bar{P} = \frac{6348}{1050000} = 0,0060$$

c. Perhitungan Batas Kendali Atas (UCL)

$$UCL = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

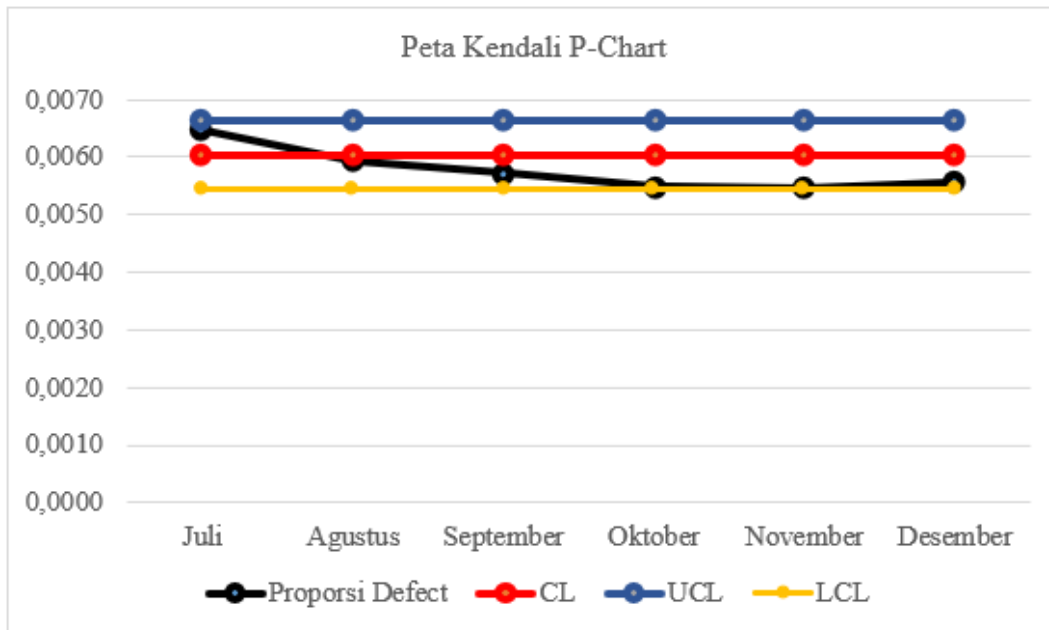
$$UCL = 0,006046 + 3 \sqrt{\frac{0,006046(1-0,006046)}{150000}} = 0,0066$$

d. Perhitungan Batas Kendali Bawah (LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

$$LCL = 0,006046 - 3 \sqrt{\frac{0,006046(1-0,006046)}{150000}} = 0,0054$$

Maka di bawah ini adalah peta kendali P untuk perhitungan batas kendali atas (UCL), garis tengah (CL), dan batas kendali bawah (LCL) yang terjadi pada periode Juli hingga Desember 2024 dapat dilihat pada ilustrasi berikut :



Gambar 2. Peta kendali P (periode bulan Juli-Desember 2024)

Berdasarkan hasil yang tergambarkan pada peta kendali kontrol, dapat dilihat bahwa data yang diperoleh berada dalam batas terkendali. Hal ini ditunjukkan dengan adanya keseluruhan data terdapat pada rentang UCL dan LCL. Tetapi, meskipun demikian, Perbaikan kualitas tetap perlu dilakukan untuk menjaga semua produk pada batas kendali dimasa yang akan datang.

2.2 Pengukuran Nilai DPMO

Tabel 8. Hasil perhitungan DPMO

Bulan	Jumlah Produk	Jumlah Defect	DPU	CTQ	DPMO	Nilai Sigma
Juli	530000	3432	0,65%	5	1295,09	4,51
Agustus	46000	273	0,59%	5	1186,96	4,54
September	150000	860	0,57%	5	1146,67	4,55
Oktober	13500	74	0,55%	5	1096,30	4,56
November	200500	1096	0,55%	5	1093,27	4,56
Desember	110000	613	0,56%	5	1114,55	4,56
Jumlah	1050000	6348				
Rata - rata			0,58%	5	1155,47	4,55

a. Perhitungan DPMO

$$DPMO = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{banyaknya produk yang diproduksi} \times CTQ} \times 1000000$$

$$DPMO = \frac{3432}{(530000 \times 5)} \times 1000000$$

$$DPMO = 1295,09$$

b. Perhitungan Nilai Sigma

$$\text{Sigma}(\sigma) = \text{normsinv} \left(\frac{1-DPMO}{1000000} \right) + 1,5$$

$$\text{Sigma}(\sigma) = 2,50$$

Berdasarkan perhitungan nilai DPMO dan level sigma pada tabel 8, pengendalian kualitas sampul paspor di PT. JOS dalam data laporan dari bulan Juli sampai dengan Desember 2024 menghasilkan jumlah produksi sebanyak 1.050.000 lembar kemudian didapati 6.348 lembar produk mengalami *defect*. Setelah didapatkan jumlah hasil produksi dan *defect* selama 6 periode dilakukan perhitungan DPMO dengan hasil nilai rata-rata DPMO 1155,47 yang artinya terdapat 1155,47 produk yang mengalami *defect* saat produksi sampul paspor dalam satu juta produksi dengan nilai sigma rata-rata 4,55, maka pengendalian kualitas bisa dikatakan masih belum baik karena masih jauh dari nilai 6 sigma yang memiliki kriteria 3,4 DPMO. Karena masih jauh dari nilai 6 sigma maka peningkatan untuk menekan angka defect diperlukan agar perusahaan mampu untuk bersaing dengan perusahaan kelas dunia.

3. Analyze

Tahap *analyze* dilaksanakan dengan memanfaatkan diagram Pareto serta diagram sebab-akibat, yang lebih dikenal sebagai *fishbone* diagram. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi berbagai faktor yang berkontribusi terhadap timbulnya kecacatan pada produk[17].

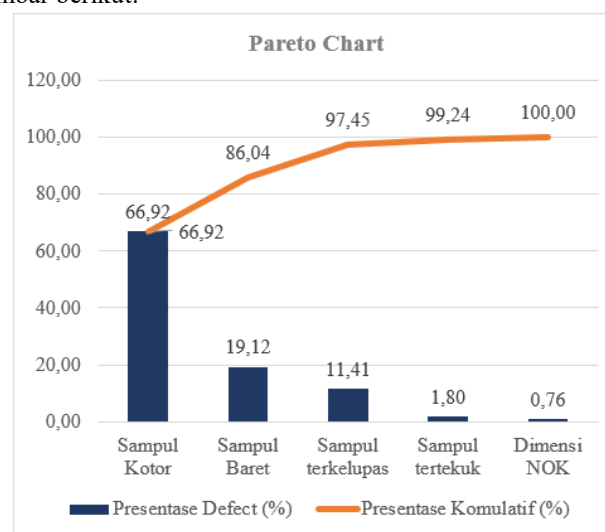
3.1 Diagram Pareto

Diagram *pareto* adalah alat yang efektif untuk menggambarkan tingkat berbagai faktor kegagalan yang dapat berpengaruh terhadap suatu keadaan, sesuai dengan prinsip *pareto*[7]. Dalam menganalisis kemungkinan penyebab kegagalan dalam produksi sampul paspor elektronik, dilakukan perhitungan untuk menentukan persentase produk yang mengalami cacat. Berikut adalah hasil perhitungannya:

Tabel 9. Data presentase *defect*

Jenis <i>Defect</i>	Jumlah <i>Defect</i>	Presentase <i>Defect</i> (%)	Presentase Kumulatif (%)
Sampul Kotor	4248	66.92	66.92
Sampul Baret	1214	19.12	86.04
Sampul Terkelupas	724	11.41	97.45
Sampul Tertekuk	114	1.80	99.24
Dimensi NOK	48	0.76	100.00
Total	6348	100.00	

Diungkapkan bahwa dari perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa jenis kerusakan yang terjadi pada hasil produksi sampul paspor elektronik adalah, jenis kerusakan pada sampul yang kotor dengan presentase sebesar 66,92%, cacat sampul baret sebesar 19,12%, cacat sampul terkelupas sebesar 11,41%, cacat sampul tertekuk sebesar 1,8% dan cacat dimesni NOK sebesar 0,76%. Berdasarkan informasi yang terdapat di atas, dapat disimpulkan bahwa cacat paling sering terjadi pada kategori sampul yang kotor. Data ini dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram *pareto* seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Diagram *Pareto*

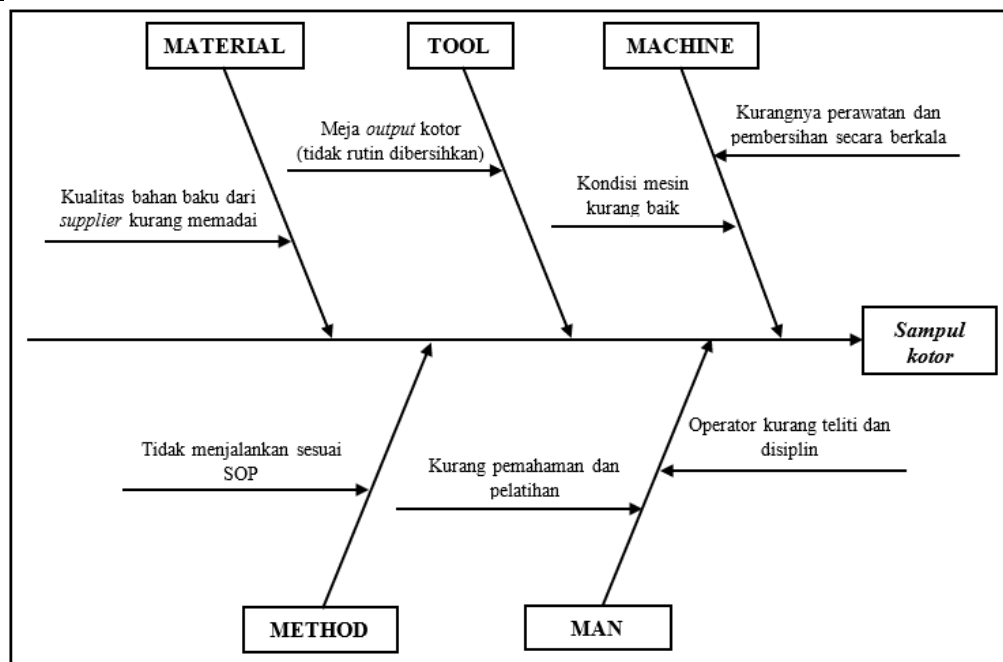
Pada gambar 3 menjelaskan bahwa digram *pareto* diatas diketahui batang pertama merupakan skala terbesar dengan skala jenis kecacatan sampul kotor sebesar 66,92%, pada batang kedua dengan skala jenis kecacatan Sampul baret sebesar 19,12%, lalu pada batang ketiga dengan skala jenis kecacatan sampul terkelupas sebesar 11,41%, Kemudian pada batang yang keempat, ditemukan jenis kecacatan yang memiliki skala tertekuk pada sampul sebesar 1,8%, sedangkan pada batang yang kelima, terdeteksi dengan skala terendah untuk jenis kecacatan dimensi NOK sebesar 0,76%.

3.1 Fishbone Diagram

Fishbone diagram berisikan informasi dari wawancara dengan bagian terkait atau pernyataan mengenai sebab akibat terjadinya cacat yang harus diperbaiki[17]. Pada tahap ini *fishbone* diagram digunakan untuk menelusuri penyebab dari terjadinya *defect*. Sampul kotor merupakan jenis *defect* yang memiliki persentase paling tinggi sehingga dilakukan analisa sebab akibat menggunakan *fishbone* diagram sebagai berikut ini.

Tabel 10. Jenis kecacatan

Jenis <i>defect</i>	Akibat kecacatan	Faktor	Penyebab kecacatan
Sampul Kotor	Produk yang dihasilkan tidak memenuhi standar	Manusia	Operator kurang teliti dan disiplin
			Kurang pemahaman dan pelatihan
		Alat	Meja output kotor
		Metode	Tidak menjalankan sesuai SOP
		Mesin	Kondisi mesin kurang baik
			Kurangnya perawatan dan pembersihan secara berkala
		Material	Kualitas bahan baku dari supplier kurang memadai

Gambar 4. *Fishbone* Diagram

Pada gambar 4 *fishbone* diagram diatas, menjelaskan bahwa kecacatan pada sampul paspor elektronik dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya faktor mesin yaitu kondisi mesin kurang baik dan kurangnya perawatan dan pembersihan secara rutin pada mesin yang digunakan, faktor manusia adalah kurang teliti dan disiplin, dan kurangnya pemahaman dan pelatihan bagi operator yang bertugas. Lalu faktor alat pendukung yaitu tidak membersihkan meja *output*. Faktor metode yang mana tidak menjalankan sesuai SOP yang sudah ditetapkan. Faktor material, Kualitas pada bahan baku yang tidak memadai dapat menghambat pada proses produksi serta mengakibatkan penurunan mutu produk. Dalam analisis menggunakan diagram *fishbone*, hal tersebut dijelaskan lebih lanjut dengan masukan yang diperoleh dari wawancara dengan Supervisor departemen produksi dan Kepala bagian *Quality Control*.

4. Improve

Faktor-faktor utama yang menyebabkan terjadinya produk cacat telah diidentifikasi melalui proses analisis yang mendalam. Selanjutnya, kita akan melangkah ke tahap perbaikan. Pada fase ini, beberapa usulan perbaikan yang dapat diterapkan dalam proses produksi akan disampaikan. Langkah-langkah yang diambil di tahap ini diharapkan dapat memberikan dampak signifikan dalam upaya mengurangi jumlah produk cacat. Penentuan langkah perbaikan akan

dilakukan dengan mengadopsi pendekatan FMEA dan 5W+1H [9]. Ringkasan tindakan perbaikan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 11. Jenis kecacatan FMEA

Proses	Failure mode	Cause of failure	Current control	S	O	D	RPN	Rating
Pengeleman	Sampul Kotor	Operator kurang teliti dan disiplin	Melakukan evaluasi kerja operator	6	5	5	150	3
		Kurangnya pemahaman dan pelatihan operator	Memberikan pelatihan kepada operator dan pengawasan secara berkala terutama operator baru	6	5	5	150	4
		Meja kerja kotor	Membersihkan area kerja secara berkala sesuai SOP	6	5	5	150	5
		Tidak menjalankan sesuai SOP	Memastikan kembali operator mengikuti arahan sesuai SOP	6	5	5	150	6
		Kondisi mesin yang kurang baik	Melakukan perbaikan dan perawatan secara berkala	6	6	5	180	1
	Sampul Baret	Material sampul dari suplier sudah ditemukan baret saat pengecekan barang kedatangan.	Melakukan sortir material sampul sebelum proses pengeleman	4	6	5	120	7
Potong	Sampul terkelupas	Setup mesin tidak sesuai SOP	Validasi <i>setup</i> mesin secara berkala	7	5	5	175	2
	Sampul tertekuk	Penumpukan yang tidak rapi atau sesuai SOP	Memberikan pelatihan kepada operator agar mengikuti sesuai SOP	7	4	3	84	8
	Dimensi NOK	Pisau kurang tajam	Penggantian pisau secara berkala	4	3	3	36	9
		Operator kurang teliti	Melakukan evaluasi kerja operator	4	3	3	36	10

Berdasarkan tabel 11 perhitungan menggunakan FMEA didapatkan hasil Nilai RPN tertinggi yaitu sampul kotor pada proses produksi dengan nilai RPN 180. Nilai RPN tersebut berdasarkan hasil perkalian SOD. Nilai *severity* (S) yaitu 6 artinya produk mampu dioperasikan tetapi beberapa item tambahan tidak berfungsi. Nilai *occurrence* (O) yaitu 6 artinya peluang frekuensi kegagalan hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan sedang. Nilai *detectability* (D) yaitu 5 artinya kegagalan kemungkinan terdeteksi saat pengecekan. Faktor penyebab mode kegagalan ini dikarenakan *output* produk tidak maksimal karena mesin dalam kondisi kurang baik.

Tabel 12. Rekomendasi perbaikan

Potensi Kegagalan	What	Why	Where	When	Who	How
Sampul kotor	Operator kurang teliti dan disiplin	Adanya tuntutan target	Area Mesin Pengeleman	Selama proses produksi	Operator	Melakukan pelatihan ulang mengenai aturan yang sesuai dengan peraturan perusahaan
	Meja kerja kotor	Operator kurang menjaga kebersihan area kerja	Area Mesin Pengeleman	Selama proses produksi	Operator	Membuat standar operasional prosedur (SOP) pelatihan yang tepat agar operator dapat melakukan tugasnya dengan benar
	Area mesin yang dilewati sampul kotor	Kurangnya merawat kebersihan mesin	Area Mesin Pengeleman	Selama proses produksi	Operator	Menetapkan atau membuat jadwal perawatan

Setelah memahami penyebab kecacatan dan nilai *Risk Priority Number* (RPN), penting untuk mengambil langkah perbaikan terhadap setiap faktor penyebab yang ada[18]. Untuk mencapai kualitas terbaik di segala aspek, diperlukan perawatan, pengecekan, dan pengawasan yang teliti terhadap semua elemen yang berpotensi mengakibatkan kegagalan. Dengan mengusulkan perbaikan untuk setiap masalah yang muncul, diharapkan kita dapat meminimalkan risiko kegagalan dalam proses produksi.

5. Control

Tahapan terakhir pada analisis *six sigma* DMAIC adalah proses *control*. Tahap ini bertujuan untuk mengendalikan proses produksi sesuai dengan langkah- langkah perbaikan yang telah dilakukan[19]. Pemantauan perusahaan perlu dilakukan secara optimal pada tahapan ini, agar semua langkah perbaikan dapat diimplementasikan

dengan efektif dan efisien sehingga dapat mereduksi jumlah kecacatan produk. Maka didapatkan proses kontrol usulan perbaikan sebagai berikut:

Tabel 13. Proses kontrol usulan perbaikan

Jenis Defect	Usulan Perbaikan	Penanggung Jawab	Standarisasi	Dokumen Kontrol
Sampul Kotor	Melakukan pelatihan ulang operator	Departemen Produksi	Pelatihan ulang operator dilakukan secara periodik	Absensi pelatihan
	Membuat SOP pelatihan yang tepat	Departemen Produksi	SOP pelatihan yang diterapkan pada sistem perusahaan	SOP pelatihan untuk Operator pengeleman
	Menetapkan atau membuat jadwal perawatan	Departemen <i>Maintenance</i>	Jadwal perawatan mesin harus jelas	Check sheet mesin pengeleman yang berisi komponen-komponen pengecekan pada mesin

Dari analisis yang terdapat dalam tabel 13, dapat disimpulkan bahwa dokumen yang dapat berfungsi sebagai kontrol untuk memastikan bahwa usulan perbaikan dapat dilaksanakan secara berkesinambungan adalah daftar absensi kehadiran karyawan ketika pelatihan berlangsung, SOP untuk pelatihan operator mesin pengeleman, serta dokumen berupa lembar pemeriksaan pada mesin pengeleman yang mencakup komponen-komponen yang perlu diperiksa pada mesin tersebut.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, diperoleh informasi bahwa nilai rata-rata DPMO mencapai 1155,47. Selain itu, nilai rata-rata sigma tercatat sebesar 4,55, dengan persentase cacat tertinggi mencapai 66,92% pada jenis sampul kotor. Untuk meningkatkan kualitas produk, Perbaikan dapat dilakukan melalui perawatan mesin sesuai SOP, pengecekan secara berkala, serta pengawasan menyeluruh pada setiap aspek yang berpotensi menyebabkan kegagalan. Tindakan ini dilakukan agar proses produksi lebih terkontrol dengan baik sehingga diharapkan dapat meminimalisir kegagalan yang terdapat pada proses produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar dengan bantuan seluruh pihak yang bersangkutan. Oleh karena itu, ucapan terimakasih diberikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT. JOS sebagai tempat penelitian.

REFERENSI

- [1] A. Y. Pribadi, T. H. Saepudin, R. H. A. Tanisri, and R. Bayu, "Pengendalian kualitas produk percetakan buku menggunakan metode six sigma di CV Jaya Abadi Utama," *JENIUS J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 237–249, 2023, doi: 10.37373/jenius.v4i2.621.
- [2] H. C. Wahyuni and W. Sulistyowati, *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa*. 2020.
- [3] M. Suci Ramadhan and A. Zaqi Al Faritsy, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Semen Dengan Metode Six Sigma Pada PT Indocement Tunggul Prakarsa TBK P-12," *J. ARTI (Aplikasi Ranc. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, p. 2023, 2023.
- [4] K. Nabila and R. Rochmoeljati, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dan Perbaikan Dengan Kaizen," *Juminten*, vol. 1, no. 1, pp. 116–127, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i1.27.
- [5] I. Rinjani, W. Wahyudin, and B. Nugraha, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cacat pada Lensa Tipe X Menggunakan Lean Six Sigma dengan Konsep DMAIC," *Unistek*, vol. 8, no. 1, pp. 18–29, 2021, doi: 10.33592/unistek.v8i1.878.
- [6] R. N. Kartika, N. A. Hidayah, and Muadzah, "Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Pada Proses Produksi Cetak Blok Kalender (Studi Kasus: PT. XYZ)," *BULLET J. Multidisiplin*, vol. 1, no. 6, pp. 1311–1320, 2022, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/view/2051%0Ahttps://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/download/2051/821>

- [7] M. Rinoza and F. Ahmad Kurniawan, "Analisa Rpn (Risk Priority Number) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Kompresordouble Screw Menggunakan Metode Fmea Di Pabrik Semen Pt. Xyz," *Cetak Bul. Utama Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 1410–4520, 2021.
- [8] M. R. Rabbani and A. Mansur, "Design of Production System Improvement to Increase Productivity with Quality Control Circle Approach," ... (*Productivity, Optim. ...*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <https://prozima.umsida.ac.id/index.php/prozima/article/view/1669%0Ahttps://prozima.umsida.ac.id/index.php/prozima/article/download/1669/1788>
- [9] M. Rifaldi and W. Sudarwati, "Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket," no. April 2024, pp. 1–9, 2024.
- [10] Adi Juwito and Ari Zaqi Al-Faritsy, "Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Produk Dengan Metode Six Sigma Di Ukm Makmur Santosa," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 1, no. 12, pp. 3295–3314, 2022, doi: 10.53625/jcijurnalcakrawaililmiah.v1i12.3193.
- [11] Vugun Nur Fauzi, Sumarsono, Sulung Rahmawan Wira Ghani, and Andhika Mayasari, "Analisis Pengendalian Kualitas Hasil Produk Cetak Kemasan Dengan Metode Six Sigma Pada Industri Percetakan," *J. Penelit. Bid. Inov. Pengelolaan Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.33752/invantri.v3i1.4997.
- [12] S. N. Hamidah and H. Aprilia, "Pengendalian Kualitas Produk Cacat Produksi E-Clips Menggunakan Metode Six Sigma," pp. 141–154, 2024.
- [13] M. F. Pradana, L. O. A. Safar, and T. A. Pawitra, "(Journal of Industrial and Manufacture Engineering)," *JIME (Journal Ind. Manuf. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 30–40, 2023.
- [14] N. Baldah, "Analisis Tingkat Kecacatan Dengan Metode Six Sigma Pada Line Tgsw," *EKOMABIS J. Ekon. Manaj. Bisnis*, vol. 1, no. 01, pp. 27–44, 2020, doi: 10.37366/ekomabis.v1i01.4.
- [15] D. Putri, N. Pangastuti, M. Hidayat, S. Parningotan, and A. Waruwu, "Pengendalian Kualitas Produk Tas Di Megatama Group Menggunakan Six Sigma," *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 12–20, 2022, doi: 10.31294/imtechno.v3i1.926.
- [16] A. G. Azzahra, D. Herwanto, S. P. Khan, S. M. Ayuningtyas, W. Rohmah, and Z. I. Vindari, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Lean Six Sigma Pada Part Arm Rear Break KYEA di PT Ciptaunggul Karya Abadi," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 4239–4250, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i1.5521.
- [17] Y. Hisprastin and I. Musfiroh, "Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri," *Maj. Farmasetika*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106.
- [18] I. M. Hakim and A. Z. Al-faritsy, "Pengendalian Kualitas Produk Untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan dan Penyebab pada Produk Kaos Menggunakan Metode Six Sigma dan FMEA di Konveksi XYZ," *J. Sains Student Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 95–107, 2024.
- [19] K. Kunci, "Matrik : Jurnal Manajemen & Teknik Industri-Produksi Jejak Artikel : (diisi editor)," vol. XXIV, no. 1, pp. 63–72, 2023, doi: 10.350587/Matrik.

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.