

**PENERAPAN METODE DMAIC DALAM PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK
CACAT PADA PABRIK PIE SUSU PUTRI *THE APPLICATION OF THE DMAIC
METHOD IN QUALITY CONTROL OF DEFECTIVE PRODUCTS AT PIE SUSU
PUTRI FACTORY***

Dewa Putu Waruna Agung¹, Anak Agung Istri Agung Sri Komaladewi², I Gusti Agung Kade Suriadi³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Udayana ^{1,2,3}

Email: warunaagung91@gmail.com¹, komaladewegegeg@gmail.com²

Informasi	Abstract
Volume : 3	<i>Product quality is an important factor in maintaining competitiveness and customer satisfaction. Pie Susu Putri Factory, as a local food producer, still faces problems related to the high rate of defective products, including burnt, broken, and chipped pies. This study aims to improve product quality at Pie Susu Putri Factory by applying the Six Sigma method through the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) approach. The main problem identified was the high number of defective products such as burnt, broken, and chipped pies. The Define stage identified four Critical to Quality (CTQ) characteristics. In the Measure stage, a DPMO value of 14,901 and a sigma level of 3.67 were obtained, indicating that the process did not yet meet the Six Sigma standard. Analysis using a fishbone diagram and scatter plot showed that the main causes originated from oven temperature, pie release technique, and dough thickness. Improvements were carried out through monitoring, operator training, and equipment maintenance.</i>
Nomor : 1	
Bulan : Januari	
Tahun : 2026	
E-ISSN : 3062-9624	

Keyword: DMAIC, Six sigma, Quality, DPMO

Abstrak

Kualitas produk merupakan faktor penting dalam menjaga daya saing dan kepuasan pelanggan. Pabrik Pie Susu Putri sebagai produsen pangan lokal masih menghadapi permasalahan terkait tingginya tingkat produk cacat yang meliputi cacat gosong, patah-patah, dan tercongkel. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kualitas produk pada Pabrik Pie Susu Putri dengan menerapkan metode Six Sigma melalui pendekatan DMAIC (define, measure, analyze, improve, control). Masalah utama yang ditemukan adalah tingginya jumlah produk cacat seperti gosong, patah, dan tercongkel. Tahap define mengidentifikasi empat karakteristik critical to quality (CTQ). Pada tahap measure, diperoleh nilai DPMO sebesar 14.901 dengan level sigma 3,67 yang menunjukkan proses belum memenuhi standar six sigma. Analisis menggunakan fishbone diagram dan scatter plot menunjukkan penyebab utama berasal dari suhu oven, teknik pelepasan pie, dan ketebalan adonan. Perbaikan dilakukan melalui monitoring, pelatihan operator, serta perawatan,

Kata Kunci: DMAIC, Six sigma, Kualitas, DPMO

A. PENDAHULUAN

Pengendalian kualitas adalah aktivitas teknis dan manajerial yang mencakup pengukuran karakteristik kualitas suatu produk atau layanan, membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan spesifikasi yang ditetapkan, serta mengambil langkah perbaikan yang sesuai jika terdapat perbedaan antara kinerja aktual dan standar yang diharapkan [1]. Kualitas produk tidak hanya memengaruhi kepuasan konsumen, tetapi juga berkontribusi pada keberlangsungan bisnis, oleh karena itu, penting untuk menjaga dan meningkatkan kualitas produk secara konsisten untuk mempertahankan kepercayaan pasar.

Tantangan dalam menjaga kualitas seringkali muncul dari berbagai faktor, seperti fluktuasi bahan baku, variasi proses produksi, dan kesalahan manusia. Masalah kualitas ini juga disebut dengan cacat atau *defect product*, contohnya seperti tekstur yang tidak konsisten, rasa yang tidak sesuai, atau bentuk produk yang kurang sempurna, dapat mengurangi kualitas dan daya saing produk di pasar. Penyelesaian masalah tantangan tersebut membutuhkan pendekatan sistematis yang dapat mengidentifikasi akar penyebab masalah dan memberikan solusi yang terukur. Salah satunya adalah dengan melakukan pengendalian kualitas pada proses produksi, untuk menghasilkan produk yang berkualitas, perusahaan perlu menerapkan pengendalian kualitas [2].

Pengendalian kualitas adalah upaya untuk menjaga kualitas barang yang dihasilkan agar tetap sesuai dengan spesifikasi atau standar produk yang telah ditentukan berdasarkan kebijakan dari manajemen perusahaan [3]. Penting untuk menetapkan standar kualitas yang harus dicapai oleh suatu produk untuk menghindari masalah selama proses produksi sebelum memulai pengendalian kualitas [2].

Pendekatan metodologi *six sigma*, khususnya DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*) digunakan dalam upaya untuk memenuhi standar kualitas yang tinggi dan mengurangi tingkat produk cacat [4] DMAIC digunakan untuk memperbaiki proses yang ada telah terbukti berhasil dalam mengurangi biaya, menghilangkan cacat, meningkatkan kepuasan pelanggan dan secara signifikan meningkatkan profitabilitas di setiap industri [5]. Analisis mendalam terhadap implementasi DMAIC dalam pengendalian produk cacat akan memberikan pemahaman tentang bagaimana metode ini diterapkan secara efektif untuk mengoptimalkan proses produksi dan mengurangi produk cacat yang tidak memenuhi standar [6].

DPMO (*defects per million opportunities*) digunakan untuk mengevaluasi kemampuan proses produksi berdasarkan jumlah cacat adalah metode. Metode ini mengukur jumlah kecacatan per satu juta peluang, yang berarti dalam satu unit produksi terdapat rata-rata

peluang kegagalan pada karakteristik CTQ (*critical to quality*). Idealnya, terdapat 3,4 kecacatan per satu juta peluang, sehingga memungkinkan tercapainya sigma 6 dan menunjukkan persentase kepuasan pelanggan yang tinggi terhadap produk yang dihasilkan [7].

Analisis dan identifikasi penyebab cacat dalam setiap tahap proses produksi dapat dengan menggunakan tujuh alat pengendalian kualitas [8]. Alat-alat tersebut meliputi *flowchart*, *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram pencar (*scatter diagram*), diagram tulang ikan (*fishbone diagram*), dan diagram Pareto (*pareto chart*). Alat-alat ini digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah kualitas, menyelesaikan permasalahan, serta memperbaiki proses produksi [9].

Penggunaan metode *statistical quality control* (SQC) dan *six sigma* pada proses produksi sepatu, menemukan bahwa proses produksi masih berada dalam kondisi tidak terkendali, dengan tingkat kecacatan produk mencapai 3,193%. Analisis menggunakan diagram Pareto mengidentifikasi sumber utama kecacatan berasal dari tahap pengeleman, pemotongan, penjahitan, dan pemolaan. Sementara itu, analisis diagram sebab-akibat menunjukkan bahwa faktor manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan menjadi penyebab utama kecacatan di setiap tahap produksi. Hasil analisis *six sigma* menunjukkan bahwa tingkat sigma berada pada level 3,91 atau setara dengan 7.964,60 produk cacat per satu juta unit yang diproduksi, menandakan perlunya peningkatan untuk mencapai level 6 sigma (3,4 DPMO) dan mengurangi jumlah produk cacat hingga mendekati nol atau biasa disebut *zero defect*. Penelitian ini nantinya memberikan dasar yang penting untuk mengembangkan strategi pengendalian kualitas yang lebih baik dalam meningkatkan stabilitas proses produksi dan kualitas produk secara keseluruhan [10].

Penelitian ini berfokus pada proses produksi di Pabrik Pie Susu Putri, dimana proses produksi menghadapi tantangan dalam menjaga konsistensi kualitas produknya meskipun telah melakukan pengecekan rutin setiap hari. Selama periode November–Desember 2024, total produksi mencapai 2.210.369-unit dengan 53.029-unit cacat yang meliputi kategori gosong, patah, tercongkel, dan kekurangan susu isian. Berdasarkan penilaian metode *six sigma*, diperoleh nilai DPMO sebesar 23.991 dengan level sigma 3,48, menunjukkan bahwa proses produksi masih perlu ditingkatkan agar mendekati standar *zero defect*. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*) untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat, menetapkan langkah perbaikan, dan menerapkan kontrol berkelanjutan guna meningkatkan kualitas produk.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Mengukur tingkat kecacatan produk berdasarkan standar CTQ pada proses produksi di Pabrik Pie Susu Putri.
- b. Mengidentifikasi faktor penyebab utama produk cacat menggunakan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC.
- c. Menentukan langkah-langkah perbaikan untuk menurunkan tingkat kecacatan produk hingga mendekati level Six Sigma.

Tinjauan literatur

Penerapan metode DMAIC dalam pengendalian kualitas produk melalui lima tahapan utamanya, metode ini mampu mengidentifikasi akar penyebab cacat dan memberikan rekomendasi perbaikan [11]. Pendekatan *six sigma* dalam metode DMAIC untuk mengidentifikasi dan mengurangi cacat pada proses produksi [12]. DMAIC dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber cacat dengan menganalisis penyebab cacat dengan bantuan alat analisis statistik [13]. Seven Tools merupakan alat bantu analisis statistic dalam pengendalian kualitas pada proses produksi tahu. Alat yang digunakan meliputi Pareto Chart, Control Chart, dan Fishbone Diagram [14].

CTQ adalah karakteristik penting dari produk atau layanan yang harus dipenuhi untuk memenuhi harapan pelanggan. Identifikasi CTQ sangat penting dalam pengendalian kualitas karena membantu fokus pada aspek-aspek yang paling berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan. CTQ penting harus didefinisikan dengan jelas agar tim dapat bekerja dengan tujuan yang sama [15].

Six Sigma merupakan metodologi manajemen kualitas berbasis data yang digunakan untuk mengurangi jumlah cacat dalam proses produksi hingga mendekati nol cacat (*zero defect*). Pendekatan ini bertujuan mengendalikan variasi proses dengan cara mengidentifikasi sumber penyimpangan dan memperbaikinya secara sistematis. Konsep Six Sigma berlandaskan pada prinsip peningkatan berkelanjutan (*continuous improvement*) dan pemecahan masalah yang terstruktur berdasarkan data [16] [12].

Tingkat kemampuan proses dalam Six Sigma dinyatakan dengan level sigma, yang menunjukkan seberapa sering produk gagal memenuhi spesifikasi. Semakin tinggi nilai sigma, semakin kecil jumlah cacat yang terjadi. Proses dengan level 6 sigma diartikan hanya memiliki 3,4 cacat per sejuta peluang atau DPMO (*defects per million opportunities*), menandakan proses yang sangat terkendali.

DMAIC adalah metodologi yang digunakan dalam *Six Sigma* untuk meningkatkan proses dengan cara sistematis. Istilah DMAIC merupakan akronim dari lima tahap: *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control*, berikut ini adalah tahapan siklus DMAIC beserta langkah-langkah yang dilakukan di setiap tahapannya [8].

Control Chart adalah alat utama dalam analisis data statistic yang digunakan untuk memantau dan menilai apakah suatu proses atau aktivitas berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Melalui peta ini, dapat diketahui adanya penyimpangan dalam proses sehingga dapat dilakukan tindakan korektif guna menyelesaikan masalah dan meningkatkan kualitas hasil produksi [17]. Grafik ini menunjukkan bagaimana karakteristik kualitas (yang diukur atau dihitung dari sampel) berubah dari waktu ke waktu, dengan tujuan mendeteksi variasi yang signifikan [15]. Elemen-elemen utama pada control chart meliputi garis tengah (*center line*), batas kendali atas dan bawah (UCL dan LCL), serta titik-titik data. Garis tengah mewakili nilai proporsi cacat rata-rata dari karakteristik kualitas ketika proses terkendali, sementara batas kendali ditentukan berdasarkan statistik proses untuk menunjukkan rentang nilai yang dapat diterima. Titik data adalah hasil pengukuran dari sampel yang diambil pada waktu tertentu, memberikan gambaran apakah proses berada dalam kondisi statistik terkendali atau tidak.

Control chart ini dikelompokkan ke dalam 2 kategori utama berdasarkan jenis data yang diukur yaitu *variable control chart* dan *attribute control chart*. *Variable control chart* digunakan untuk data yang dapat diukur pada skala kontinu, seperti berat, volume, suhu, atau panjang, yang dapat dicatat hingga beberapa angka desimal sesuai kebutuhan. Sebaliknya, *attribute control chart* digunakan untuk data yang dikelompokkan dan dihitung berdasarkan keberadaan atau ketidadaan suatu karakteristik tertentu. Data atribut juga dikenal sebagai data diskret atau data hitungan, karena hanya dinyatakan dalam bilangan bulat. Contoh peta kendali atribut meliputi *c-chart*, *u-chart*, *np-chart*, dan *p-chart* [18].

Failure mode and effect analysis (FMEA) adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi tiga aspek dalam suatu proses berdasarkan potensi penyebab kegagalan, dampak dari kegagalan tersebut, serta tingkat keparahan efek yang ditimbulkan terhadap proses [19]. Hasil dari FMEA mencakup daftar mode kegagalan potensial berdasarkan identifikasi karakteristik yang bersifat kritis atau signifikan dengan memprioritaskan risiko kegagalan tertinggi, serta membantu rekomendasi tindakan untuk mengurangi atau mencegah risiko kegagalan pada karakteristik yang telah teridentifikasi.

Risk priority number (RPN) ini adalah alat dalam metode analisis (FMEA) untuk menilai risiko yang terkait dengan potensi kegagalan. RPN dihitung dengan mengalikan nilai *severity*

(S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Nilai ini digunakan untuk menentukan prioritas tindakan korektif terhadap potensi kegagalan dalam suatu proses. RPN tidak memiliki nilai absolut tetapi digunakan sebagai alat perbandingan untuk mengurutkan dan menangani moda kegagalan berdasarkan tingkat risikonya [19]. Tingkat risiko biasanya menggunakan satuan skala numerik.

- a. Tingkat Keparahan (Severity) : Tingkat keparahan mencerminkan dampak serius dari suatu kegagalan terhadap sistem dinilai dari skala 1-10.
- b. Tingkat Kejadian (Occurrence) : Peringkat kejadian mengacu pada seberapa sering suatu kegagalan dapat terjadi. Idealnya, data aktual dari proses digunakan untuk menentukan peringkat ini, dengan tingkat keparahan dinilai dari skala 1-10.
- c. Tingkat Deteksi (Detection) : Peringkat deteksi menunjukkan sejauh mana suatu kegagalan atau efeknya dapat diidentifikasi sebelum berdampak pada produk akhir atau mencapai konsumen terjadi dengan tingkat lamanya deteksi dinilai dari skala 1-10.

Hasil dari perkalian rumus RPN akan menunjukkan prioritas dari risiko potensi kegagalan proses, dimana RPN yang memiliki nilai tertinggi memiliki prioritas terbesar.

5W+1H adalah teknik analisis sistematis yang digunakan untuk memahami dan merumuskan solusi terhadap suatu masalah dengan menjawab enam pertanyaan dasar: *What* (Apa yang terjadi), *Why* (Mengapa masalah terjadi), *When* (Kapan masalah terjadi), *Where* (Di mana masalah terjadi), *Who* (Siapa yang terlibat), dan *How* (Bagaimana cara mengatasinya). Pendekatan ini membantu dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah secara komprehensif dan merancang langkah perbaikan yang tepat [20].

B. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan berasal dari dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui wawancara dengan tim pada proses produksi dan observasi langsung terhadap proses produksi untuk memahami alur kerja dan potensi penyebab kecacatan yang terobservasi pada pie susu dalam proses produksi. Data sekunder diperoleh dari laporan produksi historis, data frekuensi cacat harian di pabrik.

Alur penelitian ini diawali dengan tahap Define, yaitu mendefinisikan permasalahan kualitas yang terjadi pada proses produksi di Pabrik Pie Susu Putri. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan serta menentukan karakteristik mutu yang dianggap penting oleh pelanggan (*critical to quality*). Melalui observasi dan wawancara dengan pihak produksi, ditemukan empat jenis cacat utama, yaitu gosong, patah-patah, tercongkel, dan

kurang susu. Informasi ini menjadi dasar untuk merumuskan tujuan perbaikan dan ruang lingkup penelitian.

Tahap *Measure*, dilakukan pengumpulan data dasar (baseline data) untuk menilai tingkat kecacatan proses secara kuantitatif. Pengambilan data dilakukan selama 20 periode produksi. Setiap unit diperiksa berdasarkan empat karakteristik cacat utama, dan hasilnya dianalisis. Tahap *analyze* kemudian dilakukan untuk menelusuri akar penyebab cacat menggunakan alat analisis seperti *fishbone diagram*, *scatter diagram*, dan *pareto analysis*. Analisis menunjukkan bahwa sumber utama variasi berasal dari. Tahap *improve*, dilakukan penyusunan dan penerapan langkah-langkah perbaikan proses melalui analisis FMEA, RPN, dan 5W+1H. Tahap terakhir *control*, yang berfungsi menjaga keberlanjutan hasil perbaikan agar kualitas tetap stabil.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap *Define*

Tahapan awal penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan sumber utama permasalahan kualitas. Berdasarkan hasil observasi dan pengumpulan data, ditemukan empat jenis cacat produk yang sering terjadi, yaitu:

- d. Gosong, disebabkan oleh suhu oven yang terlalu tinggi atau waktu pemanggangan berlebih.
- e. Patah-patah, akibat tekstur adonan rapuh dan penanganan tidak hati-hati.
- f. Tercongkel, disebabkan oleh kesalahan teknik pelepasan pie dari cetakan.
- g. Isian tidak merata, akibat takaran dan distribusi bahan isian yang tidak konsisten.

Dari hasil analisis awal, diketahui bahwa cacat gosong merupakan jenis cacat dengan frekuensi tertinggi, diikuti oleh patah-patah dan tercongkel. Berdasarkan karakteristik produk, ditetapkan empat *critical to quality* (CTQ) yaitu warna, bentuk, permukaan, dan isian pie.

B. Tahap *Measure*

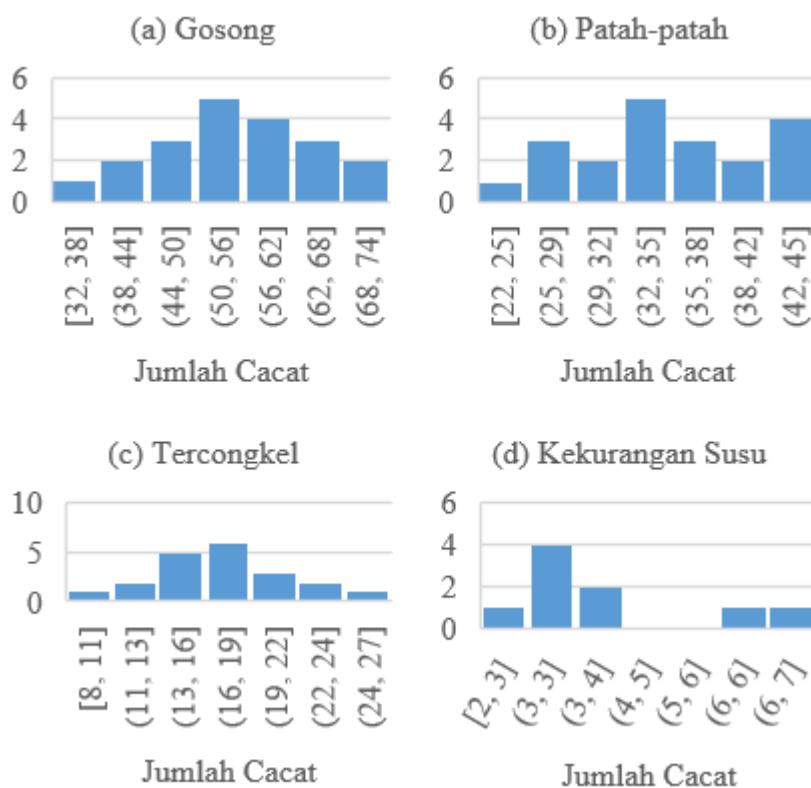
Tahap *measure* dilakukan untuk memperoleh data dasar yang akurat dan representatif sebagai landasan analisis. Data diambil dari 20 periode produksi menggunakan metode sampling sistematis, satu batch setiap hari kerja, dengan total 47.915-unit produksi. Setiap unit diperiksa berdasarkan empat karakteristik CTQ: gosong, patah-patah, tercongkel, dan kurang susu.

Periode	Check Sheet Cacat																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gosong	61	74	41	67	68	47	67	58	56	32	51	47	55	41	59	56	52	58	46	69
Patah	45	41	34	37	42	27	27	42	31	34	37	22	28	34	40	43	33	29	33	36
Tercongkel	18	22	15	19	15	23	8	17	17	19	14	20	27	17	18	15	18	15	12	13
Kurang Susu	3	4		3				4	6	7		3				2	3			
Total	127	137	94	123	125	100	102	117	104	89	108	96	110	92	120	114	103	102	93	121
																				2177

Gambar 1 *Check sheet* cacat

Data gambar 1 *check sheet* di atas menunjukkan 4 jenis cacat yang terjadi selama 20 periode produksi yang diantaranya yaitu cacat gosong, cacat patah, cacat tercongkel, dan cacat kurang susu. Dengan total 2177 cacat.

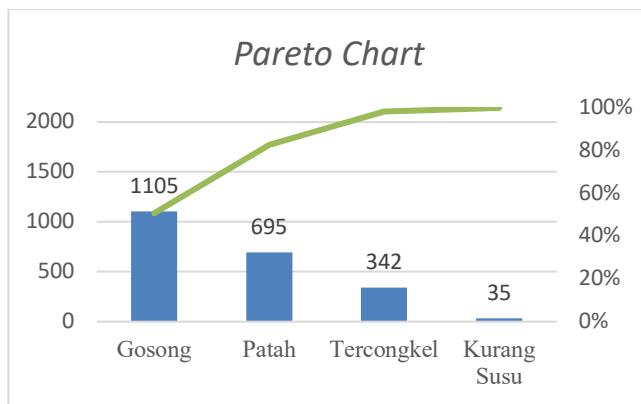
Histogram selanjutnya akan digunakan untuk menggambarkan frekuensi data dalam interval tertentu sehingga pola distribusi cacat dan intensitas kejadianya dapat terlihat secara visual. Data diperoleh dari jumlah cacat per periode untuk setiap kategori cacat.



Gambar 2 Grafik histogram jenis-jenis cacat

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 2, ketiga jenis cacat—gosong, patah-patah, dan tercongkel menunjukkan pola distribusi yang relatif normal, dengan penyebaran frekuensi yang terpusat di sekitar nilai rata-rata. Hal ini mengindikasikan bahwa data terdistribusi normal, sedangkan, histogram untuk cacat kurang susu menunjukkan distribusi yang tidak normal.

Pareto chart selanjutnya akan digunakan untuk mengumpulkan data cacat dengan menunjukkan masalah-masalah yang sering terjadi, diurutkan berdasarkan tingkat kepentingannya.



Gambar 3 Diagram pareto atau *pareto chart*

Seperti yang ditunjukkan gambar 3 diatas, menunjukkan hierarki masalah yang jelas dalam proses produksi pie susu. Cacat gosong dan patah dominan menyebabkan ~80% cacat, sedangkan cacat tercongkel memiliki kisaran ~15% total cacat. Dari analisis tersebut, maka memfokuskan terhadap 3 permasalahan tersignifikan yang diantaranya cacat gosong, patah, dan tercongkel tersebut akan memberikan dampak perbaikan yang paling efisien.

Data cacat yang digunakan, berasal dari data *check sheet* akan tetapi menggunakan rekomendasi 3 permasalahan cacat utama dari hasil analisis *pareto chart*.

Periode	Check Sheet Cacat																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gosong	61	74	41	67	68	47	67	58	56	32	51	47	55	41	59	56	52	58	46	69
Patah	45	41	34	37	42	27	27	42	31	34	37	22	28	34	40	43	33	29	33	36
Tercongkel	18	22	15	19	15	23	8	17	17	19	14	20	27	17	18	15	18	15	12	13
Total	124	137	90	123	125	97	102	117	104	85	102	89	110	92	117	114	103	102	91	118
	2142																			

Gambar 4 *Check sheet* cacat tersignifikan

Data gambar 4 *check sheet* diatas akan dijabarkan lagi menjadi bentuk tabel *p-chart* yang dapat dilihat dibawah

Control chart digunakan untuk memantau stabilitas proses dengan mengamati proporsi cacat per unit dalam setiap batch produksi. Jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *p-chart*, yaitu jenis *control chart* untuk data atribut. *p-chart* digunakan untuk memantau proporsi produk cacat dalam proses produksi, khususnya saat ukuran sampel bervariasi. *P-chart* juga efektif menganalisis kestabilan proses karena tidak memerlukan ukuran sampel yang tetap, serta sangat berguna untuk proses dengan data binomial (cacat atau tidak cacat), dan mampu mendeteksi adanya variasi yang tidak normal.

X	Jumlah Produksi (n)	Jenis Cacat			Total Cacat	(p)
		Gosong	Patah-Patah	Tercongkel		
1	2.392	61	45	18	124	0,052
2	2.400	74	41	22	137	0,057
3	2.394	41	34	15	90	0,038
4	2.396	67	37	19	123	0,051
5	2.391	68	42	15	125	0,052
6	2.400	47	27	23	97	0,040
7	2.398	67	27	8	102	0,043
8	2.396	58	42	17	117	0,049
9	2.396	56	31	17	104	0,043
10	2.390	32	34	19	85	0,036
11	2.395	51	37	14	102	0,043
12	2.400	47	22	20	89	0,037
13	2.400	55	28	27	110	0,046
14	2.391	41	34	17	92	0,038
15	2.399	59	40	18	117	0,049
16	2.395	56	43	15	114	0,048
17	2.390	52	33	18	103	0,043
18	2.392	58	29	15	102	0,043
19	2.400	46	33	12	91	0,038
20	2.400	69	36	13	118	0,049
Total	47.915				2.142	

DPU (*defects per unit*) merupakan rasio jumlah total cacat terhadap jumlah total unit yang diperiksa. Nilai ini menunjukkan rata-rata cacat per unit dan menjadi dasar untuk evaluasi performa produksi. DPU dirumuskan sebagai berikut:

$$DPU = \frac{\text{Total Jumlah Cacat}}{\text{Total Jumlah Unit}} \quad (4)$$

$$DPU = \frac{2.142}{47.915}$$

$$DPU = 0,045$$

Nilai DPU sebesar 0,045 menunjukkan bahwa rata-rata setiap unit produk memiliki 0,045 cacat, atau sekitar 4,5% dari total produksi mengandung minimal satu cacat.

DPMO (*defects per million opportunities*) adalah ukuran jumlah cacat dari setiap satu juta peluang yang ada dalam proses produksi, berfungsi sebagai indikator tingkat kualitas. DPMO akan digunakan dalam *Six Sigma* sebagai indikator standar kualitas.

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Unit} \times \text{Peluang}} \times 1.000.000 \quad (5)$$

$$DPMO = \frac{2.142}{47.915 \times 3} \times 1.000.000$$

$$DPMO = 14.901$$

Level sigma digunakan sebagai alat tolak ukur kemampuan proses dalam menghasilkan produk bebas cacat. Semakin tinggi level sigma, semakin kecil kemungkinan munculnya produk cacat.

$$\text{Lvl Sigma} = F\text{ N. Inv} \times \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5$$

(6)

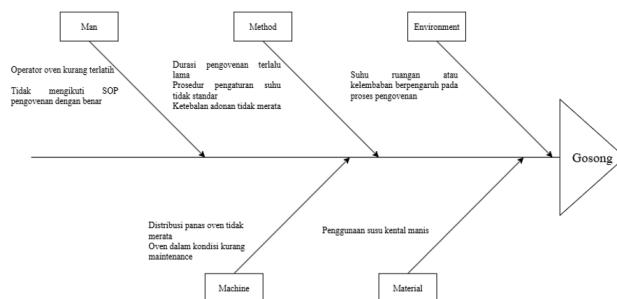
$$\text{Lvl Sigma} = F\text{ N. Inv} \times \left(\frac{1.000.000 - 14.901}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Lvl Sigma} = 3,67$$

Dalam penelitian ini, level sigma dihitung berdasarkan DPMO yang diperoleh, dan menunjukkan performa proses produksi pie susu berada pada level sigma 3,67 dari 6, yang masih memungkinkan adanya perbaikan.

C. Tahap Analyze

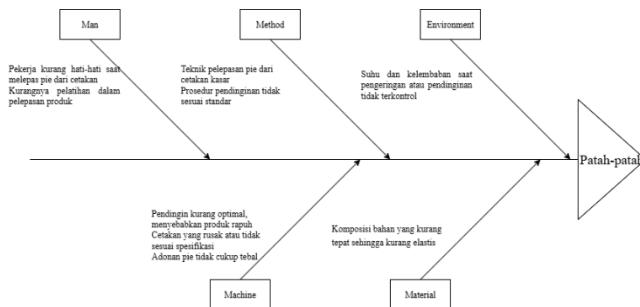
Tahap *analyze* merupakan proses mengidentifikasi akar penyebab masalah kualitas yang ditemukan pada tahap *define* dan *measure*. Analisis dilakukan untuk memahami sumber permasalahan yang menyebabkan cacat dominan pada produk Pie Susu Putri. Metode yang digunakan adalah *fishbone diagram* untuk menelusuri penyebab dari lima aspek utama 5m + 1e (*man, machine, method, material, dan environment*) serta *scatter diagram* untuk melihat hubungan antar jenis cacat. Hasil analisis menunjukkan tiga jenis cacat dominan, yaitu gosong, patah-patah, dan tercongkel.



Gambar 6 *Fishbone diagram* cacat gosong

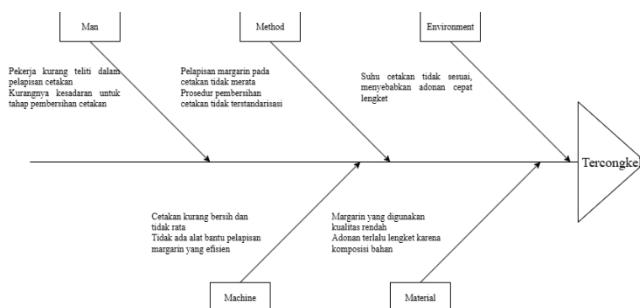
Dilihat pada gambar diatas, perkiraan cacat gosong terjadi akibat pengaturan suhu dan waktu pemanggangan yang tidak sesuai standar. Faktor manusia berperan besar karena operator oven belum memiliki keterampilan yang memadai dalam mengontrol suhu dan durasi pemanggangan, disertai ketidakpatuhan terhadap prosedur kerja. Faktor mesin menunjukkan

oven dengan distribusi panas yang tidak merata akibat kurangnya perawatan, sehingga sebagian produk menerima panas berlebih. Dari sisi metode, belum terdapat standar ketebalan adonan dan waktu pemanggangan yang pasti, menyebabkan sebagian pie matang tidak merata. Faktor bahan baku memperlihatkan bahwa penggunaan bahan dengan kadar gula dan lemak tinggi seperti susu kental manis mempercepat proses karamelisasi pada suhu tinggi. Faktor lingkungan menunjukkan suhu ruang produksi yang tinggi dan kelembapan rendah mempercepat proses pemanggangan hingga menyebabkan permukaan pie gosong.



Gambar 7 Fishbone diagram cacat patah

Dilihat pada gambar diatas, perkiraan cacat patah-patah terutama disebabkan oleh kesalahan pada tahap pelepasan pie dari cetakan dan ketidaksesuaian proses pendinginan. Faktor manusia menunjukkan pekerja kurang hati-hati saat melepas pie sehingga produk mudah retak atau pecah. Faktor mesin berkaitan dengan kondisi cetakan yang aus dan sistem pendinginan yang kurang optimal, menyebabkan tekstur pie masih rapuh ketika dilepaskan. Faktor metode menunjukkan belum adanya standar prosedur dalam proses pendinginan dan pelepasan pie. Faktor bahan baku memperlihatkan adonan yang terlalu tipis dan komposisi mentega yang tidak tepat, menjadikan struktur pie keras dan mudah patah. Faktor lingkungan berupa suhu ruang yang tinggi mempercepat pengeringan pie dan meningkatkan risiko keretakan pada tepi produk.

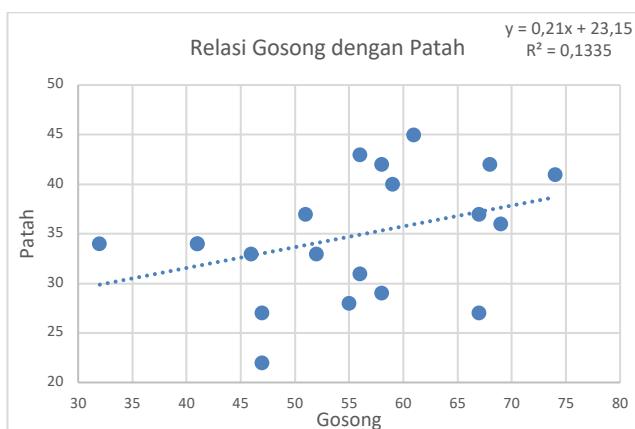


Gambar 8 Fishbone diagram cacat tercongel

Dilihat pada gambar diatas, perkiraan cacat tercongel disebabkan oleh kesalahan dalam proses pelapisan margarin pada cetakan serta kondisi cetakan yang tidak terawat. Faktor manusia menunjukkan pekerja kurang teliti dalam melapisi cetakan dengan margarin secara

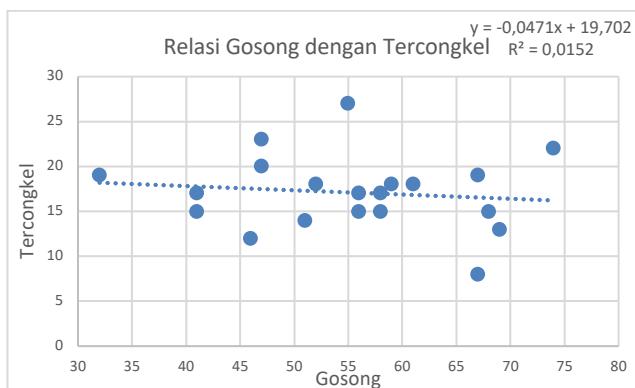
merata dan kurang disiplin dalam pembersihan cetakan setelah digunakan. Faktor mesin menunjukkan permukaan cetakan yang kotor atau tidak rata, serta tidak adanya alat bantu pelapisan margarin yang efektif sehingga hasil pelumasan tidak seragam. Faktor metode mencakup belum adanya standar prosedur pelapisan dan pembersihan cetakan yang baku, menyebabkan variasi kualitas antar batch. Faktor bahan baku menunjukkan penggunaan margarin berkualitas rendah serta adonan dengan kadar air tinggi yang meningkatkan sifat lengket. Faktor lingkungan membuat suhu cetakan yang tidak sesuai, di mana suhu rendah menyebabkan penyebaran margarin tidak optimal.

Scatter diagram digunakan untuk mencari hubungan atau korelasi antara berbagai jenis cacat atau antara faktor-faktor yang berpotensi mempengaruhi kualitas produk. Diagram ini membantu mengidentifikasi apakah terdapat pola hubungan yang signifikan antar variabel.



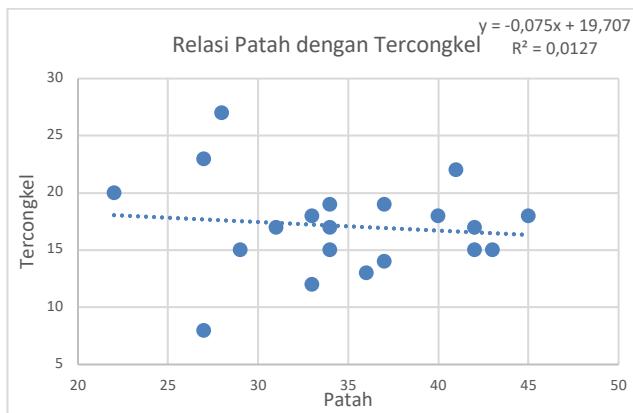
Gambar 9 Grafik *scatter diagram* gosong dengan patah

Nilai R^2 menunjukkan korelasi yang sangat lemah antara cacat gosong dan patah-patah yang dapat dilihat pada **Gambar**. Ini menunjukkan bahwa ketika terjadi peningkatan cacat gosong memungkinkan terjadinya peningkatan cacat patah-patah, dimana kemungkinan terjadinya sangat kecil.



Gambar 10 Grafik *scatter diagram* gosong dengan tercongkel

Nilai R^2 menunjukkan korelasi sangat lemah antara cacat gosong dan tercongkel dilihat pada **Gambar**. Menunjukkan relasi cacat gosong dengan cacat tercongkel ini relatif independen.



Gambar 11 Grafik *scatter diagram* patah dengan tercongkel

Nilai R^2 menunjukkan korelasi sangat lemah antara cacat patah dan tercongkel dilihat pada **Gambar**. Menunjukkan relasi cacat patah-patah dengan cacat tercongkel ini relatif independen satu sama lain.

D. Tahap *Improve*

Tahap *improve* berfungsi untuk merancang dan menerapkan solusi perbaikan berdasarkan hasil analisis akar penyebab yang ditemukan pada tahap *analyze*. Fokus utama tahap ini adalah mengurangi jumlah produk cacat dengan memperbaiki faktor-faktor yang paling berpengaruh, yaitu manusia, metode kerja, mesin, dan bahan baku. Perbaikan dilakukan menggunakan dua alat utama, yaitu *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas tindakan berdasarkan tingkat risiko, dan metode 5W+1H untuk merancang langkah-langkah perbaikan yang sistematis dan terarah.

FMEA merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses sebelum kegagalan tersebut benar-benar terjadi, serta mengevaluasi dampak dan risiko yang ditimbukannya *Risk priority number* (RPN) yang merupakan hasil perkalian ketiga kriteria nilai yaitu *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (kemampuan deteksi) proses produksi pie. digunakan untuk memprioritaskan upaya perbaikan.

Process Step	Potential Failure Mode	Potential Effect	Potential Cause	Current Controls	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN	Recommended Actions
1. PENGADUKAN ADONAN	Mengaduk berlebih	Pie patah	Waktu pengadukan melewati standar	Manual oleh operator	6	1	3	18	Timer, perbaruan SOP durasi mengaduk
	Adonan tidak homogen	Pie patah	Kecepatan mixer tidak optimal	Cek manual	6	1	3	18	SOP kecepatan mixer, pelatihan operator
2. PEMBENTUKAN KULIT PIE	Ketebalan kulit pie tidak rata	Pie patah	Pembentukan manual, keahlian operator bervariasi	Inspeksi langsung	6	5	3	90	Pelatihan teknik pembentukan
	Pie lengket ke pencetak	Tercongkel	Adonan terlalu kering, handling kasar	Cek manual sebelum filling	7	4	2	56	Kontrol kelembaban adonan, handling lebih lembut
3. PENGISIAN	Volume isian tidak konsisten	Pie kurang susu	Pengisian manual	Perkiraaan manual	5	3	3	45	Standar pengukuran volume dan berat
4. PEMANGGANGAN	Suhu oven tidak stabil	Gosong	Thermostat rusak	Thermostat	7	5	3	105	Maintenance
	Waktu baking tidak konsisten	Gosong	Pie masih didalam oven	Timer oven	7	4	3	84	Maintenance, SOP lama durasi pemanggangan
	Distribusi panas tidak merata	Gosong	Distribusi panas tidak rata karena kerak kotoran pada cetakan	Cetakan dan loyang dalam oven	5	6	3	90	Pembersihan pada cetakan yang lebih intensif
5. PENDINGINAN	Pendinginan tidak memadai	Pie retak/patah	Langsung terpapar ke suhu ruangan	Kipas axial	3	2	4	24	Pengamatan suhu saat pendinginan
6. PELEPASAN CETAKAN	Pie lengket di cetakan	Tercongkel	Cetakan lengket dengan adonan	Inspeksi langsung	8	4	3	96	Pelapisan margarin pada cetakan lebih sempurna
	Teknik pelepasan cetakan salah	Pie patah	Operator terburu-buru,	Inspeksi langsung	7	3	3	63	Pelatihan operator

Gambar12 Gambar tabel FMEA dan RPN

Dari seluruh *Failure Mode* yang dilihat dari **Gambar 4.19** di atas, maka dipilih beberapa yang memiliki nilai RPN yang tertinggi, diantaranya yaitu :

Potential Failure Mode	Potential Effect	Potential Cause	Current Controls	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN	Recommended Actions
Suhu oven tidak stabil	Gosong	Thermostat rusak	Thermostat	7	5	3	105	Maintenance
Distribusi panas tidak merata	Gosong	Distribusi panas tidak rata karena kerak kotoran pada cetakan	Cetakan dalam oven	5	6	3	90	Pembersihan pada cetakan yang lebih intensif
Waktu pemanggangan tidak konsisten	Gosong	Pie masih didalam oven	Timer oven	7	4	3	84	Maintenance
Pie lengket di cetakan	Tercongkel	Cetakan lengket dengan adonan	Inspeksi langsung	8	4	3	96	Pelapisan margarin pada cetakan lebih sempurna
Ketebalan kulit pie tidak rata	Pie patah	Pembentukan manual, keahlian operator bervariasi	Inspeksi langsung	6	5	3	90	Pelatihan teknik forming
Teknik pelepasan salah	Pie patah	Operator terburu-buru,	Inspeksi langsung	7	3	3	63	Pelatihan operator

Gambar 13 Gambar12 Gambar tabel FMEA dengan RPN tertinggi

Dari hasil gambar di atas, tindakan prioritas diarahkan pada pembersihan pada cetakan yang lebih intensif, maintenance rutin, pelapisan margarin yang lebih sempurna pada wadah cetakan, mengenai teknik forming, dan training pelepasan pie yang halus.

Metode 5W+1H (what, why, where, when, who, how) digunakan sebagai framework sistematis untuk mengembangkan action plan yang komprehensif dan terstruktur. Data hasil analisis FMEA dengan nilai RPN tertinggi akan difokuskan dalam analisis 5W+1H yang dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 2. Tabel 5W+1H

Waktu (<i>When</i>)	Jenis Cacat (<i>What</i>)	Tempat Terjadinya Cacat (<i>Where</i>)	Penyebab Cacat (<i>Why</i>)	Penanggung Jawab (<i>Who</i>)	Rekomendasi Perbaikan (<i>How</i>)
Selama tahap baking	Gosong	Oven	Suhu yang tidak stabil, durasi pengovenan lama, distribusi panas yang tidak rata.	Operator Oven	<i>Maintenance oven rutin, SOP monitoring, training operator, Pembersihan cetakan.</i>
Tahap pembuatan pie dan saat pelepasan cetakan	Patah-patah	Pendingin, Tempat pelepasan cetakan	Pie yang tidak cukup tebal, mengeluarkan Pie dari cetakan terlalu kasar.	Pekerja	Training pekerja melepaskan pie dari cetakan
Saat pelepasan cetakan	Tercongkel	Tempat pelepasan cetakan	Adonan lengket pada cetakan	Pekerja	Pelapisan margarin cetakan lebih sempurna

Berdasarkan pada Tabel 4.3 di atas menjabarkan 3 cacat utama produk pie susu, yaitu gosong, patah-patah, dan tercongkel. Cacat-cacat tersebut terjadi karena suhu yang tinggi, durasi pengovenan lama, distribusi panas yang tidak rata, pie yang tidak cukup tebal, mengeluarkan pie dari cetakan terlalu kasar, adonan lengket pada cetakan. Masalah ini terjadi di area oven dan pelepasan produk, terutama saat proses produksi berlangsung. Pihak yang terlibat meliputi operator oven, pekerja pelepasan, dan bagian *quality control*. Solusi yang disarankan meliputi pelatihan operator, perawatan oven dan cetakan, serta penggunaan alat bantu dan standarisasi prosedur kerja guna menurunkan tingkat cacat dan meningkatkan mutu produk.

E. Tahap *Control*

Tahap Control merupakan bagian terakhir dari siklus DMAIC yang memiliki peranan penting dalam menjaga keberlanjutan hasil perbaikan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Tanpa adanya pengendalian yang sistematis dan berkelanjutan, perbaikan yang sudah dicapai berisiko mengalami degradasi kualitas di masa depan. Oleh karena itu,

diperlukan implementasi strategi kontrol yang efektif dan dapat diandalkan. Pengendalian dilakukan melalui penerapan beberapa tindakan utama, yaitu:

- a. Evaluasi Kinerja Berkala: Dilakukan evaluasi terhadap indikator performa seperti DPMO, level sigma, dan proporsi cacat. Penurunan indikator di bawah standar akan dapat segera ditindaklanjuti.
- b. Perbaruan penerapan SOP dan Maintenance: Proses produksi yang memiliki risiko tinggi kegagalan proses dapat digunakan untuk perbaruan SOP guna mengurangi dan menghindari kegagalan proses atau cacat produk. Maintenance rutin juga dibutuhkan untuk menjaga dan merawat mesin-mesin serta alat-alat pembantu produksi untuk menghindari kegagalan proses atau cacat yang disebabkan oleh mesin atau alat yang rusak.
- c. Pembagian Tugas: Tanggung jawab pengendalian diberikan kepada Operator proses untuk mencatat proses produksi agar memudahkan pendataan proses produksi serta membantu mengetahui penyebab kegagalan proses bila ada.
- d. Monitoring dengan Check Sheet: Proses produksi dipantau menggunakan Check Sheet guna membantu melihat bagaimana keadaan historis proses produksi. Jika terjadi kegagalan proses atau cacat, akan lebih mudah untuk dilakukannya analisis, tindakan korektif, dan evaluasi dengan adanya data historis yang lebih akurat.
- e. Tindakan Terhadap Kecacatan: Jika terjadi kecacatan melebihi batas toleransi, dilakukan investigasi penyebab dan perbaikan proses, serta pelatihan ulang bila diperlukan.

D. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC efektif dalam mengidentifikasi dan menurunkan tingkat kecacatan produk di Pabrik Pie Susu Putri. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai DPMO sebesar 23.991 dengan level sigma 3,48, yang menandakan proses produksi masih memiliki variasi dan belum sepenuhnya stabil. Jenis cacat dominan yang ditemukan adalah gosong, patah-patah, dan tercongkel, dengan penyebab utama berasal dari faktor manusia, metode, dan mesin. Melalui analisis fishbone diagram dan FMEA, ditetapkan tindakan perbaikan berupa standarisasi suhu oven, pelatihan operator, serta pemeriksaan rutin peralatan. Implementasi perbaikan berhasil menurunkan proporsi cacat sebesar 38% dan meningkatkan level sigma menjadi 3,67, menunjukkan adanya peningkatan kapabilitas proses. Untuk menjaga keberlanjutan perbaikan, dilakukan pemantauan berkala menggunakan p-chart dan lembar kontrol kualitas. Ke depan, disarankan

agar perusahaan terus memperkuat penerapan SOP, meningkatkan pelatihan operator, dan melakukan evaluasi rutin terhadap parameter proses agar kualitas produk tetap konsisten dan mampu mencapai target sigma yang lebih tinggi.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Shiyamy, S. Rohmat and A. Sopian, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Statistical Process Control," *Jurnal Ilmiah Manajemen*, vol. II, no. 2, pp. 32-45, 2021.
- [2] A. Puspasari, D. Mustomi and E. Anggraeni, "Proses Pengendalian Kualitas Produk Reject dalam Kualitas Kontrol Pada PT. Yasufuku Indonesia Bekasi," *WIDYA CIPTA : Jurnal Sekretari dan Manajemen*, vol. III, no. 1, pp. 71-78, 2019.
- [3] S. Wardah, Suharto and R. Lestari, "Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Produk Nata De Coco Dengan Metode Statistic Quality Control (SQC)," *JISI: JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI*, vol. IX, no. 2, pp. 165-175, 2022.
- [4] T. A. Ashari and Y. A. Nugroho, "Analisis pengendalian kualitas produk dengan menggunakan metode six sigma dan kaizen (study kasus : pt xyz," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. I, no. 10, pp. 2505-2516, 2022.
- [5] E. M. Ulfah and T. A. Auliandri, "Analisis kualitas distribusi air menggunakan metode six sigma dmaic pada pdam surya sembada kota Surabaya," *INOBIS*, pp. 315-329, 2019.
- [6] L. E. Laurentine, L. O. A. S. Tosungku and L. D. Fatimahayati, "Analisis pengendalian kualitas produk sepatu menggunakan metode six sigma dan kaizen pada cv. sepatu sani Malang Jawa Timur," *PROFISIENSI*, pp. 41-48, 2022.
- [7] V. Gaspersz, *Pedoman Implementasi Program six sigma: terintegrasi dengan iso 9001: 2000 MBNQA dan HACCP*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2002.
- [8] B. R. Siwi and M. Susatyo Nugroho W. P ST, "Aplikasi Six Sigma Dmaic Dan Kaizen Sebagai Metode Pengendalian Dan Perbaikan Kualitas Produk Pt. Sarandi Karya Nugraha," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. V, no. 4, pp. 1-7, 2016.
- [9] D. Hamdani, "Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Pada PT X," *Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Perbankan*, vol. VI, no. 3, pp. 139-143, 2020.
- [10] I. Haryani and M. R. Linda, "Penerapan Pengendalian Mutu Produksi Dengan Statistical Quality Control (SQC) Dan Six Sigma Pada Liberty Shoes Kota Padang," *Jurnal Kajian Manajemen dan Wirausaha*, vol. I, no. 2, pp. 24-33, 2019.
- [11] R. Firmansyah and P. Yuliarty, "Implementasi Metode DMAIC pada Pengendalian Kualitas Sole Plate di PT Kencana Gemilang," *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik*

Industri (PASTI), vol. XIV, no. 2, pp. 167-180, 2020.

- [12] F. Ahmad, "Six Sigma Dmaic Sebagai Metode Pengendalian Kualitas Produk Kursi Pada Ukm," *JISI : JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI*, vol. VI, no. 1, pp. 11-17, 2019.
- [13] F. A. Lestari and N. Purwatmini, "Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC," *Jurnal Ecodemica: Jurnal Ekonomi, Manajemen, dan Bisnis*, vol. V, no. 1, pp. 79-85, 2021.
- [14] M. K. Alwi and A. S. Cahyana, "Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tahu Dengan Menggunakan Metode Seven Tools," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. IV, 2023.
- [15] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th ed., Hoboken, NJ: Wiley, 2012.
- [16] M. Sya'roni and S. M. Dr. Hery Suliantoro, "Analisis Pengurangan Defect Produksi dengan Menngunakan Metode SIX SIGMA pada Unit Painting Smartphone Merk POLYTRON (Studi Kasus pada PT. Hartono Istana Teknologi Kudus)," *Industrial Engineering Online Journal*, [Online], vol. VII, no. 4, pp. 1-9, 2019.
- [17] E. Haryanto and I. Novialis, "Analsisi Pengendalian Kualitas Produk Bos Rotor pada Proses Mesin CNC Lathe dengan Metode Seven Tools," *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, vol. 8, no. 1, pp. 69-77, 2019.
- [18] H. Kurnia, Setiawan and M. Hamsal, "Implementation of Statistical Process Control for Quality Control Cycle in the Various Industry in Indonesia: A Systematic Literature Review.," *Jurnal Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 194-206, 2021.
- [19] H. R. Ardyansyah and N. U. Handayani, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Kain Grey Ps 946 Dalam Upaya Mengurangi Tingkat Kecacatan Produk Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Dan Pendekatan Kaizen(Studi Kasus Pt. Primissima)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. XII, no. 3, 2023.
- [20] M. Rifaldi and W. Sudarwati, "Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket," Jakarta, 2024.